

Министерство образования и науки Российской Федерации

**ВЕСТНИК
ВОЛГОГРАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

Выпуск **Серия: Строительство и архитектура** **2011**
24 (43) Научно-теоретический и производственно-практический
журнал

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

Выходит 4 раза в год
Основан в 1999 г.

Волгоград

ВолгГАСУ

С о д е р ж а н и е

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

Богомолов А. Н., Калашников С. Ю., Ушаков А. Н. Определение осадок точек упругой полуплоскости от действия наклонной равномерно распределенной нагрузки	4
Богомолов А. Н., Калашников С. Ю., Ушаков А. Н. Напряженно-деформированное состояние грунтового основания системы параллельных ленточных фундаментов	12
Богомолов А. Н., Статун А. С., Соловьев А. В., Шиян С. И. О статическом подходе к определению величины давления на кровлю горизонтальной подземной выработки	22
Евтушенко С. И., Богомолов А. Н., Пухур В. Н. Изучение предельной несущей способности двух близко расположенных столбчатых фундаментов	29
Богомолов А. Н., Олянский Ю. И., Шиян С. И., Тихонова Т. М., Киселёва О. В. Инженерно-геологическая характеристика лессовых пород междуречья Прут — Днестр	33

Игнатъев В. А., Чантуридзе А. У. Метод частотно-динамической конденсации	46
Пшеничкина В. А., Шапошников Н. А. Исследование случайных полей деформаций железнодорожного полотна на линии ст. Чум — ст. Лабытнанги Северной железной дороги	54
Кадомицев М. И., Стешенко Д. М. Исследование характеристик колебаний, возбуждаемых в просадочных грунтах при уплотнении их глубинными взрывами	62
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ	
Корнеев А. Д., Проскурякова А. О. Композиционный материал на основе пенополиуретана с использованием микрокремнезема	72
ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ, ИНТЕНСИФИКАЦИЯ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ	
Мензелинцева Н. В., Маринина О. Н. Исследование защитных свойств респираторов типа «Снежок ГП-В» при проведении сварочных работ	77
Голованчиков А. Б., Кузнецов А. В., Ефремов М. Ю., Дулькина Н. А. Влияние давления на электроадсорбцию	81
ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ	
Артёмов С. Н., Артёмова С. Г. Анализ аварийности на дворовых территориях	91
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ	
Осипова Н. Н. Выбор схемно-параметрических решений поселковых систем газоснабжения	97
БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	
Стасева Е. В., Пушенко С. Л. Проблемы эффективного и научно организованного управления охраной труда в организациях строительного комплекса	103
Масляев А. В. Нормативная сейсмичность на территории Волгоградской области с учетом упрощенных тектонических условий	113
ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. ТЕОРИЯ РАЗВИТИЯ ГОРОДА. УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ	
Юшкова Н. Г. Градостроительная структура социально-экономического пространства региона	120
НАШИ АВТОРЫ	139

Contents

BUILDING STRUCTURES, BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS. BASEMENTS, FOUNDATIONS. UNDERGROUND STRUCTURES. SOIL ENGINEERING. STRUCTURAL MECHANICS	
Bogomolov A. N., Kalashnikov S. Yu., Ushakov A. N. Settlement calculation of elastic half-plane points from action of oblique uniformly distributed load	4
Bogomolov A. N., Kalashnikov S. Yu., Ushakov A. N. Strain-stress distribution of earth foundation of parallel continuous footings system	12
Bogomolov A. N., Statun A. S., Solovov A. V., Shiyan S. I. About static approach to measurement of thrust on capping of horizontal underground opening	22
Yevtushenko S. I., Bogomolov A. N., Pikhur V. N. Research of ultimate limit state of two close bearing posts	29
Bogomolov A. N., Olyanski Yu. I., Shiyan S. I., Tikhonova T. M., Kiseleva O. V. Engineering-geological loess characteristic of Prut — Dnestr interstream area	33
Ignatev V. A., Chanturidze A. U. Method of frequency-dynamic condensation	46
Pshenichkina V. A., Shaposhnikov N. A. Research of random fields deformations of railroad bed on line st. Chum — st. of Severnaya Railway	54
Kadomtsev M. I., Steshenko D. M. Signature analysis of vibrations in collapsible soils by compression on hypogene explosions	62

BUILDING MATERIALS AND ARTICLES

- Korneyev A. D., Proskuryakova A. O.** Composite material based on polyurethane foam with microsilica 72

INNOVATIONS IN CONSTRUCTION, INTENSIFICATION, ENERGY SAVING

- Menzelintseva N. V., Marinina O. N.** Research of protective properties of respirators type "Snezhok GP-V" at carrying out welding works 77
- Golovanchikov A. B., Kuznetsov A. V., Efremov M. Yu., Dulkina N. A.** Pressure effect on electric adsorption 81

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

- Artemov S. N., Artemova S. G.** Accident analysis in courtyard territories 91

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

- Osipova N. N.** Choice of circuit and parametric solutions of settlement gas supply systems 97

LIFE SAFETY AND LABOR SAFETY IN CONSTRUCTION

- Staseva Ye. V., Pushenko S. L.** Problem of effective and science formal health, safety and security management in building complex organizations 103
- Maslyayev A. V.** Normative seismicity in territory of the Volgograd region inclusive of conventional tectonic conditions 113

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

- Yushkova N. G.** Town-planning structure of social and economic space of region 120

- OUR AUTHORS 139

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

УДК 624.131.524

А. Н. Богомолов, С. Ю. Калашников, А. Н. Ушаков

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСАДОК ТОЧЕК УПРУГОЙ ПОЛУПЛОСКОСТИ
ОТ ДЕЙСТВИЯ НАКЛОННОЙ РАВНОМЕРНО РАСПРЕДЕЛЕННОЙ НАГРУЗКИ**

Приведено аналитическое решение задачи о вычислении вертикальных перемещений (осадок) точек упругой невесомой полуплоскости от действия приложенной к ее границе равномерно распределенной наклонной нагрузки конечной ширины. Получены в замкнутом виде формулы для вычисления компонент напряжения и перемещения, рассмотрены примеры, и в качестве иллюстраций приведены картины соответствующих изолиний.

К л ю ч е в ы е с л о в а: невесомая упругая полуплоскость, напряжения и перемещения точек полуплоскости от действия равномерно распределенной полосовой нагрузки.

The analytical solution of the problem in respect of the vertical displacement (settlement) points calculation of the elastic imponderable half-plane from the action of the applied to its edge uniformly distributed oblique load of the finite width is described. The formulas for the calculation of strain and device components are obtained in the closed form. The examples are considered. The patterns of corresponding isopleths are described for illustrative purposes.

K e y w o r d s: imponderable elastic half-plane, strain and device of half-plane points from action of uniformly distributed oblique load.

В работе [1] нами предложен новый подход к вычислению осадок оснований сооружений в рамках модели линейно-деформируемой среды. При этом отмечалось, что при решении задач об определении напряженно-деформированного состояния оснований фундаментов расчетные схемы предполагают, что граница полуплоскости, в том числе и нагруженный участок, является не смещаемой. Однако, как известно, после приложения нагрузки граница нагруженного участка получает некоторое смещение, которое, как нам представляется, необходимо учитывать при вычислении полной осадки фундамента.

В развитие этой идеи ниже рассмотрена задача об определении полной осадки основания незаглубленного ленточного фундамента, вычисленной на основании учета дополнительных напряжений, возникающих в грунтовом массиве за счет смещения нагруженного участка границы расчетной области.

Приводимое ниже решение задачи базируется на решениях граничных задач плоской теории упругости для полуплоскости, полученных Н. И. Мусхелишвили [2].

Пусть на участке $-a \leq t \leq a$ оси Ox задана равномерно распределенная наклонная нагрузка вида

$$N + iT = -p + iq, \quad (1)$$

где p и q — ее вертикальная и горизонтальная составляющие.

Угол наклона $\alpha = \arctg p/q$, $p > 0$, $q > 0$ будем предполагать острым (рис. 1). Определим напряженное состояние в нижней полуплоскости.

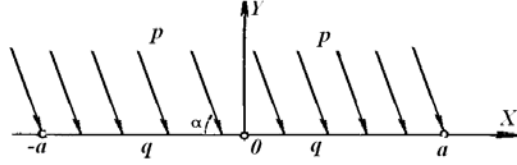


Рис. 1. Расчетная схема задачи

Граничное условие для первой основной граничной задачи плоской теории упругости имеет вид [2, с. 348] $\Phi(t) + \overline{\Phi(t)} + t\overline{\Phi'(t)} + \Psi(t) = N(t) - iT(t)$ и $\Phi(t) + \overline{\Phi(t)} + t\Phi'(t) + \Psi(t) = N(t) + iT(t)$, где $\Phi(t), \Psi(t)$ — граничные значения функций $\Phi(z), \Psi(z)$, голоморфных в нижней полуплоскости.

Тогда формулы для функций напряжения $\Phi(z)$ и $\Psi(z)$, полученные Н. И. Мусхелишвили [2, с. 349], имеют вид

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

$$\Psi(z) = -\frac{1}{\pi i} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{T(t) dt}{t - z} + \frac{z}{2\pi i} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{N(t) - iT(t)}{(t - z)^2} dt. \quad (3)$$

Компоненты напряжения, дающие решение поставленной задачи, находятся из соотношений [2, с. 111]

$$\begin{aligned} \sigma_x + \sigma_y &= 4 \operatorname{Re} \Phi(z) = 4 \operatorname{Re} \phi'(z), \\ \sigma_y - \sigma_x + 2i\tau_{xy} &= 2(z\overline{\Phi'(z)} + \Psi(z)) = 2(\overline{z}\phi''(z) + \psi'(z)). \end{aligned} \quad (4)$$

Подставляя (1) в (2) и (3), а полученные по этим формулам функции напряжения $\Phi(z)$ и $\Psi(z)$ в (4), имеем

$$\begin{cases} \sigma_x = -\frac{p}{\pi} \left(\arctg \frac{a-x}{|y|} + \arctg \frac{a+x}{|y|} \right) + \frac{q}{\pi} \ln \left(\frac{(a-x)^2 + y^2}{(a+x)^2 + y^2} \right) + \\ + \frac{2a(py(x^2 - y^2 - a^2) + 2qxy^2)}{\pi((x^2 + y^2 - a^2)^2 + 4a^2y^2)}, \\ \sigma_y = -\frac{p}{\pi} \left(\arctg \frac{a-x}{|y|} + \arctg \frac{a+x}{|y|} \right) - \frac{2a(py(x^2 - y^2 - a^2) + 2qxy^2)}{\pi((x^2 + y^2 - a^2)^2 + 4a^2y^2)}, \\ \tau_{xy} = \frac{q}{\pi} \left(\arctg \frac{a-x}{|y|} + \arctg \frac{a+x}{|y|} \right) + \frac{2a(2pxy^2 - qy(x^2 - y^2 - a^2))}{\pi((x^2 + y^2 - a^2)^2 + 4a^2y^2)}. \end{cases} \quad (5)$$

На рис. 2 приведены изолинии компоненты горизонтального, вертикального и касательного напряжений, построенные на основании формул (5) при $p=1$, $q=1$, $a=10$.

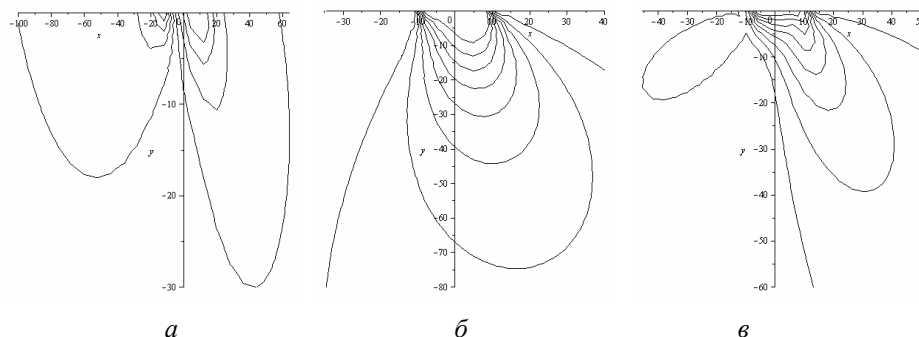


Рис. 2. Изолинии компонент горизонтального σ_x (а), вертикального σ_y (б) и касательного τ_{xy} (в) напряжения

Для случая вертикальной нагрузки, т. е. при $N = -p$, формулы (5) дают

$$\begin{cases} \sigma_x = -\frac{p}{\pi} \left(\operatorname{arctg} \frac{a-x}{|y|} + \operatorname{arctg} \frac{a+x}{|y|} \right) + \frac{2pay(x^2 - y^2 - a^2)}{\pi((x^2 + y^2 - a^2)^2 + 4a^2y^2)}, \\ \sigma_y = -\frac{p}{\pi} \left(\operatorname{arctg} \frac{a-x}{|y|} + \operatorname{arctg} \frac{a+x}{|y|} \right) - \frac{2pay(x^2 - y^2 - a^2)}{\pi((x^2 + y^2 - a^2)^2 + 4a^2y^2)}, \\ \tau_{xy} = \frac{4paxy^2}{\pi((x^2 + y^2 - a^2)^2 + 4a^2y^2)}. \end{cases} \quad (6)$$

Формулы (6) дают хорошо известное в теории упругости решение задачи о напряженном состоянии в полуплоскости, когда отрезок $-a \leq t \leq a$ оси Ox подвержен равномерному давлению p , которое было впервые получено Мичеллом [3] в 1902 г., затем Г. В. Колосовым [4, 5] и Н. И. Мусхелишвили [2].

Для определения компоненты вертикальной деформации воспользуемся известной формулой [2, с. 95]

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2\mu} (\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_y)), \quad (7)$$

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

Компонента вертикальной деформации, вычисленная по формуле (7), с учетом формулы (5) имеет вид

$$\begin{aligned} \varepsilon_y = & -\frac{p(1-2\nu)}{2\pi\mu} \left(\operatorname{arctg} \frac{a-x}{|y|} + \operatorname{arctg} \frac{a+x}{|y|} \right) - \\ & - \frac{a}{\pi\mu} \frac{(py(x^2 - y^2 - a^2) + 2qxy^2)}{((x^2 + y^2 - a^2)^2 + 4a^2y^2)} - \frac{q\nu}{2\pi\mu} \ln \left(\frac{(a-x)^2 + y^2}{(a+x)^2 + y^2} \right). \end{aligned} \quad (8)$$

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 при помощи теории упругости, т. е.

$$s = \int_0^y \varepsilon_y dy = H(x, 0) - H(x, y), \quad (9)$$

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

Получим формулу осадки для равномерно распределенной наклонной нагрузки. Подставляя (8) в (9), имеем

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

Вычисляя интегралы и полагая $-a < x < a$, получим

$$\begin{aligned} s = & -\frac{py(1-2\nu)}{2\pi\mu} \left(\arctg \frac{a-x}{y} + \arctg \frac{a+x}{y} \right) - \frac{p(1-\nu)}{2\pi\mu} \left[(a+x) \ln \left(\frac{(a+x)^2 + y^2}{(a+x)^2} \right) + \right. \\ & \left. + (a-x) \ln \left(\frac{(a-x)^2 + y^2}{(a-x)^2} \right) \right] + \\ & + \frac{q(1-2\nu)}{2\pi\mu} \left[(a+x) \arctg \left(\frac{y}{a+x} \right) - (a-x) \arctg \left(\frac{y}{a-x} \right) \right] + \frac{q\nu y}{2\pi\mu} \ln \left(\frac{(a-x)^2 + y^2}{(a+x)^2 + y^2} \right). \end{aligned} \quad (10)$$

На рис. 3 приведены изолинии осадки, построенные на основании формул (10) при $\nu = 0,42$ (глинистый грунт).

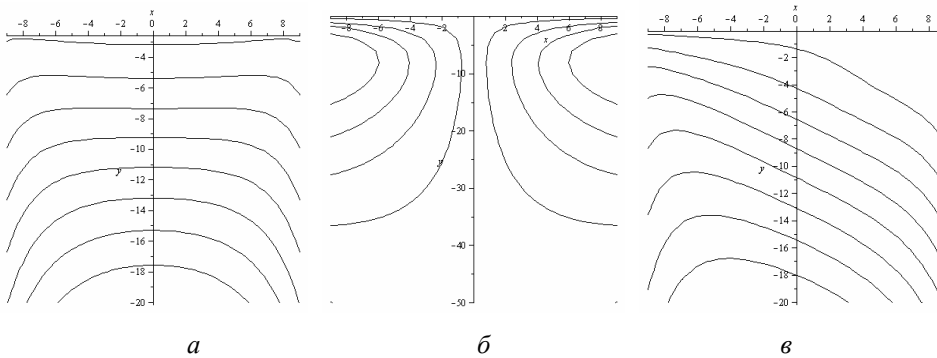


Рис. 3. Изолинии осадки s при $p=1, q=0$ (а); $p=0, q=1$ (б); $p=1, q=1$ (в)

Пусть теперь тот же участок $-a \leq t \leq a$ оси Ox подвержен смещению

$$g(t) = g_1(t) + ig_2(t) = \beta - \gamma i,$$

где β и γ — заданные положительные действительные числа, причем $g(t) = 0$ для всех точек отрезка, лежащих вне отрезка $-a \leq t \leq a$. Определим напряженное состояние в нижней полуплоскости.

Граничное условие для второй основной задачи плоской теории упругости в случае полуплоскости имеет вид [3, с. 353] $\aleph \varphi(t) - t\overline{\varphi'(t)} - \overline{\psi(t)} = 2\mu(g_1(t) + ig_2(t))$, или $\aleph \overline{\varphi(t)} - t\varphi'(t) - \psi(t) = 2\mu(g_1(t) - ig_2(t))$, где $\varphi(t)$, $\psi(t)$, $\varphi'(t)$, $\psi'(t)$ — граничные значения функций $\varphi(z)$, $\psi(z)$, $\varphi'(z)$, $\psi'(z)$, голоморфных в нижней полуплоскости.

Формулы для функций напряжения $\varphi(z)$ и $\psi(z)$, полученные Н. И. Мусхелишвили [2, с. 354, 355], при этом

$$\varphi'(z) = -\frac{\mu}{\pi \aleph i} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{g_1(t) + ig_2(t)}{(t-z)^2} dt, \quad (11)$$

$$\psi'(z) = \frac{\mu}{\pi i} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{g_1(t) - ig_2(t)}{(t-z)^2} dt - \varphi'(z) - z\varphi''(z), \quad (12)$$

где $\mu = E / (2(1+\nu))$ и $\aleph = 3 - 4\nu$ — упругие постоянные, которые выражаются через E — модуль Юнга и ν — постоянную Пуассона, связанную с коэффициентом бокового давления ξ_0 соотношением $\xi_0 = \nu(1-\nu)^{-1}$.

Компоненты напряжения, дающие решение поставленной задачи, находятся из соотношений (4).

Положим сначала $g_1(t) = \beta$. Тогда компоненты напряжения имеют вид

$$\left\{ \begin{aligned} \sigma_x &= \frac{4\mu a \beta x y (3 + \aleph)}{\pi \aleph ((x^2 + y^2 - a^2)^2 + 4a^2 y^2)} + \\ &+ \frac{8\mu a \beta x y}{\pi \aleph} \left(\frac{4y^2(x^2 - y^2 - a^2) + ((x^2 - y^2 - a^2)^2 - 4x^2 y^2)}{((x^2 + y^2 - a^2)^2 + 4a^2 y^2)^2} \right), \\ \sigma_y &= \frac{4\mu a \beta x y (1 - \aleph)}{\pi \aleph ((x^2 + y^2 - a^2)^2 + 4a^2 y^2)} - \\ &- \frac{8\mu a \beta x y}{\pi \aleph} \left(\frac{4y^2(x^2 - y^2 - a^2) + ((x^2 - y^2 - a^2)^2 - 4x^2 y^2)}{((x^2 + y^2 - a^2)^2 + 4a^2 y^2)^2} \right), \\ \tau_{xy} &= \frac{4\mu a \beta}{\pi \aleph} \left(\frac{8x^2 y^2 (x^2 - y^2 - a^2) - 2y^2 ((x^2 - y^2 - a^2)^2 - 4x^2 y^2)}{((x^2 + y^2 - a^2)^2 + 4a^2 y^2)^2} \right) - \\ &- \frac{2\mu a \beta (\aleph + 1)(x^2 - y^2 - a^2)}{\pi \aleph ((x^2 + y^2 - a^2)^2 + 4a^2 y^2)}, \end{aligned} \right. \quad (13)$$

а компонента вертикальной деформации, вычисленная по формуле (7), с учетом формул (13) имеет вид

$$\varepsilon_y = -\frac{4a\beta xy}{\pi\aleph((x^2+y^2-a^2)^2+4a^2y^2)} - \frac{4a\beta xy(4y^2(x^2-y^2-a^2)+((x^2-y^2-a^2)-4x^2y^2))}{\pi\aleph((x^2+y^2-a^2)^2+4a^2y^2)^2}. \quad (14)$$

Тогда, подставляя (14) в формулу (9), имеем

$$s = -\frac{4a\beta x}{\pi\aleph} \int_0^y \frac{y}{((x^2+y^2-a^2)^2+4a^2y^2)} dy - \frac{4a\beta x}{\pi\aleph} \int_0^y \frac{y(4y^2(x^2-y^2-a^2)+((x^2-y^2-a^2)-4x^2y^2))}{((x^2+y^2-a^2)^2+4a^2y^2)^2} dy.$$

Полагая $|x| < a$ и вычисляя интеграл, получим

$$s = \frac{4a\beta xy^2}{\pi\aleph((x^2+y^2-a^2)^2+4a^2y^2)}. \quad (15)$$

Теперь положим $g_2(t) = -i\gamma$. Аналогичные вычисления дают

$$\left\{ \begin{aligned} \sigma_x &= \frac{2\mu a\gamma(x^2-y^2-a^2)(3-\aleph)}{\pi\aleph((x^2+y^2-a^2)^2+4a^2y^2)} + \\ &+ \frac{4\mu a\gamma}{\pi\aleph} \left(\frac{2y^2((x^2-y^2-a^2)^2-4x^2y^2)-8x^2y^2(x^2-y^2-a^2)}{((x^2+y^2-a^2)^2+4a^2y^2)^2} \right), \\ \sigma_y &= \frac{2\mu a\gamma(x^2-y^2-a^2)(1+\aleph)}{\pi\aleph((x^2+y^2-a^2)^2+4a^2y^2)} - \\ &- \frac{4\mu a\gamma}{\pi\aleph} \left(\frac{2y^2((x^2-y^2-a^2)^2-4x^2y^2)-8x^2y^2(x^2-y^2-a^2)}{((x^2+y^2-a^2)^2+4a^2y^2)^2} \right), \\ \tau_{xy} &= \frac{4\mu a\gamma}{\pi\aleph} \left(\frac{2xy((x^2-y^2-a^2)^2-4x^2y^2)+8xy^3(x^2-y^2-a^2)}{((x^2+y^2-a^2)^2+4a^2y^2)^2} \right) - \\ &- \frac{4\mu a\gamma(\aleph-1)xy}{\pi\aleph((x^2+y^2-a^2)^2+4a^2y^2)}, \end{aligned} \right. \quad (16)$$

а компонента вертикальной деформации имеет вид

$$\varepsilon_y = \frac{2a\gamma(8x^2y^2(x^2-y^2-a^2)-2y^2((x^2-y^2-a^2)-4x^2y^2))}{\pi\aleph((x^2+y^2-a^2)^2+4a^2y^2)^2} + \frac{4a\gamma(1-2\nu)}{\pi\aleph} \frac{(x^2-y^2-a^2)}{((x^2+y^2-a^2)^2+4a^2y^2)}. \quad (17)$$

Тогда, как и выше, получим выражение для осадки в случае постоянного вертикального смещения.

$$s = \frac{2a\gamma}{\pi\aleph} \int_0^y \frac{8x^2y^2(x^2 - y^2 - a^2) - 2y^2((x^2 - y^2 - a^2)^2 - 4x^2y^2)}{((x^2 + y^2 - a^2)^2 + 4a^2y^2)^2} dy + \\ + \frac{4a\gamma(1-2\nu)}{\pi\aleph} \int_0^y \frac{(x^2 - y^2 - a^2)}{(x^2 + y^2 - a^2)^2 + 4a^2y^2} dy.$$

Пусть $|x| < a$. Вычисляя интеграл и учитывая (9), получим

$$s = \frac{\gamma}{\pi} \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{y}{a-x} \right) + \operatorname{arctg} \left(\frac{y}{a+x} \right) \right) - \frac{2a\gamma}{\pi\aleph} \left(\frac{y^3 + (a^2 - x^2)y}{(x^2 + y^2 - a^2)^2 + 4a^2y^2} \right). \quad (18)$$

Для получения выражений, позволяющих подсчитать значения компонент напряжения и деформации в точках полуплоскости от постоянного смещения $g(t) = \beta - i\gamma$, действующего на отрезке $-a \leq t \leq a$, следует сложить правые части соответствующих выражений, входящих в (13) и (16) и в (14) и (17). Ввиду громоздкости полученных формул они не приводятся в этой работе.

Формулу для осадки в случае смещения $g(t) = \beta - i\gamma$ получаем сложением формул (15) и (18). Итак,

$$s = \frac{\gamma}{\pi} \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{y}{a-x} \right) + \operatorname{arctg} \left(\frac{y}{a+x} \right) \right) - \frac{2a\gamma}{\pi\aleph} \left(\frac{y^3 + (a^2 - x^2)y}{(x^2 + y^2 - a^2)^2 + 4a^2y^2} \right) + \\ + \frac{4a\beta xy^2}{\pi\aleph((x^2 + y^2 - a^2)^2 + 4a^2y^2)}. \quad (19)$$

Наконец, формулу для суммарной осадки получаем сложением формул (10) и (19).

В заключение в качестве примера построим картину изолиний осадки грунтового массива, загруженного по полосе шириной $2a = 70$ м при заданном среднем давлении (за вычетом давления от собственного веса) $p = 300$ кПа, $q = 100$ кПа. Грунт — песок пылеватый с модулем деформации $\mu = 18$ МПа и коэффициентом Пуассона $\nu = 0,3$; $\alpha = 1, \gamma = 3$ см.

На рис. 4 приведены изолинии суммарной осадки для приведенных выше значений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богомолов А. Н. Предложения о подходе к расчету оснований сооружений // Сборник трудов юбилейной конференции, посвященной 80-летию кафедры механики грунтов, оснований и фундаментов, 110-летию со дня рождения Н. А. Цытовича, 100-летию со дня рождения С. С. Вялова. М. : МГСУ, 2010. С. 147—151.
2. Мусхелишвили Н. И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М. : Наука, 1966.
3. Michell J.H. The inversion of plane stress. V. 34, 1902.
4. Колосов Г.В. Об одном приложении теории функций комплексного переменного к плоской задаче математической теории упругости. Юрьев, 1909.
5. Kolossoff G. Über einige Eigenschaften des ebenen Problems der Elastizitätstheorie // Ztschr. f. Math. u. Phys., Bd. 62, 1914.

1. *Bogomolov A. N.* Predlozheniya o podhode k raschetu osnovani sooruzheni // Sbornik trudov yubileynoy konferentsii, posvyashchennoi 80-letiyu kafedry mekhaniki gruntov, osnovani i fundamentov, 110-letiyu so dnya rozhdeniya N. A. Tsytovicha, 100-letiyu so dnya rozhdeniya S. S. Vyalova. M. : MGSU, 2010. S. 147—151.
2. *Mushelishvili N. I.* Nekotorye osnovnye zadachi matematicheskoy teorii uprugosti. M. : Nauka, 1996.
3. *Michell J.H.* The inversion of plane stress. V. 34, 1902.
4. *Kolosov G. V.* Ob odnom prilozhenii teorii funktsi kompleksnogo peremennogo k ploskoy zadache matematicheskoy teorii uprugosti. Yuriev, 1909.
5. *Kolosof G.* Über einige Eigenschaften des ebenen Problems der Elastizitätstheorie // Ztschr. f. Math. u. Phys., Bd. 62, 1914.

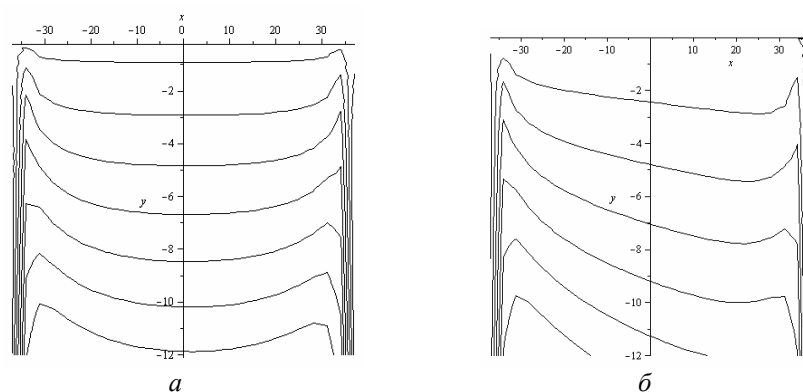


Рис. 4. Изолинии суммарной осадки при $p=300$ кПа, $\gamma=3$ см (а); $p=300$ кПа, $q=100$ кПа, $\beta=1$ см, $\gamma=3$ см (б)

© Богомолов А. Н., Калашников С. Ю., Ушаков А. Н., 2011

Поступила в редакцию
в октябре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Богомолов А. Н., Калашников С. Ю., Ушаков А. Н. Определение осадок точек упругой полуплоскости от действия наклонной равномерно распределенной нагрузки // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр.-во и архит. 2011. Вып. 24(43). С. 4—11.

УДК 624.131.524

А. Н. Богомолов, С. Ю. Калашников, А. Н. Ушаков

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ЛЕНТОЧНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

Изложено аналитическое решение задачи об определении напряжений и перемещений в упругом невесомом основании системы незаглубленных параллельных ленточных фундаментов одинаковой ширины, расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга и воспринимающих равномерно распределенную нагрузку одинаковой интенсивности. Приведены в замкнутой форме формулы для вычисления напряжений и вертикальных смещений (осадок) в точках исследуемой области. Даны графические изображения картин изолиний напряжений и осадок для нескольких рассмотренных в работе случаев.

К л ю ч е в ы е с л о в а: система параллельных ленточных фундаментов, равномерно распределенная нагрузка, напряжения и осадки в невесомом упругом основании, картины изолиний напряжений и осадок.

The analytical solution of strain and device in the elastic imponderable foundation of unhardened parallel continuous footings of the identical weight system is stated. The footings are equidistant from each other and are deemed the uniformly distributed load of the identical intensity. The formulas for the calculation of strains and vertical displacements (settlements) in the points of the covered province are obtained in the closed form. The patterns of strains and settlements isopleths are described for illustrative purposes.

К е у w o r d s: system of parallel continuous footings, uniformly distributed load, strain and settlement in imponderable elastic foundation, patterns of strains and settlements isopleths.

В практике фундаментостроения часто бывает необходимо знать напряженно-деформированное состояние основания системы параллельных ленточных фундаментов одинаковой ширины, расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга и воспринимающих равномерно распределенную нагрузку одинаковой интенсивности или, в соответствии с терминологией, принятой в работе [1], напряженно-деформированное состояние основания «при действии периодической системы полосовых нагрузок».

Отметим также, что вопросы, связанные с исследованиями действия таких нагрузок на грунтовое основание, рассмотрены в работах [1—5].

Ниже мы приводим аналитическое решение задачи об определении напряжений и перемещений в невесомом линейно деформируемом основании, подверженном действию n таких нагрузок.

Пусть на участках $a_1 \leq t \leq b_1, a_2 \leq t \leq b_2, \dots, a_n \leq t \leq b_n$ оси Ox заданы нагрузки интенсивности $p_1, p_2, \dots, p_n$ соответственно, а остальные участки свободны от внешних усилий (рис. 1). Определим напряженное состояние в нижней полуплоскости от действия этих нагрузок, воспользовавшись хорошо известным решением задачи Мичелла [6] о напряженном состоянии в полуплоскости $y \leq 0$, когда отрезок $-a \leq t \leq a$ оси Ox подвержен равномерному давлению p .

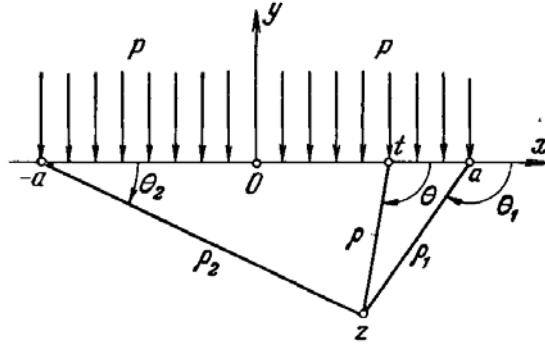


Рис. 1. Расчетная схема задачи (цит. по [1])

Согласно [7, с. 352], компоненты напряжения в некоторой точке полуплоскости с координатами x ; y , соответствующие решению задачи Мичелла, определяются выражениями

$$\begin{cases} \sigma_x = -\frac{p}{\pi}(\theta_1 - \theta_2) + \frac{2pay(x^2 - y^2 - a^2)}{\pi((x^2 + y^2 - a^2)^2 + 4a^2y^2)}, \\ \sigma_y = -\frac{p}{\pi}(\theta_1 - \theta_2) - \frac{2pay(x^2 - y^2 - a^2)}{\pi((x^2 + y^2 - a^2)^2 + 4a^2y^2)}, \\ \tau_{xy} = \frac{4paxy^2}{\pi((x^2 + y^2 - a^2)^2 + 4a^2y^2)}, \end{cases} \quad (1)$$

где $\theta_1 - \theta_2$ — угол, под которым из данной точки полностью виден нагруженный участок.

Если нагрузка интенсивности p задана на отрезке $-a \leq t \leq b$, то компоненты напряжения принимают вид:

$$\begin{cases} \sigma_x = -\frac{p}{\pi}(\theta_1 - \theta_2) + \frac{p(b-a)y((x-a)(x-b) - y^2)}{\pi((x-a)^2 + y^2)((x-b)^2 + y^2)}, \\ \sigma_y = -\frac{p}{\pi}(\theta_1 - \theta_2) - \frac{p(b-a)y((x-a)(x-b) - y^2)}{\pi((x-a)^2 + y^2)((x-b)^2 + y^2)}, \\ \tau_{xy} = \frac{2p(b-a)xy^2 - p(b^2 - a^2)y^2}{\pi((x-a)^2 + y^2)((x-b)^2 + y^2)}, \end{cases} \quad (2)$$

где $\theta_1 - \theta_2 = \arctg((b-x)/|y|) + \arctg((x-a)/|y|)$.

Тогда в случае рассматриваемых n участков $a_1 \leq t \leq b_1$, $a_2 \leq t \leq b_2$, ..., $a_n \leq t \leq b_n$ оси Ox , к каждому из которых приложена равномерно распределенная нагрузка величины $p_1, p_2, \dots, p_n$, имеем

$$\begin{cases} \sigma_x = -\sum_{i=1}^n \frac{p_i}{\pi} \left(\operatorname{arctg} \frac{b_i - x}{|y|} + \operatorname{arctg} \frac{x - a_i}{|y|} \right) + \sum_{i=1}^n \frac{p_i(b_i - a_i)y((x - a_i)(x - b_i) - y^2)}{\pi((x - a_i)^2 + y^2)((x - b_i)^2 + y^2)}, \\ \sigma_y = -\sum_{i=1}^n \frac{p_i}{\pi} \left(\operatorname{arctg} \frac{b_i - x}{|y|} + \operatorname{arctg} \frac{x - a_i}{|y|} \right) - \sum_{i=1}^n \frac{p_i(b_i - a_i)y((x - a_i)(x - b_i) - y^2)}{\pi((x - a_i)^2 + y^2)((x - b_i)^2 + y^2)}, \\ \tau_{xy} = \sum_{i=1}^n \frac{2p_i(b_i - a_i)xy^2 - p_i(b_i^2 - a_i^2)y^2}{\pi((x - a_i)^2 + y^2)((x - b_i)^2 + y^2)}. \end{cases} \quad (3)$$

На рис. 2 приведены изолинии горизонтального, вертикального и касательного напряжений, построенные на основании формул (3) при условии, что количество участков нагружения равно двум при $p_1=p_2=1$; $a_1=-20$; $b_1=-5$; $a_2=5$; $b_2=20$.

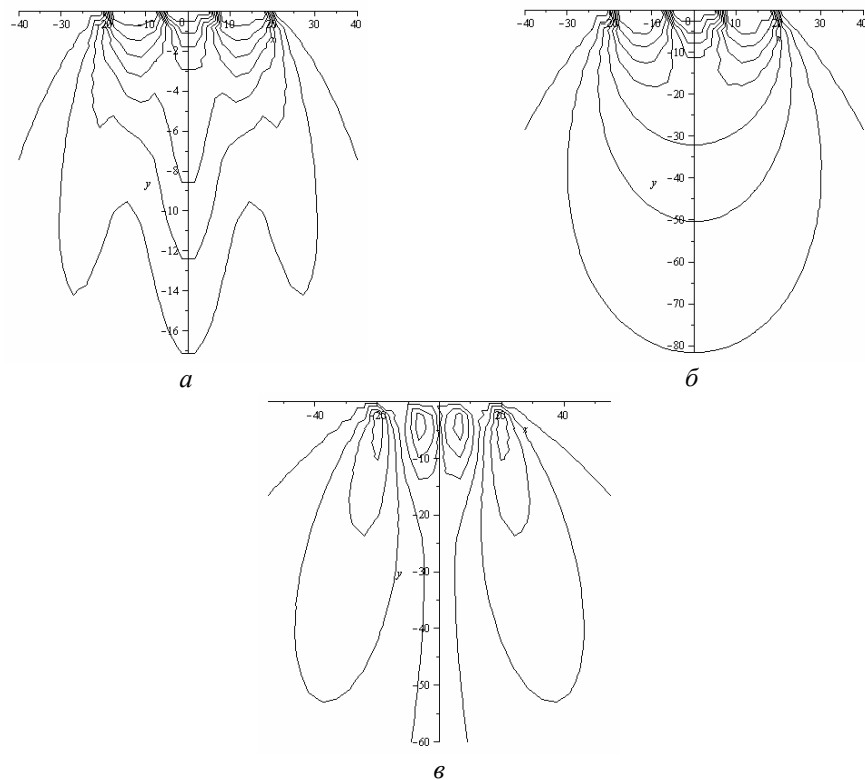


Рис. 2. Изолинии горизонтального σ_x (а), вертикального σ_y (б) и касательного τ_{xy} (в) напряжения

На рис. 3 приведены изолинии вертикального σ_y напряжения для двух участков нагружения при указанных значениях параметров при условии, что левый участок зафиксирован, а абсциссы начала и конца правого нагруженного участка последовательно и одновременно увеличиваются на десять масштабных единиц, пока не достигнут значений $a_2=80$; $b_2=90$.

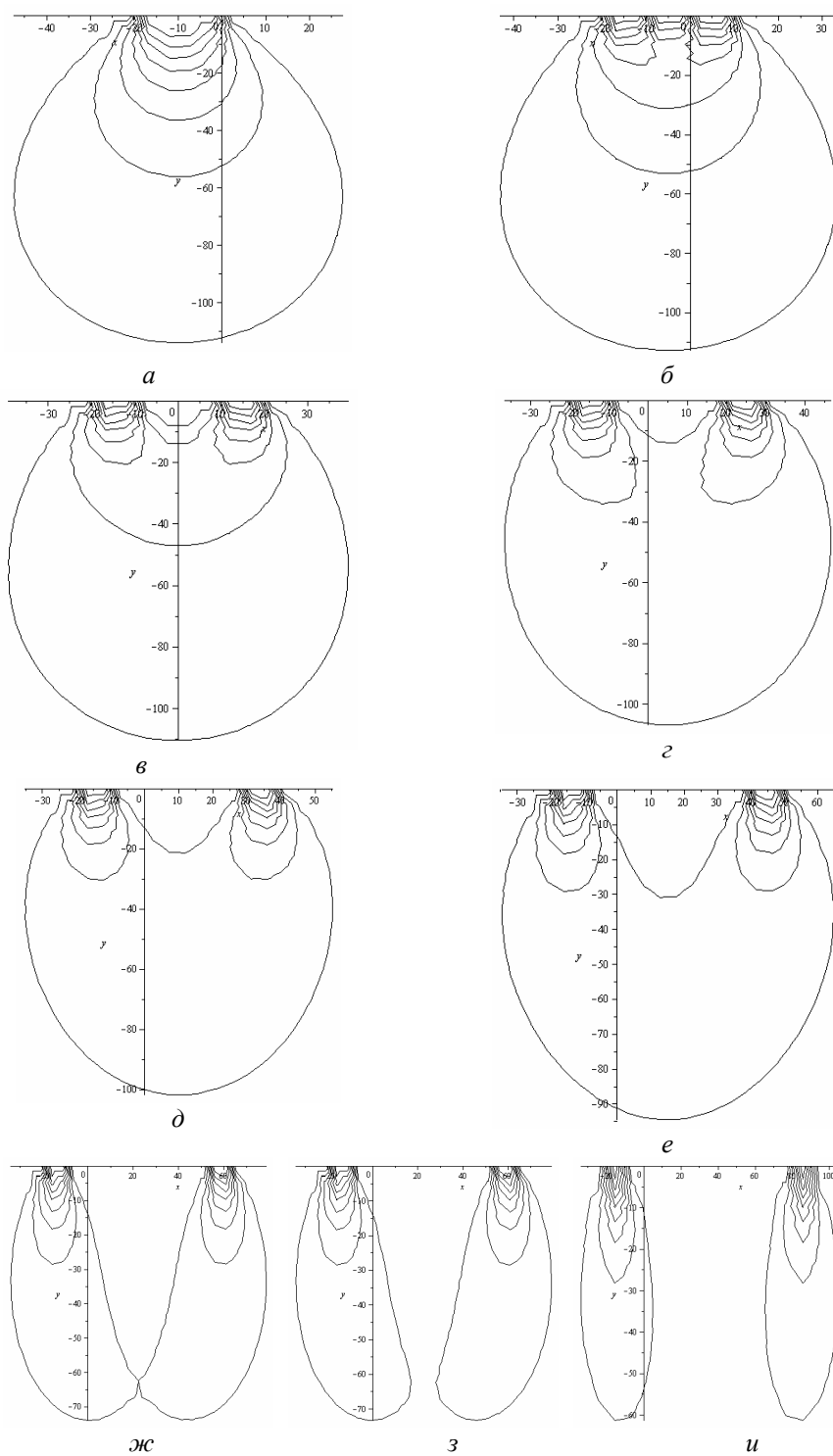


Рис. 3. Эволюция изолиний компоненты вертикального σ_y напряжения для двух нагруженных участков шириной 10 масштабных единиц при $p_1 = p_2 = 1$ в зависимости от расстояния между ними

На рис. 4 приведены изолинии вертикального напряжения для трех участков нагружения при указанных значениях параметров при условии, что абсциссы начала и конца среднего участка не меняют своих координат ($a_2 = -10$; $b_2 = 10$), а абсциссы начал и концов крайних загруженных участков последовательно и одновременно увеличиваются по модулю на десять масштабных единиц, пока не достигнут значений соответственно $a_1 = -130$; $b_1 = -120$; $a_3 = 120$; $b_3 = 130$.

Ниже приведены таблицы значений компоненты вертикального напряжения для полностью загруженного участка $-1 \leq t \leq 1$ оси Ox нагрузкой величиной $p = 1$ (табл. 1) [8] и таблица значений компоненты вертикального напряжения для двух загруженных участков $-1 \leq t \leq -0,5$ и $0,5 \leq t \leq 1$ соответственно нагрузками величиной $p_1 = p_2 = 1$ (табл. 2).

Т а б л и ц а 1

Значения σ_y от действия вертикальной нагрузки, равномерно распределенной по полосе (при $p = 1$, $a_1 = -1$, $b_1 = 1$)

y	x						
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0
0,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,500
0,3	0,990	0,989	0,987	0,984	0,967	0,908	0,499
0,5	0,959	0,958	0,953	0,943	0,902	0,808	0,497
1	0,818	0,815	0,805	0,789	0,735	0,650	0,480
3	0,396	0,395	0,393	0,390	0,379	0,364	0,334
5	0,248	0,248	0,247	0,246	0,244	0,239	0,231

Т а б л и ц а 2

Значения σ_y от действия вертикальной нагрузки, равномерно распределенной по полосе (при $p_1 = 1$, $p_2 = 1$, $a_1 = -1$, $b_1 = -0,5$, $a_2 = 0,5$, $b_2 = 1$)

y	x						
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,500	1,000	0,500
0,3	0,053	0,061	0,092	0,159	0,472	0,745	0,469
0,5	0,141	0,152	0,187	0,247	0,422	0,551	0,413
1	0,268	0,272	0,281	0,295	0,325	0,339	0,295
3	0,187	0,187	0,186	0,185	0,181	0,175	0,163
5	0,122	0,122	0,121	0,121	0,120	0,118	0,114

Для определения компоненты вертикальной деформации воспользуемся известной формулой [7, 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.

Компонента вертикальной деформации, вычисленная по формуле (4), с учетом формулы (3) имеет вид

$$\varepsilon_y = -\frac{1}{2\pi\mu} \sum_{i=1}^n \left(p_i(1-2\nu) \left(\operatorname{arctg} \frac{b_i - x}{|y|} + \operatorname{arctg} \frac{x - a_i}{|y|} \right) + \frac{p_i(b_i - a_i)y((x - a_i)(x - b_i) - y^2)}{((x - a_i)^2 + y^2)((x - b_i)^2 + y^2)} \right). \quad (5)$$

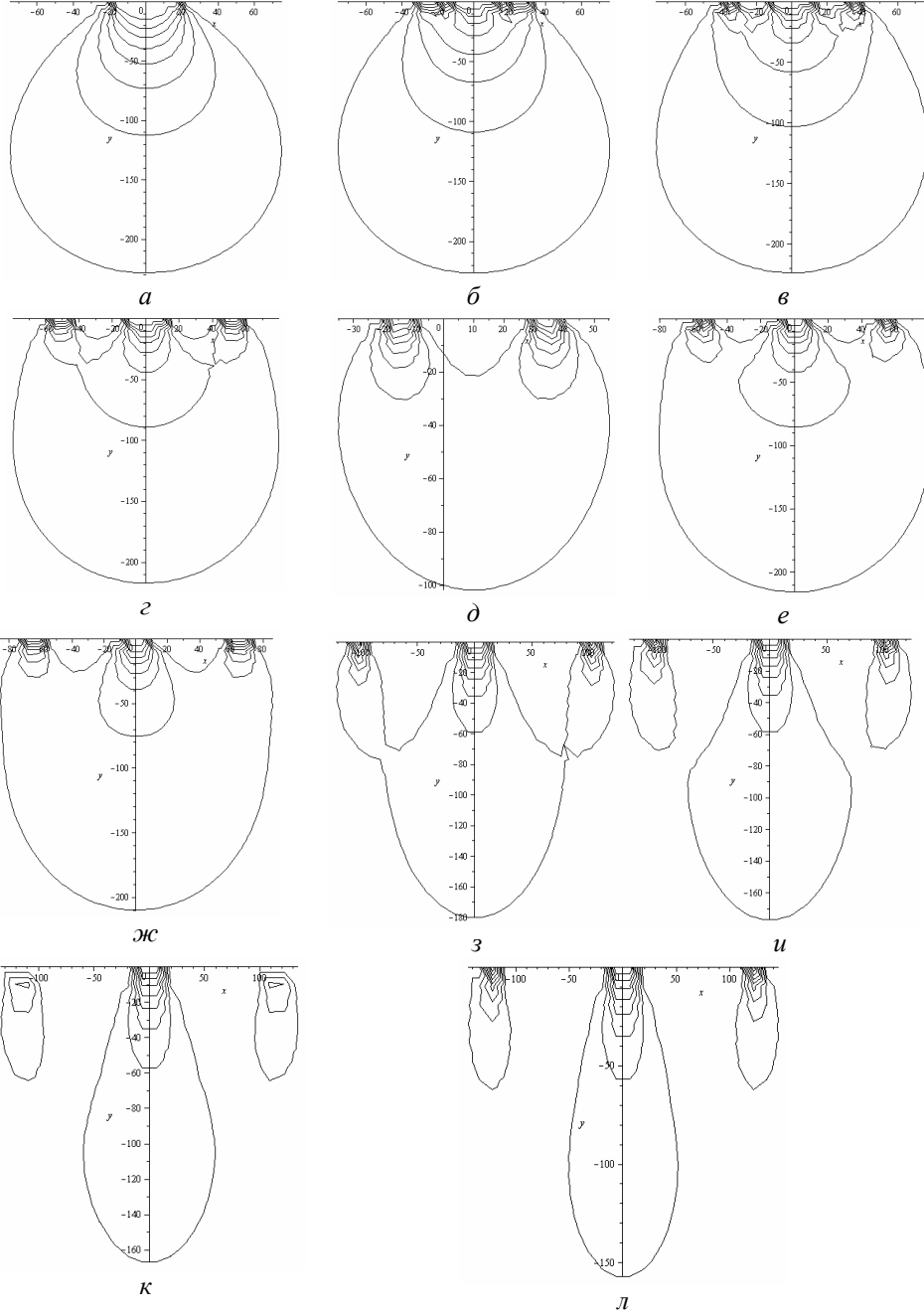


Рис. 4. Эволюция изолиний компоненты вертикального σ_y напряжения для трех нагруженных участков при $p_1 = p_2 = p_3 = 1$, ширине крайних нагруженных участков 10 и среднего нагруженного участка 20 масштабных единиц в зависимости от расстояния между ними

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 при помощи теории упругости:

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

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

Получим формулу осадки для n равномерно распределенных нагрузок величин $p_1, p_2, \dots, p_n$, приложенных к участкам $a_1 \leq t \leq b_1, a_2 \leq t \leq b_2, \dots, a_n \leq t \leq b_n$ оси Ox . Подставляя (5) в (6), имеем

$$s = -\frac{(1-2\nu)}{2\pi\mu} \int_0^y \sum_{i=1}^n p_i \left(\operatorname{arctg} \frac{b_i - x}{|y|} + \operatorname{arctg} \frac{x - a_i}{|y|} \right) dy + \\ + \frac{1}{2\pi\mu} \int_0^y \sum_{i=1}^n \frac{p_i (b_i - a_i) y ((x - a_i)(x - b_i) - y^2)}{((x - a_i)^2 + y^2)((x - b_i)^2 + y^2)} dy.$$

Вычисляя интегралы, получим

$$s = -\frac{(1-2\nu)}{2\pi\mu} \sum_{i=1}^n p_i \left(y \operatorname{arctg} \left(\frac{b_i - x}{y} \right) + y \operatorname{arctg} \left(\frac{x - a_i}{y} \right) + \frac{(b_i - x)}{2} \ln \left(\frac{(b_i - x)^2 + y^2}{(b_i - x)^2} \right) + \right. \\ \left. + \frac{(x - a_i)}{2} \ln \left(\frac{(x - a_i)^2 + y^2}{(x - a_i)^2} \right) \right) - \\ - \frac{1}{4\pi\mu} \sum_{i=1}^n p_i \left((b_i - x) \ln \left(\frac{(b_i - x)^2 + y^2}{(b_i - x)^2} \right) + (x - a_i) \ln \left(\frac{(x - a_i)^2 + y^2}{(x - a_i)^2} \right) \right) \quad (7)$$

или

$$2\mu s = -\frac{(1-2\nu)}{\pi} \sum_{i=1}^n p_i \left(y \operatorname{arctg} \left(\frac{b_i - x}{y} \right) + y \operatorname{arctg} \left(\frac{x - a_i}{y} \right) + \frac{(b_i - x)}{2} \ln \left(\frac{(b_i - x)^2 + y^2}{(b_i - x)^2} \right) + \right. \\ \left. + \frac{(x - a_i)}{2} \ln \left(\frac{(x - a_i)^2 + y^2}{(x - a_i)^2} \right) \right) - \\ - \frac{1}{2\pi} \sum_{i=1}^n p_i \left((b_i - x) \ln \left(\frac{(b_i - x)^2 + y^2}{(b_i - x)^2} \right) + (x - a_i) \ln \left(\frac{(x - a_i)^2 + y^2}{(x - a_i)^2} \right) \right). \quad (7')$$

Заметим, что $s(x, y)$ как функция от x разрывна на концах участков, однако при $x \rightarrow a_i$ и $x \rightarrow b_i$, где $i=1, 2, \dots, n$ и $y \rightarrow 0$, $s \rightarrow 0$, а при $y \rightarrow -\infty$ $s \rightarrow -\infty$.

На рис. 5 приведены изолинии значений $2\mu s$ для глинистого и песчаного грунта, построенные на основании формулы (7') для случая двух участков нагружения при $p_1 = p_2 = 1$, а на рис. 6 приведены изолинии значений $2\mu s$ для трех участков нагружения для тех же типов грунтов при $p_1 = p_2 = p_3 = 1$.

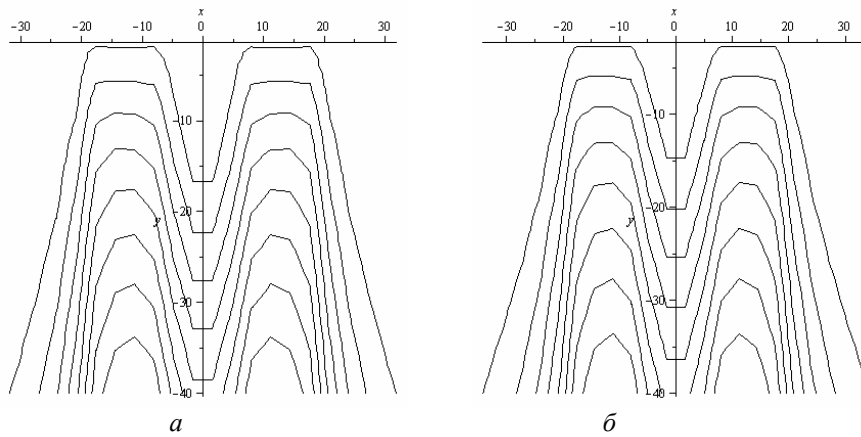


Рис. 5. Изолинии $2\mu s$ при: $a_1 = -20$, $b_1 = -5$, $a_2 = 5$, $b_2 = 20$, $\nu = 0,42$ (глинистый грунт) (а); $a_1 = -20$, $b_1 = -5$, $a_2 = 5$, $b_2 = 20$, $\nu = 0,3$ (песчаный грунт) (б)

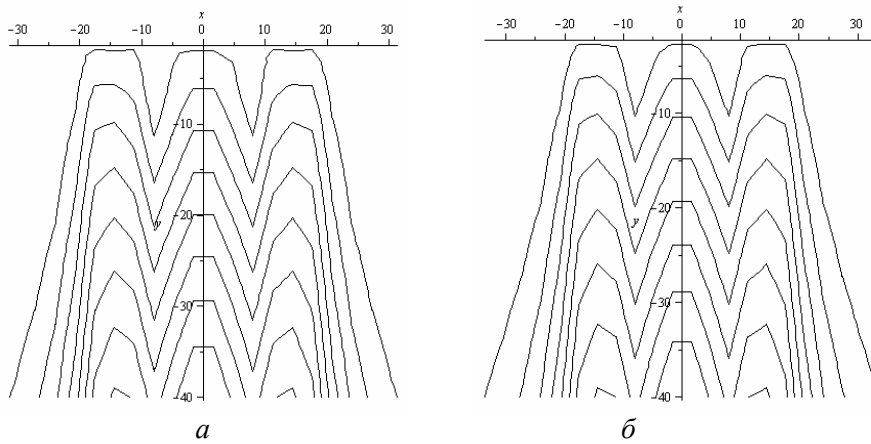


Рис. 6. Изолинии $2\mu s$ при: $a_1 = -20$, $b_1 = -10$, $a_2 = 5$, $b_2 = 5$, $a_3 = 10$, $b_3 = 20$, $\nu = 0,42$ (глинистый грунт) (а); $a_1 = -20$, $b_1 = -10$, $a_2 = -5$, $b_2 = 5$, $a_3 = 10$, $b_3 = 20$, $\nu = 0,3$ (песчаный грунт) (б)

Ясно, что, задавая различные значения величин, входящих в формулу (7'), можно построить изолинии $2\mu s$ для любого типа грунта и любого числа нагруженных участков заданной протяженности.

В заключение приведем таблицы значений приведенной осадки для глинистого и песчаного грунтов (табл. 3, 4).

Т а б л и ц а 3

Значения $2\mu s$ от действия вертикальной нагрузки, равномерно распределенной по полосе (при $p_1 = 1, p_2 = 1, a_1 = -1, b_1 = -0,5, a_2 = 0,5, b_2 = 1, v = 0,42$ (глинистый грунт))

у	х						
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,3	0,017	0,018	0,018	0,018	0,041	0,100	0,042
0,5	0,029	0,028	0,025	0,016	0,076	0,164	0,079
0,7	0,029	0,027	0,019	0,003	0,109	0,212	0,114
1	0,008	0,005	0,007	0,029	0,156	0,268	0,159
3	0,231	0,236	0,249	0,272	0,401	0,507	0,367

Т а б л и ц а 4

Значения $2\mu s$ от действия вертикальной нагрузки, равномерно распределенной по полосе (при $p_1 = 1, p_2 = 1, a_1 = -1, b_1 = -0,5, a_2 = 0,5, b_2 = 1, v = 0,3$ (песчаный грунт))

у	х						
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,3	0,011	0,011	0,011	0,008	0,071	0,149	0,072
0,5	0,014	0,013	0,007	0,006	0,122	0,231	0,124
0,7	0,004	0,004	0,010	0,031	0,169	0,294	0,171
1	0,032	0,037	0,051	0,078	0,232	0,366	0,231
3	0,341	0,346	0,362	0,390	0,544	0,671	0,500

Выводы: 1. Аналитически получены формулы для вычисления величин напряжений и перемещений в точках невесомого упруго деформируемого основания системы n параллельных незаглубленных ленточных фундаментов одинаковой ширины, загруженных равномерно распределенной нагрузкой равной интенсивности. 2. Картины изолиний напряжений претерпевают существенные изменения при увеличении (уменьшении) расстояния между фундаментами, что влечет за собой изменение осадок и несущей способности основания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Холмянский М. Л. Напряженное состояние грунта при действии периодической системы полосовых нагрузок // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2005. № 5. С. 2—6.
2. Королев К. В. Исследование несущей способности оснований близко расположенных ленточных фундаментов мелкого заложения : автореф. дисс... канд. техн. наук. Томск : ТГАСУ, 2003.
3. Сорочан Е. А., Ковалев В. А. Расчет двухщелевых фундаментов мелкого заложения // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2006. № 1. С. 11—14.
4. Федоровский В. Г. Предельное давление на ряд ленточных штампов и эффект «непродавливания» // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2006. № 3. С. 9—13.
5. Богомолов А. Н. О взаимном влиянии параллельных незаглубленных ленточных фундаментов // Малоэтажное строительство : материалы Международной науч.-практич. конф. Волгоград : ВолгГАСУ, 2009. С. 131—136.

6. *Michell J. H.* The inversion of plane stress. V. 34. 1902.
7. *Мухелишвили Н. И.* Некоторые основные задачи математической теории упругости. М. : Наука, 1966. 707 с.
8. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения. М. : Стройиздат, 1985. С. 62.
1. *Holmyanski M. L.* Napryazhennoe sostoyanie grunta pri deystvii periodicheskoy sistemy polosovykh nagruzok // *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov.* 2005. № 5. С. 2—6.
2. *Korolev K. V.* Issledovanie nesushchey sposobnosti osnovani blizko raspolozhennykh lentochnykh fundamentov melkogo zalozeniya : avtoref. diss... kand. tekhn. nauk. Tomsk : TGASU, 2003.
3. *Sorochan E. A., Kovalev V. A.* Raschet dvukhshelevykh fundamentov melkogo zalozeniya // *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov.* 2006. № 1. С. 11—14.
4. *Fedorovski V. G.* Predelnoe davlenie na ryad lentochnykh shtampov i effect «neprodavlivaniya» // *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov.* 2006. № 3. С. 9—13.
5. *Bogomolov A. N.* O vzaimnom vliyani parallelnykh nezaglublennykh lentochnykh fundamentov // *Maloetazhnoe stroitelstvo : materialy Mezhdunarodnoy nauch.-praktich. konf. Volgograd : VolgGASU, 2009. С. 131—136.*
6. *Michell J.H.* The inversion of plane stress. V. 34. 1902.
7. *Mushelishvili N. I.* Nekotorye osnovnye zadachi matematicheskoy teorii uprugosti. М. : Nauka, 1966. 707 s.
8. *Spravochnik proektirovshchika.* Osnovaniya, fundamenty i podzemnye sooruzheniya. М. : Stroyizdat. 1985. S. 62.

© Богомолов А. Н., Калашников С. Ю., Ушаков А. Н., 2011

Поступила в редакцию
в октябре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Богомолов А. Н., Калашников С. Ю., Ушаков А. Н. Напряженно-деформированное состояние грунтового основания системы параллельных ленточных фундаментов // *Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр.-во и архит.* 2011. Вып. 24(43). С. 12—21.

УДК 624.131.22

А. Н. Богомолов, А. С. Статун, А. В. Соловьев, С. И. Шиян

О СТАТИЧЕСКОМ ПОДХОДЕ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЕЛИЧИНЫ ДАВЛЕНИЯ НА КРОВЛЮ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПОДЗЕМНОЙ ВЫРАБОТКИ

Рассматривается вопрос об определении величины вертикальной силы давления связного грунта на потолочину горизонтальной штольнеобразной выработки. Приводятся аналитическое выражение для ее вычисления, а также графические зависимости и их аппроксимации, позволяющие отыскивать величину этой силы при различных значениях физико-механических свойств грунта, поперечных размерах выработки и глубине ее заложения. Проведен анализ влияния различных факторов на величину этой силы.

К л ю ч е в ы е с л о в а: сила вертикального давления на перекрытие подземного пространства, напряженное состояние грунтового массива, физико-механические свойства грунтов, геометрические размеры подземного пространства.

The question about the sizing of the force inflation of the vertical pressure of the binder soil on The question about the sizing of the force inflation of the vertical pressure of the binder soil on the ceiling of the horizontal adit-like opening is considered. The analytic form for it calculation, and also graphical dependences and their approach which are allowed to find out the amt this force at various values of settlement physical and mechanical properties, opening lateral dimension and depth of it embedding is indicated. The influence analysis of the various factors on the value of this force is realized.

К е у w o r d s: force of vertical pressure on end lap of underground space, stress pattern of soil body, settlement physical and mechanical properties, geometrical dimensions of underground space.

При расчете и проектировании подземных сооружений возникает необходимость определения величины вертикального давления рыхлого грунта на потолочину подземных выработок или давления грунта засыпки на перекрытия подземных пространств с целью последующего расчета и проектирования крепи или конструкций перекрытия.

На рис. 1 изображена картина разрушения кровли под действием собственного веса грунта при условии наличия опорных целиков по всему периметру выработки [1]. Понятно, если представить горизонтальную выработку, у которой стороны $AB = CD \rightarrow \infty$, то трещин AC и BD не будет и расчет величины вертикального давления можно будет проводить как для условий плоской задачи. Результаты этих расчетов могут быть использованы и при условии, что $AB/CD \geq 6$ [2].

На рис. 2 изображена расчетная схема, использованная автором работы [3] при определении вертикального давления на кровлю горизонтальной выработки.

Для того чтобы составить расчетную схему, необходимо знать, как ориентированы трещины AB и BC в толще кровли. Для выяснения этого обстоятельства нами при помощи компьютерной программы [4] проведены вычисления, позволившие определить напряженное состояние грунтового массива вокруг выработки и построить наиболее вероятные поверхности скольжения, следами которых являются линии AB и CD (см. рис. 1 и 3, а).

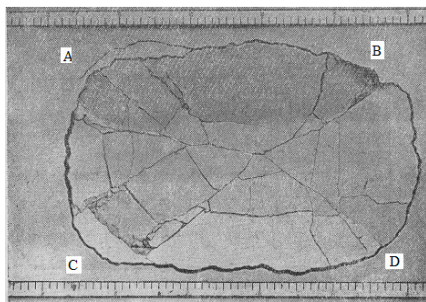


Рис. 1. Характер обрушения кровли при прямоугольной форме ее обнажения и при наличии опорных целиков по всему периметру (цит. по [1])

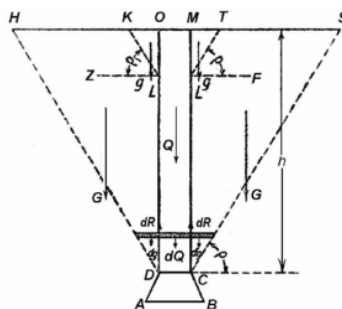


Рис. 2. Расчетная схема для определения величины давления на потолочину выработки (цит. по [3])

Формулы и графики для расчета численных значений коэффициентов запаса устойчивости для этих поверхностей скольжения при достаточно широком диапазоне изменения переменных расчетных параметров приведены нами в работе [5]. Здесь же установлено, что угол наклона наиболее вероятной поверхности скольжения в зависимости от численных значений физико-механических характеристик грунта может изменяться в довольно широком диапазоне. Поэтому при проведении исследований принято, что $\alpha \in [0-90^\circ]$.

На рис. 3 в качестве примера приведена половина конечно-элементной расчетной схемы, картины изолиний трех компонент напряжения и след соответствующей линии скольжения (трещины).

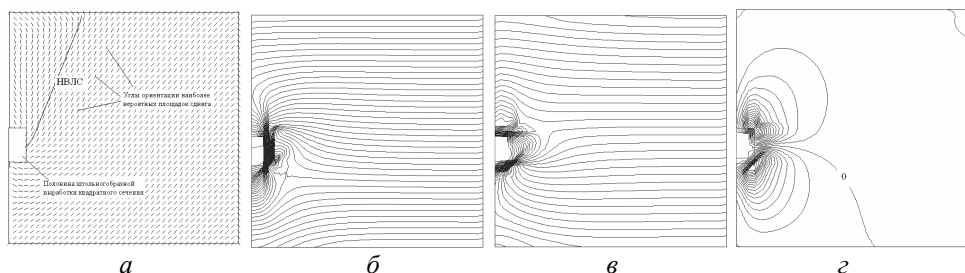


Рис. 3. Фрагмент расчетной схемы и наиболее вероятная линия скольжения (разрушения) — след трещины AB (а), картины изолиний безразмерных напряжений σ_z (б), σ_x (в) и τ_{xz} (г), возникающих вокруг выработки от собственного веса грунта

В результате проведения расчетов установлено, что в случае однородного грунта след поверхности скольжения представляет собой практически прямую линию, а ее начало находится на боковой стенке на некотором расстоянии от основания выработки, в месте зарождения областей пластических деформаций [5].

Учитывая сказанное, нами составлена расчетная схема для проведения статического расчета, которая приведена на рис. 3.

При составлении расчетной схемы сделаны и приняты следующие допущения и положения:

1. Следы поверхностей скольжения имеют вид прямых линий и исходят из верхних углов выработки.

2. Грунт, оказывающий давление на потолочину выработки, заключен в объем трапецевидной призмы, гранями которой являются следы поверхностей скольжения, дневная поверхность и потолочина выработки.

3. Грунт, заполняющий расчетную область, обладает внутренним трением и сцеплением.

4. Учитывая, что силы трения и сцепления, действующие вдоль прямых AA_2 и BB_2 , а также силы R и G приводятся к равнодействующей, лежащей на оси OY , линии действия сил N будут проходить через точку O_2 , являющуюся центром тяжести трапеции $A_1A_2B_2B_1$ (рис. 4).

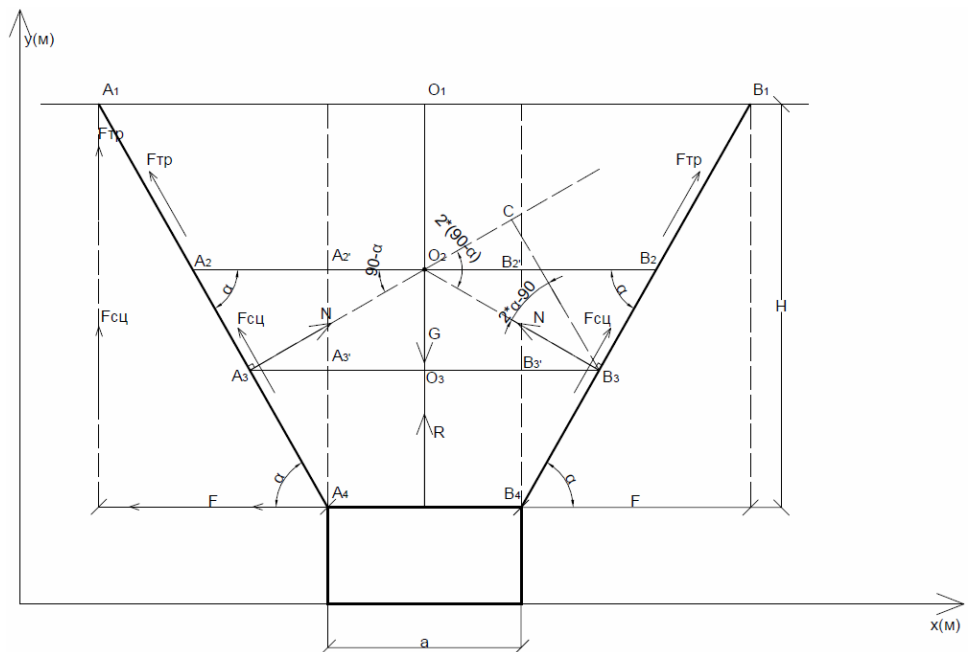


Рис. 4. Расчетная схема для определения величины давления на потолочину горизонтальной выработки, устроенной в однородном связном грунте

Составим теперь два уравнения равновесия

$$\begin{cases} \sum F_{iy} = 0; \\ M_{B_3}(F_i) = 0, \end{cases} \quad (1)$$

решая которые, получим выражения для абсолютной величины $\bar{R}$:

$$R = \gamma \left(\frac{H}{\tan \varphi} + a \right) H - 2cH - \frac{2cH \left(\tan \alpha (H - A) - \frac{A}{\tan \alpha} \right) \sin \alpha (\tan \varphi + 1)}{\sin \alpha \left(\left(B + \frac{a}{2} \right) \cos (2\alpha - 90^\circ) - 2 \tan (\varphi + 1) \left(\frac{a}{2} + \frac{A}{\tan \alpha} \right) \right) + \tan \varphi \left(\sin \alpha \left(a + \frac{A}{\tan \alpha} \right) + \cos \alpha (H - A) \right)}, \quad (2)$$

где приняты следующие обозначения:

$$A = H \left(1 - \frac{\left(3a + \frac{2H}{\operatorname{tg}\alpha} \right)}{6 \left(\frac{H}{\operatorname{tg}\alpha} + a \right)} - \cos \alpha \sin \alpha \left(\frac{H \left(3a + \frac{2H}{\operatorname{tg}\alpha} \right)}{6 \operatorname{tg}\alpha \left(\frac{H}{\operatorname{tg}\alpha} + a \right)} \right) \right); \quad B = \frac{H \left(3a + 2 \frac{H}{\operatorname{tg}\alpha} \right)}{6 \operatorname{tg}\alpha \left(\frac{H}{\operatorname{tg}\alpha} + a \right)}. \quad (3)$$

Используя предельный переход из выражения (2), легко увидеть, что при $\alpha \rightarrow 0^\circ$ величина $R \rightarrow \infty$, при $\alpha = 90^\circ$ выражение для определения величины R принимает следующий вид:

$$R = \alpha \gamma H - 2cH. \quad (4)$$

Из выражения (4) видно, что в этом случае сила R численно равна весу прямоугольного блока, лежащего на потолочине, за вычетом сил сцепления, действующих по боковым его сторонам, ведь при $\alpha = 90^\circ$ величина $N = 0$ и, следовательно, силы трения $F_{\text{тр}} = 0$.

Как видно из выражений (2—3), величина давления связного грунта на потолочину подземной выработки (пространства) сложным образом зависит от поперечного размера самой выработки a , глубины ее заложения H , прочностных свойств связного грунта: удельного сцепления C , угла внутреннего трения φ и угла наклона α боковых сторон трапециевидной призмы, давящего на потолочину грунта, который, как мы знаем [6; 7], сам является функцией напряженного состояния и физико-механических свойств пород, слагающих грунтовый массив.

Для того чтобы оценить характер влияния каждого из перечисленных выше факторов на численное значение величины R , проведены вычисления ее значений при условии, что $a = 1; 2; 3; 6; 12; 18$ м; $C = 21$ кПа; $\varphi = 28^\circ$; $\gamma = 19,6$ кН/м³; $H = 9$ м, а угол α принимает поочередно значения $15, 30, 45, 60, 75^\circ$.

В результате обработки результатов вычислений построены графические зависимости вида $R = f(\alpha)$, которые приведены на рис. 5, а.

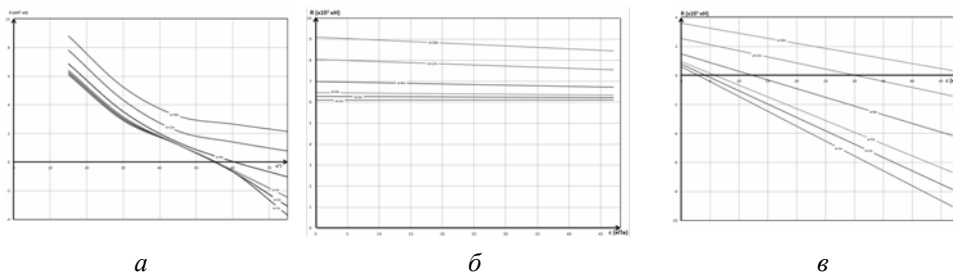


Рис. 5. Графические зависимости вида $R = f(\alpha)$ (а); $R = f(C)$ при $\alpha = 15^\circ$ (б) и $\alpha = 75^\circ$ (в)

Аналогичным образом построены графические зависимости вида $R = f(C)$, приведенные на рис. 5, б, в, для $\alpha = 15$ и 75° . Величины всех расчетных параметров оставались те же, а величина удельного сцепления изменялась в пределах $C \in [0—46]$ кПа.

Проводя анализ этих графических зависимостей, можно отметить, что первая из них с точностью не менее 96 % аппроксимируется полиномом третьей степени, а две последние являются точными прямыми. Причем если при $\alpha=15^\circ$ величина удельного сцепления практически не влияет на R , то при $\alpha=75^\circ$ это влияние весьма существенно.

Итак, установлено, что для рассмотренных случаев

$$R = mC + n, \quad (5)$$

где коэффициенты m и n могут быть определены по графикам, приведенным на рис. 6.

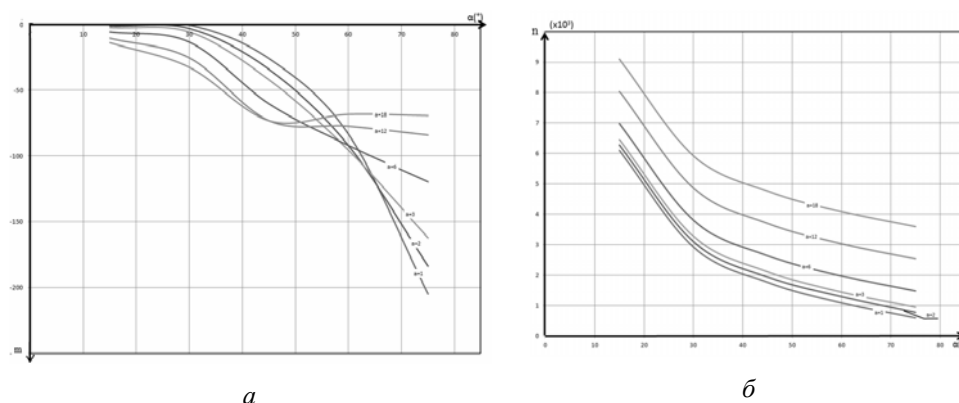


Рис. 6. Графики для определения коэффициентов m (а) и n (б)

Линейными оказались и графические зависимости вида $R = f(\varphi)$, построенные для тех же значений расчетных параметров, с той лишь разницей, что угол внутреннего трения грунта изменялся в пределах $\varphi \in [0—28^\circ]$. Эти зависимости приведены на рис. 7; там же приведены графики для определения коэффициентов аппроксимирующей линейной зависимости (6)

$$R = d\varphi + p. \quad (6)$$

Наиболее сложной оказалась графическая зависимость величины вертикальной силы от глубины заложения выработки $R = f(H)$, которая для углов $\alpha=15$ и 75° приведена на рис. 7.

Оказалось, что кривые, приведенные на рис. 8, с точностью не менее 95 % аппроксимируются полиномом второй степени

$$R = qH^2 + kH + s, \quad (7)$$

где q ; k ; s — коэффициенты, имеющие размерность соответственно кН/м^2 ; кН/м и кН и определяемые по графикам, приведенным на рис. 9, причем величина коэффициента q не зависит от поперечного размера выработки.

В заключение необходимо отметить следующее. В рассмотренном диапазоне изменения глубины заложения H подземного пространства зависимость между нею и величиной силы вертикального давления R не является линейной. Эта сила меньше той, что соответствует гидростатическому закону распределения вертикальных напряжений.

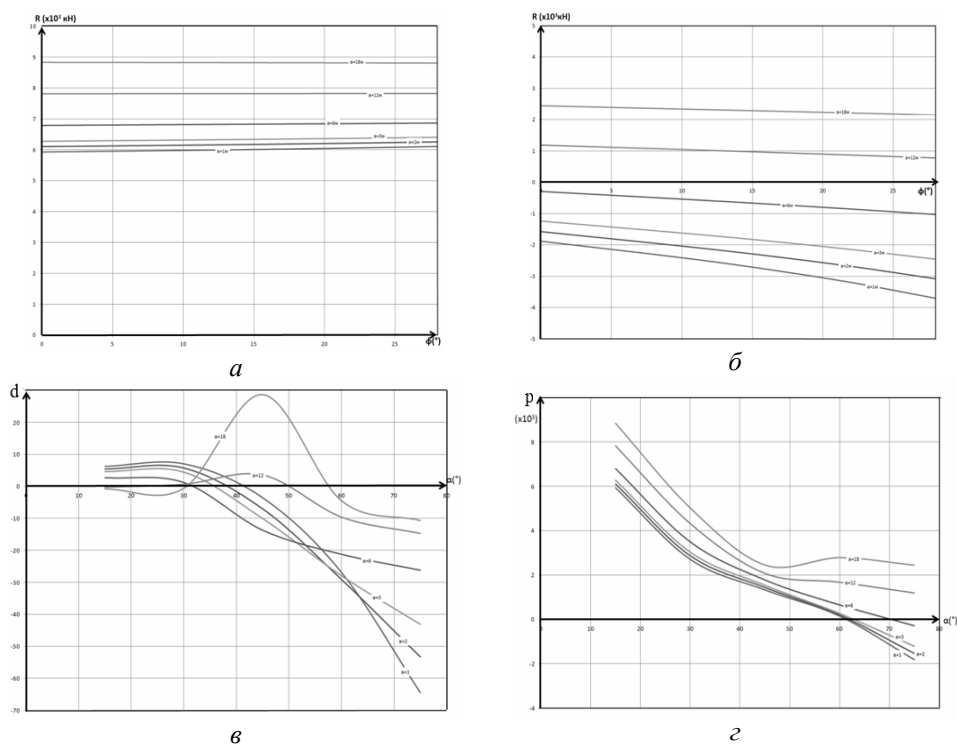


Рис. 7. Графические зависимости вида $R=f(\varphi)$ для $\alpha=15^\circ$ (а) и $\alpha=75^\circ$ (б); графики для определения коэффициентов аппроксимирующей зависимости (в, г)

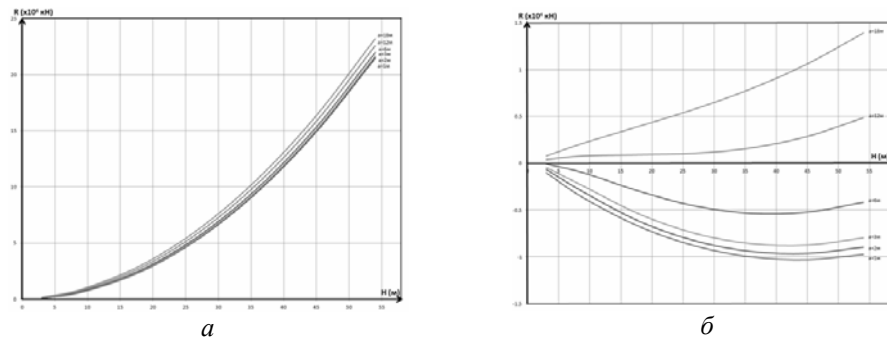


Рис. 8. Графики зависимости вида $R=f(H)$ при $\alpha=15^\circ$ (а) и $\alpha=75^\circ$ (б)

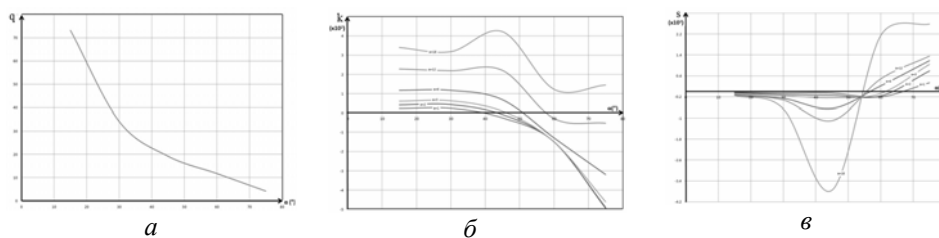


Рис. 9. Графики для определения коэффициентов аппроксимирующей зависимости (7): q — (а); k — (б); s — (в)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузнецов Г.Н., Будько М.Н. Изучение проявлений горного давления на моделях. М. : Углетехиздат, 1959. 283 с.
2. Филоненко-Бородич М. М. Теория упругости. М. : Физматгиз, 1959. 614 с.
3. Бродский М.П. Новая теория давления пород на подземную крепь. М. : Горно-геологическое нефтяное изд-во, 1937. 72 с.
4. Богомолов А.Н., Ушаков А.Н., Редин А.В. Программа «Устойчивость» для ПЭВМ // Информационный листок о научно-техническом достижении № 311-96. Волгоград, ЦНТИ, 1996.
5. Расчет устойчивости потолочины горизонтальной штольнеобразной выработки квадратного сечения на основе анализа напряженно-деформированного состояния / А.С. Статун, О.А. Богомолова, А.Н. Богомолов, И.В. Якименко // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Строительство и архитектура. 2010. Вып. 18 (37). С. 14—18.
6. Цветков В.К. Расчет устойчивости откосов и склонов. Волгоград : Нижне-Волжское кн. изд-во, 1979. 234 с.
7. Богомолов А.Н. Расчет несущей способности оснований сооружений и устойчивости грунтовых массивов в упругопластической постановке. Пермь : ПГТУ, 1996. 150 с.
1. Kuznecov G.N., Budko M.N. Izuchenie proyavleni gornogo davleniya na modelyah. M. : Ugletekhizdat, 1959. 283 s.
2. Filonenko-Borodich M.M. Teoriya uprugosti. M. : Fizmatgiz, 1959. 614 s.
3. Brodsky M.P. Novaya teoriya davleniya porod na podzemnyuyu krep. M. : Gorno-geologicheskoe neftyanoe izd-vo, 1937. 72 s.
4. Bogomolov A.N., Ushakov A.N., Redin A.V. Programma "Ustoychivost" dlja PAEVM // Informatsionny listok o nauchno-tehnicheskom dostizhenii № 311-96. Volgograd, CNTI, 1996.
5. Raschet ustoychivosti potolochiny gorizontальной shtolneobraznoy vyrabotki kvadratnogo secheniya na osnove analiza napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya / A.S. Statun, O.A. Bogomolova, A.N. Bogomolov, I.V. Yakimenko // Vestnik Volgogr. gos. arkhitekt.-stroit. un-ta. Ser.: Stroitelstvo i arkhitektura. 2010. Vyp. 18(37). S. 14—18.
6. Tsvetkov V.K. Raschet ustoychivosti otkosov i sklonov. Volgograd : Nizhne-Volzhskoe kn. izd-vo, 1979. 234 s.
7. Bogomolov A.N. Raschet nesushchey sposobnosti osnovani sooruzheni i ustoychivosti gruntovykh massivov v uprugoplasticheskoy postanovke. Perm: PGU, 1996. 150 s.

© Богомолов А. Н., Статун А. С., Соловьев А. В., Шиян С. И., 2011

Поступила в редакцию
в октябре 2011

Ссылка для цитирования:

О статическом подходе к определению величины давления на кровлю горизонтальной подземной выработки / А. Н. Богомолов, А. С. Статун, А. В. Соловьев, С. И. Шиян // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2011. Вып. 24(43). С. 22—28.

УДК 624.153.52-465: 69.058.4

С. И. Ештушенко, А. Н. Богомолов, В. Н. Пихур

ИЗУЧЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДВУХ БЛИЗКО РАСПОЛОЖЕННЫХ СТОЛБЧАТЫХ ФУНДАМЕНТОВ

Проведен ряд экспериментальных исследований по определению предельно допустимой нагрузки на песчаное основание под близко расположенными столбчатыми незаглубленными фундаментами. Приведены графики осадка — нагрузка для различной раздвижки штампов, схемы выпора грунта при разрушении основания.

К л ю ч е в ы е с л о в а: взаимовлияние фундаментов, столбчатый фундамент, выпор грунта, график нагрузка — осадка, песчаное основание.

The experimental investigations by convention the maximum safe load on the sand base under the closely adjacent high foundations posts are done. The settlement — load graphs for the various gauging of stamps and the schemes of the pile heave by the foundation ravage are described..

К e y w o r d s: foundation mutual interference, foundation post, pile heave, load-graph, settlement, sand base.

С целью изучения взаимовлияния двух близко расположенных столбчатых фундаментов на песчаном основании были проведены экспериментальные исследования с использованием жестких штампов на песчаном основании.

Проведено четыре серии опытов (в каждой серии было не менее трех опытов) в которых изменялось расстояние между моделями фундаментов с шагом 0,5b. Программа опытов составлялась так, чтобы была возможность сопоставления результатов при минимальном количестве опытов и последовательного изучения влияния различных факторов на взаимовлияние фундаментов и основания. В данной статье проводится анализ изменения графиков осадки и предельной несущей способности песчаного основания.

Общая методика постановки опытов, используемая авторами, была разработана на основе методики кафедры «ПГС, ГиФ» ЮРГТУ (НПИ), подробно описанной Ю. Н. Мурзенко [1].

Нагружение модели производилось до предельной нагрузки, достижение которой сопровождалось исчерпанием несущей способности и потерей устойчивости основанием. Графики зависимости осадки от нагрузки, построенные по осредненным результатам инструментальных измерений, приведены на рис. 1, а их числовые значения приведены в таблице.

В начальной стадии нагружения (до давления $\sigma \cong 200 \dots 300$ кПа) графики осадок (рис. 1) во всех опытах были близки к линейным, что соответствует упругой стадии работы песчаного основания. Значения осадок на этом отрезке кривой во всех сериях опытов были практически равными. При давлении под подошвой модели фундамента более 200 кПа наблюдается возрастающее расхождение в величине осадки в различных сериях опытов. При достижении нагрузки 70—80 % от предельной интенсивность роста деформации значительно возрастает, увеличивая нелинейность графика, а затем наступает потеря устойчивости основания.

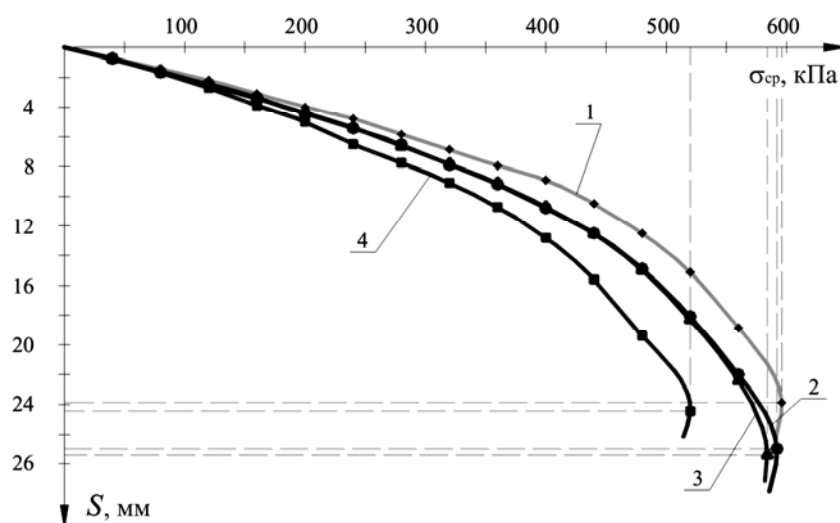


Рис. 1. Графики осадки моделей фундаментов: 1 — осредненный график осадки первой серии опытов $a = 0,5b$; 2 — осредненный график осадки второй серии опытов $a = 1,0b$; 3 — осредненный график осадки третьей серии опытов $a = 1,5b$; 4 — осредненный график осадки четвертой серии опытов $a = 2,0b$

Значения предельной нагрузки и максимальных осадок

№ опыта	Расстояние между моделями фундаментов a	$P_{пр}$, кН	$S_{пр}$, мм	$\sigma_{пр}$, кПа	Серия
1.1	$0,5b$	73,1	23,36	584,7	1
2.3	$1,0b$	72,6	27,62	580,8	2
3.1	$1,5b$	71,6	27,72	572,9	3
4.2	$2,0b$	63,8	23,61	510,1	4

Увеличение предельной нагрузки при сближении штампов объясняется перераспределением напряжений в грунте основания в промежутках между штампами и вовлечением в работу грунта основания находящегося в этих промежутках. При этом увеличиваются нормальные напряжения под штампами на глубине $1—2b$, что приводит к вовлечению в работу основания на большей глубине [2]. Данное замечание подтверждается схемами выпоров, полученных в проведенных сериях экспериментов.

Особенности потери устойчивости основания. При достижении предельной нагрузки происходит исчерпание несущей способности основания, которое сопровождается резким увеличением осадки и выпором грунта на поверхность. При этом во всех экспериментах выпор песчаного основания не достигал стенок лотка, что позволяет сделать вывод о том, что стенки лотка не влияют на результаты эксперимента.

В проведенных опытах разрушение основания имеет сложный характер. В каждом из опытов форма выпора грунта была различной, однако установлены определенные закономерности. Примерные схемы выпора для каждой серии приведены на рис. 2.

Граница выхода на поверхность призмы выпора в разных сериях имела различные размеры. В первой серии опытов ($a = 0,5b$) граница выхода на поверхность призмы выпора имела длину 780 и 650 мм от оси фундамента, что

составило в долях от ширины модели фундамента величину $2,2b$ и $1,84b$ соответственно. Причем волна выпора вдоль продольной оси фундаментов является единой для двух моделей, что свидетельствует о том, что грунт под моделями и между ними работает как под единым прямоугольным фундаментом (рис. 2, а).

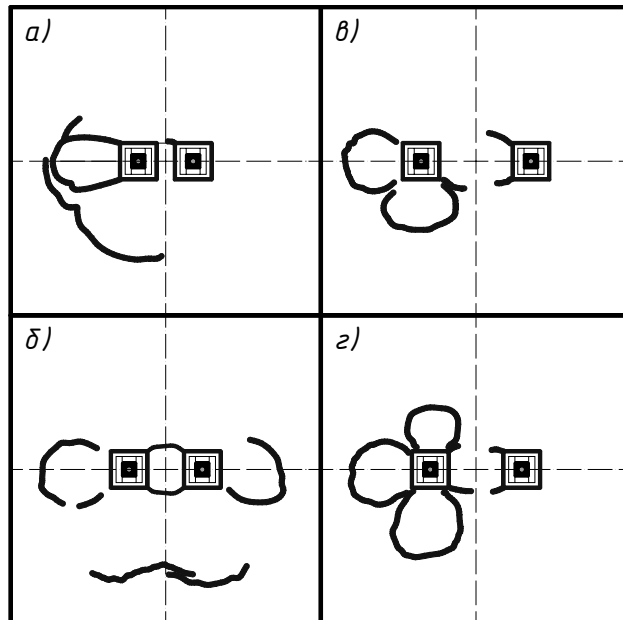


Рис. 2. Формы выпора при разрушении песчаного основания: а — для первой серии опытов ($a = 0,5b$); б — для второй серии опытов ($a = 1,0b$); в — для третьей серии опытов ($a = 1,5b$); г — для четвертой серии опытов ($a = 2,0b$)

Во второй серии опытов ($a = 1,0b$) волны выпора были зафиксированы на расстояниях вдоль продольной оси моделей 900, 945, 746 мм ($2,54b$, $2,67b$ и $2,11b$ соответственно); в поперечных направлениях — 607 и 660 мм ($1,71b$ и $1,86b$ соответственно). Волна выпора вдоль продольной оси фундаментов является волнообразной, единой для двух моделей, с уменьшением волны в промежутке между фундаментами с $2,61b$ до $2,11b$, что свидетельствует о том, что грунт под моделями и между ними частично работает как под единым прямоугольным фундаментом (рис. 2, б). В третьей серии опытов ($a = 1,5b$) волны выпора составили 680, 590 и 430 мм ($1,92b$, $1,67b$ и $1,21b$ соответственно). Форма выпора была характерной для отдельно стоящих фундаментов с соединением волн между моделями (рис. 2, в).

В четвертой серии опытов ($a = 2,0b$) волны составили 564 и 490 мм, что составляет $1,59b$ и $1,38b$. Форма выпора была характерной для отдельно стоящих фундаментов с соединением волн между моделями (рис. 2, г).

Выводы:

1. При уменьшении расстояния между штампами увеличивается предельная нагрузка, что объясняется вовлечением в работу грунта основания, находящегося в этих промежутках.

2. Увеличение длины волн выпора при сближении моделей свидетельствует о вовлечении в работу основания более глубоких его слоев и является

следствием увеличения нормальных напряжений под штампами на глубине 1 — 2*b*.

3. Во всех проведенных опытах выпор песчаного основания не затрагивал стенки лотка, что позволяет сделать вывод о том, что стенки лотка не оказывают влияния на результаты эксперимента.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мурзенко Ю. Н. Экспериментально-теоретические исследования силового воздействия фундаментов и песчаного основания: дисс. ... д-ра техн. наук. Новочеркасск, 1972. 576 с.
2. Цытович Н. А. Механика грунтов: краткий курс. М. : Высш. шк., 1983. 282 с.

1. Murzenko Yu. N. Eksperimentalno-teoreticheskie issledovaniya silivogo vozdeystviya fundamentov i peschanogo osnovaniya: diss. ... d-ra tekhn. nauk. Novocherkassk, 1972. 576 s.
2. Tsytovich N. A. Mekhanika gruntov: kratki kurs. M. : Vyssh. shk., 1983. 282 s.

© Евтушенко С. И., Богомолов А. Н., Пихур В. Н., 2011

*Поступила в редакцию
в сентябре 2011 г.*

Ссылка для цитирования:

Евтушенко С. И., Богомолов А. Н., Пихур В. Н. Изучение предельной несущей способности двух близко расположенных столбчатых фундаментов // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2011. Вып. 24(43). С. 29—32.

УДК 624.131.1
624.131.23

**А. Н. Богомолов, Ю. И. Олянский,
С. И. Шиян, Т. М. Тихонова, О. В. Киселёва**

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЕССОВЫХ ПОРОД МЕЖДУРЕЧЬЯ ПРУТ — ДНЕСТР

С учетом выполненного инженерно-геологического районирования дана комплексная оценка состава и свойств лессовых пород Республики Молдовы, покрывающих 80 % ее территории. Показано изменение состава, физических свойств, просадочности и послепросадочного уплотнения в зависимости от физико-географической зональности, возраста и происхождения пород.

К л ю ч е в ы е с л о в а: лессовые породы, просадочность, послепросадочное уплотнение.

The complex estimate of composition and properties loess of the Republic of Moldova which is skirted 80 % of it territories is presented the basis engineering-geological zoning. The change of parameters composition, physical properties, settlement and thickening after it is depended on the physiographic zoning, age and genesis.

К e y w o r d s: loess, settlement, thickening after settlement.

Строительство на территории Республики Молдовы осуществляется в сложных инженерно-геологических условиях. В частности, широкое распространение (до 80 % всей территории) имеют лессовые просадочные породы различного возраста и происхождения, которые залегают в различных структурно-тектонических, геоморфологических и гидрогеологических обстановках в условиях активных режимов неотектонических движений земной коры и сейсмичности. Вопросами генезиса, стратиграфии и литологии лессовых пород в первой половине XIX в. занимались И.И. Фролов, В.Д. Ласкарев, В.И. Крокос, В.Р. Выржиковский и др. В 1940—1960-х гг. изучение лессовых пород связано с именами П.К. Замория, И.А. Константиновой, Н.В. Ренгартена. В конце 1960-х и начале 1970-х гг. детальные исследования стратиграфии лессовых отложений юго-западного Причерноморья выполнялись М.Ф. Векличем, К.Н. Негадаевым-Никоновым, И.А. Сидоренко.

Интенсивное развитие промышленности, гражданского и мелиоративного строительства повлекло за собой с конца 1960-х гг. увеличение объемов проектно-изыскательских работ. В изыскательских организациях накапливалась инженерно-геологическая информация по лессовым грунтам. Ее обобщению посвящены работы А.К. Ларионова, Г.Е. Костика, В.С. Гончарова, Ю.И. Олянского. В это время разработаны научные основы прогноза просадочности методом аналогий [1], охарактеризован вещественный состав лессовых пород Нижнего Приднестровья [2], установлены некоторые закономерности пространственной изменчивости свойств лессовых пород [3], составлена инженерно-геологическая карта лессовых грунтов в масштабе 1:500 000 и выполнено комплексное инженерно-геологическое районирование лессовых территорий [4, 5].

Необходимо отметить, что исследования носили прикладной характер и были направлены, в первую очередь, на совершенствование системы изысканий и проектирования на лессовых грунтах.

Первые специальные работы, направленные на всестороннее, глубокое изучение природы формирования инженерно-геологических свойств лессовых пород и их изменений при техногенезе, начаты авторами в конце 1980-х гг. За это время выполнен значительный объем лабораторных исследований с привлечением современного оборудования и нестандартных методик, что позволило существенно расширить представления о предмете, а также пересмотреть некоторые устоявшиеся положения, касающиеся состава и свойств лессовых пород. Это и нашло отражение в настоящей статье.

Стратиграфия и условия залегания. Анализ основных черт неотектонических движений территорий междуречья Прут — Днестр, заключающихся в преобладании положительных движений над отрицательными для большей части региона на всем протяжении четвертичного периода, позволил К.Н. Негадаеву-Никонову [6] сделать вывод о невозможности детального стратиграфического расчленения лессовых отложений в пределах всей территории междуречья. Так, в центральной и северной ее частях, испытывавших поднятие на протяжении почти всего антропогена, не могло произойти накопления мощной толщи покровных отложений, в которой чередование лессовых горизонтов и ископаемых почв соответствовало бы определенным периодам оледенения и межледниковья на Русской платформе.

Такой областью, в пределах которой существует определенная закономерность в строении лессового покрова, является южная часть Республики южнее линии Леово — Дубоссары. Кроме того, детальное расчленение лессовых пород возможно на участках четвертичных террас рек Прут, Днестр и их крупных притоков. Лессовый покров распространен практически на всех террасах. Причем вследствие неотектонических движений количество лессовых горизонтов и их мощность увеличиваются с севера на юг. Условия залегания лессового покрова террас в северной части региона иллюстрируются на примере Среднего Припутья (рис. 1), южной — на примере Южного Приднестровья (рис. 2).

В северной и центральной частях междуречья лессовый покров наиболее молодой и, в соответствии с [6], относится к нерасчлененной толще Q_{3-4} . На высоких водоразделах Центрально-Молдавской возвышенности лессовые породы в основном отсутствуют. В южной части междуречья они покрывают практически все элементы рельефа. Мощность лессовой толщи увеличивается с севера на юг и достигает 20...25 м в Южном Приднестровье и 30...40 м в Южном Припутье. Количество лессовых горизонтов достигает 8...10. Их литологический состав находится в тесной связи с возрастом, происхождением и условиями залегания, изменяясь от супесей и легких суглинков (горизонты pts, bg, ud по М.Ф. Векличу) до средних и тяжелых суглинков (dp, ts, ti).

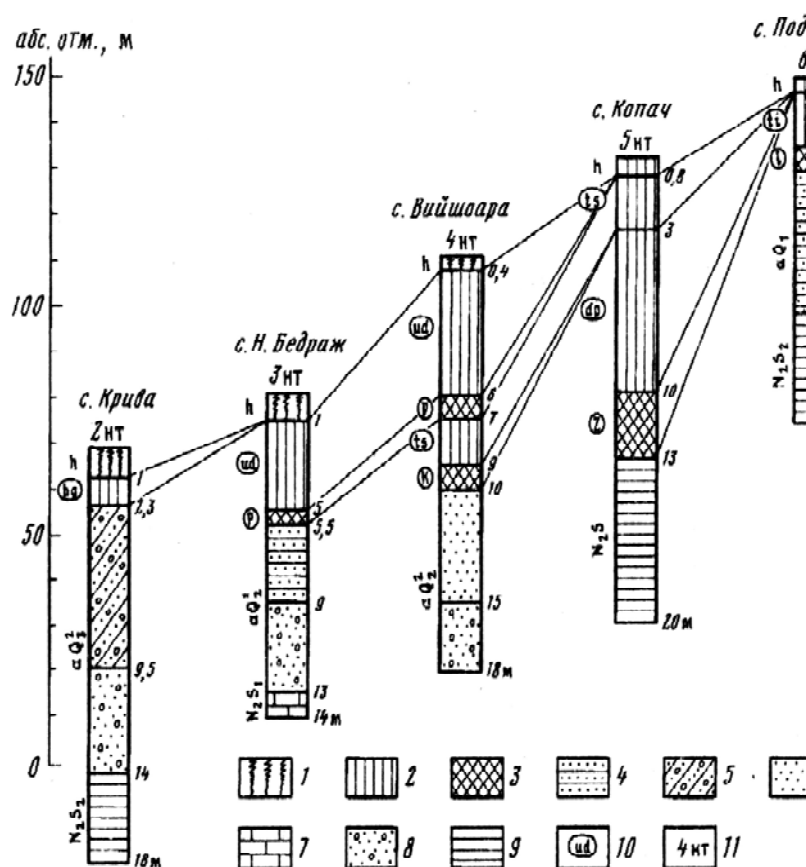


Рис. 1. Схематический геолого-литологический разрез лессового покрова Среднего Припутья: 1 — современная почва, 2 — лессовые породы, 3 — ископаемая почва, 4 — аллювиальная глина, 5 — аллювиальный суглинок, 6 — песок, 7 — известняк, 8 — гравий, 9 — глина, 10 — обозначение горизонтов (по М.Ф. Векличу), 11 — номер террасы

Вещественный состав. Минеральный состав дисперсной фракции изучался рентгеноструктурным методом. Глинистая фракция для анализа выделялась из суспензии на ультразвуковом диспергаторе УЗДН-1 при частоте 22 кГц.

Анализ многочисленных данных показывает, что в глинистой фракции преобладают гидрослюды монтмориллонит (80...90 %). Примечательно, что в большей части образцов пород делювиального и эолового генезиса, отобранных в северной и южной частях Республики, содержание гидрослюды либо несколько превышает содержание монтмориллонита, либо равно ему, тогда как лессовые породы центральной части междуречья (район Кодринской возвышенности) делювиально-пролювиального происхождения содержат больше монтмориллонита (50...54 %), чем гидрослюды (37...38 %). Таким образом, наиболее «типичные» лессы (по классификации В. П. Ананьева [7]) распространены на равнинных территориях севера и юга Республики. В центральной же части преобладают лессовые породы, образованные в результате действия склоновых процессов и временных водных потоков.

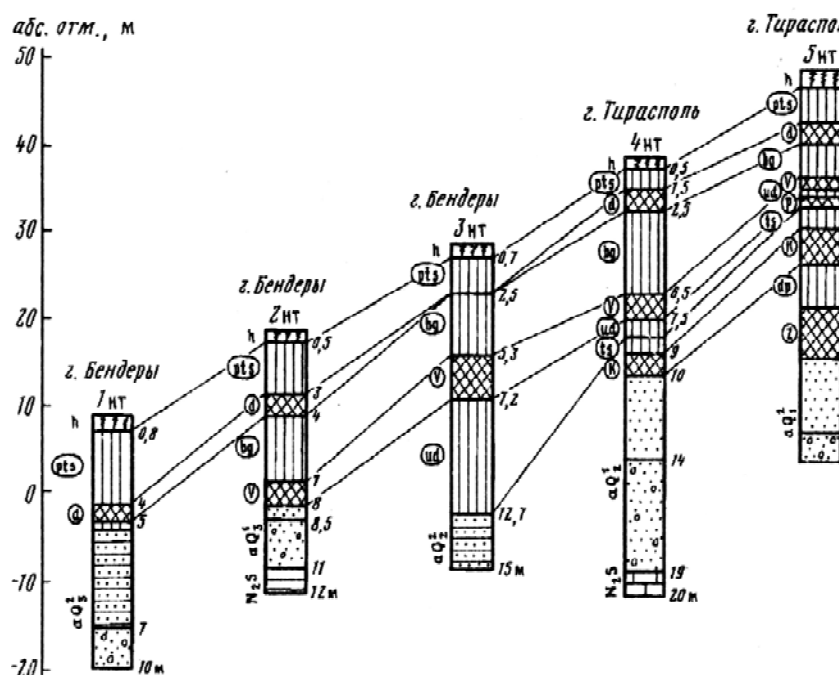


Рис. 2. Схематический геологический разрез лессового покрова Южного Приднестровья (условные обозначения см. на рис. 1)

Породы характеризуются содовым типом засоления (по СН 449-72). Наблюдается площадная дифференциация степени засоления лессовых пород растворимыми солями. В северной, более увлажненной части региона грунты менее засолены (до 0,08...0,1 %), тогда как в южной их минерализация достигает 0,14...0,17 %. В составе поровых вод содержания основных катионов (Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2}) примерно равны. Среди анионов преобладает HCO_3^- (0,4...0,6 %), тогда как содержание Cl^- и SO_4^{+2} редко превышает 0,2...0,3 %.

Общее содержание карбонатов находится в пределах 6...12 %, повышаясь до 17...21 % в иллювиальных горизонтах и снижаясь до 2...4 % в ископаемых почвах.

В гранулометрическом составе лессовых пород террас Прута и Днестра в их среднем течении преобладают глинистые и песчаные фракции. Содержание первых составляет 30,7...54,8 %, вторых — 28,8...58,5 %. Однако уже на широте г. Рыбница количество глинистых частиц уменьшается до 16,6...31,8 %, песчаных — до 3,7...35,3 %, незначительно изменяясь по направлению течения рек при общей тенденции к увеличению глинистой фракции. В среднем течении рек содержание пылеватых фракций составляет 21,2...54,8 %. По направлению к устьям рек количество пылеватых частиц увеличивается до 50,4...86,3 %.

По гранулометрическому составу лессовые породы водораздельных пространств несколько отличаются от пород аллювиальных террас. Высокоглинистые разновидности распространены в северной части Республики. Южнее (Кодринская возвышенность) происходит значительное увеличение песчаной

фракции и уменьшение пылевой и глинистой. В районе г. Кишенева лессовые породы характеризуются следующим содержанием фракций: песчаной — 32,3...57,9 %, пылевой — 23,6...46,7 %, глинистой — 8,3...38,7 %. По направлению к юго-востоку количество песчаных частиц уменьшается до 13...25 %, а пылевых повышается до 50 % и более.

Пылевая фракция состоит преимущественно из крупнопылевых частиц размером 0,05...0,01 мм. Отношение ее к мелкопылевой изменяется от 2,9...3,6 в северной части региона до 4,2...6,0 в южной. Коэффициент агрегированности пылевой фракции в целом по региону не превышает значений 1,8...2,0, увеличиваясь до 2,2...2,5 в средне- и нижнечетвертичных породах.

Физико-механические свойства. Несмотря на сравнительно небольшие размеры территории Республики (около 34 тыс. км²), дифференцированный характер неотектонических движений и различия в климатических условиях отдельных ее районов обусловили формирование здесь лессовых пород разных стратиграфо-генетических комплексов, которые характеризуются широким спектром изменчивости физико-механических свойств.

В результате районирования лессовых территорий [4, 5] выделены два инженерно-геологические региона: Русская плита Восточно-Европейской платформы и Скифская платформа. В пределах первого региона выделяют 3 инженерно-геологические области с различным тектоническим развитием в новейшее время, что нашло отражение в их геоморфологических особенностях и условиях залегания лессового покрова: А-I — инженерно-геологическая область Северной Молдавии; А-II — инженерно-геологическая область Центральной и Северо-Восточной Молдавии; А-III — инженерно-геологическая область Южной Молдавии. При выделении 10 инженерно-геологических районов за основу взяты разделение территории по распространению лессовых пород различных стратиграфо-генетических комплексов на основе карты четвертичных отложений масштаба 1:500 000, составленной К.Н. Негадаевым-Никоновым [6], и собственных исследований авторов [8].

Инженерно-геологическая область Северной Молдавии. Данная инженерно-геологическая область включает часть территории Молдавской плиты, которая на протяжении всего четвертичного периода испытывала положительные движения и состоит из двух инженерно-геологических районов. Формирование лессовых пород происходило здесь в условиях преобладания эрозионных процессов над денудационными. В настоящее время это область наибольшего увлажнения с количеством выпадающих осадков до 525 мм/год. Лессовые породы представлены преимущественно средними и тяжелыми суглинками, реже — глинами с числом пластичности 0,14...0,19, а в пределах речных террас — 0,1...0,16. Подстилающими отложениями на большей части территории являются глины сармата, служащие водоупором для широко распространенного безнапорного водоносного горизонта. В результате влажность пород этой области наиболее высокая — 0,16...0,22, что чаще всего соответствует полутвердой, реже — тугопластичной консистенции. Пористость повсеместно распространенных пород edQ_{3-4} составляет 43...48 %, на террасах для пород dQ_1 и dQ_2 она уменьшается до 38...42 %.

Лессовые грунты просадочные в основном при дополнительном давлении. Относительная просадочность увеличивается с повышением нагрузки

и при 0,3 МПа достигает значений 0,003...0,02, но не более 0,04. Мощность просадочной толщи составляет 4...5 м, лишь на отдельных участках долин рек увеличиваясь до 8...10 м. Просадка толщи от собственного веса отсутствует.

В табл. приведены обобщенные значения показателей свойств для лесовых пород Северо-Молдавской возвышенности инженерно-геологического района А-I-1. Грунты характеризуются замедленным типом просадочных деформаций. Консолидация при уплотнении в компрессионных приборах заканчивается через 17...31 сут. В первые сутки реализуется не более 55...73 % просадочной деформации. Испытания образцов в компрессионных приборах в условиях капиллярного водонасыщения и длительной (до 3 мес.) фильтрации воды через образец позволили оценить провальную просадку, замедленную просадку и послепросадочное уплотнение [9]. Они составляют соответственно 75, 15 и 10 % от общей деформации при замачивании и фильтрации. Типичные кривые консолидации таких лесовых пород в компрессионных приборах в условиях замачивания и последующей фильтрации приведены на рис. 4.

Инженерно-геологическая область Центральной и Северо-Восточной Молдавии. На протяжении всего четвертичного периода эта область претерпевала наиболее интенсивные восходящие движения, продолжающиеся до настоящего времени. Территория характеризуется значительным увлажнением (500...550 мм/год) и представляет собой возвышенную, сильно расчлененную часть междуречья Прут — Днестр с узкими водоразделами и крутыми склонами и включает два инженерно-геологических района. Лессовый покров формировался в условиях активной денудации, вследствие чего он распространен только на склонах и представлен элювиально-делювиальными и пролювиальными отложениями Q_{3-4} , состоящими из серых, буровато-серых и бурых суглинков с числом пластичности 0,10...0,14. На отдельных участках встречаются супеси с числом пластичности 0,04...0,07. Вследствие того, что верхние части водоразделов сложены породами Балтской свиты (N_{1s3-m}), состоящей из переслаивающихся слоев песка и глины, наблюдается отчетливая связь между составом лессовых пород склонов и составом неогеновых отложений, залегающих на водоразделах. Если на водоразделе обнажается глина, то на склоне залегает покровный суглинок, если же обнажается песок, на склоне преобладает супесь.

Лессовые породы обладают невысокими значениями влажности (0,08...0,15) при степени влажности 0,4...0,6. Плотность пород составляет 1,69...1,85 г/см³. Характерной особенностью отложений является их невысокая пористость — 36...44 %, что, очевидно, является следствием значительной неоднородности их механического состава и участия водных потоков в переносе и накоплении материала.



Рис. 3. Карты полей показателей свойств лессовых пород междуречья Прут — Ялпуг: а — природная влажность, %; б — число пластичности, %; в — плотность «сухого» грунта, г/см³; г — относительная просадочность ($\epsilon_{sl} \cdot 10^3$) при нагрузке 0,3 МПа

Грунты обладают просадочными свойствами преимущественно при дополнительных давлениях, величина относительной просадочности увеличивается с повышением давления и достигает значений 0,02...0,03 (при 0,3 МПа). На отдельных, хорошо дренированных водоразделах с мощной (до 20...25 м) толщей лессовых пород может наблюдаться более высокая относительная просадочность 0,04...0,05 с начальным просадочным давлением 0,1...0,13 МПа подобно тому, как это имеет место в районе г. Кишенева.

В табл. приведены статистические данные по свойствам лессовых пород инженерно-геологического района А-II-4. Характер проявления просадочных деформаций зависит от вещественного состава, структуры и физических свойств образца. Может иметь место как провальная просадка, так и замедленная. В первом случае, характерном в основном для супесей и реже для

легких суглинков, величина просадки за первые сутки замачивания грунта составляет более 90 % от общей. Во втором, характерном для средних суглинков, консолидация может продолжаться в течение 15...20 сут., причем в первые сутки реализуется 75...80 % просадочности. Лессовые породы обладают способностью давать значительные послепросадочные деформации, которые могут достигать 0,024...0,037 [9], что составляет 30...60 % от общей величины деформации в результате замачивания и фильтрации. Ход компрессионного уплотнения характерных образцов изображен на рис. 4.

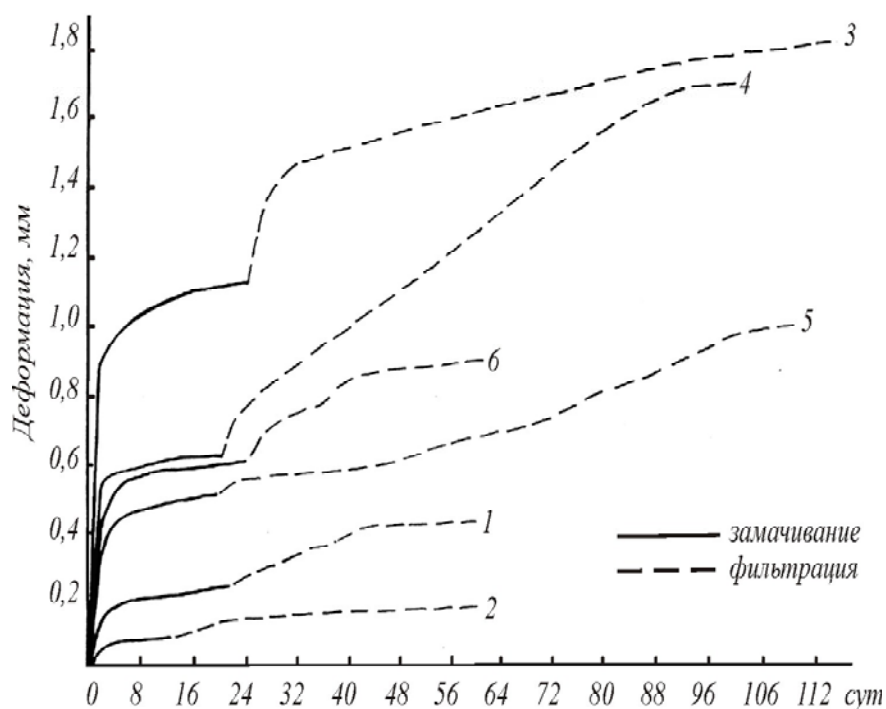


Рис. 4. Кривые деформации лессовых пород при замачивании и фильтрации воды: 1 — едр Q_{3-4} п. Котовск; 2 — едр Q_{3-4} г. Кишенев; 3 — едр Q_{3-4} г. Кишенев; 4 — едр Q_{3-4} п. Котовск; 5 — деол Q_2 п. Тараклия; 6 — деол Q_2 п. Кантемир

Для грунтов данной области компрессионные испытания, выполненные в режиме замачивания без фильтрации, приводят к значительному занижению величины возможной просадки. В результате возникает реальная опасность для сооружений, построенных без учета дополнительной деформации грунтов основания при фильтрации. Надо отметить, что около 85 % всех выявленных в Молдове деформированных зданий при аварийном замачивании просадочных грунтов приходится на Кишенев, территория которого приурочена к данной инженерно-геологической области, а лессовые грунты обладают способностью к послепросадочным деформациям. Так, при аварийном замачивании лессовых грунтов основания высотных жилых домов по ул. Алешина в результате длительных утечек из водонесущих коммуникаций крен достиг 180...200 мм. Фактическая осадка здания при этом почти вдвое превысила прогнозируемую, рас-

считанную по результатам компрессионных испытаний грунтов в режиме капиллярного увлажнения [10].

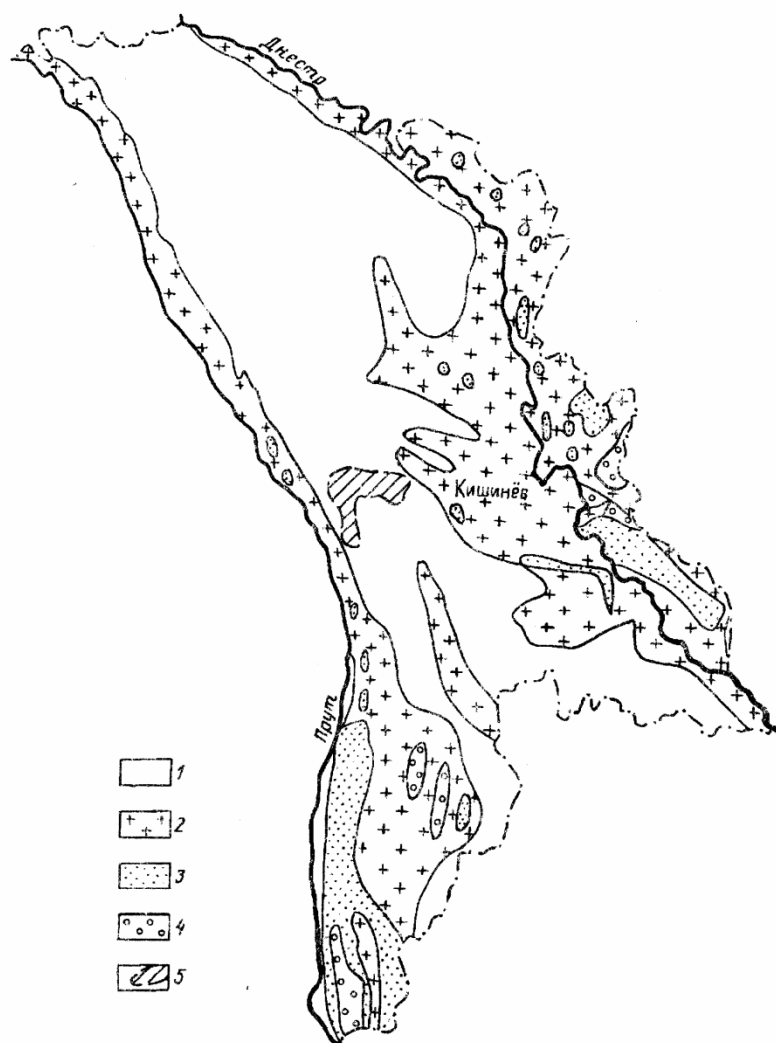


Рис. 5. Схематическая карта типов и видов просадочных толщ Республики Молдова: 1 — мощность просадочной толщи до 5 м, просадка от собственного веса отсутствует; 2 — мощность просадочной толщи до 10 м, ожидаемая просадка до 5 см; 3 — мощность просадочной толщи до 20 м, ожидаемая просадка 5...10 см; 4 — мощность просадочной толщи до 20 м и более, ожидаемая просадка 10...50 см; 5 — участки отсутствия просадочных пород

Физические свойства лессовых пород некоторых инженерно-геологических областей Молдовы

Инженерно-геологический район и геологический индекс лессовых пород	Природная влажность	Предел текучести	Предел раскатывания	Число пластичности	Плотность, г/см ³	Пористость, %	Относительная просадочность при нагрузке 0,3 МПа	Начальное просадочное давление, МПа
А-I-1 едQ ₃₋₄	0,031 0,18 — 102	0,042 0,34 — 102	0,028 0,2 — 108	0,023 0,14 — 99	0,11 1,77 — 91	3,3 45,1 — 105	0,016 0,26 — 105(25)	0,004 0,14 — 80
А-II-4 дрQ ₃₋₄	0,034 0,11 — 231	0,03 0,27 — 231	0,019 0,17 — 231	0,032 0,1 — 232	0,14 1,72 — 232	4,4 42,9 — 232	0,027 0,037 — 232(30)	0,006 0,104 — 202
Южно-Молдавская равнина А-III-10 eoldQ ₃	0,028 0,14 — 260	0,031 0,28 — 258	0,017 0,17 — 267	0,032 0,11 — 264	0,17 1,66 — 261	4,2 44,7 — 263	0,019 0,036 — 263(13)	0,005 0,13 — 250
А-III-8 eoldQ ₂	0,019 0,16 — 85	0,024 0,32 — 81	0,014 0,19 — 87	0,024 0,13 — 79	0,15 1,82 — 86	3,9 43,4 — 82	0,007 0,016 — 84(32)	0,007 0,19 — 52
Южно-Молдавская равнина А-III-10 eoldQ ₁	0,030 0,18 — 44	0,052 0,34 — 44	0,035 0,19 — 48	0,037 0,15 — 44	0,1 1,87 — 45	4,6 40,6 — 46	0,001 0,006 — 46(40)	0 0,25 — 6

Примечание. Слева — среднее, справа в числителе — стандартное отклонение, в знаменателе — количество определений, в скобках — количество непросадочных образцов.

Инженерно-геологическая область Южной Молдавии. Территория представляет собой область, испытывавшую устойчивые опускания на протяжении всего четвертичного периода и включает пять инженерно-геологических районов. В пределах области практически повсеместно распространены лессовые породы различных стратиграфо-генетических комплексов эолового и делювиального происхождения.

Максимальные мощности отмечены в Южном Припутье на водоразделе Прут — Ялпуг (до 40 м). Здесь встречаются преимущественно средние и легкие суглинки и супеси с числом пластичности 0,03...0,14. Показатели свойств толщ $eoldQ_3$ следующие: влажность 0,04...0,12, плотность 1,6...1,75 г/см³, пористость 43...49 %, степень влажности 0,2...0,4, относительная просадочность (при 0,3 МПа) 0,023...0,065, начальное просадочное давление 0,08...0,15 МПа. Наблюдается отчетливая дифференциация показателей свойств по площади, обусловленная их региональной и локальной изменчивостью. Это наглядно иллюстрируется на примере карт полей показателей свойств междуречья Прут — Ялпуг (см. рис. 3), составленных методом полиномиальной аппроксимации.

В Южном Приднестровье мощность аналогичных отложений меньше и не превышает 20...25 м. Лессовые породы имеют более тяжелый состав с числом пластичности 0,08...0,14. Супеси включаются только на отдельных участках террас. Физические свойства и просадочность близки по своим значениям к лессовым породам Южного Припутья. Широко распространены лессовые отложения более древнего возраста — Q_2 и Q_1 . Они, как правило, более плотные и менее просадочные, а наиболее древние лессовые вообще сложены непросадочными разностями, что видно на примере лессовых пород $eoldQ_3$ и $eoldQ_2$ инженерно-геологического района А-III-10. Эти отложения залегают на значительных глубинах (свыше 12...15 м).

Грунты данной области обладают способностью давать просадку как при природных нагрузках, так и при дополнительном давлении. С увеличением давления до 0,03 МПа величина относительной просадочности обычно увеличивается и составляет 0,02...0,08. Однако для отдельных разностей супесей и легких суглинков максимальная величина относительной просадочности может быть приурочена к нагрузкам менее 0,3 МПа, что позволяет отнести их к «истинно» просадочным лессовым породам, аналогичным тем, которые выделяет В.П. Ананьев [7] на территории Восточного Предкавказья. Для лессовых грунтов характерен преимущественно провальный тип просадочности с невысокими значениями послепросадочного уплотнения, которое редко превышает величину 0,01, что составляет 10...20 % от общей величины деформации образца после замачивания и фильтрации. Типичные компрессионные кривые изображены на рис. 4.

В пределах данной области распространены лессовые толщ I и II типа грунтовых условий по просадочности. Просадка толщ от собственного веса достигает: в Южном Припутье — 40...50 см, в Южном Приднестровье — 25...30 см (рис. 5).

Выводы. Территории Республики Молдова, приуроченной в основном к междуречью Прут — Днестр, присущ ряд характерных черт: физико-географическая зональность (особенно широтная) и связанные с ней климатические изменения; существование менявшихся с различной интенсивно-

стью неотектонических движений и связанных с ними условий накопления, а также особенностей литогенеза, которые привели к различиям строения, состава и свойств лессовых пород. Установлено, что в широтном плане территория подразделяется на три крупные части, соответствующие инженерно-геологическим областям: северную, центральную и южную с различной инженерно-геологической обстановкой и сходными условиями залегания лессовых толщ. Зональное положение лессовых пород, наряду с их генезисом и возрастом, является одним из основных факторов, определяющих инженерно-геологические свойства этих отложений. При освоении территории должны обязательно учитываться основные особенности региональной изменчивости показателей состава и свойств лессовых пород.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Костик Г.Е.* Опыт прогнозирования просадки лессовых пород методом аналогий. Кишинев : Штиинца, 1978. 43 с.
2. *Гончаров В.С.* Инженерно-геологическая характеристика лессового покрова Нижнего Приднестровья : автореф. дис... канд. геол.-мин. наук. Одесса, 1971. 26 с.
3. *Олянский Ю.И., Гончаров В.С.* Особенности пространственной изменчивости физико-механических свойств лессовых пород Молдавии // Корреляция отложений, событий и процессов антропогена. Кишинев : Штиинца, 1986. С. 306—307.
4. *Гончаров В.С., Олянский Ю.И.* К вопросу о методике инженерно-геологического районирования лессовых пород Молдавии // Инженерно-геологические особенности цикличности лессов. М. : Наука, 1987. С. 138—141.
5. *Олянский Ю.И.* Опыт инженерно-геологического районирования лессовых территорий (на примере Молдавии) // Географические аспекты региональной экологии и природопользования в условиях Молдовы : тез. докл. IV съезда географ. общества МССР. Кишинев : Штиинца, 1990. С. 42—43.
6. *Негадаев-Никонов К.Н., Яновский П.В.* Четвертичные отложения Молдавской ССР. Кишинев : Карта Молдовеняскэ, 1969. 81 с.
7. *Ананьев В.П.* Минеральный состав и свойства лессовых пород. Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 1964. 143 с.
8. *Олянский Ю.И.* Лессовые грунты юго-западного Причерноморья (в пределах Республики Молдова). Кишинев : Штиинца, 1992. 130 с.
9. *Олянский Ю.И., Вовк В.М., Богдевич О.П.* О дополнительном уплотнении некоторых типов лессовых пород Молдовы при фильтрации воды // Изв. АН Молдовы. 1991. № 3. С. 118—121.
10. *Мандельблат Ю.А., Грайбос Н.Д.* Устранение кренов и ликвидация просадочности оснований крупнопанельных домов по ул. Алешина в г. Кишеневе методом регулируемого замачивания // Подготовка оснований зданий и сооружений, строящихся на просадочных грунтах : тез. докл. республ. совещ. Кишинев, 1981. С. 21—23.
1. *Kostik G.E.* Opyt prognozirovaniya prosadki lessovykh porod metodom analogi. Kishinev : Shtiintsa, 1978. 43 s.
2. *Goncharov V.S.* Inzhenerno-geologicheskaya kharakteristika lessovogo pokrova Nizhnego Pridnestrovia : avtoref. diss... kand. geol.-min. nauk. Odessa, 1971. 26 s.
3. *Olyanski Yu.I., Goncharov V.S.* Osobennosti prostranstvennoi izmenchivosti fiziko-mekhanicheskikh svoystv lessovykh porod Moldavii // Korrelyatsiya otlozheni, sobyti i protsessov antropogena. Kishinev : Shtiintsa, 1986. S. 306—307.
4. *Goncharov V.S., Olyanski Yu.I.* K voprosu o metodike inzhenerno-geologicheskogo rayonirovaniya lessovykh porod Moldavii // Inzhenerno-geologicheskie osobennosti tsyklichnosti lessov. M. : Nauka, 1987. S. 138—141.
5. *Olyanski Yu.I.* Opyt inzhenerno-geologicheskogo rayonirovaniya lessovykh territori (na primere Moldavii) // Geograficheskie aspekty regionalnoi ekologii i prirodopolzovaniya v usloviyakh Moldovy : tez. dokl. IV sezda geograf. o-va MSSR. Kishinev : Shtiintsa, 1990. S. 42 — 43.
6. *Negadaev-Nikonov K.N., Yanovski P.V.* Chetvertichnye otlozheniya Moldavskoi SSR. Kishinev : Kartya Moldovenyaske, 1969. 81 s.

7. *Anan'ev V.P.* Mineralny sostav i svoystva lessovykh porod. Rostov n/D: Isv-vo RGU, 1964. 143 s.
8. *Olyanski Yu.I.* Lessovye grunty yugo-zapadnogo Prichernomorya (v predelakh respubliky Moldova). Kishinev : Shtiintsa, 1992. 130 s.
9. *Olyanski Yu.I., Vovk V.M., Bogdevich O.P.* О дополнителном уплотнении некоторых типов lessovykh porod Moldovy pri filtratsii vody // Izv. AN Moldovy. 1991. № 3. S. 118—121.
10. *Mandelblat Yu.A., Graybos N.D.* Ustranenie krenov i likvidatsiya prosadochnosti osnovani krupnopanelnykh domov po ul. Aleshina b g. Kishineve metodom reguliruemogo zamachivaniya // Podgotovka osnovani zdani i sooruzheni, stroyashchikhsya na prosadochnykh gruntakh : tez. dokl. respubl. soveshch. Kishinev, 1981. S. 21—23.

© Богомолов А. Н., Олянский Ю. И., Шиян С. И., Тихонова Т. М., Киселёва О. В., 2011

Поступила в редакцию
в сентябре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Инженерно-геологическая характеристика лессовых пород междуречья Прут — Днестр / А. Н. Богомолов, Ю. И. Олянский, С. И. Шиян, Т. М. Тихонова, О. В. Киселёва // Вестник Волг. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2011. Вып. 24(43). С. 33—45.

УДК 624.04

В. А. Игнатьев, А. У. Чантуридзе

МЕТОД ЧАСТОТНО-ДИНАМИЧЕСКОЙ КОНДЕНСАЦИИ

Рассмотрен метод последовательной частотно-динамической конденсации на основе суперэлементного подхода.

К л ю ч е в ы е с л о в а: неполная проблема собственных значений и собственных векторов.

The method of consecutive frequency-dynamic condensation is considered on the basis of the super-element approach.

К e y w o r d s: incomplete problem of own values and own vectors.

Метод статической конденсации [1] является одним из наиболее известных и широко распространенных методов редуцированного анализа динамических систем. Недостатками этого метода являются достаточно большая вычислительная сложность, зависимость от ошибок выбора удерживаемых степеней свободы, а также их количества.

Для ухода от этих недостатков разрабатываются альтернативные методы, а также различные улучшения конденсации Гайана, одним из удачных примеров которых можно назвать метод IRS [2], нашедший свое применение в вычислительном комплексе MSC/NASTRAN [3], метод частотно-динамической конденсации в различных модификациях, описанный и предложенный в работах В.А. Игнатьева [4, 5]. Основные приемы, используемые при разработке методов, — это использование итеративных, уточняющих подходов [6], блочных многоэтапных методов, основанных на использовании суперэлементного подхода [5].

В разработанном методе модифицированной частотно-динамической конденсации для решения частичной проблемы собственных значений и собственных векторов был реализован подход, по которому исходная система с большим количеством степеней свободы представляется в виде редуцированной системы с меньшим количеством степеней свободы, для которой и выполняется определение собственных значений и собственных векторов.

1. Идея метода заключается в использовании решения по методу статической конденсации в качестве базового и уточнении этого решения по методу частотно-динамической конденсации парциальных систем.

Из всего множества степеней свободы конструкции выделяются подмножества основных (удерживаемых) R и второстепенных (исключаемых) степеней свободы S .

Количество основных степеней свободы определяет размерность конденсированной системы, для которой решается проблема собственных значений, и, как следствие, оно определяет максимальное количество собственных значений, которые можно определить для этой конденсированной системы.

Таким образом, исследователь должен определиться с количеством собственных частот колебаний из нижней части спектра, необходимого для ана-

лиза конструкции, а затем выделить в конструкции степени свободы, которые наиболее точно аппроксимируют формы низкочастотных колебаний.

От принятого исследователем на данном этапе расположения основных степеней свободы существенно зависит точность результата.

2. Уравнение свободных колебаний конструкции в форме метода перемещений с учетом выбора основных и второстепенных степеней свободы может быть записано в блочном виде:

$$\left[\begin{bmatrix} K_{rr} & K_{rs} \\ K_{sr} & K_{ss} \end{bmatrix} - \lambda \begin{bmatrix} M_{rr} & M_{rs} \\ M_{sr} & M_{ss} \end{bmatrix} \right] \begin{Bmatrix} Z_r \\ Z_s \end{Bmatrix} = 0, \quad (1)$$

где K — матрица жесткостей системы; M — матрица масс системы; Z — перемещения степеней свобод; $r \in R$ — группа основных степеней свободы и $s \in S$ — группа второстепенных степеней свободы.

На первом шаге метода получается базовое решение задачи. Для этого выполняется статическая конденсация матриц жесткости и масс системы к основным степеням свободы по известным формулам:

$$K_{rr}^* = K_{rr} - K_{rs} K_{ss}^{-1} K_{sr}, \quad (2)$$

$$M_{rr}^* = M_{rr} - M_{rs} K_{ss}^{-1} K_{sr}. \quad (3)$$

Для краткости записи процесса статической конденсации введем оператор G :

$$G(\{K, M\}) = \{K^*, M^*\}.$$

Для конденсированной системы одним из прямых методов определяются собственные значения Λ и собственные векторы V^* :

$$Ev(\{K^*, M^*\}) = \{\Lambda^*, V^*\}.$$

Для дальнейшего расчета собственные значения располагаются в порядке возрастания и соответственно переупорядочиваются собственные векторы и их компоненты.

Статическая конденсация — очень простой, достаточно быстрый метод редуцирования системы, однако для сложных систем его допущения значительно огрубляют результат.

3. На втором шаге метода выполняется уточнение полученного базового решения.

Исходная система разбивается на множество парциальных систем. Каждая парциальная система формируется из основных степеней свободы и одной из подгрупп множества второстепенных степеней свободы исходной системы.

Между собой подгруппы второстепенных степеней свободы каждой парциальной системы не пересекаются, а их объединение образует полное множество второстепенных степеней свободы рассматриваемой исходной системы.

Таким образом, количество степеней свободы каждой парциальной системы больше количества степеней свободы системы построенной только на основных степенях свободы, и поэтому можно рассчитывать на то, что парциальная система учитывает больше особенностей исходной системы и позволяет получить более точный результат.

Для получения i -й парциальной системы выполняется статическая конденсация от исходной системы к системе парциальной:

$$G(\{K, M\}) = \{K_i^*, M_i^*\}.$$

Затем определяются собственные значения Λ_i конденсированной парциальной системы.

$$Ev(\{K_i^*, M_i^*\}) = \{\Lambda_i^*\}.$$

Для базовой системы справедливо равенство

$$K^* V^* = M^* \Lambda^* V^*, \quad (4)$$

из которого можно выразить матрицу масс

$$M^* = K^* V^* \Lambda^{*-1} V^{*-1}. \quad (5)$$

В этом уравнении вместо собственных значений Λ^* , полученных на первом шаге по статически-конденсированной системе, будем использовать подгруппу наименьших собственных значений из Λ_i^* . В результате мы получим матрицу масс, учитывающую влияние масс во второстепенных степенях свободы, относящихся к i -й парциальной системе:

$$\overline{M}_i^* = K^* V^* \Lambda_i^{*-1} V^{*-1}. \quad (6)$$

Тогда матрица конденсационных добавок к массам M^* от i -й парциальной системы

$$\Delta M_i = \overline{M}_i^* - M^*. \quad (7)$$

Аналогично находятся конденсационные добавки от всех остальных парциальных систем.

4. На третьем шаге метода, определив конденсационные добавки от всех парциальных систем, находим конденсированную матрицу масс, учитывающую влияние всех масс парциальных систем

$$M_f^* = M^* + \sum \Delta M_i, \quad (8)$$

и формируем уравнение свободных колебаний редуцированной системы:

$$(K^* - \Lambda M_f^*) Z_r = 0, \quad (9)$$

где K^* — конденсированная матрица жесткости системы, полученная на первом этапе метода статической конденсацией исходной системы к выбранным основным степеням свободы.

Оптимизированный алгоритм частотно-динамической конденсации. Наиболее трудоемким вычислительным процессом описанного метода явля-

ется статическая конденсация, которая запускается при получении базового решения, а также при получении парциальных систем.

$$G(\{K, M\}) = \{K^*, M^*\};$$

$$G(\{K, M\}) = \{K_i^*, M_i^*\}.$$

Повышенная трудоемкость в первую очередь вызвана необходимостью обращения большеразмерной матрицы второстепенных степеней свободы K_{ss} . В связи с этим предлагается оптимизация статической конденсации с использованием суперэлементного подхода.

Алгоритм блочной статической конденсации заключается в разбиении исходной системы на подконструкции. Степени свободы каждой подконструкции разбиваются на три группы: внутренние, граничные и основные.

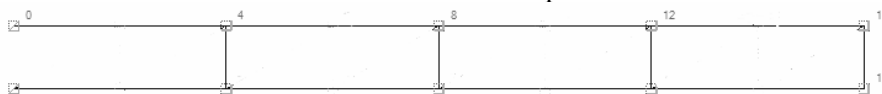
На первом шаге выполнения блочной конденсации для каждой выделенной подконструкции внутренние степени свободы статически конденсируются на граничные и основные.

На втором шаге оставшиеся граничные степени свободы конденсируются на основные.

Исходная система:



Система после статической конденсации к граничным степеням свободы:



Система после конденсации граничных степеней свободы на основные:



За счет разделения исходных матриц на блоки операции выполняются с матрицами небольших размеров, что положительно сказывается на быстродействии программных реализаций, а также становится возможным параллельное выполнение статических конденсаций подконструкций.

Применение этого метода вместе с описанным выше алгоритмом частотно-динамической конденсации приводит к существенному повышению эффективности расчета. Достигается это за счет использования одних и тех же подконструкций при статической конденсации во время получения базового решения и во время расчета парциальных систем. То есть рассматриваемая i -я парциальная система состоит из основных степеней свободы всех подконструкций плюс внутренние и граничные степени свободы i -й подконструкции.

Пример расчета конструкции. В качестве численного эксперимента был произведен расчет конструкции, представленной на рис. 1.



Рис. 1. Модель 1. Общее количество степеней свободы — 84, основных степеней свободы — 28, отношение количества основных ко всем — 0,333

Модуль упругости Юнга всех стержней — 75Е9 Н/м^2 .

Плотность материала — 2.8Е3 кг/м^3 .

Площадь поперечного сечения вертикальных стержней — $0,006 \text{ м}^2$ у закрепления и уменьшается к краю консоли на $0,00002 \text{ м}^2$, площадь сечения горизонтальных стержней у закрепления $0,006 \text{ м}^2$ и уменьшается к консоли на $0,00001 \text{ м}^2$. Площадь поперечного сечения диагональных стержней — $0,0003 \text{ м}^2$.

Момент инерции всех стержней — $0,0756 \text{ кг/м}^2$.

Было рассмотрено 4 аналогичных модели. Различия между моделями заключались в количестве дополнительно вводимых узлов при неизменном выборе количества и расположения основных узлов.

Схемы трех других моделей представлены на рис. 2—4.

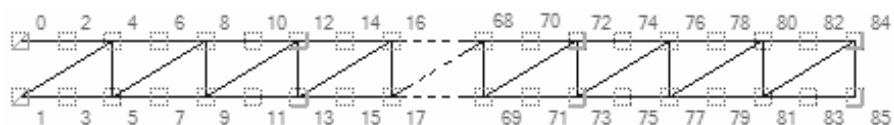


Рис. 2. Модель 2. Общее количество степеней свободы — 168, основных степеней свободы — 28, отношение количества основных ко всем — 0,167



Рис. 3. Модель 3. Общее количество степеней свободы — 210, основных степеней свободы — 28, отношение количества основных ко всем — 0,133

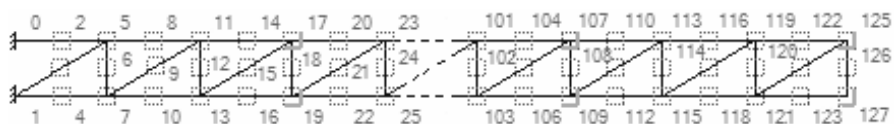


Рис. 4. Модель 4. Общее количество степеней свободы — 252, основных степеней свободы — 28, отношение количества основных ко всем — 0,111

Результаты расчетов сведены в таблицы. В каждой таблице указываются собственные значения, вычисленные прямым методом, методом статической конденсации, базовым алгоритмом частотно-динамической конденсации и улучшенным алгоритмом ЧДК. Также указывается погрешность вычисления собственных значений.

По результатам расчетов видно, что как базовый, так и улучшенный алгоритмы ЧДК дают лучший в сравнении со статической конденсацией результат.

Для первых четырех собственных значений построены графики зависимости точности их расчета (относительная погрешность вычисления отложена по оси ординат) от отношения количества основных степеней свободы к общему количеству степеней свободы системы (ось абсцисс).

Т а б л и ц а 1

Результаты расчета для модели 1

	Прямой расчет	Статиче- ская кон- денсация	Погреш- ность, %	Базовый алгоритм ЧДК	Погреш- ность, %	Улучшен- ный алго- ритм ЧДК	Погреш- ность, %
1	5.11E+04	5.12E+04	0,3	5.11E+04	0,0	5.11E+04	0,0
2	3.27E+05	3.28E+05	0,3	3.27E+05	0,0	3.27E+05	0,0
3	4.60E+05	4.73E+05	2,9	4.60E+05	0,1	4.60E+05	0,1
4	1.28E+06	1.38E+06	8,0	1.27E+06	0,3	1.27E+06	0,3
5	2.50E+06	2.88E+06	15,1	2.48E+06	0,7	2.48E+06	0,7
6	2.93E+06	3.03E+06	3,2	2.92E+06	0,3	2.92E+06	0,3
7	4.12E+06	5.08E+06	23,3	4.11E+06	0,5	4.11E+06	0,5
8	6.12E+06	7.79E+06	27,3	5.68E+06	7,2	5.68E+06	7,2
9	8.08E+06	8.75E+06	8,3	6.30E+06	22,0	6.30E+06	22,0

Т а б л и ц а 2

Результаты расчета для модели 2

	Прямой расчет	Статиче- ская кон- денсация	Погреш- ность, %	Базовый алгоритм ЧДК	Погреш- ность, %	Улучшен- ный алго- ритм ЧДК	Погреш- ность, %
1	5.25E+04	5.27E+04	0,3	5.24E+04	0,2	5.25E+04	0,0
2	4.78E+05	4.92E+05	3,0	4.70E+05	1,6	4.77E+05	0,1
3	1.22E+06	1.23E+06	0,4	1.22E+06	0,2	1.22E+06	0,0
4	1.35E+06	1.46E+06	8,4	1.29E+06	4,4	1.35E+06	0,4
5	2.69E+06	3.14E+06	16,6	2.47E+06	8,0	2.66E+06	1,1
6	4.50E+06	5.68E+06	26,0	4.06E+06	9,8	4.47E+06	0,7
7	6.77E+06	8.92E+06	31,8	5.24E+06	22,6	6.96E+06	2,7
8	9.46E+06	1.14E+07	20,0	5.68E+06	39,9	7.58E+06	19,9
9	1.10E+07	1.17E+07	6,5	6.33E+06	42,5	7.85E+06	28,6

Т а б л и ц а 3

Результаты расчета для модели 3

	Прямой расчет	Статиче- ская кон- денсация	Погреш- ность, %	Базовый алгоритм ЧДК	Погреш- ность, %	Улучшен- ный алго- ритм ЧДК	Погреш- ность, %
1	5.30E+04	5.32E+04	0,3	5.29E+04	0,2	5.30E+04	0,0
2	4.82E+05	4.97E+05	3,0	4.74E+05	1,7	4.82E+05	0,1
3	1.22E+06	1.23E+06	0,5	1.22E+06	0,2	1.22E+06	0,0
4	1.36E+06	1.48E+06	8,4	1.30E+06	4,5	1.36E+06	0,4
5	2.72E+06	3.17E+06	16,7	2.50E+06	8,2	2.69E+06	1,1
6	4.55E+06	5.75E+06	26,3	4.10E+06	10,0	4.52E+06	0,7
7	6.85E+06	9.04E+06	32,0	5.33E+06	22,2	7.04E+06	2,8
8	9.56E+06	1.14E+07	18,9	5.66E+06	40,8	7.75E+06	19,0
9	1.09E+07	1.19E+07	8,3	6.39E+06	41,7	7.81E+06	28,6

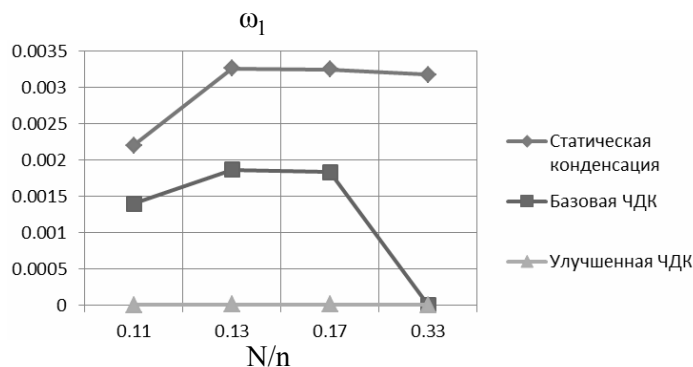
Т а б л и ц а 4

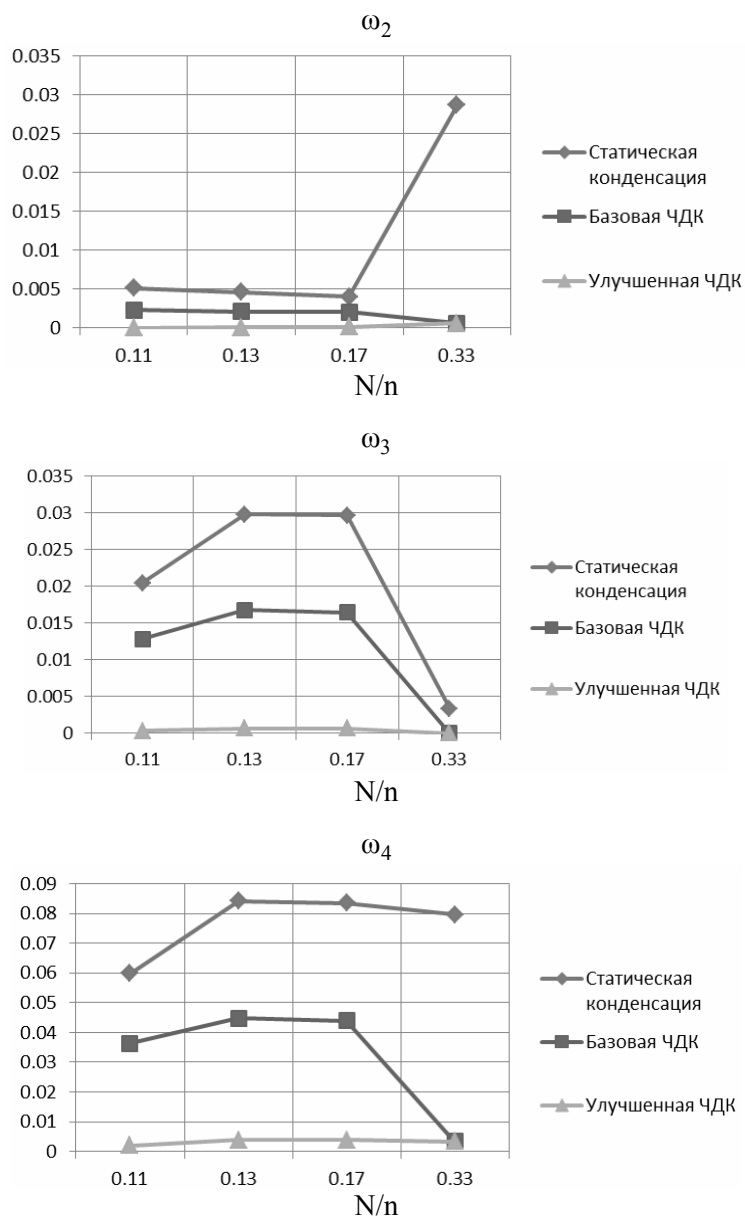
Результаты расчета для модели 4

	Прямой расчет	Статическая конденсация	Погрешность, %	Базовый алгоритм ЧДК	Погрешность, %	Улучшенный алгоритм ЧДК	Погрешность, %
1	6.10E+04	6.12E+04	0,2	6.09E+04	0,1	6.10E+04	0,0
2	5.68E+05	5.80E+05	2,0	5.61E+05	1,3	5.68E+05	0,0
3	1.24E+06	1.25E+06	0,5	1.24E+06	0,2	1.24E+06	0,0
4	1.68E+06	1.78E+06	6,0	1.62E+06	3,6	1.68E+06	0,2
5	3.52E+06	3.95E+06	12,4	3.24E+06	7,8	3.50E+06	0,6
6	6.19E+06	7.49E+06	20,9	5.56E+06	10,2	6.14E+06	0,8
7	9.76E+06	1.15E+07	18,2	6.45E+06	33,9	9.53E+06	2,3
8	1.11E+07	1.26E+07	13,9	9.04E+06	18,4	9.99E+06	9,8
9	1.43E+07	1.79E+07	25,7	1.06E+07	25,8	1.08E+07	24,0

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Guyan R. J. Reduction of stiffness and mass matrices // AIAA Journal 3. 380 (1965).
2. Callahan J. O'. A New Procedure for an Improved Reduced System (IRS) // Seventh International Modal Analysis Conference. Las Vegas, Nevada, 1989.
3. Christopher C. Flanigan. Implementation of the IRS dynamic reduction method in MSC/NASTRAN // MSC/NASTRAN Users Conference. Los Angeles, California, 1990.
4. Игнатьев В. А. Редукционные методы расчета в статике и динамике пластинчатых систем. Саратов : Саратовский ун-т, 1992. 144 с.
5. Игнатьев В. А., Макаров А. В. Решение неполной алгебраической проблемы собственных векторов и собственных значений для задач динамики и устойчивости методом частотно-динамической конденсации // Строительная механика и расчет сооружений. 2005. № 1. С. 14—20.
6. Friswell M. I., Garvej S. D., Penny J. E. T. Using Iterated IRS model reduction techniques to calculate eigensolutions // 15th International Modal Analysis Conference. Orlando. Florida, USA, 1997. P. 1537—1543.
1. Guyan R. J. Reduction of stiffness and mass matrices // AIAA Journal 3. 380 (1965).
2. Callahan J. O'. A New Procedure for an Improved Reduced System (IRS) // Seventh International Modal Analysis Conference. Las Vegas, Nevada, 1989.
3. Christopher C. Flanigan. Implementation of the IRS dynamic reduction method in MSC/NASTRAN // MSC/NASTRAN Users Conference, Los Angeles, California, 1990.
4. Ignatov V. A. Reduktsionnye metody rascheta v statike i dinamike plastinchatykh sistem. Saratov : Saratovski universitet, 1992. 144 s.
5. Ignatov V. A., Makarov A. V. Reshenie nepolnoi algebraicheskoi problemy sobstvennykh vektorov i sobstvennykh znachenii dlja zadach dinamiki i ustoychivosti metodom chastotno-dinamicheskoi kondensatsii // Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheni. 2005. № 1. 14—20 s.
6. M. I. Friswell, S. D. Garvej, J. E. T. Penny, Using Iterated IRS model reduction techniques to calculate eigensolutions // 15th International Modal Analysis Conference. Orlando. Florida, USA, February 1997, 1537 — 1543 pp.





© Игнатъев В. А., Чантуридзе А. У., 2011

Поступила в редакцию
в сентябре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Игнатъев В. А., Чантуридзе А. У. Метод частотно-динамической конденсации // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2011. Вып. 24(43). С. 46—53.

УДК 625.033.37 (470.1/.2)

В. А. Пшеничкина, Н. А. Шапошников

**ИССЛЕДОВАНИЕ СЛУЧАЙНЫХ ПОЛЕЙ ДЕФОРМАЦИЙ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОЛОТНА НА ЛИНИИ
СТ. ЧУМ — СТ. ЛАБЫТНАНГИ СЕВЕРНОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ**

Приведены результаты полевых и лабораторных исследований деформирующихся участков земляного полотна железнодорожной линии Чум — Лабытнанги. Рассчитываются статистические характеристики случайного поля поверхности деформирования основания железнодорожного полотна. Ведется построение вероятностно-статистической расчетной модели основания.

К л ю ч е в ы е с л о в а: осадка, деформации, спектральная плотность поля, тренд и случайная составляющая.

The results of field and laboratory researches of deformed sections of roadbed of the railway line Chum — Labytnangi are described. The statistical performances of the random field of the ground deformation surface of the railroad bed are repaired. The construction of probability and statistical computed model of the ground is conducted.

K e y w o r d s: settlement, deformation, field spectrum function, trend and random component.

Практика эксплуатации железнодорожных линий в сложных инженерно-геологических условиях Северной железной дороги показывает, что во многих случаях из-за значительных деформаций железнодорожного полотна, связанных с осадкой оттаивания и последующего уплотнения оттаявших мерзлых многолетних пород, выпирания слабого слоя из-под земляного полотна и боковых сдвигов под действием поездной нагрузки не обеспечивается не только эксплуатационная пригодность, но и безопасность данных сооружений. На характер деформированного состояния системы верхнее строение пути — основание влияет большое количество физических факторов, существенно меняющихся во времени, которым трудно дать количественную оценку. Поэтому для обоснованного прогноза технического состояния рассматриваемых сооружений необходимо переходить на вероятностно-статистические методы их расчета с оценкой остаточного ресурса с учетом случайной природы физико-механических характеристик оснований и действующих нагрузок.

Для обоснования расчетной модели грунтового основания используем результаты полевых и лабораторных исследований деформирующихся участков земляного полотна железнодорожной линии Чум — Лабытнанги, которая была сдана в эксплуатацию в 1948 г.

Земляное полотно представлено насыпями, выемками и полувыемками. Насыпи отсыпаны из местных грунтов в основном пылеватых песков, в верхней части песками средней крупности.

По результатам осмотра, исходя из примерной однотипности условий территории прохождения линии, выбранные для обследования километры были разделены на три укрупненных участка, на каждом из которых, в свою очередь, были выделены подучастки, имеющие близкие характеристики мерзлотно-грунтовых условий.

Участок № 1 ПК 196+50 — ПК 200+50. На пути отмечаются значительные просадки, превосходящие нормы по продольным уклонам, действует ограничение скорости движения поездов до 25 км/ч. По геометрии рельсовой колеи наихудший из обследованных участков. Суммарная осадка за период 1995—2000 гг. по разности отметок головок рельсов на участке ПК 198—199 достигает до 1 м. Осадка по головкам рельсов на участке за период июль — середина сентября составила до 30 мм. Верхняя граница многолетнемерзлых грунтов по данным ИГБ 1996 г. у подошвы насыпи обнаружена на глубине 4,1 м от поверхности земли на ПК 197.

Участок № 2 ПК 227+00 — ПК 231+00. Участок проложен на повышенном рельефе склона, но по левой верховой стороне у подошвы насыпи отмечается цепь больших термокарстовых озер глубиной 2 м и более. Толщина балласта под шпалой нормальная, отмечаются отдельные просадки по рельсам. Изменения отметок головок рельсов за период 1995—2000 гг. в отдельных местах до 10 см. Осадка по головкам рельсов и маркам на участке за период июль — середина сентября составила до 70 мм (наибольшая зафиксированная по всем участкам). На участке происходят осадки.

Верхняя граница многолетнемерзлых грунтов в 2000 г. зафиксирована: на ПК 227+00 у подошвы насыпи слева на глубине 5,6 м, справа — на глубине 4,4 м, в поле слева на бугре пучения — на глубине 0,7 м, справа — 4,5 м, на ПК 228+00 у подошвы насыпи слева до глубины 13,0 м нет, справа — на 9,9 м.

Участок № 3 ПК 302+00 — ПК 306+00. На участке у подошвы насыпи заболоченная поверхность с выступающими отдельными буграми пучения. В пределах ПК 302—306 по рельсам отмечаются просадки пути. Толщина балласта под шпалой 0,4...0,5 м, местами достигает до 1 м. Изменения отметок головок рельсов за период 1995—2000 гг. незначительны и происходят в основном в сторону подъемов пути.

Осадка по головкам рельсов на участке за период июль — середина сентября составила до 30 мм.

Мерзлота у подошвы насыпи слева и справа при наличии рядом бугров пучения обнаружена на глубине 4,5...6,0 м, на буграх пучения — на глубине 0,4...0,7 м. При наличии у подошвы насыпи термокарстовых понижений мерзлоты до глубины 10 м не обнаружено. На ПК 303+00 осадка по головке рельса с помощью нивелирования зафиксирована 16 мм.

Определение основных физических характеристик грунтов производилось в соответствии с ГОСТ 5180—84 «Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик». Характеристики определялись в лабораторных условиях на образцах, отобранных при бурении колонковым способом. Учитывая, что деформации вызваны грунтами основания, опробование проводилось для грунтов основания. При этом плотность грунтов находилась методом режущего кольца (24 образца), а влажность (82 образца) термостатным способом. Кроме того, для основных типов глинистых грунтов основания определялся гранулометрический состав и пределы пластичности.

Всего по всем участкам на основании ГОСТ 25100—95 «Грунты. Классификация» было выделено три разновидности глинистых грунтов основания: глина легкая пылеватая (генетический тип — озерно-болотный), суглинок легкий песчанистый (ледниковый) и суглинок тяжелый пылеватый (элювиально-делювиальный).

В общем случае грунтовые поля являются неоднородными анизотропными случайными полями с изменяющимися во времени и пространстве физико-механическими характеристиками.

Для построения вероятностно-статистической расчетной модели основания, а также вероятностных расчетов системы сооружение — основание весьма удобным является представление грунтового поля в виде тренда $\bar{\Pi}(\mathbf{r}, t)$ и случайной (флуктуационной) составляющей $\tilde{\Pi}(\mathbf{r}, t)$:

$$\Pi(\mathbf{r}, t) = \bar{\Pi}(\mathbf{r}, t) + \tilde{\Pi}(\mathbf{r}, t). \quad (1)$$

Тогда неоднородность свойств основания можно связать с переменностью математического ожидания в пространстве геометрических координат и времени. Что же касается собственно случайной составляющей поля $\tilde{\Pi}(\mathbf{r}, t)$, то она, как показали результаты опытов, в большинстве практических случаев может рассматриваться в виде однородного изотропного случайного поля, математическое ожидание и дисперсия которого являются постоянными величинами, а корреляционная функция зависит только от модуля вектора $|\rho|$ и не зависит от направления координат.

$$\bar{\tilde{\Pi}}(\mathbf{r}, t) = 0,$$

$$K_{\Pi}(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2) = K_{\Pi}(\mathbf{r}_2, -\mathbf{r}_1) = K_{\Pi}(\rho), \quad (2)$$

$$D_{\Pi}(\mathbf{r}) = K_{\Pi}(0, 0) = \text{const.}$$

При проведении вероятностного анализа вместо корреляционной функции удобнее использовать спектральную плотность поля, связанную с корреляционной функцией косинус-преобразованием Фурье:

$$K_{\Pi}(\rho) = \int_0^{\infty} S_{\Pi}(\chi) \cos \chi \rho d\chi, \quad (3)$$

$$S_{\Pi}(\chi) = \left(\frac{1}{2\pi} \right)^n \int_0^{\infty} K_{\Pi}(\rho) \cos \chi \rho d\rho, \quad (4)$$

где n — число измерений пространства.

Функцию тренда поля $\bar{\Pi}(\mathbf{r}, t)$ можно также представить в виде спектра, разложив ее на сумму гармонических составляющих. В отличие от непрерывного спектра (4), для $\tilde{\Pi}(\mathbf{r})$ спектр функции $\bar{\Pi}(\mathbf{r}, t)$ дискретен. Тогда спектр поля $\Pi(\mathbf{r}, t)$ является комбинацией непрерывного распределения дисперсий амплитуд случайного поля $\tilde{\Pi}(\mathbf{r})$ по непрерывному полю волновых чисел χ и дискретного распределения амплитуд поля $\bar{\Pi}(\mathbf{r}, t)$ по дискретному полю волновых чисел χ_k . Для удобства вычислений и построения дискретного спектра тренда произведем центрирование $\bar{\Pi}(\mathbf{r}, t)$

$$\overset{0}{\Pi}(\mathbf{r}, t) = \bar{\Pi}(\mathbf{r}, t) - \bar{\Pi}. \quad (5)$$

Тогда спектральное представление случайного поля (1) будет иметь вид

$$\Pi(\mathbf{r}, t) = \bar{\Pi} + \overset{0}{\Pi}(\mathbf{r}, t) + \tilde{\Pi}(\mathbf{r}). \quad (6)$$

Спектральное представление поля параметров в виде (6) позволяет значительно упростить все решения задач взаимодействия сооружений с неоднородными грунтовыми основаниями. Исходными характеристиками для задания поля являются: среднее значение $\bar{\Pi}$, спектр неоднородностей тренда $\bar{S}_{\Pi}(\chi_k)$ и спектр случайных неоднородностей $S_{\Pi}(\chi_k)$ по (4):

$$\bar{S}_{\Pi}(\chi_k) = \sum_k A(\Pi)_k \delta(\chi - \chi_k),$$

$$S_{\Pi}(\chi) = \left(\frac{2}{\pi}\right)^3 \int_0^{\infty} K_{\Pi}(\rho) \cos \chi \rho \, d\rho,$$

где $A(\Pi)_k$ — амплитуда неоднородности тренда параметра Π , распределяемая дельта-функцией по волновым числам χ_k . В спектральном представлении $\overset{0}{\Pi}(\mathbf{r})$ каждой амплитуде $A(\Pi)_k$ соответствует своя координатная гармоническая функция $\phi_k(\chi_k | \mathbf{r}, t)$.

Все эти характеристики находятся при обработке данных инженерно-геологических изысканий. При этом объем изыскательских работ по опробованию основания существенно не возрастает в сравнении с изысканиями для принятых идеализированных однородных моделей основания.

Для расчета пути железнодорожной линии Чум — Лабытнанги Северной железной дороги принята модель протяженной балки, лежащей на стохастически неоднородном грунтовом основании при действии движущейся нагрузки.

Находим статистические характеристики случайного поля поверхности деформирования основания железнодорожного полотна. Случайное поле поверхности деформирующегося основания, возникающее в процессе эксплуатации дороги, $\Pi(\vec{\mathbf{r}}, t) \rightarrow S(\vec{\mathbf{r}}, t)$. Изменением характеристик поля в поперечном железнодорожному полотну направлении пренебрегаем. $S(\vec{\mathbf{r}}, t) \rightarrow S(x)$.

Представим физико-механические характеристики грунтового основания на выделенных подучастках с учетом природной микро- и макронеоднородности в виде тренда и случайной составляющей

$$S(x) = \bar{S}(x) + \tilde{S}(x),$$

где $\bar{S}(x)$ — тренд; $\tilde{S}(x)$ — случайное (флуктуационное) поле. При этом экспериментальный тренд аппроксимируется теоретической кривой, построенной на основе разложения

$$\bar{S}(x) = C_0 + \sum_{m=1}^M C_m X_m(x).$$

Коэффициенты C_m находятся стандартным методом наименьших квадратов. По полученной в результате функции тренда построим график зависимости осадки от координаты точки на одном из участков ПК 196+50 — ПК 200+50 (рис. 1).

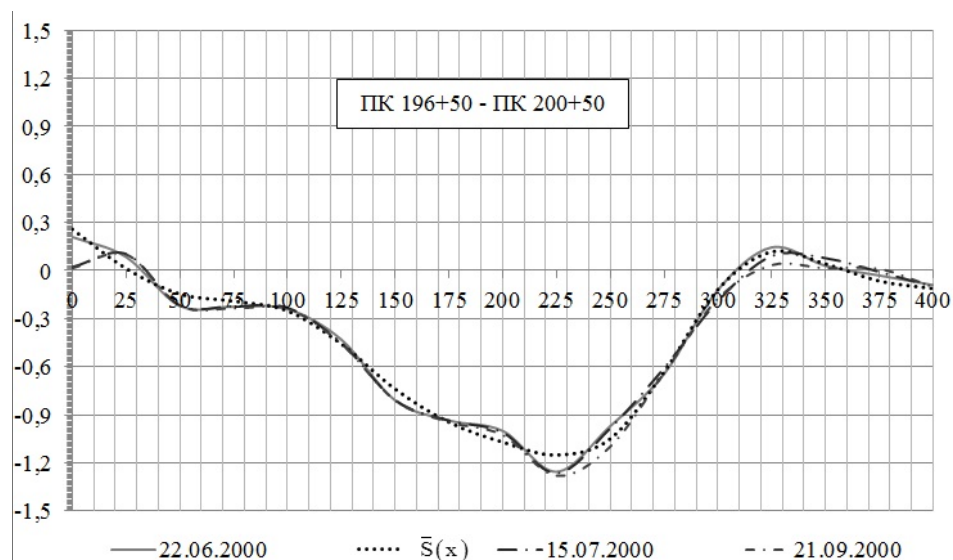


Рис. 1. Линия $S(x)$ соответствует аппроксимированной функции тренда

Строим аппроксимируемую функцию тренда относительно 0.00 (рис. 2).

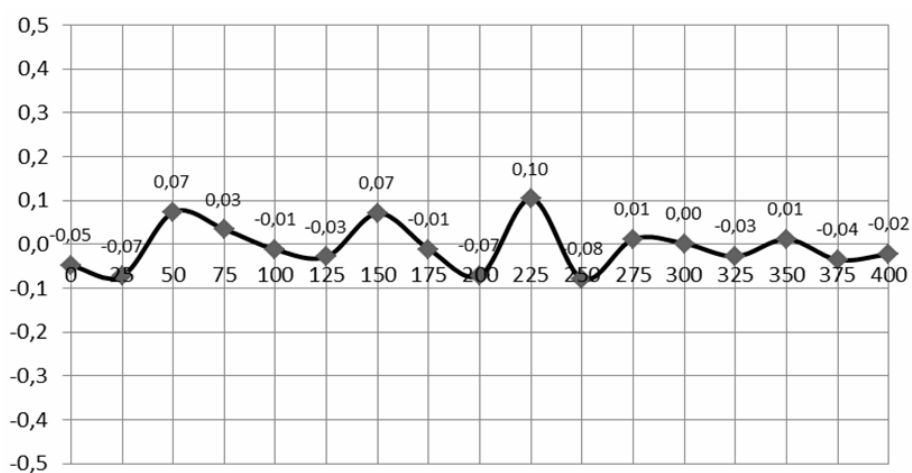


Рис. 2. Линия соответствует аппроксимированной функции тренда на участке ПК 196+50 — ПК 200+50

По найденным коэффициентам C_m строим спектральную диаграмму тренда (рис. 3).

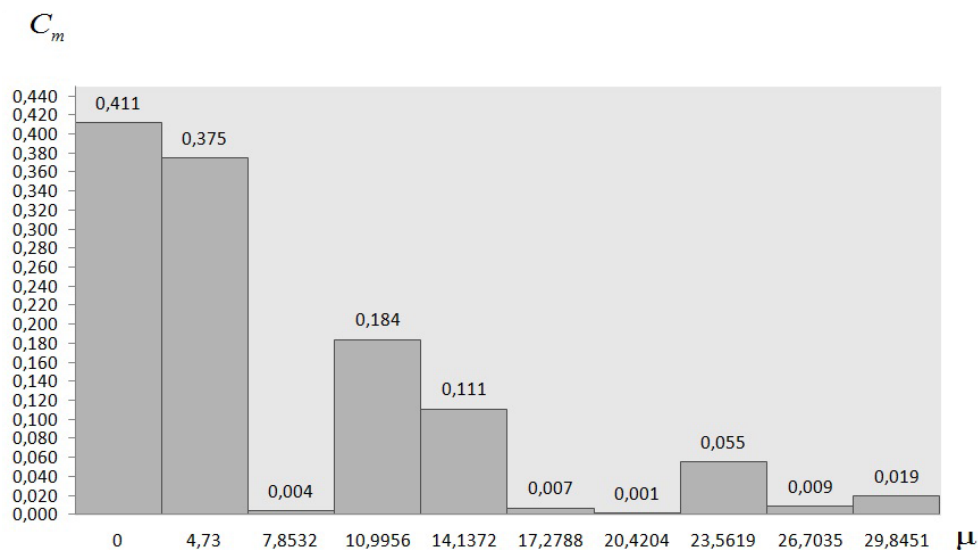


Рис. 3. Спектральная диаграмма тренда

Переходим к центрированному случайному полю исходя из данных, полученных аппроксимацией первого участка, и зависимости осадков на 2-х других выбранных участках. Для наглядности на рис. 4 приведен график центрированного случайного поля.

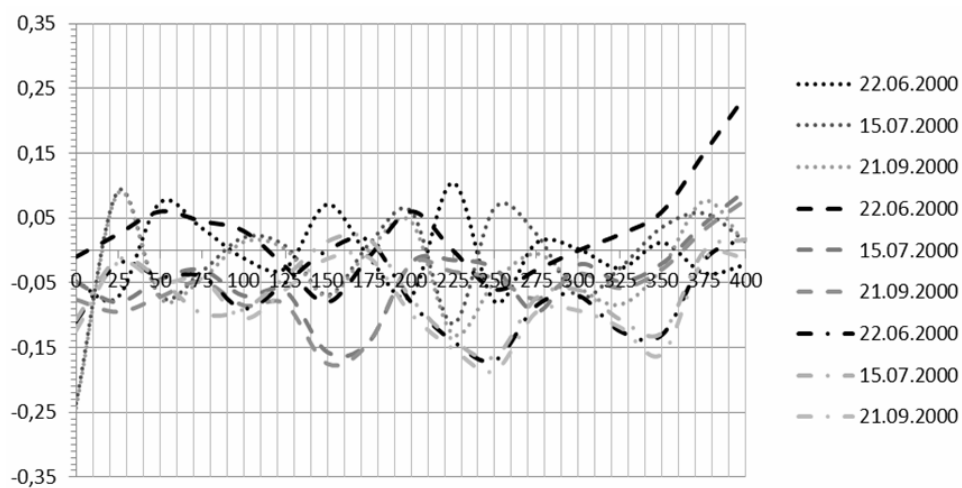


Рис. 4. Центрированное случайное поле всех экспериментальных участков

Описывать случайное поле будем с помощью моментов распределения и спектральной плотности.

Начальный момент первого порядка называется математическим ожиданием случайного поля

$$\bar{S}(x) = m_s(x) = M[S(x)]^1.$$

Одноточечный центральный момент второго порядка называется дисперсией поля

$$D_s(x) = M\{[S(x)] - m_s(x)\}^2 = M\left[S(x) - m_s(x)\right]^2.$$

Двухточечный центральный момент второго порядка называется корреляционной функцией

$$k_x(\tau) = D_x e^{-\alpha|\tau|} \cos \beta \tau, \quad \alpha > 0$$

или нормированной корреляционной функцией

$$k_x(\tau) = e^{-\alpha|\tau|} \cos \beta \tau, \quad \alpha > 0.$$

Спектральная плотность

$$S_x(\omega) = D_x \frac{\alpha}{\pi} \frac{\omega^2 + \alpha^2 + \beta^2}{(\omega^2 - \beta^2 - \alpha^2)^2 + 4\alpha^2 \omega^2}.$$

Нормированная спектральная плотность

$$S_x(\omega) = \frac{\alpha}{\pi} \frac{\omega^2 + \alpha^2 + \beta^2}{(\omega^2 - \beta^2 - \alpha^2)^2 + 4\alpha^2 \omega^2}.$$

Найдем нормированную корреляционную функцию процесса. Для этого сначала построим корреляционную матрицу по представленным реализациям.

После построения корреляционной матрицы находим экспериментальную корреляционную функцию в точках. Экспериментальная корреляционная функция аппроксимируется с помощью зависимости

$$k_x(\tau) = e^{-\alpha\tau} \cos(\beta\tau),$$

где коэффициенты α и β подбираются методом наименьших квадратов.

Экспериментальная и теоретическая корреляционные функции показаны на рис. 5.

Кроме того, покажем на рис. 6 соответствующую подобранным коэффициентам α и β функцию нормированной спектральной плотности случайного процесса.

По полученным данным разрабатывается методика обеспечения надежности и долговечности земляного полотна с учетом остаточных деформаций в течение годового цикла в условиях глубокого промерзания-оттаивания, а также методика создания модели линейно или нелинейно деформируемого стохастического полупространства, представляющая научную и практическую ценность.

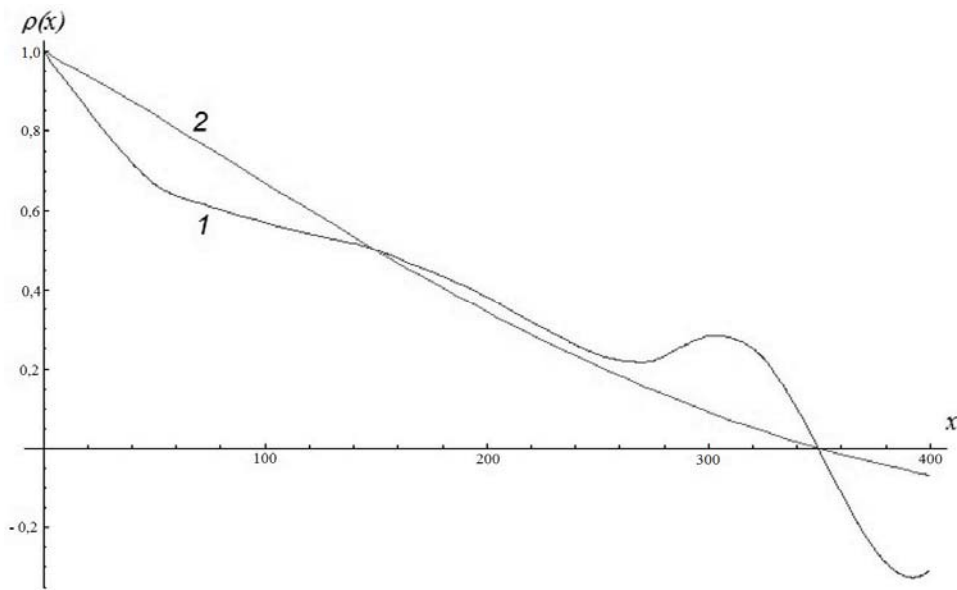


Рис. 5. Зависимость экспериментальной (график 1) и теоретической (график 2) корреляционной функции от координаты

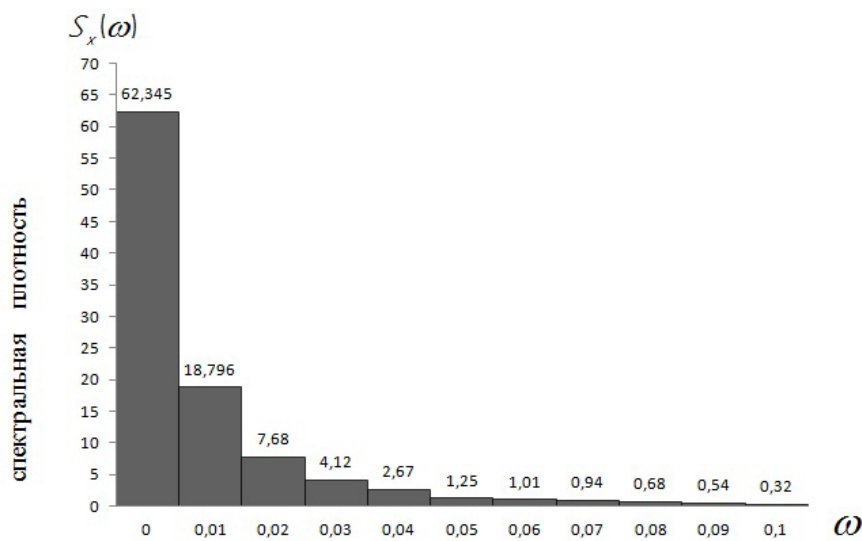


Рис. 6. Зависимость функции спектральной плотности от частоты

© Пшеничкина В. А., Шапошников Н. А., 2011

Поступила в редакцию
в сентябре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Пшеничкина В. А., Шапошников Н. А. Исследование случайных полей деформаций железнодорожного полотна на линии ст. Чум — ст. Лабытнанги Северной железной дороги // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр.-во и архит. 2011. Вып. 24(43). С. 54—61.

УДК 624.152.5

М. И. Кадомцев, Д. М. Стешенко

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КОЛЕБАНИЙ,
ВОЗБУЖДАЕМЫХ В ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ ПРИ УПЛОТНЕНИИ ИХ
ГЛУБИННЫМИ ВЗРЫВАМИ**

Исследован уровень колебаний от глубинных взрывов при уплотнении просадочных грунтов, проведен анализ затухания колебаний с расстоянием от точки взрыва, сделан предварительный прогноз влияния взрыва на здания и сооружения в соответствии с существующими нормами.

К л ю ч е в ы е с л о в а: просадочные грунты, глубинные взрывы, колебания грунта.

The vibration level is investigated from the deep explosions by the collapsible soils compression. The analysis of the vibration decay with distance from the explosion point is conducted. The preliminary forecast of influence of explosion for buildings and constructions according to existing norms is made.

K e y w o r d s: collapsible soils, deep explosions, ground vibration.

Проектирование и возведение зданий и сооружений на просадочных грунтах с обеспечением их прочности и нормальной эксплуатации — одна из наиболее важных и сложных проблем современного строительства. Эта проблема особенно актуальна в условиях Северного Кавказа, где 75...80 % площади занимают просадочные лессовые грунты. На них ведется массовое строительство зданий и сооружений, возведены корпуса Атоммаша в г. Волгодонске, уникальные сооружения Ставропольполимера (Прикумского завода пластмасс) в г. Буденновске, крупнейшая в мире гидромелиоративная система Большого Ставропольского канала (БСК).

С просадочными грунтами в регионе связаны массовые деформации зданий и сооружений, на исправление которых затрачены и дополнительно требуются огромные средства.

СНиП [1] рекомендует «устранять просадочные свойства грунтов в пределах *всей* просадочной толщи — глубинным уплотнением грунтовыми сваями, предварительным замачиванием грунтов оснований, в том числе с глубинными взрывами, химическим или термическим закреплением».

Каждый из рекомендуемых способов подготовки оснований имеет свои границы и область применения, а их эффективность может быть подтверждена только практикой строительства на просадочных грунтах.

Многолетняя практика строительства на просадочных грунтах Северного Кавказа показала, что при массовом возведении зданий и сооружений устранение просадочности мощных лессовых толщ возможно лишь длительным предварительным замачиванием или глубинными взрывами. Поскольку длительное многомесячное замачивание котлованов надолго задерживает строительство, слабо уплотняет грунты и требует много воды, дефицитной в степных районах, единственным эффективным методом подготовки оснований становятся глубинные взрывы.

Преимущества взрывных работ обусловлены: 1) чрезвычайной компактностью энергии, содержащейся во взрывчатом веществе; 2) легкой транспортабельностью ВВ; 3) отсутствием необходимости даже в простейшем оборудовании для

превращения химической энергии в механическую работу; 4) возможностью производить силой взрыва точно то количество работы, которое требуется в каждом отдельном случае.

Взрыв дает возможность получить мощный, доступный и дешевый источник энергии практически мгновенного действия. Однако, хотя взрыв является эффективным и экономически выгодным способом уплотнения просадочной толщи грунта, массовому внедрению метода в практику строительства препятствует возможность сейсмического воздействия взрывов на соседние здания и сооружения. При производстве взрывных работ наблюдается высокий уровень колебаний грунта, степень воздействия которых на здания, сооружения и коммуникации недостаточно изучена на практике.

Современные условия строительства таковы, что часто приходится строить на территории существующей застройки. В связи с этим возникает необходимость оценить воздействие колебаний грунта при проведении взрывных работ по уплотнению просадочных грунтов на существующие здания и сооружения, рассчитать безопасное расстояние, на котором взрывы не повлияют на эксплуатационные свойства зданий, сооружений и коммуникаций, и разработать мероприятия по снижению сейсмического воздействия. Актуальность этой задачи обусловлена тем, что в настоящее время отсутствуют нормативные документы, позволяющие сделать точный инженерный расчет сейсмозрывного воздействия на существующую застройку.

В данной работе приведены исследования уровня колебаний и характера затухания поверхностной волны на основе результатов натурного эксперимента по регистрации ускорений колебаний поверхности грунта при проведении глубинных взрывов в лессовидных песках и супесях и сделаны предварительные выводы о безопасном расстоянии от точки взрыва до существующих зданий и сооружений.

В ходе эксперимента была произведена регистрация вертикальных ускорений колебаний грунта во время серии из 4-х взрывов зарядов аммонита массой 10 кг при помощи датчиков-акселерометров. Заряды закладывались в предварительно пробуренные скважины глубиной 5 м с последующей их забойкой, обеспечивающей камуфлетность взрывов. Датчики устанавливались на расстоянии 10 м друг от друга, первый датчик был удален от места взрыва на 50 м (рис. 1). Согласование датчиков с грунтом обеспечивалось металлическими пластинами, к которым датчики крепились при помощи резьбового соединения. Данный способ установки датчиков полностью согласуется с требованиями ГОСТ Р 52892—2007 и ГОСТ ИСО 5348—2002.

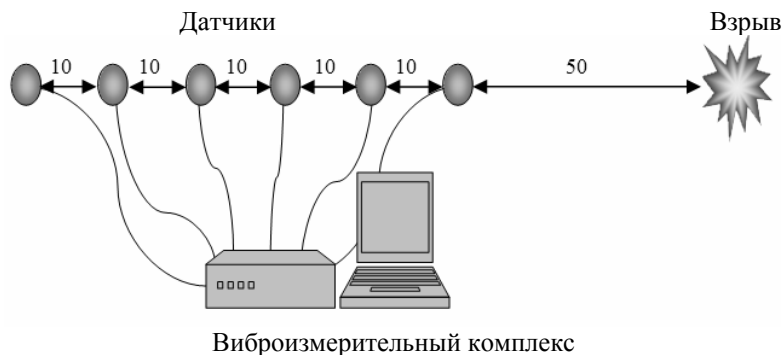


Рис. 1. Схема проведения натурного эксперимента

Оцифрованные данные записывались в переносной компьютер типа «ноутбук» с последующей перезаписью на стационарный компьютер для обработки результатов регистрации амплитудно-временных характеристик (АВХ) ускорения на основе специализированного программного комплекса, включающего базу данных для хранения и систематизации большого объема цифрового и графического материала, получаемого в результате замеров.

Программы для обработки сигналов [2] основаны на обработке АВХ и построении на их основе амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) путем применения быстрого преобразования Фурье [3]. Для более корректного результата для каждой серии замеров проводился корреляционный анализ с последующим осреднением и сглаживанием результатов.

Амплитудно-частотные характеристики, полученные из АВХ применением быстрого преобразования Фурье, отражают интегральные значения амплитуд по каждой из частот в заданном интервале исходного сигнала.

Кроме того, были рассчитаны скорости зарегистрированных колебаний для последующего сравнения с допустимыми значениями. В соответствии с ГОСТ Р 52892—2007 [4] скорости колебаний были получены с применением интегрального преобразования Фурье к зарегистрированным амплитудно-временным характеристикам ускорений колебаний.

На рис. 2 приведены ускорения колебаний, зарегистрированные на расстоянии 50 м от точки взрыва. На рис. 3 приведены скорости колебаний на расстоянии 50 м от точки взрыва.

Средние максимальные ускорения по результатам 4-х взрывов на различных расстояниях приведены в табл. 1. Средние максимальные скорости по результатам 4-х взрывов на различных расстояниях приведены в табл. 2.

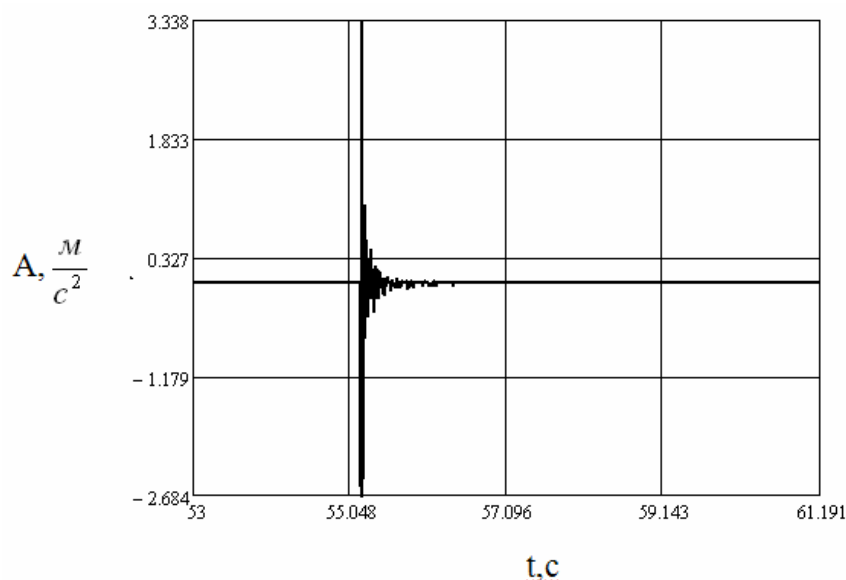


Рис. 2. Амплитудно-временная характеристика ускорений колебаний, масса заряда $m = 10$ кг, расстояние до источника взрыва $r = 50$ м

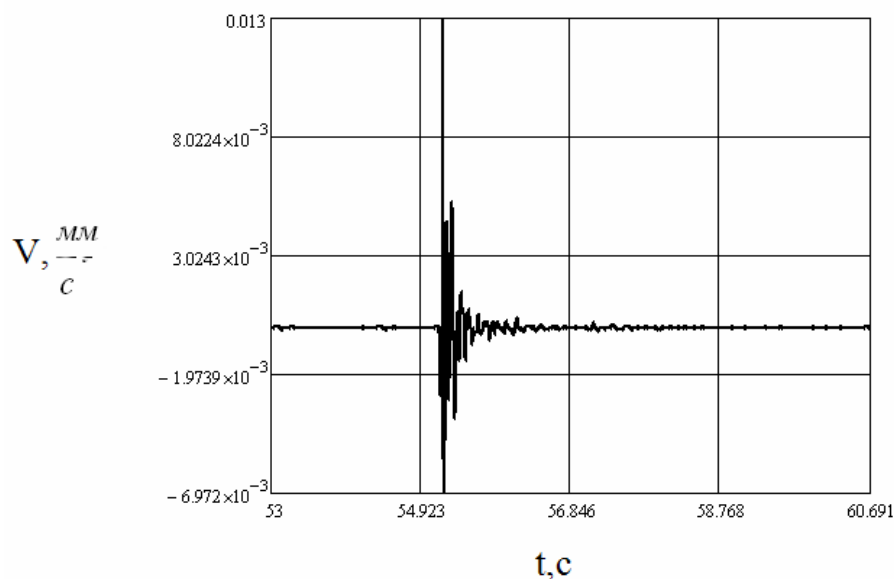


Рис. 3. Амплитудно-временная характеристика скоростей колебаний, масса заряда $m = 10$ кг, расстояние до источника взрыва $r = 50$ м

На текущий момент единственным нормативным документом, позволяющим корректно рассчитать характер затухания упругих волн при импульсном воздействии, является ВСН 490—87 [5]. Однако следует отметить, что рассчитываемый по данному документу коэффициент затухания является частотно-зависимым параметром. Частотный диапазон колебаний, генерируемых при взрыве, в общем случае шире, чем при забивке свай. На рис. 4 и 5 приведены амплитудно-частотные характеристики скоростей колебаний, зарегистрированных при взрыве и забивке сваи соответственно. При сравнении указанных графиков видно, что основные гармоники колебаний находятся в одном диапазоне 10...20 Гц. Таким образом, это дает возможность предположить, что характер затухания амплитуды упругих волн при взрыве сопоставим с характером затухания при забивке свай.

Т а б л и ц а 1

Максимальные ускорения колебаний на различных расстояниях от точки взрыва

Расстояние до взрыва, м	50	60	70	80	90	100
Максимальное ускорение колебаний, м/с ²	3,2	1,9	1,2	0,66	0,42	0,19

Т а б л и ц а 2

Максимальные скорости колебаний на различных расстояниях от точки взрыва

Расстояние до взрыва, м	50	60	70	80	90	100
Максимальная скорость колебаний, мм/с	13	7,1	3,5	2,1	1,2	1

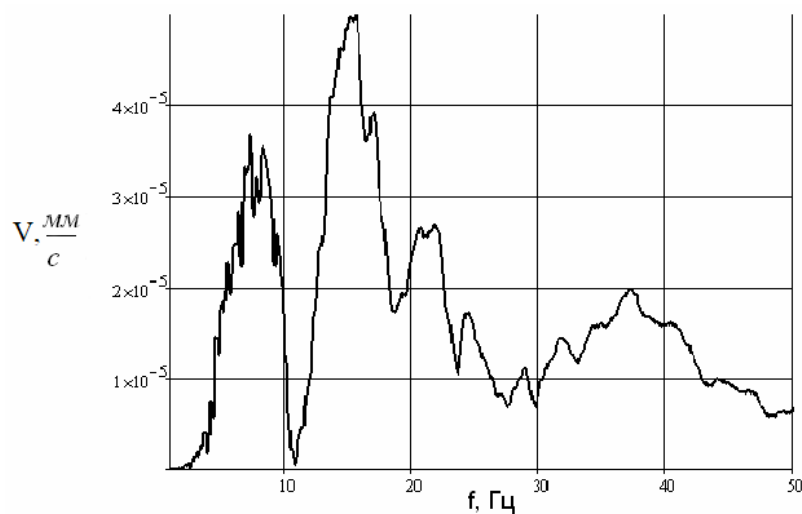


Рис. 4. Амплитудно-частотная характеристика скоростей колебаний, масса заряда $m=10$ кг, расстояние до источника взрыва $r = 50$ м

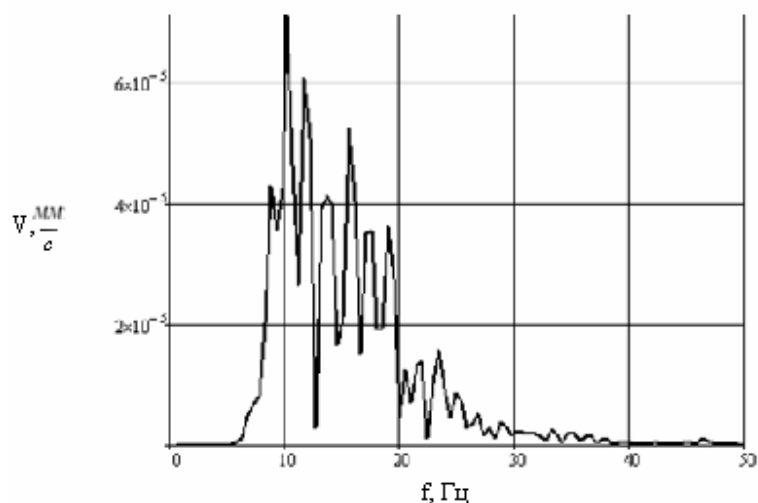


Рис. 5. Амплитудно-частотная характеристика скоростей колебаний при забивке сваи, расстояние до сваи $r = 40$ м

Интересно было сравнить характер затухания, полученный по результатам эксперимента с затуханием, рассчитанным с использованием вязко-упругой модели грунта. В соответствии с ВСН 490—87 [5], регламентирующим проектирование и устройство свайных фундаментов и шпунтовых ограждений в условиях реконструкции промышленных предприятий и городской застройки, амплитуда ускорений колебаний α на расстоянии r рассчитывается по формуле

$$\alpha = \alpha_0 \sqrt{\frac{r_0}{r}} e^{-\delta(r-r_0)}, \quad (1)$$

где α_0 — ускорение на расстоянии r_0 ; δ — коэффициент затухания, рассчитываемый по формуле

$$\delta = \frac{\ln\left(\frac{A_1}{A_2} \sqrt{\frac{r_1}{r_2}}\right)}{r_2 - r_1}, \quad (2)$$

где A_1 и A_2 — амплитуды на расстоянии r_1 и r_2 соответственно.

Аналогично для скоростей

$$V = V_0 \sqrt{\frac{r_0}{r}} e^{-\delta(r-r_0)}. \quad (3)$$

В соответствии с табл. 1 $r_1 = 50$ м, $r_2 = 100$ м, $A_1 = 3,2$ м/с², $A_2 = 0,2$ м/с². Подставляя эти данные в формулу (2), получаем $\delta = 0,045$. Важно отметить, что полученный коэффициент затухания соответствует значению коэффициента затухания для плотных маловлажных пылеватых песков, указанному в ВСН 490—87 (табл. 2) [5] при забивке свай.

Таким образом, получаем следующую зависимость для амплитуды ускорений на расстоянии r (рис. 6):

$$A(r) = 16 \sqrt{\frac{2}{r}} e^{-0,045r+2,25}. \quad (4)$$

Аналогичным образом, с использованием данных табл. 2, для скоростей получаем (5)

$$V(r) = 65 \sqrt{\frac{2}{r}} e^{-0,044r+2,25}. \quad (5)$$

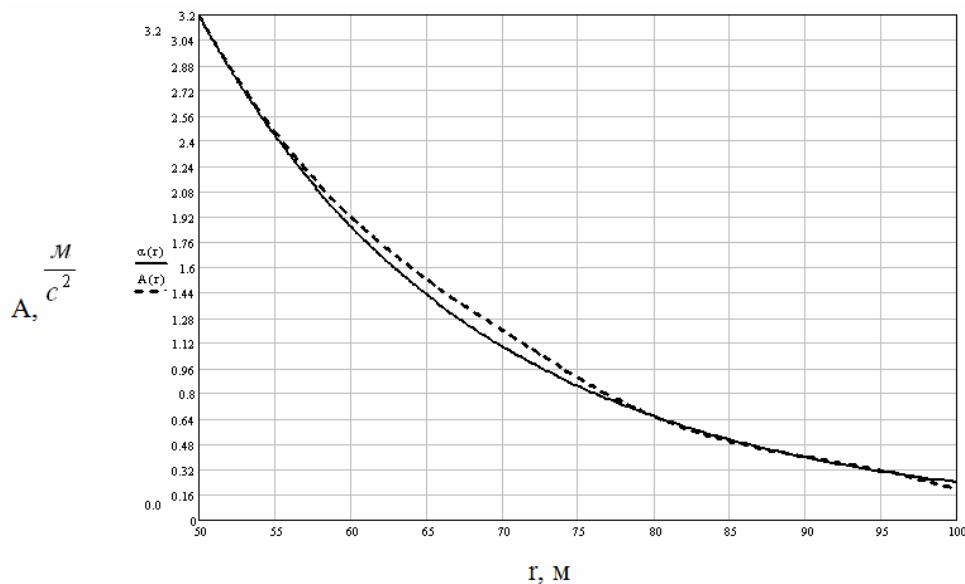


Рис. 6. Зависимость максимального ускорения от расстояния. Пунктир — данные эксперимента, сплошная линия — расчет в соответствии с ВСН 490—87

Для амплитуды скоростей на расстоянии r получаем следующую зависимость (рис. 7).

Из приведенных графиков видно, что характер затухания, полученный по результатам эксперимента, и характер затухания, рассчитанный в соответствии с формулами, приведенными в ВСН 490—87 [5], по точкам на расстоянии 50 и 100 м, близки. Из этого можно сделать вывод, что данные формулы работают корректно для случая глубинного взрыва и могут в дальнейшем быть использованы для оценки воздействия на здания и сооружения колебаний, возникающих при взрыве на различных расстояниях.

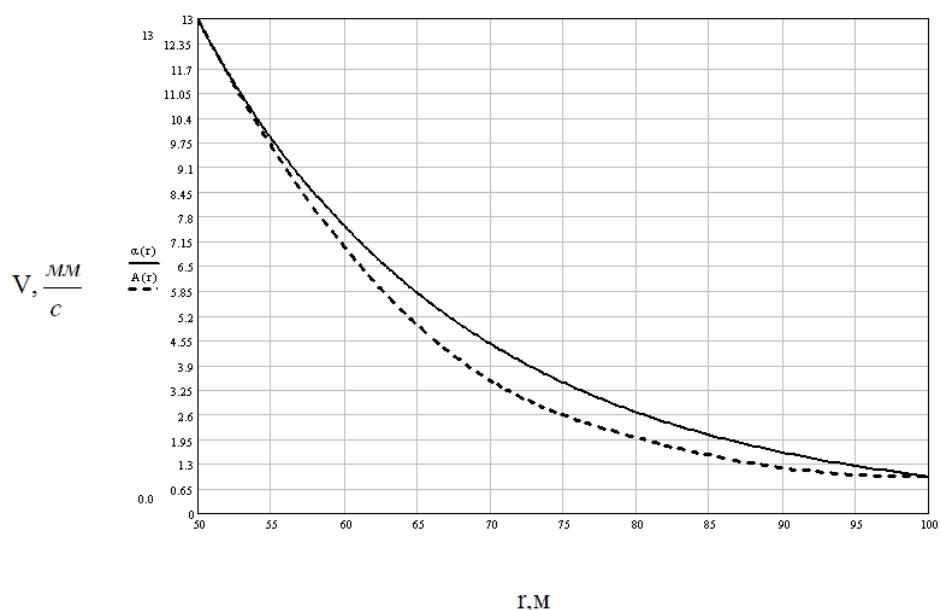


Рис. 7. Зависимость максимальной скорости от расстояния до точки взрыва. Пунктир — данные эксперимента, сплошная линия — расчет в соответствии с ВСН 490—87

В дальнейших рассуждениях мы будем оценивать уровни колебаний при взрыве исходя из максимально допустимых уровней ускорений и скоростей, установленных в ГОСТ Р 52892—2007 [4].

Следует отметить, что согласно [4] (п. 5.2.1) кратковременные импульсы или последовательность таких импульсов, если они повторяются нерегулярно или с низкой частотой повторения, при которой отклик успевает затухнуть до прихода следующего импульса, не способны эффективно раскачать конструкцию здания на ее резонансных частотах. Согласно табл. 2 п. 5.2.2 [4], взрывы относятся к источникам кратковременной вибрации.

В ГОСТ Р 52892—2007 [4] используется классификация повреждений, принятая в сейсмологии. Повреждения зданий разделяют на:

легкие (косметические): тонкие трещины в штукатурке и откалывание небольших кусков штукатурки, появление тонких трещин в растворе, связывающем кирпичную кладку или бетонные блоки;

умеренные: небольшие трещины в стенах, проходящие через кирпичную кладку или бетонные панели, откалывание довольно больших кусков штукатурки;

тяжелые: большие глубокие и сквозные трещины в стенах, трещины в каркасе здания.

Все критерии, приведенные в [4], построены по результатам статистической обработки данных исследований и базируются на предположении, что при превышении указанных предельных значений риск легких повреждений конструкции будет не более 5 %. Однако в действительности лишь небольшая часть проанализированных данных относилась к ситуациям, где произошло повреждение конструкции. То есть вибрация меньше уровня, установленного в рамках любого из критериев, гарантированно не оказывает воздействия на эксплуатационные свойства зданий и сооружений.

Предельные значения (рис. 8) установлены в отношении кратковременной вибрации для пиковых значений скорости на фундаменте здания для трех категорий зданий:

зданий делового назначения, производственных зданий и сооружений, имеющих аналогичную конструкцию (категория 1);

жилых зданий и зданий, имеющих аналогичную конструкцию или назначение (категория 2);

сооружений, не относящихся к категориям 1 или 2, имеющих высокую социальную важность (например, охраняемые памятники архитектуры) (категория 3).

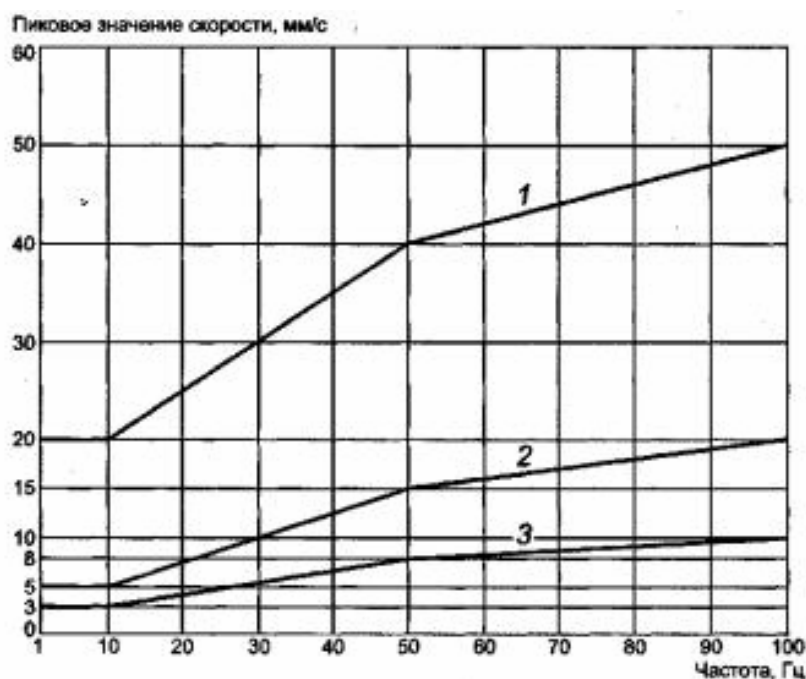


Рис. 8. Предельные значения скорости, измеренной на фундаменте здания

Для частотно-зависимых критериев влияние большинства факторов выражается в виде зависимости предельного пикового значения скорости от частоты доминирующей составляющей.

Из амплитудно-частотной характеристики скоростей, приведенной на рис. 4, видно, что доминирующей частотой колебаний является частота 16 Гц. Из рис. 8 видно, что при доминирующей частоте 16 Гц максимально допустимые скорости колебаний для зданий 1-й категории составляют 25 мм/с, для зданий 2-й категории — 7 мм/с, для зданий 3-й категории — 4 мм/с.

На рис. 9 приведен график зависимости максимального значения скорости от расстояния, рассчитанной по (5).

В табл. 3 приведены безопасные расстояния от здания до точки взрыва в соответствии с критерием для кратковременной вибрации, приведенным в [4].

Т а б л и ц а 3

Допустимое расстояние от места взрыва до здания в зависимости от категории

№ п/п	Категория зданий	Допустимое расстояние, м	Допустимая скорость, мм/с
1	Категория 1	38	25
2	Категория 2	62	7
3	Категория 3	75	4

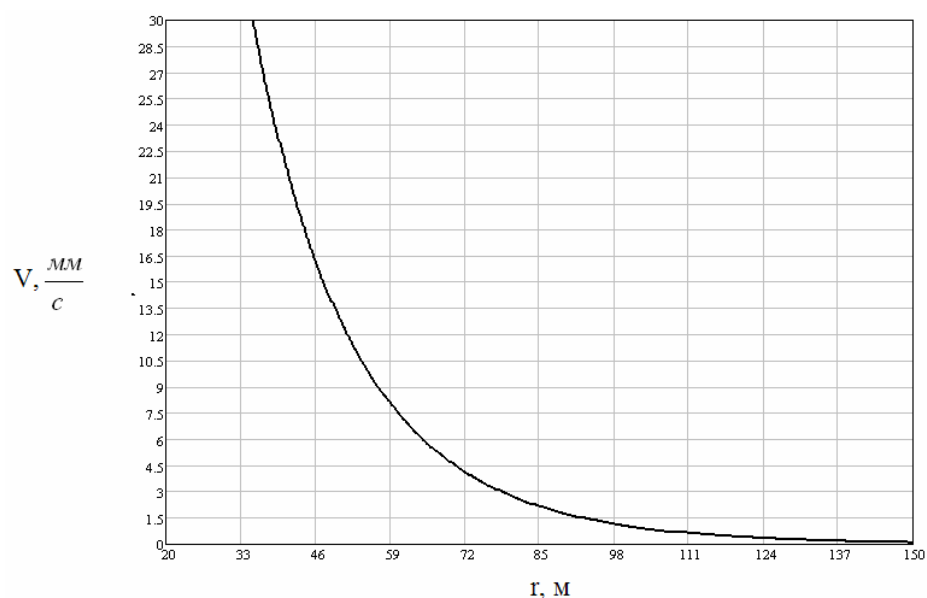


Рис. 9. Зависимость максимальной скорости от расстояния до точки взрыва

Таким образом, по результатам исследования, приведенным в данной работе, можно сделать следующие выводы.

Формулы (1) и (3), описывающие затухание амплитуды колебаний с расстоянием, могут быть успешно применены для случая глубинного взрыва и оценки безопасного расстояния от точки взрыва до здания. Однако для корректного применения в каждом случае необходимо оценивать частотный диапазон зарегистрированных колебаний.

Безопасные расстояния от точки взрыва до здания для промышленных зданий, рассчитанные в соответствии с ГОСТ Р 52892—2007 [4], составляют 38 м, для жилых домов — 62 м, для иных зданий — 78 м.

При этом следует отметить, что уплотнение глубинными взрывами производится в водонасыщенных лессовых грунтах. Коэффициент затухания в водонасыщенном грунте может быть значительно выше, чем у плотного сухого грунта, для которого проведены данные исследования. Следовательно, затухание до нормативных величин может происходить на меньших расстояниях до источника взрыва, и безопасные расстояния, приведенные в данной работе, являются оценкой сверху.

Уровни колебаний могут быть дополнительно снижены путем применения специальных мер, например использованием отсечных траншей. Эффективность этих мер требует дополнительного исследования.

Следует также отметить, что в случае более сложного строения разреза, а именно наличия заглубленных включений, ярко выраженной слоистой структуры и т.д., монотонность затухания амплитуды колебаний может быть нарушена, что также требует дополнительных исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 2.02.01—83*. Основания зданий и сооружений. М. : ГУП ЦПП, 1996. 48 с.
2. *Сергиенко А. Б.* Обработка цифровых сигналов : учебное пособие. СПб. : Питер, 2002. 608 с.
3. Преобразование Фурье. М. : Наука, 1973.
4. ГОСТ Р 52892—2007. Вибрация и удар. Вибрация зданий. Измерение вибрации и оценка ее воздействия на конструкцию. М. : Стандартинформ, 2008. 16 с.
5. ВСН 490—87. Проектирование и устройство свайных фундаментов и шпунтовых ограждений в условиях реконструкции промышленных предприятий и городской застройки. М. : Минмонтажспецстрой СССР, 1988. 29 с.
1. SNiP 2.02.01—83*. Osnovaniya zdani i sooruzheni. M. : GUP TsPP, 1996. 48 s.
2. *Sergienko A. S.* Obrabotka tsifrovyykh signalov : uchebnoe posobie. SPb. : Piter, 2002. 608 s.
3. Preobrazovanie Furie. M. : Nauka. 1973.
4. GOST R 52892—2007 Vibratsiya i udar. Vibratsiya zdaniy. Izmerenie vibratsii i otsenka ee vozdeystviya na konstruktsiyu. M. : Standartinform, 2008. 16 s.
5. VSN 490—87. Proektirovanie i ustroystvo svaynykh fundamentov i shpuntovykh ograzhdeni v usloviyakh rekonstruktsii promyshlennykh predpriyati i gorodskoi zastroyki. M. : Minmontazhspetsstroï SSSR, 1988. 29 s.

© Кадомцев М. И., Стешенко Д. М., 2011

Поступила в редакцию
в сентябре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Кадомцев М. И., Стешенко Д. М. Исследование характеристик колебаний, возбуждаемых в просадочных грунтах при уплотнении их глубинными взрывами // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2011. Вып. 24(43). С. 62—71.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 691.175.2

А. Д. Корнеев, А. О. Проскурякова

КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ПЕНОПОЛИУРЕТАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОКРЕМНЕЗЕМА

Рассматривается вопрос использования микрокремнезема в качестве наполнителя пенополиуретана. Полученный композиционный материал обладает улучшенными прочностными характеристиками по сравнению с пенополиуретаном без наполнителя и относится к эффективным теплоизоляционным материалам.

К л ю ч е в ы е с л о в а: пенополиуретан, отходы металлургического производства, микрокремнезем.

The utilization issue of microsilica as polyurethane foam filler is considered. The collected composite material is had advanced strength properties beside the polyurethane foam without filler and is fallen into effective thermal insulators.

Key words: polyurethane foam, metallurgical production rejects, microsilica.

Жесткие пенополиуретаны занимают заметное место среди эффективных теплоизоляционных материалов. Из-за растущих к ним требований происходит совершенствование физико-механических характеристик полимерной матрицы путем введения минерального наполнителя. Введение гетерогенного наполнителя позволяет компенсировать недостатки полимерной дисперсионной среды. Увеличение прочности наполненного полимера происходит в том случае, если наполнитель прочнее полимера и обеспечивается совместная работа этих компонентов. При этом частицы наполнителя должны находиться в прочном контакте с полимерной матрицей. Кроме того, введение наполнителя решает проблему утилизации отходов металлургического производства. В качестве сырьевых материалов применялись полиольный компонент (компонент «А») марки «Тимпол А-210» и полиизоцианат (компонент «Б») — полимерный дифенилметандиизоцианат. Характеристика данных материалов приведена в табл. 1.

Наполнитель — микрокремнезем, представляющий собой отход выплавки ферросилиция и его сплавов. После окисления и конденсации некоторая часть монокиси кремния образует чрезвычайно мелкий продукт в виде шарообразных частиц с высоким содержанием аморфного кремнезема. Химический состав микрокремнезема представлен следующими оксидами, %: SiO_2 — 90...92; Al_2O_3 — 0,68; Fe_2O_3 — 0,69; CaO — 0,85; MgO — 1,01; Na_2O — 0,61; K_2O — 1,23; C — 0,98; S — 0,26. Плотность микрокремнезема в неуплотненном состоянии составляет 130...350 кг/м³, в уплотненном — 480...720 кг/м³, а при нахождении материала в виде суспензии — 1320...1440 кг/м³. При этом в зависимости от дисперсности и степени уплотненности данный отход может обладать площадью поверхности, определяемой по воздухопроницаемости, от 13000 до 30000 м²/кг.

Т а б л и ц а 1

Характеристики компонентов «А» и «Б»

Показатель	Компонент «А»	Компонент «Б»
Гидроксильное число, мг КОН/г	250...330	—
Содержание NCO групп, %	—	31
Плотность, г/см ³ (25 °С)	1,15	1,23
Вязкость, мПа·с (25 °С)	350	200
Температура хранения, °С	15...25	15...25

В ходе исследования была проведена серия экспериментов для определения физико-механических свойств пенополиуретана, не содержащего в своем составе наполнителей. Изготавливались образцы пенополиуретана с различным соотношением компонентов «А» и «Б». При подборе состава композиции основным требованием являлось получение наименьших значений плотности и теплопроводности, поскольку введение наполнителя повышает эти показатели и, соответственно, снижает энергоэффективность пенополиуретана как теплоизоляционного материала. С другой стороны, введение наполнителя повышает конструктивные качества пенопласта. В результате испытаний образцов получены следующие данные (табл. 2), на основе которых выявлены зависимости, представленные графически на рис. 1—3.

Т а б л и ц а 2

Соотношения компонентов «А»/«Б» и физико-механические характеристики пенополиуретанов

Соотношение	Средняя плотность, кг/м ³	Прочность при 10%-й деформации, МПа	Коэффициент конструктивного качества	Водопоглощение по объему, %	Коэффициент теплопроводности, Вт/м·°С
0,83	33,93	0,100	0,298	3,70	0,018
0,77	34,76	0,137	0,394	3,59	0,019
0,75	35,82	0,146	0,408	2,80	0,019
0,71	36,80	0,181	0,492	2,40	0,021
0,70	37,80	0,192	0,508	2,42	0,021
0,67	38,70	0,233	0,602	1,79	0,022
0,63	39,58	0,294	0,743	1,81	0,023

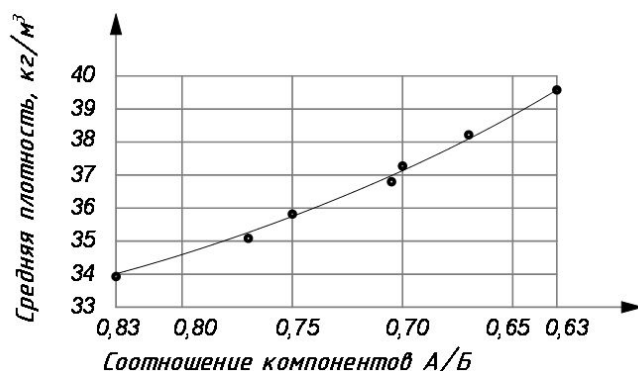


Рис. 1. Влияние соотношения компонентов на среднюю плотность

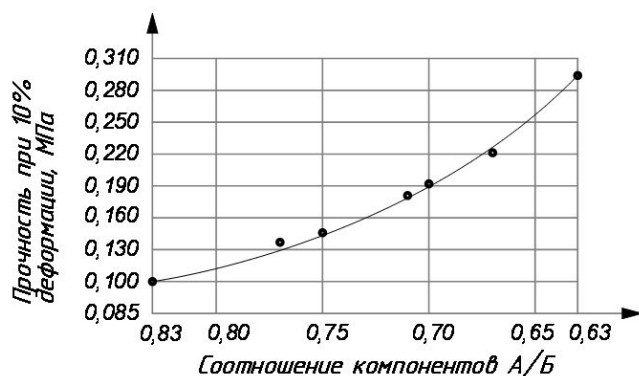


Рис. 2. Влияние соотношения компонентов на прочность при 10%-й деформации

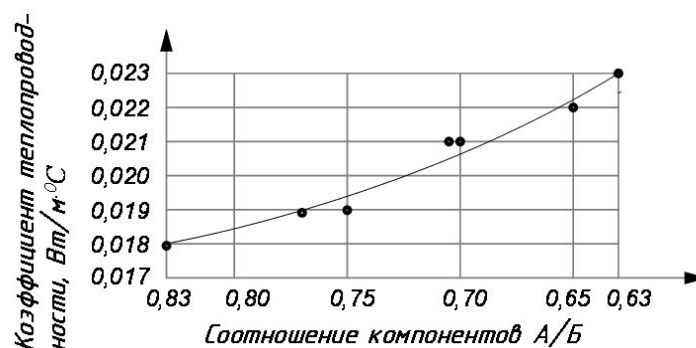


Рис. 3. Влияние соотношения компонентов на коэффициент теплопроводности

Для наполнения был выбран состав с соотношением компонентов «А»/«Б», равным 0,83 (100:120), поскольку он имеет наименьшую плотность и самый низкий коэффициент теплопроводности. Наполнитель вводился в полиизоциант, и после тщательного перемешивания производилось смешение с полиольным компонентом. Результаты определения физико-механических характеристик наполненных пенополиуретанов представлены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Физико-механические характеристики наполненных пенополиуретанов

Содержание наполнителя, %	Средняя плотность, кг/м ³	Прочность при 10%-й деформации, МПа	Коэффициент конструктивного качества	Водопоглощение по объему, %	Коэффициент теплопроводности, Вт/м·°С
0	33,93	0,100	0,298	3,70	0,018
5	34,70	0,132	0,380	3,57	0,018
10	35,90	0,175	0,488	2,42	0,019
15	37,07	0,198	0,534	2,40	0,021
20	38,32	0,227	0,593	2,20	0,022
25	40,36	0,261	0,647	1,75	0,024
30	43,01	0,286	0,665	1,67	0,026

На основании данных табл. 3 построены следующие зависимости (рис. 4—6).

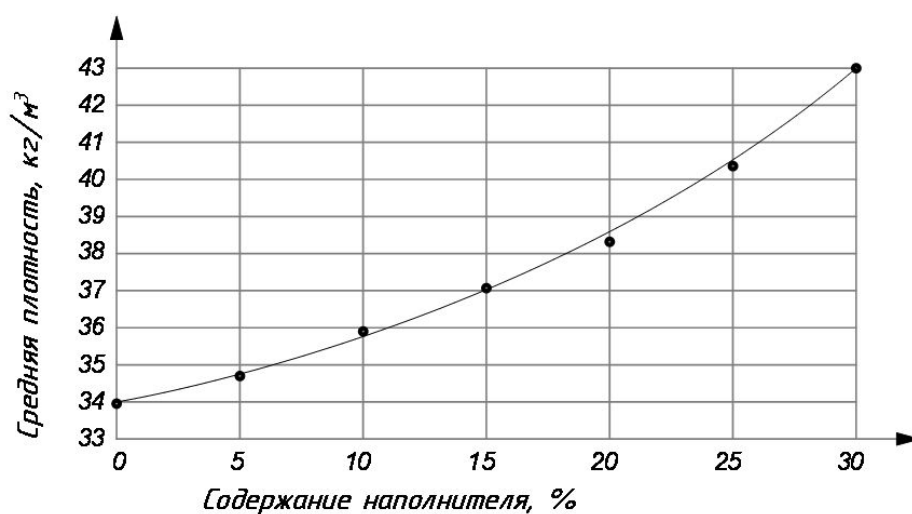


Рис. 4. Влияние содержания наполнителя на среднюю плотность

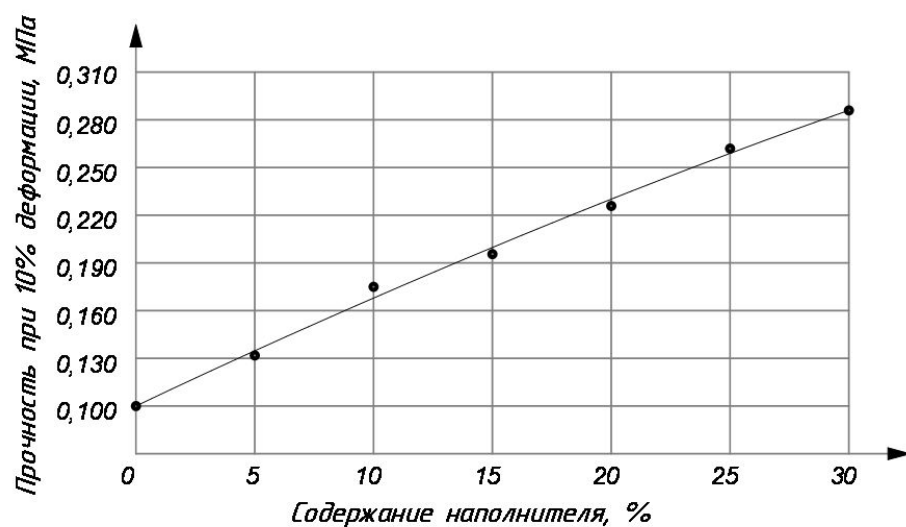


Рис. 5. Влияние содержания наполнителя на прочность при 10%-й деформации

Средняя плотность возрастает с увеличением содержания наполнителя в полимерной композиции. Это объясняется тем, что наполнитель равномерно распределяется в межпоровых перегородках, которые утолщаются по сравнению с перегородками в ненаполненном пенополиуретане. За счет стягивания наполнителем полимера к каналам Плато — Гиббса происходит увеличение их толщины.

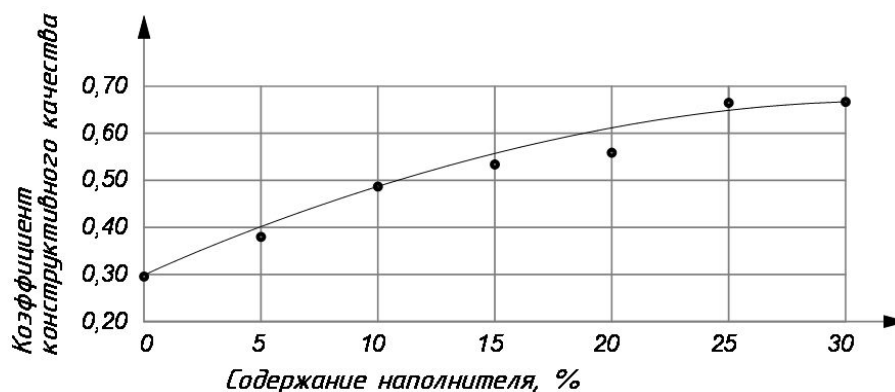


Рис. 6. Влияние содержания полимера на коэффициент конструктивного качества

На основании данных табл. 3 и рис. 6 можно сделать вывод о том, что оптимальным содержанием наполнителя является содержание в количестве 30 %, о чем свидетельствует наибольшее значение коэффициента конструктивного качества (ККК), определяемого по формуле

$$\text{ККК} = \frac{R_{10\%}}{\rho_m} 100,$$

где $R_{10\%}$ — предел прочности при сжатии при 10%-й деформации, МПа; ρ_m — средняя плотность, кг/м³; 100 — введенный для удобства множитель.

Полученный композиционный материал обладает улучшенными прочностными характеристиками по сравнению с пенополиуретаном без наполнителя, прочность возросла более чем в два раза (от 0,100 до 0,286 МПа), при этом коэффициент теплопроводности увеличился незначительно (с 0,018 до 0,026 Вт/м·°С). Таким образом, полученный наполненный пенополиуретан относится к эффективным теплоизоляционным материалам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Копейкин А. В. Мелкозернистые композиционные материалы на основе вяжущих из отходов металлургической промышленности : автореф. дисс... канд. техн. наук. Волгоград, 2010. 22 с.
2. Мольков А. А. Повышение эффективности строительной теплоизоляции из пенополиуретана : тез. докл. Международного науч.-промыш. форума «Великие реки — 2005». Т. 2. Н. Новгород : Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т, 2005. С. 96—98.
1. Kopeykin A.V. Melkozernistye kompozitsionnye materialy na osnove vyazhushchikh iz otkhodov metallurgicheskoi promyshlennosti : avtoref. diss... kand. tekhn. nauk. volgograd, 2010. 22 s.
2. Molkov A.A. Povyshenie effektivnosti stroitelnoi teploizolyatsii iz penopoliiuretana : tez. dokl. Mezhdunarodnogo nauch.-promysh. foruma "Velikie reki — 2005". T. 2. N. Novgorod : Nizhegorod. gos. arkhит.-stroit. un-t, 2005. S. 96—98.

© Корнеев А. Д., Проскурякова А. О., 2011

Поступила в редакцию
в августе 2011

Ссылка для цитирования:

Корнеев А. Д., Проскурякова А. О. Композиционный материал на основе пенополиуретана с использованием микрокремнезема // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2011. Вып. 24(43). С. 72—76.

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

УДК 614.894:621.791

Н. В. Мензелинцева, О. Н. Маринина

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ РЕСПИРАТОРОВ ТИПА «СНЕЖОК ГП-В»
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СВАРОЧНЫХ РАБОТ**

Проведены испытания респираторов из разработанного материала. Анализ результатов показал, что разработанный ионообменный волокнистый материал может использоваться в качестве сорбционно-фильтрующего элемента респиратора «Снежок», обеспечивая требуемую эффективность защиты по фтористому водороду.

К л ю ч е в ы е с л о в а: респиратор, фтористый водород, разработанный материал, сварочные работы, концентрация, защитные свойства, отбор проб, рабочая зона.

The tests of the respirators from the developed material are conducted. The analysis of results was shown that developed ion-exchange the fibrous material is enough used as sorption and filtering element of the respirator "Snezhok", which is provided the target efficiency of protection on the fluorine hydride.

K e y w o r d s : respirator, fluorine hydride, developed material, welding works, concentration, protective properties, sampling, working zone.

При проведении сварочных работ в рабочую зону выделяется сварочный аэрозоль, в состав которого в зависимости от вида сварки, марок электродов и флюса входят вредные для здоровья человека оксиды металлов (железа, марганца, хрома, ванадия, вольфрама, алюминия, титана, цинка, меди, никеля и др.), газообразные соединения (фтористые, оксиды углерода, азота, озон). Одним из наиболее опасных является фтористый водород (HF) (первый класс опасности $\text{ПДК}_{\text{мг/м}^3} = 0,05 \text{ мг}$) [1].

Существующие средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) сварщиков обеспечивают достаточно эффективную защиту по твердым составляющим сварочного аэрозоля (ТССА). Наибольшее распространение получили респираторы «Астра-2», «Ф-62», «Ф-62Щ», «РУ-60М», «Лепесток-200» [2].

Для комплексной защиты как от ТССА, так и от фтористого водорода разработаны респираторы типа «Снежок», в качестве защитных элементов которых применяются ионообменные волокнистые материалы (ИВМ) [3].

Эффективность респиратора «Снежок ГП-В» определяется защитными свойствами фильтрующего слоя. Для повышения эффективности защиты от фтористого водорода разработан фильтрующий материал, состоящий из двух

слоев. Первый слой сформирован из ионообменного модифицированного полиапроамидного волокна КМ-А1, второй из вискозного волокна [3].

Проведены испытания универсальных газовых респираторов типа «Снежок ГП-В», снаряженных противогазовыми (ПГ) элементами, изготовленными из разработанного материала, при выполнении сварочных работ в производственных условиях. В испытаниях участвовали 20 рабочих-сварщиков, которые использовали сорбционно-фильтрующий элемент респиратора в течение 14 дней. Концентрация фтористых соединений составляла $0,2\text{—}1,85\text{ мг/м}^3$, температура в местах отбора проб $+26\text{—}62\text{ }^{\circ}\text{C}$, относительная влажность воздуха $50\text{—}60\%$, подвижность воздуха $0,6\text{—}1,2\text{ м/с}$.

Основным условием при выборе места проведения испытаний являлось наличие в течение всего времени испытаний в воздухе на рабочем месте газообразных фтористых соединений не менее 1 ПДК и не более 15 ПДК. Оценка защитных свойств респираторов проводилась прямым методом, обеспечивающим определение концентрации фтористых соединений в воздухе на рабочих местах и в подмасочном пространстве в идентичных условиях отбора проб. Противогазовый фильтр считался отработанным и заменялся новым, если концентрация газообразных фтористых соединений в подмасочном пространстве респиратора достигала значения 1 ПДК.

Основным показателем защитных свойств респиратора является время защитного действия от начала работы до повышения в подмасочном пространстве концентрации газообразных фтористых соединений более 1 ПДК (если величина обнаружена в 2—3 последовательных пробах).

Отбор проб воздуха из зон дыхания рабочего-испытателя из подмасочного пространства респиратора и анализ проб на содержание в них газообразных фтористых соединений проводили по методике [4]. Чувствительность определения фтористых соединений — $0,05\text{ мг/м}^3$. Пробы из подмасочного пространства отбирались 1 раз в рабочую смену. В процессе испытаний регистрировались микроклиматические условия на рабочих местах испытателей: температура, относительная влажность и подвижность воздуха. Оценка определенных показателей респираторов устанавливалась путем сравнения этих показателей по всем респираторам, испытанным во время испытаний. Выведенные средние величины являются установленными величинами по определенным показателям.

В табл. приведены значения концентрации фтористого водорода (HF) в рабочей зоне в подмасочном пространстве для всех 20 сварщиков, принявших участие в испытаниях в течение 1, 6, 14 смен.

Анализ данных табл. показал, что разработанный сорбционно-фильтрующий материал обеспечивает эффективную защиту по фтористому водороду в течение 14 смен. Далее резко ухудшаются гигиенические свойства, что вызывает необходимость замены сорбционно-фильтрующего элемента респиратора.

Для изучения динамики изменения защиты в течение времени построен график изменения во времени концентрации фтористого водорода в зоне дыхания (1) и под полумаской респиратора «Снежок ГП-В» (2) (рис.).

Результаты испытаний сорбционно-фильтрующих элементов из ионообменных материалов группы КМ

Концентр. Фтор-иона мг/м ³	№ испы- тателя	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1 смена																					
В зоне дыха- ния		0,2	0,2	0,15	0,2	1,3	0,8	0,7	0,3	0,6	0,5	0,3	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,8	0,6	0,1
Под полумас- кой респира- тора		0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,03	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,02	0,01
6 смена																					
В зоне дыха- ния		0,4	0,6	0,5	0,4	0,6	0,6	0,3	0,2	0,2	0,8	1,3	0,7	0,7	0,8	0,8	0,2	0,1	0,3	0,5	0,6
Под полумас- кой респира- тора		0,01	0,04	0,01	0,01	0,02	0,04	0,01	0,01	0,01	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,04	0,02	0,02
14 смена																					
В зоне дыха- ния		0,5	0,7	0,6	0,4	0,6	0,3	0,8	0,5	0,7	0,2	0,2	0,3	0,4	0,7	0,3	0,6	0,8	0,3	0,4	0,5
Под полумас- кой респира- тора		0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	0,04	0,03	0,01	0,02

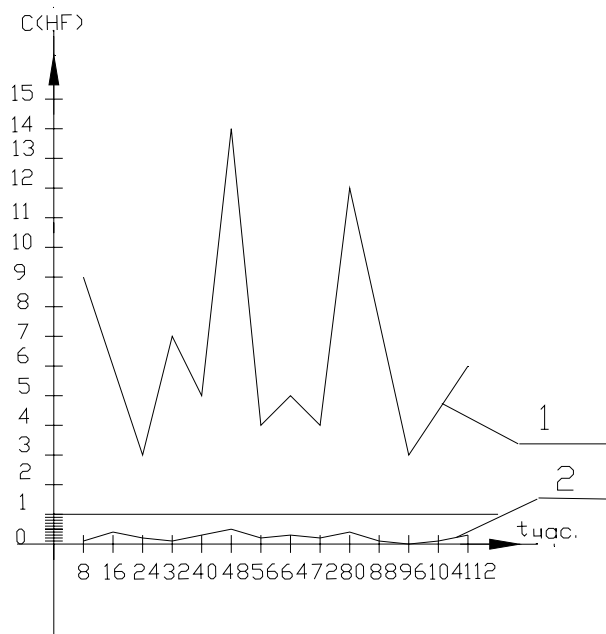


График зависимости изменения во времени концентрации фтористого водорода: t — чистое время использования респиратора в течение 112 ч (14 смен) ч, C — концентрация HF, ПДК

Анализ графика показал, что концентрация HF под маской респиратора на протяжении всего срока испытания не превышала 1 ПДК, что говорит о достаточно высоких защитных свойствах респиратора, а следовательно, сорбционно-фильтрующего элемента.

На основании проведенного эксперимента можно сделать вывод, что разработанный ионообменный волокнистый материал может использоваться в качестве сорбционно-фильтрующего элемента респиратора «Снежок», обеспечивая требуемую эффективность защиты по фтористому водороду.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Писаренко В. Л., Рогинский М. Л.* Вентиляция рабочих мест в сварочном производстве. М. : Машиностроение, 1981.
2. *Левченко О. Г., Метлицкий В. А.* Современные средства защиты сварщиков. Киев : Экотехнология, 2001.
3. *Мензелинцева Н. В., Маринина О. Н.* Оценка защитных свойств сорбционно-фильтрующих материалов // Социально-экологические и технологические проблемы развития строительного комплекса региона : материалы конф. Михайловка, 2011 г. С. 173—175.
4. *Быховская М. С., Гинзбург С. Л., Хализова О. Д.* Методы определения вредных веществ в воздухе. М. : Медицина, 1966.
1. *Pisarenko V. L., Roginski M. L.* Ventilyatsiya rabochikh mest v svarochnom proizvodstve. M. : Mashinostroenie, 1981.
2. *Levchenko O. G., Metlicki V. A.* Sovremennye sredstva zashchity svarshchikov. Kiev : Eko-tehnologia, 2001.
3. *Menzelintseva N. V., Marinina O. N.* Otsenka zashchitnykh svoystv sorbtionno-filtruyushchikh materialov // Sotsialno-ekologicheskie i tekhnologicheskie problemy razvitiya stroitel'nogo kompleksa regiona : materialy konf. Mikhailovka, 2011 g. S. 173—175.
4. *Bykhovskaya M. S., Ginzburg S. L., Halizova O. D.* Metodi opredeleniya vrednykh veshchestv v vozduke. M. : Meditsina, 1966.

© Мензелинцева Н. В., Маринина О. Н., 2011

Поступила в редакцию
в сентябре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Мензелинцева Н. В., Маринина О. Н. Исследование защитных свойств респираторов типа «Снежок ГП-В» при проведении сварочных работ // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2011. Вып. 24(43). С. 77—80.

УДК 541.183.7

А. Б. Голованчиков, А. В. Кузнецов, М. Ю. Ефремов, Н. А. Дулькина**ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОАДСОРБЦИЮ**

Проведено теоретическое исследование влияния давления на процесс адсорбции из газовой среды паров ацетона в электрическом поле в неподвижном и движущемся слое адсорбента. Показано, что с ростом давления эффективность электроадсорбции и степень использования емкости адсорбента возрастают по сравнению с обычной адсорбцией почти на 50 % при напряженности электрополя 50 кВ/м.

К л ю ч е в ы е с л о в а: адсорбция, давление, электрическое поле, напряженность, емкость адсорбента.

The theoretical research of the effect of pressure on the process of adsorption from the gaseous fluid of the acetone vapor in the electric field in the fixed and moving bed of adsorbent is done. The electric adsorption efficiency and the degree of the adsorbent capacity utilization are grown with pressure buildup beside the usual adsorption almost on 50 % by electric field strength of 50 kV/m.

K e y w o r d s: adsorption, pressure, electric field, strength, adsorbent capacity.

Известен метод интенсификации сорбционных процессов, связанный с ионизацией газовой сферы при подаче ее в аппарат [1—7]. Для адсорбции процесс аналогичен ионизации воздуха в электрофилт্রে, только вместо пластинчатых осадительных электродов установлены камеры с адсорбентом [8].

Механизм электроадсорбции заключается в следующем. На заряженную молекулу или ион действует электрическая сила, равная произведению заряда на напряженность электрополя. При установившемся движении эта сила равна силе сопротивления газовой среды, и скорость молекул или ионов определяется по уравнению, аналогичному скорости заряженных частиц или капель дисперсной фазы в электрофилт্রে [9]:

$$W_e = |e| \frac{E}{3\pi\mu d_m}, \quad (1)$$

где $|e|$ — единичный заряд, $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл; E — напряженность электрополя, В/м; μ — динамическая вязкость газа, Па · с; d_m — диаметр молекулы (иона), м.

Коэффициент объемного массопереноса от действия электрического поля определяется в виде

$$\beta_e = \frac{W_e}{d_3}, \quad (2)$$

где d_3 — эквивалентный диаметр зерен или гранул адсорбента, м.

Внешний объемный коэффициент массоотдачи, являющейся лимитирующей стадией адсорбционного процесса для газовой фазы, описывается формулой [10]

$$\beta_y = \frac{1,6D\omega^{0,54}}{\nu^{0,54}d_3^{1,46}}, \quad (3)$$

где D — коэффициент диффузии паров извлекаемого компонента в газе (воздухе), $\text{м}^2/\text{с}$; ω — фиктивная скорость газа (воздуха) в адсорбере, $\text{м}/\text{с}$; ν — кинематическая вязкость газа, $\text{м}^2/\text{с}$.

Тогда общий объемный коэффициент массоотдачи от ядра газового потока к границе зерен (гранул) адсорбента запишется в виде

$$\beta_{ye} = \beta_y + \beta_e. \quad (4)$$

Ниже представлен алгоритм расчета адсорбционных аппаратов периодического и непрерывного действия, позволяющий определять основные технологические параметры и геометрические размеры электроадсорберов при различном рабочем давлении.

Все названия параметров, их обозначение и размерности приведены в табл. 1.

Алгоритм расчета электроадсорбера

1. Концентрация извлекаемого компонента на входе и выходе и расход газа

$$C_n = \left(\frac{p_a}{1,033} \right) C_0, \quad C_{kp} = \left(\frac{p_a}{1,033} \right) C_k, \quad q_v = Q_v \left(\frac{1,033}{p_a} \right).$$

2. Плотность газа (воздуха)

$$\rho_r = \left(\frac{p_a}{1,033} \right) \left(\frac{M_r}{22,4} \right) \left(\frac{273}{273 + t} \right).$$

3. Допускаемая расчетная скорость газа

$$\omega_p = 0,75 \sqrt{\frac{0,0167 \rho_n d_3 g}{\rho_r}}.$$

4. Расчетный диаметр

$$D_p = \sqrt{4q_v / \pi \omega_p}.$$

5. Выбор ближайшего большего диаметра стандартного аппарата D_a и скорость в нем газа

$$\omega = \omega_p \left(\frac{D_p}{D_a} \right)^2.$$

6. Концентрации равновесной зависимости для паров извлекаемого компонента рассчитываются по формулам Дубинина через концентрации стандартного вещества — бензола [10—12]

$$P = P_n \left(\frac{P_{нб}}{P_{рб}} \right)^{-\beta},$$

$$C = \frac{13,6gMP}{R(273+t)},$$

$$a^* = a_6^* \beta,$$

где $\beta = (M/\rho)/(M_6/\rho_6)$ — коэффициент аффинности, равный отношению мольных объемов жидких извлекаемого компонента и бензола; P — парциальное давление паров извлекаемого компонента; P_n — давление насыщенных паров; $P_{нб}$ — давление насыщенных паров бензола; P_6 — парциальное давление паров бензола.

7. Определение методом наименьших квадратов параметров уравнения Ленгмюра, описывающих полученную табличную зависимость в виде

$$a^* = a^*(C),$$

$$a^* = \frac{Ac}{1+Bc}$$

и оценка точности аппроксимации (табл. 2).

8. Коэффициент диффузии при рабочих давлении и температуре [10]

$$D_p = D_0 \left(\frac{1,033}{p_a} \right) \left(\frac{273+t}{273} \right)^{3/2}.$$

9. Коэффициент внешней массоотдачи рассчитывается по формуле (3).

10. Коэффициент объемного массопереноса от действия электрополя рассчитывается по формуле (2).

11. Общий коэффициент массопереноса рассчитывается по формуле (4).

12. Средний градиент равновесной линии [10]

$$\Gamma_p = a_n^* \rho_n / (C_n - C_k).$$

13. Время защитного действия в адсорбере периодического действия [10—12]

$$\tau = \left(\sqrt{\Gamma_p H / \omega} - b_0 \sqrt{\Gamma_p / \beta_{ye}} \right)^2 / 3600.$$

14. Масса адсорбента в адсорбере периодического действия

$$G_y = \frac{\pi D_a^2 H}{4} \rho_n.$$

15. Степень очистки газа

$$\chi = 1 - \frac{C_k}{C_n}.$$

16. Максимально возможное время защитного действия при полном использовании динамической емкости адсорбента

$$\tau_{\max} = G_y a_n^* / C_0 q_v.$$

17. Конечная концентрация в адсорбенте извлекаемого компонента в адсорбере непрерывного действия [10, 12]

$$a_k = 0,98 a_n^*.$$

18. Число единиц переноса

$$S_n = \int_{C_k}^{C_n} \frac{dc}{c - c^*}.$$

19. Скорость гранул адсорбента в адсорбере непрерывного действия

$$u = C_0 W / a_n \rho_n.$$

20. Высота слоя адсорбента в адсорбере непрерывного действия

$$H_y = \omega S_n / \beta_{ye}.$$

21. Расход гранул адсорбента

$$q_y = \frac{\pi D_a^2 u \rho_n}{4}.$$

22. Время пребывания гранул адсорбента в адсорбере непрерывного действия

$$\tau_y = H_y / u.$$

23. Степень использования динамической емкости адсорбента в адсорбере периодического действия

$$\eta_n = \tau_1 / \tau_{\max}.$$

24. Степень использования динамической емкости адсорбента в адсорбере непрерывного действия

$$\eta_n = C_k / C_n^*.$$

В табл. 1 приведены результаты расчетов концентрационных параметров по равновесию паров ацетона в воздухе и в активном угле, рассчитанные по формулам Дубинина (п. 6 алгоритма расчетов), и их аппроксимации по формуле Ленгмюра. Так как давление не влияет (в отличие от абсорбции) на равновесную зависимость, рассчитываемую по формулам Дубинина, то равновесная линия будет одинаковой для любого давления в адсорбере (рис. 1).

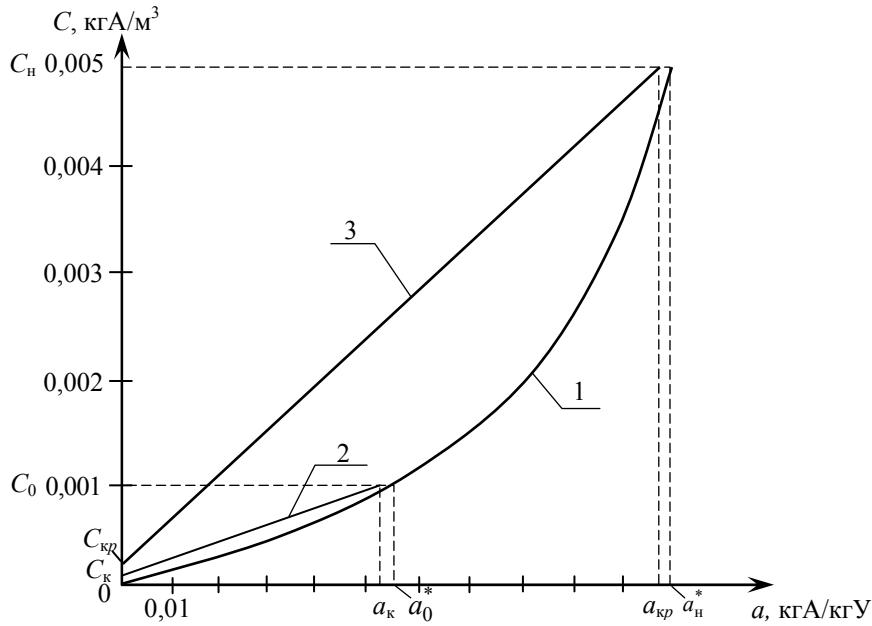


Рис. 1. Равновесная (1) и рабочие линии адсорбера непрерывного действия при рабочих давлениях: 2 — 1,033 ат; 3 — 5 ат

Т а б л и ц а 1

Результаты расчетов параметров равновесной зависимости для паров ацетона по уравнениям Дубинина [10—12] и ее аппроксимации уравнением Ленгмюра (п. 6 и 7 алгоритма расчета; $A = 96,8$; $B = 663,3$)

Наименование параметра	Величина параметра		
Концентрация паров ацетона в воздухе, C	$2,59 \cdot 10^{-3}$	$4,82 \cdot 10^{-3}$	$1,667 \cdot 10^{-2}$
Равновесная концентрация в адсорбенте, рассчитанная по формулам Дубинина, a^*	$9,269 \cdot 10^{-2}$	$1,098 \cdot 10^{-1}$	$1,35 \cdot 10^{-1}$
Равновесная концентрация в адсорбенте, рассчитанная по формуле Ленгмюра, a^*	$9,224 \cdot 10^{-2}$	$1,112 \cdot 10^{-1}$	$1,338 \cdot 10^{-1}$
Относительное отклонение расчетной концентрации в адсорбенте по формуле Ленгмюра от концентрации, рассчитанной по формуле Дубинина, δ	-0,482 %	1,286 %	-0,849 %

Так как расчеты проводятся для начальной концентрации паров ацетона $C_0 = 10^{-3} \frac{\text{кгА}}{\text{м}^3}$ и $C_k = 1,5 \cdot 10^{-7} \frac{\text{кгА}}{\text{м}^3}$ (ПДК, [12]), то при давлении $P_a = 5$ ат на-

ачальная их концентрация $C_n = C_0 \frac{P_a}{1,033} = 4,84 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кгА}}{\text{м}^3}$, а конечная

$C_k = 1,69 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кгА}}{\text{м}^3}$ возрастают пропорционально давлению.

В табл. 2 приведены расчетные значения только для трех концентраций, обеспечивающих проведение расчетов.

Как видно из данных табл. 2, уравнение Ленгмюра с высокой точностью описывает равновесную зависимость концентраций ацетона в воздухе и в активном угле марки АГ-5 [10].

Т а б л и ц а 2

Исходные и справочные данные и расчетные параметры для адсорбции паров ацетона из воздуха активным углем в зависимости от рабочего давления и величины напряженности электрополя (в числителе при атмосферном давлении, в знаменателе при давлении 5 ат)

Наименование параметра	Обозначение	Размерность	Величина при напряженности электрополя E , кВ/м
Исходные и справочные данные			
1. Производительность по очищаемому воздуху при атмосферном давлении и температуре $t = 20^\circ\text{C}$	Q_v	$\text{м}^3/\text{ч}$	2000
2. Концентрация паров ацетона в воздухе	C_0	$\text{кгА}/\text{м}^3$	0,001
3. Допустимая концентрация паров ацетона после очистки при атмосферном давлении	C_k	$\text{кгА}/\text{м}^3$	$1,5 \cdot 10^{-7}$
4. Насыпная плотность адсорбента	ρ_n	$\text{кг}/\text{м}^3$	500
5. Динамическая вязкость воздуха, не зависящая от давления	μ	$\text{Па}\cdot\text{с}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$
6. Высота слоя адсорбента	H	м	0,7
7. Диаметр молекулы ацетона	d_m	м	$4,35 \cdot 10^{-10}$
8. Эквивалентный диаметр гранул адсорбента	d_3	м	0,004
9. Давление в адсорбере	p_a	ат	1,033/5
Расчетные параметры			
1. Производительность по очищаемому воздуху	q_v	$\text{м}^3/\text{ч}$	$\frac{2000}{413,2}$
2. Концентрация паров ацетона на входе в адсорбер	$\frac{C_0}{C_n}$	$\text{кгА}/\text{м}^3$	$\frac{0,001}{0,0048}$
3. Концентрация паров ацетона на выходе из адсорбера	$\frac{C_k}{C_{kp}}$	$\text{кгА}/\text{м}^3$	$\frac{1,5 \cdot 10^{-7}}{7,26 \cdot 10^{-7}}$
4. Кинематическая вязкость воздуха	ν	$\text{м}^2/\text{с}$	$\frac{1,5 \cdot 10^{-5}}{0,36 \cdot 10^{-5}}$

Окончание табл. 2

Наименование параметра	Обозначение	Размерность	Величина при напряженности электрополя E , кВ/м
5. Плотность воздуха	ρ_r	кг/м ³	$\frac{1,206}{5,83}$
6. Коэффициент диффузии паров ацетона в воздухе	D	м ² /с	$\frac{1,025 \cdot 10^{-5}}{2,118 \cdot 10^{-6}}$
7. Рабочая скорость воздуха в адсорбере	ω	м/с	$\frac{0,361}{0,146}$
8. Стандартный диаметр адсорбера	D_a	м	$\frac{1,4}{1,0}$
9. Масса адсорбента в неподвижном слое адсорбера периодического действия	D_y	кг	$\frac{538,5}{274,7}$
10. Коэффициент внешней массоотдачи (за счет диффузии)	β_y	1/с	$\frac{12,11}{3,6}$
11. Максимально возможное время адсорбции в адсорбере периодического действия при полном использовании динамической емкости адсорбента	$\tau_{\max}$	ч	$\frac{15,67}{15,29}$
12. Равновесная концентрация в адсорбенте, соответствующая начальной концентрации паров ацетона в воздухе	$\frac{a_0^*}{a_n^*}$	кгА/кг	$\frac{0,0582}{0,111}$
13. Рабочая концентрация в адсорбенте, соответствующая начальной концентрации паров ацетона в воздухе для адсорбера непрерывного действия	a_k	кгА/кг	$\frac{0,057}{0,109}$
14. Степень очистки воздуха от паров ацетона	χ	—	0,99995
15. Степень использования обменной емкости в адсорбере непрерывного действия	$\lambda_{\text{н}}$	—	$\frac{0,98}{0,98}$
16. Массовый расход адсорбента в адсорбере непрерывного действия	q_y	кг/ч	$\frac{34,36}{18}$
17. Средний градиент равновесной линии	Γ_p	кг/м ³	$\frac{29109}{11498}$
18. Число единиц переноса для адсорбера непрерывного действия	S_p	—	$\frac{19,75}{9,54}$
19. Скорость гранул адсорбента в адсорбере непрерывного действия	u	м/с	$\frac{1,24 \cdot 10^{-5}}{1,27 \cdot 10^{-5}}$

В табл. 2 приведены основные исходные и справочные данные и результаты расчетов по описанному выше алгоритму адсорбции паров ацетона из воздуха активным углем в колонне периодического и непрерывного действия (с неподвижным и движущимся сверху вниз навстречу потоку воздуха слоем гранул или зерен адсорбента), при этом в числителе записаны параметры для атмосферного давления, в знаменателе — для рабочего давления 5 ат.

Независимо от напряженности электрополя при повышении давления с атмосферного до пяти атмосфер диаметр колонны уменьшается с 1,4 до 1 м, и при равной высоте слоя адсорбента $H_y = 0,7$ м масса гранул угля снижается почти в 2 раза, а динамическая емкость гранул адсорбента увеличивается с 0,058 до $0,111 \frac{\text{кгА}}{\text{кгУ}}$, то есть менее чем в 2 раза. Поэтому время защитного действия при росте давлений в 5 раз без электрического поля снижается с 5,45 до 4,15 ч, то есть почти на 24 %. При этом нужно иметь в виду, что толщина стенки и масса колонны периодического действия при давлении $P = 5$ ат увеличивается в 2,5 раза по сравнению с колонной, работающей под атмосферным давлением.

Однако удельные затраты ионита в колонне периодического действия, работающей под давлением 5 ат, меньше и составляют

$$m_y = \frac{G_y}{q_y \tau} = 0,0331 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

В той же колонне при атмосферном давлении эта величина составляет $m_y = 0,0494 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, то есть почти на 50 % выше.

В адсорбере непрерывного действия этот эффект еще выше и равен отношению расходов адсорбента q_y , составляющему 94 %. Поэтому высота слоя адсорбента снижается с 0,59 до 0,39 м, а время нахождения гранул — с 13,2 до 8,5 ч.

Электрическое поле значительно увеличивает коэффициент массопереноса за счет направленного дрейфа ионов или заряженных молекул ацетона к поверхности гранул (табл. 3). Это приводит к увеличению времени защитного действия и степени использования адсорбционной емкости. Графики зависимости обоих этих параметров от напряженности электрополя приведены на рис. 2. Как видно из этих графиков, уже при напряженности 50 кВ/м время защитного действия для атмосферного давления возрастает в 1,71 раза, а для колонны периодического действия и давления 5 ат — более чем в 2,5 раза, соответственно возрастает степень использования адсорбционной емкости гранул.

Расход электроэнергии на ионизацию газового потока не превышает 0,3 кВт/ч на 1000 м^3 очищаемого газа, то есть соответствует такому расходу электроэнергии в пластинчатых электрофильтрах [1, 9, 12].

Т а б л и ц а 3

Расчетные параметры, зависящие от напряженности электрополя

Наименование параметра	Обозначение	Размерность	Величина при напряженности электрополя E , кВ/м			
			0	25	50	75
Коэффициент массопереноса за счет электрического поля	β_y	с^{-1}	$\frac{0}{0}$	$\frac{13,56}{13,56}$	$\frac{27,11}{27,11}$	$\frac{40,67}{40,67}$
Суммарный коэффициент массопереноса	β_{ye}	с^{-1}	$\frac{12,11}{3,6}$	$\frac{25,67}{17,15}$	$\frac{39,22}{30,71}$	$\frac{52,78}{44,27}$

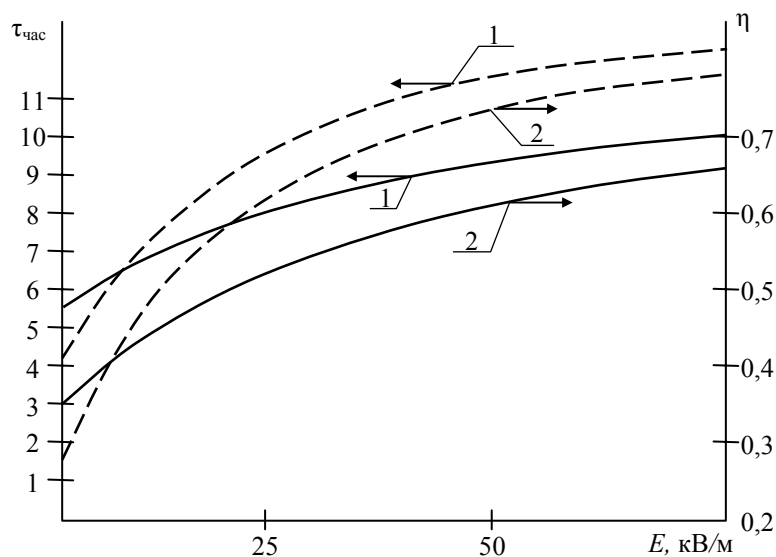


Рис. 2. Зависимость времени защитного действия (1) и степени использования емкости адсорбента (2) в адсорбере периодического действия (сплошные линии при давлении 1,033 ат, пунктирные при давлении 5 ат)

Таким образом, влияние электрополя на колонну, работающую при избыточном давлении, значительно выше, чем на колонну, работающую под атмосферным давлением, и совместное использование давления и электрополя особенно целесообразно при сверхмалых допускаемых концентрациях паров извлекаемого компонента в воздухе на выходе из колонны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Голованчиков А. Б., Ефремов М. Ю. Интенсификация сорбционных процессов в электрическом поле : учебное пособие. Волгоград : ВолгГТУ, 2005. 72 с.
2. Аппарат для проведения сорбционных процессов во взвешенном слое / А. Б. Голованчиков, М. Ю. Ефремов, В. А. Козловцев и др. Патент № 20784 РФ // Бюл. изобр. 1997. № 32.
3. Устройство для очистки газа / А. Б. Голованчиков, М. Ю. Ефремов, В. А. Козловцев и др. Патент № 2164175 РФ // Бюл. изобр. 2001. № 27.

4. Аппарат для разделения газа. Патент № 2160625 РФ / А. Б. Голованчиков, А. В. Ильин, А. А. Мамедова и др. // Бюл. изобр. 1999. № 12.
5. Насадочный адсорбер / А. Б. Голованчиков, М. Ю. Ефремов и др. Патент №93034 РФ // Бюл. изобр. 2009. № 14.
6. Голованчиков А. Б., Ефремов М. Ю. Моделирование адсорбционных процессов в электрическом поле // Химия и химическая технология. 2003. Т. 46. Вып. 3. С. 135—137.
7. Голованчиков А. Б., Ефремов М. Ю. Исследование процесса адсорбции газов в электрическом поле // ТОХТ. 2003. Т. 37. № 5. С. 548—550.
8. Аппарат для очистки газа от примесей / А.Б. Голованчиков, М.Ю. Ефремов, Е.А. Бабаева и др. Патент № 2133139 РФ // Бюл. изобр. 1999. № 20.
9. Машины и аппараты химических производств / под ред. И.И. Чернобыльского. Изд. 3-е., перераб. и доп. М. : Машиностроение, 1974. 456 с.
10. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Изд. 8-е, перераб. и доп. Л. : Химия, 1987. 552 с.
11. Сеприонова Е. Н. Промышленная адсорбция газов и паров. Изд. 2-е. М. : Высш. шк., 1969. 414 с.
12. Тимонин А. С. Инженерно-экологический справочник. Т. 1. Калуга : Изд-во Н. Бочкаревой, 2003. 917 с.
1. Golovanchikov A. B., Efremov M. U. Intensifikatsiya sorbtionnykh protsessov v elektricheskom pole : uchebnoe posobie. Volgograd : VolgGTU, 2005. 72 s.
2. Apparat dlya provedeniya sorbtionnykh protsessov vo vzveshennom sloe / A.B. Golovanchikov, M.U. Efremov, V.A. Kozlovsev i dr. Patent № 20784 RF // Byul. izobr. 1997. № 32.
3. Ustroistvo dlya ochistki gaza / A.B. Golovanchikov, M.U. Efremov, V.A. Kozlovsev i dr. Patent № 2164175 RF // Byul. izobr. 2001. № 27.
4. Apparat dlya razdeleniya gaza / A.B. Golovanchikov, A.V. Ilin, A.A. Mamedova i dr. Patent № 2160625 RF // Byul. izobr. 1999. № 12.
5. Nasadochny adsorber / A.B. Golovanchikov, M.U. Efremov i dr. Patent № 93034 RF // Byul. izobr. 2009. № 14.
6. Golovanchikov A.B., Efremov M.U. Modelirovanie adsorbtsionnykh protsessov v elektricheskom pole // Himiya i himicheskaya tekhnologiya. 2003. T. 46. Vyp. 3. S. 135—137.
7. Golovanchikov A.B., Efremov M.U. Issledovanie protsessa adsorbtsii gazov v elektricheskom pole // TOHT. 2003. T. 37. № 5. S. 548—550.
8. Apparat dlya ochistki gaza ot primesey / A.B. Golovanchikov, M.U. Efremov, Ye.A. Babaeva i dr. Patent № 2133139 RF // Byul. izobr. 1999. № 20.
9. Mashiny i apparaty himicheskikh proizvodstv / pod red. I.I. Chernobylskogo. Izd. 3-e., pererab. i dop. M. : Mashinostroyeniye, 1974. 456 s.
10. Pavlov K.F., Romankov P.G., Noskov A.A. Primery i zadachi po kursu protsessov i apparatov himicheskoy tekhnologii. Izd. 8-e, pererab. i dop. L. : Himiya, 1987. 552 s.
11. Seprionova Ye.N. Promyshlennaya adsorbtsiya gazov i parov. Izd. 2-e. M. : Vyssh. shk., 1969. 414 s.
12. Timonin A.S. Inzhenerno-ekologicheskiy spravochnik. T. 1. Kaluga : Izd-vo N. Bochkarevoi, 2003. 917 s.

© Голованчиков А. Б., Кузнецов А. В., Ефремов М. Ю., Дулькина Н. А., 2011

Поступила в редакцию
в июле 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Влияние давления на электроадсорбцию / А. Б. Голованчиков, А. В. Кузнецов, М. Ю. Ефремов, Н. А. Дулькина // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2011. Вып. 24(43). С. 81—90.

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

УДК 656.08

С. Н. Артёмов, С. Г. Артёмова

АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ НА ДВОРОВЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Приведены результаты анализа статистических данных дорожно-транспортных происшествий, имевших место на территориях жилых дворов Ворошиловского района г. Волгограда. Получены количественные и качественные показатели аварийности за период 2008—2011 гг.

К л ю ч е в ы е с л о в а: анализ аварийности, жилая зона, показатель аварийности.

The statistical data analysis results of the road traffic accident for the residential area of Voroshilovski district of Volgograd is raised. Quantitative and qualitative characteristics of accident rate are determined over the period 2008—2011.

K e y w o r d s: accident analysis, housing area, accident rate.

Постоянный рост числа владельцев личного автотранспорта ведет к увеличению степени загрузки дворовых территорий, особенно в вечернее и ночное время. Припаркованные автомобили создают значительные трудности для водителей, движущихся по дворовым проездам. Автомобили, особенно подъезжающие или отъезжающие от подъездов жилых домов, движутся в весьма стесненных условиях. Наши дворы давно перестали быть безопасными. Большое количество припаркованных автомобилей, деревья и кустарники, гаражи и «ракушки» часто создают «слепые» зоны — места с ограниченной видимостью. Недостаточный опыт вождения, ограниченная видимость при движении задним ходом, плохая освещенность дворовых территорий создают значительные предпосылки для возникновения дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

Для оценки аварийности на дворовых территориях жилых домов были проанализированы материалы более 12 000 ДТП по Ворошиловскому району г. Волгограда за период с 2008 г. по август 2011 г. (включительно). Согласно статистике аварийности, на дворовых территориях рассматриваемого района города ежегодно происходит более 400 ДТП. Надо сказать, что из-за малой скорости движения эти ДТП в большинстве случаев не приносят ущерба здоровью водителей, пассажиров или других участников происшествия. Попавшие в такие ДТП несут, как правило, материальные и моральные потери.

Ежегодно от 4 до 6 ДТП во дворах Ворошиловского района приводят к появлению пострадавших различной степени тяжести, что составляет около

1 % от общего числа ДТП. За рассматриваемый период ни одного случая со смертельным исходом на дворовых территориях зарегистрировано не было.

Несмотря на то, что абсолютное число ДТП по Ворошиловскому району ежегодно уменьшается, относительное количество происшествий во дворах постоянно возрастает. Так, в 2008 г. их доля составляла 12,0 %, в 2009 г. — 12,5 %, в 2010 г. — 12,8 %, а за период январь — август 2011 г. она достигла 13,3 % от числа всех ДТП.

Так как ежегодно увеличивается число водителей, получающих водительские права и не имеющих достаточного опыта вождения, растет и число происшествий с их участием. Более 35 % всех виновных водителей, попавших в ДТП, имеют стаж вождения до трех лет. Водители обоих полов чаще всего попадают в аварии в возрасте 26—29 лет, что ежегодно составляет около 16 % от общего числа дорожно-транспортных происшествий во дворах.

Позади автомобиля, особенно при движении задним ходом, существует так называемая «мертвая зона», и большинство водителей об этом знают. При этом заметить металлический столбик, торчащий из земли, пенек дерева или бетонный блок, находящиеся в непосредственной близости за машиной, практически невозможно. В такой ситуации препятствие, скорее всего, не «увидят» ни специальные датчики («парктроники»), ни видеорекамеры. Так, в 2008 г. из 443 ДТП на дворовых территориях 167 (37,7 %) было совершено при движении автомобиля задним ходом, в 2009 г. — 39,5 %, в 2010 г. — 43,3 %, а за 8 месяцев 2011 г. — уже 45,1 %.

Ежегодно растет число женщин, получающих водительские права, в связи с чем растет и доля водителей женского пола (с 29,5 % в 2008 г. до 32,5 % в 2011 г.), по вине которых происходят ДТП во дворах (рис. 1).

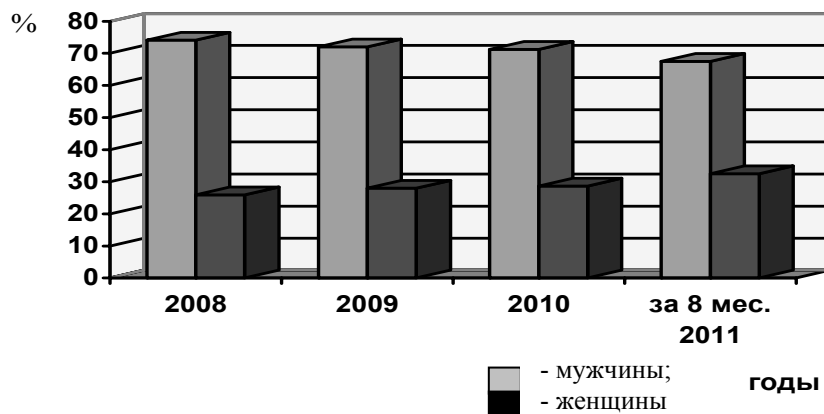


Рис. 1. Изменение во времени относительного числа ДТП во дворах по полу виновных водителей

Общее количество ДТП во дворах можно разделить на 6 видов: 1 — наезд на стоящее транспортное средство; 2 — наезд на препятствие; 3 — столкновение; 4 — наезд на пешехода; 5 — наезд на велосипедиста; 6 — иные виды.

По результатам анализа аварийности наибольшее число ДТП во дворах приходится на 1-й вид, так как именно перегруженность дворовых проездов и хаотичность припаркованных автомобилей создают предпосылки к возникновению данного вида происшествий. Надо отметить, что соотношение ДТП

различного вида не постоянно, идет непрерывный процесс их перераспределения во времени. Так, в 2008 г. 68,2 % составляли наезды на стоящий автомобиль, а 23 % приходилось на наезды на препятствие. В 2010 г. это соотношение изменилось и составило соответственно 57,4 и 27,9 %. За 8 месяцев 2011 г. доля 1-го вида ДТП уменьшилась до 54,1 %, а наезды на препятствия возросли до 35,6 %. Число столкновений на дворовых проездах практически оставалось неизменным в пределах 9 %. Динамика изменения числа ДТП на дворовых территориях по их видам показана по годам на рис. 2.

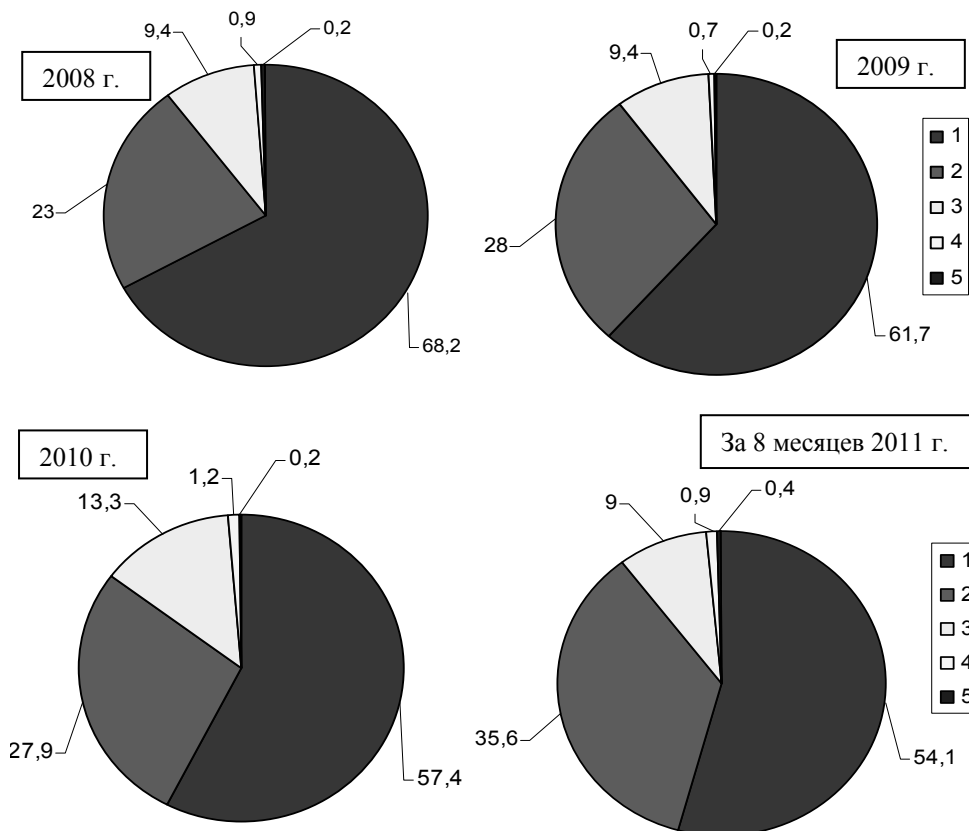


Рис. 2. Диаграммы распределения ДТП во дворах по видам и годам, % (цифрами и цветом показаны виды ДТП)

В результате анализа ДТП по дням недели было установлено, что пик максимальной аварийности во дворах приходится на понедельник (17,3 %). После отдыха в выходные дни многим водителям, особенно тем, у кого нет достаточных навыков вождения, требуется быть особенно внимательными и осторожными. Большинство из попавших в ДТП в этот день недели утверждают, что они не поняли, как произошла авария, вроде бы все было, как обычно. Из всех ДТП 2-го вида 67,5 % произошло в понедельник. Уровень аварийности во вторник, среду и четверг остается на одном уровне в преде-

лах 15—17 %, после чего к выходным дням количество ДТП начинает снижаться (до 8,6 %). Именно в эти дни многие автоводители либо уезжают на приусадебные участки, либо занимаются мелким ремонтом в своих гаражах, освобождая дворовые территории от своих автомобилей (рис. 3).

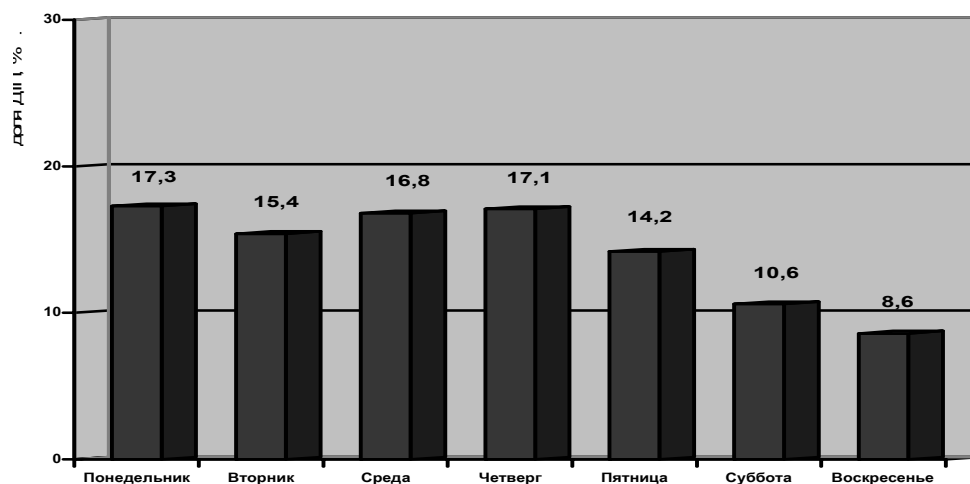
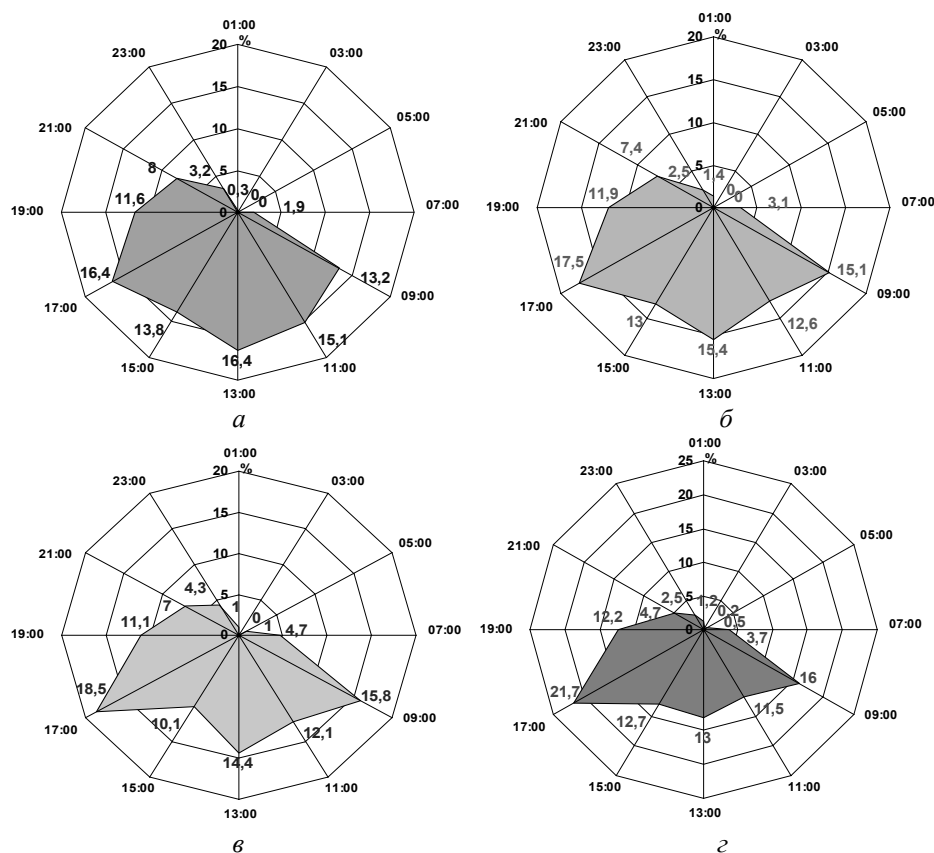


Рис. 3. Распределение ДТП во дворах по дням недели за период 2008—2010 гг.

В результате анализа статистических данных аварийности по времени было установлено, что распределение числа ДТП во дворах по часам суток имеет свои особенности в каждом сезоне года. Для всех сезонов характерны 3 пика подъема уровня аварийности (рис. 4). При построении диаграмм сутки были разделены на 12 периодов по 2 часа каждый, поэтому пиковые периоды также охватывают по 2 часа. Первый пик в 9:00 (8:00—10:00) связан с началом рабочего дня и разездом автоводителей с дворовых территорий. Второй пик в 13:00 (12:00—14:00) связан с приездом домой на обеденный перерыв и отъездом после его окончания. Третий пик в 17:00 (16:00—18:00) имеет место после окончания рабочего дня, когда автоводители, возвратившись домой, паркуют свои автомобили на дворовой территории. Необходимо отметить, что величина и степень выраженности этих пиков аварийности, особенно утреннего и вечернего, увеличивается от зимнего сезона к осеннему. Более 85 % всех ДТП во дворах происходит независимо от времени года в период с 8:00 до 20:00. В зимний период число ДТП распределено в этот период более равномерно, чем в другие сезоны. Это связано с тем, что зимой большинство ДТП во дворах происходит по причине скользкости дорожного покрытия, а другие факторы оказывают значительно меньшее влияние.



Общая диаграмма распределения ДТП во дворах по часам суток за период 2008—2010 гг. также показывает три пика подъема уровня аварийности в 9:00, 13:00 и 17:00, что подтверждает выводы, полученные выше для различных сезонов. Основное количество ДТП на дворовых территориях (85,8 %) происходит в период с 8:00 до 20:00 (рис. 5).

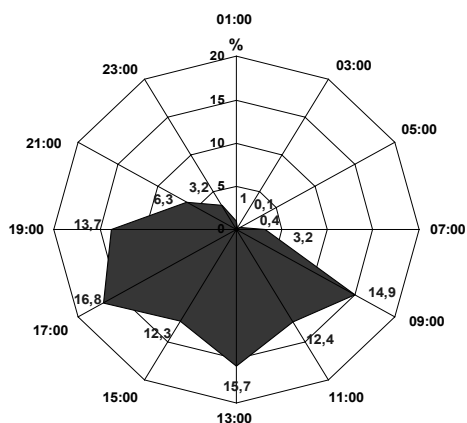


Рис. 5. Диаграмма изменения числа ДТП по часам суток за период 2008—2010 гг.

С увеличением числа автомобилей зарубежного производства на наших дорогах растет и доля виновных в ДТП на дворовых территориях водителей иномарок. Так, в 2008 г. она составляла 60,7 %, в 2009 г. — 62,0%, в 2010 г. — 66,1 % , а за 8 месяцев 2011 г. уже достигла 71,9 % (рис. 6).

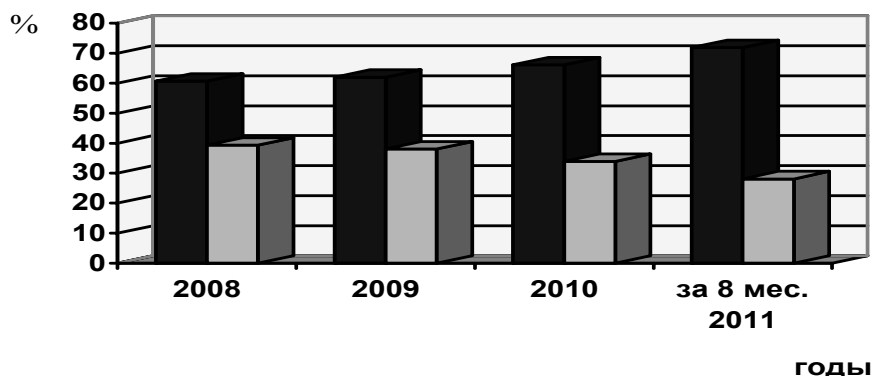


Рис. 6. Динамика изменения соотношения виновных водителей по годам:

■ — иномарки; ■ — отечественные автомобили

Ежегодно уменьшается доля транспортных средств, которые, уезжая с места ДТП, остаются неустановленными. Это хороший показатель работы дорожной полиции, а также свидетельство повышения уровня сознательности и ответственности водителей. Так, доля ДТП во дворах, совершенных по вине неустановленных водителей, за рассматриваемый период постоянно снижалась с 33,4 % в 2008 г. до 16,0 % в 2010 г. (за 8 месяцев 2011 г. — 15,5 %).

© Артёмов С. Н., Артёмова С. Г., 2011

Поступила в редакцию
в сентябре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Артёмов С. Н., Артёмова С. Г. Анализ аварийности на дворовых территориях // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2011. Вып. 24(43). С. 91—96.

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 621.6

Н. Н. Осипова

ВЫБОР СХЕМНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПОСЕЛКОВЫХ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Приводится обоснование оптимальных параметров поселковых систем газоснабжения на базе сжиженного углеводородного газа при различных вариантах застройки населенных пунктов и площадей приусадебной территории газифицируемых зданий. Полученные аппроксимирующие уравнения рекомендуются для выбора схемно-параметрических решений проектируемых систем.

К л ю ч е в ы е с л о в а: интегральные затраты, система газоснабжения, сжиженный углеводородный газ, оптимальные параметры.

The rationale for the optimal parameters of settlement gas supply systems is provided based on the liquefied hydrogen gas for the different variants of towns and space of the territory of the residential gasifiable buildings development. The collected approximate equations are advised for the choice of circuit and parametric solutions of the projected systems.

K e y w o r d s: thermal resistance, gas supply systems, liquefied hydrogen gas, optimal parameter.

Генеральная схема развития газовой отрасли на период до 2030 г., утверждающая газификацию регионов Российской Федерации преимущественно на природном сетевом газе, предполагает расширение и развитие альтернативных технологий газоснабжения на базе сжиженного природного газа (СПГ), сжиженного компримированного газа (КПГ) и сжиженного углеводородного газа (СУГ) [1, 2].

Согласно [1], сжиженные углеводородные газы имеют преимущество как источники газоснабжения городов и сельских населенных пунктов РФ, удаленных от месторождений и магистральных газопроводов природного сетевого газа и имеющих незначительную плотность населения на газоснабжаемой территории. СУГ является важным топливным ресурсом для достаточно большой части населения в районах, газификация которых на основе природного газа в ближайшей перспективе экономически нецелесообразна. Спрос на СУГ в данном секторе определяется территориальными и климатическими особенностями регионов РФ, величиной площадей территорий, не охваченных сетью магистральных газопроводов, ценами на конкурирующие виды источников тепла (уголь, дизельное топливо, электричество) и т.д. Обладая рядом преимуществ, таких как высокая теплотворная способность, чистота

сгорания, удобство хранения и транспортировки, СУГ нашел широкое применение в обеспечении всех коммунально-бытовых нужд населения. Если в 2008 г. на внутреннем рынке для использования в коммунально-бытовом секторе было реализовано 1,48 млн т СУГ, то к 2020 г. планируется поставить 2,52 млн т, т.е. потребление вырастет в 1,7 раза [3, 4].

В настоящее время в Российской Федерации сжиженным углеводородным газом газифицировано 9,8 млн квартир, в том числе 5,45 млн квартир в сельской местности, что составляет 24,5 % всего газоснабжаемого населения и 47,8 % газоснабжаемого населения в сельской местности [1, 5].

Снабжение потребителей сжиженным углеводородным газом осуществляется на базе баллонных и резервуарных установок. В России на текущий момент в эксплуатации находится более 10,8 млн баллонов и около 39 тыс. штук резервуарных установок (табл.).

Сводные данные по количеству баллонных и резервуарных установок в Российской Федерации [5]

Наименование	Количество, тыс. шт	
	баллонов	резервуаров
Всего	10838,64	38,96
В том числе по федеральным округам:		
Северо-Западный	1382,74	11,82
Южный	964,7	1,35
Приволжский	1609,41	3,74
Уральский	1705,55	2,79
Сибирский	3899,89	12,2
Дальневосточный	1276,35	7,06

Низкая паропроизводительность газобаллонных установок покрывает потребление газа только на пищеприготовление, в то время как более энергоемкие процессы (горячее водоснабжение и отопление зданий) обеспечиваются за счет использования резервуарных установок сжиженного газа [6].

При использовании сжиженных углеводородных газов (СУГ) в качестве топлива они, как правило, подвергаются регазификации. Для этой цели используют тепло специального теплоносителя — горячей воды, пара, продуктов сгорания, электроэнергии (искусственная регазификация) или естественное тепло окружающей среды — грунта, воздуха (естественная регазификация).

Следует отметить, что применительно к Российской Федерации с ее суровыми климатическими условиями применение резервуарных установок с естественной регазификацией имеет целый ряд существенных недостатков, главным из которых является низкая паропроизводительность в холодный период времени года и, как следствие, большая металлоемкость (капиталовложения) на единицу испаренного газа [7].

Применение электрических испарителей сжиженного газа в значительной степени устраняет отмеченные недостатки и обеспечивает стабильное испарение сжиженного газа любого компонентного состава, что повышает надежность снабжения потребителей СУГ. Снабжение потребителей сжиженным углеводородным газом в этом случае предусматривается от групповых резервуарных установок через распределительные газовые сети.

В целях обоснования оптимальных параметров систем газоснабжения на базе групповых резервуарных установок были проведены технико-экономические исследования.

В качестве целевой функции задачи использовались удельные интегральные затраты (на одно газифицируемое здание) в систему газоснабжения населенного пункта, руб.:

$$Z_{\text{сг}}(n) = Z_p(n) + Z_r(n) = (K_p + K_r)(n) + Y(I_p + I_r)(n) = \min, \quad (1)$$

где n — количество зданий, подключаемых к резервуарной установке, зд.; Z_p — удельные интегральные затраты в резервуарные установки сжиженного углеводородного газа, руб./зд.; Z_r — удельные интегральные затраты в газовые сети населенного пункта, руб./зд.; K_p — удельные капитальные вложения в резервуарные установки, включающие в себя стоимость резервуаров СУГ, редуцирующих головок и регазификаторов сжиженного газа, руб./зд.; K_r — удельные капитальные вложения в газовые сети населенного пункта, руб./зд.; I_p — удельные расходы по эксплуатации резервуарных установок СУГ, включающие в себя обслуживание самих подземных резервуаров, редуцирующих головок, регазификаторов СУГ, а также расход электроэнергии на процесс регазификации сжиженного газа, руб./год·зд.; I_r — удельные расходы по эксплуатации газовых сетей населенного пункта, включающие в себя обслуживание уличных и дворовых газопроводов, руб./год·зд.; Y — дисконтирующий множитель, который представляет собой период времени, год, в течение которого единовременные затраты ИУ окупаются за счет ежегодного дохода на капитал в размере I , руб./год·зд., и определяется по формуле [8]:

$$Y = \sum_{t=1}^{t_{\text{сл}}} \frac{1}{(1+E)^t} = \frac{(1+E)^{t_{\text{сл}}} - 1}{(1+E)^{t_{\text{сл}}} E}, \quad (2)$$

где t — расчетный год, затраты которого приводятся к базисному; E — норма дисконта, равная приемлемой для инвестора норме дохода на капитал. Принимается равной банковской процентной ставке, 1/год; $t_{\text{сл}}$ — срок службы объекта, лет.

На базе целевой функции (1) была разработана экономико-математическая модель оптимального функционирования систем снабжения сжиженного углеводородного газа [9].

В целях численной реализации предложенной экономико-математической модели были проведены соответствующие расчеты. В расчетах использовались следующие исходные данные и предпосылки:

в качестве источника централизованного газоснабжения принята групповая резервуарная установка с подземными вертикальными резервуарами;

уличные распределительные газовые сети — тупиковые, выполнены из стальных газопроводов с подземной прокладкой;

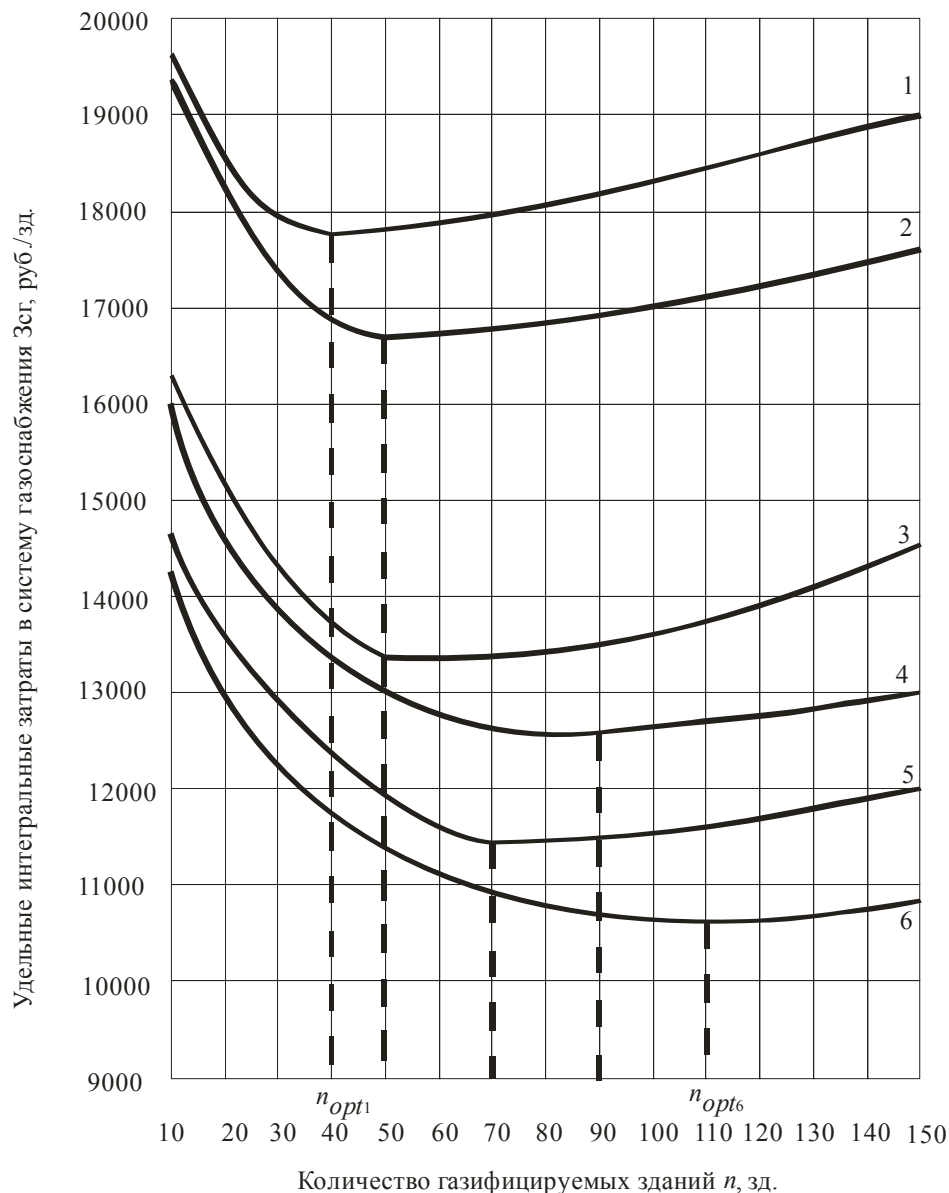
в качестве расчетных моделей застройки населенного пункта приняты два полярных варианта: многорядная застройка, характерная для поселков с компактной планировкой, и двухрядная (с застройкой зданиями вдоль улиц и проездов), характерная для поселков с разбросанной планировкой;

плотность населения газоснабжаемой территории q варьировала: $2,5 \cdot 10^{-3}$; $5 \cdot 10^{-3}$; $7,5 \cdot 10^{-3}$ чел./м² (площадь приусадебных участков 12, 6 и 4 сотки соот-

ветственно) при среднем коэффициенте заселенности зданий $S = 3$ чел./зд. (принимается, что в каждом газифицируемом здании проживает одна семья);

в качестве газоснабжаемых зданий приняты коттеджи с повышенным уровнем теплозащиты и газовым оборудованием: газовыми плитами, водонагревателями и отопительными котлами непрерывного действия.

Результаты соответствующих расчетов приводятся на рис.



Удельные интегральные затраты в систему газоснабжения населенного пункта: 1 — двухрядная застройка населенного пункта (плотность населения $2,5 \cdot 10^{-3}$ чел./м²); 2 — многорядная застройка населенного пункта ($2,5 \cdot 10^{-3}$ чел./м²); 3 — двухрядная застройка населенного пункта (плотность населения $5 \cdot 10^{-3}$ чел./м²); 4 — многорядная застройка населенного пункта ($5 \cdot 10^{-3}$ чел./м²); 5 — двухрядная застройка населенного пункта (плотность населения $7,5 \cdot 10^{-3}$ чел./м²); 6 — многорядная застройка населенного пункта ($7,5 \cdot 10^{-3}$ чел./м²)

Как видно из графиков (рис.), минимальные затраты в систему газоснабжения определяются оптимальным количеством квартир, подключаемых к групповой резервуарной установке СУГ. При этом решающее влияние оказывает площадь приусадебной территории газифицируемого здания и тип застройки населенного пункта. Так, при площади приусадебной территории 12 соток и при двухрядной застройке населенного пункта затраты в систему газоснабжения при оптимальном подключении к резервуарной установке 40 зданий составят 17 750 руб./зд (кривая 1). В то же время при уменьшении площади приусадебного участка до 4 соток и аналогичной застройке поселка затраты в систему газоснабжения составят 11 450 руб./зд. при оптимальном количестве подключаемых зданий, равном 70 (кривая 5).

Анализ графиков показал: рост площади приусадебной территории уменьшает централизацию резервуарных систем газоснабжения, при этом компактная (многорядная) планировка населенного пункта определяет наименьшие затраты в систему газоснабжения при любом типе застройки населенного пункта.

В результате детальной обработки численных результатов на ЭВМ были получены следующие аппроксимирующие уравнения для определения удельных приведенных затрат в систему газоснабжения в зависимости от определяющих факторов: количества квартир, газифицируемых от одной резервуарной установки n , плотности населения на газоснабжаемой территории q , структуры застройки населенных пунктов, характера газового оборудования квартир и режимов его эксплуатации:

при двухрядной застройке населенного пункта

$$Z_{\text{сг}}^{\text{дв}} = 16318,5n^{-0,62} + 214,64q^{-0,49}n^{0,157}; \quad (3)$$

при многорядной застройке населенного пункта

$$Z_{\text{сг}}^{\text{мн}} = 16318,5n^{-0,62} + 224,13q^{-0,496}n^{0,12}. \quad (4)$$

Таким образом, при выборе оптимальных схемно-параметрических решений по газификации населенных пунктов от групповых резервуарных установок необходимо проводить технико-экономическое обоснование принимаемых вариантов газоснабжения. Полученные автором аппроксимирующие зависимости позволят выполнить адекватную оценку затрат в системы газоснабжения и получить экономию материальных и денежных ресурсов при проектировании и строительстве систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Генеральная схема развития газовой отрасли на период до 2030 года. М. : Минпромэнерго, 2008. 145 с.
2. Программа газификации регионов Российской Федерации на 2011 год (утв. правлением Газпрома 24.12.2010). М. : Газпром, 2010.
3. Маркетинговые исследования, аналитика и прогнозы рынков углеводородного сырья, нефтепродуктов, нефтехимии и продукции газопереработки. М. : ИнфоТэкКонсалт, 2010.
4. Условия и перспективы развития нефтегазохимии в Российской Федерации // Аналитический доклад. М. : Институт современного развития, 2010. 76 с.
5. Технический паспорт газового хозяйства Российской Федерации по состоянию на 01.01.2007 г. / ОАО Росгазификация. Саратов : ОАО «Гипрониигаз», 2007. 543 с.

6. *Сорокина Н. И.* Опыт проектирования резервуарных установок сжиженного углеводородного газа (СУГ) / Газ России. 2008. С. 46—47.
7. *Курицын Б. Н., Осипова Н. Н., Иванова Е. В.* Объективный выбор децентрализованного источника снабжения сжиженным газом // Строительная инженерия. 2006. № 9. С. 25—30.
8. *Курицын Б. Н., Осипова Н. Н.* Техничко-экономическая оптимизация систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Саратов : СГТУ, 2008. 78 с.
9. *Осипова Н. Н.* К выбору оптимальной централизации резервуарных систем снабжения сжиженным газом // Приволжский научный журнал. 2009. № 4. С. 74—79.
1. Generalnaya shema razvitiya gazovoi otrasli na period do 2030 goda. M. : Minpromenergo, 2008. 145 s.
2. Programma gazifikatsii regionov Rossiiskoi Federatsii na 2011 god (utv. pravleniem Gazproma 24.12.2010). M. : Gazprom, 2010.
3. Marketingovye issledovaniya, analitika i prognozy rynkov uglevodorodnogo syr'ya, nefteproduktov, neftekhimii i produktov gazopererabotki. M. : InfoTekKonsalt, 2010.
4. Usloviya i perspektivy razvitiya neftegazokhimii v Rossiiskoi Federatsii // Analiticheski doklad. M. : Institut sovremennogo razvitiya, 2010. 76 s.
5. Tekhnicheski pasport gazovogo khozyaistva Rossiiskoi Federatsii po sostoyaniyu na 01.01.2007 g. / OAO Rosgazifikatsia. Saratov : OAO «Gipronigaz», 2007. 543 s.
6. *Sorokina N.I.* Opyt proektirovaniya rezervuarnykh ustanovok szhizhennogo uglevodorodnogo gaza (SUG) // Gaz Rossii. 2008. S. 46—47.
7. *Kuritsyn B.N., Osipova N.N., Ivanova E.V.* Obektivny vybor detsentralizovannogo istochnika snabzheniya szhizhennym gazom // Stroitel'naya inzheneriya. 2006. № 9. S. 25—30.
8. *Kuritsyn B.N., Osipova N.N.* Techniko-economicheskaya optimizatsiya sistem otopleniya, ventilyatsii i konditsionirovaniya vozdykha. Saratov : SGTU, 2008. 78 s.
9. *Osipova N.N.* K vyboru optimalnoi tsentralizatsii rezervuarnykh sistem snabzhenia szhizhennym gazom / Privolzhski nauchny zhurnal. 2009. № 4. S. 74—79.

© Осипова Н. Н., 2011

*Поступила в редакцию
в сентябре 2011 г.*

Ссылка для цитирования:

Осипова Н. Н. Выбор схемно-параметрических решений поселковых систем газоснабжения // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2011. Вып. 24(43). С. 97—102.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

УДК 658.345

Е. В. Стасева, С. Л. Пушенко

ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОГО И НАУЧНО ОРГАНИЗОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА В ОРГАНИЗАЦИЯХ СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Проанализированы основные проблемы построения современной системы управления охраной труда с позиций современных научных и организационных подходов. Анализ нормативно-правовой и научно-методической литературы, а также практики построения СУОТ в строительных организациях показал насущную необходимость модернизировать организацию управления охраной труда, сделать ее простой, ясной и понятной для применения всеми без исключения работодателями и работниками, адаптировать к современным условиям ведения бизнеса и новым потребностям развития экономики, привести нормы и стандарты в области безопасности и охраны труда в соответствие с международными требованиями.

К л ю ч е в ы е с л о в а: конкурентоспособность строительной организации, научно-организованная система управления охраной труда, профилактика нарушений в сфере труда, профессиональные риски, саморегулируемая организация.

The basic problems of the modern control system construction by the work safety from positions of modern scientific and organizational approaches are analyzed. The analysis of standard-legal and scientifically methodical literature, and also HSEMS in the building organizations is shown the crying need to modernize the management organization of the work safety, to make it simple, clear and known for application by all without an exception employers and workers, to adapt for modern conditions of business dealing and new requirements of economy development, to result the norms and standards in the field of safety and work safety in conformity with the international requirements.

K e y w o r d s: competitiveness of building organization, the scientifically-organized control system of work safety, preventive maintenance of infringements in work sphere, professional risks, self-adjustable organization.

Основные требования к организации эффективного, научно организованного управления охраной труда вытекают из требований международного законодательства, трудового законодательства РФ, федеральных законов и подзаконных актов в сфере охраны труда, даже если в них нет «буквального» упоминания о СУОТ, и общего курса нашего государства, президента и правительства. Они направлены на повышение самостоятельности и ответственности хозяйствующих субъектов за принимаемые решения, за качество выпускаемой продукции. Организационная, юридическая, экономическая и финансовая независимость отдельного хозяйствующего субъекта в условиях рыночной экономики потребовала существенных изменений не только в управлении организацией в целом, но и в управлении охраной труда [1, 2].

Сегодня не следует доказывать тот факт, что проблема экономической безопасности строительной организации зависит не только от финансовой безо-

пасности, но и от надежности производственных процессов и охраны труда ее работников. Мировой опыт свидетельствует, что высокий травматизм и аварийность на строительных объектах, незащищенность работника и собственности несовместимы с высокой конкурентоспособностью организации [3—5].

Строительство относится к наиболее травмоопасным отраслям экономики. Коэффициент частоты травматизма в строительстве равен 5, а в отдельных видах работ (земляные и подземные работы, монтажные работы и др.) превышает и этот показатель. Высокий уровень травматизма можно объяснить спецификой выполнения строительных работ: временным характером рабочих мест, необходимостью выполнения работ повышенной опасности, на высоте, в сложных климатических условиях и т.д.

Анализ несчастных случаев со смертельным исходом в строительстве позволяет выделить наиболее частые виды происшествий:

падение пострадавшего с высоты (24,3 %),

дорожно-транспортные происшествия (22,1 %),

падения, обрушения, обвалы предметов, материалов, земли (14,1 %).

При изучении причин несчастных случаев со смертельным исходом в строительных организациях было установлено, что свыше 60 % причин носят организационный характер [6].

По данным Всемирного банка, такие страны, как США и Россия, находятся на противоположных концах списка всех стран мира по безопасности труда: высокая технологичность производственных процессов США в строительной отрасли напрямую связана с высоким уровнем обеспечения безопасности. В нашей стране ситуация противоположная.

Анализируя опыт различных стран мира, мы пришли к выводу, что эффективность управления технологической и другими видами производственной безопасности может быть существенно повышена только при наличии научно организованной системы управления охраной труда. Однако в современной литературе в большей степени речь идет о научно организованной системе управления качеством продукции.

В научном фундаменте создания этих систем многие авторы [7—9] выделяют две основные тенденции: первая — собственно научная и вторая — чисто рыночная. Их переплетение обеспечивает, на наш взгляд, невероятную прочность и живучесть современных систем управления. Основные идеи научной составляющей этих систем сводятся к следующему:

она связана с идеей надежности сложных систем, в которых принципиально невозможно (по временным, техническим и финансовым причинам) проверить качество и надежность работы традиционным методом простого перебора, поэтому ничего не остается, как все «делать правильно» с расчетом на то, что правильные действия гарантированно принесут «правильный результат»;

все действия, связанные с продукцией, должны быть строго регламентированы, документированы и выполняться в условиях непрерывного контроля и своевременной корректировки.

Идеи рыночной составляющей могут быть представлены следующими положениями:

решение о создании системы управления должно приниматься организацией добровольно, а сама система должна быть «мягко» нормированной, задающей организации лишь канву, направления действия. Это позволит организации полностью учесть свою специфику;

система должна добровольно сертифицироваться, и сам факт сертификации станет неоспоримым аргументом в конкурентной борьбе.

В результате такого подхода были разработаны и начали широко внедряться международные стандарты ИСО 9000 Международной организации стандартизации. Хорошо зарекомендовавшие себя системы управления в сфере менеджмента качества и экологического менеджмента были распространены и на сферу охраны труда в строительстве [10, 4]. Однако необходимо отметить, что ситуация с системами управления охраной труда оказывается более сложной в силу нескольких причин:

управлять потоком качественной продукции гораздо проще и эффективнее, нежели безопасностью труда наемного работника;

непредсказуемое поведение работника, его уязвимость в мире высокоэнергетических технологий, невидимых и неосязаемых на первый взгляд опасностей делает управление охраной труда очень сложной инженерной и организационной задачей.

В нашей стране еще в середине 70-х гг. XX в. была предпринята попытка внедрения единых систем управления охраной труда (ЕСУОТ). Однако этот пример не получил своего продолжения и развития в условиях 1990-х годов в силу того, что многими работодателями этот опыт был утерян с ликвидацией служб охраны труда или уходом на пенсию соответствующих специалистов. Сегодня в рамках действующего законодательства и зарубежного опыта появились технические возможности и правовое поле для создания и функционирования СУОТ на основе названных выше стандартов, но уже с опорой на зарубежный опыт.

Еще одной серьезной проблемой в системе управления охраной труда в нашей стране является то, что она построена на принципах реагирования на страховые случаи, а не на принципах их профилактики [11, 2, 8]. Анализ влияния неблагоприятных производственных факторов на здоровье работников на предприятиях практически не проводится. Фиксируются лишь последствия, приведшие к несчастным случаям, а не причины их возникновения.

Основное внимание уделяется не предупреждению случаев повреждений здоровья работников, а компенсационным мероприятиям при наступлении несчастных случаев. Приоритетность компенсационных мер по возмещению вреда пострадавшим на производстве в ущерб превентивным мерам является причиной ситуации, когда обеспечение профилактических и защитных мероприятий по охране труда производится по остаточному принципу. Просматриваются тенденции сокрытия информации не только о неблагоприятных условиях труда и риске повреждений здоровья, но и допуске работников к профессиональной деятельности без учета, а порой и вопреки медицинским показаниям [4, 9].

Отсутствие у работодателей экономической мотивации к улучшению условий труда обусловлено и тем обстоятельством, что бремя финансирования системы обязательного социального страхования несут все работодатели солидарно без учета их реального вклада в улучшение охраны труда и работы по снижению рисков на рабочих местах. *Между тем риски производственного травматизма, которым подвергаются работники, контролируются работодателями и соответственно должны находиться в сфере их прямой ответственности.* Действующая система страховых тарифов построена не на реальных показателях профессиональных рисков повреждения здоровья

работников конкретных организаций, а на принципе их формальной принадлежности к определенным видам экономической деятельности, что снижает мотивацию работодателей к улучшению условий и охраны труда.

Предусмотренные Федеральным законом «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» надбавки и скидки к страховым взносам, когда фактические показатели каждого конкретного предприятия сопоставляются с показателями других предприятий той же категории риска, действуют в отношении очень ограниченного круга страхователей и не способствуют повышению заинтересованности большинства работодателей в активизации работы по улучшению условий и охраны труда. Проблемы системы управления охраной труда оборачиваются серьезными финансовыми потерями в системе обязательного социального страхования. Так, например, средства бюджета Пенсионного фонда Российской Федерации, направленные на выплату досрочных трудовых пенсий по старости гражданам в связи с их занятостью на подземных работах, на работах с вредными условиями труда и в горячих цехах, а также на работах с тяжелыми условиями труда, составляют более 10,4 млрд р. в год, а на выплату трудовых пенсий по инвалидности в связи с трудовым увечьем или профессиональным заболеванием — более 6,6 млрд р. в год [4].

Назрела необходимость пересмотра подходов к определению перечня предупредительных мер, финансируемых из средств ФСС, с учетом профилактической направленности проводимых мероприятий и увеличения их финансирования. Действующие правила не позволяют страхователю финансировать за счет средств страховщика проведение мероприятий, способствующих снижению травматизма и заболеваний, наиболее характерных для организации.

Требуется также коренного пересмотра система компенсаций за работу в неблагоприятных условиях труда. Необходимо отказаться от практики предоставления компенсаций на основе централизованно утвержденных списков, дающих право на эти компенсации, и осуществить переход на индивидуально-групповой способ выявления потенциальной опасности повреждения и утраты трудоспособности. При этом перевод системы предоставления компенсаций с уровня государственного регулирования на основе централизованно утверждаемых списков по формальным признакам на уровень предприятий должен основываться на усилении роли коллективно-договорных отношений социального партнерства [4]. Должен быть разработан экономический механизм, обуславливающий материальную заинтересованность работодателя улучшать условия труда и, соответственно, сокращать область применения компенсаций.

Игнорирование работодателями требований охраны труда во многом связано с проблемой декларативного характера большинства норм трудового права. Так, законодательством Российской Федерации установлены права работников на безопасные условия труда и обязанность работодателя их обеспечивать, а также предусмотрена дисциплинарная, гражданско-правовая, административная и уголовная ответственность работодателя за нарушения требований охраны труда. Вместе с тем, административный ресурс контроля и надзора за исполнением указанных норм трудового права фактически исчерпан: численность государственных инспекторов по охране труда позволяет обеспечить проведение плановых профилактических мероприятий по предупреждению страховых случаев в расчете на организацию не чаще, чем один раз в 3 года [12]. Но даже при таких условиях в результате проверок вы-

является порядка 1,5 млн правонарушений в сфере охраны труда. Следовательно, действующая организация охраны труда является неспособной к функционированию в условиях новой экономики. Во многом это связано с тем, что система управления охраной труда завершила свое организационное оформление в основном в 70-е годы прошлого века и, соответственно, была приспособлена к условиям функционирования крупных промышленных предприятий индустриальной эпохи.

Более того, за последнее десятилетие в российском строительном бизнесе накопилось немало проблем системного свойства, оказывающих прямое или косвенное влияние на СУОТ. Это и создавшийся в отрасли правовой вакуум (ГОСТы и СНИПы перешли в разряд рекомендательных документов), и низкая квалификация персонала, и, как следствие всего этого, высокая аварийность на строительных объектах. В итоге сформировался не вполне позитивный имидж строительного комплекса в целом. Рынок наводнили недобросовестные фирмы, созданные для единоразовых целей, например для участия в тендере [5]. На аукционах идет поэтапное понижение стоимости строительства, а падение общей сметной стоимости в два раза не гарантирует качество исполнения работ и качество управления охраной труда. Эта проблема стала особенно актуальна в последнее время, но решить ее возможно только путем корректировки действующего законодательства. Все это подорвало доверие к строителям как со стороны потребителей, так и со стороны инвесторов.

Следовательно, сегодня назрела острая необходимость существенно модернизировать организацию управления охраной труда, сделать ее простой, ясной и понятной для применения всеми без исключения работодателями и работниками, адаптировать к современным условиям ведения бизнеса и новым потребностям развития экономики, привести нормы и стандарты в области безопасности и охраны труда в соответствие с международными требованиями [1, 9, 13].

На наш взгляд, переход к саморегулированию в строительстве поможет решить обозначенные проблемы, с которыми не смогло справиться лицензирование. Во-первых, в рамках СРО создается целый ряд правил и стандартов профессиональной деятельности, при нарушении которых виновник будет нести дисциплинарную ответственность вплоть до исключения из состава СРО. Должен заметно повыситься уровень квалификации персонала строительных организаций. Специалисты, чья деятельность влияет на безопасность строительных работ, обязаны регулярно проходить обучение и аттестацию в соответствующих отраслях. С рынка будут вынуждены уйти фирмы-однодневки. Жесткие условия приема, установленные саморегулируемыми организациями, наверняка станут для них непреодолимым препятствием. Эта система уже зарекомендовала себя на Западе [3]. Теперь она должна пройти адаптацию к российским реалиям и решить проблемы, которые оказались не под силу традиционным рыночным механизмам и государственному лицензированию. Однако отмена лицензирования совпала с финансовым кризисом, который затронул и строительную отрасль. Вступление в СРО — это единственная возможность и даже необходимость строительных организаций, которые желают на законных основаниях продолжить деятельность в сфере строительства: получить допуск к работам и продолжить функционировать в рамках нового законодательства [14].

Резюмируя вышеизложенное, к числу наиболее актуальных вопросов, не позволяющих решить главную целевую задачу — сохранение жизни и здоровья работников организаций строительной отрасли, можно отнести:

объективное наличие на большинстве рабочих мест условий труда, при которых уровень опасных и вредных производственных факторов превышает допустимые, граничные значения;

неадекватную современным условиям идеологию производственного персонала, базирующуюся на ложных мотивационных установках, и связанные с этим неадекватные (опасные) действия;

недостаточный профессиональный уровень (профессиональное несоответствие) и низкий уровень ответственности некоторых категорий работников;

неудовлетворительную организацию работ и процессов на стадии подготовки производства;

недостаточную результативность функционирования СУОТ и систем надзора за производством работ;

пассивное отношение к охране труда собственников, руководителей подразделений, производственных участков;

отсутствие механизма мотивации (стимулирования), разумно сочетающего в себе бизнес-интересы, экономическую успешность и высокую безопасность персонала;

дефицит финансовых и материальных ресурсов, выделяемых на реализацию целей охраны труда.

Поэтому процесс совершенствования СУОТ в организациях строительной отрасли на основе эффективного и научно организованного управления может быть осуществлен путем:

принятия и реализации политики и целей организации в области трудовой деятельности;

перехода от реагирования на страховые несчастные случаи к управлению рисками повреждения здоровья работников как основы планирования и реализации трудоохранных мер;

внедрения процедур управления документами и записями;

применения в качестве базовых международно признанных моделей, стандартов и рекомендаций в области менеджмента, гигиены и безопасности труда;

внедрения действенной многоступенчатой поливариантной системы контроля;

разработки соответствующего положения и внедрения аудита системы управления и мониторинга процессов;

анализа и оценки функционирования на основе системы аналитических и оценочных показателей, а также последующих корректирующих действий;

перехода от локальных систем к интегрированным системам управления профессиональной, промышленной и экологической безопасности.

В общем виде эффективное и научно организованное управление охраной труда в организациях строительного комплекса может включать аспекты, представленные в ниже приведенной схеме (рис. 1).

Созданная на основе научной организации и эффективно функционирующая СУОТ будет способствовать закреплению организации в рамках СРО, улучшению ее имиджа и повышению конкурентоспособности.

Известно, что величина травматизма на предприятиях подчиняется закономерности, напоминающей пирамиду, у которой в основании лежат производственные риски, далее микротравмы и т.д. Статистика показывает, что если на предприятии происходит несчастный случай со смертельным исходом, то в его основе

лежит множество опасных условий. Можно считать, что руководство предприятия не доглядело это множество опасных ситуаций. С этой точки зрения происшествие со смертельным исходом — закономерное завершение вышеуказанной пирамиды, т.е. ее вершина. В основании этой пирамиды лежат нерегистрируемые нарушения, выше — легкие травмы, еще выше — травмы с временной утратой трудоспособности, ближе к вершине — происшествия с тяжелыми последствиями и, наконец, смертельный случай. Установлено, например, что одному смертельному случаю предшествуют 10—30 случаев тяжелых травм (по-разному на разных строительных предприятиях), 100—300 легких, 1000—3000 микротравм и 10—30 тыс. так называемых опасных факторов. Если у основания этой пирамиды, на уровне опасных ситуаций никаких профилактических действий не предпринимать, то по мере их накопления происшествие со смертельным исходом становится закономерным и неотвратимым.



Рис. 1. Основные аспекты построения эффективного и научно организованного управления охраной труда

Тенденции совершенствования трудоохранной деятельности складываются сегодня таким образом, что профилактика травматизма должна быть

связана в первую очередь именно с работой на «базовом» уровне данной пирамиды, т.е. с нормализацией ноксосферы [15].

Представим вышеобозначенные проблемы структурированно (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Основные проблемы научно организованного управления охраной труда в строительстве

Проблема	Причины ее существования	Возможные варианты разрешения
Ненадежность производственных процессов и охраны труда работников в силу специфики строительного производства	Временный характер рабочих мест в строительстве, работы с повышенной опасностью, на большой высоте, и, как следствие, высокий травматизм и аварийность	Построение научно организованной системы управления охраной труда на основе системного подхода
Стратегическая переориентация СУОТ с реагирования на страховые случаи на их профилактику	1. Приоритетность компенсационных мер в ущерб превентивным мерам в охране труда. 2. Использование остаточного принципа при выплате компенсаций	Пересмотр подходов к составлению перечня предупредительных мер и увеличение финансирования профилактических мероприятий по охране труда на предприятии
Декларативный характер большинства отечественных норм трудового права	Несоответствие норм трудового права требованиям практического осуществления охраны труда в строительстве на основе международных стандартов и требований	Корректировка российского законодательства и реорганизация сложившейся еще в 1970-е гг. СУОТ на основе международных стандартов и требований
Системная организация работы СУОТ в каждой строительной организации в контексте прогнозирования производственных и профессиональных рисков	Игнорирование руководством строительных организаций процедур анализа опасных ситуаций на производстве и причин их возникновения	Переход к саморегулируемой строительной организации, научно организованная и системная работа по прогнозированию рисков

Таким образом, сегодня современной наукой постулируется приоритет профилактической работы, в том числе и по предупреждению производственного травматизма, являющейся одним из главных условий повышения безопасности существующих «человеко-машинных» систем. Несчастный случай на производстве, который заканчивается смертью, — это чрезвычайное происшествие. Причина любого происшествия — в досадных, а порой и преступных промахах в работе, чьей-то беспечности, некомпетентности и непродуманной с научных и организационных позиций методологии выбора средств снижения производственного травматизма в организации. Главной и наиболее трудно разрешимой проблемой при этом является то, что работники предприятия пока еще продолжают быть заинтересованными в сокрытии фактов травматизма или переквалификации их на менее тяжкие, поскольку несут за них персональную ответственность. Следовательно, идя только по пути усиления ответственности руководителей, одними карательными мерами не удастся достигнуть ожидаемого результата, ибо каждый вскрытый на производстве факт травматизма вышестоящим руководителем будет восприниматься не как положительный результат в профилактической работе, проводимой в подразделении, а как основание для наказания.

Поэтому наиболее актуальным становится вопрос разработки такой модели управления охраной труда в строительных организациях, в которой бы центр тяжести был смещен с процедур внешнего контроля со стороны вышестоящего руководства и контрольных органов в сторону внутренней самооценки (самообследования), где решающей становится профилактика, реализуемая на основе проведения традиционного, далеко еще не утратившего своего значения трехступенчатого контроля, аттестации рабочих мест по условиям труда, комплексного анализа и систематизации их результатов.

Вопрос о том, на основе какой модели разрабатывать СУОТ в той или иной строительной организации, должен решаться самой организацией. Однако СУОТ должна по ключевым позициям соответствовать международным стандартам и рекомендациям, учитывать наработанный предшествующий опыт функционирования СУОТ и характер производственной деятельности, другие обстоятельства, влияющие на содержательную (управляющую) часть СУОТ, и быть построенной на основе системного подхода. Он предполагает рассматривать строительную организацию как совокупность таких взаимосвязанных элементов, как люди, структура, задачи и технологии, которые ориентированы на достижение целей в условиях меняющейся внешней среды.

Характерной особенностью такой совокупности является то, что ее свойства как системы не сводятся к сумме свойств входящих в нее составляющих, а усиливаются эффектом синергии: результат функционирования системы в целом получается выше, чем сумма одноименных результатов отдельных элементов. При этом синергетический эффект тем выше, чем эффективнее работает каждый элемент системы.

В этой связи становится актуальной проблема разработки методики изучения эффективности реализации СУОТ, обеспечивающей квалифицированное проведение всех видов контроля, аттестации рабочих мест по условиям труда, систематизацию их результатов и непредвзятое расследование несчастных случаев в конкретной строительной организации. С помощью этой методики появляется возможность успешно решать задачу обеспечения устойчивого функционирования и развития СУОТ на основе принципов самоорганизации и самоменеджмента.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Буйко К.В., Пантюхова Ю.В. Подходы к оценке уровня промышленной безопасности в организациях, эксплуатирующих опасные производственные объекты // Безопасность труда в промышленности. 2010. № 10.
2. Ефремова О.С. Система управления охраной труда в организациях. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Альфа-Пресс, 2009.
3. Герасимов А.А. Современное саморегулирование за рубежом — законодательство, практика, тенденции // Безопасность труда в промышленности. 2010. № 10.
4. Оути Э., Пабст Б., Рикке В. Системы обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний: российский опыт сквозь призму зарубежного / под общ. ред Г.П. Дегтярева. М. : Просвещение, 2003.
5. Попов В.М. Взаимосвязь различных аспектов деятельности по обеспечению безопасности производства // Безопасность труда в промышленности. 2010. № 1.
6. Черноплеков А.Н. Анализ травматизма в строительстве и предложения по улучшению условий труда // Безопасность жизнедеятельности. 2005. № 8.
7. Гражданкин А.И., Печеркин А.С. Имитационная модернизация: от безопасности к рискам // Безопасность труда в промышленности. 2010. № 2.

8. *Васильев А.В., Аношкин Д.В.* Человеческий фактор как причина аварийности и травматизма на производстве и его анализ на основе принципов системного подхода к обеспечению безопасности // *Безопасность труда в промышленности*. 2010. № 11.
9. *Страхова Н.А., Беспалов В.И., Рудченко И.И.* Методология выбора средств снижения производственного травматизма в строительстве // *Изв. РГСУ*. 2006. № 10.
10. *Кловач Е.В., Сидоров В.И.* Состояние законодательства о промышленной безопасности // *Безопасность труда в промышленности*. 2010. № 8.
11. *Алексеев В.А., Зверев А.Г.* Охрана труда в строительстве. М. : МЦФЭР, 2006.
12. *Ферапонтов А.В.* Оптимизация надзорной деятельности по критериям риска возникновения аварий // *Безопасность труда в промышленности*. 2010. № 8.
13. *Чегнов С.В., Ксенофонтов И.А., Шлыков В.Н.* О совершенствовании системы управления профессиональными рисками // *Безопасность жизнедеятельности*. 2004. № 12.
14. К вопросу о саморегулировании в области промышленной безопасности / В.С. Котельников, П.В. Кононов, А.В. Аникушин, В.В. Куприянов // *Безопасность труда в промышленности*. 2010. № 4.
15. *Девисиллов В. А.* Охрана труда : учебник. 3-е изд., испр. и доп. М. : Форум, 2007.
1. *Buyko K.V., Pantyuhova Ju.V.* Podhody k otsenke urovnya promyshlennoi bezopasnosti v organizatsiyakh, ekspluatiruyushchikh opasnye proizvodstvennye obekty // *Bezopasnost truda v promyshlennosti*. 2010. №10.
2. *Efremova O.S.* Sistema upravleniya okhranoi truda v organizatsiyakh. 2-e izd., pererab. i dop. M. : Alfa-Press, 2009.
3. *Gerasimov A.A.* Sovremennoe samoregulirovanie za rubezhom — zakonodatelstvo, praktika, tendentsii // *Bezopasnost truda v promyshlennosti*. 2010. №10.
4. *Outi E., Pabst B., Rikke V.* Sistemy obyazatel'nogo sotsial'nogo strakhovaniya ot neschastnykh sluchaev na proizvodstve i professionalnykh zabolevani: rossiiski opyt skvoz prizmu zarubezhnogo / pod obshch. red G.P. Degtyareva. M. : Prosveshchenie, 2003.
5. *Popov V.M.* Vzaimosvyaz razlichnykh aspektov deyatel'nosti po obespecheniyu bezopasnosti proizvodstva // *Bezopasnost truda v promyshlennosti*. 2010. №1.
6. *Chernoplekov A.N.* Analiz travmatizma v stroitel'stve i predlozheniya po uluchsheniyu uslovi truda // *Bezopasnost zhiznedeyatel'nosti*. 2005. № 8.
7. *Grazhdankin A.I., Pecherkin A.S.* Imitatsionnaya modernizatsia: ot bezopasnosti k riskam // *Bezopasnost truda v promyshlennosti*. 2010. № 2.
8. *Vasilev A.V., Anoshkin D.V.* Chelovecheski faktor kak prichina avariynosti i travmatizma na proizvodstve i ego analiz na osnove printsipov sistemnogo podhoda k obespecheniyu bezopasnosti // *Bezopasnost truda v promyshlennosti*. 2010. № 11.
9. *Strahova N.A., Bepalov V.I., Rudchenko I.I.* Metodologiya vybora sredstv snizheniya proizvodstvennogo travmatizma v stroitel'stve // *Izv. RGSU*. 2006. № 10.
10. *Klovach E.V., Sidorov V.I.* Sostoyanie zakonodatel'stva o promyshlennoi bezopasnosti // *Bezopasnost truda v promyshlennosti*. 2010. № 8.
11. *Alekseev V.A., Zverev A.G.* Okhrana truda v stroitel'stve. M. : MCFJeR, 2006.
12. *Ferapontov A.V.* Optimizatsiya nadzornoj deyatel'nosti po kriteriyam riska vozniknoveniya avarii // *Bezopasnost truda v promyshlennosti*. 2010. № 8.
13. *Chegnov S.V., Ksenofontov I.A., Shlykov V.N.* O sovershenstvovanii sistemy upravleniya professional'nymi riskami // *Bezopasnost zhiznedeyatel'nosti*. 2004. № 12.
14. К вопросу о саморегулировании в области промышленной безопасности / В.С. Котельников, П.В. Кононов, А.В. Аникушин, В.В. Куприянов // *Безопасность труда в промышленности*. 2010. № 4.
15. *Devisilov V.A.* Okhrana truda : uchebник. 3-e izd., ispr. i dop. M. : Forum, 2007.

© Стасева Е. В., Пушенко С. Л., 2011

Поступила в редакцию
в сентябре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Стасева Е. В., Пушенко С. Л. Проблемы эффективного и научно организованного управления охраной труда в организациях строительного комплекса // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2011. Вып. 24(43). С. 103—112.

УДК 699.841 (05)

А. В. Масляев**НОРМАТИВНАЯ СЕЙСМИЧНОСТЬ НА ТЕРРИТОРИИ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ С УЧЕТОМ УПРОЩЕННЫХ ТЕКТЕНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ**

Сейсмическая опасность в картах по сейсмическому районированию территории РФ ОСР-97 для каждого региона определялась в зависимости от тектонического структурного элемента зоны очага землетрясения. Для территории Волгоградской области сейсмическая опасность определялась по доменной структуре зоны очага землетрясения, которая исключает наличие линеаментов. В статье приводятся выводы известных ученых России о наличии на территории области сети линеаментов. Предложены карты повышенной сейсмической опасности для территории Волгоградской области.

К л ю ч е в ы е с л о в а: сейсмический риск, сейсмическая опасность, жизнь людей, землетрясение, тектонический разлом.

The seismic danger in plans of the seismic zoning on the territory of the Russian Federation ОСР-97 for each region was defined depending on the tectonic structural element of the zone of the seismic center. For territory of the Volgograd Region the seismic danger was defined by the structure of a zone of a seismic center, which is excluded the presence of lineaments. The conclusions of the known scientists of Russia are resulted about presence in the territory of the region of the network lineaments. The cards with the raised seismic danger to territory of the Volgograd Region are offered.

К e y w o r d s : seismic risk, seismic hazard, people's lives, earthquake, tectonic fault.

Как известно, в основу разработки комплекта карт общего сейсмического районирования территории РФ (ОСР-97) была положена линеаментно-доменно-фокальная модель зоны очага землетрясения. Для каждого региона России определялся свой основной структурный элемент зоны очага землетрясения, который в основном и определял величину расчетной сейсмической опасности. Именно об этом говорится в статье [1]: «...наиболее ответственным звеном в геолого-геофизических и сейсмологических исследованиях по сейсмическому районированию является идентификация зон возникновения очагов землетрясений (зоны ВОЗ)...». Поэтому в данной статье и анализируется соответствие «идентификации» модели зоны очага землетрясения, которая была положена в основу разработки этих карт по сейсмичности ОСР-97 для территории Волгоградской области, выводам других ученых по этому вопросу. Для определения основных характеристик сейсмических воздействий на территории Волгоградской области была принята доменная структура зоны очага землетрясения, которая основана на квазиоднородном в тектоническом и геодинамическом отношении объеме геологической среды с рассеянной (диффузной) сейсмичностью [2]. Поэтому величина максимальной магнитуды для территории Волгоградской области как главной характеристики зоны очага землетрясения была принята $M_{\max} = 5.5$. Но при вероятности тектонического события с магнитудой $M_{\max} \geq 5.8$ на территории другого региона в основу расчета сейсмической опасности принималась линеаментная структура зоны очага землетрясения, а при $M \geq 6.8$ — структура потенциальных очагов землетрясений. Другими словами, в основу расчета сейсмической опасности на территории Волгоградской области была положена упрощенная

доменная структура зоны очага землетрясения, которая, по мнению автора, не соответствует конкретной сложившейся тектонической ситуации на данной территории.

Основным доказательством наличия линеаментной структуры (активных тектонических разломов) на территории Волгоградской области служит тот факт, что она расположена в районе сочленения двух различных по структурному содержанию и тектоническому режиму крупнейших геоблоков: с одной стороны это Приволжская моноклиналь как часть юго-восточного окончания современной Воронежской антеклизы, а с другой стороны это Прикаспийская синеклиза (впадина). О том, что Прикаспийская впадина является источником «агрессивных» тектонических сил, указывается в работе известных ученых России [3]. Самой характерной структурной особенностью Прикаспийской впадины является то, что ее кора в центральной части относится к океаническому типу [4]. При этом в Приволжской моноклинали земная кора относится к чисто континентальному типу [3]. Именно поэтому границы таких крупных геоблоков, как правило, представляют собой зоны сложных тектонических нарушений, включающие в себя и тектонические разломы [5]: «Разломы располагаются на границах крупных блоков, являясь самостоятельными геологическими структурами». Подтверждением наличия на территории сочленения этих геоблоков сети линеаментов (тектонических разломов) служат данные рис. 1 [6]. Так, в силу значительных тектонических различий в структуре вышеназванных геоблоков они разделены между собой ступенью глубокого погружения поверхности фундамента Прикаспийской впадины (сбросом), которую ряд специалистов называет «Западным бортом Прикаспийской впадины». В пределах центральной части г. Волгограда этот сброс примерно совпадает с руслом р. Волги. По данным работы [7], в Приволжской моноклинали структурные нарушения в фундаменте земной коры в виде резкого погружения его поверхности начинаются на расстоянии примерно 10 км от Бортового уступа, и примерно на таком же расстоянии (10 км) от Бортового уступа продолжают в сторону «центра» Прикаспийской впадины. Общая глубина погружения поверхности фундамента в середине Прикаспийской впадины достигает глубины примерно 22 км (рис. 1). На этих «площадках погружения» фундамента земной коры с обеих сторон от Бортового уступа Прикаспийской впадины как раз и располагается основная капитальная застройка двух крупнейших городов области — Волгограда и Волжского.

Подтверждением активного опускания земной коры на территории Волгоградской области в течение многих миллионов лет служит верхний осадочный слой мощностью примерно от 5 км на территории Волгограда и до 22 км в центре Прикаспийской впадины. Так, по данным [8], сегодня скорость опускания поверхности отдельных территорий Камышинского района до 8 мм в год, а на территории Волгограда до 1,5 мм. Например, в [7] на территории области выделяются такие значительные прогибы (грабены), как Уметовский, Николаевский, Балыклейский, Дубовский и др., которые, как правило, связаны с тектоническими разломами на генетическом уровне. Более того, геодинамический объем геологической среды на территории Прикаспийской впадины сразу за ее Западным бортом значительно усложнен солянокупольной тектоникой. Уче-

ными ЦНИИС «...на базе дешифрирования детальных космических снимков... выделены конкретные линеаменты, которые можно отождествлять с современными активными геологическими разломами» [9]. В результате ими была разработана схема линеаментной сети примерно в пределах Волгограда (рис. 2). Эти ученые также установили, «что наибольшие магнитуды возможных землетрясений лежат в диапазоне значений от 4,1 до 6,4».



Рис. 1. Схема основных линеаментов, дешифрованных по космическим снимкам на территории Прикаспийской впадины: 1 — основные линеаменты; 2 — основные разломы на поверхности кристаллического фундамента; 3 — мощность, км, осадочного слоя грунта [6]

Но, конечно, особый интерес в рассматриваемом вопросе представляют выводы работ других ученых ИФЗ. Так, например, на запрос администрации Волгоградской области на имя директора ИФЗ о вероятности землетрясений на территории области было получено заключение за подписью И. В. Ананьина (14 апреля 1994 г.), в котором говорится, что «территория Волгограда расположена на пересечении двух систем подвижных разломов северо-западного (Астрахань, Волгоград, Белгород) и северо-восточного направлений (Ростов, Волгоград, Самара)». В статье других ученых ИФЗ [10] относительно максимальной магнитуды землетрясения на территории Прикаспийской впадины говорится: «Наибольшие площади с прогнозным $M_{\max} \geq 6 \dots 6.4$ сосредоточены в северной, западной и южной прибортовых частях Прикаспийской впадины». А ведь западная и южная прибортовые части Прикаспийской впадины — это и есть территория Волгоградской области. Как видим, по данным и других ученых ИФЗ можно сделать вывод о том, что на территории Волгоградской области вероятны землетрясения с $M \geq 6.0$, при которых в расчетах сейсмической опасности должна использоваться и линеаментная структура зоны очага землетрясения.

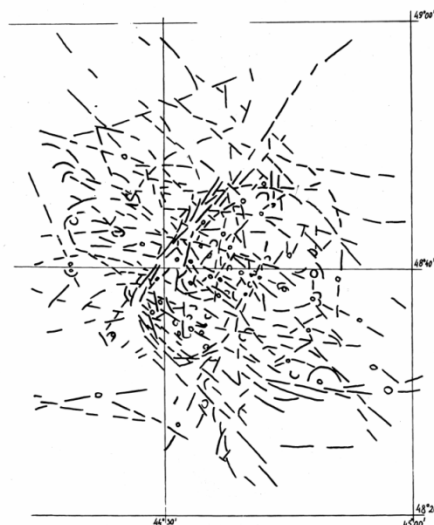


Рис. 2. Схема линейamentной сети на территории Волгограда, выявленная по результатам дешифрования космических снимков [9]

На территории Волгоградской области в 90-х гг. XX в. произошло около 30 тектонических подвижек интенсивностью от 3-х до 5 баллов. Так, например, по данным сейсмостанции «Обнинск» 24 декабря 1991 г. примерно в 11 ч 55 мин по московскому времени на территории Николаевского района произошло землетрясение с магнитудой $M = 4.2$. По макросейсмическому анализу (степени повреждения зданий, поведению людей и т.д.) на территориях Камышина (правый берег Волги) и Николаевска (левый берег Волги) проявился 5-балльный сейсмический эффект. По расположению 5-балльной изосейсты на поверхности Земли известная специалистам формула Н. В. Шебалина позволила определить глубину очага этого землетрясения, которая составила $h = 15$ км. Здесь уместно отметить, что, согласно [7], через территории Камышина и Николаевска в сторону Прикаспийской впадины проходит Уметовский грабен. Из-за отсутствия сейсмологической службы на территории Волгоградской области здесь никто и никогда не анализировал тектонические события. Только при разговоре с заслуженным архитектором России Ф. М. Лысовым автор чисто случайно узнал, что в пределах р. Дон (сейчас здесь Цимлянское водохранилище) в мае 1924 г. было землетрясение, разрушившее овечьи кошары (примерно 6 баллов по шкале MSK-64).

Для многих населенных пунктов Волгоградской области предусмотрен комплект карт, в которых для средних грунтовых условий установлена следующая сейсмическая опасность: карта А — отсутствует сейсмическая опасность; карты В — 6 баллов и С — 7 баллов — для ответственных зданий и сооружений. Более того, для них установлена такая важная характеристика, как период повторяемости землетрясений: по карте В — 1 раз в 1000 лет, по карте С — 1 раз в 5000 лет. При этом, что очень важно для дальнейших рассуждений, даже в этих картах указывается малая вероятность превышения указанной сейсмической опасности. Например, по карте С на территории Волгограда на грунтах 2-й категории в течение 50 лет предусмотрена одно-

процентная вероятность 8-балльного землетрясения, а на грунтах 3-й категории — 9-балльного землетрясения.

Анализ основных характеристик сейсмических воздействий в картах А, В, С показал, что и большой период повторяемости землетрясений сегодня отрицательно влияет на проведение необходимой сейсмозащиты ответственных зданий на территории Волгоградской области. Этот вывод следует также и из письма заместителя главы администрации Волгоградской области на имя заместителя министра регионального развития РФ К. Ю. Королевского № 01-03-02м /9190 от 27.08.10: «О неактуальности вопроса сейсмичности Волгоградского региона свидетельствует и тот факт, что в Перечне субъектов РФ, имеющих индекс сейсмического риска 0.1 и более, на территории которых реализуется федеральная целевая программа «Повышение устойчивости жилых домов...», Волгоградская область не значится». Конечно, больше всего поражает молчание заместителя министра регионального развития на это письмо, в котором открыто говорится, что сейсмозащита ответственных зданий и сооружений не проводится. Это позволяет сделать вывод, что вопросы сейсмостойкого строительства на территории Волгоградской области не решаются при полном согласии с министерством. Но все же некоторый инженерный смысл заложен в вышеприведенном письме заместителя главы администрации Волгоградской области. Это решение правительства не оказывать финансовую поддержку области по сейсмозащите существующих ответственных зданий и сооружений. Дело в том, что на показатель любого вида сейсмического риска (индивидуальный, экономический и т.д.) значительно влияет период повторяемости землетрясений. Во всем мире в сейсмоопасных районах основным показателем сейсмозащиты людей является показатель «индивидуального сейсмического риска», который в России на федеральном уровне не используется. Известно, что «индивидуальный сейсмический риск» показывает количество погибших людей в зданиях и сооружениях при землетрясении по отношению ко всему населению за фиксированное время один год. Приемлемым (допустимым) индивидуальным сейсмическим риском в развитых странах является величина $U_{\text{риск}} \geq 10^{-6}$ чел./год. Это означает, что при землетрясении с повторяемостью 1 раз в 100 лет, например, в городе с населением в 1 миллион за время 1 год допустима гибель до 100 человек. Например, все здания на территории г. Волгограда сейчас являются несейсмостойкими, а численность его населения составляет примерно 1 млн человек. Предположим, что при вероятном 8-балльном землетрясении по карте С с повторяемостью 1 раз в 5000 лет на территории Волгограда погибнет 50 тыс. человек. Указанное число погибших людей в зданиях при землетрясении не очень далеко от реального показателя, так как только один ветхий и аварийный жилой фонд в Волгограде на 2010 г. составлял примерно 360 тыс. м². Прогнозный расчет «индивидуального сейсмического риска» в данном случае определяется путем умножения показателя риска землетрясения в год $P_{\text{год}} = 0,0002$ (1:5000 лет) на число погибших (50 тыс. чел.) и деления на общее число населения в городе. При таком огромном числе погибших величина индивидуального сейсмического риска получается равной $U_{\text{риск}} = 10^{-5}$ чел./год, т.е. почти на уровне показателей развитых стран. Но планирование гибели такого огромного числа людей в зданиях при землетрясении для нормального общества просто недопустимо. Период повторяемости землетрясений различной интенсивности в комплекте карт по сейсмичности ОСР-97 (один раз в

500 лет, 1000 лет, 5000 лет) не учитывает изменчивого характера этого явления. Ведь только в последние примерно 30 лет сильные землетрясения на Земном шаре вдруг стали происходить в виде набора многих сильных повторных толчков в течение многих дней (месяцев). Последними такими примерами могут служить землетрясения на Гаити, Чили и береговых территориях Японии. При этом известно, что здания разрушаются и гибнет большое число людей именно от воздействия сильных повторных толчков. Более того, указанный в картах период повторяемости землетрясений предусматривает самый благоприятный для людей сценарий: все здания и сооружения должны быть без повреждений, в то время как сильные повторные толчки воздействуют, как правило, на здания и сооружения, конструкции которых уже получили значительные повреждения от воздействия первого (основного) толчка. То есть воздействия сильных повторных толчков на здания и сооружения следует признать более опасными для жизни людей. Даже само понятие сейсмического риска предусматривает учет потерь при землетрясении в течение одного года. Поэтому в расчете индивидуального сейсмического риска на определенной территории следует учитывать все сильные землетрясения, которые в течение этого «расчетного» года могут произойти.

Выводы:

1. Согласно выводам ученых ведущих научно-исследовательских институтов России в области сейсмологии и сейсмостойкого строительства [9, 10], на территориях Волгоградской области вероятны землетрясения с $M \geq 6.0$, что по положениям нормативных карт ОСР-97 предопределяет расчет сейсмической опасности по линеаментной структуре зоны очага землетрясения.

2. Для территории Волгоградской области предлагается использовать следующий комплект карт по сейсмичности: карта А — 6 баллов с периодом повторяемости T 1 раз в 100 лет — для зданий и сооружений массового строительства; карта В — 7 баллов с T 1 раз в 250 лет; карта С — 8 баллов — с T 1 раз в 500 лет — для ответственных зданий и сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Уломов В. И. Оценка сейсмической опасности и актуализация инженерных решений // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2008. № 3. С. 16—21.
2. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-97. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах / М-во науки и технологий РФ РАН ; Объединенный ин-т физики Земли им. О.Ю. Шмидта. М., 1999.
3. Юдахин Ф. Н., Шукин Ю. К., Макаров В. И. Глубинное строение и современные геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской платформы / УрО РАН. Екатеринбург, 2003.
4. Зонениайн Л. П., Кузьмин М. И., Натопов Л. М. Тектоника литосферных плит территории СССР. М. : Книга 1, 1990.
5. Хромовских В. С. Современная динамика литосферы континентов. Методы изучения. М., 1989.
6. Стрельников С. И. Русская плита // Космическая информация. М., 1983.
7. Бражников Г. А. Тектоническое районирование Волгоградской области. Вып. 3. Л., 1965. С. 164—180.
8. Кузнецов Ю. Карты современных вертикальных движений земной коры на территории СССР / ЦНИИ геодезии, аэросъемки и картографии. М., 1990.
9. Платонов А. С., Шестоперов Г. С., Рогожин Е. А. Уточнение сеймотектонической обстановки и сейсмическое микрорайонирование участка строительства городского моста через р. Волгу в г. Волгограде // 1а. Сеймотектонические исследования. ИС-96-3-529-12. ЦНИИ-ИС. М., 1996.

10. Рейснер Г.И., Иогансон Л. И. Прогнозная оценка сейсмического потенциала Русской платформы // Недра Поволжья и Прикаспия. Наука, практика, маркетинг. Вып. 13. Саратов, 1996. С. 11—14.

1. Ulomov V.I. Otsenka seismicheskoy opasnosti i aktualizatsiya inzhenernykh resheniy // Seysmostoykoye stroitelstvo. Bezopasnost sooruzheni. 2008. № 3. S. 16—21.

2. Komplekt kart obshchego seismicheskogo raionirovaniya territorii Rossiskoi Federatsii. Obyasnitelnaya zapiska i spisok gorodov i naselennykh pynktov, raspolzhenykh v seismoopasnykh raionakh / M-vo nauki i tekhnologii RF RAN ; Obedinenny institut fiziki Zemli im. O.Yu. Shmidta. M., 1999.

3. Yudakhin F. N., Shchukin Y. K., Makarov V. I. Glubinnoe stroenie i sovremennyye geodinamicheskie protsessy v litosfere Vostochno-Evropeyskoy platformy / UrO RAN. Ekaterinburg, 2003.

4. Zonenshayn L. P., Kuzmin M. I., Natopov L.M. Tektonika litosfernykh plit territorii SSSR. M. : Kniga 1. 1990.

5. Khromovskikh V. S. Sovremennaya dinamika litosfery kontinentov. Metodyy izucheniya. M., 1989.

6. Strel'nikov S. I. Russkaya plita // Kosmicheskaya informatsiya. M., 1983.

7. Brazhnikov G. A. Tektonicheskoe rayonirovanie Volgogradskoy oblasti. Vyp. 3. L., 1965. S. 164—180.

8. Kuznetsov Yu. Karty sovremennykh vertikalnykh dvizheni zemnoi kory na territorii SSSR / TsNII geodezii, aérosemki i kartografii. M., 1990.

9. Platonov A.S., Shestoporov G. S., Rogozhin E. A. Utochnenie siesmotektonicheskoy obstanovki i seismicheskoe mikrorayonirovanie uchastka stroitelstva gorodskogo mosta cherez reku Volgy v gorode Volgograde // 1a. Siesmotektonicheskie issledovaniya. IS-96-3-529-12. TSNIIS. M., 1996.

10. Reysner G.I., Yoganson L. I. Prognoznaya otsenka seismicheskogo potentsiala Russkoy platformy // Nedra Povolzhya i Prikaspiya. Nauka, praktika, marketing. Vyp. 13. Saratov, 1996. S. 11—14.

© Масляев А. В., 2011

Поступила в редакцию
в сентябре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Масляев А. В. Нормативная сейсмичность на территории Волгоградской области с учетом упрощенных тектонических условий // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2011. Вып. 24(43). С. 113—119.

**ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. ТЕОРИЯ РАЗВИТИЯ ГОРОДА.
УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ**

УДК 711.4:332.1

Н. Г. Юшкова

УДК 378.14:72.07

**ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ СТРУКТУРА
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА РЕГИОНА**

Исследуются теоретические модели структурной организации градостроительных объектов, сформированных в условиях социалистической и рыночной экономики. Раскрывается понятие «инфраструктура» в современном градостроительстве в его эволюционном аспекте, а также с учетом условий инновационной экономики. Обосновывается необходимость целенаправленного формирования инфраструктуры градостроительных систем регионального уровня на основе ранжирования «точек роста» с последующим ее закреплением в документах развития региона.

К л ю ч е в ы е с л о в а: инновационные технологические решения, инновационная инфраструктура региона, «точки роста» региона, параметрируемое развитие пространства жизнедеятельности.

The theoretical models of the town-planning objects structural organization are investigated which are formed in social and market economy. The concept “infrastructure” is opened in the modern town planning, in it evolution aspect and subject to conditions of the innovational-driven economy. The need of the infrastructure stable formation of the town-planning systems of the local levels is settled in basis of the “apical point” ranking attended by it consolidation in the region development documents.

K e y w o r d s: innovation process solutions, region innovation infrastructure, “region apical point”, parametrizable development of space activity.

На социалистическом этапе развития отечественного градостроительства градостроительная система рассматривалась как структурно-организованный объект. Под структурой понималась совокупность устойчивых связей объекта, обеспечивающих его ценность и тождественность самому себе, сохранение основных свойств при различных внешних и внутренних изменениях [1]. Соответственно, структуризация (структурная организация) подразумевала расчленение целого на отдельные составляющие — структурные элементы, выполняющие определенные функции и находящиеся в строго фиксированных и функционально обусловленных взаимосвязях между собой. Благодаря наличию структурных основ формирования градостроительная система наделялась такими принципиальными характеристиками, как экономические (количественные и качественные) параметры функционирования, соотношения и взаимодействия пространственных элементов, позволяющие отразить специфиче-

ские особенности эволюционного и перспективного ее состояния. С этих позиций в отечественной науке разрабатывались перспективные модели организации (и описания) системы. В одном из таких вариантов предлагался принцип ее дифференциации на отдельные пространственно-экономические блоки, различающиеся как типологически и функционально, так и по экономической роли в реализации процессов развития территории. Он стал использоваться во всех отраслях народного хозяйства и получил широкое распространение при формировании градостроительных систем. Этому во многом способствовали реально существующие народно-хозяйственные потребности, связанные, прежде всего, с обеспечением территорий трудовыми ресурсами и достижением оптимальных пропорций в размещении объектов производства и населения.

На первом уровне градостроительную систему образуют два крупных пространственно-экономических блока. Первый блок реализует основные внутренние экономические функции, организуемые в системе, и способен оказывать прямое и косвенное влияние на развитие всех остальных городских подсистем. Его, как правило, формируют объекты промышленного производства, которые предопределяют принципиальные направления градообразования. В зависимости от специфики и особенностей его организации определяется функциональный тип городских систем, например многофункциональные столичные города, индустриальные центры, местные организующие или обслуживающие центры, транспортные города, города — оздоровительные центры, города — научно-экспериментальные центры. Второй блок градостроительной системы осуществляет ее внешние экономические связи и инфраструктурное обеспечение объектов промышленного производства. По функциональной принадлежности в него включены объекты внешнего транспорта, значительная часть складского хозяйства, материально-техническое снабжение, учреждения сбыта и заготовок сельскохозяйственной продукции.

На втором уровне дифференциации градостроительной системы образуются два блока внутригородской инфраструктуры, выделяемые из блока промышленности и выполняющие следующие группы функций. Первый инфраструктурный блок — производственная инфраструктура — представляет собой «иерархическую совокупность организационно обособленных структурных подразделений народного хозяйства и соответствующих объектов и технических устройств. Конечным результатом их деятельности является не вещественная (материальная) продукция, предназначенная непосредственно для производственного и непроизводственного потребления, а обслуживание и обеспечение деятельности базисных отраслей материального производства (промышленности, сельского хозяйства, строительства) и населения (В.Н. Лившиц). Второй инфраструктурный блок образован объектами обеспечения основных групп потребителей.

В отечественном градостроительстве требования к формированию инфраструктуры соответствовали ее принадлежности как производственному, так и социальному ее подтипам [2], а выделение компонентов инфраструктур осуществлялось, в свою очередь, в полном соответствии с функциональной специализацией названных блоков.

Наибольшее освещение в градостроительной теории получили инженерная и транспортная (коммуникационная) инфраструктуры. Традиционно именно за ними признавалась главенствующая роль в вопросах организации

пространства жизнедеятельности и степень их влияния на другие компоненты была наиболее заметной. Они рассматривались как инженерные системы, образованные транспортными, водохозяйственными, энергетическими и другими коммуникациями и сооружениями, формирующими территориальное и функциональное взаимодействие элементов структуры соответствующего уровня [3].

Достаточно широко в градостроительстве использовалось также понятие социальной инфраструктуры, под которой понимался комплекс сооружений, предприятий и учреждений непроизводственной сферы, функционирующих для удовлетворения материальных и духовных потребностей населения, включающий жилье, общественное обслуживание, образование, науку [4].

Формализация инфраструктурных компонентов системы в градостроительной деятельности являлась обязательной процедурой, которая нашла отражение в разработке соответствующих методов, используемых затем на практике длительное время. Данные методы предусматривали осуществление комплексного анализа и оценки существующего состояния инфраструктуры на всех иерархических уровнях пространственной организации системы, ее планирования и проектирования с учетом перспективных потребностей развития территории с последующим закреплением в форме сетей и объектов соответствующего назначения в градостроительной документации.

Принцип построения градостроительной системы посредством выделения структурных и инфраструктурных блоков является эффективным при условии их сбалансированного и уравновешенного взаимодействия и не допускает опережения или отставания отдельных блоков (в этом случае система выходит из состояния равновесия и вызывает появление проблем). Такие условия может создавать только экономика социализма, в то время как рыночная экономика функционирует согласно модели спрос — предложение и по своей природе не способна гарантировать балансового состояния системы. Удобство и практический смысл подобного структурирования территориально-пространственной системы из экономических и градостроительных составляющих заключается в том, что при их одновременном учете не только допускается их взаимодействие, но и определяется общая, координированная направленность ее (системы) функционирования. Кроме того, использование данного принципа позволяет целенаправленно формировать механизмы управления, воздействовать как на систему в целом, так и на отдельные составляющие ее компоненты. В свою очередь, степень воздействия определяется и общими принципами управления, и специфическими особенностями градостроительных систем.

Несмотря на плановую экономику СССР с узаконенным приматом производства, различные вопросы формирования инфраструктуры территории не становились первостепенными. Наличие инфраструктурных решений в утвержденных проектах на всех уровнях пространственной организации градостроительных структур само по себе не становилось гарантией их реализации, а недооценка роли инфраструктуры в процессах развития территории приводила к негативным результатам градостроительной деятельности. Это послужило веским основанием для признания инфраструктурного обеспечения развития территории в качестве проблемы отечественного градостроительства, сделало необходимым обоснование новых методов ее решения и способствовало развитию в

профессиональных научных кругах принципов моделирования градостроительных систем. Так, практически одновременно с моделью блочной организации градостроительной системы в теории и практике градостроительства формировались и активно использовались модели, действующие на основе иных принципов. К разряду подобных примеров относится модель структурной организации территориально-пространственной системы, которая основана на принципе взаимодействия градообразующих и градообслуживающих элементов (объектов), дифференцированных в группы по формальному признаку отнесения к производственной или непроизводственной сфере.

Градообразующие объекты формируют экономическую базу территории и обуславливают характерные формы ее существования и развития. Допустима принадлежность градообразующих объектов к разным производственным отраслям, но принято относить к этой группе в основном промышленные предприятия и учреждения. Объекты градообслуживающей (непроизводственной) сферы, выполняя функции удовлетворения потребностей населения, существуют в прямой зависимости от производственной специализации градообразующих объектов, от динамики их развития и определяются соответствующими характеристиками (количественными и качественными). По тому, каким образом соотносятся и взаимодействуют градообразующие (внешние) и градообслуживающие (внутренние) функции в градостроительной системе, определяется степень ее вовлеченности в экономику региона и страны (экономическая активность системы).

Данная модель благодаря большей по сравнению с блочной моделью простоте получила широкое практическое применение при разработке градостроительной документации. В то же время механизм ранжирования на градообразующие и градообслуживающие объекты не получил соответствующего методического обеспечения, что осложняло его практическую апробацию.

Сравнительный анализ моделей структурной организации градостроительной системы на основе пространственно-экономических блоков, а также градообразующих и градообслуживающих элементов позволяет сделать следующее методологическое заключение. Социально-экономические условия, в которых создавались модели, были одинаковыми, что обуславливало единство и непротиворечивость методологических подходов даже при наличии в них структурных различий. Главным признаком объединения изложенных методов формирования градостроительных структур является их дифференциация на элементы, соответствующие выполняемым ими функциям производства и воспроизводства материальных продуктов. Принципы структурирования территориально-пространственной системы, положенные в их основу, являются дублирующими и могут корреспондироваться. Модели, развивающие данные принципы, допускают синхронизацию процедур формирования градостроительной структуры и могут использоваться в целях профессиональной деятельности.

С начала 1980-х гг., в период постиндустриального развития социалистической экономики одним из ведущих направлений государственной политики становится постоянный рост уровня жизни населения, обеспечиваемый реализацией принципа равномерности распределения и потребления материальных благ и услуг. Возрастание объемов производительности труда приводит к улучшению благосостояния населения и изменению характера его тру-

довой занятости, а сферы обмена и потребления рассматриваются уже не как второстепенные по отношению к производственному сектору, а как равноправные по отношению к нему, что вызывает появление новых градостроительных форм развития этих сфер деятельности. Именно в это время вопросы инфраструктурного обеспечения градостроительного развития территории вновь становятся приоритетными.

В эти годы принципиально по-новому формулируется вопрос о необходимости обоснования направлений интенсификации градостроительной деятельности, выработки методов рационального землепользования и, в частности, пространственной организации инфраструктуры территории, а также решения этих вопросов на государственном уровне. Эти задачи формулируются как научная проблема и становятся предметом исследований и специальных разработок.

Изучение различных аспектов этой проблемы позволило выявить необоснованность и недостаточность вычленения исключительно инженерно-технической инфраструктуры для целей градостроительной организации пространства жизнедеятельности, а также несоответствие существующих трактовок этого понятия реальному положению вещей [2]. Детальное исследование состояния этого вопроса многими специалистами позволило получить концепцию межотраслевой инфраструктуры (Красовский В.П. «Инфраструктура и интенсификация экономики»). В основе ее лежал принцип направленности инфраструктуры на обслуживание либо всей экономики в целом, либо ее крупных сфер, комплексов или узлов, а также объединения нескольких групп отраслей народного хозяйства, обладающих внутренним экономическим единством и общим функциональным назначением. Появление этой концепции означало наступление качественно нового отечественного научного знания в вопросах инфраструктуры и предвосхитило современные интегрированные принципы формирования градостроительных систем.

До начала политических и социально-экономических реформ 1990-х гг. в нашей стране еще оставались перспективы практического применения созданных структурных моделей градостроительной системы. Представлялось, что рыночный тип экономической системы по сравнению с социалистическим сохраняет установленные роли градообразующих и градообслуживающих объектов, не подавляет в целом блоки экономических функций, а влияние может оказываться, в основном, на пропорциональное соотношение элементов внутри градостроительной системы. Но уже в первые годы рыночных реформ в системе градостроительной деятельности стало очевидно, что использования этих традиционных для экономики социализма моделей не только ограничено, не правомерно, но и технологически невозможно, а процесс их адаптации к новым условиям требует соответствующих исследований и определенных временных ресурсов.

В рыночной экономике были крайне необходимы новые концепции инфраструктурного развития территории. Гипотетически порождаемые рынком отношения субъектов и новые типы экономических процессов должны были, в первую очередь, повлечь за собой изменения инфраструктурных составляющих градостроительной системы. Однако в новых трактовках понятия инфраструктуры теперь уже законы рыночной экономики не нашли отражения, и по-прежнему сохранялось ее зависимое, подчиненное, второстепенное положение.

Инфраструктура рассматривалась как комплекс отраслей и сфер хозяйства, система учреждений и организаций, обслуживающих производство и

обеспечивающих эффективное функционирование предприятий этого сектора экономики, беспрепятственное прохождение материальных и финансовых ресурсов, движение продукта от производителя к потребителю [5]. Представление инфраструктуры как совокупности организационно-экономических, социальных, юридических условий, а также сооружений, зданий, систем и служб лишней раз подчеркивало стремление разработчиков к универсальности термина, его безотносительности к типу экономики. Принципиальной для критики подобных подходов стала ограниченность используемого авторами принципа описания процесса развития инфраструктуры для целей материального производства и обеспечения повседневной жизни населения, не позволяющая раскрыть сущности новых, рыночных, отношений.

Развитие рынка способствовало значительным структурно-технологическим и организационным изменениям в общественном устройстве, что требовало поиска новых моделей инфраструктуры территории. Для этих целей автором предлагается при их разработке использовать основы теории постиндустриального общества, согласно которой социально-экономические трансформации вызывают изменения в структуре экономики, определяя приоритетное значение отдельных ее секторов (первичного, вторичного, третичного, четвертичного) [6]. Так, на индустриальной стадии развития общественных отношений очевидно доминирование блока промышленного производства с господством первичного и вторичного секторов экономики (видов деятельности, связанных с получением первичных ресурсов (сельское и лесное хозяйство, рыболовство, горно-, нефте- и газодобыча), а также отраслей обрабатывающей промышленности).

Рыночная экономика в период постиндустриального общества создает условия для тотального развития непромышленного производства с образованием новых секторов экономики, в основном третичного и в несколько меньшей степени четвертичного, со значительным расширением типологического разнообразия объектов.¹ Предназначение третичного сектора экономики виделось в обеспечении условий функционирования первичного и вторичного секторов. Четвертичный сектор способен развиваться ускоренными темпами за счет интенсификации функций управления, торговли, сбыта, материально-технического снабжения, связи, транспорта, системы информационного обеспечения (консалтинга, страхования, аудита, ведения биржевых и экономических операций, некоторых видов проектирования). Кроме того, в этом секторе формируются отдельные современные виды деятельности, специализирующиеся в так называемом элитном сегменте рынка, сопоставимые

¹ В современных условиях рыночной экономики первичный и вторичный секторы экономики утрачивают свои экономические преимущества из-за неспособности конкурировать с третичным и четвертичным секторами. Требования этих секторов экономики к пространственной организации территории кардинально различаются. Процессы «третично-четвертичной» экономики требуют для своего размещения большого количества разрозненных земельных участков, относящихся к категории репрезентативных, приращения крупных массивов территории, не получающих градообразующее значение. Постоянное расширение сфер влияния третичной и четвертичной индустрии, неравномерность размещения ее объектов, увеличение удельного веса урбанизированных территорий в пределах градостроительной системы, характерные количественные и качественные структурные изменения (диспропорции) в сложившейся функциональной организации территории приводят в целом к экстенсивному землепользованию.

по значимости и масштабам в экономическом и градостроительном отношении с первичными и вторичными секторами экономики.

Структура экономических отношений определяет поведение субъектов рынка в каждом из секторов экономики, задает направления локализации населения и диктует характерные способы пространственной организации территории. Именно эти секторы являются постоянными источниками привлечения инвестиций и извлечения дополнительной прибыли от функционирования благодаря их ориентации на крупные потоки потребителей, не зависящие от мест их проживания и характера трудовой деятельности. Они стремятся к повсеместному распространению по территории и способны оказывать выраженное воздействие на рыночную экономику территориально организованной системы, в частности региона, существенно активизируя инвестиционно-градостроительную деятельность.

Новые виды деятельности четвертичного сектора связаны с выполнением сложных технологических, управленческих, обслуживающих и информационных функций, благодаря которым сектор отличается выраженной инновационной направленностью хозяйственно-экономической деятельности его субъектов с включением «высоких» технологий управления, администрирования, современных формы науки, образования, медицины и жизнеобеспечения, активным использованием интеллектуальных ресурсов и привлечением высококвалифицированных кадров.

Кардинальные отличия пятеричного сектора экономики заключаются в порождении ею все новых функциональных объектов, напрямую зависящих от новейших достижений современной экономики и подчиненности их функционирования конъюнктуре рынка. Пятеричная индустрия, с одной стороны, не требует для размещения объектов крупных массивов территории (имеющиеся случаи единичны и являются следствием целенаправленных управленческих мероприятий) и в этом смысле не оказывает известного влияния на сложившуюся градостроительную систему. Но, с другой стороны, принципиально новым для градостроительной деятельности становится наделение этих объектов и территорий, выделяемых для их размещения, категорией экономически активных, с высокой инвестиционной отдачей. Таким образом, размещение на территории объектов пятеричной индустрии вызывает специфические трансформации сложившейся пространственной организации территории, отражающие малейшие колебания в структуре рынка.

В результате проблема выработки новых форм пространственной организации, преобразования и развития территории с учетом этих новых тенденций становится актуальной. Как следствие неравномерности социально-экономических рыночных процессов и пульсации их активности происходят преимущественно инфраструктурные, а не структурные преобразования, имеющие слабо организованный (и даже хаотичный) характер пространственной локализации на территории.

В современной России, на новом этапе развития общественных отношений с переориентацией рыночной системы на пятеричный и развитые формы четвертичного сектора особенно отчетливой становится проблема выявления инфраструктурных элементов территории. С позиций новейшего понимания места и роли современной пятеричной индустрии в экономике территории, отличающейся инновационностью процессов и их цикличностью, очевидна необходимость проведения градостроительной политики, учитывающей эти

тенденции, и вмешательства органов государственной и муниципальной власти в эти виды деятельности, а также разработки и реализации механизма управления, адекватного социально-экономической ситуации [7].

Оценка состояния экономической системы, основанная на выявлении и дифференцированном учете экономических процессов на территории, позволяет органам государственного управления проводить дифференцированную градостроительную политику, адекватную рыночным процессам, целенаправленно интенсифицируя (либо сдерживая) развитие отдельных рыночных сегментов и, соответственно, территорий. Для этих целей в градостроительной деятельности используются специальные технологии управления, включающие механизм регулирования, действующий по принципу сочетания инструментов стимулирования и ограничений [8].

Согласно законам рыночной экономики, требования к функционально-пространственной организации деятельности в каждом из секторов экономики постоянно повышаются, а это означает необходимость принятия адекватных градостроительных действий.

Современное пространство жизнедеятельности моделируется в полном соответствии с экономическими процессами, секторальными по своей генетике. Соответственно, буквальное использование рассмотренных выше «блочной» и «объектной» моделей организации градостроительной системы в современных условиях невозможно. Это связано и с тем, что в современной секторальной экономике характеристики производственной деятельности размыты, что не позволяет с полной очевидностью выявить их специфические различия и точно соотнести с типом сектора экономики. Строго говоря, не представляется возможным установить как наличие инфраструктурной составляющей в одних секторах, так и их отсутствие в других. Характеристики процессов деятельности, реализуемых в каждом из секторов экономики, мимикрируют под состояние социально-экономической системы, смешивая структурные и инфраструктурные компоненты. Многофункциональность пространственных процессов приводит к тому, что инфраструктура интегрируется в структуру, и, как следствие этого, трансформируются взаимосвязи главных и инфраструктурных составляющих градостроительной системы, инфраструктура становится сопоставимой по значимости со структурой, а ее влияние — более выраженным.

Эволюция научных представлений о процессе формирования инфраструктуры территории в нашей стране соответствует в целом аналогичным тенденциям в мировой науке в странах с рыночной экономикой, характеризующим различные аспекты «инфраструктурной» политики развития территории. Термин «инфраструктура» появляется на Западе в конце 1940-х гг. и с этого времени используется в разных интерпретациях в экономических, географических и других дисциплинах [9, 10].²

² Первоначально инфраструктура как научная категория использовалась для описания различных отраслей, обслуживающих процессы производства (прежде всего материального) и жизни общества, способствующих достижению наивысших экономических результатов. В итоге произошла дифференциация инфраструктуры на производственную (business-related) и социальную (household-related) сферы. Позднее инфраструктура стала трактоваться более широко как комплекс условий, способствующих развитию частного предпринимательства в новых отраслях (секторах) экономики.

Необходимость коррекции понятия инфраструктуры с признанием ее самостоятельным, а не подчиненным элементом экономической системы вызвана разными причинами: и процессами углубления общественного разделения труда, и невозможностью полноценного развития инфраструктуры исключительно через рыночный механизм с доминирующим участием бизнес-структур [11]. Именно с позиций определения экономической роли каждого участника рассматриваются элементы инфраструктуры — системы, объекты, службы, капитальные сооружения (системы транспортного обеспечения — автомагистрали, мосты, аэропорты, системы водоснабжения и водоотведения, энергообеспечения, утилизации отходов), создание и использование которых гражданами и компаниями собственными силами нерационально в силу высокой стоимости. Вследствие этого их осуществление становится прерогативой государства или специально привлекаемых компаний.

В этой связи выявляются новые направления и формы деятельности по развитию инфраструктуры, в основе которых лежит принцип *приоритета государственного участия* [8].

Дальнейшее развитие системы описания процесса создания и развития инфраструктуры относится в середине 1970-х гг. Трансформировалась сложившаяся традиционная структура промышленного и сельскохозяйственного производства. Динамика экономического роста и качество жизни населения стали определяться в большей степени интенсивностью появления и развития новых, неизвестных ранее видов деятельности — отдельных хозяйственных звеньев экономики. В ряде развитых капиталистических стран стало заметно проявление новых факторов влияния на развитие социально-экономических систем, так называемой новой экономики³. Это потребовало проведения политики усиления государственного вмешательства в экономику и, как следствие, переосмысления значения инфраструктурных компонентов системы.

В самом общем виде «новая экономика» характеризуется кардинальным изменением структуры и правил функционирования экономической системы

³ Термин «новая экономика» возник в начале 1980-х гг. в США вследствие кардинальных общественно-экономических трансформаций, перестройки экономических отношений в развитых странах мира по пути тотальной системы нематериального производства. Историю появления экономики нового типа связывают с обращением бизнеса и средств массовой информации к современным системам коммуникаций, Интернету (1993 г.), но также и с событиями на бирже NASDAQ в США (1995 г.), положившими начало использованию электронных экономических операций в массовом порядке. Создание высокотехнологичных Интернет-компаний первоначально было основным условием проведения разного рода экономических сделок, а позднее послужило толчком к появлению новой современной сферы деятельности, которая наряду с высокой производительностью стала еще и высокодоходной. К концу 1990-х гг. понятия «новой экономики» и постиндустриальной ступени развития общественных отношений, следующей за индустриальной экономикой, рассматриваются как синонимы. Для «новой экономики» как совокупности результатов бурных изменений в общественных отношениях, финансово-инвестиционной сфере, интенсификации технологического прогресса и интернационализации экономических систем характерно изменение принципов товарного производства. Сегодня термин «новая экономика» широко используется как в деловых, так и научных экономических сферах для описания и характеристики тенденций мировой экономики на современном этапе развития цивилизации.

со смещением приоритетов производства в сферы нематериальных продуктов, принципиально новым соотношением объемов промышленного и непромышленного производства и, как следствие этого, количественными и качественными изменениями в секторах рынка.

Принято считать, что существование «новой экономики» невозможно без широкого и комплексного использования новейших достижений науки в области техники и высоких технологий для организации и управления процессами материального и нематериального производства как вершины использования новейших механизмов и инструментариев информационно-технологических инноваций. Развитие «новой экономики» в ведущих развитых странах в значительной мере обусловлено повышением роли инноваций в экономических процессах, их темпами, направленностью и механизмами реализации.

Инновационно активные виды деятельности отличаются от прочих сокращенным жизненным циклом продукции, благ и услуг (в том числе проведения исследований, разработок и внедрения инноваций), а их развитие приводит к увеличению удельного веса в общем объеме производства продукции. Среди критериев принадлежности к отраслям «новой экономики» выделяются их инновационные характеристики, значительный удельный вес человеческого капитала по сравнению с материальными элементами. Это — современные информационные, интерактивные, коммуникативные и телекоммуникационные системы, наукоемкие отрасли, различные сферы интеллектуальной деятельности и общественной жизни, способные оказывать решающее влияние на темпы экономического развития. Вовлечение новых сегментов рынка в систему «новой экономики» обеспечивает формирование *инновационно-технологической инфраструктуры*.

Ускорение прогресса в новом понимании означает высокую зависимость показателей экономического развития, прежде всего его динамики и качества, от технологических сдвигов, происходящих под воздействием инноваций. В результате инновационной активности в сферах (или секторах) экономики увеличивается объем инвестиционных вложений в эти сектора, что обеспечивает опережающую динамику роста.

Основным источником экономического роста в условиях «новой экономики» и главным элементом механизма повышения его эффективности выступают *прогрессирующие* (выделено мною — Н.Ю.) процессы производства знаний, накопления человеческого капитала, информатизации в обществе, инновационного развития всех без исключения сфер деятельности. То, что принципиально отличает современный этап «новой экономики» — это технологическая реализация знаний и инноваций, определяющая ее эффективность.

Повышается роль предпринимательского сектора, увеличивается его активность как в пределах национальных границ, так и в глобальном масштабе. Это свидетельствует о сетевой природе «новой экономики», в которой структура элементов и их связи играют системообразующую роль [12, 13], становятся интегратором процессов глобализации мирового хозяйства. Это, в свою очередь, позволяет определять науку и знания в качестве новых условий производства в национальной экономической политике и обуславливает необхо-

димось изменения его роли при формировании направлений экономического развития страны и инновационности в подходах к его использованию⁴.

В этом контексте наука ориентируется, прежде всего, не на творческую инициативу разработчиков исследовательских продуктов, и не на отдельные группы субъектов рынка, а на потребности экономики, ее характерных (рыночно востребованных) высокотехнологичных сфер. Именно эти потребности определяют направленность процедур выполнения, обеспечения и концентрации научных исследований. Их локализация отражается на степени радикальности изменений *пространственной структуры* социально-экономических процессов. Тем самым научные исследования и разработки, технологии и организационные инновации (высокие социально-экономические технологии) становятся ведущими экономическими факторами развития экономики территории. Роль науки выражается в установлении системных прямых и обратных связей между различными стадиями инновационного цикла, производителями и потребителями продуктов «новой экономики», рынком, государственной системой.

Благодаря принципиально новой ресурсной основе, источникам и факторам развития общественно-экономических отношений трансформируется процесс функционирования традиционных сфер материального производства и выявляются новые приоритетные отрасли экономики, направленные на производство нового дематериализованного товарного продукта рыночной системы — *инновационных технологических решений*. Эта зависимость трансформирует технологические основы всех без исключения сфер деятельности, структуру рыночных сегментов экономики посредством перераспределения финансовых потоков.

С одной стороны, «новая экономика» — рыночная система, не отрицающая и сохраняющая значимость подавляющего большинства ее фундаментальных законов даже при условии модификации их действия и форм проявления. Высокая эффективность функционирования рыночной системы «новой экономики» и ее характерные проявления на современной, качественно новой ступени развития социально-экономических отношений становится результатом действия новых факторов, таких, например, как альтернативные и динамично изменяющиеся предпочтения потребителей, требующих соответствующей реакции бизнеса.

С другой стороны, новая система экономических отношений стремится к достижению органического единства технологических систем и природной среды, что требует социальной ориентации государственной политики. Это

⁴ Более того, именно эти факторы и условия становятся ведущими ресурсами развития современных общественных отношений. Важно, что в качестве таких ресурсов рассматриваются знания и интеллект, а не информация и даже не информационные ресурсы, то есть продукты их усвоения человеком, не существующие вне его сознания и приобретающие новые качества. Благодаря этому новому типу ресурса традиционные секторы экономики начинают взаимодействовать с вновь образованными элементами, а структура экономической системы совершенствуется. Таким образом, новый вид ресурса отражает специфику не постиндустриального, а информационного общества, в котором непрерывность выработки новых знаний и их постоянное обновление являются обязательными условиями его существования. Одновременно с этим существенно возрастает степень и эффективность коммерциализации этого типа ресурса по широкому спектру социально-экономических отношений.

приводит к необходимости выработки новых моделей функционирования рыночных структур, основанных на принципе сочетания рыночных и социальных начал, а также механизмов их практической реализации, напрямую зависящих от установления способов взаимодействия власти, бизнеса и общества.

В свете вышеизложенного «новая (неоиндустриальная) экономика» определяется как тип социально-экономической системы на современном, следующим за постиндустриальным этапе своего развития. Инновационная экономика, в отличие от этого, является не типом системы, а *формой существования* основных системообразующих экономических отношений «новой экономики» конца XX — начала XXI веков. Принципиальное отличие данной трактовки от существовавших ранее заключается в наличии в экономической системе новых качественных характеристик. Основными признаками «инновационной экономики» являются новые экономические процессы, порождающие инновационные формы, методы, механизмы организации и функционирования производственно-финансовой жизни, образования.

Общим в формате глобализации для инновационной экономики в разных странах мира является признание постоянного социально-экономического развития ее объектов и субъектов. Использование формулировки инновационная экономика, таким образом, подразумевает инновационную модель развития современной, то есть новой экономики, и правильнее бы было говорить об инновационном развитии социально-экономической системы [14—19]. Тенденции, проявляющиеся сегодня в общественных и экономических отношениях в разных странах мира под воздействием этих изменений, становятся предметом научного осмысления, появляются исследования и разработки, освещающие особенности процесса становления «новой экономики» и в нашей стране [20, 12, 13, 21, 22].

Переход экономической системы России на инновационную модель развития обуславливает приоритет инновационного вектора развития ее отраслей и секторов экономической активности. Эти задачи рассматриваются государством в ряду стратегически важных, а их практическая реализация напрямую связана с обеспечением условий развития российских регионов [23, 24]. Соответственно, факторами устойчивого инновационного социально-экономического развития регионов становятся не глобальные конкурентные преимущества в сферах добычи и переработки природных ресурсов, энергетики, транспорта, в аграрном секторе, а инновационные, высокотехнологичные завоевания и их интенсивное внедрение во все виды хозяйственно-экономической деятельности. В силу того, что инновационная экономика является качественно новой формой хозяйствования, ее влияние не может ограничиваться собственно научной и инновационной сферами. Достижение этого состояния неотделимо от структурной модернизации всех сфер экономической активности, приобретения ими инновационных характеристик, а также от нацеленности системы управления социально-экономическими отношениями на создание в обществе условий для развития и использования новых видов ресурсов.

Режим инновационного развития регионов, таким образом, означает постоянное воспроизводство инновационных форм социально-экономических процессов, ориентированных на их перспективное развитие. В условиях нашей страны это выражается в устранении инфраструктурных ограничений,

формировании благоприятного инновационного климата, синтезируемых в *новых пространственных интегрированных решениях*.

Одним из базовых понятий в инновационной модели развития экономики и ее основой является национальная инновационная система (НИС), самые первые концепции которой разрабатывались в 1980-е гг. практически одновременно большой группой авторов под руководством ученых: Б. Лундвалла (университет г. Упсала, Швеция), К. Фримена (Центр изучения научной политики при Сассекском университете, Великобритания), Г. Нельсона (Колумбийский университета, США) [16, 17, 19]. Первоначально НИС представлялась как специфическая форма описания характеристик национальных различий в уровне технологического развития разных стран (К. Фримен). Впоследствии усилиями большого числа исследователей концепция НИС получила заметное развитие. С новых позиций был предложен подход продуктивного (инновационного) взаимодействия участников рынка, предполагающий формирование системы инструментов социально-экономической политики, создание и модернизацию сети институциональных структур в государственном и частном секторах экономики, зависимой от степени активности распространения новых технологий (Б. Лундваль).

Считается, что национальная инновационная система, представленная совокупностью различных субъектов, отношений между ними, правил взаимодействия и инфраструктуры объектов, является ключевым условием обеспечения глобальной конкурентоспособности страны. Эта система призвана обеспечивать создание (производство), хранение, передачу и распространение инноваций (знаний, навыков и артефактов), определяющих новые технологии, генерация которых обеспечивает заметный вклад в создание и распространение новых технологий, создавая основу для правительства при реализации политики инновационного развития. Аналитический аппарат концепции НИС дополняется обязательностью системного подхода к развитию инновационных процессов и оценке их эффективности посредством кооперации ее отдельных элементов, а также взаимодействия с общественными институтами (такими как ценности, нормы, право) [16, 25].

Особенностью российской концепции инновационного развития экономики является то, что формирование НИС предусматривает стимулирование спроса на инновации, поддержку инновационно емких проектов во всех отраслях экономики, совершенствование системы прогнозирования и реализации научных и технологических приоритетов, внедрение механизмов государственного регулирования.

Самым общим признаком современной инфраструктуры национальной инновационной системы (*инновационной инфраструктуры*) является выполнение ею функций обеспечения технического и технологического обновления рыночных сегментов на постоянно повышающемся уровне научно-технических достижений [15, 26, 27]. Основным принципом функционирования инновационной инфраструктуры является взаимодействие и взаимодополнение производственно-технических и организационно-управляющих систем, необходимых и достаточных для эффективной реализации инновационных процессов.

Эффективность инновационного развития экономики во многом определяется характеристиками инновационной инфраструктуры. В настоящее вре-

мя отдельные реализованные ее объекты не дают целостной картины. Взаимодействие разрозненных и изолированных друг от друга элементов инфраструктуры происходит разбалансированно и безотносительно к общим принципам развития системы, что не позволяет сформировать целостное представление о перспективах их последующего развития. Для достижимости инновационного развития в «новой экономике» необходимыми являются условия структурной организации системы и активизации процессов взаимодействия ее элементов, что возможно при условии *целенаправленного формирования оптимальной инфраструктуры*.

Инновационная инфраструктура региона (ИИР) является базовой составляющей инновационной экономики, инновационного потенциала общества, она предопределяет темпы (скорость) развития экономики и рост благосостояния населения. Развитость ИИР отражает степень инновационности пространственного развития экономики. Поэтому в идеале для эффективного функционирования инновационной экономики инновационная ИИР должна быть эффективной, функционально полной и универсальной. Оценить эти состояния можно по наличию принципа мультипликационности, который выражается в оказании непосредственного воздействия не только на показатели отдельных экономических секторов, но и на развитие экономической системы в целом.

Исходя из этих посылов, а также из имеющегося опыта развитых стран мира, можно констатировать, что в условиях глобальной конкуренции на мировом рынке развитая ИИР является структурным ядром национальной инновационной системы, фундаментом инновационной экономики, а также эффективным механизмом современного развития территорий всех иерархических уровней ее организации.

В соответствии с этими установками формируются основные положения региональной политики, а инфраструктура рассматривается как приоритетный объект государственного управления и один из ключевых инструментов социально-экономического развития субъектов Российской Федерации [15, 26, 27, 28, 29]. В то же время нельзя не отметить явного противоречия между необходимостью достижения целей инновационного развития российских регионов и стандартных («неинновационных») подходов к процессу формирования региональной инфраструктуры. С позиций государственного управления предусматривается размещение федеральной инфраструктуры в области транспорта, энергетики, связи, здравоохранения, образования, науки и иных областях в целях создания условий для развития субъектов Российской Федерации с учетом их конкурентных преимуществ. А повышение эффективности использования указанной инфраструктуры предполагается посредством совершенствования мероприятий территориального планирования в рамках единой системы стратегического планирования развития Российской Федерации, субъектов Российской Федерации и муниципальных образований.

Другой, не менее важной государственной задачей инновационного развития российских регионов на современном этапе является необходимость одновременного сочетания форм и догоняющего, и опережающего развития [23, 25, 30, 31]. Имеется в виду опережающее развитие тех секторов российской экономики (и, соответственно, территорий), которые способны определять ее специализацию в мировой системе хозяйствования и в максимальной степени реализо-

вать национальные конкурентные преимущества. Решение этих вопросов в практической плоскости и в территориальном аспекте означает долгосрочное прогнозирование развития перспективных для каждого российского региона секторов экономики, составляющих основу для образования территориально-производственных кластеров и единых технологических цепочек для производства продукции с высокой добавленной стоимостью и формирующих основной вклад в экономику соответствующего региона.

В этих целях в территориальной привязке к федеральным округам определены, в частности, зоны так называемого опережающего экономического роста [29, 30, 31]. Для их фиксации использованы такие экономические категории, как зоны освоения природных ресурсов, зоны обрабатывающей промышленности, зоны агропромышленного комплекса, зоны туризма и рекреации. Наряду с этим впервые в отечественной практике государственного управления предлагается использование категории зоны «агломераций и инновационных технологий». Как показали результаты проведенного автором анализа перспективных схем формирования этих зон на территории различных регионов нашей страны, при определении типологии зон развития разработчики исходили из необходимости сочетать противопоставленные друг другу по сути подходы: стандартные, основанные на использовании таких типов зон, как транспортные, энергетические, телекоммуникационные, производственные и социальные, и инновационные, выражающиеся, в частности, в выявлении зон «новой экономики». Представленная новация не нарушает существующей и используемой в настоящее время типологической однородности федеральной инфраструктуры. И, в то же время, пространственная локализация зон инновационного развития в пределах отдельных регионов не отражает реальных процессов.

Вместе с тем возможность сосуществования инфраструктур, формируемых традиционными объектами и объектами «новой экономики», остается серьезной методологической проблемой. Предлагаются различные способы решения этой, совершенно новой для российского опыта управления регионами проблемы [15, 26—31]. Проведенный анализ многообразия распространенных современных решений сводится, в основном, к следующему варианту. Согласно ему, внимание органов управления акцентируется на отдельных элементах инновационной инфраструктуры, а среди ее основных признаков выделяются способность оперативно и гибко реализовать необходимые в данный момент времени инновации, основанные на высоких производственных технологиях, и универсальность (или конкурентоспособность) для осуществления любых инноваций и развития любых производств. Иными словами, существующие методологические подходы вызывают критику по причине своей излишней теоретичности и неконкретности.

В настоящее время в нашей стране существуют только предпосылки формирования и ограниченный опыт практической реализации инновационной инфраструктуры. В стадии создания находятся ее отдельные элементы, а типология этих элементов не развита и представлена, как правило, особыми экономическими зонами, технопарками, бизнес-инкубаторами, центрами трансферта технологий, венчурными, технико-внедренческими, инжиниринговыми и проектными компаниями. Стандартным для отечественной практики управления является определение перспектив развития инфраструктуры инновационной экономики в

основном за счет предприятий ее инновационного сектора, инновационных кластеров, новых форм организации научной и образовательной деятельности, способных взять на себя основную нагрузку в кадровом и научном обеспечении запросов высокотехнологичного сектора национальной экономики. В этой связи признание синонимами инфраструктуры создания и реализации инноваций и инновационной инфраструктуры представляется не вполне корректным. Последнее является более общим понятием.

Все это является косвенным объяснением причин отсутствия в отечественной практике управления регионами общепринятого определения инновационной инфраструктуры социально-экономического пространства региона и разнохарактерных трактовок этого термина разработчиками градостроительной документации. Для корректного понимания сущности инновационной инфраструктуры необходимо обоснование современных принципов ее формирования и обязательность одновременного их сочетания в процессе ее реализации.

Инновационная инфраструктура образует нижележащий по отношению к структуре уровень [32, 33], объединяя элементы развития региона (объекты, капитальные сооружения, а также их связи), назначение которой — обновляемое, поступательное функционирование системы, а не дополнение или сопровождение основных видов хозяйственной деятельности. Эти пространственные элементы отражают наиболее активные на территории регионов социально-экономические процессы посредством, например, зон и узлов опережающего экономического роста. Строго говоря, зоны и узлы развития региона, интегрируясь друг в друга, и с учетом комплекса действующих градостроительных факторов формируют «точки роста» территории различных видов. «Точки роста» разных видов образуют многослойную инфраструктуру, что обеспечивает условия полноценного функционирования градостроительной системы в целом. Последующие изменения в содержании процессов развития региона приводят как к появлению новых элементов «инновационной инфраструктуры», так и замедлению темпов пространственного расширения ранее образованных «точек роста».

Обоснование, выявление и закрепление на территории процессов инновационного развития является первой стадией формирования инновационной инфраструктуры региона. Но реальная возможность ее существования, а также ее жизнеспособность сопряжена с наделением ее определенными количественными и качественными характеристиками, — параметрами функционирования. Именно благодаря наличию этих категорий обеспечивается планируемое в заданных параметрах (параметрируемое) развитие пространства жизнедеятельности.

Механизм практической реализации инновационной инфраструктуры региона основан на согласовании процедур территориальной локализации процессов развития и обоснования комплекса мер, разрабатываемых органами государственного управления регионального уровня. В этом смысле считавшийся обязательным государственный приоритет ее обеспечения сегодня утрачивает свое доминирующее значение. Принципиальным новшеством реализации инновационной инфраструктуры региона становится обоснование модели государственно-частного партнерства, напрямую зависящей от модели инновационного развития региона. Благодаря данному подходу совершенствуется система государственного управления: она адаптируется под дина-

мику социально-экономических процессов развития региона, а государство приобретает новую функцию — регулятора этих процессов. Новые акценты взаимодействия государства и бизнеса проявляются в том, что типы «точек роста» становятся основанием для выбора модели государственно-частного партнерства.

В конечном счете выявленные пространственные приоритеты развития региона определяют строение инновационной инфраструктуры, сочетающей различные типы «точек роста». Фиксация этих приоритетов в пространственном аспекте будет осуществляться в объектах соответствующего уровня инновационной инфраструктуры региона. В соответствии с ИИР происходит наполнение содержания *документов развития региона*. Современная законодательная база градостроительства дает определенные для этих целей основания. Возможна оптимизация имеющихся правовых положений Градостроительного кодекса посредством узаконения синхронизации процедур стратегического (социально-экономического) и территориального планирования в систему пространственного планирования [34]. В практическом аспекте реализация ИИР выражается в планировании бюджетных капитальных вложений под ее конкретные объекты. В свою очередь, система таких объектов каждого типа определяет подпрограмму инновационного развития конкретного региона, согласуемую по показателям развития с соответствующими долгосрочными программами федерального уровня.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Управление развитием крупных городов / Академия наук СССР, Институт социально-экономических проблем ; под ред. И.И. Сигова. Л., 1985.
2. *Сегединов А.А.* Проблемы экономики пространственного развития инфраструктуры городов : автореф. дис... д-ра экон. наук. М., 1982.
3. Основы теории градостроительства / З.Н. Яргина, Я.В. Косицкий, В.В. Владимиров и др. М., 1986.
4. *Авдотын Л.Н., Лежсва И.Г., Смоляр И.М.* Градостроительное проектирование. М., 1989.
5. Популярная экономическая энциклопедия. М., 2001.
6. *Занадворов В.С., Занадворова А.В.* Экономика города. М., 2003.
7. *Юшкова Н.Г.* Градостроительное развитие территории: проблемы пространственной политики и государственное регулирование // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2009. Вып. 14 (33). С. 196—202.
8. *Юшкова Н.Г.* Проблемы управления градостроительными процессами: взаимодействие государства и рынка // АСАСЕМІА. Архитектура и строительство. М., 2010.
9. Проблемы и тенденции развития региональной инфраструктуры в России / А.Н. Арянин, М.М. Минченко, Н.Н. Ноздрин, Е.М. Щербакова // Региональные исследования. 2007. № 4 (14).
10. *Александрова Т.Е.* Теоретические аспекты изучения пространственной организации морской инфраструктуры // Региональные исследования. 2011. № 1 (31).
11. *Макконнел Кэмпбелл Р., Стэнли Брю.* Экономика: принципы, проблемы и политика : в 2 т. : пер. с англ. 11-го изд. Т. 2. Л. ; М., 1992.
12. *Авдокушин Е.Ф.* О предпосылках и сущности «новой экономики» // Вопросы новой экономики. 2009. № 3 (11). С. 4—46.
13. *Базылев Н.И., Соболева Н.В.* Глобализация и «новая экономика» (соотношение понятий) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.mecopom.ru> (дата обращения: 16.11.2011).
14. Инновационная экономика // Википедия [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 16.11.2011).
15. *Исмаилов Т. А., Гамидов Г.С.* Инновационная экономика — стратегическое направление развития России в XXI веке [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://stra.teg.ru> (дата обращения: 16.11.2011).

16. Инновационное развитие — основа модернизации экономики России: национальный доклад. М. : ИМЭМО РАН, ГУ ВШЭ, 2008.
 17. Черковец В. Особенности нового этапа инновационного развития России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://institutiones.com/innovations/895-osobennosti-novogo-jetara-innovacionnogo-razvitiya-rossii.html> (дата обращения: 16.11.2011).
 18. Сербиновский Б.Ю., Захарова О.С. О содержании терминов «инновационная экономика», «новая экономика» и «экономика знаний» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2010/07/pdf/11.pdf> (дата обращения: 16.11.2011).
 19. Вагин С.Г. Инновационно-технологическое развитие промышленности Российской Федерации: теория и методология : автореф. дисс. ... д-ра экон. наук. СПб, 2011.
 20. Новая экономика // Википедия [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 16.11.2011).
 21. Долгин А. Манифест новой экономики. Вторая невидимая рука рынка. М., 2010.
 22. Дьяченко О.В. К сущности категории «новая экономика» // Вестник Челябинского государственного университета. 2010. № 5 (186). Экономика. Вып. 25. С. 18—23.
 23. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 17 ноября 2008 г. № 1663-р).
 24. Основные направления деятельности правительства Российской Федерации на период до 2012 года. (утверждены распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1663-р).
 25. Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года / Минэкономразвития России. М., 2010.
 26. Об инновационной деятельности и государственной инновационной политике в Российской Федерации : федер. закон Росс. Федерации.
 27. Бендигов М.А. Инфраструктура инновационной деятельности: сущность, состав и цели региона. Стратегическое планирование и развитие предприятий // Материалы Десятого всероссийского симпозиума (14—15 апреля 2009 года, Москва). М., 2009. С. 22—26.
 28. Ульянова О.Ю. Развитие жилищной системы в региональной социальной инфраструктуре: инновации, инвестиции и культура. Волгоград, 2008.
 29. Развитие российских регионов: новые теоретические и методологические подходы. СПб., 2006.
 30. Концепция совершенствования региональной политики в Российской Федерации 2009—2010.
 31. Концепция Стратегии социально-экономического развития регионов Российской Федерации / М-во регионального развития Российской Федерации. 2005.
 32. Алаев Э.Б. Социально-экономическая география. М., 1983.
 33. Смоляр И. М. Терминологический словарь по градостроительству. М., 2004.
 34. Юшкова Н.Г. Алгоритмы управления градостроительными процессами // Вестник гражданских инженеров. 2010. Вып. 3 (24). С. 30—35.
1. Upravlenie razvitiem krupnykh gorodov / Akademia nauk SSSR, Institut sotsialno-ekonomicheskikh problem ; pod red. I.I.Sigova. L., 1985.
 2. Segeginov A.A. Problemy ekonomiki prostranstvennogo razvitiya infrastrukturi gorodov : avto-ref. dis... d-ra ekon. nauk. M., 1982.
 3. Osnovy teorii gradostroitelstva / Z.N. Yargina, Ya.V. Kositski, V.V. Vladimirov i dr. M., 1986.
 4. Avdotin L.N., Lezhava I.G., Smoliar I.M. Gradostroitelnoe proektirovanie. M., 1989
 5. Populyarnaya ekonomicheskaya entsiklopediya. M., 2001.
 6. Zavadvorov V.S., Zavadvorova A.V. Ekonomika goroda. M., 2003.
 7. Yushkova N.G. Gradostroitelnoe razvitiye territorii: problemy prostranstvennoi politiki i gosudarstvennoe regulirovanie // Vestnik. VolgGASU. Ser.: Stroitelstvo i arkhitektura. 2009. Vyp. 14 (33). S. 196—202.
 8. Yushkova N.G. Problemy upravleniya gradostroitelnyimi protsessami: vzaimodeistvie gosudarstva i rynka // ACADEMIA. Arkhitektura i stroitelstvo. M., 2010.
 9. Problemy i tendentsii razvitiya regionalnoi infrastruktury v Rossii / A.N. Aryanin, M.M. Minchenko, N.N. Nozdrina, E.M. Scherbakova // Regionalnye issledovaniya. 2007. № 4 (14).
 10. Aleksandrova T.E. Teoreticheskie aspekty izucheniya prostranstvennoi organizatsii morskoi infrastruktury // Regionalnye issledovaniya. 2011. №1 (31).

11. *Makkonnel Kempbell R., Stenli Bru.* Ekonomiks: printsypy, problemy i politika : v 2 t. : per. s angl. 11-go izd. T. 2. L. ; M., 1992.
12. *Avdokushin E.F.* O predposylkah i sushchnosti «novoi ekonomiki» // *Voprosy novoi ekonomiki.* 2009. № 3 (11). S. 4—46.
13. *Bazilev N.I., Soboleva N.V.* Globalizatsia i «novaya ekonomikai» (sootnoshenie ponyati) [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.meconomy>.
14. Innovatsionnaya ekonomika // Wikipedia [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa: <http://ru.wikipedia.org/wiki>
15. *Ismailov T.A., Gamidov G.S.* Innovatsionnaya ekonomika — strategicheskoe napravlenie razvitiia Rossii v XXI veke [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa: <http://stra.teg.ru>.
16. Innovatsionnoe razvitiie — osnova modernizatsii ekonomiki Rossii: natsionalny doklad. M.: IMEMO RAN, GU VShE, 2008.
17. *Cherkovets V.* Osobennosti novogo etapa innovatsionnogo razvitiia Rossii [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa: <http://institutiones.com/innovations/895-osobennosti-novogo-jetapa-innovatsionnogo-razvitiia-rossii.html>.
18. *Serbinovski B.Yu., Zaharova O.S.* O sodержanii terminov «innovatsionnaya ekonomika», «novaya ekonomika» i «ekonomika znani» [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2010/07/pdf/11.pdf>.
19. *Vagin S.G.* Innovatsionno-tehnologicheskoe razvitiie promyshlennosti Rossiiskoi Federatsii: teoria i metodologiya : avtoref. diss... d-ra ekon. nauk. SPb, 2011.
20. Novaya ekonomika // Wikipedia [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa: <http://ru.wikipedia.org/wiki>.
21. *Dolgin A.* Manifest novoi ekonomiki. Vtoraya nevidimaya ruka rynka. M., 2010.
22. *Dyachenko O.V.* K sushchnosti kategorii «novaya ekonomikai» // *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta.* 2010. № 5 (186). Ekonomika. Vyp. 25. S. 18—23.
23. Kontseptsia dolgosrochnogo sotsialno-ekonomicheskogo razvitiia Rossiiskoi Federatsii na period do 2020 goda (utv.rasporyazheniem Pravitelstva Rossiiskoi Federatsii ot 17 noyabrya 2008 g. № 1662-p).
24. Osnovnye napravleniya deyatelnosti pravitelstva Rossiiskoi Federatsii na period do 2012 goda. (utv. rasporyazheniem Pravitelstva Rossiiskoi Federatsii ot 17 noyabrya 2008 g. № 1663-p).
25. Strategia innovatsionnogo razvitiia Rossiiskoi Federatsii na period do 2020 goda / Minekonomrazvitiia Rossii. M., 2010.
26. Ob innovatsionnoi deyatelnosti i gosudarstvennoi innovatsionnoi politike v Rossiiskoi Federatsii : feder. zakon. Ross. Federatsii.
27. *Bendikov M.A.* Infrastruktura innovatsionnoi deyatelnosti: sushchnost, sostav i tseli regiona. Strategicheskoe planirovanie i razvitiie predpriyati // *Materialy Desyatogo vsrossiyskogo simpoziuma (14—15 aprelya 2009 goda, Moskva).* M., 2009. S. 22—26.
28. *Ulyanova O.Yu.* Razvitiie zhilishchnoi sistemi v regionalnoi sotsialnoi infrastrukture: innovatsii, investitsii i kultura. Volgograd, 2008.
29. Razvitiie rossiiskikh regionov: novye teoreticheskie i metodologicheskie podhody. SPb., 2006.
30. Kontseptsia sovershenstvovaniia regionalnoi politiki v Rossiiskoi Federatsii 2009—2010.
31. Kontseptsia Stratgii sotsialno-ekonomicheskogo razvitiia regionov Rossiiskoi Federatsii / M-vo regionalnogo razvitiia Rossiiskoi Federatsii. 2005.
32. *Alaev E.B.* Sotsialno-ekonomicheskaya geografiia. M., 1983.
33. *Smolyar I.M.* Terminologicheskii slovar po gradostroitelstvu. M., 2004.
34. *Yushkova N.G.* Algoritmy upravleniya gradostroitelnyimi protsessami // *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov.* 2010. Vip. 3 (24). S. 30—35.

© Юшкова Н. Г., 2011

Поступила в редакцию
в ноябре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Юшкова Н. Г. Градостроительная структура социально-экономического пространства региона // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2011. Вып. 24(43). С. 120—138.

НАШИ АВТОРЫ

Артёмов Сергей Николаевич
Artemov Sergei Nikolayevich

Артёмова Светлана Георгиевна
Artemova Svetlana Georgiyevna

Богомолов Александр Николаевич
Bogomolov Alexandr Nikolayevich

Голованчиков Александр Борисович
Golovanchikov Alexandr Borisovich

Дулькина Наталия Александровна
Dulkina Nataliya Alexandrovna

Евтушенко Сергей Иванович
Yevtushenko Sergei Ivanovich

Ефремов Михаил Юрьевич
Efremov Mikhail Yurevich

Игнатьев Владимир Александрович
Ignatev Vladimir Alexandrovich

Кадоццев Максим Игоревич
Kadomtsev Maxim Igorevich

Калашников Сергей Юрьевич
Kalashnikov Sergei Yurevich

Киселёва Ольга Витальевна
Kiseleva Olga Vitalevna

Корнеев Александр Дмитриевич
Korneyev Alexandr Dmitriyevich

Кузнецов Александр Валерьевич
Kuznetsov Alexandr Valerevich

Маринина Ольга Николаевна
Marinina Olga Nikolayevna

Масляев Александр Викторович
Maslyayev Alexandr Viktorovich

Мензелинцев Надежда Васильевна
Menzelintseva Nadezhda Vasilevna

Олянский Юрий Иванович
Olyanski Yuri Ivanovich

канд. техн. наук, доцент, ВолгГАСУ, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, snartemov@mail.ru

Candidate of Engineering Science, Assistant Professor, VSUACE
старший преподаватель кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений, ВолгГАСУ, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1
Senior lecturer of construction and operation of transport works department, VSUACE
д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой гидротехнических и земляных сооружений, проректор по научной работе ВолгГАСУ, (8442) 96-99-54, banzaritcyn@mail.ru

Doctor of Engineering Science, Professor, Department Chairman of hydraulic and earthwork structures, Vice-Rector for Scientific Research, VSUACE
д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой процессов и аппаратов химических производств, Волгоградский государственный технический университет, (8442) 24-84-31, pahp@vstu.ru

Doctor of Engineering Science, Professor, Department Chairman of processes and instruments of chemical productions, Volgograd State Technical University
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры процессов и аппаратов химических производств, Волгоградский государственный технический университет, (8442) 24-84-31, dnataly@mail.ru

Candidate of Engineering Science, Assistant Professor, Assistant Professor of processes and instruments of chemical productions department, Volgograd State Technical University

канд. техн. наук, проф., зав. кафедрой сопротивления материалов, строительной и прикладной механики, Южно-Российский государственный технический университет, 346428, Новочеркасск, ул. Просвещения, 132, evtushenko_s@novoch.ru

Candidate of Engineering Science, Professor, Department Chairman of structural resistance, construction and applied mechanics, South-Russia State Technical University

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры процессов и аппаратов химических производств, Волгоградский государственный технический университет, pahp@vstu.ru

Candidate of Engineering Science, Assistant Professor, Assistant Professor of processes and instruments of chemical productions department, Volgograd State Technical University

д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, советник РААСН, зав. кафедрой строительной механики, ВолгГАСУ, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

Doctor of Engineering Science, Professor, Honoured master of sciences and engineering of RF, counsellor of RAACS, Department Chairman of building mechanics, VSUACE

канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры информационных систем в строительстве, Ростовский государственный строительный университет, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Assistant Professor of information systems department, Rostov State University of Civil Engineering

д-р техн. наук, профессор, действительный член Международной академии наук высшей школы, ректор ВолгГАСУ, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая 1, (8442) 97-49-72, info@vgasu.ru

Doctor of Engineering Science, Professor, General Member of the International Higher Education Academy of Science, rector, VSUACE

инженер каф. гидротехнических и земляных сооружений, ВолгГАСУ, 400074, Волгоград, Академическая, 1

engineer of hydraulic and earthwork structures department, VSUACE

д-р техн. наук, профессор, Липецкий государственный технический университет, 398600, г. Липецк, ул. Московская, 30

Doctor of Engineering Science, Professor, Lipetsk State Technical University

старший преподаватель кафедры процессов и аппаратов химических производств, Волгоградский государственный технический университет, ai77@mail333.com

Senior professor of processes and instruments of chemical productions, Volgograd State Technical University

старший преподаватель кафедры инженерной графики, стандартизации и метрологии, ВолгГАСУ, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

Senior professor of engineering graphics, standardization and metrology department, VSUACE

канд. техн. наук, научно-исследовательская сейсмологическая лаборатория ВолгГАСУ, эксперт ГУ РИНКЦЭ по сейсмологии и сейсмостойкому строительству, (8442) 97-49-64, maslaev@mail.ru, victor3705@mail.ru

Candidate of Engineering Science, scientific seismological laboratory, VSUACE, expert of GA RRSCCE on seismology and antiseismic construction

д-р техн. наук, профессор, декан факультета инженерных систем и технологической безопасности, ВолгГАСУ, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

Doctor of Engineering Science, Professor, Dean of engineering systems and technosphere safety faculty

д-р геол.-минерал. наук, доц., проф. кафедры гидротехнических и земляных сооружений ВолгГАСУ, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, Olyanskii@mail.ru

Doctor of Geological and Mineral Science, Associate Professor, professor of hydraulic and earthwork structures department, VSUACE

Осипова Наталья Николаевна Osipova Nataliya Nikolayevna	канд. техн. наук, доцент, Саратовский государственный технический университет, 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77, osnat75@mail.ru Candidate of Engineering Science, Assistant Professor, Saratov State Technical University
Пихур Виталий Николаевич Pikhur Vitali Nikolayevich	аспирант, инженер кафедры сопротивления материалов, строительной и прикладной механики, Южно-Российский государственный технический университет, 346428, Новочеркасск, ул. Просвещения, 132, V-pihur@ya.ru Post-graduate student, engineer of structural resistance, construction and applied mechanics department, South-Russia State Technical University
Проскурякова Анастасия Олеговна Proskuryakova Anastasiya Olegovna	ассистент, Липецкий государственный технический университет, 398600, г. Липецк, ул. Московская, 30, kaf-st@stu.lipetsk.ru assistant, Lipetsk State Technical University
Пушенко Сергей Леонардович Pushenko Sergei Leonardovich	кандидат техн. наук, профессор, зав. кафедрой безопасности технологических процессов и производств, Ростовский государственный строительный университет (РГСУ), psirostov@mail.ru Candidate of Engineering Science, Professor, Department Chairman of engineering processes and productions safety, Rostov State University of Civil Engineering
Пшеничкина Валерия Александровна Pshenichkina Valeriya Alexandrovna	д-р техн. наук, профессор, декан строительного факультета, ВолгГАСУ, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1 Doctor of Engineering Science, Professor, Dean of construction faculty, VSUACE
Соловьев Александр Владимирович Solovlev Alexandr Vladimirovich	канд. тех. наук, соискатель кафедры гидротехнических и земляных сооружений, ВолгГАСУ, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1 Candidate of Engineering Science, Degree-seeking student of hydraulic and earthwork structures department, VSUACE
Стасева Елена Владимировна Staseva Yelena Vladimirovna	старший преподаватель кафедры безопасности технологических процессов и производств, Ростовский государственный строительный университет (РГСУ), elena_staseva@mail.ru Senior professor of engineering processes and productions safety department, Rostov State University of Civil Engineering
Статун Александр Сергеевич Statun Alexandr Sergeyevich	аспирант кафедры гидротехнических и земляных сооружений, ВолгГАСУ, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1 Post-graduate student of hydraulic and earthwork structures department, VSUACE
Стешенко Дмитрий Михайлович Steshenko Dmitri Mikhailovich	канд. техн. наук, Северо-Кавказский государственный технический университет, 355000, Ставрополь, пр. Кулакова, 2, dmitristeshenko@mail.ru Candidate of Engineering Science, North Caucasus State Technical University
Тихонова Таисия Михайловна Tikhonova Taisiya Mikhailovna	инженер отдела аспирантуры и докторантуры, ВолгГАСУ, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, taisya-555@mail.ru departmental engineer of postgraduate centre and doctoral candidacy, VSUACE
Ушаков Андрей Николаевич Ushakov Andrei Nikolayevich	докторант кафедры гидротехнических и земляных сооружений, ВолгГАСУ, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1 Postdoctoral student of hydraulic and earthwork structures department, VSUACE
Чантуридзе Андрей Ушангиевич Chanturidze Andrei Ushangiyevich	ассистент кафедры прикладной математики и вычислительной техники, ВолгГАСУ, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, andrei.Chanturidze@gmail.com assistant of applied mathematics and computer science department, VSUACE
Шапошников Никита Андреевич Shaposhnikov Nikita Andreyevich	аспирант, ВолгГАСУ, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, sshhookk@mail.ru Post-graduate student, VSUACE
Шиян Станислав Иванович Shiyan Stanislav Ivanovich	канд. техн. наук, докторант кафедры гидротехнических и земляных сооружений, ВолгГАСУ, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, banzaritcyn@mail.ru Candidate of Engineering Science, Postdoctoral student of hydraulic and earthwork structures department, VSUACE
Юшкова Наталия Геннадиевна Yushkova Nataliya Gennadiyevna	кандидат архитектуры, доцент кафедры архитектуры жилых и общественных зданий, ВолгГАСУ, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, info@vgasu.ru , (8442) 96-98-59 Candidate of Architecture, Assistant Professor of apartment and public buildings architecture department, 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 приставные списки литературы представлены в **Российском индексе научного цитирования (РИНЦ)** на сайте Научной электронной библиотеки www.elibrary.ru.

«Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия «Строительство и архитектура» входит в базу данных **Ulrich's Periodicals Directory** американского издательства Bowker, являющуюся самой крупной базой, описывающей мировой поток сериальных (периодических и продолжающихся) изданий. Активно используется научными учреждениями для анализа мирового потока сериальных изданий.

Серия включена в базу данных **DOAJ — Directory of Open Access Journals** (Директория журналов открытого доступа) научной библиотеки университета г. Лунд (Швеция), www.doaj.org, обеспечивающую открытый доступ к полнотекстовым материалам научных и академических журналов на различных языках, поддерживающих систему контроля качества публикуемых статей.

Требования к оформлению статей и сопроводительных материалов. Статью необходимо представить на электронном носителе и в распечатанном виде (2 экз.) в сопровождении заполненного автором *лицензионного договора* (2 экз.) (скачать бланк по адресу <http://www.vgasu.ru/attachments/ld-blank.pdf>), *анкеты* согласия автора на доступ к его персональным данным неограниченного круга лиц (скачать бланк по адресу <http://www.vgasu.ru/attachments/pdsog.pdf>), *выписки из протокола* заседания кафедры и одной *рецензии*. К статьям прилагается экспертное заключение о возможности опубликования в открытой печати. Все сопроводительные документы представляются на бумажных носителях в оригинале.

В *отдельном файле помещаются сведения об авторах* на русском и английском языках, а также кириллицей и латиницей в полном соответствии с данными в заполненном бланке *анкеты* (см. выше): фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, звание, должность, место работы; наименование и код научной специальности (по Номенклатуре), по которой автор проводит диссертационное исследование; почтовый адрес, телефон и адрес электронной почты.

В статье приводятся: *индекс УДК*; на русском и английском языках: *фамилия и инициалы автора, заглавие, аннотация* (на русском языке до 500 знаков, на английском — от 500 знаков до целой страницы), *ключевые слова*. Текст статьи 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 (Сyr) № 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. Корректурная авторам не предоставляется. Согласование редакционных и авторских изменений текста статьи (переписка, тел. переговоры) производится за счет автора.

Гонорар за опубликование статьи не выплачивается, плата за публикацию статей с аспирантов не взимается.

КОМПЛЕКТОВАНИЕ ОЧЕРЕДНОГО НОМЕРА ЗАВЕРШАЕТСЯ ЗА 3 МЕСЯЦА ДО ПЛАНИРУЕМОГО ВЫХОДА В СВЕТ.

Примерный график выпуска серии «Строительство и архитектура» — март (прием статей до 1 декабря); июнь (прием статей до 1 марта); сентябрь (прием статей до 1 июня); декабрь (прием статей до 1 сентября).

ISSN 1815-4360. Серия «Строительство и архитектура»

Тематические рубрики

Строительные конструкции, здания и сооружения. Основания, фундаменты, подземные сооружения. Строительная механика. Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение. Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов. Строительные материалы и изделия. Гидротехническое строительство. Гидравлика и инженерная гидрология. Технология и организация строительства. Безопасность жизнедеятельности и охрана труда в строительстве. Инновации в строительном производстве, интенсификация, энергосбережение и энергоэффективность. Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия. Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности. Градостроительство. Теория развития города. Управление инвестиционно-градоостроительной деятельностью. Экологические проблемы градостроительства. Информационные технологии в строительстве и архитектуре. Научно-методический раздел. Организация высшего образования в области строительства и архитектуры. Методика преподавания дисциплин строительного и архитектурного направлений в вузе. Хроника.

Подробная информация о журнале представлена на сайте ВолгГАСУ www.vgasu.ru, в разделе *Издательская деятельность / Научные журналы / Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета* (сразу после подписания выпуска в печать на сайте публикуются титул и содержание; через месяц со дня выхода очередного номера из печати на сайте размещается его полнотекстовый файл).

Статьи направлять по адресу: 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, ком. Б-314а. Редакция «Вестника ВолгГАСУ». Тел. (8442)-96-98-46. E-mail: info@vgasu.ru (для В.И. Воробьева).

Уточнить условия публикации статей и приобретения очередного номера журнала можно по тел. (8442)-96-98-46 у ответственного секретаря редсовета журнала **Владимира Ивановича Воробьева**.

За консультацией по вопросам подготовки авторского оригинала статьи к печати обращаться по адресу: 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, ком. В-210, редакционно-издательский отдел ВолгГАСУ. Тел. (8442)-96-98-28. E-mail: mariaapes@mail.ru.

Вниманию читателей и авторов!
«Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета»
временно выходит в одной серии
«СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА» (4 выпуска в год).
Подписной индекс по каталогу «Пресса России» 85343,
на Интернет-сайте агентства «Книга-Сервис» — E85343
(по электронному каталогу можно подписаться и на текущие номера).
По вопросу приобретения ранее вышедших номеров журнала
обращаться по тел. 8-(844-2)-96-98-46 к отв. секретарю редсовета *В.И. Воробьеву*

Продолжается прием статей в очередные выпуски
серий **«Политематическая»** и **«Строительная информатика»**
электронного сетевого научно-технического журнала **«ИНТЕРНЕТ-ВЕСТНИК ВолгГАСУ»**.
Журнал включен в Перечень ведущих научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации,
в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций
на соискание ученой степени доктора и кандидата наук,
утвержденный ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.
Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства
в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия, свидетельство Эл № **ФС77-26286 от**
17.11.06, Международным центром ISSN, **ISSN 1994-0351**, перерегистрирован ФГУП НТЦ «Информре-
гистр», свидетельство № **594 от 20.10.11**, номер гос. рег. **0421200065** (на 2012 г.), включен в базу РИНЦ
(www.elibrary.ru).

Подобная информация на сайте журнала www.vestnik.vgasu.ru

«Интернет-вестник ВолгГАСУ» не является электронной версией печатного журнала.
Оба журнала содержат оригинальные публикации.

По вопросам публикации статей в научно-теоретическом журнале
«СОЦИОЛОГИЯ ГОРОДА»
обращаться к гл. редактору Б.А. Навроцкому по тел. 8-8442-96-99-25.
Подписаться на журнал можно по каталогу «Пресса России», подписной индекс **29507**
и по Интернет-каталогу на сайте агентства «Книга-Сервис», подписной индекс **E 29507**.
Журнал включен в Перечень ведущих научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации,
в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций
на соискание ученой степени доктора и кандидата наук,
утвержденный ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.
Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства
в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия, свидетельство Эл № **ФС77-26286 от**
17.11.06, Международным центром ISSN, **ISSN 1994-0351**, включен в базу РИНЦ (www.elibrary.ru).
Подобная информация о журнале на сайте ВолгГАСУ по адресу: www.vgasu.ru
в разделе Издательская деятельность / Научные журналы.

Научное издание

**ВЕСТНИК
ВОЛГОГРАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

Научно-теоретический и производственно-практический журнал

**Серия: Строительство и архитектура
2011. Вып. 24 (43)**

Редактор *М.Л. Песчаная*

Перевод на английский язык *Н.И. Копина*

Компьютерная правка и верстка *Н.А. Дерина, А.Г. Сиволобова, Ю.С. Лозовицкая*

Компьютерный дизайн обложки *О.Ю. Мелешин*

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

Подписано в печать 17.11.2011. Формат 70 × 108/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.
Уч.-изд. л. 9,0. Усл. печ. л. 12,5. Тираж 500 экз. Заказ № 6305 от 08.02.2012

Федеральное государственное бюджетное
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