

Министерство образования и науки Российской Федерации

**ВЕСТНИК
ВОЛГОГРАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

Выпуск **Серия: Строительство и архитектура** **2018**
52(71) 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

- Богомолов А. Н., Богомолова О. А., Ушаков А. Н.** Расчет экстремальных глубин заложения горизонтальных выработок различной формы на основе анализа напряженного состояния однородного вмещающего массива 5
- Габова В. В., Селиванова К. А.** Исследование конструкций ледостойких платформ из железобетона и предварительно напряженного железобетона 19
- Габова В. В., Савченко Т. С.** Конструирование и анализ опорного блока морской ледостойкой стационарной платформы 27
- Перфилов В. А., Пархоменко Д. С.** Освоение нефтегазовых месторождений континентального шельфа с помощью строительства подземного тоннеля 36
- Перфилов В. А., Берлизов В. Д.** Анализ сил трения на буровой колонне, возникающих в процессе строительства скважины 45
- Соланилья Медина Й. М., Шувалов В. М.** Большепролетные конструкции из бамбука в современной архитектуре 52
- Чесноков А. В., Михайлов В. В., Долматов И. В.** Численный алгоритм определения жесткостных параметров и величины предварительного напряжения вантовой конструкции покрытия 61

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

- Лескин А. И., Гофман Д. И., Катасонов М. В., Вовко В. В.** Инфракрасная спектроскопия в изучении битумов, полученных из отходов нефтепереработки 71

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

Алексиков С. В., Болдин А. И., Фоменко Н. А. Ограничители движения транспорта на автомобильных парковках городских дорог	80
Алексиков С. В., Болдин А. И., Фоменко Н. А. Автомобильные парковки на участках дорог с успокоенным движением	88
Волченко С. В., Волченко Ф. В. Рекомендации по повышению качества обслуживания пассажирских перевозок в г. Волгограде на основе анкетирования студентов	95
Девятков М. М., Поляков А. М. Обоснование системы индикаторов для мониторинга программ комплексного развития транспортной инфраструктуры сельских муниципальных образований	103
Макаров А. В., Калиновский С. А., Сеницын А. В. Оптимизация формы арочных пролетных строений мостов	117

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ
И ОСВЕЩЕНИЕ

Павлов М. В., Лукин С. В., Кочкин А. А. Инженерная методика расчета системы лучистого отопления теплицы	128
--	-----

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Москвичева А. В., Доскина Э. П., Сахарова А. А., Сидякин П. А., Волкова Д. В., Насибулина М. А. Совершенствование систем водопользования на предприятиях машиностроения	139
Фомичев В. Т., Паршина Е. А., Савченко А. В., Губаревич Г. П. Влияние периодических токов на процесс электрокоагуляционной очистки сточных вод, содержащих хромат-ионы	146

ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ, ИНТЕНСИФИКАЦИЯ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ
И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

Дикарева Е. А., Перехоженцев А. Г. Анализ применения альтернативной энергетики в городах России на основе выявленных характеристик	156
---	-----

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. ТЕОРИЯ РАЗВИТИЯ ГОРОДА

Дроботов В. И., Шагеева Е. В. Формирование градостроительных комплексов в условиях неблагоприятного климата	166
Етеревская И. Н., Петрова Л. С. Особенности социально-пространственной трансформации открытых общественных пространств современного российского города	175
Растяпина О. А., Ганжа О. А., Бабенко К. В. Формирование методики оценки качества визуального облика городской среды	188

УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ

Калашников С. Ю., Милеева Е. В. Организация и административно-судебная практика государственного жилищного надзора органами местного самоуправления Волгоградской области	199
--	-----

ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-
АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Хомяков А. И. История альянса: мемориально-музейные комплексы	208
--	-----

МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИН СТРОИТЕЛЬНОГО И АРХИТЕКТУРНОГО
НАПРАВЛЕНИЙ В ВУЗЕ

Кольшев Ю. Б. Проблемы художественной подготовки абитуриентов — будущих архитекторов и дизайнеров	217
--	-----

Content

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

Bogomolov A. N., Bogomolova O. A., Ushakov A. N. Calculation of extreme laying depths of horizontal developments of various forms on the basis of the analysis of stress state of uniform enclosing massif	5
Gabova V. V., Selivanova K. A. Study of ice-resistant platforms made of reinforced concrete and pre-stressed reinforced concrete	19
Gabova V. V., Savchenko T. S. Design and analysis of the sub structure of the offshore ice-resistant fixed platform	27
Perfilov V. A., Parkhomenko D. S. Development of the continental shelf oil and gas fields with the help of the construction of an underground tunnel	36
Perfilov V. A., Berlizov V. D. The analysis of friction forces on a drill stem arising during the construction of a well	45
Solanil'ya Medina I. M., Shuvalov V. M. The long-span structures made of bamboo material in modern architecture	52
Chesnokov A. V., Mikhailov V. V., Dolmatov I. V. Numerical algorithm for estimation of stiffness parameters and pre-stress values of the cable roof structure	61

BUILDING MATERIALS AND ARTICLES

Leskin A. I., Gofman D. I., Katasonov M. V., Vovko V. V. Infrared spectroscopy in studying of bitumen received from refinery wastes	71
--	----

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

Aleksikov S. V., Boldin A. I., Fomenko N. A. Limits of traffic on parking lots on urban roads	80
Aleksikov S. V., Boldin A. I., Fomenko N. A. Car parking on road sections with quiet traffic	88
Volchenko S. V., Volchenko F. V. Recommendations on the improvement of the quality of passenger traffic in Volgograd on the basis of the questionnaire of students	95
Devyatov M. M., Polyakov A. M. Substantiation of the system of indicators for monitoring programmes for the integrated development of the transport infrastructure of rural municipalities	103
Makarov A. V., Kalinovskii S. A., Sinitsyn A. V. Optimization of the shape of arch bridge spans	117

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

Pavlov M. V., Lukin S. V., Kochkin A. A. Engineering practice of greenhouse radiant heating system design	128
--	-----

WATER SUPPLY, SEWERAGE, CONSTRUCTIONS FOR WATER RESOURCES PROTECTION

Moskvicheva A. V., Doskina E. P., Saharova A. A., Sidiyakin P. A., Volkova D. V., Nasibulina M. A. Improvement of water use systems at machine-building enterprises	139
Fomichev V. T., Parshina E. A., Savchenko A. V., Gubarevich G. P. Influence of periodic current on the process of electro-coagulative purification of sewage water containing chromate ions	146

INNOVATIONS IN CONSTRUCTION, INTENSIFICATION, ENERGY SAVING AND ENERGY PERFORMANCE

Dikareva E. A., Perekhozhentsev A. G. The analysis of application of alternative power engineering in Russian cities on the basis of the revealed characteristics	156
--	-----

URBAN PLANNING. THEORY OF URBAN DEVELOPMENT

Drobotov V. I., Shagieva E. V. Formation of town-planning entities in adverse climatic conditions	166
Eterevskaya I. N., Petrova L. S. Peculiar features of social and spatial transformation of public open spaces in a modern Russian city	175
Rastyapina O. A., Ganzha O. A., Babenko K. V. Development of quality evaluation method for visual representation of the urban environment	188

CONTROL OF INVESTMENT URBAN PLANNING ACTIVITY

Kalashnikov S. Yu., Mileeva E. V. Organizational structure and administrative court practice of the state housing control by local self-government authorities in Volgograd oblast	199
---	-----

THEORY AND HISTORY OF ARCHITECTURE, RESTORATION AND RECONSTRUCTION
OF HISTORICAL AND ARCHITECTURAL HERITAGE

Khomyakov A. I. The history of the alliance: memorial and museum complexes 208

TEACHING METHODS FOR DISCIPLINES OF CONSTRUCTION AND ARCHITECTURAL BRANCHES
OF LEARNING IN INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION

Kolyshev Yu. B. Problems of art training of entrants — future architects and designers 217

УДК 624.131

А. Н. Богомолов^{а,б}, О. А. Богомолова^а, А. Н. Ушаков^а

^а *Волгоградский государственный технический университет*

^б *Пермский национальный исследовательский политехнический университет*

РАСЧЕТ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ГЛУБИН ЗАЛОЖЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОДНОРОДНОГО ВМЕЩАЮЩЕГО МАССИВА

Приведены результаты исследования по определению технологичных контуров горизонтальных подземных выработок и допустимой глубины их заложения. Критерием определения допустимой глубины может служить условие отсутствия на контуре выработки точек, в которых тангенциальное нормальное напряжение превосходит пределы прочности вмещающей породы при растяжении и сжатии. Результаты решения задачи проиллюстрированы примерами.

К л ю ч е в ы е с л о в а: отображающая функция, горизонтальная выработка, технологичный контур выработки, напряженное состояние вмещающего массива, коэффициент бокового давления, прочностные свойства массива, глубина заложения.

Интенсивное освоение подземного пространства, связанное с подземным строительством и добычей полезных ископаемых, стимулирует проведение исследований, направленных на определение рациональных геометрических параметров выработок с целью минимизации затрат на их укрепление и дальнейшую эксплуатацию.

При этом одним из критериев оценки степени рациональности этих параметров может служить величина такой глубины заложения выработки, при которой не требуется проведение специальных работ по ее закреплению.

Проф. В. К. Цветков предположил, что необходимость проводить укрепление ствола выработки не возникает, если ее контур свободен от тангенциальных нормальных напряжений σ_θ , т. е. в каждой его точке выполняется условие

$$\sigma_\theta = 0. \quad (1)$$

Применяя методы теории функций комплексного переменного, он решил задачу о нахождении формы контура подземной выработки, свободной от напряжений σ_θ [1], используя при этом отображающую функцию

$$z = \omega(\zeta) = i(A\zeta^{-1} + B\zeta + C\zeta^2 + D\zeta^3), \quad (2)$$

где A, B, C, D — действительные коэффициенты, осуществляющие конформное отображение внутренности единичного круга $|\zeta| < 1$ на внешность бесконечной односвязной области, границей которой является простая замкнутая кривая.

В результате установлено, что каждому из встречающихся в природе значений коэффициента бокового распора μ соответствует особое, только ему присущее очертание контура выработки, свободного от напряжения σ_θ [1, 2]. Например, при $\mu = 0,2$ это астроида, при $\mu = 0,5$ — дельтоида, при $\mu = 1$ — гипоциклоида.

Проходка выработок столь экзотических сечений является весьма сложным делом, поэтому, используя ту же отображающую функцию, решим задачу о построении контуров сечений горных выработок более простой и «технологичной» конфигурации.

Сформулируем постановку задачи следующим образом: построить горную выработку заданных размеров и формы сечения и определить допустимую глубину заложения выработки так, чтобы на ее контуре отсутствовали точки, в которых тангенциальное нормальное напряжение превосходит пределы прочности вмещающей породы при растяжении и сжатии, т. е.

$$\sigma_{\text{рас}} \leq \sigma_{\theta} \leq \sigma_{\text{сж}}. \quad (3)$$

Решению обратных задач теории упругости посвящены исследования Баничука Н. В., Бондаря В. Д., Вигдергауза С. Б., Капанадзе Г. А., Черепанова Г. П. и других ученых. В работах Мирсалимова В. М. [3, 4], Стажевского С. Б. [5] рассматриваются задачи, связанные с выбором оптимальных форм поперечных сечений подземных горных выработок.

Решение задачи проведем в рамках модели линейно-деформируемой среды, позволяющей применять методы линейной теории упругости [6, 7].

Перейдем к решению поставленной задачи.

Положим $\zeta = e^{i\theta} = \cos \theta + i \sin \theta$. Отделяя действительные и мнимые части в (2), получим параметрические уравнения контуров отверстий в виде

$$\begin{cases} x(\theta) = (A - B) \sin \theta - C \sin 2\theta - D \sin 3\theta, \\ y(\theta) = (A + B) \cos \theta + C \cos 2\theta + D \cos 3\theta, \end{cases} \quad (4)$$

где $0 \leq \theta \leq 2\pi$.

При произвольных действительных значениях коэффициентов A, B, C, D отображающей функции (2) контуры, являющиеся образами единичной окружности $|\zeta| = 1$, могут иметь как точки возврата, так и точки самопересечения, а отображение, осуществляемое функцией (2), может не являться конформным. Следовательно, необходимо выяснить условия, исключающие наличие особых точек на контурах и нарушение конформности отображения.

Прямые вычисления показывают, что для нахождения точек возврата кривых (4) необходимо найти те значения параметра θ , которые удовлетворяют системе уравнений

$$\begin{cases} 12D \cos^3 \theta + 4C \cos^2 \theta - (A - B + 9D) \cos \theta - 2C = 0, \\ \sin \theta (12D \cos^2 \theta + 4C \cos \theta + A + B - 3D) = 0. \end{cases} \quad (5)$$

Нахождение точек самопересечения кривых (4) при $C \neq 0$ сводится к последовательному решению следующих трех уравнений

$$\begin{aligned} \frac{256A^2D}{C^2}x^4 - \frac{64AD}{C^2}(7A + 2B)x^3 + \left(\frac{16D}{C^2}(2A + B)(8A + B) + 16A \right)x^2 - \\ - 4 \left(4A + B + D + \frac{3D}{C^2}(2A + B)^2 \right)x + 3(A + B + D) = 0; \end{aligned} \quad (6)$$

$$x = \cos^2 b; \quad (7)$$

$$\cos a = \frac{\cos b(2A \cos 2b - B)}{C}, \quad (8)$$

а при $C = 0$ — к решению двух уравнений:

$$\cos 2b = \frac{B}{2A}, \quad (9)$$

$$\cos^2 a = \frac{(A-B) \cos b + D \cos 3b}{4D \cos 3b}, \quad (10)$$

где

$$\frac{\theta_1 - \theta_2}{2} = a, \quad \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} = b, \quad (11)$$

причем

$$\theta_1 \neq \theta_2, \quad 0 < \theta_1 < 2\pi, \quad 0 < \theta_2 < 2\pi. \quad (12)$$

Выражая из соотношений (11)

$$\theta_1 = b + a, \quad \theta_2 = b - a,$$

отбираем только те значения аргументов, которые удовлетворяют условиям (12). При этом аргументы точек пересечения, симметричных относительно оси ординат, находятся из соотношений

$$\theta_3 = 2\pi - \theta_2, \quad \theta_4 = 2\pi - \theta_1.$$

Точки самопересечения, находящиеся на оси ординат, могут быть найдены из уравнения

$$4D \cos^2 \theta + 2C \cos \theta - (A - B + D) = 0, \quad (13)$$

решения которого, как и выше, отбираем из интервала $0 < \theta < 2\pi$.

Теперь перейдем к рассмотрению условия, обеспечивающего конформность отображающей функции (2). Заметим, что эта функция регулярна в единичном круге всюду за исключением точки $\zeta = 0$, в которой она имеет полюс первого порядка. Для того чтобы отображение (2) при $A \neq 0$ было конформным в области $|\zeta| < 1$, необходимо и достаточно, чтобы ее производная в этой области была отлична от нуля. Это означает, что уравнение

$$3D\zeta^4 + 2C\zeta^3 + B\zeta^2 - A = 0$$

не должно иметь решений внутри единичного круга $|\zeta| < 1$. Применяя теорему Руше [8], получаем

$$|A| > |B| + 2|C| + 3|D|. \quad (14)$$

Теперь определим типы контуров, описываемых уравнениями (4).

Пусть $D \neq 0$. Положим

$$A = kD, \quad (15)$$

где k — действительное число. Подставляя (15) в (14), получим неравенство

$$|k| > 3,$$

невыполнение которого приводит к нарушению конформности отображающей функции (2).

С учетом (4) запишем следующие соотношения:

$$1) \text{ при } \theta = 0^\circ, \quad y = -\delta, \text{ т. е.} \quad (16)$$

$$A + B + C + D = -\delta,$$

$$2) \theta = 180^\circ, \quad y = h - \delta, \text{ т. е.}$$

$$-A - B + C - D = h - \delta, \quad (17)$$

где h — высота формы сечения подземной выработки, $\delta \geq 0$ (рис. 1).

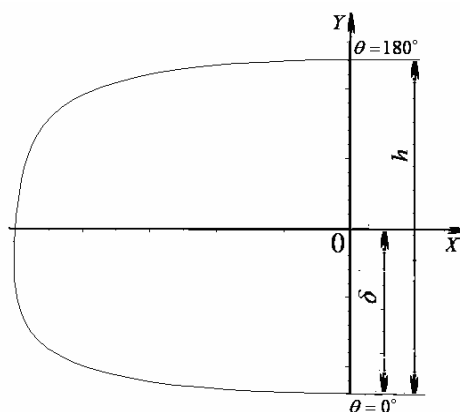


Рис. 1. Расчетная схема задачи

Сложением и вычитанием формул (16) и (17) устанавливаем, что

$$C = \frac{h}{2} - \delta, \quad (18)$$

причем $C \geq 0$,

$$B = -\left(\frac{h}{2} + A + D\right). \quad (19)$$

Из (16) следует, что

$$A + B + C + D \leq 0,$$

а из (14) с учетом предыдущего неравенства имеем

$$A = kD < 0. \quad (20)$$

В работах [9, 10] показано, что в зависимости от знака параметра k , связывающего коэффициенты A и D по формуле (15), и коэффициента C можно выделить следующие типы контуров.

I тип. Контур трапециевидной формы:

$$k < 0, C \neq 0, D \neq 0.$$

II тип. Контур прямоугольной формы:

$$k < 0, C = 0, D \neq 0.$$

III тип. Контур параболической формы:

$$k > 0, C \neq 0, D \neq 0.$$

IV тип. Контур ромбовидной формы:

$$k > 0, C = 0, D \neq 0.$$

V тип. Контур полуэллиптической формы:

$$C \neq 0, D = 0.$$

VI тип. Контур эллиптической формы:

$$C = 0, D = 0.$$

Перейдем к определению ширины выработки.

Рассмотрим параметрические уравнения кривых (4), описывающих контур горизонтальных выработок. Поскольку $x(-\theta) = -x(\theta)$, $y(-\theta) = y(\theta)$, то ясно, что при любых значениях коэффициентов A, B, C, D все контуры будут симметричными относительно оси ординат. Поэтому ширина выработки будет равна удвоенному значению функции $x(\theta)$ в точке ее минимума.

Для того чтобы получить требуемое значение функции перепишем, с учетом (15) и (19), параметрические уравнения выработки (4) в следующем виде:

$$\begin{cases} x(\theta) = (h/2 + (2k+1)D)\sin\theta - C\sin 2\theta - D\sin 3\theta, \\ y(\theta) = -(h/2 + D)\cos\theta + C\cos 2\theta + D\cos 3\theta. \end{cases} \quad (4')$$

Пусть θ_1 — аргумент функции $x(\theta)$, доставляющий ей минимальное значение, равное p . Тогда должны быть выполнены условия:

$$\begin{cases} x(\theta_1) = p, \\ x'(\theta_1) = 0, \end{cases} \quad (21)$$

где $p < 0$. Ввиду симметрии контуров (4') можно полагать, что $0 < \theta < \pi$.

Перепишем систему (21) с учетом (4') в виде

$$\begin{cases} a_1 D + a_2 k D = b_1, \\ a_3 D + a_4 k D = b_2, \end{cases} \quad (22)$$

где

$$\begin{aligned} a_1 &= \sin \theta_1 - \sin 3\theta_1, \quad a_3 = \cos \theta_1 - 3\cos 3\theta_1, \quad b_1 = p - h/2 \sin \theta_1 + C \sin 2\theta_1, \\ a_2 &= 2 \sin \theta_1, \quad a_4 = 2 \cos \theta_1, \quad b_2 = 2C \cos 2\theta_1 - h/2 \cos \theta_1. \end{aligned} \quad (23)$$

Решая систему уравнений (22), получаем

$$k = \frac{a_1 b_2 - a_3 b_1}{a_4 b_1 - a_2 b_2}, \quad D = \frac{a_4 b_1 - a_2 b_2}{a_1 a_4 - a_2 a_3}, \quad (24)$$

причем, учитывая (23), имеем

$$D = -\frac{p \cos \theta_1 + 2C \sin^3 \theta_1}{8 \cos \theta_1 \sin^3 \theta_1}, \quad \theta_1 \neq 0, \pi/2, \pi. \quad (25)$$

Заметим, что функция $y(\theta)$ из (4'), дающая значения ординат контуров, не зависит от параметра k . Подставляя (25) в эту функцию и преобразовывая полученное выражение, имеем

$$y(\theta_1) = \cos \theta_1 \left(-\frac{h}{2} + C \cos \theta_1 + \frac{p}{2 \sin \theta_1} \right).$$

Функция $x(\theta)$ при $C > 0$ имеет минимум на участке $0 < \theta < \pi/2$. Действительно, положим в формулах (4) или (4') значение $C = 0$. Тогда нетрудно видеть, что выполняется равенство $x(\theta) = x(\pi - \theta)$, а минимум $x(\theta)$ достигается при $\theta = \pi/2$. Пусть теперь $C > 0$. Тогда, аналогично предыдущему случаю, получим $x(\theta) < x(\pi - \theta)$. Следовательно, минимальное значение функции $x(\theta)$ будет находиться на интервале $0 < \theta < \pi/2$.

Пусть $y(\theta_1) = q$, где $q < 0$ — заданное значение. Тогда значение аргумента θ_1 является решением уравнения

$$x \left(-\frac{h}{2} + Cx + \frac{p}{2\sqrt{1-x^2}} \right) = q, \quad (26)$$

где $x = \cos \theta_1$. Очевидно, $|y(\theta_1)| < \delta$.

Решение уравнения (26) с достаточной для практики степенью точностью может быть получено приближенно.

Пример 1. Построим трапециевидную горизонтальную выработку с параметрами $h = 4$, $\delta = 1,8$, $p = -2,5$, $q = -1$.

Используя формулу (18), получим $C = 0,2$. Уравнение (26) принимает вид

$$x \left(-2 + 0,2x - \frac{5}{2\sqrt{1-x^2}} \right) = -1$$

и дает решение $x = \cos \theta_1 = 0,307$, откуда $\theta_1 = 1,258$. Тогда по формулам (23), (24) находим $k = -12,066$ и $D = 0,2$. Далее, применяя формулы (15) и (19), получаем $A = -2,41$ и $B = 0,22$. Итак,

$$A = -2,41, \quad B = 0,22, \quad C = 0,2, \quad D = 0,2. \quad (27)$$

Теперь необходимо проверить кривую (4) с коэффициентами (27), т. е. кривую

$$\begin{cases} x(\theta) = -2,63\sin\theta - 0,2\sin 2\theta - 0,2\sin 3\theta, \\ y(\theta) = -2,19\cos\theta + 0,2\cos 2\theta + 0,2\cos 3\theta \end{cases} \quad (28)$$

на регулярность.

Подставляя значения коэффициентов (27) в систему (5), получим

$$\begin{cases} 2,4\cos^3\theta + 0,8\cos^2\theta + 0,83\cos\theta - 0,4 = 0, \\ \sin\theta(2,4\cos^2\theta + 0,8\cos\theta - 2,8) = 0. \end{cases}$$

Прямая проверка показывает, что данная система решений не имеет. Следовательно, кривая (28) не имеет точек возврата.

Проверим данную кривую на наличие точек самопересечения.

Уравнение (6) имеет вид

$$7449,8x^4 - 12705,19x^3 + 6999,948x^2 - 1238,186x - 5,9925 = 0$$

и на интервале $0 < x < 1$ дает решения

$$x_1 = 0,426, x_2 = 0,534, x_3 = 0,75.$$

Уравнения (7) и (8) принимают соответственно вид

$$\cos^2 b = 0,426, \cos a = 1,626;$$

$$\cos^2 b = 0,534, \cos a = -1,986;$$

$$\cos^2 b = 0,75, \cos a = -11,377.$$

Ясно, что ни одна из пар решений не имеет.

Наконец, уравнение (13) имеет вид

$$0,8\cos^2\theta + 0,4\cos\theta + 2,43 = 0$$

и также не имеет решений. Таким образом, кривая (28) не имеет точек самопересечения. Итак, рассматриваемая кривая регулярна.

Подставляя коэффициенты (27) в неравенство (14), убеждаемся в его справедливости. Следовательно, отображение, осуществляемое функцией (2), является конформным.

Полученная трапециевидная выработка приведена на рис. 2, а.

Заметим, что можно построить выработку, гомотетичную данной. Для этого необходимо умножить коэффициенты отображающей функции (2) на коэффициент гомотетии $s > 0$. В результате этой операции будет получена выработка той же конфигурации с линейными размерами, измененными в s раз. При этом гомотетичные выработки будут регулярны, а отношение их линейных размеров будет равно одной и той же величине.

Следуя [1], с учетом того, что растягивающие напряжения отрицательны, а сжимающие — положительны [2], заметим, что тангенциальные нормальные напряжения в точках, расположенных на контуре выработок, вычисляются по формуле

$$\sigma_{\theta} = -\frac{\gamma H(F + G \cos \theta + Q \cos 2\theta)}{K + L \cos \theta + M \cos 2\theta + N \cos 3\theta + R \cos 4\theta}, \quad (29)$$

где

$$\begin{aligned} F &= (1 + \mu)(9D^2 + 4C^2 - A^2) + BS; \quad G = 2C((1 + \mu)(B + 6D) + S); \\ Q &= (1 + \mu)(A + 3D)B + (3D - A)S; \quad K = A^2 + B^2 + 4C^2 + 9D^2; \\ L &= 4C(B + 3D); \quad M = 2B(3D - A); \quad N = -4AC; \quad R = -6AD; \\ S &= \frac{(1 + \mu)(A + D)B - 2(1 - \mu)A^2}{A - D}; \end{aligned} \quad (30)$$

γ — объемный вес пород; μ — коэффициент бокового распора; H — глубина заложения выработки.

Используя формулы (27), вычислим значения коэффициентов (30) при двух значениях коэффициента бокового распора: $\mu_1 = 0,25$ и $\mu_2 = 1$. Значение первого из них соответствует коэффициенту Пуассона, принимаемому в среднем для горных пород равным 0,20 [11], а значение второго, соответствующего коэффициенту Пуассона, равного 0,5, описывает гидростатическое распределение напряжений в горном массиве и принимается при определении напряжений на достаточно больших глубинах [12].

Итак, при $\mu_1 = 0,25$ имеем

$$F_1 = -5,857; \quad G_1 = 2,135; \quad Q_1 = 10,265; \quad (31)$$

при $\mu_2 = 1$

$$F_2 = -10,522; \quad G_2 = 1,278; \quad Q_2 = 0,318; \quad (32)$$

остальные коэффициенты (30) не зависят от значений коэффициента бокового распора и для обоих случаев равны

$$K = 6,386; \quad L = 0,652; \quad M = 1,295; \quad N = 1,93; \quad R = 2,895. \quad (33)$$

Эпюры тангенциального нормального напряжения при рассматриваемых коэффициентах бокового распора приведены на рис. 2, б и 2, в в координатах $(\theta, \sigma'_{\theta})$, где $\sigma'_{\theta} = \sigma_{\theta} / \gamma H$.

Ясно, что в последнем случае при всех рассматриваемых значениях аргумента θ значения тангенциального нормального напряжения на контуре выработки положительны. Следовательно, в каждой точке контура рассматриваемой выработки действуют сжимающие напряжения.

Формула (29) получена в предположении, что глубина заложения выработки H значительна [13]. В этом случае, следуя [12], будем полагать, что

$$H \geq 50R_{\max}, \quad (34)$$

где $R_{\max}$ — наибольший линейный размер сечения выработки.

Заметим, что в соответствующих точках контуров гомотетичных выработок значения тангенциального нормального напряжения σ_{θ} одинаковы.

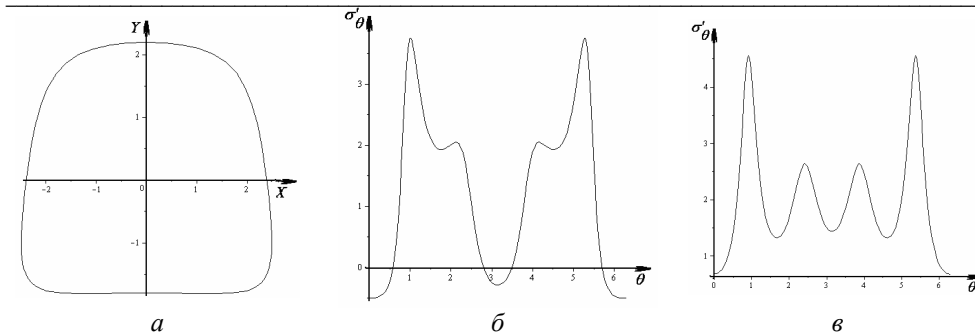


Рис. 2. Контур выработки трапециевидного сечения (а); эпюры тангенциального нормального напряжения при $\mu_1 = 0,25$ (б); $\mu_2 = 1$ (в)

Пусть заданы значения высоты горизонтальной выработки h , ее ширины $2p$, параметра δ , а значит, согласно (18), и коэффициента C . При помощи этих величин определим значения параметра k и коэффициента D . Затем, используя формулы (15) и (19), определим коэффициенты A и B отображающей функции (2). Применяя описанный выше подход, построим кривую заданной конфигурации, имитирующую форму сечения подземной горизонтальной выработки. Далее по формулам (29), (30) выпишем выражение для тангенциального нормального напряжения. Рассматривая его как функцию аргумента θ , вычислим производную функции $\sigma'_{\theta}(\theta)$. Преобразовывая получившееся выражение и приравнявая его к нулю, получаем два уравнения для нахождения критических значений:

$$\sin \theta = 0,$$

$$32a_1 \cos^5 \theta + 16a_2 \cos^4 \theta + 8(a_3 - 4a_1) \cos^3 \theta + 4(a_4 - 3a_2) \cos^2 \theta + 2(3a_1 - 2a_3 + a_5) \cos \theta + (a_2 - a_4 + a_6) = 0, \quad (35)$$

где

$$\begin{aligned} a_1 &= RQ, a_2 = 3/2 GR + 1/2 NQ, a_3 = GN + 4FR, \\ a_4 &= 1/2 MG + 5/2 GR - 1/2 QL + 3FN, a_5 = 2GN - 2QK + 3RQ + 2FM, \\ a_6 &= FL - 3/2 QL + 3/2 MG + 5/2 NQ - GK. \end{aligned} \quad (36)$$

Уравнение $\sin \theta = 0$ дает значение $\theta = 0$, а уравнение (35) можно решить на отрезке $0 \leq \theta \leq \pi$ приближенно.

Пусть $\theta_{\min}$ и $\theta_{\max}$ — минимальное и максимальное значения θ на данном отрезке, и пусть $\sigma_{\min}(\theta) = \sigma(\theta_{\min}) < 0$ и $\sigma_{\max}(\theta) = \sigma(\theta_{\max}) > 0$ — экстремальные значения тангенциального нормального напряжения на отрезке $0 \leq \theta \leq \pi$.

Тогда имеет место неравенство

$$\sigma_{\min}(\theta) \leq \sigma_{\theta} \leq \sigma_{\max}(\theta).$$

Обозначим через $R_{\text{рас}}(\theta)$ и $R_{\text{сж}}(\theta)$ пределы прочности горной породы на разрушение при растяжении и сжатии.

Тогда

$$|\sigma_{\min}(\theta)| \leq |\sigma_{\text{рас}}(\theta)|, \quad (37)$$

$$\sigma_{\max}(\theta) \leq \sigma_{\text{сж}}(\theta), \quad (38)$$

где $\sigma_{\text{рас}}(\theta)$ и $\sigma_{\text{сж}}(\theta)$ — растягивающие и сжимающие напряжения на контурах выработок, соответствующие $R_{\text{рас}}(\theta)$ и $R_{\text{сж}}(\theta)$. Заметим, что σ_θ , согласно (29), измеряется в долях γH , а предельные значения напряжений, как правило, в паскалях. Поэтому положим

$$R = \sigma_\theta(\theta)g, \quad R_{\min} = \sigma_{\min}(\theta)g, \quad R_{\max} = \sigma_{\max}(\theta)g, \quad (39)$$

где $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ — ускорение свободного падения. Обозначим

$$k_{\text{рас}} = R_{\text{рас}} / R_{\min}, \quad k_{\text{сж}} = R_{\text{сж}} / R_{\max} \quad (40)$$

и назовем эти числа характеристиками запаса прочности по растяжению и, соответственно, сжатию. Ясно, что величины $k_{\text{рас}}$ и $k_{\text{сж}}$ принимают положительные значения. Будем называть горную выработку прочной, если характеристики (40) в каждой точке выработки принимают значения, большие единицы. Однако может случиться, что одно (или оба) неравенства (37) и (38) не выполнены, т. е. какая-то из характеристик прочности (или обе) меньше единицы. Тогда, используя формулу (29), будем изменять значения H глубины заложения горизонтальной подземной выработки, так чтобы выполнялись условия

$$R_{\text{рас}}(\theta) / \sigma_{\min}(\theta) \leq \sigma_\theta \leq \sigma_{\max}(\theta) \leq R_{\text{сж}}(\theta) / g. \quad (41)$$

Пример 2. Найдем экстремальные значения напряжений σ_θ на контуре трапецевидной горизонтальной выработки из примера 1 при заданных коэффициентах бокового распора μ_1 и μ_2 .

1. Пусть $\mu_1 = 0,25$.

Тогда уравнение (35) с учетом (31), (33) и (36) имеет вид

$$950,992 \cos^5 \theta + 306,854 \cos^4 \theta - 1460,690 \cos^3 \theta - 311,846 \cos^2 \theta + 337,366 \cos \theta + 65,789 = 0,$$

откуда получаем

$$\theta_1 = 1,006, \quad \theta_2 = 1,764, \quad \theta_3 = 2,125.$$

Присоединяя к полученным решениям $\theta_4 = 0$, имеем все значения критических точек функции σ_θ . Так как

$$\sigma_\theta(\theta_1) = 3,747\gamma H, \quad \sigma_\theta(\theta_2) = 1,926\gamma H, \quad \sigma_\theta(\theta_3) = 2,048\gamma H, \quad \sigma_\theta(\theta_4) = -0,497\gamma H,$$

то ясно, что

$$\sigma_{\min}(\theta) = \sigma_\theta(\theta_4) = -0,497\gamma H, \quad \sigma_{\max}(\theta) = \sigma_\theta(\theta_1) = 3,747\gamma H. \quad (42)$$

2. Пусть $\mu_2 = 1$.

Тогда уравнение (35) с учетом (32), (33) и (36) имеет вид

$$29,428 \cos^5 \theta + 108,499 \cos^4 \theta - 984,461 \cos^3 \theta - \\ - 285,180 \cos^2 \theta + 435,781 \cos \theta + 46,417 = 0,$$

откуда получаем

$$\theta_1 = 0,914, \quad \theta_2 = 1,673, \quad \theta_3 = 2,416.$$

Аналогично предыдущему случаю, присоединяя к полученным решениям $\theta_4 = 0$ и вычисляя значения функции σ_θ в этих точках, получим

$$\sigma_\theta(\theta_1) = 4,590\gamma H, \quad \sigma_\theta(\theta_2) = 1,331\gamma H, \quad \sigma_\theta(\theta_3) = 2,654\gamma H, \quad \sigma_\theta(\theta_4) = 0,684\gamma H.$$

Тогда

$$\sigma_{\min}(\theta) = \sigma_\theta(\theta_4) = 0,684\gamma H, \quad \sigma_{\max}(\theta) = \sigma_\theta(\theta_1) = 4,590\gamma H. \quad (43)$$

Теперь рассмотрим пример выработки наиболее простой конфигурации.

Пример 3. Найдем экстремальные значения напряжений σ_θ на контуре круговой горизонтальной выработки радиуса r (рис. 3, а) при значениях коэффициента бокового распора, рассмотренных в примере 2.

Формулы (30) дают

$$F = -(1 + \mu)r^2; \quad Q = 2(1 - \mu)r^2; \quad K = r^2; \quad G = L = M = N = R = 0, \quad (44)$$

и, значит, согласно (29) имеем

$$\sigma_\theta = \gamma H(1 + \mu - 2(1 - \mu)\cos 2\theta). \quad (45)$$

Решения уравнения (35) получим, исследуя функцию (45) на экстремум. Полагая $\mu \neq 1$, получим $\theta_1 = \pi/2$ и $\theta_2 = 0$. Тогда

$$\sigma_\theta(\theta_1) = (3 - \mu)\gamma H, \quad \sigma_\theta(\theta_2) = (3\mu - 1)\gamma H. \quad (46)$$

1. Пусть $\mu_1 = 0,25$. Тогда соотношения (46) дают

$$\sigma_{\min}(\theta) = \sigma_\theta(\theta_1) = -0,25\gamma H, \quad \sigma_{\max}(\theta) = \sigma_\theta(\theta_2) = 2,75\gamma H. \quad (47)$$

2. Пусть $\mu_2 = 1$. Тогда для любого θ из соотношения (45) имеем

$$\sigma_\theta(\theta) = 2\gamma H. \quad (48)$$

Таким образом, в случае гидростатического распределения напряжений в каждой точке контура рассматриваемой трапецевидной выработки будут сжимающие напряжения постоянной величины.

Заметим, что, принимая значения коэффициента бокового давления $1/3 < \mu < 1$, согласно (45) в каждой точке контура данной круговой горизонтальной выработки будут только сжимающие напряжения.

На рис. 3 б, в приведены эпюры тангенциального нормального напряжения в координатах (θ, σ'_θ) при двух рассматриваемых в примере значениях коэффициента бокового распора.

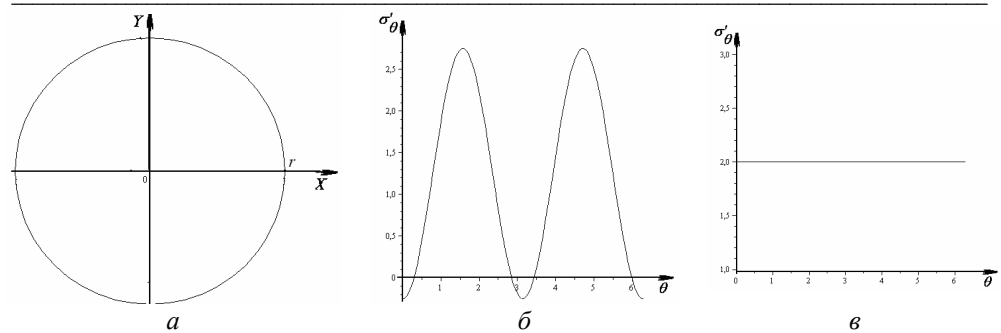


Рис. 3. Контур выработки трапецевидного сечения (а); эпюры тангенциального нормального напряжения при $\mu_1 = 0,25$ (б) и $\mu_2 = 1$ (в)

Пример 4. Рассмотрим в качестве вмещающей породы гранит с объемным весом $\gamma = 2,5 \text{ т/м}^3$ и пределами прочности при растяжении и сжатии, равными $R_{\text{рас}} = -17 \text{ МПа}$ и $R_{\text{сж}} = 200 \text{ МПа}$ соответственно. Определим значение допустимой глубины заложения трапецевидной горизонтальной выработки, рассмотренной в первых двух примерах, и круговой горизонтальной выработки, рассмотренной в примере 3, принимая коэффициент бокового распора $\mu = 0,25$.

Подставляя данные примера в формулу (39) и учитывая (42), имеем

$$H_{\text{рас}} \approx 1396 \text{ м}, H_{\text{сж}} \approx 2179 \text{ м}. \quad (49)$$

Следовательно, на глубине

$$H > \min(H_{\text{рас}}, H_{\text{сж}}) \approx 1396 \text{ м} \quad (50)$$

рассматриваемая в примере трапецевидная подземная выработка в горном массиве, сложенном гранитом, теряет прочность.

Аналогично, подставляя данные примера в формулу (39), с учетом (47), получим

$$H_{\text{рас}} \approx 2775 \text{ м}, H_{\text{сж}} \approx 2968 \text{ м}. \quad (51)$$

Значит, на глубине

$$H > \min(H_{\text{рас}}, H_{\text{сж}}) \approx 2775 \text{ м} \quad (52)$$

круговая горизонтальная выработка в горном массиве, сложенном гранитом, не является прочной.

Остается отметить, что, согласно условию (34), линейные размеры трапецевидной горизонтальной выработки, согласно (50), должны быть следующими: $h \approx 22,336 \text{ м}$, $2p = 27,92 \text{ м}$. Для круговой горизонтальной выработки ее диаметр, согласно (52) и (34), равен $R_{\text{max}} \approx 55,5 \text{ м}$.

Пример 5. Рассмотрим в качестве вмещающей породы глинистый сланец с объемным весом $\gamma = 3,05 \text{ т/м}^3$ и пределами прочности при растяжении и сжатии, равными $R_{\text{рас}} = -1 \text{ МПа}$ и $R_{\text{сж}} = 40 \text{ МПа}$ соответственно. Определим значение допустимой глубины заложения трапецевидной горизонтальной выработки, рассмотренной в первых двух примерах, и круговой горизонтальной выработки, рассмотренной в примере 3, принимая коэффициент бокового распора $\mu = 0,25$.

Подставляя данные примера в формулу (39) и учитывая (42), имеем

$$H_{\text{рас}} \approx 82,125 \text{ м}, H_{\text{сж}} \approx 435,72 \text{ м}. \quad (53)$$

Следовательно, на глубине

$$H > \min(H_{\text{рас}}, H_{\text{сж}}) \approx 82,125 \text{ м} \quad (54)$$

рассматриваемая в примере трапециевидная подземная выработка в горном массиве, сложенном глинистым сланцем, теряет прочность.

Аналогично, подставляя данные примера в формулу (39), с учетом (47), получим

$$H_{\text{рас}} \approx 163,265 \text{ м}, H_{\text{сж}} \approx 435,72 \text{ м}. \quad (55)$$

Значит, на глубине

$$H > \min(H_{\text{рас}}, H_{\text{сж}}) \approx 163,265 \text{ м} \quad (56)$$

круговая горизонтальная выработка в горном массиве, сложенном глинистым сланцем, не является прочной.

Остается отметить, что, согласно условию (34), линейные размеры трапециевидной горизонтальной выработки, согласно (54), должны быть следующими: $h \approx 2,435 \text{ м}$, $2p = 3,044 \text{ м}$. Для круговой горизонтальной выработки ее диаметр, согласно (56) и (34), равен $R_{\text{max}} \approx 3,265 \text{ м}$.

Выводы: использование отображающей функции (2) и предложенного подхода позволяет построить разнообразные технологичные контуры горизонтальных подземных выработок, вычислять напряжения в точках их контуров и, используя критерий (3), определить допустимую глубину их заложения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Цветков В. К. Определение форм сечения горных выработок с заданными напряжениями на их контурах // ФТПРПИ. 1986. № 2. С. 24—29.
2. Булычев Н. С. Механика подземных сооружений. М.: Недра, 1989. 270 с.
3. Мирсалимов В. М. Равнопрочная выработка в горном массиве // ФТПРПИ. 1979. № 2. С. 24—28.
4. Мирсалимов В. М. Неоднородные упругопластические задачи. М.: Наука, 1987. 256 с.
5. Стажевский С. Б. К выбору формы и креплению выработок // ФТПРПИ. 1986. № 5. С. 27—32.
6. Мухелишвили Н. И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М.: Наука, 1966. 708 с.
7. Партон В. З., Перлин П. И. Методы математической теории упругости. М.: Наука, 1981. 688 с.
8. Сидоров Ю. В., Федорюк М. В., Шабунин М. И. Лекции по теории функций комплексного переменного. М.: Наука, 1989. 480 с.
9. Богомолов А. Н., Богомолова О. А., Ушаков А. Н. Об определении форм сечений горизонтальных подземных выработок // Перспективные направления развития теории и практики в реологии и механике грунтов: материалы XIV Международного симпозиума по реологии грунтов. Казань, 2014. С. 62—67.
10. Богомолов А. Н., Богомолова О. А., Ушаков А. Н. Определение глубины заложения горизонтальной выработки на основе анализа напряженного состояния вмещающего массива // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2017. № 5. С. 2—9.
11. Цимбаревич П. М. Механика горных пород. М.: Углетехиздат, 1948. 184 с.
12. Турчанинов И. А., Иофис М. А., Каспарьян Э. В. Основы механики горных пород. Л.: Недра, 1989. 488 с.
13. Богомолов А. Н., Ушаков А. Н. Методы теории функций комплексного переменного в задачах геомеханики. Волгоград : Перемена, 2014. 227 с.

© Богомолов А. Н., Богомолова О. А., Ушаков А. Н., 2018

*Поступила в редакцию
в марте 2018 г.*

Ссылка для цитирования:

Богомолов А. Н., Богомолова О. А., Ушаков А. Н. Расчет экстремальных глубин заложения горизонтальных выработок различной формы на основе анализа напряженного состояния однородного вмещающего массива // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. Вып. 52(71). С. 5—18.

Об авторах:

Богомолов Александр Николаевич — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой гидротехнических и земляных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; профессор кафедры строительного производства и геотехники, Пермский национальный исследовательский политехнический университет. Российская Федерация, 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, banzaritcyn@mail.ru

Богомолова Оксана Александровна — канд. техн. наук, доцент кафедры математики и информационных технологий, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, banzaritcyn@mail.ru

Ушаков Андрей Николаевич — докторант кафедры гидротехнических и земляных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

A. N. Bogomolov, O. A. Bogomolova, A. N. Ushakov

CALCULATION OF EXTREME LAYING DEPTHS OF HORIZONTAL DEVELOPMENTS OF VARIOUS FORMS ON THE BASIS OF THE ANALYSIS OF STRESS STATE OF UNIFORM ENCLOSING MASSIF

The article provides the results of the research on the determination of process loops of horizontal underground developments and their permissible laying depth. The criterion of the determination of permissible depth can be the absence of points where tangential normal stress exceeds the strength of the enclosing breed at stretching and compression. The results of the solution of this task are illustrated with the examples.

Key words: displaying function, horizontal development, process loop of a development, stress state of enclosing massif, lateral pressure coefficient, strength properties of massif, laying depth.

For citation:

Bogomolov A. N., Bogomolova O. A., Ushakov A. N. [Calculation of extreme laying depths of horizontal developments of various forms on the basis of the analysis of stress state of uniform enclosing massif]. *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], 2018, iss. 52(71), pp. 5—18.

About authors:

Bogomolov Aleksandr Nikolaevich — Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Head of Hydraulic and Earthwork Structures Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation; Professor of Construction Operations and Geotechnics Department, Perm National Research Polytechnic University. 29, Komsomolskii Prospekt, Perm', 614990, Russian Federation, banzaritcyn@mail.ru

Bogomolova Oksana Aleksandrovna — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Mathematics and Information Technology Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, banzaritcyn@mail.ru

Ushakov Andrei Nikolaevich — Postdoctoral student of Hydraulic and Earthwork Structures Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

УДК 624.012.46:622.242.422

В. В. Габова, К. А. Селиванова

Волгоградский государственный технический университет

**ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ
ЛЕДОСТОЙКИХ ПЛАТФОРМ ИЗ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА
И ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА**

Проведено исследование поведения конструкции морской стационарной платформы из железобетона и преднапряженного железобетона. Приведены нагрузки, действующие на платформу. Показано сравнение прогибов с нормативным значением.

К л ю ч е в ы е с л о в а: морская стационарная платформа, предварительно напряженный железобетон, волновая нагрузка, ледовая нагрузка.

В настоящий период в России заметно выросла доля добычи нефтепродуктов и газа. Нефтедобывающая отрасль уже занимается не только добычей из месторождений на суше нашей страны, но также ведется разведка, разработка и эксплуатация месторождений на шельфовой зоне морей. Большая часть добычи приходится на Каспийском море, где подготовка и эксплуатация нефте- и газодобывающих скважин происходит на платформах, изготовленных в основном из металлических конструкций. Для сохранения производственных показателей России в добыче, переработке, экспорте и реализации на внутреннем рынке нефти необходимо сфокусироваться на районах добычи в северных морях [1]. Но разработка данных месторождений осложняется тем, что эти области характеризуются суровыми климатическими условиями, отсутствием доступных подходящих заводов по переработке нефтепродуктов, а также доступа к портам для приема и дальнейшей транспортировки нефти [2]. В совокупности все это влияет на себестоимость платформы, стоимость ее транспортировки и эксплуатации.

Исходя из всех гидрологических и метеорологических условий района, рационально будет использовать стационарные железобетонные платформы гравитационного типа вместо стандартных металлических платформ [2]. К преимуществам таких платформ можно отнести: низкую себестоимость возведения конструкции, возможность быстрой транспортировки (является важным показателем, так как навигационный период транспортировки в северных морях составляет несколько месяцев), хорошая огнестойкость и сейсмостойкость, устойчивость к коррозии и хорошие показатели прочности [3].

Для исследования этого вопроса необходимо определиться с районом добычи углеводородов и типом конструкции [4]. Предположим, что наша платформа будет добывать продукты углеводорода на шельфе Карского моря на одном из больших месторождений данного района — «Победа» [2]. Данное месторождение, по предварительным прогнозам, сможет превзойти по объему углеводородов Мексиканский залив, арктический шельф Аляски и Канады.

Конструкцию опорного блока платформы выберем моноопорного вида, изготовленную из монолитного железобетона как основного конструкционного

материала. Конструкция опорного блока представляет собой цилиндрическое железобетонное основание, в нижней части которого имеется восемь цилиндрических нефтехранилищ. Большая часть конструкции заполнена водой (для стабилизации нагрузок шторма и исключения возможности преломления), и только три верхних уровня — рабочим оборудованием. Устойчивость опорного блока на грунте обеспечивается за счет собственного веса. Для проверки прочности и устойчивости платформы по предельным состояниям в суровом северном районе используем программный комплекс «Ли́ра-СА́ПР», который основан на методе конечных элементов [5].

На первом этапе исследования необходимо создать конечно-элементную модель конструкции, максимально приближенную к реальному объекту строительства, состоящую из пластинчатых конечных элементов (размеры $0,5 \times 0,5$ м), которым задается толщина и материал [6, 7]. В качестве материала был выбран бетон марки В40.

На втором этапе необходимо собрать и приложить нагрузки согласно их линиям действия на платформу. Все нагрузки собираются в соответствии с действующей в РФ нормативной документацией*. Значения нагрузок, действующих на платформу, приведены в табл. 1. Для расчета будут использоваться только максимальные значения нагрузок, собранные по нормативной документации.

Т а б л и ц а 1

Значения действующих нагрузок на платформу

Нормативные документы	Ветровая нагрузка, кН/м ²	Волновая нагрузка, кН	Ледовая нагрузка, кН
СП 38.13330.2012 и СП 20.1330.2016	2,9	1214,52	4340,0
РМРС ПБУ/МСП	2,2	1112,47	3980,5

Можно наблюдать, что самой большой по величине нагрузкой, действующей на платформу в Северном море, является нагрузка ото льда [8]. Следовательно, перемещения от ледовой нагрузки и будут главными критериями проверки нашей платформы.

Реализация модели опорного блока платформы в программном комплексе «Ли́ра-СА́ПР» показана на рис. 1. Для большей наглядности на рис. 2 представлена 3D-модель опорной части МЛСП моноопорного типа.

Верхнее строение платформы учтено весовой нагрузкой, действующей на опоры. Результаты расчета в ПК «Ли́ра-СА́ПР» показаны в виде цветовой мозаики перемещений от действия ледовой нагрузки и представлены на рис. 3.

* СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия.

СП 38.13330.2012. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения.

Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок морских стационарных платформ. СПб., 2014.

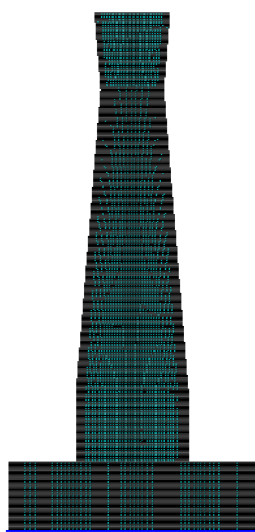


Рис. 1. Конечно-элементная модель железобетонного опорного блока

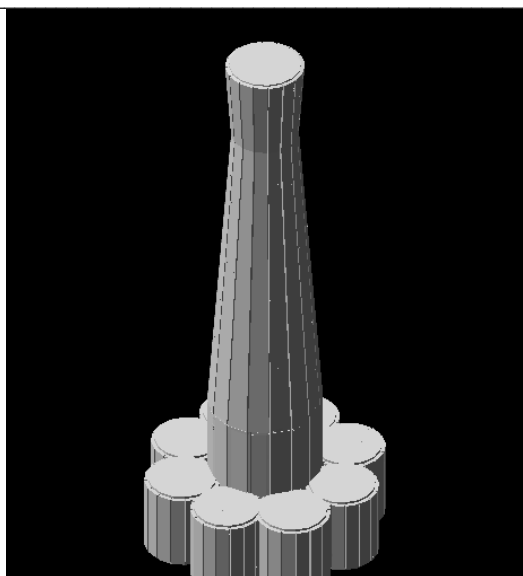


Рис. 2. 3D-модель железобетонного опорного блока

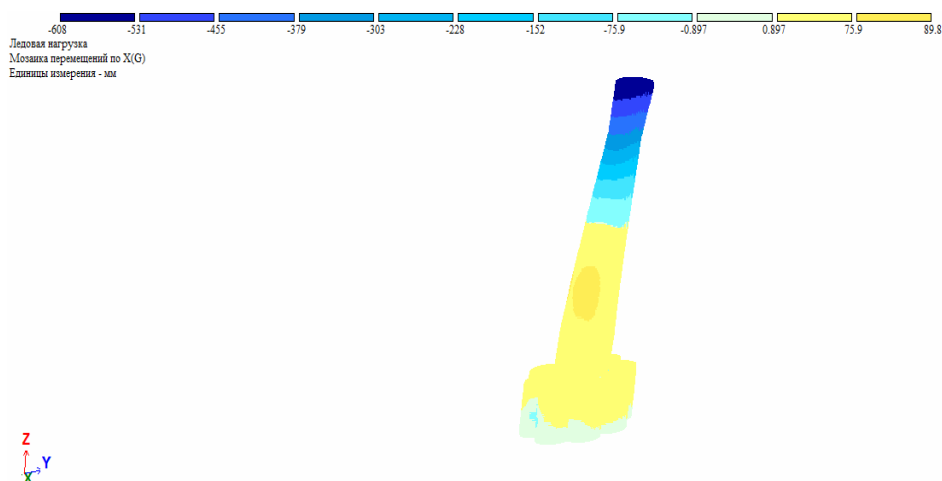


Рис. 3. Мозаика перемещений по оси X от действия ледовой нагрузки

Максимально допустимое перемещение, согласно действующему документу РФ (СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия»), составляет 43,0 мм. Сравнив полученные перемещения с нормативными значениями ($608 > 43$), мы видим, что конструкция не выдерживает такой нагрузки.

Вследствие этого необходимо подобрать более прочный вид основного конструкционного материала. Предлагаем рассмотреть конструкцию из предварительно напрягаемого железобетона. Особенность этого материала заключается в том, что бетон на этапе создания принудительно получает начальную расчетную напряженность сжатия [9]. Она создается за счет предварительного формирования напряжения растяжения в рабочей высокопрочной

арматуре и обжатия ею бетона на тех участках, которым предстоит испытывать растяжение (прогиб) при эксплуатации [10]. Сжимаясь, арматура не проскальзывает, так как сцеплена с материалом или удерживается анкерным закреплением арматуры на торцах изделий. Таким образом, напряжение растяжения, которое приобретает железобетонный состав с помощью армирования, уравнивает напряженность заблаговременного обжатия камня. Преднапряжение канатов — специальное предварительное натяжение тросов, сила напряжения в которых противоположна по знаку от эксплуатационных нагрузок [11]. Такой вид материала способен сопротивляться значительным растягивающим напряжениям и, следовательно, увеличивать прочностные характеристики нефтедобывающей платформы. Также к преимуществам этого материала можно отнести: экономичность (по сравнению с железобетоном примерно на 45 % меньше используется сталь) за счет сокращения расхода арматуры, используемой в конструкции, сейсмостойкость и стойкость к трещинообразованию [12, 13].

Задание преднапряженного состояния в ПК «Лира-САПР» — это нелинейная постановка задачи, так как материал имеет непропорциональность зависимостей между напряжениями и деформациями. Поэтому ее необходимо задавать при помощи нелинейных конечных элементов (КЭ 441, 442 и 444). Все процедуры, связанные с заданием нагрузок, повторяются и для данной модели (рис. 4).

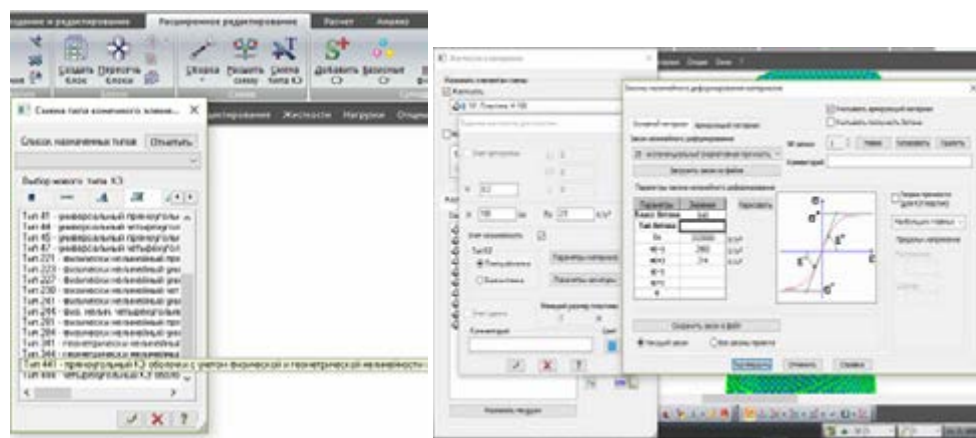


Рис. 4. Процесс моделирования преднапряженного железобетона в ПК «Лира-САПР»

В модели преднапряженное состояние железобетона задается через температурное воздействие на всю площадь конструкции. Моделирование эффекта сжатой зоны бетона достигается путем задания температуры с отрицательным знаком (с противоположным знаком от эксплуатационных нагрузок). Расчет в ПК «Лира-САПР» производится пошаговым методом (при расчете будут последовательно приложены нагрузки к расчетной схеме). Результат расчета в виде цветовой мозаики перемещений по оси X представлен на рис. 5.

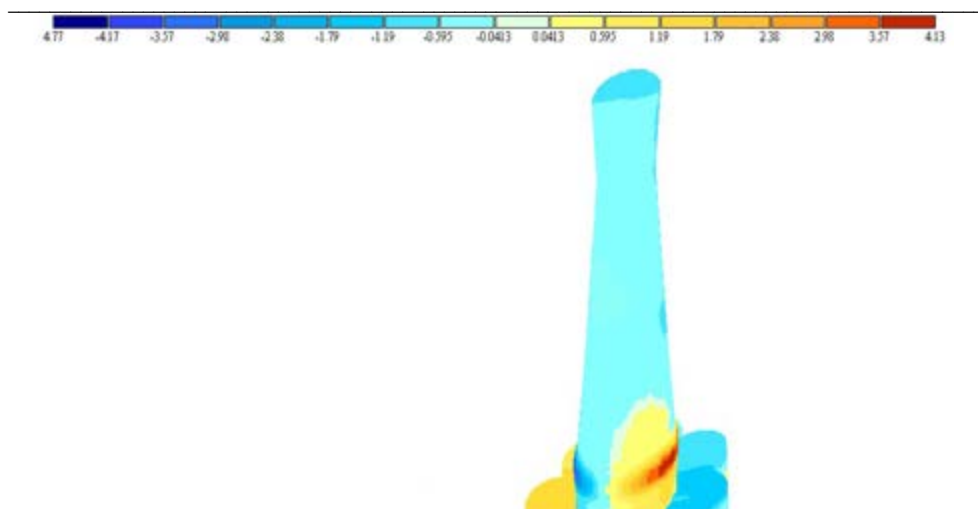


Рис. 5. Мозаика перемещений по оси X от действия ледовой нагрузки

Проводим процедуру сравнения допустимых перемещений, согласно действующему документу РФ (СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия»), с полученными ($4,77 \text{ мм} < 43,0 \text{ мм}$). В результате сравнения показателей опорная часть платформы проходит по условию первого предельного состояния, т. е. платформа не потеряла в прочности и устойчивости при воздействии на нее ледовой нагрузки.

В рамках исследования проведем сравнительный анализ двух конструкций: из железобетона и преднапряженного железобетона. Во-первых, проведем сравнение конструкций по величине прогибов. Значения величины прогибов приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Величины прогибов от различных нагрузок

Наименование нагрузки	Значение предельного прогиба, мм	Значение полученного прогиба железобетонной конструкции, мм	Значение полученного прогиба преднапряженной железобетонной конструкции, мм
Снеговая нагрузка	65,6	0,003	0,0008
Волновая нагрузка	58,9	3,06	0,5
Ветровая нагрузка	58,9	0,241	0,004
Гидростатическая нагрузка	43,0	42,8	1,74
Ледовая нагрузка	43,0	608	4,77

Во-вторых, для наглядности сравним две конструкции по величинам перемещений в узлах. Расположение узлов в конструкции представлено на рис. 6. Узлы 34275, 34276, 34277, 34280, 34286, 34287 были выбраны на линии действия ледовой нагрузки. Сравнение конструкций по перемещениям в узлах представлено на рис. 7.

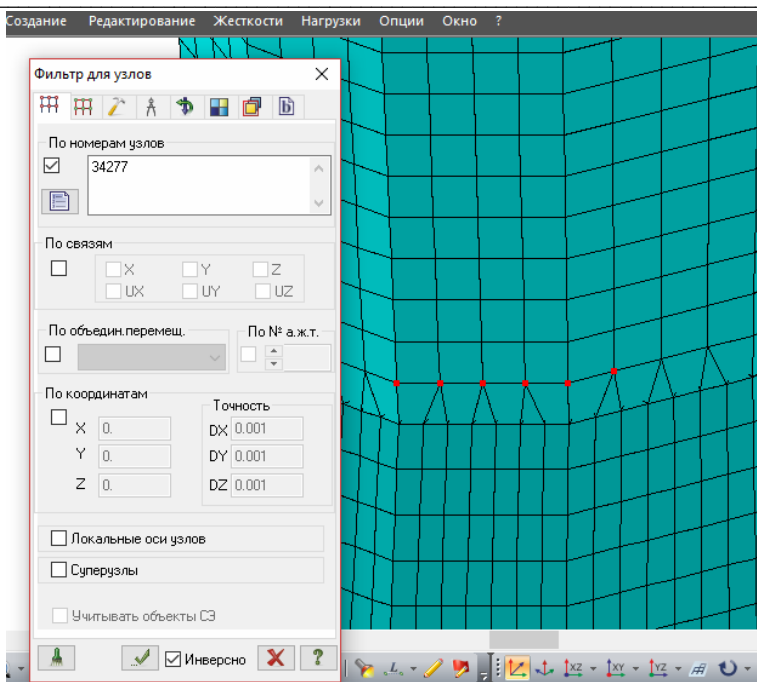


Рис. 6. Узлы под номерами 34275, 34276, 34277, 34280, 34286, 34287



Рис. 7. Сравнение конструкций по перемещениям в узлах при действии ледовой нагрузки

По оценкам ученых, запасы углеводородов в северных морях России должны прийти на смену запасам нефти и газа в Сибири, этот прогноз поможет перевести российскую добывающую промышленность в оффшорные месторо-

ждения [14]. Нефтедобывающая промышленность уже начала двигаться в данном направлении. Но не стоит забывать об экономических, технологических и экологических сторонах любого масштабного проекта. В выборе платформы необходимо учитывать не только гидрометеорологические условия района, но и рентабельность всего проекта вместе с себестоимостью постройки, транспортировки на заданную точку в море, установкой, эксплуатацией платформы и первичной обработкой нефти и ее транспортировкой [15]. На основе проведенного исследования можно считать, что преднапряженный железобетон является лучшим материалом для опорной части нефтедобывающей платформы для месторождений северных морей при большой глубине.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Селиванова К. А. Проектирование морской ледостойкой стационарной платформы монопод в Карском море // Смотр-конкурс научных, конструкторских и технологических работ студентов Волгogr. гос. техн. ун-та : тез. докл.: в 2-х ч. / Под ред. А. В. Навроцкого. Волгоград, 2017. С. 149—150.
2. Селиванова К. А. Основы проектирования морской стационарной платформы «монопод» на шельфе Карского моря // XIX всерос. студ. науч.-практ. конф. Нижневарт. гос. ун-та: сб. ст., г. Нижневартовск, 4—5 апреля 2017 г. Ч. 1. Биология. Экология. География. Картография. Безопасность жизнедеятельности. Энергетика. Электротехника. Нефтегазовое дело / Отв. ред. А. В. Коричко. Нижневартовск: Изд-во Нижневрт. гос. ун-та, 2017. 638 с.
3. Naeim Nouri Samie. Introduction to Offshore Platforms Practical Engineering // Management of Offshore Oil and Gas Platforms. 2016. Pp. 3—23.
4. Yasser E. Mostafa, M. Hesham El Nagggar. Effect of seabed instability on fixed offshore platforms // Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 2006. December. Vol. 26. Iss. 12. Pp. 1127—1142.
5. Габова В. В., Перфилов В. А., Орешкин Д. В. Проектирование морских нефтегазовых сооружений (МНГС) с использованием систем автоматизированного проектирования // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2014. № 4. С. 47—49.
6. Габова В. В., Перфилов В. А. Применение смешанной формы метода конечных элементов к расчетам морских нефтегазовых сооружений // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2013. № 11. С. 26—28.
7. Габова В. В., Перфилов В. А., Орешкин Д. В. Применение смешанной формы метода конечных элементов к расчетам на динамические воздействия морских нефтегазовых сооружений // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2015. № 9. С. 21—23.
8. Charles C. Ryerson Ice protection of offshore platforms // Cold Regions Science and Technology. 2011. January. Vol. 65. Iss. 1. Pp. 97—110.
9. Biliszczuk J. Several remarks on design of prestressed concrete bridges // Conference 'Bridge Durability'. DWE. Wrocław, 2012. Pp. 375—384.
10. Lin T. Y. Load-Balancing Method for Design and Analysis of Prestressed Concrete Structures // ACI Structural Journal. 1969. June. Pp. 719—742.
11. Kumar V., Iqbal M. A., Mitta A. K. Experimental investigation of prestressed and reinforced concrete plates under falling weight impactor // Thin-Walled Structures. In press. Corrected proof. Available online 29 June 2017.
12. Iqbal M. A., Kumar V., Mitta A. K. Behaviour of Prestressed and Reinforced Concrete Plates Subjected to Impact Loads Induced by Free Falling Indenter // Procedia Engineering. 2017. Vol. 173. Pp. 397—402.
13. Abhishek Rajput, Iqbal M. A. Impact behavior of plain, reinforced and prestressed concrete targets // Materials & Design. 2017. Vol. 114. 15 January. Pp. 459—474.
14. Energy efficiency measures for offshore oil and gas platforms / Tuong-Van Nguyen, M. Vold-sund, P. Breuhaus, B. Elmegaard // Energy. 2016. December. Vol. 117. Part 2. 15. Pp. 325—340.
15. Exergetic assessment of energy systems on North Sea oil and gas platforms / Tuong-Van Nguyen, L. Pierobon, B. Elmegaard, F. Haglind // Energy. 2013. December. Vol. 62. Pp. 23—36.

© Габова В. В., Селиванова К. А., 2018

Поступила в редакцию
в марте 2018 г.

Ссылка для цитирования:

Габова В. В., Селиванова К. А. Исследование конструкций ледостойких платформ из железобетона и предварительно напряженного железобетона // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. Вып. 52(71). С. 19—26.

Об авторах:

Габова Виктория Викторовна — канд. техн. наук, доцент кафедры нефтегазовых сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, gabovavv@yandex.ru

Селиванова Кристина Алексеевна — магистрант кафедры нефтегазовых сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, telecommuting@yandex.ru

V. V. Gabova, K. A. Selivanova

**STUDY OF ICE-RESISTANT PLATFORMS MADE OF REINFORCED CONCRETE
AND PRE-STRESSED RAINFORCED CONCRETE**

The study of the behavior of offshore fixed platform made of reinforced concrete and pre-stressed reinforced concrete is carried out. Loads acting on the platform are provided. The comparison of deflections with normative value is shown.

Key words: offshore fixed platform, pre-stressed reinforced concrete, wave load, ice load.

For citation:

Gabova V. V., Selivanova K. A. [Study of ice-resistant platforms made of reinforced concrete and pre-stressed reinforced concrete]. *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], 2018, iss. 52(71), pp. 19—26.

About authors:

Gabova Viktoriya Viktorovna — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Oil and Gas Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, gabovavv@yandex.ru

Selivanova Kristina Alekseevna — Master's Degree student of Oil and Gas Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, telecommuting@yandex.ru

УДК 624.075.23:622.242.422

В. В. Габова, Т. С. Савченко

Волгоградский государственный технический университет

КОНСТРУИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ОПОРНОГО БЛОКА МОРСКОЙ ЛЕДОСТОЙКОЙ СТАЦИОНАРНОЙ ПЛАТФОРМЫ

Рассмотрен процесс проектирования конструкции опорного блока морской ледостойкой стационарной платформы и анализ влияния на нее действующих нагрузок. Результатом исследования явились перемещения, усилия и напряжения, позволяющие корректировать оптимальные сечения элементов конструкции для конкретных климатических условий.

Ключевые слова: морская ледостойкая стационарная платформа, нагрузки и воздействия, 3D-модель, усилия и перемещения.

При разработке морских месторождений существуют два основных фактора, определяющие направление работ в области проектирования и строительства гидротехнических объектов в море. Такими факторами являются условия окружающей среды и высокая стоимость морских операций. Эти обстоятельства в основном обуславливают все решения при проектировании и конструировании морской ледостойкой стационарной платформы (МЛСП) [1]. Таким образом, МЛСП являются сложными уникальными сооружениями, предназначенными для конкретного района работ. Одним из важнейших критериев успешного конструирования и введения в эксплуатацию платформы является экономическая рентабельность [2].

Районом расположения платформы предполагается месторождение «Ракушечное» в Каспийском море.

Конструктивно МЛСП состоит из верхнего строения и опорного блока (рис. 1) [3].

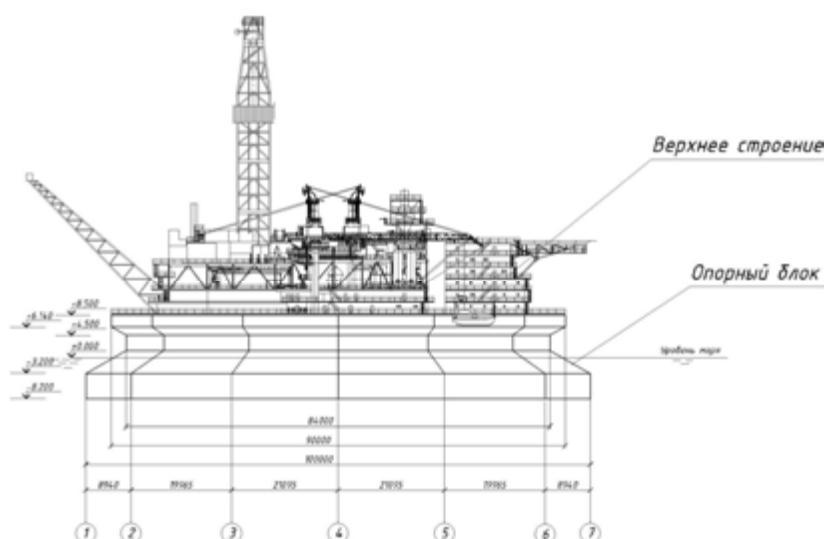


Рис. 1. Общий вид МЛСП

Опорный блок МЛСП состоит из опорного блока кессонного типа, представляющего собой стальную объемную десятигранную конструкцию кессонного типа, имеющую в зоне воздействия льда наклонные стенки для лучшего восприятия ледовых нагрузок и разрушения ледовых образований [4]. Конструкция обшита листами с палубами и переборками, которые делят опорный блок на отсеки.

По высоте внутреннее пространство опорной части МЛСП разделено пятью палубами:

- палуба днища — уровень 0,0 (ОП);
- 2-я палуба — уровень +5000 мм от ОП;
- 3-я палуба — уровень +9600 мм от ОП;
- 4-я палуба — уровень + 14 340 мм от ОП;
- 5-я палуба — уровень + 16 700 мм от ОП.

Все палубы конструктивно выполнены из металлических элементов, разложенных по одинаковому принципу, но с различным шагом.

Так, горизонтальные перекрытия состоят из набора сварных тавров, разложенных в вертикальном направлении с шагом 2,4 м, между которыми расположен полособульбовый набор прокатного профиля с шагом 0,3 м, в поперечном направлении лежат сварные тавры с шагом в 1,5 м.

Каждая из переборок имеет аналогичный порядок расположения элементов, горизонтальный набор изготовлен из сварного тавра, между ним расположены полособульбы.

Борта конструкции идентично палубам состоят вертикально из сварных тавров, лежащих между ними полособульбов прокатного профиля и сварных тавров, лежащих в поперечном направлении.

Для прохода продольного полособульбового набора в стенках тавров предусмотрены вырезы. Все конструктивные элементы корпуса замыкаются между собой, образуя единый каркас [5].

Фрагмент конструктивного строения палубы представлен на рис. 2.

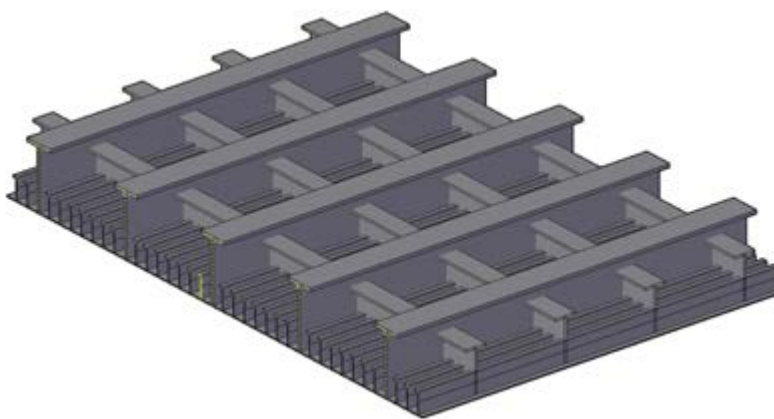


Рис. 2. Фрагмент конструктивного строения палубы

Материал сварных тавров и полособульбов — сталь О9Г2С.

В обшивке используются пластины из стального материала марки 20Х23Н18.

Для анализа устойчивости элементов конструкции используется программный комплекс «Лира-САПР».

Опорный блок МЛСП является уникальным гидротехническим сооружением и индивидуально проектируется для определенных гидрометеорологических и технических условий, что обуславливает его сложную инженерную конструкцию как с точки зрения строительства, так и с точки зрения конструирования [6].

Так как построение расчетной схемы (3D-модели опорного блока) в программном комплексе «Лира-САПР» является весьма трудоемкой задачей, для упрощения данного процесса была использована программа AutoCAD. В программе сначала каждая палуба расчерчивалась в 2D-формате, поэлементно каждый условный стержень (рис. 3), далее все палубы уже в режиме 3D-моделирования были соединены между собой, и таким же образом были расчерчены внешняя обшивка опорного блока и переборки внутри него [7].

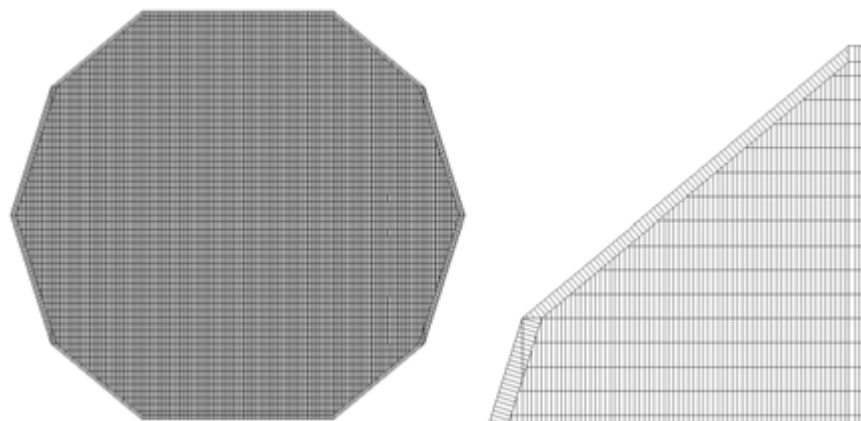


Рис. 3. Вид палубы сверху (слева) и ее фрагмент (справа)

Затем стержневая модель (рис. 4 и 5) импортировалась в программный комплекс «Лира-САПР».

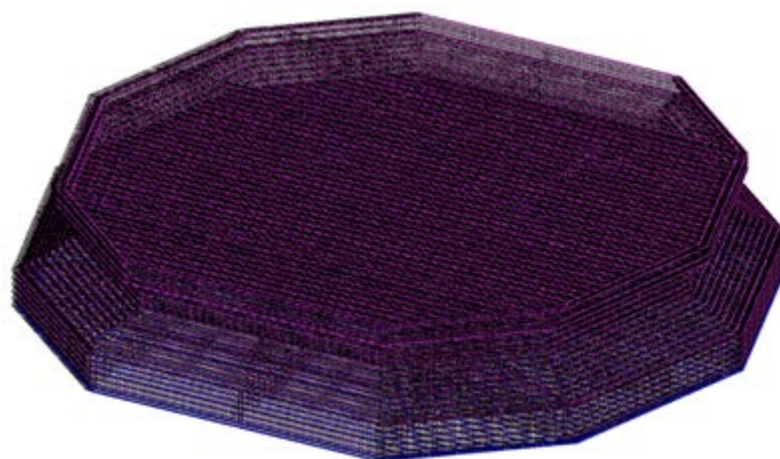


Рис. 4. Стержневая 3D-модель опорного блока в программе AutoCAD

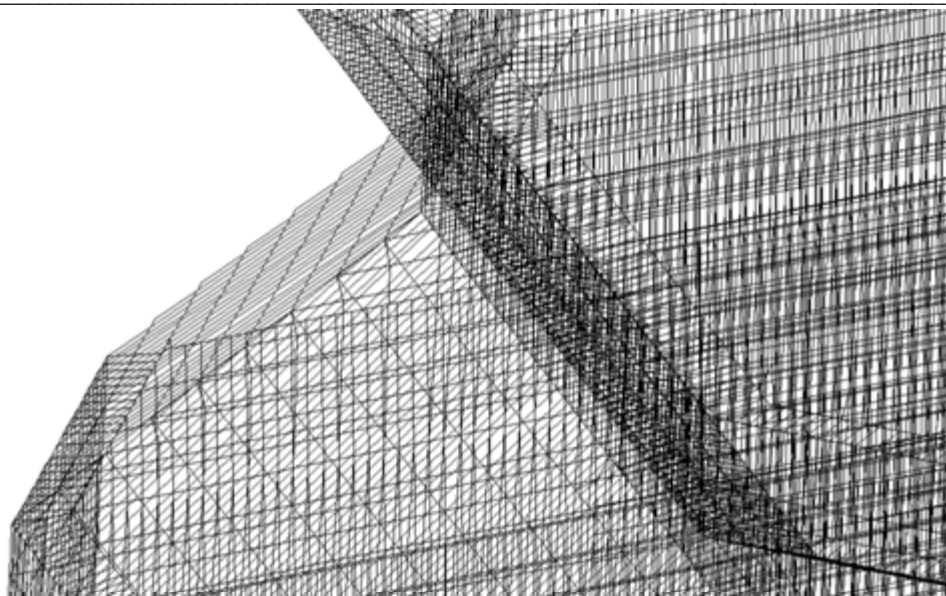


Рис. 5. Фрагмент стержневой 3D-модели в программе AutoCAD

Программный комплекс «Ли́ра-САПР» предназначен для проектирования и расчета строительных конструкций различного назначения [8]. Расчеты в программе выполняются на статические воздействия:

- ветровые;
- ледовые;
- волновые;
- гидростатическое давление;
- воздействие от веса верхнего строения.

Основой расчетов является метод конечных элементов. Напряженно-деформируемое состояние конструкции определяется на основе единой расчетной схемы [9].

Схема состоит из стержневых и пластинчатых конечных элементов.

Целью работы является определение усилий и перемещений конструируемого сооружения и выбор удовлетворительных с точки зрения прочности и устойчивости размеров поперечных сечений элементов, из которых состоит опорный блок [10]. Элементы образуют пространственную систему, воспринимающую все действующие нагрузки на опорную конструкцию ледостойкой стационарной платформы [11].

Непосредственно в ПК «Ли́ра-САПР» продолжилась разработка расчетной схемы. Стержневая модель поэтапно «обшивалась» треугольными и четырехугольными пластинчатыми элементами (рис. 6) [12].

Следующим этапом создания расчетной схемы являлось задание жесткостей для стержневых конечных элементов (рис. 7).

По завершении задания жесткостей конечных элементов конструкция была жестко закреплена, после этого произвелась сшивка расчетной схемы с точностью до 0,001 м и удаление «висячих» узлов. На этом создание расчетной схемы завершено.

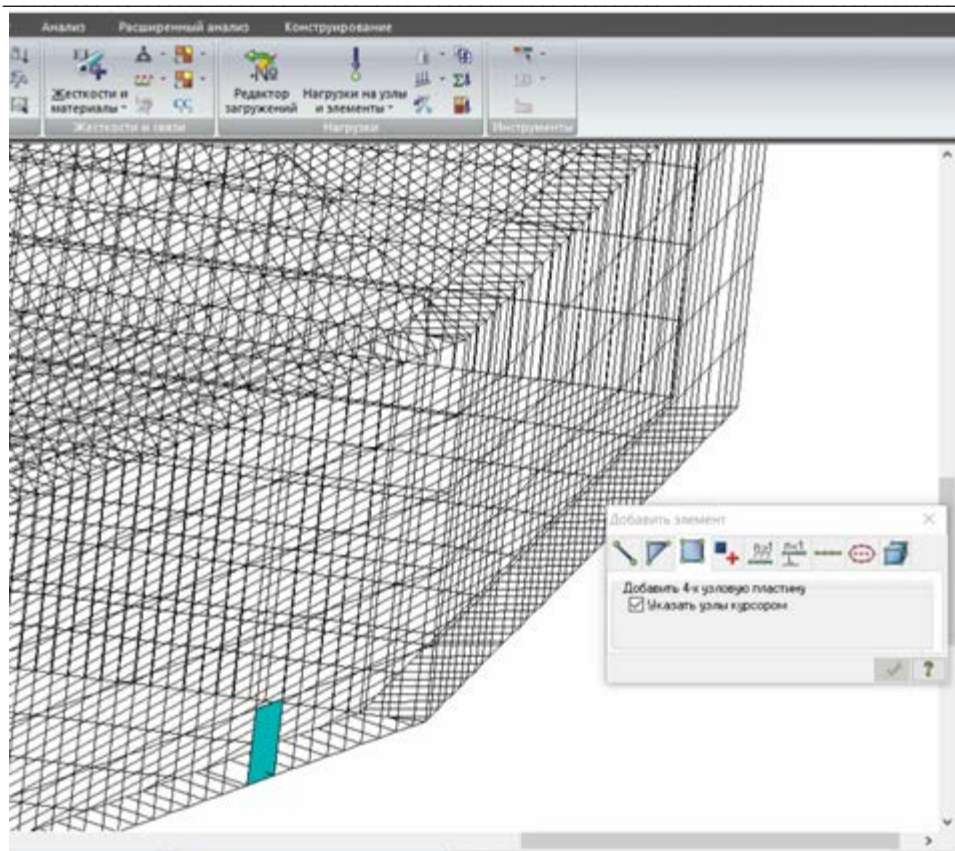


Рис. 6. Задание пластинчатых элементов

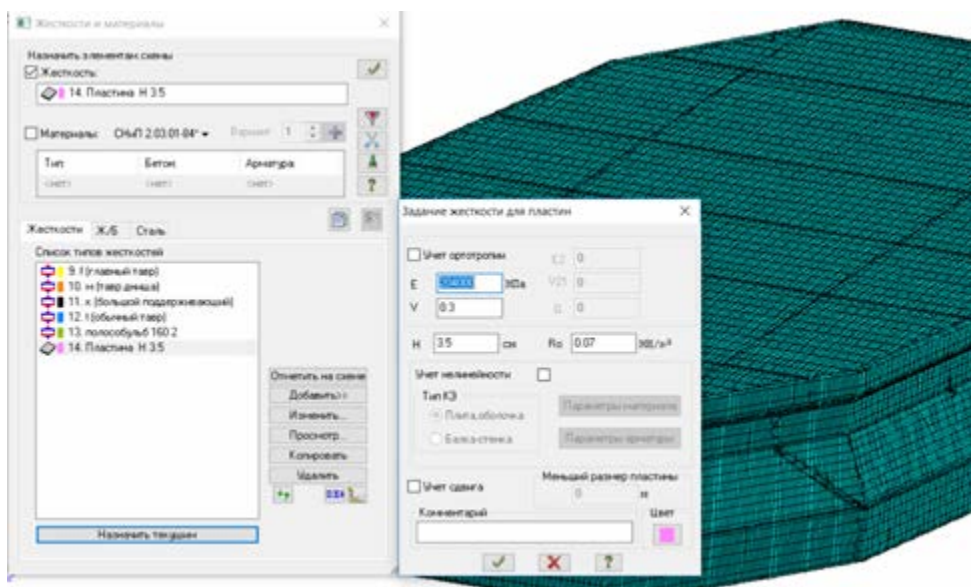


Рис. 7. Задание жесткостей для стержневых конечных элементов

Исходя из гидрологических и метеорологических параметров района расположения платформы были посчитаны основные нагрузки, действующие на опорный блок МЛСП на основании действующих в РФ норм: п. 10.1 и 11.1.3 в СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия»; п. 5.7.8 в СП 38.13330.2012 «Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения».

Следующим этапом явилось задание нагрузок. Значения расчетных нагрузок поэтапно прикладывались к расчетной схеме в отдельных загрузках [13]. На рис. 8 представлен пример задания ветровой нагрузки на фрагмент конструкции, таким же образом задается нагрузка от волнения и льда на соответствующие элементы опорного блока. Снеговая нагрузка и весовая нагрузка прикладываются сосредоточенной силой на шести опорных точках, которые представляют собой точки стыковки верхнего строения с опорным блоком [14]. После того, как все нагрузки были заданы, была создана таблица расчетных сочетаний усилий (РСУ) согласно п. «Расчетные сочетания усилий». РСУ используется для моделирования наиболее неблагоприятных условий воздействия на конструкцию [15]. Критерием опасного РСУ, согласно п. «Расчетные сочетания усилий», является экстремум упругого потенциала в какой-либо точке тела при действии на него сочетания от многих загрузок.

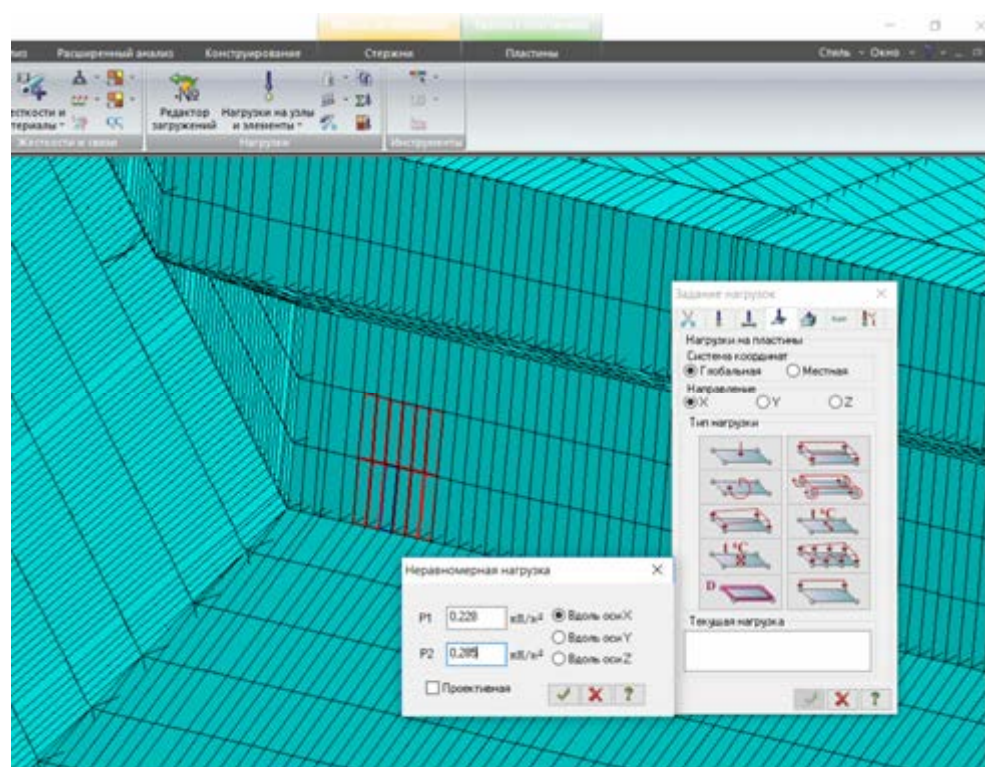


Рис. 8. Задание ветровой нагрузки

Далее производится расчет сооружения. По результатам расчета были получены перемещения, усилия и напряжения. Изополю перемещений от нагрузок представлены на рис. 9—11.

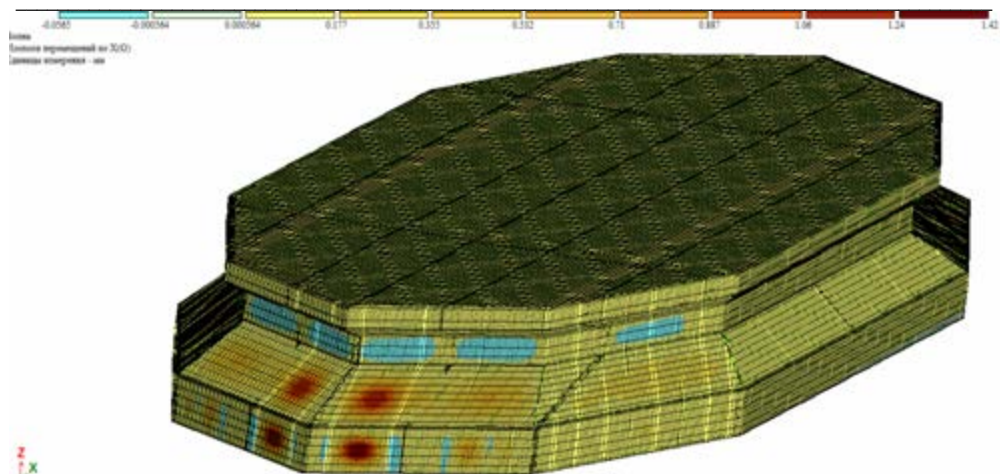


Рис. 9. Изополя перемещений по X(G) от волновой нагрузки

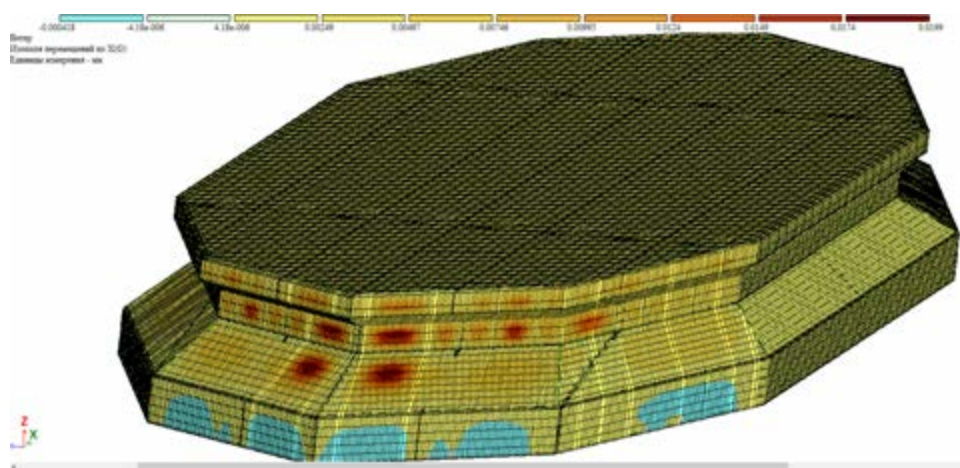


Рис. 10. Изополя перемещений по X(G) от гидростатического давления

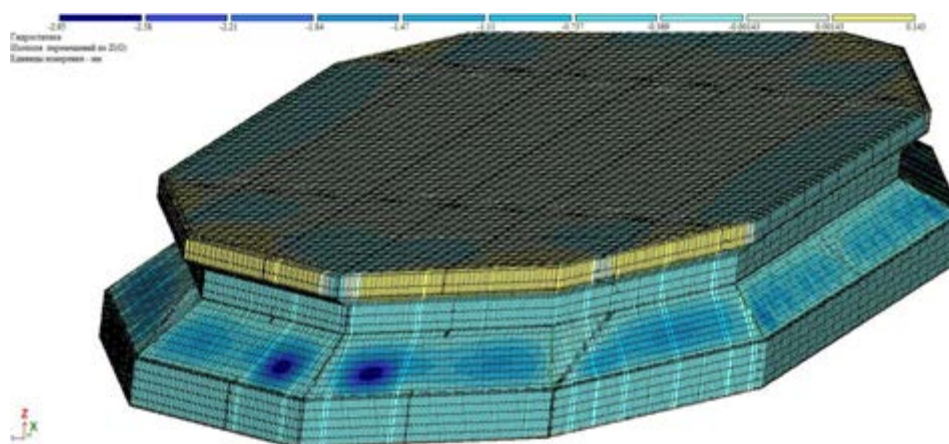


Рис. 11. Изополя перемещений по X(G) от ледовой нагрузки

Таким образом, по итогам данного исследования было произведено сравнение полученных перемещений с допустимыми предельными прогибами, значения которых рассчитаны в соответствии с действующим в РФ документом — СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия», п. 15.2.1. Результаты представлены в табл.

Полученные значения перемещений от различных видов нагрузки

Наименование нагрузки	Значение предельного прогиба, мм	Значение полученного прогиба, мм
Снеговая	85,6	0,041
Волновая	53,3	1,420
Ветровая	53,3	0,019
Гидростатическая	44,0	2,940
Ледовая	44,0	0,079

Опорные блоки морских стационарных платформ являются сооружениями сложными по конструктивным особенностям. Создание конечно-элементной модели для дальнейшего анализа несущей способности и оценки напряженно-деформированного состояния конструкций представляет собой весьма трудоемкий процесс. В статье предложено упрощение данной процедуры способом формирования конечно-элементной модели ПК «Лира-САПР» из пространственной стержневой системы AutoCAD.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Конопляник А. А. Пять факторов освоения шельфа // Нефть России. 2014. № 1. С. 4—7.
2. Васильцова В. М. Инвестиционная привлекательность предприятий нефтегазового комплекса // Записки Горного института. 2013. Т. 201. С. 146—152.
3. Бережной К. Г., Вербицкий С. В. Типы морских технологических платформ: их преимущества и недостатки // Морские интеллектуальные технологии. 2015. № 3(29). С. 33—46.
4. Sami N. N. Chapter 3. Systems and Equipment for Offshore Platform Design // Practical Engineering Management of Offshore Oil and Gas Platforms. Gulf Professional Publishing, 2016. Pp. 213—346.
5. Dayong Zhang, Qianjin Yue. Major challenges of offshore platforms design for shallow water oil and gas field in moderate ice conditions // Ocean Engineering. 2011. Vol. 38. Iss. 10. Pp. 1220—122.
6. Габова В. В., Перфилов В. А., Орешкин Д. В. Проектирование морских нефтегазовых сооружений (МНГС) с использованием систем автоматизированного проектирования // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2014. № 4. С. 47—49.
7. Габова В. В., Дегтярева Д. С. Методика расчета на прогрессирующее обрушение конструкций МНС в ПК «ЛИРА-САПР» // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2017. № 9. С. 23—25.
8. Решение пространственных стержневых систем с большим перемещением узлов методом конечных элементов в смешанной форме / И. В. Курочкина, В. И. Милохова, Р. А. Мокшанова, Г. В. Воронкова // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 7—3(61). С. 45—50.
9. Перфилов В. А., Габова В. В. Применение смешанной формы метода конечных элементов к расчетам морских нефтегазовых сооружений // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2013. № 11. С. 26—28.
10. Feng Fu. Chapter Eight: Design of Offshore Structure // Design and Analysis of Tall and Complex Structures. 2018. Pp. 251—293.
11. Jung Kwan Seo, Sang Eui Lee, Joo Shin Park A method for determining fire accidental loads and its application to thermal response analysis for optimal design of offshore thin-walled structures // Fire Safety Journal. 2017. Vol. 92. Pp. 107—121.
12. Storheim M., Amdahl J. Design of offshore structures against accidental ship collisions // Marine Structures. 2014. Vol. 37. Pp. 135—172.

13. Dayong Zhang, Qianjin Yue. Major challenges of offshore platforms design for shallow water oil and gas field in moderate ice conditions // Ocean Engineering. 2011. Vol. 38. Iss. 10. Pp. 1220—1222.

14. Loads for use in the design of ships and offshore structures / S. E. Hirdaris, W. Bai, D. Dessi, A. Ergin, A. Incecik // Ocean Engineering. 2014. Vol. 78. Pp. 131—174.

15. The effect of nonlinear wave-structure and soil-structure interactions in the design of an offshore structure / K. Chatziioannou, V. Katsardi, A. Koukouselis, E. Mistakidis // Marine Structures. 2017. Vol. 52. Pp. 126—152.

© Габова В. В., Савченко Т. С., 2018

Поступила в редакцию
в феврале 2018 г.

Ссылка для цитирования:

Габова В. В., Савченко Т. С. Конструирование и анализ опорного блока морской ледостойкой стационарной платформы // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. Вып. 52(71). С. 27—35.

Об авторах:

Габова Виктория Викторовна — канд. техн. наук, доцент кафедры нефтегазовых сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, gabovavv@yandex.ru

Савченко Татьяна Сергеевна — магистрант кафедры нефтегазовых сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, murka95@bk.ru

V. V. Gabova, T. S. Savchenko

DESIGN AND ANALYSIS OF THE SUB STRUCTURE OF THE OFFSHORE ICE-RESISTANT FIXED PLATFORM

This article describes the process of the design of a sub structure for the offshore ice-resistant fixed platform and the analysis of the influence of real loads on it. Displacement, strain and tension allowing correcting optimum sections of the elements of the structure for certain climatic conditions are the result of this research.

Key words: offshore ice-resistant fixed platform, loads and effects, 3D-model, strain and displacements.

For citation:

Gabova V. V., Savchenko T. S. [Design and analysis of the sub structure of the offshore ice-resistant fixed platform]. 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], 2018, iss. 52(71), pp. 27—35.

About authors:

Gabova Viktoriya Viktorovna — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Oil and Gas Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, gabovavv@yandex.ru

Savchenko Tat'yana Sergeevna — Master's Degree student of Oil and Gas Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, murka95@bk.ru

УДК 622.242.422: 551.351

В. А. Перфилов, Д. С. Пархоменко

Волгоградский государственный технический университет

ОСВОЕНИЕ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ШЕЛЬФА С ПОМОЩЬЮ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНОГО ТОННЕЛЯ

Проведен анализ основных методов строительства нефтегазодобывающих сооружений на мелководных месторождениях арктических морей. Выделены особенности, затрудняющие обустройство мелководных месторождений. Предложен перспективный способ строительства подводного нефтегазового сооружения, сочетающий возведение подземного тоннеля под морским дном при помощи щитовой проходки и применение оборудования для колтюбингового бурения скважин.

Ключевые слова: морские нефтегазовые сооружения, мелководное месторождение, подводный тоннель, проходческий щит, колтюбинг.

В настоящее время российская нефтегазодобывающая промышленность ставит задачу комплексного обустройства месторождений, находящихся на континентальном шельфе арктических морей. Сочетание суровых природно-климатических, гидрологических и ледовых условий, наличие большого количества резких перепадов глубин и трудного рельефа морского дна определяют выбор проектных решений по обустройству этих месторождений.

Освоение запасов углеводородов морей Северного Ледовитого океана подразумевает создание технических средств, аналогичных традиционным, но способных эксплуатироваться в сложных ледовых и температурных условиях, что потребует весомых вложений средств. Строительство специализированных сооружений, обладающих необходимыми производственными мощностями, потребует значительного времени и крупных капиталовложений. Поэтому целесообразно наряду с применением существующих технологий и отработанных технических средств интенсифицировать разработку принципиально новых высокоэффективных решений по освоению арктического шельфа.

В качестве географического объекта разработки в данной статье рассматривается Каменномысское-море — газоконденсатное месторождение, расположенное в Карском море в акватории залива Обская губа между мысами Каменный и Парусный. Глубина моря в районе месторождения изменяется от 4 до 11 м. Благодаря семи пробуренным разведывательным скважинам удалось оценить примерные запасы месторождения в 535 миллиардов кубометров природного газа, что относит данное месторождение к разряду крупных [1].

При выборе способа разработки данного месторождения рассматриваются несколько основных методов обустройства морских месторождений: стационарная платформа, плавучая полупогружная платформа, буровое судно, искусственный остров, шахтно-тоннельный способ.

Одним из распространенных является способ разработки морских месторождений при помощи стационарной гравитационной платформы. Сооружение, состоящее из стального или железобетонного опорного блока и верхней

палубы с расположенным на ней оборудованием, буксируется до точки эксплуатации за счет собственной плавучести. На месте бурения в кессоны, расположенные внутри опорного блока, принимается балласт, заставляющий платформу опуститься на морское дно и принять устойчивое положение. Применение данного типа морских нефтегазовых сооружений весьма затруднительно на месторождении Каменномысское-море вследствие малой глубины моря и короткого навигационного периода северных морей, что делает транспортировку стационарной платформы до точки эксплуатации крайне тяжелой технологической операцией [2].

Другой вид стационарной платформы представляет собой конструкцию свайного типа — сооружение, устойчивость которого обеспечивается за счет забитых в грунт свай. На сваи устанавливается платформа с буровой вышкой и всем необходимым оборудованием. Учитывая суровые арктические условия, для обеспечения требуемой условиями безопасности устойчивости потребуются достаточно длительные работы по подготовке грунта и забивке свай. Суровые ледовые условия предполагают усиленную и экономически затратную систему защиты свайного основания. Период, в который акватория месторождения Каменномысское-море освобождена от ледового покрова и, соответственно, возможна работы судов с копровым оборудованием, ограничивается двумя-тремя летними месяцами. Таким образом, работы по установке платформы свайного типа займут нецелесообразный период времени и станут экономически неоправданными [3].

Полупогружная платформа представляет собой сооружение, удерживаемое на плаву за счет понтонов и соединяемое с морским дном вертикальной стабилизационной колонной. Платформа не перемещается во время бурения, ее фиксация обеспечивается якорями и динамической системой стабилизации — двигателями, которые позволяют сооружению маневрировать и сохранять необходимое положение. Такой же системой стабилизации пользуются буровые суда — плавучие сооружения, оборудованные отверстием в днище корпуса, над которым установлена буровая вышка. Использование таких средств, как полупогружная платформа и буровое судно, также исключается по причине ограниченности их эксплуатации глубиной моря, так как акватория данного месторождения располагается в мелководной зоне [4].

Сооружение искусственного острова часто применяется на мелководных участках континентального шельфа. С помощью специального оборудования грунт забирается с морского дна и нагнетается на место бурения будущих скважин. При необходимости береговая линия острова цементируется и укрепляется дамбами. Учитывая малый судоходный период, работы по намывке острова займут большой период времени. Климатические условия и вечная мерзлота затрудняют забор грунта и работу оборудования. Массивы льда толщиной до 2 м способны разрушить береговую линию искусственного острова, что подвергает риску персонал и оборудование морского сооружения [5]. Также следует учитывать большое негативное влияние возведения и эксплуатации искусственного острова на экологическую обстановку района месторождения.

Шахтно-тоннельный способ представляет собой разработку вертикальных шахтных стволов на берегу моря и возведении транспортно, нефтегазового и вентиляционного тоннелей, направленных в сторону месторождения

под морским дном [6]. Над местом бурения сооружаются подземные галереи, в них возводится буровая вышка и устанавливается необходимое для добычи углеводородного сырья оборудование. Извлекаемые из скважин нефть и газ транспортируются по подземной системе тоннелей на поверхность земли. Систему подземных тоннелей возводят под морским дном с помощью стандартной техники, применяемой при разработке шахт и горных тоннелей.

В условиях арктических морей, а в особенности учитывая характеристики месторождения Каменномысское-море, шахтно-тоннельный способ имеет ряд преимуществ. Данный метод исключает возведение ледостойких сооружений и трубопроводов в суровых морских условиях, что более чем в 1,5 раза сокращает суммарные капитальные вложения в обустройство месторождения [7]. В подземных галереях создаются условия для эксплуатации надежного стандартного сухопутного оборудования для добычи нефти и газа, которое можно без лишних трудностей транспортировать по тоннелям. Постоянный в течение всего календарного года микроклимат в полости тоннеля позволяет избежать тяжелых погодных условий Арктики, что является важным фактором для работы оборудования и персонала. Отсутствие опасного для техники влияния морской воды, влажного воздуха, осадков, наледи позволяет использовать менее дорогостоящее оборудование и повысить его работоспособность и срок службы. За счет круглогодичного ведения всех видов работ повышается эффективность бурения, технического контроля, ремонта, снабжения и складирования, так как в условиях моря проведение этих процессов затрудняется как погодными условиями, так и ограниченной площадью морского сооружения.

Одним из важнейших факторов, подчеркивающих преимущество шахтно-тоннельного способа, является степень воздействия на окружающую среду вследствие экологической катастрофы. Залив Обская губа обладает уникальной экосистемой, сочетающей в себе свойства морской и речной флоры и фауны. Это происходит за счет смешения соленых вод из Карского моря и впадающих в залив пресноводных рек. Другая сторона такой особенности — отсутствие в данной экосистеме микроорганизмов, способных справиться с возможным выбросом в их среду углеводородного сырья [8]. Загрязнение вод залива приведет к колоссальной экологической катастрофе и уничтожению уникальной экосистемы. Поэтому методы, подразумевающие размещение бурового и эксплуатационного оборудования над морским дном, ставят под угрозу местную флору и фауну. В то же время тоннель под морским дном обеспечит гарантированную защиту гидросферы в районе добычи нефти и газа. Конструкционные особенности тоннеля подразумевают в несколько раз более надежную защиту в случае выброса углеводородов. Учитывая вопрос капиталовложения, данный фактор позволит сократить расходы на специальные морские установки и суда, предназначенные для борьбы с загрязнениями экосистемы [9].

Шахтно-тоннельный метод способствует достижению экономической эффективности освоения шельфовых месторождений арктических морей, так как он требует минимальных капитальных вложений в создание подземных систем. Высокая скорость возведения тоннелей является основным показателем, определяющим экономическую эффективность метода и сроки строительства подземных систем [10].

При разработке месторождений шахтно-тоннельным способом следует уделить особое внимание фактору безопасности проведения работ. Строительные операции выполняются в замкнутом пространстве, которое может заполниться углеводородным сырьем в аварийных ситуациях. Механические разрушения тоннеля от внешних воздействий исключаются благодаря конструктивному исполнению подземных систем, что заставляет сделать акцент на обеспечении безопасности персонала и его эвакуации [11].

Важной особенностью шахтно-тоннельного способа является создание нормальных повседневных условий для работы персонала, что позволит исключить возможность возникновения аварийных ситуаций. Для этого в системе должны быть предусмотрены вентиляция всех рабочих помещений и постоянный контроль содержания газа в воздухе. Следует использовать взрывобезопасное электрооборудование технологических механизмов и транспорта, так как закрытое пространство тоннеля создает особо опасную среду в условиях утечки газа. Поддержание постоянной влажности и температуры воздуха, обеспечиваемое специальными климатическими установками, создаст благоприятные условия для работы персонала и эксплуатации оборудования. Осуществляемые операторами наиболее ответственные процессы должны быть продублированы системой автоматики. За работой персонала и оборудования нужно предусматривать постоянный контроль с берега, пульта управления механизмами должны быть продублированы и вынесены в безопасные места для дистанционного управления технологическими процессами. Все скважины необходимо оснащать при бурении комплектом противовыбросового оборудования.

В качестве модернизации существующей технологии разработки морских месторождений шахтно-тоннельным способом предлагается отказаться от строительства вертикальных шахтных стволов. С берега моря начнется возведение тоннеля, направленного не вертикально, а под углом к земной поверхности в сторону морского месторождения. Для выполнения данной операции подойдет технология строительства тоннелей при помощи проходческого щита.

Проходческий щит представляет собой подвижную сборную металлическую конструкцию, обеспечивающую безопасное проведение выработки и сооружение постоянной обделки [12]. Данный способ строительства подземных систем применяется при сооружении тоннелей различного назначения, при разработке месторождений полезных ископаемых подземным методом и называется щитовым способом сооружения тоннелей.

Проходческий щит перемещается вслед за разработкой грунта, отталкиваясь гидравлическими цилиндрами от торцевой поверхности обделки тоннеля или от распираемой в грунт специальной опоры. Обделку тоннеля возводят из бетона, одновременно разрабатывая забой. Строительство тоннеля проводится циклами, обеспечивая поточный метод работ с немедленным сооружением обделки. Щитовой способ выгодно модернизирует организацию работ по возведению тоннелей в неустойчивых грунтах, исключается необходимость ведения разработки грунта частями и загромождение забоя временными креплениями, что значительно понижает трудоемкость работ. Данный метод позволяет сократить разрыв во времени между раскрытием выработки и сооружением обделки, снижая тем самым величину давления грунта, смещения

прилегающего грунтового массива и осадки поверхности. Созданные условия механизации и совмещения по времени основных операций строительства тоннеля позволяют обеспечить высокие темпы возведения сооружения. Щитовой способ гарантирует надежность крепления забоя и повышенную безопасность проведения строительства в сложных геологических и гидрогеологических условиях. В случае необходимости щитовую проходку сочетают с применением водопонижения, сжатого воздуха, что позволяет осуществить строительство тоннелей в водонасыщенных грунтах [13].

Данное усовершенствование позволит отказаться от вертикальной шахты на берегу моря, что значительно упростит проведение строительных работ. Конструкция тоннеля позволит отказаться от спускоподъемных операций, что сократит сроки возведения сооружения и сделает более эффективной эксплуатацию месторождения. Подъем и спуск оборудования, персонала, выборки грунта при помощи специального оборудования заменится перемещением на земную поверхность и вглубь тоннеля с помощью автомобильного, рельсового или другого вида транспорта. Внедрение данного метода позволит сократить капитальные вложения и затраты времени.

Дополнительно предлагается отказаться от возведения подземных галерей для сооружения в них буровых вышек. Для размещения буровой вышки потребуются извлечь значительный объем грунта в вертикальном направлении, что приведет к увеличению вложений, затратам времени и ресурсов. Также возникает необходимость углублять основную тоннель, чтобы без риска проникновения морской воды возвести подземную галерею необходимой высоты. Сложную и затратную операцию по строительству вышки, сопряженную со спуском в тоннель большого количества дополнительного оборудования, можно избежать, применяя для разработки скважины новый высокоэффективный способ — колтюбинговое бурение.

Колтюбинг — перспективное и развивающееся направление в нефтегазодобывающей промышленности — представляет собой бурение и эксплуатацию нефтяных и газовых скважин при помощи установки с гибкой непрерывной насосно-компрессорной трубой. Преимущество колтюбингового бурения заключается в обеспечении герметичности устья скважины и исключении внезапных выбросов углеводородного сырья. Этот метод позволяет осуществлять разработку скважины в условиях депрессии и эффективно проходить горизонтальные и искривленные участки скважин. За счет исключения операций по свинчиванию и развинчиванию буровых труб отсутствует весомый объем работ, выполняемых под открытым небом в неблагоприятных погодных условиях, что значительно улучшает условия труда рабочего персонала, а также сокращаются затраты времени при спуске и подъеме внутрискважинного оборудования. Колтюбинг позволяет соблюдать более высокие требования в области экологии при ремонтных и буровых работах за счет уменьшения габаритов специального оборудования в сравнении с традиционными методами, что приносит значительный эффект экономии средств [14].

Компоновка колтюбинговой установки представлена на рис. 1. Гибкие трубы 5 наматываются на специальный барабан 3, который компактно размещается на раме 14 транспортного средства, например грузового автомобиля 1. Контроль над процессом бурения ведется из кабины оператора 2. Для

разработки скважины при помощи колтюбингового оборудования не требуется возведение буровой вышки, так как за счет непрерывности трубы отсутствует необходимость работ по свинчиванию и развинчиванию труб, следовательно, спускоподъемные операции исключаются из цикла работы буровой установки. Необходимый угол наклона колонны гибких труб обеспечивает укладчик 4 и направляющий сектор 6. Перемещение труб с барабана в скважину осуществляется при помощи транспортера 7, закрепленного на раме 10. Подачу бурового раствора обеспечивает насосная установка 13. Герметизатор 8, превенторы 9 и оборудование устья скважины 11 располагаются непосредственно над устьем скважины 12.

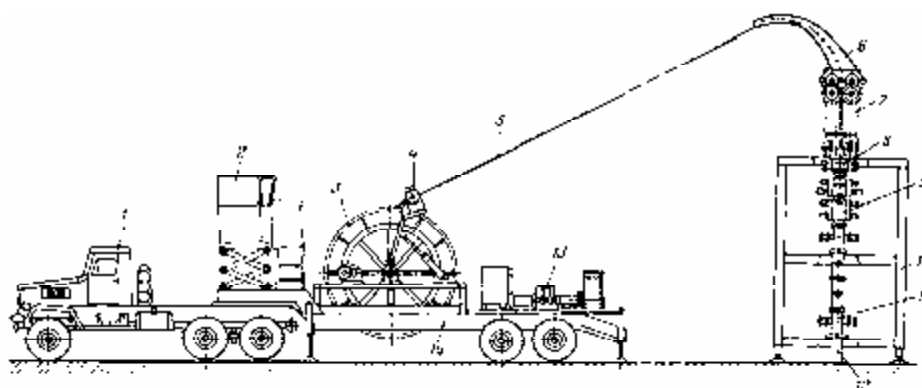


Рис. 1. Компоновка колтюбинговой установки на автомобильном полуприцепе в рабочем положении: 1 — автомобиль-буксировщик; 2 — кабина оператора; 3 — барабан с колонной гибких труб; 4 — укладчик; 5 — колонна гибких труб; 6 — направляющий сектор; 7 — транспортер; 8 — герметизатор устья; 9 — превенторы; 10 — опора транспортера; 11 — оборудование устья скважины; 12 — устье скважины; 13 — насосная установка; 14 — рама агрегата

Общая высота бурового оборудования незначительно превышает высоту транспортного средства с размещенным на нем барабаном гибких труб и во много раз уступает высоте традиционной буровой вышки [15]. Таким образом, колтюбинговая установка, размещенная на специальном грузовом автомобиле, способна без трудностей перемещаться, устанавливаться и эксплуатироваться в тоннеле, возведенном щитовым способом.

В данной статье предлагается инновационный вид нефтегазодобывающего сооружения, совмещающий преимущества обустройства морских мелководных месторождений при помощи возведения тоннеля под морским дном способом щитовой проходки и достоинства разработки скважин методом колтюбингового бурения. На рис. 2 представлена схема нового способа обустройства углеводородных месторождений. С берега моря 2 начинается разработка тоннеля 3 в сторону месторождения под морским дном. После достижения необходимой длины тоннеля проходческий щит извлекают на поверхность, если проектом не предусматривается дальнейшая прокладка в случае возможного обнаружения дополнительных запасов углеводородного сырья. Тоннель оборудуется необходимым для нахождения в нем персонала оборудованием: системой вентиляции, освещением, датчиками загазованности и пожарной безопасности. В пространство тоннеля транспортируется

колтюбинговая установка. За счет размещения оборудования на раме автомобиля либо на рельсовой раме достигается высокая мобильность и скорость транспортировки. Достигнув точки эксплуатации, колтюбинговая установка приступает к бурению скважины. От точки бурения до выхода из тоннеля монтируется трубопровод для транспортировки углеводородного сырья на поверхность земли и дальнейшего перемещения к пунктам сбора и переработки. Все необходимое оборудование, материалы и рабочий персонал будут доставляться к месту бурения с помощью транспорта.

Строительство тоннеля щитовым способом позволяет не только намеренно отклоняться от прямой линии, но и возводить разветвления. Следовательно, появляется возможность одновременной разработки нескольких скважин. Используя несколько колтюбинговых установок и сеть трубопроводов, можно достичь эффективного использования месторождения и сократить срок окупаемости нефтегазового сооружения.

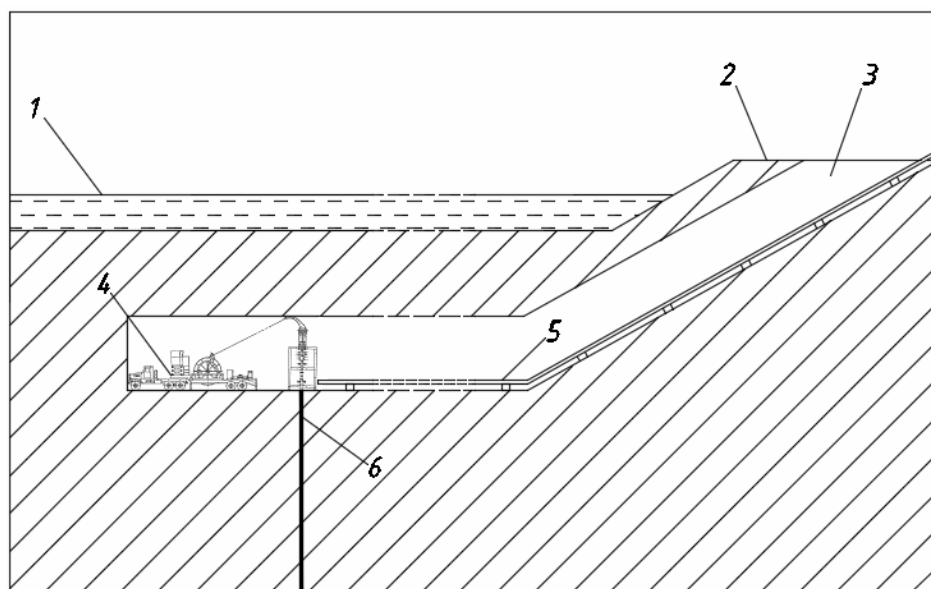


Рис. 2. Схема обустройства мелководного месторождения: 1 — поверхность моря; 2 — морской берег; 3 — тоннель; 4 — колтюбинговая установка; 5 — трубопровод, 6 — скважина

Выводы:

1. Предложены модернизации в виде возведения тоннеля щитовым способом и применения колтюбингового оборудования при бурении и эксплуатации скважины в качестве перспективного и целесообразного метода освоения мелководных месторождений акватории залива Обская губа Карского моря.
2. Анализ существующих способов разработки морских нефтегазовых месторождений показал, что предложенные модернизации позволят сократить капитальные вложения, затраты времени и повысить эффективность освоения морских нефтегазовых месторождений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Tingbin Wang*. Models and characteristics of gas fields // *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 2004. Vol. 41. Iss. 1—3. Pp. 31—43.
2. *Сакс С. Е., Землякова Г. С.* Специфика обустройства морских месторождений в условиях Обской и Тазовской губ // 7-я Международная конференция и выставка по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа СНГ (RA0-2005). СПб., 2005.
3. *Anoyatis G., Laora R. Di*. Dynamic pile impedances for fixed-tip piles // *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. 2017. Vol. 97. Pp. 454—467.
4. *Umesh A. Korde*. Active heave compensation on drill-ships in irregular waves // *Ocean Engineering*. 1998. Vol. 25 Iss. 7. Pp. 541—561.
5. *Ким С. Д.* Определение интенсивности износа морских конструкций от истирания дрейфующим ледяным покровом для условий Обской и Тазовской губ // Сб. науч. тр. «Освоение морских нефтегазовых месторождений: состояние, проблемы и перспективы». М.: ВНИИГАЗ, 2008. С. 168—180.
6. *Морев Ю. А., Архипова О. Л.* Проблемы и технико-технологические предложения по комплексному обустройству месторождений Обской и Тазовской губ // Сб. науч. тр. «Освоение морских нефтегазовых месторождений: состояние, проблемы и перспективы». М.: ВНИИГАЗ, 2008. С. 198—205.
7. *Крук М. Н.* Экономическая оценка рисков проекта освоения морских газовых месторождений Обской губы // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2012. № 1. С. 230—241.
8. *Сакс С. Е., Землякова Г. С.* Природные условия месторождений мелководного шельфа замерзающих морей // Сб. науч. тр. «Освоение морских нефтегазовых месторождений: состояние, проблемы и перспективы». М.: ВНИИГАЗ, 2008. С. 130—135.
9. *Sloan N. A.* Oil impacts on Cold-water Marine Resources: a Review relevant to Parks Canada's Evolving Marine Mandate (Parks Canada: 1999) National Parks // Occasional Paper. 1999. No. 11.
10. *Евстафьев И. Л., Семенов А. М., Евстафьева Т. А.* Особенности разработки нижнемеловых отложений на месторождениях акваторий Обской и Азовской губ и прибрежной суши // Сб. науч. тр. «Освоение морских нефтегазовых месторождений: состояние, проблемы и перспективы». М.: ВНИИГАЗ, 2008. С. 198—205.
11. *Онищенко Д. А., Ибрагимов Э., Назеров М.* Риски, связанные с применением подводных технологий при освоении мелководных морских месторождений Обской и Тазовской губ // Сб. науч. тр. «Освоение морских нефтегазовых месторождений: состояние, проблемы и перспективы». М.: ВНИИГАЗ, 2008. С. 180—198.
12. *Qianwei Xu, Hehua Zhu*. A shield tunnel crossing through group pile foundation of a road bridge with pile underpinning technologies // *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2015. Vol. 45. Pp. 20—33.
13. *Fanlu Min, Cheng Lin*. Opening the excavation chamber of the large-diameter size slurry shield // *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2015. Vol. 46. Pp. 18—27.
14. *Gallego F., Subhash N. Shah* Friction pressure correlations for turbulent flow of drag reducing polymer solutions in straight and coiled tubing // *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 2009. Vol. 65. Iss. 3—4. Pp. 147—161.
15. *Liang Hu, Deli Gao*. A new orientation design model and numerical solution for coiled tubing drilling // *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. 2015. Vol. 22. Pp. 656—660.

© *Перфилов В. А., Пархоменко Д. С.*, 2018

Поступила в редакцию
в феврале 2018 г.

Ссылка для цитирования:

Перфилов В. А., Пархоменко Д. С. Освоение нефтегазовых месторождений континентального шельфа с помощью строительства подземного тоннеля // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. Вып. 52(71). С. 36—44.

Об авторах:

Перфилов Владимир Александрович — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой нефтегазовых сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, vladimirperfilov@mail.ru

Пархоменко Дмитрий Сергеевич — магистрант кафедры нефтегазовых сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, parkhdmtris@rambler.ru

V. A. Perfilov, D. S. Parkhomenko

DEVELOPMENT OF THE CONTINENTAL SHELF OIL AND GAS FIELDS WITH THE HELP OF THE CONSTRUCTION OF AN UNDERGROUND TUNNEL

The analysis of the main methods of construction of oil and gas producing facilities in the shallow water fields of the Arctic seas is provided in the article. The peculiar features that make the development of shallow deposits difficult are outlined. The authors propose a perspective method for the construction of an underwater oil and gas structure, combining the erection of an underground tunnel under the seabed by means of shield tunneling and the use of equipment for coil tubing drilling of wells.

Key words: offshore oil and gas facilities, shallow-water field, undersea tunnel, tunneling shield, coil tubing.

For citation:

Perfilov V. A., Parkhomenko D. S. [Development of the continental shelf oil and gas fields with the help of the construction of an underground tunnel]. *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], 2018, iss. 52(71), pp. 36—44.

About authors:

Perfilov Vladimir Aleksandrovich — Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Head of Oil and Gas Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, vladimirperfilov@mail.ru

Parkhomenko Dmitrii Sergeevich — Master's Degree student of Oil and Gas Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, parkhdmtris@rambler.ru

УДК 624.042.1:622.24.053.6

В. А. Перфилов, В. Д. Берлизов

Волгоградский государственный технический университет

АНАЛИЗ СИЛ ТРЕНИЯ НА БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЕ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ПРОЦЕССЕ СТРОИТЕЛЬСТВА СКВАЖИНЫ

Изучение сил трения на бурильной колонне с ее осевым перемещением и вращением позволяет снизить затраты при строительстве скважин. Рассмотрено влияние веса бурильной колонны, изогнутой под прямым углом, на ее силы трения на стенке ствола скважины. Дана зависимость сил трения от внешнего диаметра бурильной трубы; коэффициента трения обсадной колонны и протекторного кольца, установленного на замковой части бурильной трубы; радиуса оси изогнутой бурильной колонны и ее веса.

К л ю ч е в ы е с л о в а: бурильная колонна, наклонно направленная скважина, кривизна скважины, силы трения, крутящий момент от сил трения.

Большинство промышленно развитых стран приступило к использованию возобновляемых источников энергии (солнечной, воздушной и водной). Экономика России в основном базируется на невозобновляемых ресурсах (уголь, газ, нефть). Это объясняется цикличностью сезонного снабжения потребителей энергии различных регионов и в первую очередь тем, что более половины территории страны (с населением около 20 млн человек) не обеспечены централизованным энергоснабжением [1].

В современном балансе энергоресурсов России можно выделить следующие составляющие:

- 1) экспорт первичных энергоресурсов (газ, нефть, уголь) — 45 %;
- 2) потребление энергии внутри страны — 36 %;
- 3) энергия на начальную обработку экспортной продукции (сталь, алюминий, удобрения) — 13 %;
- 4) энергозатраты на транспортировку экспортируемых энергоресурсов — 6 %.

По мнению специалистов Российского государственного университета нефти и газа им. И. М. Губкина [2], объем потребности в энергии и возможные запасы альтернативных источников многократно несовместимы, поэтому в ближайшее время альтернативные источники энергии могут только помогать и экономить нефть, газ и уголь, но не смогут их полностью заменить. Современный отечественный энергетический баланс состоит более чем на 90 % из природного газа, нефти и угля.

Таким образом, в настоящее время основой энергообеспечения России является нефтегазовая отрасль, выполняющая существенный объем буровых работ. Поэтому изучение сил трения на бурильной колонне при ее осевом перемещении и вращении дает возможность уменьшить затраты в процессе строительства нефтяных и газовых скважин, соответственно удешевляя себестоимость сырья.

При вращательном бурении долото соединяется резьбой с нижним концом вращающейся бурильной колонны или с забойным двигателем, соединенным резьбой с неповоротной бурильной колонной [3]. В первом случае бурильная колонна вращается столон ротора (нижний привод) или механизмом верхнего

привода через вертлюг. Во втором случае бурильная колонна не вращается, а долото получает вращение от забойного двигателя. Подача породоразрушающего инструмента обеспечивается частью веса бурильной колонны в сборе. По мере углубления скважины ее открытый ствол герметизируют обсадными трубами и возвращаются к бурению долотом меньшего диаметра.

Бурильная колонна свинчивается из бурильных труб крупной конусной замковой резьбой для их быстрого соединения и разъединения [4]. Чаще для строительства нефтегазовых скважин используют бурильные трубы номинальным диаметром 114...168 мм, толщиной 7...12 мм и массой погонного метра 9...39 кг. Для монтажа бурильной колонны применяют трубы пяти типов: с высаженными наружу концами; с высаженными внутрь концами; беззамковые раструбные; с приваренными соединительными концами и с блокирующим пояском [4]. Две-три бурильные трубы соединяют в свечи, которые устанавливают в подсвечник на полу буровой вышки и в магазин на уровне балкона, что существенно уменьшает продолжительность спускоподъемных операций.

Рассмотрим характер взаимодействия элементов изогнутой на 90° бурильной колонны и стенок скважины, обеспечивающий создание сил трения между ними (рис. 1).

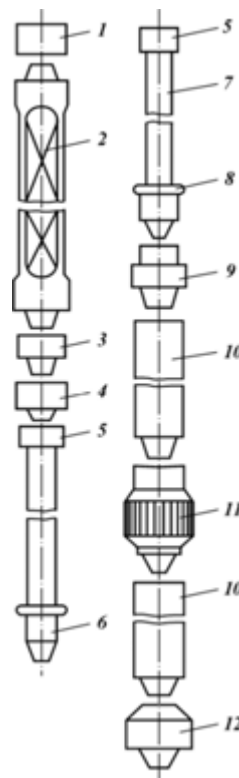


Рис. 1. Конструкция бурильной колонны: 1 — верхний переводник ведущей трубы; 2 — ведущая труба; 3 — нижний переводник ведущей трубы; 4 — предохранительный переводник ведущей трубы; 5 — муфта замка; 6 — ниппель замка; 7 — бурильные трубы; 8 — протектор; 9 — переводник переходной на УБТ; 10 — УБТ; 11 — центратор; 12 — наддолотный центратор-калибратор

При работе бурильная колонна испытывает следующие нагрузки [5]:

осевые силы от части веса колонны, приходящейся на крюк талевого блока (вторая часть приходится на долото), — они обеспечивают прижатие искривленной колонны к стенкам скважины в верхнем и нижнем сечении, что при осевом и вращательном движении колонны сопровождается преодолением сил трения и крутящим моментом от сил трения (если бурильная колонна теряет продольную устойчивость, то количество зон контакта скважины с колонной увеличивается, но суммарная величина сил трения сохраняется) [6, 7];

изгибающий момент при вращении изогнутой бурильной колонны от ее жесткости также обеспечивает прижатие ее протекторных колец к стенкам скважины в верхнем и нижнем сечении, что при вращении колонны сопровождается преодолением момента от сил трения (если бурильная колонна теряет продольную устойчивость, то количество зон контакта скважины с колонной увеличивается, но суммарная величина сил трения сохраняется) [8, 9];

крутящий момент для вращения долота при разрушении породы в забое параллельно преодолевает момент от сил трения, полученных за счет прижатия к стенкам скважины бурильной колонны от ее веса и жесткости.

В работе [10] приводится интересный вывод, что при постоянной кривизне скважины величина напряжения на изгиб зависит только от наружного диаметра бурильной трубы и не зависит от ее толщины. Это объясняется тем, что с увеличением ее толщины пропорционально растут изгибающее усилие и момент сопротивления сечения при фиксированном угле поворота концевых сечений бурильной трубы, что приводит к возникновению сил трения при поступательном и вращательном движении колонны.

Бурильная колонна (см. рис. 1) состоит из следующих основных элементов: ведущей трубы квадратного сечения и бурильных труб (обычных или утяжеленных). Кроме этого, используются переводники, центраторы, отклонитель и протекторы на бурильных трубах у замковых соединений (для уменьшения износа обсадной колонны). Ведущая труба крепится переводником к вертлюгу левой резьбой, что обеспечивает их надежное соединение при вращении бурильной колонны. Все остальные элементы бурильной колонны соединяются правой резьбой, нижний конец которой соединяется переводником с долотом.

Бурильная колонна под действием суммарных нагрузок может терять продольную устойчивость и опираться на обсадную колонну и открытый ствол скважины чаще всего протекторными кольцами у замковых соединений, что приводит к преодолению сил трения при поступательном и вращательном движении колонны [11—13].

Оценим силы трения от веса бурильной колонны в зонах контакта скважины с протекторными кольцами (рис. 2).

Величину силы и момента трения на искривленной бурильной колонне от ее веса оценим для группы бурильных труб наружным диаметром 60,3...168,3 мм с кривизной скважины α от 0,8°/10 м до 12°/10 м [5, 9].

Вес колонны Q , кН, в буровом растворе, учитывая выталкивающую силу, равную весу промывочной жидкости, вытесненной искривленной бурильной колонной:

$$Q = Q_B - Q_P, \quad (1)$$

где Q_B — вес бурильной колонны на воздухе, кН; Q_p — потеря веса колонны в буровом растворе, кН.

Вес бурильной колонны на воздухе Q_B , кН:

$$Q_B = Lmg10^{-3} = \frac{900}{\alpha} m 9,81 \cdot 10^{-3} = 8,829 \frac{m}{\alpha}, \quad (2)$$

где $L = \frac{900}{\alpha}$ — длина искривленной на 90° бурильной колонны, м, так как каждое отдельное ее искривление K (в градусах) реализуется на участке длиной 10 м; α — кривизна скважины, приращение угла ее искривления на участке 10 м (град./10 м); g — ускорение свободного падения, м/с²; m — масса 1 м бурильной трубы, кг.

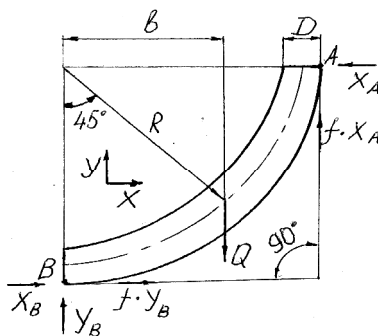


Рис. 2. Схема изгиба бурильной колонны на 90° в диапазоне упругих деформаций: Q — вес бурильной колонны в промысловой жидкости, кН; $R = \frac{4L}{2\pi} = \frac{1800}{\pi\alpha}$ — радиус оси искривленной бурильной колонны, так как ее длина L [7] представляет собой четверть окружности радиуса R при изгибе бурильной колонны на 90° , м; D — наружный диаметр бурильной трубы, м; Y_B — вертикальная реакция от стенки скважины в забое, кН; X_A и X_B — горизонтальные реакции от стенок скважины (без учета сил трения), кН; fX_A , fY_B — силы трения искривленной бурильной колонны о стенки скважины, кН; f — коэффициент трения протекторного кольца по обсадной колонне скважины (0,2...0,4 [6]); b — плечо силы Q относительно оси B (как катет равнобедренного прямоугольного треугольника с гипотенузой R), равно $b = R / \sqrt{2}$; α — кривизна скважины, град./10 м; A и B — оси, перпендикулярные плоскости рисунка в точках A и B

Потеря веса колонны в буровом растворе Q_p , кН:

$$Q_p = V\gamma = \frac{\pi}{4} L_c \gamma (D^2 - d^2) = \frac{\pi 900 11}{4K} (D^2 - d^2) = 7771,5 \frac{D^2 - d^2}{K}, \quad (3)$$

где V — объем бурового раствора, вытесненного колонной, м³; $\gamma = 11$ кН/м³ — удельный вес бурового раствора; D — наружный диаметр бурильной трубы, м; d — внутренний диаметр бурильной трубы, м.

Таким образом, вес колонны Q , кН, в буровом растворе с учетом [7]:

$$Q = \frac{8,829m - 7771,5(D^2 - d^2)}{\alpha}. \quad (4)$$

Из суммы моментов сил относительно оси B ($\Sigma M_B = 0$)

$$QR / \sqrt{2} - X_A (R + D / 2) - f X_A (R + D / 2) = 0$$

горизонтальная реакция X_A , кН, равна

$$X_A = \frac{QR}{(R + D / 2)(1 + f)\sqrt{2}}. \quad (5)$$

Из суммы сил на ось Y ($\Sigma F_Y = 0$)

$$Y_B + f X_A - Q = 0$$

вертикальная реакция Y_B , кН, с учетом (10) равна

$$Y_B = Q \left[1 - \frac{fR}{(R + D / 2)(1 + f)\sqrt{2}} \right]. \quad (6)$$

Таким образом, суммарная сила трения протекторного кольца, поставленного у замковой части на изогнутой под 90° бурильной колонне от ее веса, равна P , кН:

$$P = f X_A + f Y_B = \left[1 + \frac{(1 - f)R}{(R + D / 2)(1 + f)\sqrt{2}} \right] f Q, \quad (7)$$

где X_A — горизонтальная реакция от стенок скважины на изогнутую бурильную колонну в точке A , кН; Y_B — вертикальная реакция от стенок скважины на изогнутую бурильную колонну в точке B , кН; Q — вес изогнутой на 90° бурильной колонны в промывочной жидкости, кН; $f = 0,2$ — коэффициент трения протекторного кольца [14, 15], уставленного у замкового соединения на бурильной трубе по обсадной колонне скважины.

Момент сил трения при вращении изогнутой на 90° бурильной колонны M , Н · м:

$$M = 0,5 D_K P, \quad (8)$$

где D_K — наружный диаметр уставленного на бурильную трубу протекторного кольца, м; P — суммарная сила трения протекторного кольца по обсадной колонне скважины, Н.

В ходе расчетов по приведенным выше формулам (1)–(8) были просчитаны суммарные силы трения протекторного кольца по обсадной колонне скважины для группы бурильных труб наружным диаметром 60,3...168,3 мм с кривизной скважины от 0,8/10 м до 12/10 м. Полученные результаты полностью проанализированы. После анализа и сравнения результатов вычислений можно сделать однозначный вывод. Вес изогнутой на 90° бурильной колонны в промывочной жидкости увеличивается с ростом наружного и уменьшением внутреннего диаметра бурильной трубы. Также соответственно возрастают осевые силы трения бурильной колонны о стенки скважины и момент касательных сил трения.

На рассматриваемые параметры значительно влияет кривизна скважины, так как с ее ростом уменьшается длина искривленной на 90° буровой колонны, а значит, ее вес и прижимающие силы, создающие силы трения, значительно возрастают. Для рассматриваемых буровых труб вес Q , кН, сила трения P , кН, и момент трения M , Н·м, изменяются в следующих диапазонах в зависимости от кривизны скважины α , град./10 м:

1. При $\alpha = 0,8 \cdot Q = (86,5 - 356,4)$; $P = (25,5 - 104,9)$; $M = (1,28 - 11,8)$.
2. При $\alpha = 2,0 \cdot Q = (34,6 - 142,6)$; $P = (10,2 - 40,0)$; $M = (0,51 - 4,72)$.
3. При $\alpha = 5,0 \cdot Q = (13,8 - 57,0)$; $P = (4,06 - 16,8)$; $M = (0,20 - 1,89)$.
4. При $\alpha = 10,0 \cdot Q = (7,0 - 28,5)$; $P = (2,1 - 8,4)$; $M = (0,10 - 0,94)$.
5. При $\alpha = 12,0 \cdot Q = (5,8 - 23,8)$; $P = (1,7 - 7,0)$; $M = (0,09 - 0,79)$.

Исходя из приведенных в данной статье расчетов, можно сделать окончательный вывод о том, что величина сил трения на буровой колонне составляет треть ее веса и находится в прямой зависимости от кривизны скважины. Соответственно, из-за избыточных сил трения уменьшается срок эксплуатации бурового оборудования. В результате потерь мощности на преодоление сил трения увеличивается общий срок строительства скважины. Повышается риск возникновения аварий в процессе бурения. Все эти факторы в совокупности приводят к удорожанию эксплуатационных скважин и, соответственно, к увеличению себестоимости углеводородного сырья. На сегодняшний день данная проблема является актуальной и требует комплексного решения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Попель О. С. Возобновляемые источники энергии // Журнал Российского химического общества им. Д. И. Менделеева. 2008. Т. LII. № 6. С. 95—106.
2. Богоявленский В. И. Стратегия развития нефтегазовой отрасли России и импортозамещение: видео выступления // Всерос. конф. «Конкурентоспособность и импортозамещение в нефтегазовом комплексе», г. Москва, РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 21—22 декабря 2015 г. М., 2015.
3. Вадецкий Ю. В. Бурение нефтяных и газовых скважин. М., 2004. С. 253—254.
4. Буровое оборудование: справ. Т. 1. М., 2008. С. 113—115.
5. Мислюк М. А., Рибчик И. Й., Яремчук Р. С. Буріння свердловин. Т. 3. Вертикальні та скероване буріння. Київ: Інтерпрес Лтд., 2004. С. 289—294.
6. Annual 8th Offshore Technology Conference, Houston, 1976. Proc. Vol. 1—3. Dallas, Texas, 1976.
7. Collier M., Lowell J. Dynamic effects on mooring cable // Oceanol. Int. 1971. Vol. 6. No. 9. Pp. 31—32.
8. Dominguez R. F., Filmer R. W. Discrete parameter analysis as a practical means for solving solving mooring behavior problems // Ann 3rd Offshore Technology Conf Houston, 1971. Dallas, Texas, 1971. Proc. Vol. 2. Pp. 873—882.
9. Optimization of stable platform characteristics / F. E. Horton, L. B. Caminon, J. P. Murtha, J. R. Paulding // Ann. 4th Offshore Technology Conf., Houston, 1972. Dallas, Texas, 1972. Proc. Vol. 1. Pp. 417—428.
10. Филатов В. А., Каминский И. А. Изгибающие нагрузки на буровую трубу при наклонно направленном бурении скважин // Интернет-вестник ВолГАСУ. Сер.: Политехническая. 2014. Вып. 3(34). С. 3—4. URL: [www/vestnik.vgasu.ru](http://vestnik.vgasu.ru)
11. Александров А. В. Сопротивление материалов. М., 2008. С. 225—234.
12. Maurer K. C. Recent advances in horizontal drilling // J.C.P.T., 34. 1995. No. 9. Pp. 25—33.
13. Булатов А. И., Проселков Ю. М. Морские нефтегазовые сооружения. Техника и технология разработки и эксплуатации морских нефтегазовых месторождений. Краснодар, 2006. С. 38—39.

14. Hsu F. H., Blenkarn K. A. Analysis of peak mooring forces caused by slow vessel drift oscillations in random seas // Soc. Petrol. Eng. J. 1972. Vol. 12. No. 4. Pp. 329—344.

15. Keatinge K. Static mooring a review of the state of the art // Nay. Eng. J. 1970. Vol. 82. No. 4. Pp. 63—70.

© Перфилов В. А., Берлизов В. Д., 2018

Поступила в редакцию
в феврале 2018 г.

Ссылка для цитирования:

Перфилов В. А., Берлизов В. Д. Анализ сил трения на буровой колонне, возникающих в процессе строительства скважины // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. Вып. 52(71). С. 45—51.

Об авторах:

Перфилов Владимир Александрович — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой нефтегазовых сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, vladimirperfilov@mail.ru

Берлизов Владимир Дмитриевич — магистрант кафедры нефтегазовых сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, vladimir.berlizow@gmail.com

V. A. Perfilov, V. D. Berlizov

THE ANALYSIS OF FRICTION FORCES ON A DRILL STEM ARISING DURING THE CONSTRUCTION OF A WELL

Studying of friction forces on a drill stem with its axial displacement and rotation allows lowering expenses at the construction of wells. The influence of weight of a drill stem, bent at the right angle, on its friction forces on a well trunk wall is considered. The article provides the dependence of friction forces on: the external diameter of a drill pipe; the friction coefficient of a drive pipe and a tread ring placed on a locking part of a drill stem; the axis radius of a curved drill stem and its weight.

Key words: drill stem, directional well, well curvature, frictional forces, torque from frictional forces.

For citation:

Perfilov V. A., Berlizov V. D. [The analysis of friction forces on a drill stem arising during the construction of a well]. *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], 2018, iss. 52(71), pp. 45—51.

About authors:

Perfilov Vladimir Aleksandrovich — Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Head of Oil and Gas Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, vladimirperfilov@mail.ru

Berlizov Vladimir Dmitrievich — Master's Degree student of Oil and Gas Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, vladimir.berlizow@gmail.com

УДК 72.023

И. М. Соланилья Медина^а, В. М. Шувалов^б

^а *Российский университет дружбы народов*

^б *Московский архитектурный институт (Государственная академия) — МАРХИ*

БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗ БАМБУКА В СОВРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРЕ

В статье рассмотрена практика использования возобновляемого природного материала — бамбука. С древнейших времен племенами древних инков и индейцев паецес этот прочный материал использовался при строительстве мостов. В современной архитектуре бамбук находит свое применение при сооружении большепролетных объектов. Имея малый вес и высокую прочность, этот материал получает значительные конкурентные преимущества по сравнению с другими природными материалами. Конструкции бамбука имеют очень серьезные основания для того, чтобы стать идеальными конструкциями XXI века.

Ключевые слова: бамбук, бамбук ангустифолия, свойство материала, большепролетные конструкции, устойчивая архитектура, пространственная система, расчеты.

Бамбук — один из древнейших конструктивных материалов. Эволюция конструктивных решений из бамбука создала надежную систему конструкций. Оценка материала по предельным состояниям на прочность и на прогиб стала основным критерием при проектировании конструкций и соединительных узлов элементов из бамбука [1, 2].

Индейцы племени паецес впервые использовали бамбук — надежный природный материал, из которого конструировали различные сооружения, здания и мосты. Племена древних инков, начиная с ранних времен, сооружали мосты через овраги, суходолы и горные реки в ареале своего обитания [3]. Во многих странах Южной Америки и Азии эти сооружения сохранились до настоящего времени (рис. 1). Индейцы были настоящими мастерами в строительстве мостов. Их знания, накопленные за многие тысячелетия, продолжают быть актуальными и в настоящее время [4].

Времена изменились, началась новая эра с большими и новаторскими конструкциями. Однако конструкции и соединение из бамбука продолжают быть актуальны и в наши дни. Используя новейшие технологии соединения бамбука с бетоном, конструкторы получили возможность использовать бамбук в мостовых конструкциях. Новые технологии позволили расширить конструктивные возможности этого природного материала, делая его более устойчивыми в пролетах больших мостов.

Все это существенно обогатило не только инженерные, но и расчетные возможности бамбука, создало условия для появления новых архитектурных решений. В настоящее время конструкции из бамбука перекрывают пролеты в 10, 20 и даже в 40 м и более [5]. Такие пролеты возможно выполнить другими материалом, но в развивающихся странах, где стоимость стали или алюминия высока, использование бамбука наиболее выгодно. Бамбук не только проявил себя как материал для строительства мостов, но и показал возможности его использования при строительстве перекрытий для стадионов, цирков и других пространственных элементов [6] (рис. 2).

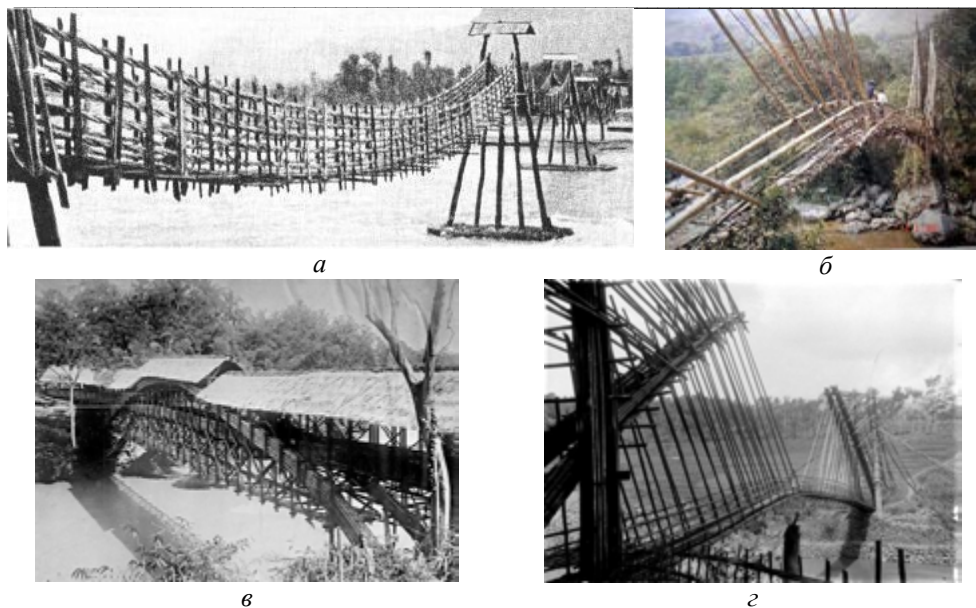


Рис. 1. Большепролетные конструкции из бамбука индейцев паецес, сохранившиеся до нашего времени: *а* — подвесной мост Жупу в Дуцяняньяне (Китай), 300 г. н. э.; *б* — бамбуковый мост через реку Ла-Плата в Нейве (Колумбия), 1853 г.; *в* — бамбуковый мост через реку Читарум в Бандунге (Индонезия), 1893 г.; *г* — бамбуковый мост через реку Серау на о. Яве (Индонезия), 1910 г. (фото из Интернет-ресурсов¹)

Проведенные исследования по предельным напряжениям показали, что сопротивление ствола стержня вдоль волокон существенно отличается от сопротивления ствола стержня в поперечном направлении. При приложении контрольных нагрузок под острым углом к стержню ствола бамбука может происходить скалывание вдоль волокон. Возникает необходимость дополнительного изучения оценки несущей способности стержней ствола бамбука при различных направлениях и сочетаниях внешних нагрузок [7, 8].

Исследованиями в области прочностных характеристик бамбука известны работы многих крупных архитекторов и конструкторов из Колумбии и других стран, в их числе Ф. И. Шимкин, Цзян Зухуэй, Ван Синью, Ли Хуэй, Чжан Юйкун, Цзян Цзяньсинь, Ян Чжункай, Чжу Ливэй, Ши Лимин, Янь Лицзе, Сянь Синцзюань, Сун Нин, Чжан Лишань, Хуан Шэнся, Ван Кай, Ван Чжэн, Го Вэньцзин, Се Хао, Клито Афонсо, Армандо Оливейра, Амада Шигеясу, Нагасе Юкито и др. Среди архитекторов и исследователей, занимавшихся соединениями конструкций из бамбука, можно отметить Д. Е. Долидзе, З. В. Цагарели, Чжан Нань, М. Генриха Крайса, Р. Хайджунса, Во Тронг Нгхя. Разработкам конструктивных решений бамбуковых узлов посвящены монографии таких авторов, как М. Хейнсдорф и С. Велез, Шоэй Ё, М. Виллегас, Сяо Ян [9, 10].

¹ URL: <https://rarofficial.wordpress.com/2014/01/06/>;
<https://pedemonte1.wordpress.com/2010/06/13/marco-polo-y-sus-historias/>;
http://c.ymcdn.com/sites/www.echocommunity.org/resource/collection/7B4F6F18-749A-46C0-A127-904FAA07B7F8/A_History_of_Bamboo_Bridges.pdf;
http://www.wikiwand.com/es/Historia_de_los_puentes

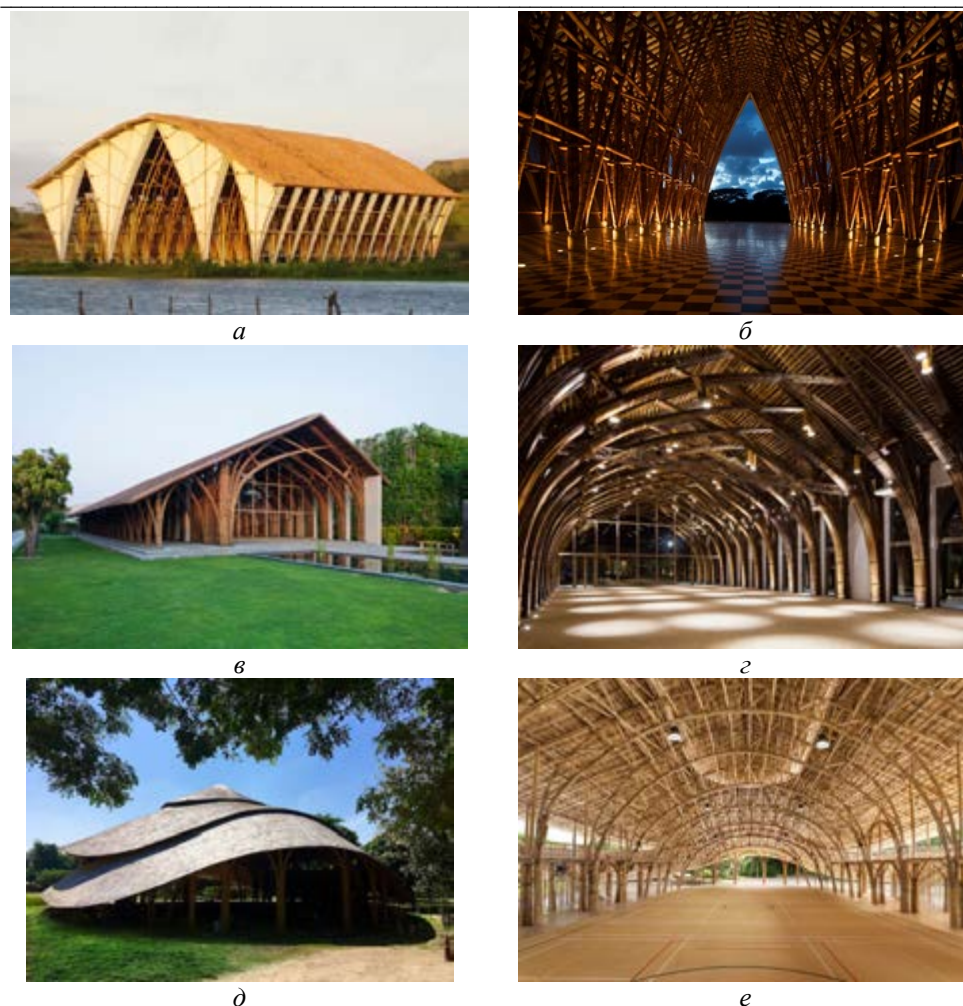


Рис. 2. Современные большепролетные сооружения из бамбука: *а, б* — Собор без религии в Картахене (Колумбия), 2005 г.; *в, г* — конференц-зал в Да Нанге (Вьетнам), 2015 г.; *д, е* — спортивный зал в Нампрае (Таиланд), 2017 г. (фото из Интернет-ресурсов²)

Бамбук гуадуа — это один самых подходящих для строительства, он произрастает в основном в Колумбии. Этот вид бамбука с крепким стволом и толстыми стенками стержней обладает высокими прочностными показателями и характеристиками. Все это позволило этому типу бамбука занять вновь свою нишу в мостостроении.

Наибольшая потребность в этом виде бамбука начинается после наводнения в Колумбии 1994 г. Река Каука, которая сильно разлилась и затопила берега, уносила все сооружения, которые ей попадались на пути, и даже зна-

² URL: <https://www.archdaily.com.br/br/775724/sala-de-conferencias-naman-retreat-vo-trong-nghia-architects>;
<http://wi-fi.ru/desktop/news/1/1801893>;
<http://arqa.com/arquitectura/catedral-sin-religion.html>

менитый мост Белалказар, построенный за многие века до этого, служившей основной переправой индейцам через реку Каука. Начиная с этого грустного эпизода, бамбук получил второе рождение, став современным конструктивным материалом. Необходимость заставила общество смелее использовать гуадуа при восстановительных работах, который обильно рос на склонах рек и их притоков. С этого момента жители района Каука начали использовать гуадуа для строительства мостов и восстанавливать экономику региона [11].

Идея строить мосты из бамбука продиктована массовым произрастанием бамбука гуадуа в Колумбии, а также незначительными затратами труда и небольшим количеством рабочих, участвующих в процессе строительства. Эта технология строительства не наносит вред окружающей природе и сохраняет леса. Это самый экологический, экономический и рациональный выбор для настоящего времени [12].

При использовании бамбука в большепролетных конструкциях мы имеем следующие преимущества: малый вес при высокой прочности; возможность проектирования криволинейных элементов; высокая точность конструкций при индивидуальном изготовлении; легкость механической обработки; высокая скорость строительства; простота сборки и обработки конструкций на строительной площадке; экологическая чистота, эстетичность и позитивное восприятие натурального материала; высокие художественные достоинства текстуры; диэлектрические свойства; сейсмоустойчивость; долговечность (при необходимом уходе может прослужить более 100 лет) [3]; сейсмостойкость. Следует отметить и образовательный аспект для строителей, которые научатся создавать разнообразные конструкции из бамбука, будут применять эти знания и в своих интересах.

Мосты, построенные с использованием бамбука, создавались не по типовым проектам, потому как в каждой ситуации существовал индивидуальный функциональный, геологический и топографический аспект и особенности проектирования (рис. 3). Здесь всегда необходимо разрабатывать особые требования на каждый случай. Следует знать, что натуральный материал всегда имеет отличия, и он должен основательно подбираться и идентифицироваться. Для этого стержни объединяют и группируют по диаметрам и длине [13].

В период древних веков бамбук был основным строительным материалом в Колумбии. Однако хотелось бы обратить внимание на его значение в ряду современных конструктивных материалов. В настоящее время происходит непрерывное расширение в применении бамбука не только как конструктивного, но и как отделочного материала [14].

Действительно, достоинств у этого материала более чем достаточно. В дополнение ко всему он экологически чистый и самовозобновляемый материал. Он в отличие от обычных растений имеет очень большую высоту — до 35 м. Обладает самой высокой скоростью роста: за одни сутки он может вырасти до 1 м. В возрасте от трех до шести лет бамбук набирает наибольшую прочность, одревесневает и становится пригодным как строительный материал [11].

Физические свойства бамбука являются выражением его характеристик под действием внешних сил; это зависит от вида приложенной силы и конструкции. В целом, эти свойства определяют пригодность материала для строительства и для многих других целей [11].

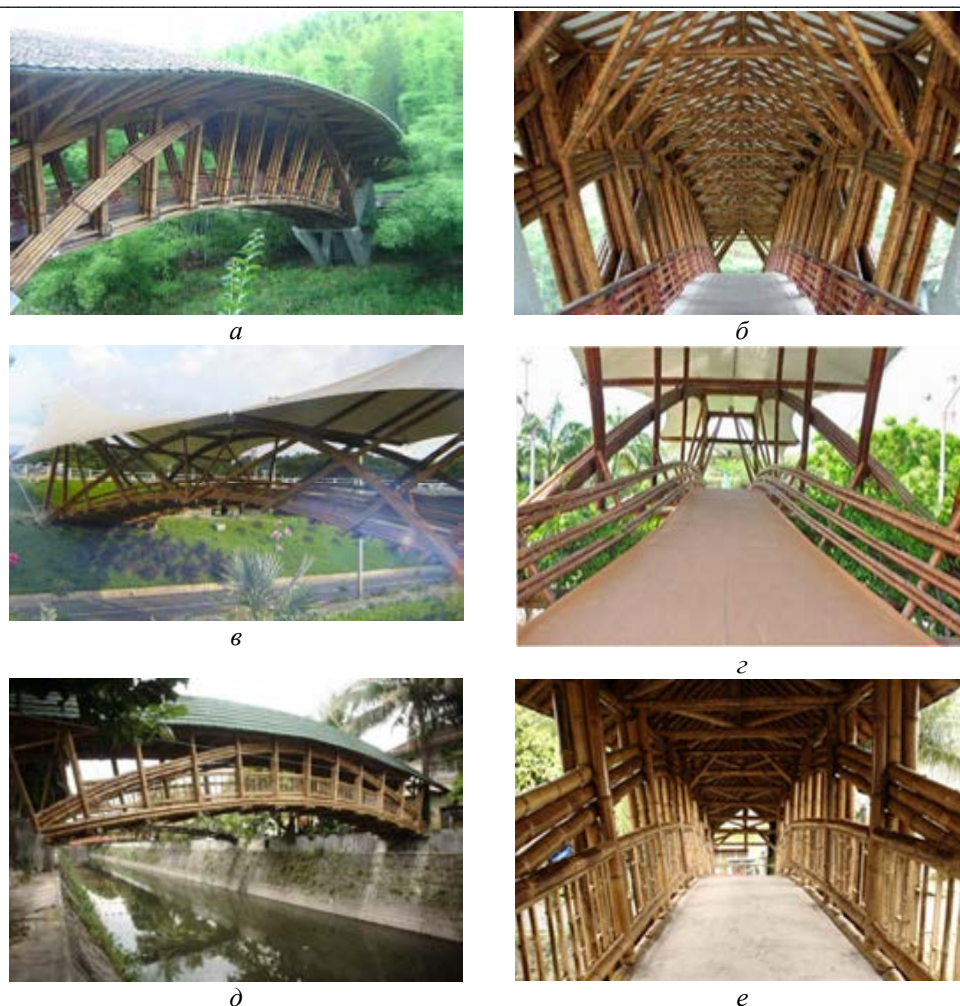


Рис. 3. Применение большепролетных конструкций из бамбука в строительстве мостов: *а, б* — пешеходный мост в Гуанчжоу (Китай), 2005 г.; *в, г* — мост Гвадуи Арнульфо Бришеньо в Кукуте (Калумбия), 2008 г.; *д, е* — бамбуковый мост на о. Яве (Индонезия), 2017 г. (фото из Интернет-ресурсов³)

Самые крупные и прямые стержни используются для стоек и сжатых диагоналей, в то время как более мелкие подходят для растянутых диагоналей и узлов (рис. 4). Бамбук, который имеет кривизну, будет использован в арках и перилах. Все природные стержни бамбука гуадуа, используемые в мостостроении, — длинные, короткие, прямые и с кривизной.

³ URL: https://www.kompasiana.com/andreaslalenoh/crosswaters-ecolodge-and-spa-dan-kuan-yin-deep-pool_54fd540ca33311c82150fab6;
<https://www.backyardxscapes.com/blog/the-advantages-of-bamboo/>;
<https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/874109/puente-de-bambu-en-indonesia-presentaalternativas-sustentables-para-la-infraestructura>;
<http://mapio.net/pic/p-48476554/>;
<http://cronicasdecucuta.blogspot.ru/2014/06/586-el-puente-de-guadua-arnulfo-briceno.html>

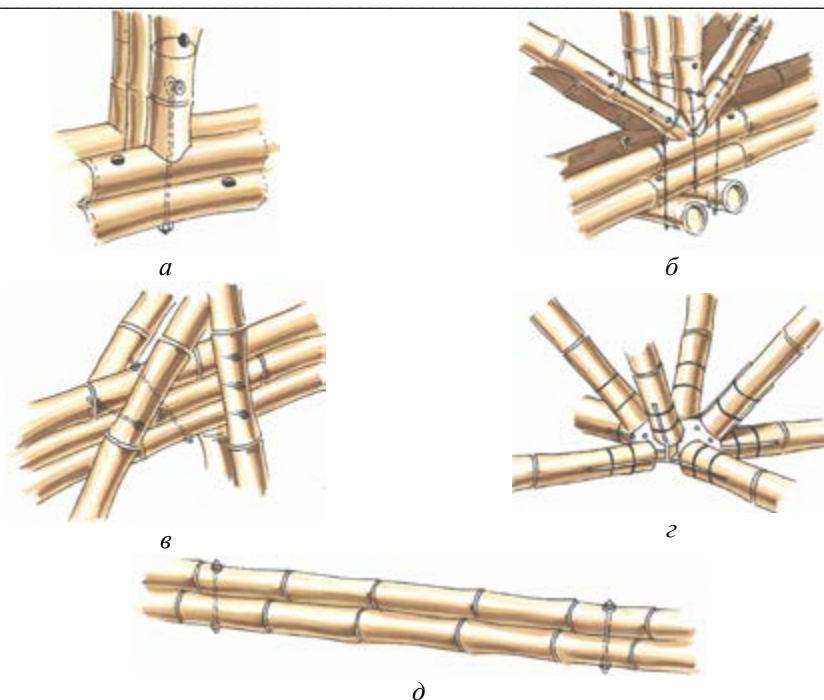


Рис. 4. Примеры узлов большепролетных конструкций из бамбука: *a* — узел стойки фермы; *б* — узел фермы с раскосами нижнего пояса; *в* — узел раскосами; *г* — узел пространственного сопряжения фермы; *д* — узел поясного соединения (изображения в авторской интерпретации)

При проектировании мостов больших пролетов с использованием длинных прогонов и балок необходимо выполнять соединения стержней бамбука гуадуа по длине. Длина одного природного ствола бамбука недостаточна, поэтому стержни бамбука соединяют один с другим, подбирая их по равному диаметру. Внутреннее пространство концов заливают бетоном класса В-25 и усиливают стыковку концов арматурой А-III, $D = 12$ мм. Глубина заливки бетона и длина закрепляющей стык арматуры определяется расчетом для растянутых стержней конструкции [9, 13, 15]. Сжатые элементы конструкции соединяют один с другим без расчета конструктивно.

Прогоны и балки для усиления составляют из нескольких стволов гуадуа по вертикали и скрепляют их шпонками или винтами с шагом 1,5...2,0 м до необходимой толщины. Набирая требуемый момент инерции для элементов, работающих на изгиб, создается составная балка из соединенных стержней бамбука. Также создается требуемая толщина арки, работающей на сжатие, здесь необходимо выдержать условия устойчивости стержней [6].

Создавая структуру конструкции из бамбука, можно усиливать или уменьшать деформации стержней. Рассмотрим случай, когда два ствола гуадуа расположены рядом по горизонтали, момент инерции увеличится в два раза, а прогиб также уменьшится, если его сравнить с одним стержнем ствола. Два ствола соединенных шпонками вертикально снижают прогиб составной балки в четыре раза, если его сравнить со стержнем из одного ствола. Все это необходимо учесть при создании бамбуковых большепролетных конструкций.

При расчетах и проектировании большепролетных конструкций мостов необходимо рассчитывать все элементы составной конструкции в отдельности. Каждый стержень пространственной фермы, узлы и стыки стержней, его опоры и фундамент рассчитываются на постоянные и временные нагрузки. При проектировании мостов в сельских зонах необходимо обращать особое внимание на то, что по мостам будет ходить и скот. При проектировании архитектор и конструктор должны гарантировать качество, безопасность, долговечность и экономичность несущей конструкции и сооружения в целом. При совместной работе в конструкции бамбука и бетона необходимо использовать не только технические знания о расчетных характеристиках материалов, но и технологические и научные знания о свойствах бамбука.

В настоящее время строительство объектов с большепролетными конструкциями применяется в крупных масштабах. Основные задачи по снижению материалоемкости и скорости возведения рассматриваемых объектов встают перед строителями и архитекторами как наиболее важные. Поиск резервов направлен на уменьшение веса конструкций, снижение затрат на их изготовление, доставку и монтаж. На основании этого актуализируется задача по интенсивному применению легких материалов. Для этого необходимо развитие методов расчета конструкций из бамбука и методов конструирования пространственных систем из бамбуковых элементов.

Устойчивая архитектура диктует новые принципы по использованию экологических материалов в современном строительстве. Конструкции бамбука имеют очень серьезные основания для того, чтобы стать идеальными конструкциями XXI в. Бамбук обладает низким уровнем неблагоприятного воздействия на окружающую среду. Применение конструкций из бамбука имеет очень серьезные основания для распространения в других районах и странах нашей планеты, и в первую очередь в Колумбии [16].

Колумбия находится в зоне высокой сейсмоактивности. Здесь часто бывают мощные землетрясения. При проектировании зданий и различных сооружений необходимо учесть и этот аспект. Во время землетрясения конструкции из гуадуа не разрушаются, а колеблются вместе колебанием земли. Эти положительные особенности строительного материала гуадуа стали основной причиной его широкого распространения в стране.

Пешеходные мосты и другие большепролетные конструкции, которые создаются и проектируются в Колумбии и других странах, будут надежно служить людям. Элементы из природного материала соединяют человека и окружающий ландшафт и добавляют тепло в урбанизированную среду крупных городов. Бамбук гуадуа становится отличным материалом для решения многих проблем при строительстве для различных слоев населения. Он произрастает во многих регионах страны и обладает существенными конкурентными преимуществами по сравнению с другими традиционными материалами [17].

Использование новых технологий в строительстве будет способствовать дальнейшему развитию и расширению областей по применению бамбука и дополнительному изучению современных конструктивных элементов с использованием бамбука, расширению номенклатуры, типологии зданий и сооружений, в которых возможно применение этого эффективного материала.

В настоящее время не так много архитекторов используют бамбук как основной конструктивный материал. В сборниках мировой литературы и универ-

ситетских учебниках по конструктивному проектированию этот прогрессивный материал также освещен очень слабо. Существует достаточно мало нормативной литературы по проектированию из бамбука⁴. Из крупных известных архитекторов с этим материалом работают Симон Велес (Колумбия) и Йорг Штамм (Германия). По нашему мнению, этим должны заниматься научные организации и проектные институты, чтобы продвигать бамбук в мире.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соланилья Медина Й. М., Шувалов В. М., Соланилья О. Ю. Экологический природный материал в архитектуре Симона Велеса и Симона Осье Сампера // *Architecture and Modern Information Technologies*. 2016. №1(34). С. 157—170. URL: [http://www.marhi.ru/AMIT/2016/4kvart16/PDF/AMIT_2016—4\(37\)_Solanilla—Shuvalov_PDF.pdf](http://www.marhi.ru/AMIT/2016/4kvart16/PDF/AMIT_2016—4(37)_Solanilla—Shuvalov_PDF.pdf)
2. Соланилья Медина Й. М. Архитектурное проектирование из бамбука как экологического альтернативного материала XXI века // *Architecture and Modern Information Technologies*. 2018. № 1(42). С. 201—211. URL: http://marhi.ru/AMIT/2018/1kvart18/15_solanilla_molina/index.php
3. Stamm J. Guía para la construcción de puentes en Guadua. Proyecto UTP—GTZ. Pereira, Colombia, 2001.
4. Lamus Báez F. A., Urazán Bonells C. F., Andrade Pardo S. La Guadua angustifolia como alternativa para la construcción de puentes peatonales // *Épsilon*. 2014. No. 23. Pp. 43—62.
5. Icontec. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth. NTC 5525. Bogotá, Colombia, 2007. 22 p.
6. Construcción puente de arco en guadua Medellín / Viernes. 2008. 19 de septiembre. URL: <http://puentemedellinregionalquindio.blogspot.ru/2008/09/los-puentes-en-guadua-construidos-en.html>
7. Revian Nathanael W., Maurina A. Impacts of long-span bamboo structure towards architectural-spatial experience // *SICEST*. 2016. URL: <http://10.1051/mateconf/201710105024>
8. Company IBUKU — a pioneering architectural and design firm building with bamboo in bali, led by Elora Hardy. URL: <http://ibuku.com/heart-of-school/>
9. Исследования на прочность малоразмерных образцов из бамбукового композита / А. В. Крицин, С. Ю. Лизачева, А. С. Торопов, Д. М. Лобов, А. В. Тихонов // *Приволжский научный журнал*. 2014. № 3. С. 26—30.
10. Яо Вэй. Разработка и расчет узловых соединений несущих пространственных стержневых конструкций из бамбука: дис... канд. техн. наук: 05.23.01. СПб., 2015. 163 с.
11. Edgar Giraldo Herrera, Aureliano Sabogal Ospina. La Guadua. Una alternativa sostenible: la guadua. Técnicas de cultivo y manejo // *Corporación Autónoma Regional del Quindío*, Colombia, 2005. 192 p.
12. Oscar Hidalgo López. Bamboo: The Gift of the Gods // *Ediciones villegas editores*, Bogotá, Colombia, 2004. 553 p.
13. Шимкин Ф. И. Изменение физико-механических свойств древесины бамбука Мосо с целью предотвращения ее растрескивания: дис... канд. техн. наук. Воронеж, 1987.
14. Потокина Т. М., Карпенко А. Г. Адаптация колористики архитектурного пространства к условиям городской среды // *Вестник ВолгГАСУ*. Сер.: Стр-во и архит. 2015. Вып. 41(60). С. 212—224.
15. Котлов В. Г., Наумов А. К. Конструкции из дерева и пластмасс: метод. указ. к выполнению лаборатор. работ. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2011.
16. Tecnólogos en Construcción de Guadua // *Jueves*, 25 de septiembre de 2008. URL: <http://construccion427012.blogspot.com/2008/09/proyecto-puente-en-guadua.html>
17. El puente de guadua arnolfo briceño // *Martes*, 17 de junio de 2014. URL: <http://cronicasdecucuta.blogspot.ru/2014/06/586-el-puente-de-guadua-arnolfo-briceno.html>

© Соланилья Медина Й. М., Шувалов В. М., 2018

⁴ ISO 22156. Бамбук: расчет и конструкция.

ISO 22157 Бамбук: определение физических и механических качеств. Ч. 1. Требования.

ISO/TR22157. Бамбук: определение физических и механических качеств. Ч. 2. Руководство для проверки расчетов.

*Поступила в редакцию
в марте 2018 г.*

Ссылка для цитирования:

Соланилья Медина Й. М., Шувалов В. М. Большепролетные конструкции из бамбука в современной архитектуре // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. Вып. 52(71). С. 52—60.

Об авторах:

Соланилья Медина Йор Майкол — аспирант департамента архитектуры и строительства, Российский университет дружбы народов (РУДН). Российская Федерация, 17198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6, solanilla1990@hotmail.es

Шувалов Василий Максимович — канд. архит., профессор кафедры архитектуры сельских населенных мест, Московский архитектурный институт (Государственная академия) — МАРХИ. Российская Федерация, 107031, г. Москва, ул. Рождественка, д. 11/4, корп. 1, стр. 4, shuv-vasilij@yandex.ru

I. M. Solanil'ya Medina, V. M. Shuvalov

THE LONG-SPAN STRUCTURES MADE OF BAMBOO MATERIAL IN MODERN ARCHITECTURE

The perception of the article has been developed on the practical use of renewable material which is known as "Bamboo". Since the ancient times the tribes of Incas and Paeces actively used the durable material in the construction of bridges. The modern architecture has discovered the use of bamboo for the construction of long-span objects. Due to competitive material properties, such as low weight and high strength, it has received a significant attention in comparison with other materials. Bamboo structures have remarkable advantages which make the material an ideal choice in the XXI century.

К е y w o r d s: bamboo, bamboo "angustifolia", material properties, large-span structures, sustainable architecture, spatial system, designs.

For citation:

Solanil'ya Medina I. M., Shuvalov V. M. [The long-span structures made of bamboo material in modern architecture]. *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], 2018, iss. 52(71), pp. 52—60.

About authors:

Solanil'ya Medina Ior Maikol — Postgraduate student of Architecture and Civil Engineering Department, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN). 6, Miklouho-Maklai St., Moscow, 17198, Russian Federation, solanilla1990@hotmail.es

Shuvalov Vasilii Maksimovich — Candidate of Architecture, Professor of the Department of Architecture of Populated Countryside, Moscow Architectural Institute (State Academy) — MARHI. Building 1, bulk 1, 11/4, Rozhdestvenka Street, Moscow, 107031, Russian Federation, shuv-vasilij@yandex.ru

УДК 624.014+624.016

А. В. Чесноков, В. В. Михайлов, И. В. Долматов

Липецкий государственный технический университет

ЧИСЛЕННЫЙ АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЖЕСТКОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ И ВЕЛИЧИНЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ВАНТОВОЙ КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЯ

Вантовая конструкция состоит из несущих и стабилизирующих тросов, распорок и связей. Несущие тросы относятся к двум семействам и расположены во взаимно перпендикулярных плоскостях. Стабилизирующие тросы и распорки образуют вертикальные ребра. Предложен численный алгоритм поиска основных параметров вантовой конструкции. Рассмотрены варианты ее преднапряжения. Вантовая конструкция предназначена для зданий с укрупненной сеткой колонн. Ее применение позволит уменьшить материалоемкость покрытия, снизить трудоемкость его монтажа и сократить затраты на эксплуатацию здания.

К л ю ч е в ы е с л о в а: вантовый, покрытие, преднапряженная конструкция, многомерная оптимизация.

Вантовые конструкции, основными несущими элементами которых являются гибкие высокопрочные стальные тросы, находят применение в зданиях и сооружениях преимущественно общественного назначения. Наибольшее распространение они получили в спортивном строительстве, обеспечивая перекрытие больших пролетов, свободных от промежуточных опор.

По сравнению с балками, стропильными фермами и арками, вантовые конструкции требуют меньший расход материала. Они позволяют снизить затраты на изготовление, транспортировку и монтаж покрытия, а также создать выразительные архитектурные формы, выделяющие возводимый объект из аналогичных по назначению и выполняемым функциям зданий [1].

Вместе с тем вантовые конструкции обладают значительной деформативностью, связанной как с пониженными жесткостями высокопрочных стальных тросов, так и с кинематическими перемещениями, проявляющимися при воздействии неравномерных внешних нагрузок [2]. По этой причине жесткие кровли из металлических щитов, профилированного настила или железобетонных плит уступают место гибким архитектурным мембранам. Наиболее распространенными в настоящее время являются мембраны на основе полиэфирных волокон с ПВХ-покрытием, а также стекловолокно, покрытое тефлоном или силиконом [3, 4].

Архитектурные мембраны светопроницаемы. Их применение позволяет существенно снизить расходы на освещение здания. На строительную площадку мембраны привозят в виде рулонов или свертков, имеющих незначительные размеры по сравнению с перекрываемой площадью. Монтаж мембранного покрытия осуществляется крупными панелями. Это способствует снижению трудозатрат.

Среди ярких примеров вантовых систем с мембранным покрытием можно назвать купол олимпийского стадиона в Сеуле, возведенный в 1988 г. [5, 6], купол Георгиадоум в Атланте на эллиптическом плане [7], олимпийский стадион в Киеве [8], стадион в Рио-де-Жанейро [9] и многие другие.

Перспективным направлением применения вантовых систем и архитектурных мембран является покрытие промышленных зданий. Конструкции производственных цехов, как показали исследования [10], получают повреждения в процессе длительной эксплуатации, а стальные или железобетонные кровельные элементы требуют замены на новые, обладающие лучшей индустриальностью и меньшим собственным весом.

Архитектурные мембраны должны быть предварительно напряжены и оставаться в напряженном состоянии в течение всего срока эксплуатации [11]. Поверхность мембраны должна иметь необходимый уклон [12], благоприятствующий удалению атмосферных осадков (рис. 1). По сравнению с плоскими кровлями из жестких плит или щитов покрытия из архитектурных мембран способствуют появлению излишних, неэксплуатируемых объемов здания. Уменьшение шага колонн (см. рис. 1) оказывается неприемлемым в зданиях, требующих значительных свободных пролетов.

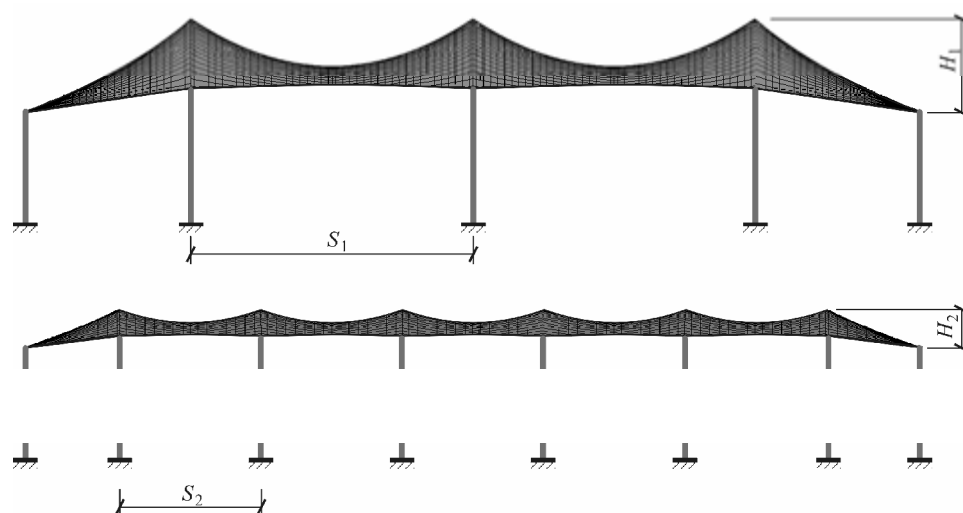


Рис. 1. Схемы мембранного покрытия при различных расстояниях между колоннами: H — габаритная высота покрытия, $H_2 < H_1$; S — шаг колонн здания, $S_2 < S_1$

Для уменьшения габаритной высоты покрытия зданий с укрупненной сеткой колонн предлагается вантовая конструкция, состоящая из несущих и стабилизирующих тросов, распорок и связей [13—15]. Она относится к так называемым tensegrity-системам [16], в которых отдельные сжатые элементы соединяются друг с другом только посредством гибких тросов.

Вантовая конструкция может быть представлена в виде последовательно расположенных секций (рис. 2, 3). Несущие тросы вантовой конструкции относятся к двум семействам. Главные тросы 1 закреплены за неподвижные опоры 9, например оголовки колонн. Они установлены с относительно большим шагом, благоприятствуя свободной планировке перекрываемого здания.

Второстепенные несущие тросы 4 находятся в плоскостях, перпендикулярных плоскостям главных тросов. Они опираются на главные тросы посредством вертикальных распорок 6, закрепленных от перемещений в плоскостях главных тросов связями 8.

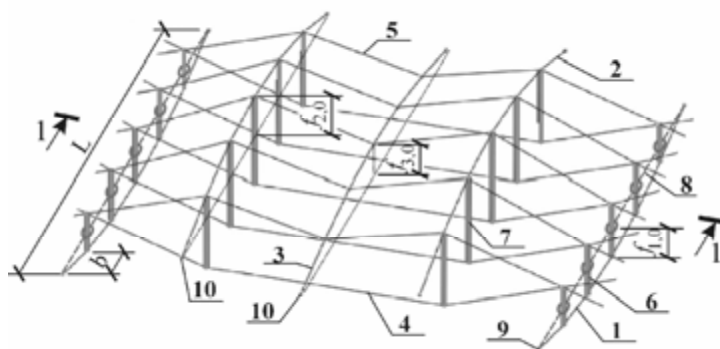


Рис. 2. Аксонометрическая схема сечения вантовой конструкции покрытия [14, 15]: 1 — главный несущий трос; 2 — стабилизирующий трос; 3, 8 — продольные связи; 4 — второстепенный несущий трос; 5 — поперечная связь; 6, 7 — распорки; 9, 10 — опорные узлы

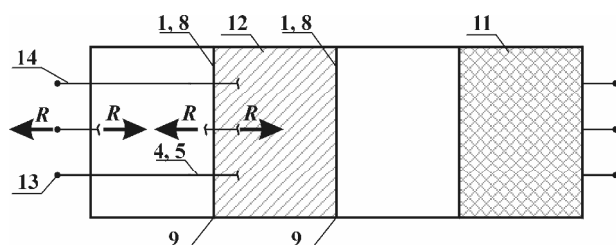


Рис. 3. Схема расположения секций вантовой конструкции (вид сверху): обозначения 1...10 — по рис. 2; 11, 12 — торцевая и рядовая секции; 13 — опорный узел; 14 — торцевая горизонтальная связь; R — горизонтальная реакция от второстепенных тросов 4 и связей

Горизонтальные реакции (распоры) второстепенных несущих тросов уравниваются реакциями, передаваемыми соседней секцией, либо связями 14, предусмотренными в торцевых секциях (см. рис. 3).

Стабилизирующие тросы 2 объединены с второстепенными несущими тросами посредством распорок 7. Верхние концы данных распорок, совместно со стабилизирующими тросами, образуют выпуклые вверх ребра, предназначенные для устройства ограждающих конструкций покрытия, например гибкой архитектурной мембраны. Верхний пояс вантовой конструкции объединён связями 3 и 5, выполненными из гибких стальных тросов.

Стабилизирующие тросы 2 закреплены за подстропильные конструкции в точках 10 (см. рис. 2). В отличие от несущих тросов 1 распоры стабилизирующих тросов существенно меньше. Это позволяет применить облегченные подстропильные конструкции из прокатных профилей либо решетчатого строения.

Статический анализ рассматриваемой вантовой конструкции необходимо выполнять с учетом ее геометрически нелинейной работы [17]. Несущие и стабилизирующие пояса, а также связи должны оставаться растянутыми при воздействии внешних нагрузок, иначе они выключатся из работы, а конструкция станет геометрически изменяемой. Итерационный процесс статического расчета, выполняемый на ЭВМ при помощи специализированных программных комплексов, в этом случае не приведет к определенному решению, либо полученное решение окажется неустойчивым.

Обеспечение растягивающих усилий в тросах достигается предварительным напряжением вантовой конструкции. Предварительное напряжение предлагается осуществлять путем натяжения главных несущих тросов 1 специальными приспособлениями, например гидроцилиндрами. При необходимости элементы верхнего пояса могут быть дополнительно напряжены тросами 3 при помощи талрепов или стяжных муфт.

Соотношение жесткостей стальных тросов вантовой конструкции оказывает существенное влияние на эффективность ее предварительного напряжения, а при заданных механических характеристиках жесткости определяют несущую способность элементов. Таким образом, геометрически нелинейный статический анализ рассматриваемой вантовой конструкции, выполняемый при помощи специализированных программных комплексов, требует предварительного определения ее основных параметров.

При заданных геометрических размерах и внешних нагрузках, действующих на вантовую конструкцию, определение жесткостных характеристик элементов и величин предварительных напряжений представляет собой задачу многомерной оптимизации.

В качестве факторов приняты площади поперечных сечений несущих A_1 , A_4 и стабилизирующих тросов A_2 , связей A_3 , а также относительные натяжения $\varepsilon_{p,j}$ главного несущего троса 1 и продольной тросовой связи 3:

$$\varepsilon_{p,j} = \frac{\Delta L_{p,j}}{L_{c_{j,g}}}, \quad (1)$$

где $j = 1$ — для главного несущего троса, $j = 3$ — для продольной связи (обозначение тросов см. на рис. 2.); $L_{c_{j,g}}$ — геометрическая длина троса в ненапряженном состоянии; $\Delta L_{p,j}$ — натяжение троса: $L_{c_{j,0}} = L_{c_{j,g}} - \Delta L_{p,j}$, где $L_{c_{j,0}}$ — начальная длина троса, используемая в формуле закона Гука для вычисления усилия.

Суммарная масса ΣM стальных тросов принята в качестве целевой функции:

$$Y \rightarrow \min, \quad (2)$$

где $Y = \Sigma M$.

К значениям факторов применены следующие ограничения:

$$A_i \in [A_{\min}, A_{\max}]_i; \quad (3)$$

$$\varepsilon_{p,j} \in [\varepsilon_{\min}, \varepsilon_{\max}]_j, \quad (4)$$

где $i = 1, 2, 3, 4$ — номера тросов; $A_{\min}$ и $A_{\max}$, а также $\varepsilon_{\min}$ и $\varepsilon_{\max}$ — границы изменения площадей и относительных натяжений тросов.

Требование работоспособности вантовой конструкции определяется условием (5). Правая часть данного неравенства означает, что прочность троса i обеспечена. При выполнении левой части (5) трос сохраняет минимально необходимое натяжение под воздействием внешней нагрузки и не выключается из работы.

$$0,1 < \Theta_i < 1,0, \quad (5)$$

где

$$\Theta_i = N_i / (A_i \cdot R), \quad (6)$$

где N_i — усилие в стальном тросе; R — расчетное сопротивление разрыву троса.

Усилия N_i в стальных тросах вантовой конструкции определяются в соответствии с [15] в предположении, что внешняя нагрузка действует только вдоль ребер, образуемых стойками 7 и стабилизирующими тросами 2 (см. рис. 2, рис. 4):

главный несущий трос ($i = 1$), стабилизирующий трос ($i = 2$) и продольная связь ($i = 3$):

$$N_i = \frac{p_i L^2}{8(f_{i,0} + \Delta f_i)}, \quad (7)$$

где L — пролет вантовой конструкции; $f_{i,0}$ — начальные (заданные) стрелки тросов; Δf_i — приращения стрелок; p_i — распределенная вертикальная нагрузка, действующая на трос;

второстепенный несущий трос 4:

$$N_4 = \left[q_2 + p_2 + p_3 \frac{\sin(\alpha_7 + \alpha_8)}{2 \sin(\alpha_7) \cos(\alpha_8)} \right] \frac{b}{\sin(\alpha_4)}, \quad (8)$$

где b — шаг ребер, образуемых стойками 6 и 7, второстепенным несущим тросом 4 и связью 5 (см. рис. 2); α_4 , α_7 и α_8 — углы (см. рис. 4); q_2 — заданная распределенная вертикальная нагрузка.

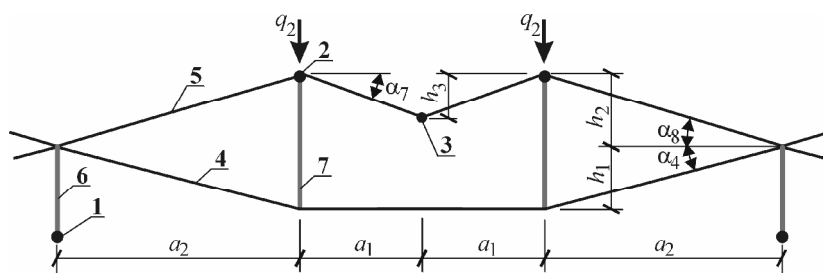


Рис. 4. Разрез 1—1 по рис. 2

Нагрузки p_i и приращения Δf_i вычисляются в соответствии с методикой, приведенной в [15]. Получаемые результаты находятся в близком соответствии с результатами статического анализа в специализированном программном комплексе EASY 8.3.

Поиск минимума целевой функции (2) предлагается осуществлять в соответствии с алгоритмом (рис. 5), построенным на основе метода покоординатного спуска [18].

На рис. 5 приняты следующие обозначения: k — номер итерации; $K_{\max}$ — максимальное заданное число итераций; $\vec{X}_k = (A_1, A_2, A_3, A_4)^T$ — вектор площадей поперечных сечений стальных тросов на итерации k (обозначение тросов см. на рис. 2); $\vec{X}_0$ — начальное приближение; X_i — компонент вектора $\vec{X}$; $n = 4$ — размерность вектора $\vec{X}$; α_i — шаг изменения компонента вектора $\vec{X}$ на итерации; $\alpha_{\min}$ — минимальный заданный шаг; $\lambda \in (0...1)$ — коэффициент уменьшения шага (принято $\lambda = 0,9$); $\vec{\varepsilon}_p = (\varepsilon_{p,1}, \varepsilon_{p,3})^T$ — вектор относительных натяжений стальных тросов; Y_k — значение целевой функции на итерации k в точке $\vec{X}_k$; Y^+ и Y^- — значения целевой функции в точках $\vec{X}^+$ и $\vec{X}^-$ соответственно; t, ω — вспомогательные параметры итерационного процесса; $\vec{e}$ — единичная матрица размером $(n \times n)$.

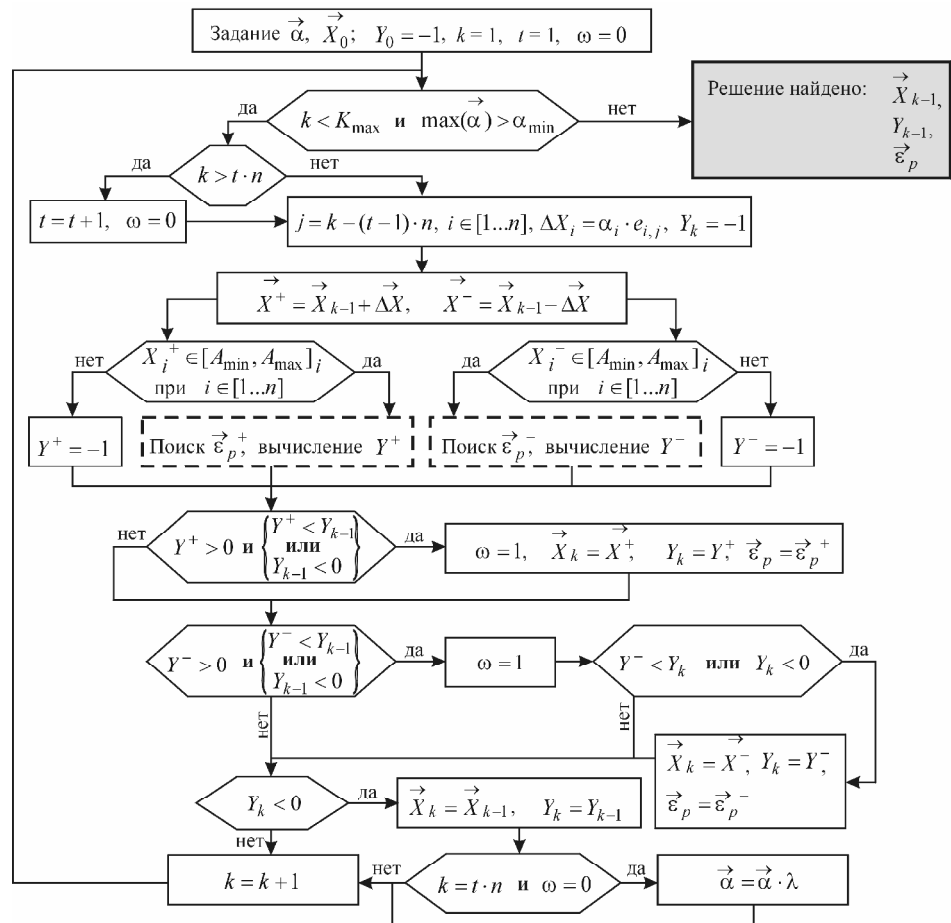


Рис. 5. Алгоритм поиска оптимальных значений факторов вантовой конструкции

В качестве начального приближения $\vec{X}_0$ предлагается принимать середину интервала $[A_{\min}, A_{\max}]_i$, назначенного для троса i : $X_{0,i} = (A_{\max,i} + A_{\min,i}) / 2$.

Итерационный процесс (см. рис. 5), заключающийся в поочередном перемещении вдоль координат вектора $\vec{X}$, завершается при выполнении заданного числа итераций $K_{\max}$, либо когда шаг α_i для всех $i \in [1...n]$ становится меньше заданного $\alpha_{\min}$.

Блоки, обозначенные на рис. 5 пунктирной линией, приведены в развернутом виде на рис. 6. Предусматривается две стратегии предварительного напряжения рассматриваемой вантовой конструкции:

предварительное напряжение создается только главными несущими тросами: $\varepsilon_{p,1} > 0$, $\varepsilon_{p,3} = 0$;

предварительное напряжение создается главными несущими тросами и связью 3, снабженной натяжным приспособлением, например талрепом: $\varepsilon_{p,1} > 0$, $\varepsilon_{p,3} > 0$.

В первом блоке алгоритма (см. рис. 6) начальные относительные натяжения тросов принимаются равными минимальному натяжению: $\varepsilon_{p,j} = \varepsilon_{\min,j}$. Последовательное увеличение натяжений тросов приводит к выполнению левой части неравенства (5). Однако если при этом будет нарушено условие правой части данного неравенства, то рассматриваемая комбинация факторов $\vec{X}$ признается неудачной.

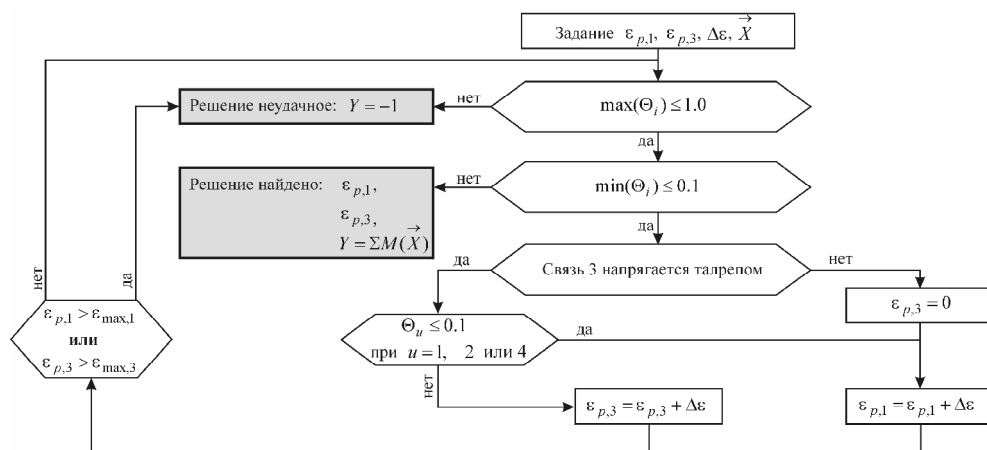


Рис. 6. Алгоритм поиска величин натяжения тросов $\varepsilon_{p,1}$ и $\varepsilon_{p,3}$

В качестве примера рассмотрена вантовая конструкция, имеющая следующие геометрические размеры (см. рис. 2, 4): пролет $L = 12$ м, шаг ребер $b = 2$ м, расстояния между вертикальными плоскостями, содержащими главный несущий трос 1, стабилизирующий трос 2 и связь 3, — $a_1 = a_2 = 3$ м, высоты — $h_1 = 1,0$ м, $h_2 = 1,5$ м и $h_3 = 0,8$ м. Начальные стрелки тросов приняты

следующими: $f_{1,0} = f_{2,0} = 1,0$ м и $f_{3,0} = 0,7$ м. В соответствие с [19] модуль упругости стальных тросов принят равным $E = 1,3 \cdot 10^5$ МПа, расчетное сопротивление $R = 700$ МПа. Интенсивность внешней вертикальной нагрузки на покрытие принята $1,8$ кН/м². Она соответствует линейно распределенной нагрузке $q_2 = 10,8$ кН/м.

Приняты следующие ограничения: $K_{\max} = 1000$, $\alpha_{\min} = 0,01$ см², $\varepsilon_{\min,1} = 10^{-4}$, $\varepsilon_{\max,1} = \varepsilon_{\max,3} = 0,05$. В соответствии с [19]: $A_{\min} = 0,22$ см² и $A_{\max} = 15,6$ см². Это соответствует диапазону от одного троса диаметром 6,1 мм до двух тросов диаметром 36,6 мм. Для лучшей сходимости итерационного процесса верхнюю границу площадей тросовых связей 3 следует принять $A_{\max} / 5 = 3,12$ см².

При условии создания предварительного напряжения в вантовой конструкции только главными несущими тросами ($\varepsilon_{\min,3} = 0,0$) определены следующие значения факторов: $A_1 = 7,86$, $A_2 = 1,63$, $A_3 = 0,22$, $A_4 = 6,01$ см² и $\varepsilon_{p,1} = 0,0081$, $\varepsilon_{p,3} = 0,0$. Целевая функция при этом составляет $Y = 486$ кг. Данное решение соответствует решению, полученному в [15] графическим методом: $Y = 518$ кг при факторах $A_1 = 9,54$, $A_2 = 1,61$, $A_3 = 0,22$, $A_4 = 6,02$ см² и $\varepsilon_{p,1} = 0,0074$, $\varepsilon_{p,3} = 0,0$.

Существенное уменьшение массы стальных тросов рассматриваемой вантовой конструкции достигается при дополнительном натяжении связи 3, т. е. при $\varepsilon_{p,3} > 0$, $\varepsilon_{\min,3} = 10^{-4}$. Значения факторов в этом случае получены следующие: $A_1 = 7,33$, $A_2 = 0,91$, $A_3 = 0,22$, $A_4 = 1,2$ см² и $\varepsilon_{p,1} = 0,0076$, $\varepsilon_{p,3} = 0,004$. Целевая функция составляет $Y = 230$ кг. Данное значение в 2,1 раза меньше по сравнению с так называемым пассивным напряжением связей за счет натяжения главного несущего троса.

По результатам работы можно сделать следующие **выводы**:

1. Рассмотренная конструкция покрытия имеет меньшую габаритную высоту по сравнению с обычными вантовыми системами. Ее применение в зданиях с укрупненной сеткой колонн будет способствовать повышению технико-экономических показателей строительства.
2. Предложен численный алгоритм поиска основных параметров вантовой конструкции. По сравнению с графическим решением [15] численный метод позволяет сократить трудоемкость проектирования и статического анализа конструкции покрытия.
3. Рассмотрены варианты предварительного напряжения вантовой конструкции. Выяснено, что дополнительное натяжение связей позволяет существенно снизить массу покрытия при условии обеспечения его работоспособного состояния под нагрузкой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Чесноков А. В., Михайлов В. В., Хорошилов Е. А.* Перспективы развития тентовых и вантовых систем // Современные проблемы механики строительных конструкций: материалы международ. конгр. Т. 2. Воронеж, 2008. С. 157—160.

2. Wagner R. Bauen mit seilen und membranen. Beuth Verlag GmbH, 2016. 517 p.
3. Houtman R. There is no material like membrane material // Designing tensile architecture. Proc. of the TensiNet symposium. Brussel, 19—20 September, 2003. Pp. 178—194.
4. Чернышов И. В. Архитектурные мембранные ткани // Эффективные конструкции, материалы и технологии в строительстве и архитектуре: сб. ст. международ. науч.-практ. конф. Липецк: ЛГТУ, 2007. С. 214—218.
5. Geiger D., Stefaniuk A., Chen D. The design and construction of two cable domes for the Korean Olympics // Proc. of IASS Symposium on membrane structures and space frames. Vol. 2. Osaka, Japan, 15—19 September, 1986. Pp. 265—272.
6. Tuchman J. L., Shin H. C. Olympic domes first of their kind // Engineering News Record. 6 March. 1986. Pp. 24—27.
7. Levy M. P. The Georgia dome and beyond: achieving lightweight — long span structures // Proc. of the IASS-ASCE International Symposium, Atlanta, 1994. New York: ASCE, 1994. Pp. 560—562.
8. Grunwald G., Seethaler M. Reconstruction. Olympic stadium. Kiev, Ukraine // Tensinews. 2011. № 21. Pp. 9—10. URL: <http://www.tensinet.com>
9. Goppert K. High tension tensile architecture. New stadium projects // Structural Membranes 2013: Proc. of the VI International conference on textile composites and inflatable structures. Munich, 9—11 October, 2013. Pp. 21—26. URL: <http://www.eccomas.org/spacehome/1/10>.
10. Михайлов В. В., Колобанов А. С., Говорок Д. В. К вопросу об обследовании строительных конструкций зданий и сооружений на примере конструкций покрытия зданий прокатных производств ОАО «НЛМК» // Материалы науч. конф. по проблемам технических наук, 7 ноября 2014 г. Липецк: ЛГТУ, 2014. С. 44—47.
11. Чесноков А. В. Мембранные фасадные конструкции // Материалы областной научно-практической конференции по проблемам технических наук, 24—25 октября 2013 г. Липецк: ЛГТУ, 2013. С. 168—176.
12. Forster B. Engineered fabric architecture — characteristics and behaviour // Designing tensile architecture. Proc. of the TensiNet symposium. Brussels, 19—20 September, 2003. Pp. 28—43.
13. Вантовое покрытие: пат. № 2567588 Рос. Федерация / А. В. Чесноков, В. В. Михайлов; заяв. 24.09.2014; опубл. 09.10.2015.
14. Вантовая конструкция покрытия: пат. № 169612 Рос. Федерация / А. В. Чесноков, В. В. Михайлов; заяв. 27.10.2016; опубл. 24.03.2017.
15. Chesnokov A. V., Mikhaylov V. V. Cable roof structure with flexible fabric covering // Structural membranes 2017. Proc. of the VIII international conference on textile composites and inflatable structures. Munich, Germany, 9—11 October, 2017. Pp. 436—447. URL: <http://congress.cimne.com/membranes2017/frontal/Doc/Ebook2017.pdf>
16. Snelson K. The art of tensegrity // International journal of space structures. 2012. Vol. 27. No. 2—3. Pp. 71—80.
17. Чесноков А. В. Моделирование напряженно-деформированного состояния тросовой системы // Современные проблемы совершенствования и развития металлических, деревянных, пластмассовых конструкций в строительстве и на транспорте: сб. науч. тр. III международ. науч.-техн. конф. Самара: СамЛЮКС, 2005. С. 343—347.
18. Алексеева Е. В., Кутненко О. А., Плясунов А. В. Численные методы оптимизации: учеб. пособие. Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т, 2008. 128 с.
19. PFEIFER Tension Members // PFEIFER seil- und hebetechnik. GMBH, 2017. 76 p. URL: <https://www.pfeifer.info/en/info-centre/download-centre>

© Чесноков А. В., Михайлов В. В., Долматов И. В., 2018

Поступила в редакцию
в феврале 2018 г.

Ссылка для цитирования:

Чесноков А. В., Михайлов В. В., Долматов И. В. Численный алгоритм определения жесткостных параметров и величины предварительного напряжения вантовой конструкции покрытия // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. Вып. 52(71). С. 61—70.

Об авторах:

Чесноков Андрей Владимирович — канд. техн. наук, доцент кафедры строительного производства, Липецкий государственный технический университет. Российская Федерация, 398600, г. Липецк, ул. Московская, 30, avchesnokov@lipetsk.ru

Михайлов Виталий Витальевич — д-р техн. наук, профессор кафедры строительного производства, Липецкий государственный технический университет. Российская Федерация, 398600, г. Липецк, ул. Московская, 30, mmvv46@rambler.ru

Долматов Иван Викторович — аспирант кафедры строительного производства, Липецкий государственный технический университет. Российская Федерация, 398600, г. Липецк, ул. Московская, 30, dolmivv@gmail.com

A. V. Chesnokov, V. V. Mikhailov, I. V. Dolmatov

**NUMERICAL ALGORITHM FOR ESTIMATION OF STIFFNESS PARAMETERS
AND PRE-STRESS VALUES OF THE CABLE ROOF STRUCTURE**

Cable roof consists of bearer and backstay cables, spreaders and ties. Bearer cables are classified into two sets. They are situated in mutually perpendicular planes. Backstay cables and spreaders form vertical ribs. Numerical algorithm for obtaining of basic parameters of the roof structure is offered. Options of its preliminary stressing are considered. The cable roof is intended to be used for buildings with enlarged column spacing. It can allow diminishing material consumption of the roof, abridging labor input of its installation and reducing operating costs of the building.

Key words: cable, roof, preliminary stressed structure, multidimensional optimization.

For citation:

Chesnokov A. V., Mikhailov V. V., Dolmatov I. V. [Numerical algorithm for estimation of stiffness parameters and pre-stress values of the cable roof structure]. *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], 2018, iss. 52(71), pp. 61—70.

About authors:

Chesnokov Andrei Vladimirovich — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Civil Engineering Department, Lipetsk State Technical University. 30, Moskovskaya St., Lipetsk, 398600, Russian Federation, avchesnokov@lipetsk.ru

Mikhailov Vitalii Vital'evich — Doctor of Engineering Sciences, Professor of Civil Engineering Department, Lipetsk State Technical University. 30, Moskovskaya St., Lipetsk, 398600, Russian Federation, mmvv46@rambler.ru

Dolmatov Ivan Victorovich — Postgraduate student of Civil Engineering Department, Lipetsk State Technical University. 30, Moskovskaya St., Lipetsk, 398600, Russian Federation, dolmivv@gmail.com

УДК 665.775.4

А. И. Лескин, Д. И. Гофман, М. В. Катасонов, В. В. Вовко

Волгоградский государственный технический университет

ИНФРАКРАСНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ В ИЗУЧЕНИИ БИТУМОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ОТХОДОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ

Метод инфракрасной спектроскопии является одним из наиболее чувствительных и информативных методов исследования состава и структуры органических соединений, позволяющих получить представление не только об особенностях химического состава нефтяных битумов, но и об их основных компонентах. В экспериментальных исследованиях использовались битумы, полученные путем обезвоживания и окисления производственных отходов процессов нефтепереработки из прудов-накопителей промышленной зоны.

К л ю ч е в ы е с л о в а: окисление, сырье, нефтепереработка, отходы, битум, асфальто-вязущее, инфракрасная спектроскопия.

В прудах-накопителях промышленной зоны г. Волгограда за десятилетия скопилось большое количество отходов процессов нефтепереработки, которые не нашли дальнейшего своего применения. Авторами проведены экспериментальные исследования возможности использования данных отходов для получения дорожного битума. Отбор проб был произведен из пруда-накопителя южной промышленной зоны в четырех точках на разной глубине, характеристика отобранных проб представлена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Физико-химическая характеристика отобранных проб отходов нефтепереработки

Показатели	Номер образца			
	1	2	3	4
Плотность, г/см ³	0,937	0,940	0,973	0,982
Обводненность, % (масс.)	6	6	5,3	4
Содержание механических примесей, % (масс.)	0	1,8	1,6	1,3
Содержание нефтяной части, % (масс.),	94	92,2	93,1	94,7
в том числе:				
парафино-нафтеновые фракции	18,3	24,0	22,1	21,4
ароматические углеводороды	32,1	28,4	30,5	32,5
смолы	33,6	32,8	31,5	34,8
асфальтены	10	7	9	6

Обезвоживание осуществляли при атмосферном давлении в лабораторном реакторе при температуре 110 °С для отделения имеющейся воды, с последующим повышением температуры до 360 °С и прекращением поступления конденсата в прямой холодильник. Процесс окисления полученного сырья проводился при температуре 250 °С и расходе подаваемого через маточник воздуха 3 л · мин/кг. Для определения марки получаемого в процессе окисления битума производили отбор проб и определяли пенетрацию и температуру размягчения получаемого вяжущего. При достижении

необходимого значения пенетрации окисление прекращали. Конечными продуктами окисления были битумы марки БНД 60/90 с физико-механическими свойствами, приведенными в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Физико-механические свойства полученных битумов

№ образца	Время окисления, мин	Физико-механические свойства				
		Температура размягчения, °С	Пенетрация 0,1 мм при температуре, °С		Изменение температуры размягчения после прогрева, °С	Индекс пенетрации
			25	0		
1	340	49	86	25	3,5	–0,06
2	280	48,5	88	30	2,5	–0,13
3	300	50	78	23	4,5	–0,07
4	320	52	74	22	4,5	0,29

Органические вяжущие обладают хорошими эксплуатационными свойствами только при определенном соотношении составляющих компонентов — асфальтенов, смол и масел. Асфальтены обуславливают твердость и высокую температуру размягчения битума, смолы — эластичность и цементирующие свойства, масла — морозостойкость. Зависимость эксплуатационных свойств вяжущих от их химического состава характеризуется величинами отношений содержания асфальтенов к общему содержанию асфальто-смолистых веществ $A / (A + C)$ и их отношению к сумме углеводов и смол $A / (C + M)$. При этом доля асфальтенов в общей сумме асфальто-смолистых веществ составляет 0,39...0,44, а их отношение к сумме углеводов и смол 0,25...0,30. Данные по групповому составу полученных нами битумов приведены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Групповой химический состав полученных битумов

№ образца	Содержание, % по весу			$\frac{A}{(A + C)}$	$\frac{A}{(C + M)}$
	Асфальтены (А)	Смолы (С)	Масла (М)		
1	21,13	35,82	43,05	0,37	0,27
2	22,10	35,18	42,72	0,39	0,28
3	23,28	35,84	40,88	0,39	0,30
4	27,36	36,28	36,36	0,43	0,38

Окисление образцов сырья № 3 и № 4 в битум привело к увеличению количества асфальтенов, что вызывает повышение температуры хрупкости и понижение пенетрации. Уменьшение содержания масел объясняет также низкую морозостойкость данных битумов и, как следствие, невысокий интервал пластичности. Однако повышенное содержание смол обуславливает высокую растяжимость их при 25 °С. Окисление образцов сырья № 1 и № 2 в битум привело к уменьшению содержания в битуме асфальтенов с увеличением количества масел и сохранением такого же числа смол. Это повлияло на повы-

шение пенетрации, снижение температуры хрупкости и увеличение интервала пластичности, что, в свою очередь, должно привести к повышению адгезионных свойств полученных вяжущих. Это объясняется тем, что в битумах с более широким интервалом пластичности содержится значительное число ароматических углеводородов и смолистых веществ, повышающих полярность органического вяжущего.

Особенности строения компонентов битумов мы также попытались раскрыть с помощью инфракрасной (ИК) спектроскопии. ИК-спектроскопия позволяет в определенной мере получить представление об особенностях химического состава битумов и их компонентов. Анализ спектрограмм позволяет на основе химической структуры говорить и о деформативных свойствах вяжущего. Для исследований применяли инфракрасный спектрометр Nicolet-6700, который дает возможность регистрировать спектр исследуемого вещества непосредственно в процентах пропускания инфракрасных лучей в диапазоне $7800 \dots 370 \text{ см}^{-1}$ и разрешением $0,5 \text{ см}^{-1}$.

Из литературных источников [1, 2] известно, что линии поглощения всех наиболее важных соединений, влияющих на свойства битума, лежат в пределах $5000 \dots 1450 \text{ см}^{-1}$, а наилучшую избирательность спектра поглощения обеспечивает применение призм LiF. Для анализа спектров использовали методологию и некоторые обобщения, отраженные в литературе [3—5]. В результате исследования выявлены характерные для битумов полосы поглощения основных соединений и связей, влияющих на физико-механические свойства битумов.

Анализ ИК-спектров поглощения (рис. 1—4) показал, что в образцах № 1 и № 2 содержание алифатических соединений незначительно увеличилось, ароматических — уменьшилось, поскольку в интервале частот $2850 \dots 3000 \text{ см}^{-1}$ интенсивность поглощения немного усилилась; в интервале $3000 \dots 3100 \text{ см}^{-1}$ — снизилась, а пик несколько сместился в сторону характерных частот алифатических соединений. Произошло заметное сужение спектральной линии в отмеченных диапазонах.

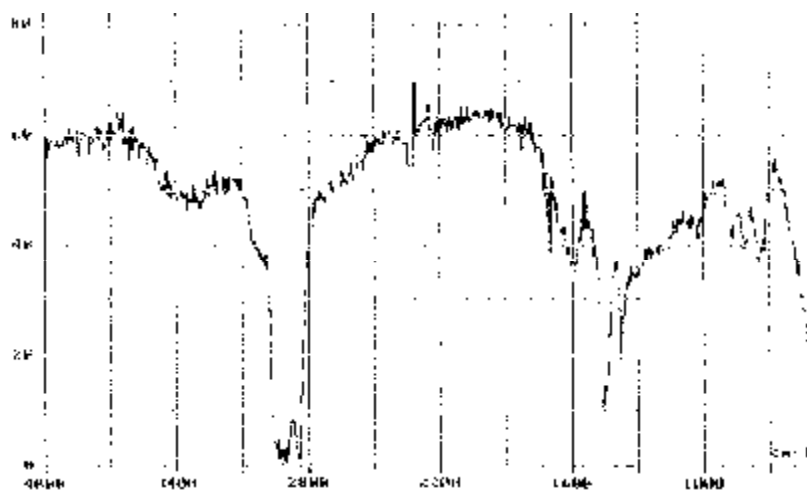


Рис. 1. ИК-спектр полученного битума из сырья образца № 1

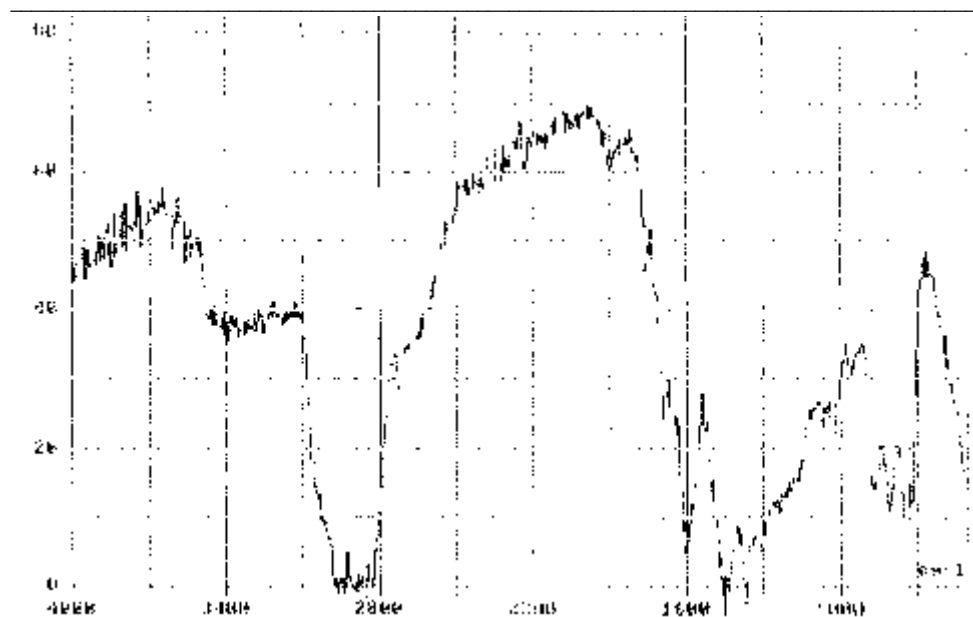


Рис. 2. ИК-спектр полученного битума из сырья образца № 2

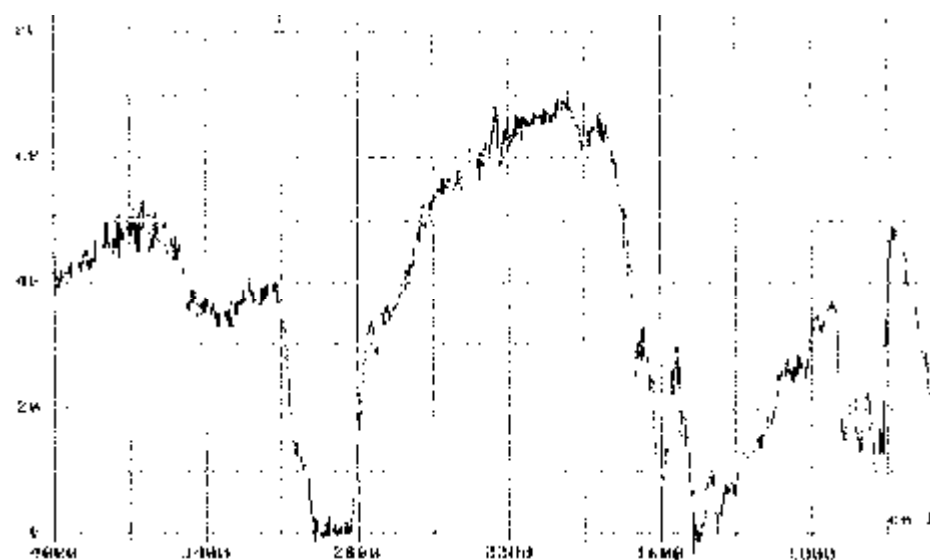


Рис. 3. ИК-спектр полученного битума из сырья образца № 3

Исходя из обобщений [4], в области частот выше 2500 см^{-1} почти все основные полосы соответствуют валентным колебаниям водородных связей. Валентное колебание (O–H)–связи характеризуется полосой 3600 см^{-1} , где поглощение образца № 1 ниже, чем образца № 3. Водородные связи снижают частоту и вызывают уширение полосы. В области частот $1600\text{...}2000\text{ см}^{-1}$ находятся валентные колебания молекул с двойными связями (C=C), (C=N) и деформационные колебания групп (O–H), (C–H), (N–H).

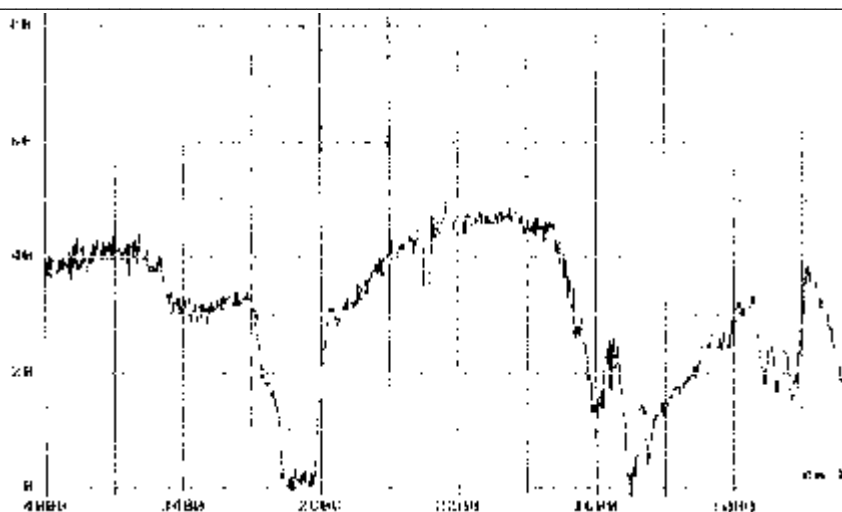


Рис. 4. ИК-спектр полученного битума из сырья образца № 4

Широкая зона частот в области $1700...2800\text{ см}^{-1}$ по предположению [6] вызвана карбоксильными, карбонильными и сернистыми соединениями. Максимальное поглощение карбонильными группами, отнесенными к кетонам, кислотным димерам на частоте 1700 см^{-1} регистрируется у битума, окисленного из сырья № 2. Поглощение мономерными кислотами возрастает у битумов, окисленных из сырья № 3 и № 4. Область ниже 1600 см^{-1} используется для идентификации многих органических соединений. В данной области лежат частоты колебаний сильно взаимодействующих одинарных связей.

Полоса $820...890\text{ см}^{-1}$ соответствует алифатическим перекисям, ароматическим перекисям -1000 см^{-1} [7]. В два раза меньшее поглощение зарегистрировано для них в битуме, окисленном из сырья № 1, по сравнению с остальными вяжущими. Перекиси обычно способствуют развитию цепных реакций, поэтому следует ожидать меньшую интенсивность старения полученного битума.

Наблюдаются на спектрах характерные пики интенсивного поглощения на частотах $1400...460\text{ см}^{-1}$, которые зарегистрированы с наименьшим поглощением у битума, окисленного из сырья № 1. Эти полосы соответствуют группам $(-\text{CH}_2-)$, $(-\text{CH}_2-\text{CO}-)$, а также валентным колебаниям $(\text{C}-\text{C})$.

Дополнительно проведем аналогичное сопоставление с учетом интерпретации ИК-спектров в работе [6]. Улучшенные эксплуатационные свойства битума коррелируют с изменениями поглощения на частотах $1870...2170$, $2200...2340$, 2600 , $2850...3000$, $3030...3100$, $3588...3625\text{ см}^{-1}$. Авторы данной публикации отметили следующее: валентные колебания групп $(\text{C}=\text{O})$ и $(-\text{COOH})$, соответствующие частотам $2340...2200$ и $2170...1870\text{ см}^{-1}$, предположительно служат характеристикой степени окисленности битума.

Наибольшая степень окисленности соответствует битуму, полученному из сырья № 4. В битуме, окисленном из сырья № 3, усиленное поглощение при 2150 см^{-1} вызвано появлением двойных и тройных межуглеродных связей, которых меньше у битумов из сырья № 1 и № 2. Уменьшение интенсивности поглощения на частотах $3030...3100\text{ см}^{-1}$ связано с пониженной

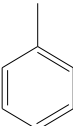
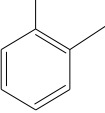
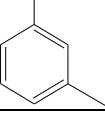
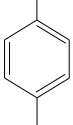
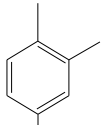
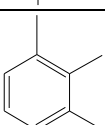
температурой хрупкости битума, улучшенным растворением асфальтенов в нем. Уменьшение интенсивности поглощения при $2900...3100\text{ см}^{-1}$ связано с повышением пластичности битума и было вызвано колебаниями групп $(-\text{CH})$, (CH_2) , (CH_3) . Это свойственно битуму, окисленному из сырья № 1.

Отдельные слабые полосы при $3588...3625\text{ см}^{-1}$ вызваны валентными колебаниями свободной гидроксильной группы. При этом в области 3610 см^{-1} гидроксильные группы участвуют в образовании слабых межмолекулярных связей. Пониженное поглощение в этом интервале частот наблюдается у битума, окисленного из сырья № 1, что свойственно, по мнению авторов, большому интервалу пластичности битума, лучшей адгезии. Это обусловлено сдвигом полос поглощения в данном диапазоне и изменением положения гидроксильной группы относительно плоскости колец и, соответственно, изменением дипольного момента.

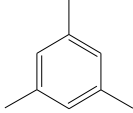
Показатели сильной интенсивности поглощения относятся к ароматическим и насыщенным углеводородам, кислородсодержащим группам битума (табл. 4). Основные полосы поглощения соответствуют значениям дорожного битума.

Т а б л и ц а 4

Соответствие полос поглощения ИК-спектров структурным элементам

№	Структура	Длина волны, см^{-1}	Интенсивность
1	2	3	4
Ароматические углеводороды			
1		769...714	Сильная
2		769...735	Сильная
3		820...763	Сильная
4		870...800	Сильная
5		862...800	Сильная
6		847...820	Сильная

Окончание табл. 4

№	Структура	Длина волны, см ⁻¹	Интенсивность
1	2	3	4
7		909...833	Сильная
Насыщенные углеводороды			
8	–(CH ₂) ₆ –CH ₃	722...724	Сильная
9	–(CH ₂) ₅ –CH ₃	723...722	Сильная
10	–(CH ₂) ₄ –CH ₃	724...726	Сильная
11	–(CH ₂) ₃ –CH ₃	726...729	Сильная
12	–(CH ₂) ₂ –CH ₃	734...743	Сильная
13	–C–(CH ₃) ₃	1395...1385 1365	Средняя Сильная
Другие структурные элементы			
14	Кислородосодержащие: спирты, фенолы; C–O–C (сложные эфиры, лактоны)	1192	Сильная Сильная
15	Ароматический цикл с n = 1; метилированные производные бензола; алифатическая цепь (1375...1380)	1378	10...20
16	C–(CH ₃) ₃ (1385...1395); альдегиды ароматические	1390	Средняя Средняя
17	Ароматические	1456...1462	Сильные, средние
18	Ароматические Кислородные: альдегиды ароматические карбоновая кислота сложные эфиры	1700...1710	Слабая Сильная Сильная Сильная
19	Кислородосодержащие: лактоны ароматические	1774 1794	Сильная Слабая
20	Ангидриды	1858	
21		1942	
22		2104	
23	Соединения серы	2512	Слабая
24	Соединения серы; димеры карбоновых кислот	2548...2554	Слабая
25	Соединения серы	2632	Слабая
26	Ароматические углеводороды	2878 2920...2983	
27	Ароматические циклы	3070...3124	
28		3634	
29	Полосы поглощения гидроксиль- ных групп: свободные (3620 см ⁻¹); образование слабых межмоле- кулярных связей (3610 см ⁻¹)	3600...3700	

Анализируя вышесказанное, авторы отмечают, что при рассмотрении ИК-спектров необходимо учитывать условия получения нефтяного битума. Так, промышленный нефтяной дорожный битум может быть представлен образцами разной стадии получения (например, содержание углерода в асфальтах может составлять 75...88 %) и разной степени окисленности (содержание кислорода варьируется от нуля до 13 %, а в ряде случаев и более). В этой связи интенсивность полос 2930, 720 и 1710...1700 см^{-1} ИК-спектра меняется в довольно широких пределах. При этом содержание углерода и интенсивность полос 2930 и 720 см^{-1} находятся в обратной зависимости. Интенсивность полос карбонильных групп в области 1710...1700 см^{-1} в ИК-спектрах напрямую зависит от окисленности образцов.

Битумы характеризуются, как правило, наличием одних и тех же структурных групп и связей (C—C, C=C, C=Ar, CH₂, CH₃, C=O, OH), поглощающих в областях 3400, 3060, 2960, 2930, 2860, 1730...1700, 1660, 1640, 1625...1600, 1500, 1465, 1378, 1300...1165 и 900...700 см^{-1} в ИК-спектрах. В этой связи на основании инфракрасной спектроскопии можно оценивать состав нефтяного битума как при переходе одного класса битума к другому, так и в пределах одной партии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руденская И. М. Изменение свойств, состава и структуры вязких дорожных битумов при технологических операциях // Труды РосдорНИИ. 1992. Вып. 5. С. 5—9.
2. Сюняев З. И., Сафиева Р. З., Сюняев Р. З. Нефтяные дисперсные системы. М.: Химия, 1990. 224 с.
3. Наканаси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. М., 1965. 216 с.
4. Драго Р. Физические методы в химии. М.: Мир, 1981. 457 с.
5. Русских И. В., Госсен Л. П., Боянкова О. С. Характеристика растворов асфальтита по данным ИК-спектроскопии // Нефтехимия. 2005. Т. 45. № 5. С. 339—343.
6. Попандопуло Г. А., Рацен З. Э. Инфракрасная спектрометрия природных органических вяжущих // Труды Союздорнии. 1976. Вып. 87. С. 75—82.
7. Иванова Л. В., Сафиева Р. З., Кошелев В. Н. ИК-спектрометрия в анализе нефти и нефтепродуктов // Вестник Башкирского университета. 2008. Т. 13. № 4. С. 869—875.

© Лескин А. И., Гофман Д. И., Катасонов М. В., Вовко В. В., 2018

Поступила в редакцию
в марте 2018 г.

Ссылка для цитирования:

Инфракрасная спектроскопия в изучении битумов, полученных из отходов нефтепереработки / А. И. Лескин, Д. И. Гофман, М. В. Катасонов, В. В. Вовко // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. Вып. 52(71). С. 71—79.

Об авторах:

Лескин Андрей Иванович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, leskien@inbox.ru

Гофман Дмитрий Иванович — старший преподаватель кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, dima.0103@mail.ru

Катасонов Максим Викторович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры гидротехнических и земляных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, max.inga@rambler.ru

Вовко Владимир Владимирович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры строительных материалов и специальных технологий, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, info@vgasu.ru

A. I. Leskin, D. I. Gofman, M. V. Katasonov, V. V. Vovko

INFRARED SPECTROSCOPY IN STUDYING OF BITUMEN RECEIVED FROM REFINERY WASTES

The method of infrared spectroscopy is one of the most sensitive and informative methods of research of the structure of organic compounds that allow gaining the understanding of not only features of the chemical composition of oil bitumen, but of their main components as well. In pilot studies the authors use the bitumen received by dehydration and oxidation of industrial wastes of refinery of oil from storage ponds in industrial zone.

Key words: oxidation, raw material, oil processing, waste, bitumen, asphalt binding, infrared spectroscopy.

For citation:

Leskin A. I., Gofman D. I., Katasonov M. V., Vovko V. V. [Infrared spectroscopy in studying of bitumen received from refinery wastes]. *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], 2018, iss. 52(71), pp. 71—79.

About authors:

Leskin Andrei Ivanovich — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Docent of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, leskien@inbox.ru

Gofman Dmitrii Ivanovich — Senior Lecturer of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, dima.0103@mail.ru

Katasonov Maksim Viktorovich — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Docent of Hydraulic and Earthwork Structures Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, max.inga@rambler.ru

Vovko Vladimir Vladimirovich — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Docent of Construction Materials and Special Technologies Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, info@vgasu.ru

УДК 625.72

С. В. Алексиков, А. И. Болдин, Н. А. Фоменко

Волгоградский государственный технический университет

ОГРАНИЧИТЕЛИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТА НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ПАРКОВКАХ ГОРОДСКИХ ДОРОГ

Приведены требования к проектированию ограничителей движения автомобилей на парковках городских дорог.

К л ю ч е в ы е с л о в а: городская дорога, парковка автомобилей, проезжая часть, ограничитель движения транспортных средств, безопасность движения.

При организации прибордюрных парковок на городской улично-дорожной сети важно обеспечить безопасность пешеходов на тротуарах и в жилой зоне так называемого успокоенного движения [1—3]. Устройство ограничителей движения транспортных средств является эффективным методом повышения безопасности движения пешеходов. Реализация методов ограничения движения осуществляется с применением технических средств, классификация которых приведена на рис. 1.



Рис. 1. Классификация технических средств ограничения

Анализ отечественного [1, 2] и зарубежного [4—17] опыта показывает, что в качестве ограничителей на парковках наиболее часто используются:

малые архитектурные формы — цветочницы, вазоны, шары, призмы, пирамиды, полусферы и другие малые формы, их применяют при достаточной ширине пешеходной части тротуара;

ограничители и отбойники, которые устанавливают в зону парковочного кармана или непосредственно на тротуаре. Назначение ограничителя — предотвратить попадание свеса автомобиля в зону эффективной ширины тротуара (пешеходной части). Отбойники обладают большей удерживающей способностью и должны применяться при санкционированном размещении парковок на тротуаре;

высокий бордюр, может быть двух- или трехступенчатым, что зависит от размеров выбираемого бордюрного камня. Данный способ ограничения дос-

тупа следует считать одним из самых эффективных, с высокой степенью удерживающей способности;

зеленые насаждения — эффективные средства ограничения доступа. При размещении зеленых насаждений необходимо следить за сохранением достаточной ширины тротуара (пешеходной части).

Наиболее распространенными ограничителями в виде малых архитектурных форм являются бетонные полусферы — стационарные (рис. 2) и переносные или декоративные формы (рис. 3).



Рис. 2. Бетонные ограничительные полусферы



Рис. 3. Декоративный бетонный ограничитель движения

При установке форм расстояние между их боковыми поверхностями не должно превышать 1,5 м. При размещении архитектурных форм на границах пешеходных зон, пешеходных дорожек следует обеспечивать пропуск мало-мобильных пешеходов, использующих вспомогательные средства. В этих случаях расстояние между ними должно быть не менее 0,9 м. Малые архитектурные формы не должны уменьшать эффективное пешеходное пространство и загромождать пешеходные пути.

Применение ограничителей и отбойников (типа КР-2,0) в зонах примыкания парковок к пешеходным пространствам должно предусматривать разрывы шириной 0,9...1,0 м для перемещения участников движения различных категорий между тротуаром и парковкой [1]. При размещении ограничителей и отбойников на тротуаре следует выбирать конструкции с бетонируемым основанием, в остальных случаях допускается крепление анкерными болтами. Взаимное расположение автомобилей на парковке и ограничителей должно обеспечивать беспрепятственное перемещение участников движения в смежной зоне. Ограничители металлические устанавливаются, как правило, на границе парковки и тротуара (рис. 4). Отбойники резиновые высотой до 10 см устанавливаются на парковочном пространстве, ограничивают движение транспорта и попадание свеса автомобиля в пешеходную зону тротуара (рис. 5).



Рис. 4. Ограничитель металлический



Рис. 5. Отбойник резиновый

Исследования показали, что скорость переезда легкового автомобиля через бордюр (допустимая скорость) зависит от его высоты (рис. 6). Так как скорость транспортного средства при заезде на парковку не более 10 км/ч, бордюр высотой более 10 см является надежным ограничителем выезда автомобиля за границы парковки.

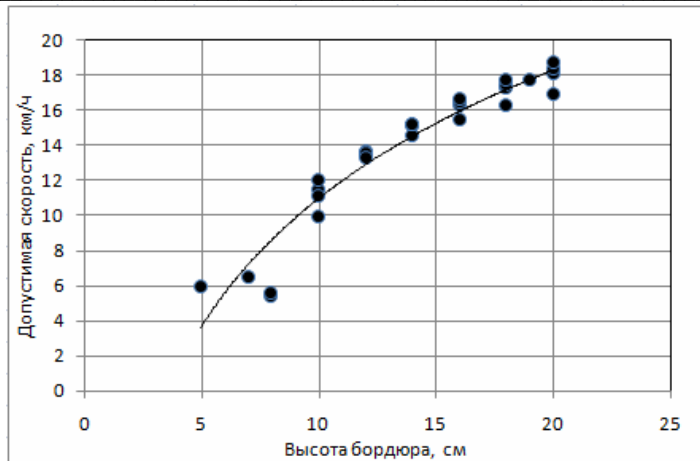


Рис. 6. Зависимость допустимой скорости от высоты бордюра (для легковых автомобилей)

При реализации высокого бордюра его следует выполнять двух- или трехступенчатым с разницей в отметках пешеходной части тротуара и проезжей части не менее 0,4 м. Такая конструкция не всегда удобна для перемещения участников движения между тротуаром и парковкой, поэтому требует устройства глубоких рамп и пандусов и применяется редко [1, 2].

При размещении ограждающих устройств в виде парковочных столбиков непосредственно на тротуаре рекомендуется выбирать стойки металлические полые (75...100 см) или с наполнителем на бетонируемом основании (рис. 7). Расстояние между стойками направляющих устройств не должно превышать 1,5 м.



Рис. 7. Переносные парковочные столбики

Современные пандусы имеют ширину 4...6 м и глубину до 2 м. Такая конструкция очень удобна для въезда автомобилей на территорию тротуара. Чтобы это исключить, устанавливают проходы высотой 0,7 м или 0,9 м с

шагом в 1 м. В этих условиях допустимо применение и направляющих устройств с повышенной устойчивостью. Однако проходы имеют преимущества, канализируя движение пешеходов и выполняя роль поручней при движении пешеходов по рампе или пандусу.

Выбор вида зеленых насаждений, ширина зоны зеленых насаждений и плотность их высадки должны обеспечивать эффективную защиту пешеходных пространств. Зеленые насаждения не должны ограничивать видимость для водителей и пешеходов. Следует ограничивать применение зеленых насаждений в области пешеходных переходов и узлов с преимущественным использованием на линейных участках УДС. Использование зеленых насаждений между тротуаром и парковкой требует организации проходов для обеспечения беспрепятственного движения всех категорий участников движения. Ширина зеленых насаждений зависит от категории городской дороги, объемов движения, скоростного режима.

Обустройство участков пешеходных пространств рекомендуется выполнять в соответствии со схемами (рис. 8—11) [1].

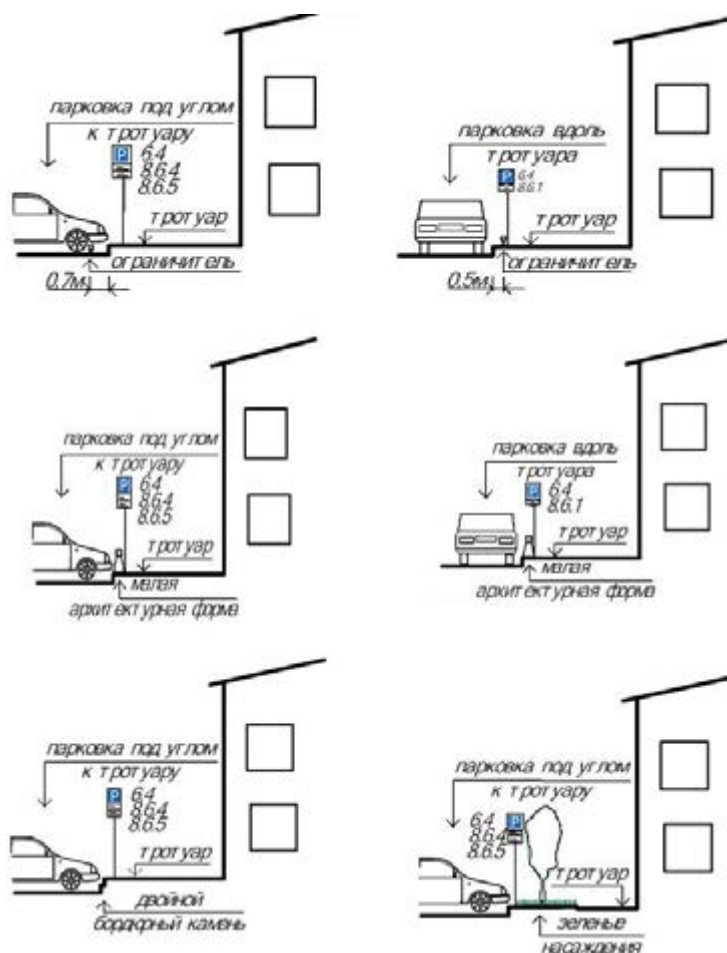


Рис. 8. Ограничение доступа автомобилей к тротуару при использовании ограничителей, малых архитектурных форм, зеленых насаждений

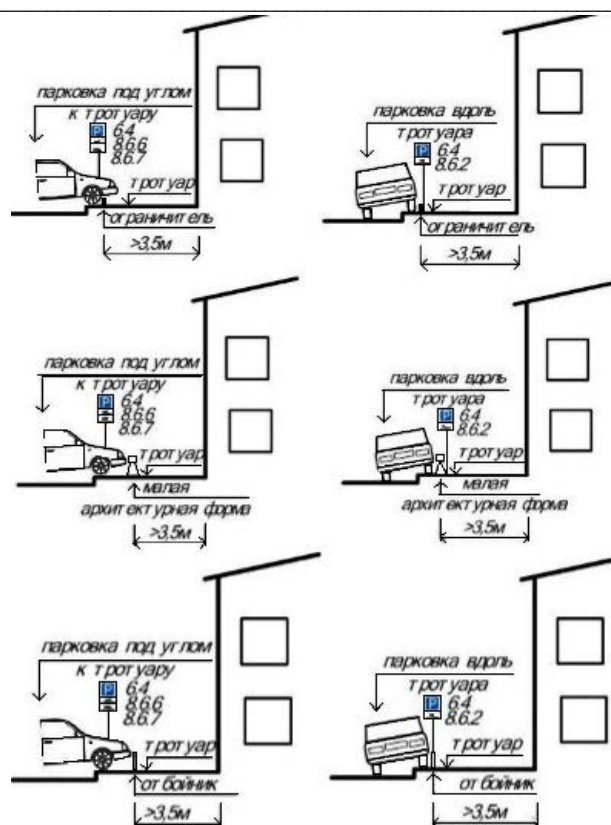


Рис. 9. Ограничение доступа автомобилей к тротуару с частичным использованием тротуарного пространства

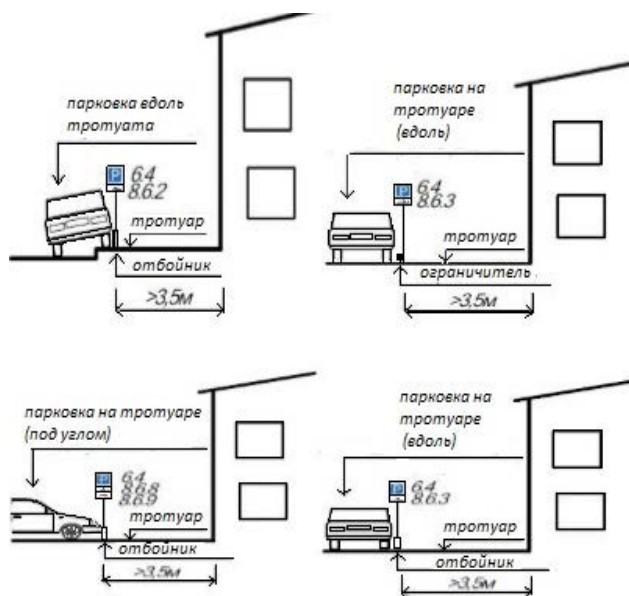


Рис. 10. Ограничение доступа автомобилей к тротуару

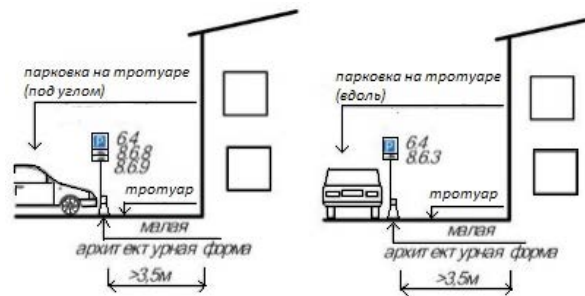


Рис. 11. Ограничение доступа автомобилей к тротуару при парковании ТС на тротуарном пространстве

Выполненные исследования, основанные на отечественном и зарубежном опыте устройства прибордюрных парковок на городских дорогах, особенно в жилой зоне успокоенного движения автотранспорта, позволяют повысить безопасность пешеходного движения в местах паркования легковых автомобилей. Представленные схемы (см. рис. 8—11) обустройства участков пешеходных пространств рекомендуется использовать при разработке проектных решений строительства парковок на городской улично-дорожной сети.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методические рекомендации по разработке и реализации мероприятий по организации дорожного движения. Методы успокоения движения. М.: Минтранс РФ, 2017. 75 с.
2. Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах. М.: Минтранс РФ, 2002. 110 с.
3. Чернецов М. В., Девятков М. М. Классификация методов геометрического и визуального воздействия искривлений прямолинейных участков дорог и улиц населенных пунктов // Вестник ВолГАСУ. Сер.: Стр-во и архит. 2004. № 4. С. 76—80.
4. Appleyard B. S. Planning safe routes to school // Planning. 2003. Vol. 69. No. 5. P. 34.
5. Crouse D. W. Traffic calming: a social issue // Bulletin of Science, Technology and Society. 2004. Vol. 24. No. 2. Pp. 138—144.
6. Guegan D. P., Martin P. T., Cottrell W. D. Prioritizing Traffic Calming Projects Using the Analytic Hierarchy Process. Murray, Utah, 2000. 26 p.
7. Debacker M., Harshman R. Concrete measures help manage traffic // Concrete Products. 2001. Vol. 104. No. 10. P. 32.
8. Ewing R. Legal status of traffic calming // Transportation Quarterly. 2003. Vol. 57. No. 2. P. 11.
9. Grammenos F., Tasker-Brown J. Residential Street Pattern Design for Healthy Liveable Communities. URL: <http://www.greenroofs.ca/nua/ip/ip02.htm>
10. Knapp K. K. Traffic-Calming Basics // Civil Engineering. 2000. Vol. 70. No. 1. P. 46.
11. Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart — Berlin — Köln. 1995. 224 p.
12. Langdon Ph. Calming rural roads // Planning. 2003. Vol. 69. No. 5. P. 30.
13. Mohan D. Road safety in less-motorized environments: future concerns // International Journal of Epidemiology. 2002. Vol. 31. No. 3. P. 527.
14. Road traffic crashes on the Yaoundé-Douala road section, Cameroon / J. Sobngwi-Tambekou, J. Bhatti, G. Kounga, L.-R. Salmi, E. Lagarde // Accident Analysis & Prevention. 2010. Vol. 42. No. 2. Pp. 422—426.
15. Strong C., Ye Z. Spillover effects of yield-to-pedestrian channelizing devices // Safety Science. 2010. Vol. 48. No. 3. Pp. 342—347.
16. Waters H. R., Hyder A. A., Phillips T. L. Economic evaluation of interventions to reduce road traffic injuries — a review of the literature with applications to low and middleincome countries // Asia-Pacific Journal of Public Health. 2004. Vol. 16. No. 1. Pp. 23—31.

17. Womble J. E., Bretherton M. Jr. Traffic calming design standards for new residential streets: a proactive approach. Institute of Transportation Engineers // ITE Journal. 2003. Vol. 73. No. 3. P. 50.

© Алексиков С. В., Болдин А. И., Фоменко Н. А., 2018

Поступила в редакцию
в марте 2018 г.

Ссылка для цитирования:

Алексиков С. В., Болдин А. И., Фоменко Н. А. Ограничители движения транспорта на автомобильных парковках городских дорог // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. Вып. 52(71). С. 80—87.

Об авторах:

Алексиков Сергей Васильевич — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, AL34rus@mail.ru

Болдин Александр Игоревич — аспирант кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, skip-1313@mail.ru

Фоменко Николай Александрович — канд. техн. наук, доцент, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, info@vgasu.ru

S. V. Aleksikov, A. I. Boldin, N. A. Fomenko

LIMITS OF TRAFFIC ON PARKING LOTS ON URBAN ROADS

The article provides the requirements for the limits of traffic on parking lots on urban roads.

Key words: urban road, car parking, roadway, speed limit of vehicles, safety of traffic.

For citation:

Aleksikov S. V., Boldin A. I., Fomenko N. A. [Limits of traffic on parking lots on urban roads]. *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], 2018, iss. 52(71), pp. 80—87.

About authors:

Aleksikov Sergei Vasil'evich — Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Head of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, AL34rus@mail.ru

Boldin Aleksandr Igorevich — Postgraduate student of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, skip-1313@mail.ru

Fomenko Nikolai Aleksandrovich — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, info@vgasu.ru

УДК 625.72

С. В. Алексиков, А. И. Болдин, Н. А. Фоменко

Волгоградский государственный технический университет

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПАРКОВКИ НА УЧАСТКАХ ДОРОГ С УСПОКОЕННЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Приведены требования к проектированию автомобильных парковок на участках городских дорог с успокоенным движением транспорта.

К л ю ч е в ы е с л о в а: городская дорога, парковка автомобилей, проезжая часть, скорость транспортных средств, успокоенное движение.

Эффективным методом повышения комфортности и безопасности дорожного движения на улицах районного и местного значения, проходящих по населенным пунктам с близкой к дороге застройкой; на боковых и местных проездах в зоне магистралей; участках дорог и улиц местного значения, проходящих в зонах культурно-просветительных центров, детских и молодежных учебно-воспитательных учреждений, больниц, поликлиник, санаториев и т. п., является устройство зон так называемого успокоенного движения [1, 2].

Основной целью мероприятий по успокоению движения является существенное снижение скоростей движения до 20...30 км/ч. Они включают в себя планировочные решения, направленные на организацию зигзагообразного движения транспорта посредством чередования участков с уличными парковками (рис. 1). Изменение траектории движения транспортных средств достигается поочередным смещением оси проезжей части в одну из сторон, причем участки с прямолинейной траекторией не должны превышать 50 м. Такое смещение возможно в результате расположения автомобильных парковок, озеленения или других элементов благоустройства в шахматном порядке.



Рис. 1. Организация парковки на участке одностороннего зигзагообразного движения транспорта в жилой зоне (г. Кельн, ФРГ)

Организация двустороннего зигзагообразного движения возможна на участках УДС с нестандартной шириной проезжей части 7,0...8,5 м, 10,5...12,0 м (рис. 2, а, б). При меньших значениях ширины проезжей части возможна организация одностороннего зигзагообразного движения по одной полосе (рис. 2, в).

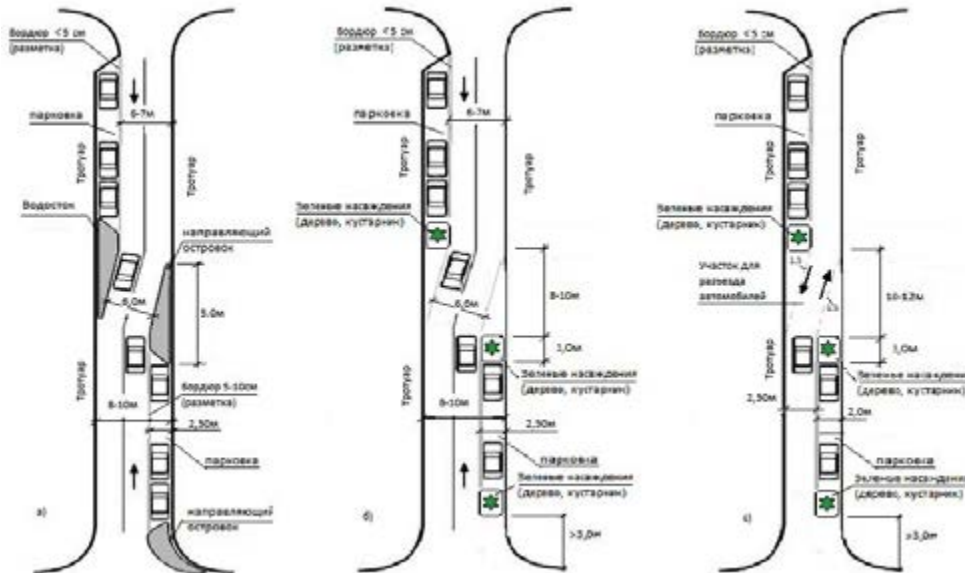


Рис. 2. Схема организации парковок на участке успокоенного движения автомобилей: а — двухстороннее движение с треугольными направляющими островками; б — двухстороннее движение с прямоугольными направляющими островками; в — одностороннее движение с прямоугольными направляющими островками

При организации зигзагообразного движения посредством чередования участков с парковками рекомендуется применение направляющих островков в форме треугольников (см. рис. 2, а), прямоугольника размером 2,0 × 3,0 м (см. рис. 2, б и в) или равнобедренной трапеции (рис. 3).

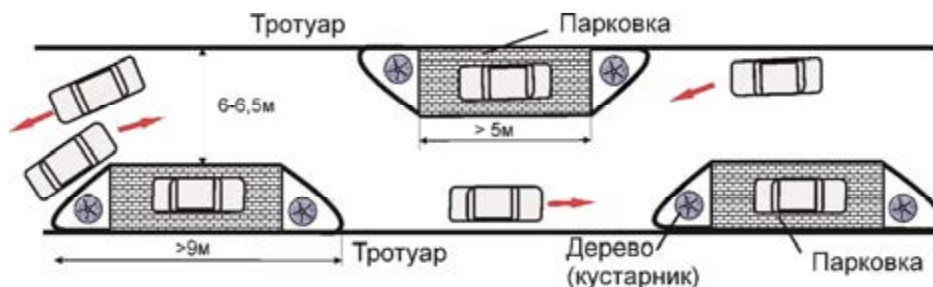


Рис. 3. Схема двухстороннего размещения трапецидальных парковок на участке зигзагообразного движения автомобилей

Трапецидальный направляющий островок устраивается под углом 45° и с радиусами закругления углов трапеции 1,5 м и 5,0 м (рис. 4).

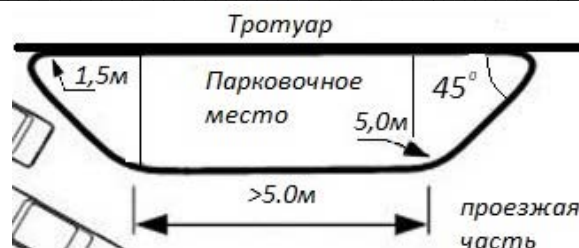


Рис. 4. Размеры трапецидального направляющего островка

Для повышения безопасности движения и ориентации водителей рекомендуется в торце направляющих островков высаживать деревья или кустарник. При этом необходимо обеспечить достаточную видимость проезжей части и встречных транспортных средств (ТС). Ширина проезда должна быть достаточна для проезда автомобилей скорой помощи и пожарных машин. Ширина островка для устройства парковок определяется шириной местного проезда и шириной парковочного места.

При ширине проезда менее 4 м и широком тротуаре организация парковки возможна с частичным использованием тротуарного пространства (рис. 5) [2].



Рис. 5. Схема организации парковок с использованием тротуара

Для отделения парковочного пространства от проезжей части используется дорожная разметка или бордюры высотой до 5,0 см. Общую протяженность зигзагообразного участка рекомендуется назначать не более 150...200 м [1].

При обустройстве зигзагообразных участков следует особое внимание уделять информационному обеспечению и выбору направляющих устройств для участков с изменением траектории движения автомобилей. Необходимо

избегать загромождения зигзагообразных участков техническими средствами организации дорожного движения (ОДД). Рекомендуется не использовать запрещающие знаки, основное внимание следует уделять планировке и геометрическим параметрам предлагаемых схем движения ТС с целью прямого использования изменений в траекториях движения ТС на обеспечение должного управления скоростью движения ТС с учетом требований по ОДД.

Из-за незначительной ширины местных проездов (до 7,0 м) в большинстве случаев организуется однополосный проезд. Снижение скорости ТС достигается за счет изменения условий движения и замедления ТС для ожидания очередности возможности проезда в соответствии с требованиями ОДД. Дополнительное снижение скорости происходит за счет траектории движения ТС при пересечении однополосного проезда в обоих направлениях. Указанный метод эффективен на двухполосных участках УДС местного значения с двусторонним движением. При использовании данного подхода к ОДД на УДС следует учесть, что для предотвращения заторов и отрицательного восприятия данных решений участниками дорожного движения расстояние между смежными участками однополосного проезда должно составлять 200...400 м.

При размещении парковки ТС на внутриквартальных проездах предлагается использовать следующие решения:

- при ширине проезда менее 4 м парковка запрещена;
- при ширине проезда 4...6 м парковка разрешена с одной стороны проезда;
- при ширине более 6 м парковка разрешена с обеих сторон проезда.

В этих условиях парковка ТС организуется вдоль проезжей части, так как в большинстве случаев ширина проездов не позволяет располагать автомобили другим способом.

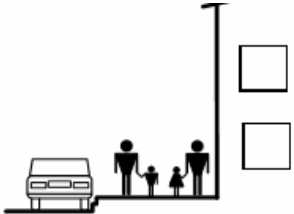
Информация участников дорожного движения о введении регулирования скорости на территории жилой застройки обеспечивается путем установки дорожных знаков 5.21 и 5.22. При этом устанавливаются следующие ограничения: водители должны двигаться со скоростью, которая не должна превышать 20 км/ч; пешеходы пользуются преимуществом в движении перед ТС, т. е. водители не должны подвергать пешеходов опасности или создавать им препятствия, а в случае необходимости они должны остановиться. Пешеходы, в свою очередь, не имеют права излишне препятствовать движению автомобилей; стоянка грузовых ТС запрещена, за исключением мест, обозначенных соответствующими знаками и (или) разметкой. Стоянка ТС, имеющих на это право, должна осуществляться только с неработающим двигателем; транзитное движение ТС и учебная езда на механических ТС через жилую зону запрещается; водители, выезжающие из зоны, должны уступить дорогу ТС, движущимся по основной дороге.

На границах жилых зон необходимо на всех въездах/выездах установить знаки 5.21 «Жилая зона» и 5.22 «Конец жилой зоны», в пределах которой действуют требования ПДД, устанавливающие порядок движения ТС. Допускается устанавливать на одной опоре со знаком 5.21 знаки 3.2 «Движение запрещено», 3.24 «Ограничение максимальной скорости», 3.26 «Подача звукового сигнала запрещена».

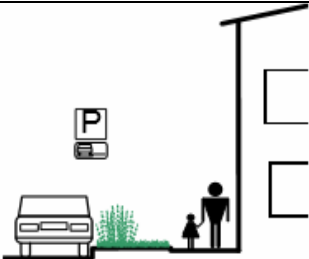
Для исключения транзитного движения ТС через жилую зону возможно использование устройства тупиков и петлевых проездов или одностороннее

движение. Тупики представляют собой заградительные устройства, которые могут быть выполнены в виде ограждений (металлических, железобетонных, бетонных и деревянных), газона с зелеными насаждениями (кустарника, деревьев) либо при помощи малых архитектурных форм (газоны, цветочницы). Устройство тупикового проезда должно соответствовать СП 42.13330.2011 и НПБ 106-95. Тупиковые проезды должны быть обеспечены разворотными площадками размером не менее 12×12 м или с радиусом по оси не менее 10 м, а также возможно использование Т-образного разворота. Использование разворотной площадки для парковки автомобилей не допускается. При организации тупиковых проездов на территории жилой зоны необходимо перед въездом на тупиковый проезд устанавливать информационные знаки 6.8.1—6.8.3 «Тупик» для уменьшения перепробега транспортных средств в поисках выезда из жилой зоны. На проездах следует предусматривать разъездные площадки. Расстояние между разъездными площадками, а также между разъездными площадками и пересечениями внутриквартальных проездов должно быть не более 200 м. При устройстве парковок в жилой зоне важно обеспечить безопасность пешеходов путем устройства ограничителей транспортных средств (табл.).

Ограничители транспортных средств на парковках в жилой зоне

Наименование	Назначение, условия применения, особенности	Схема устройства ограничителей
Малые архитектурные формы	Цветочницы, вазоны, шары, призмы, пирамиды, полусферы и другие малые формы применяют при достаточной ширине пешеходной части тротуара	
Ограничители и отбойники	Ограничители устанавливают в зону парковочного кармана или непосредственно на тротуаре. Назначение ограничителя — предотвратить попадание свеса автомобиля в зону эффективной ширины тротуара (пешеходной части). Отбойники обладают большей удерживающей способностью и должны применяться при санкционированном размещении парковок на тротуаре	
Высокий бордюр	Высокий бордюр может быть двух- или трехступенчатым. Это зависит от размеров выбираемого бордюрного камня. Данный способ ограничения доступа следует считать одним из самых эффективных, с высокой степенью удерживающей способности	

О к о н ч а н и е т а б л .

Наименование	Назначение, условия применения, особенности	Схема устройства ограничителей
Зеленые насаждения	Зеленые насаждения — эффективные средства ограничения доступа. При размещении зеленых насаждений необходимо следить за сохранением эффективной ширины тротуара (пешеходной части)	

Рассмотренные подходы к организации успокоенного движения на улицах районного и местного значения, проходящих по населенным пунктам с близкой к дороге застройкой, учитывают отечественный и зарубежный опыт [1, 4—17], существенно дополняют рекомендации Минтранса РФ [1] в части эффективного использования автомобильных парковок для снижения скорости транспортных средств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методические рекомендации по разработке и реализации мероприятий по организации дорожного движения. Методы успокоения движения. М.: Минтранс РФ, 2017. 75 с.
2. Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах. М.: Минтранс РФ, 2002. 110 с.
3. Чернецов М. В., Девятков М. М. Классификация методов геометрического и визуального воздействия искривлений прямолинейных участков дорог и улиц населенных пунктов // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и архит. 2004. № 4. С. 76—80.
4. Appleyard B. S. Planning safe routes to school // Planning. 2003. Vol. 69. No. 5. P. 34.
5. Crouse D. W. Traffic calming: a social issue // Bulletin of Science, Technology and Society. 2004. Vol. 24. No. 2. Pp. 138—144.
6. Guegan D. P., Martin P. T., Cottrell W. D. Prioritizing Traffic Calming Projects Using the Analytic Hierarchy Process. Murray, Utah, 2000. 26 p.
7. Debacker M., Harshman R. Concrete measures help manage traffic // Concrete Products. 2001. Vol. 104. No. 10. P. 32.
8. Ewing R. Legal status of traffic calming // Transportation Quarterly. 2003. Vol. 57. No. 2. P. 11.
9. Grammenos F., Tasker-Brown J. Residential Street Pattern Design for Healthy Liveable Communities. URL: <http://www.greenroofs.ca/nua/ip/ip02.htm>
10. Knapp K. K. Traffic-Calming Basics // Civil Engineering. 2000. Vol. 70. No. 1. P. 46.
11. Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart — Berlin — Köln. 1995. 224 p.
12. Langdon Ph. Calming rural roads // Planning. 2003. Vol. 69. No. 5. P. 30.
13. Mohan D. Road safety in less-motorized environments: future concerns // International Journal of Epidemiology. 2002. Vol. 31. No. 3. P. 527.
14. Road traffic crashes on the Yaoundé-Douala road section, Cameroon / J. Sobngwi-Tambekou, J. Bhatti, G. Kounga, L.-R. Salmi, E. Lagarde // Accident Analysis & Prevention. 2010. Vol. 42. No. 2. Pp. 422—426.
15. Strong C., Ye Z. Spillover effects of yield-to-pedestrian channelizing devices // Safety Science. 2010. Vol. 48. No. 3. Pp. 342—347.
16. Waters H. R., Hyder A. A., Phillips T. L. Economic evaluation of interventions to reduce road traffic injuries — a review of the literature with applications to low and middle income countries // Asia-Pacific Journal of Public Health. 2004. Vol. 16. No. 1. Pp. 23—31.
17. Womble J. E., Bretherton M. Jr. Traffic calming design standards for new residential streets: a proactive approach. Institute of Transportation Engineers // ITE Journal. 2003. Vol. 73. No. 3. P. 50.

© Алексиков С. В., Болдин А. И., Фоменко Н. А., 2018

*Поступила в редакцию
в марте 2018 г.*

Ссылка для цитирования:

Алексиков С. В., Болдин А. И., Фоменко Н. А. Автомобильные парковки на участках дорог с успокоенным движением // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. Вып. 52(71). С. 88—94.

Об авторах:

Алексиков Сергей Васильевич — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, AL34rus@mail.ru

Болдин Александр Игоревич — аспирант кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, skip-1313@mail.ru

Фоменко Николай Александрович — канд. техн. наук, доцент, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, info@vgasu.ru

S. V. Aleksikov, A. I. Boldin, N. A. Fomenko

CAR PARKING ON ROAD SECTIONS WITH QUIET TRAFFIC

The article provides the requirements for the design of car parking areas on urban roads with quiet traffic.

К е y w o r d s: urban road, car parking, roadway, speed of vehicles, quiet traffic.

For citation:

Aleksikov S. V., Boldin A. I., Fomenko N. A. [Car parking on road sections with quiet traffic]. *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], 2018, iss. 52(71), pp. 88—94.

About authors:

Aleksikov Sergei Vasil'evich — Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Head of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, AL34rus@mail.ru

Boldin Aleksandr Igorevich — Postgraduate student of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, skip-1313@mail.ru

Fomenko Nikolai Aleksandrovich — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, info@vgasu.ru

УДК 625.712.14

С. В. Волченко, Ф. В. Волченко

Волгоградский профессиональный техникум кадровых ресурсов

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОВЫШЕНИЮ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В г. ВОЛГОГРАДЕ НА ОСНОВЕ АНКЕТИРОВАНИЯ СТУДЕНТОВ

В настоящее время особую актуальность приобрела проблема формирования маршрутной сети пассажирских перевозок, что требует использования транспорта оптимальной вместимости и снижения дублирования маршрутов. На основе данных анкетирования студентов предложены рекомендации по повышению качества обслуживания маршрутов пригородного сообщения в г. Волгограде.

К л ю ч е в ы е с л о в а: пассажирские перевозки, качество обслуживания пассажиров, наполняемость подвижного состава, поездка на учебу, общественный транспорт, дублирование маршрутов.

Современные тенденции развития пассажирских перевозок в г. Волгограде, приуроченные к Чемпионату мира по футболу 2018 года (далее ЧМ-2018), сулили положительные перемены в работе транспортной системы города. Так, согласно принятому Постановлению администрации Волгограда¹, с 2018 г. в Волгоградской области вместо 322 маршрутов планировалось оставить 252. Новая автобусная сеть будет состоять из 13 автобусных маршрутов, обслуживаемых подвижным составом автобусов большой и средней вместимости, 12 трамвайных, 9 троллейбусных маршрутов, составляющих опорную маршрутную сеть, и из 35 автобусных маршрутов, обслуживаемых автобусами малой и средней вместимости на вспомогательной маршрутной сети.

Однако многие мероприятия не дали положительного результата, а привели к чрезмерному дублированию маршрутов общественного транспорта. Автобусное движение пустили по основным магистралям, где итак уже имелись сформированные маршрутные линии других видов транспорта. Троллейбусное движение в городе сократилось, на линии осталось 4 троллейбусных маршрута² вместо 9, запланированных в Постановлении. Строительство III очереди скоростного трамвая до Аграрного университета приостановили, в то время как скоростной транспорт настоятельно рекомендуется использовать как основной в городах с населением более 500 тыс. человек [1]. Направления, которые действительно нуждаются в транспорте средней и повышенной вместимости, продолжают обслуживаться маршрутными такси, которые выполняют пассажирские перевозки на пределе своей провозной способности. Такими в частности являются пригородные маршруты маршрутных такси.

Многие пригородные маршруты сложно считать пригородными, поскольку не выполняются два требования:

¹ Постановление администрации Волгограда «Об утверждении документа планирования регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в городском округе город-герой Волгоград на 2016—2020 годы» от 29.04.2016 г. № 610. URL: <http://docs.cntd.ru/document/446507088>

² URL: <http://www.gortransvolga.ru/>

1) проходят не до границ населенных пунктов, как рекомендуется Федеральным законом «Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта» от 2007 г., а едут по городу;

2) их конечные пункты не располагаются вблизи пассажирообразующих объектов (железнодорожных вокзалов и станций, речных портов, конечных станций метрополитена), как рекомендуется правилами перевозок³.

В результате пригородные маршруты дублируют городские маршруты на большем своем протяжении (рис. 1).

Планирование отмены и изменения «дублирующих и неэффективных автобусных маршрутов» в Волгограде к ЧМ-2018 производилось на основе данных о росте аварийности на дорогах города Волгограда⁴.

Пригородное движение нуждается в совершенствовании, которое включает также использование автобусов вместимости, соответствующей пассажиропотоку. Однако разработчики не опирались на обследование пассажиропотока на основных транспортных направлениях нашего города⁵, что привело к ухудшению качества обслуживания, которое является одним из важных параметров при оценке работы транспортной системы городов. К показателям качества обслуживания относится наполняемость подвижного состава, затраты времени на передвижение и регулярность движения и др. [2—4].

Для оценки качества обслуживания пассажирских перевозок в г. Волгограде в ноябре—декабре 2017 г. было проведено анонимное анкетирование студентов на предмет совершения ими поездок на учебу. Опрошено было 217 студентов ГБ ПОУ «Волгоградский профессиональный техникум кадровых ресурсов» (далее студенты техникума). Целью обследования являлась оценка качества обслуживания пассажирских перевозок при совершении студентами утренних поездок на учебу в направлении «Жилгородок». Анкета в виде теста и отдельных вопросов содержала следующие поля для ответов: возраст, учебная группа, пол, используемый вид транспорта, остановка (адрес) отправления, время перемещения, количество пересадок, используемый маршрут (маршруты), место пересадки (если имеется), время ожидания на остановке (остановках), расположение в подвижном составе, использование проездного билета, оценка качества обслуживания.

По результатам анкетирования установлено, что большинство студентов используют общественный транспорт для совершения утренних поездок на учебу (66 %), однако почти четверть опрошенных студентов ходят в техникум пешком (рис. 2).

Несмотря на развитие в нашем городе автобусного движения, студенты техникума неохотно пересаживаются на автобус, предпочитая маршрутное такси (37 %). В основном студенты пользуются одним видом транспорта (82 %) (рис. 3). Троллейбусом студенты не пользуются из-за больших интервалов движения.

³ Временные правила перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом в Российской Федерации. URL: <http://www.alppp.ru/law/grazhdanskoe-pravo/dogovory-i-drugie-objazatelstva/7/vremennye-pravila-perevozok-passazhirov-i-bagazha-avtomobilnym-transportom-v-rossijskoj-fe.pdf>

⁴ URL: <https://www.volgograd.kp.ru/daily/26749/3779314/>

⁵ Там же.

Маршруты	от Тулака до Куйб	от Куйб до Тулака	от Тулака до Царица	от Царица до Север	от Север до ПЮЗ	от ПЮЗ до Универ	от Универ до Казачий	от Казачий до ПЦ	от ПЦ до Чекине	от Чекине до Красн	от Красн до Комс	от Комс до Техн	от Техн до Новор	от Новор до Родина	от Родина до Касп	от Касп до Иргыш	от Иргыш до Джан	от Джан до Колл	от Колл до Хор	от Хор до Аген	от Агенство до Дом лет	от Дом лет до Земл	от Земл до МВД	от МВД до Русь	от Русь до Ярмар	от Ярмар до ЖБИ	от ЖБИ до Метро	от Метро до Разгул	от Разгул до Дачн	от Дачн до ПМК	от ПМК до Андр	от Андр до Деж
Марш. 15с, 19, 36																																
Марш. 50																																
Авт. 35, 95																																
Авт. 65																																
Марш. 23а																																
Марш. 44																																
Марш. 160, 164, 246																																
Трол 9																																
Трол 10																																
Трол 15а																																
Авт. 5																																
Марш. 3с, 64а, 57																																
Авт. 2, 4																																
Авт. 88з, 89з																																
Марш. 52																																
Марш. 88																																
Марш. 90а, 91а, 84																																
Марш. 174, 260, 4																																
Авт. 6																																
Авт. 21																																
Трол 15																																
Марш. 51к																																
Марш. 199з																																
Авт. 10																																
Авт. 77, Марш. 8с																																
Авт. 85																																
Марш. 70а																																
Авт. 112, 119																																
Авт. 9																																
Марш. 10с																																
Марш. 46с																																
Марш. 143																																
Авт. 129																																
Авт. 6к																																
Марш. 49а, 56																																
Марш. 149																																

Рис. 1. Дублирование городских маршрутов пригородным маршрутом № 110

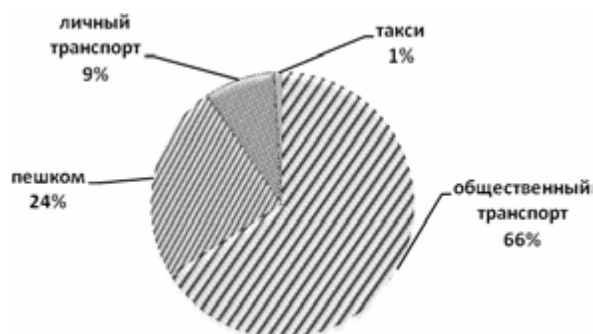


Рис. 2. Способы совершения перемещений на учебу студентами техникума

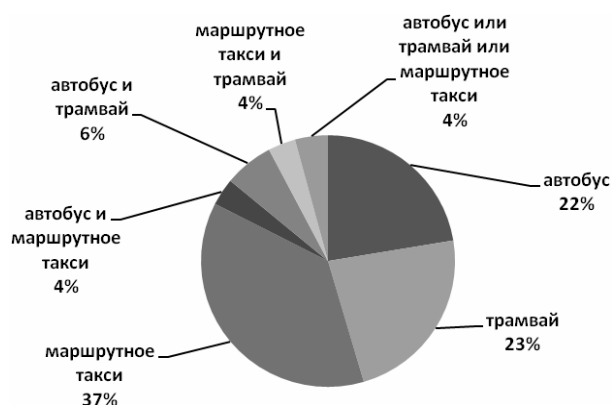


Рис. 3. Виды транспорта, которыми пользуются студенты техникума

По результатам обследования установлено, что большинство пассажиров (студентов) оценивают качество обслуживания пассажирских перевозок на удовлетворительно (рис. 4).

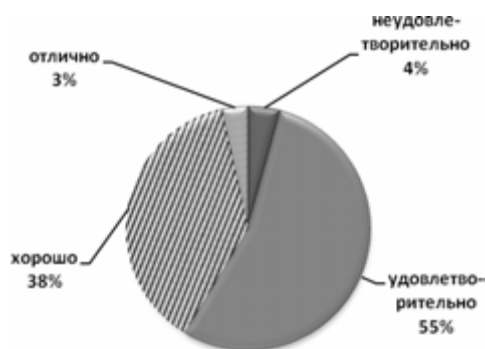


Рис. 4. Качество обслуживания пассажирских перевозок студентов техникума

Большинство респондентов едут на учебу в нормальных условиях (сидя, иногда стоя) — 62 %, однако 20 % едут всегда стоя, а 9 % едут стоя на ступеньках (рис. 5), что свидетельствует о предельной наполняемости подвижного состава и недопустимо согласно информации на сайте МУП «Метроэлектрот-

ранс»⁶. Возможно, это и является причиной плохого качества пассажирских перевозок по направлению в «Жилгородок» в г. Волгограде (рис. 4).

При изучении пассажирских перевозок по маршрутам установлено, что наиболее проблемными с точки зрения переполнения являются маршруты маршрутного такси № 110, № 149, № 56 (рис. 6).

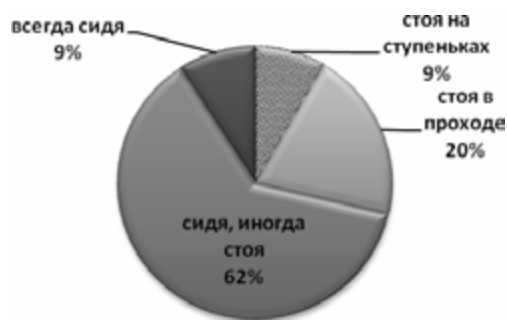


Рис. 5. Расположение пассажира во время совершения поездки на учебу

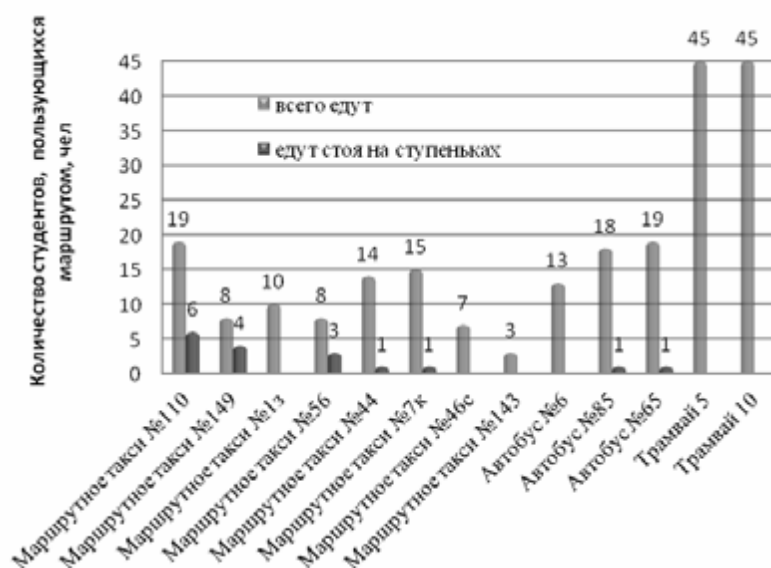


Рис. 6. Размещение студентов техникума в подвижном составе

Для анализа причин переполняемости маршрута маршрутного такси № 110 «Городище — Тулака» рассмотрим расположение мест посадки студентов техникума. Выявлено два места скопления мест посадки студентов техникума: в районном поселке «Городище» и на Первой продольной магистрали от остановочного пункта «Тулака» до остановочного пункта «Комсомольская» (рис. 7). Причем, по данным анкетирования, именно 4 из 6 пассажиров, которые едут, всегда стоя на ступеньках, совершают посадку в районном поселке «Городище».

⁶ URL: <http://www.gortransvolga.ru/>

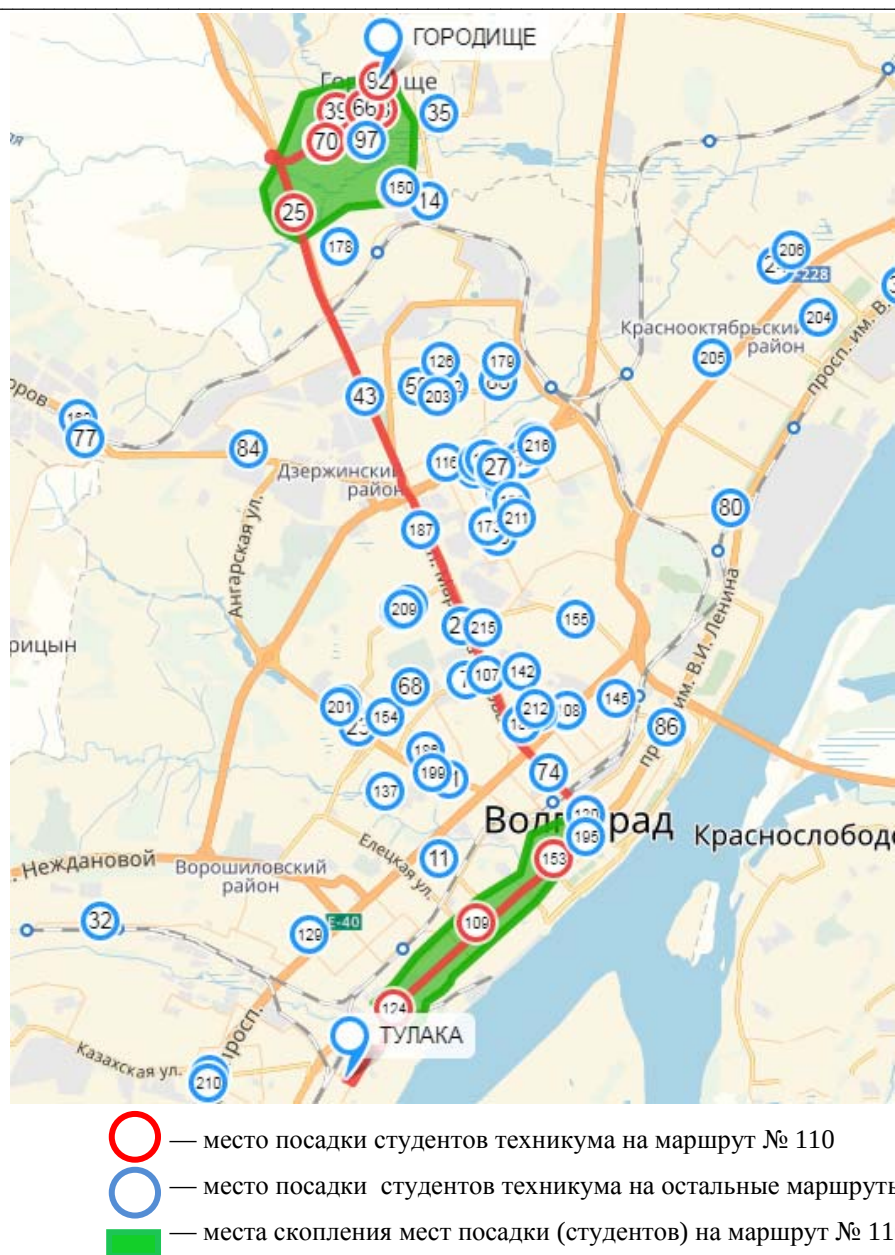


Рис. 7. Места посадки студентов техникума

Проблему переполняемости подвижного состава можно решить несколькими способами:

- 1) увеличить выпуск подвижного состава на маршруте № 110;
- 2) заменить хотя бы часть подвижного состава на автобусы средней вместимости;
- 3) укоротить маршрут, что позволит сократить время рейса, увеличить частоту движения на маршруте и, следовательно, повысить провозную способность маршрута.

Первый и второй способы требуют финансовых вложений, третий — альтернативного дублирующего маршрута с невысокой наполняемостью.

Маршрут № 110 сильно дублирует маршруты городского сообщения (см. рис. 1). На участке от остановочного пункта «Тулака» до «ЖБИ» его полностью дублирует автобусный маршрут № 65, который ходит с достаточно невысокой наполняемостью, 74 % пассажиров едут сидя или стоя в проходе (рис. 8). Студенты, которые выполняют посадку на участке скопления по Первой продольной магистрали от остановочного пункта «Тулака» до остановочного пункта «Комсомольская» (нижняя зеленая область на рис. 7), могут добираться в техникум на автобусном маршруте № 65.

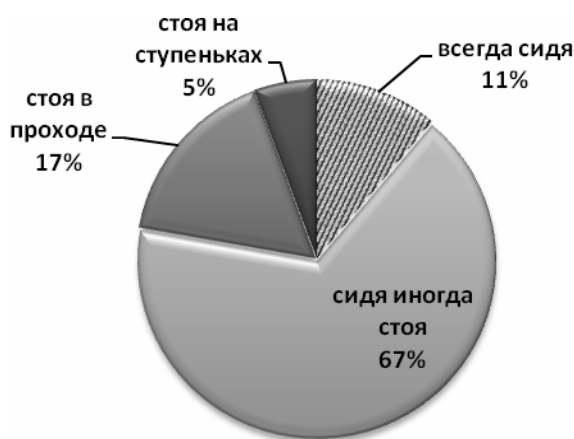


Рис. 8. Размещение пассажиров автобусного маршрута № 65

Маршрут № 110 — маршрут пригородного сообщения, его конечные станции рекомендуется приблизить к крупному пассажирообразующему пункту — железнодорожному вокзалу. Поэтому целесообразно укоротить маршрут № 110 до границ движения «Железнодорожный вокзал Волгоград-1 — районный поселок Городище», а часть пассажиров перевести на городской автобусный маршрут № 65.

Выводы. Большинство студентов техникума используют общественный транспорт для совершения утренних поездок на учебу (66 %). Качество обслуживания пассажиров в направлении «Жилгородок» удовлетворительное. Имеются проблемы из-за переполнения маршрутных такси № 110, № 149 и № 56 (9 % всех опрошенных едут на учебу стоя на ступеньках, что недопустимо). Маршрут № 110 рекомендуется укоротить до границ движения «Железнодорожный вокзал Волгоград-1 — районный поселок Городище», а часть пассажиров перевести на городской автобусный маршрут № 65. В перспективе необходимо предусмотреть замену маршрутного такси на маршруте № 110 на автобус средней вместимости.

Для обоснования развития транспортных систем городов необходимо проводить комплексные транспортно-социологические обследования населения города и на основе полученных данных о пассажиропотоках разрабатывать мероприятия по повышению качества обслуживания пассажирских перевозок [1, 5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Овечников Е. В., Фишельсон М. С. Городской транспорт: учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1976. 352 с.
2. Бойко Г. В. Методика оптимизации структуры транспорта для обслуживания городских пассажирских перевозок: дисс... канд. техн. наук: 05.22.10. Волгоград, 2006. 157 с.
3. Пассажирские автомобильные перевозки: учебник для вузов / В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Вельможин, С. А. Ширяев; под ред. В. А. Гудкова. М.: Горячая линия-Телеком, 2006. 448 с.
4. Вельможин А. В., Гудков В. А., Миротин Л. Б. Теория транспортных процессов и систем. М.: Транспорт, 1998.
5. Ефремов И. С., Кобозев В. М., Юдин В. А. Теория городских пассажирских перевозок: теория городских пассажирских перевозок: учеб. пособие для вузов. М.: Высшая школа, 1980. 535 с.

© Волченко С. В., Волченко Ф. В., 2018

Поступила в редакцию
в феврале 2018 г.

Ссылка для цитирования:

Волченко С. В., Волченко Ф. В. Рекомендации по повышению качества обслуживания пассажирских перевозок в г. Волгограде на основе анкетирования студентов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. Вып. 52(71). С. 95—102.

Об авторах:

Волченко Светлана Викторовна — канд. техн. наук, преподаватель, Волгоградский профессиональный техникум кадровых ресурсов. Российская Федерация, 400075, г. Волгоград, ул. Краснополянская, 11, Svv7192@yandex.ru

Волченко Федор Викторович — преподаватель, Волгоградский профессиональный техникум кадровых ресурсов. Российская Федерация, 400075, г. Волгоград, ул. Краснополянская, 11, Svv7192@yandex.ru

S. V. Volchenko, F. V. Volchenko

RECOMMENDATIONS ON THE IMPROVEMENT OF THE QUALITY OF PASSENGER TRAFFIC IN VOLGOGRAD ON THE BASIS OF THE QUESTIONNAIRE OF STUDENTS

Currently, the problem of design of a route network of passenger traffic has become particularly urgent, which requires the use of transport of optimal capacity and reducing the duplication of routes. On the basis of the questionnaire of students the recommendations on the quality improvement of the service of routes of shuttles in the city of Volgograd are offered.

Key words: passenger traffic, quality of passenger service, occupancy of rolling stock, trip to school, public transport, duplication of routes.

For citation:

Volchenko S. V., Volchenko F. V. [Recommendations on the improvement of the quality of passenger traffic in Volgograd on the basis of the questionnaire of students]. *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], 2018, iss. 52(71), pp. 95—102.

About authors:

Volchenko Svetlana Viktorovna — Candidate of Engineering Sciences, Lecturer, Volgograd Professional College of Human Resources. 11, Krasnopolyanskaya St., Volgograd, 400075, Russian Federation, Svv7192@yandex.ru

Volchenko Fedor Viktorovich — Lecturer, Volgograd Professional College of Human Resources. 11, Krasnopolyanskaya St., Volgograd, 400075, Russian Federation, Svv7192@yandex.ru

УДК 625.71.8-047.36 (1-22)

М. М. Девятков, А. М. Поляков

Волгоградский государственный технический университет

ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИНДИКАТОРОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПРОГРАММ КОМПЛЕКСНОГО РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ СЕЛЬСКИХ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

В данной статье обосновываются система индикаторов для мониторинга программ комплексного развития транспортной инфраструктуры сельских муниципальных образований и логико-математическая модель управления реализацией этих программ.

К л ю ч е в ы е с л о в а: программы комплексного развития транспортной инфраструктуры сельских муниципальных образований, системный подход, стратегия, система индикаторов, интегральный показатель, природно-техническая совместимость.

Федеральное законодательство и постановления Правительства Российской Федерации¹ определили ряд приоритетных задач. В первую очередь это обеспечение постоянной круглогодичной связи всех сельских населенных пунктов, имеющих перспективы развития, по дорогам с твердым покрытием с сетью автомобильных дорог общего пользования, а также разработка и реализация программ комплексного развития транспортной инфраструктуры (ПКРТИ) муниципальных образований.

При этом программы, наряду с другими требованиями, должны обеспечивать: безопасность, качество и эффективность транспортного обслуживания; доступность объектов транспортной инфраструктуры для населения и субъектов экономической деятельности; развитие транспортной инфраструктуры в соответствии с потребностями транспортного спроса населения и субъектов экономической деятельности, сбалансированное с градостроительной деятельностью в поселениях, городских округах; условия для пешеходного и велосипедного передвижения населения; эффективность функционирования действующей транспортной инфраструктуры.

Еще одним из основных условий при разработке ПКРТИ является соответствие их целевых установок и индикаторов контроля реализации основным региональным стратегиям развития. Для сельских поселений Волгоградской области приоритетными стратегиями являются четыре основных документа².

¹ Федеральный закон «О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации» от 29 декабря 2014 г. № 456-ФЗ.

Стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. № 1734-р (в ред. распоряжения Правительства РФ от 11 июня 2014 г. № 1032-р).

Постановление Правительства РФ «Об утверждении требований к программам комплексного развития транспортной инфраструктуры поселений, городских округов» от 25 декабря 2015 г. № 1440.

² Закон Волгоградской области «О стратегии социально-экономического развития Волгоградской области до 2025 года» от 21 ноября 2008 г. № 1778-ОД.

В соответствии с Постановлением Правительства РФ большинство муниципальных образований страны разработало такие программы. Анализ ряда опубликованных в Интернете ПКРТИ, проведенный на кафедре ИПТС ВолгГТУ [1], показал, что в ходе разработки программ авторы использовали различные подходы и выбирали разные приоритеты при формулировке целей, задач и индикаторов для оценки их реализации. Это, на наш взгляд, в определенной степени может быть обосновано необходимостью учета региональных особенностей и приоритетов. Однако отсутствие единого подхода к выработке системы индикаторов делает затруднительным давать объективную оценку состояния УДС МО и результативности реализации ПКРТИ, а также обоснованно определять необходимый объем финансирования на ее выполнение.

Кроме того, в ряде случаев для описания и решения идентичных задач авторы использовали различные нормативные документы. Так, например, для описания состояния и соответствия нормативным требованиям улиц и дорог сельских поселений авторы в разных регионах использовали СНиП 2.05.02-85*, СНиП 2.07.01-89*, СП 243.1326000.2015. В этих документах есть определенные отличия в классификации и параметрах автомобильных дорог, выполняющих однотипные функции, что может привести к несопоставимости программ, разработанных в разных регионах.

В связи с этим, на наш взгляд, в вопросе разработки, реализации и мониторинга ПКРТИ сформировалась определенная проблема. Она заключается в *отсутствии системного подхода, позволяющего обоснованно формулировать целевые установки и соответствующие им индикативные показатели для обеспечения обоснованного и унифицированного подхода к мониторингу и корректировке ПКРТИ в соответствии с требованиями актуальных нормативно-правовых актов и природно-технической совместимости.*

Для решения этой проблемы на кафедре ИПТС проведено теоретическое обоснование принципов формирования программ и индикаторов комплексного развития транспортной инфраструктуры сельских МО (ПКРТИ СМО). В его основу положены теории системного анализа [2, 3] и экосистемного подхода к инженерно-строительной деятельности, реализующего принцип природно-технической совместимости [4]. В соответствии с этой теорией представляется целесообразным рассматривать ПКРТИ как сложную систему

Государственная программа Волгоградской области «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия», утв. Постановлением администрации Волгоградской области от 26 декабря 2016 г. № 743-п.

Государственная программа Волгоградской области «Устойчивое развитие сельских территорий на 2014—2017 годы и на период до 2020 года», утв. Постановлением правительства Волгоградской области от 29 ноября 2013 г. № 681-п (в ред. Постановления правительства Волгоградской области от 27.10.2014 г. № 589-п, Постановлений администрации Волгоградской области от 26.02.2015 № 97-п, от 30.12.2015 г. № 835-п, от 29.12.2016 г. № 756-п, от 24.07.2017 г. № 382-п). URL: <http://docs.cntd.ru/document/410802018>

Постановление администрации Волгоградской области «О стратегии развития транспортно-дорожного комплекса Волгоградской области на период до 2025 года» от 26 октября 2009 г. № 394-п.

и исследовать требования к ней с точки зрения структурно-иерархического, диалектического и кибернетического аспектов системотехники [5].

Для определения требований к ПКРТИ с точки зрения структурно-иерархического аспекта (выделение структуры подсистем, их границ и целевых ориентиров) на основе анализа вышеперечисленных законодательных и нормативно-правовых документов представляется целесообразным выделить четыре подсистемы, каждая из которых имеет свою главную цель (табл.).

Подсистемы сложной системы ПКРТИ

№ п.п.	Наименование подсистемы	Главная цель подсистемы
1	Транспортное обслуживание системы социального обеспечения населения	Круглогодичная, бесперебойная транспортная доступность центров получения социальных услуг населением в соответствии с нормативным временем
2	Транспортное обслуживание основных технологических процессов производства и переработки сельскохозяйственной и другой приоритетной продукции	Дорожно-транспортная обеспеченность бесперебойного доступа (в зависимости от сезонной потребности) к объектам, технологического процесса производства основных видов сельскохозяйственной продукции
3	Внутренняя транспортная инфраструктура сельских поселений	Дорожно-транспортная обеспеченность удобного доступа к каждому домовладению и объектам внутренней инфраструктуры
4	Транспортно-экологическая безопасность	Минимизация тяжести последствий от ДТП и экологического вреда окружающей среде

Для определения требований к ПКРТИ с точки зрения диалектических аспектов системотехники на кафедре ИПТС ВолгГТУ проведен анализ приоритетных стратегий развития Волгоградской области³, который показал, что основой стратегии стал принцип природно-климатического зонирования. В каждом районе будет произведена переориентация с акцентом на вид деятельности, являющийся оптимальным для конкретной местности и конкретного хозяйства. Приоритетным направлением в АПК станет производство и полный цикл переработки сельскохозяйственной продукции местных производителей, которые будут объединены в производственные кластеры.

Из поставленных на территории Волгоградской области целей главными являются достижение к 2020 г. валового сбора зерновых в 4,5 млн т, увеличение поголовья коров на 28 % (до 318,8 тыс. голов) и повышение продуктивности коров. Стратегия предусматривает создание 12 крупных молочных комплексов (на 1200 коров каждый) и 584 семейных ферм. Таким образом, основными направлениями сельскохозяйственного производства являются: растениеводство — 70 % и животноводство — 30 %. Первое место по посевным площадям занимают зерновые культуры (пшеница) — 36 %.

³ То же.

Кроме того, запланировано построить к 2020 г. 168 тыс. кв. м жилья, ввести в строй 31 фельдшерско-акушерский пункт, 9 тыс. кв. м плоскостных спортивных учреждений, 800 мест учреждений культурно-досугового типа, протянуть 385 км распределительных газовых сетей, 178,3 км локальных водопроводов и т. д.

Такие целевые ориентиры стратегии развития региона, безусловно, планируется обеспечить и существенными изменениями в территориальном планировании Волгоградской области. В связи с этим рассматривается вопрос формирования 15 зон опережающего развития [6] (рис. 1), в которых будут активно развиваться современные сельскохозяйственные производственные мощности и социальная инфраструктура. Все это потребует существенной корректировки ПКРТИ МО на территории Волгоградской области. Для этого необходим механизм управления сложными системами ПКРТИ.

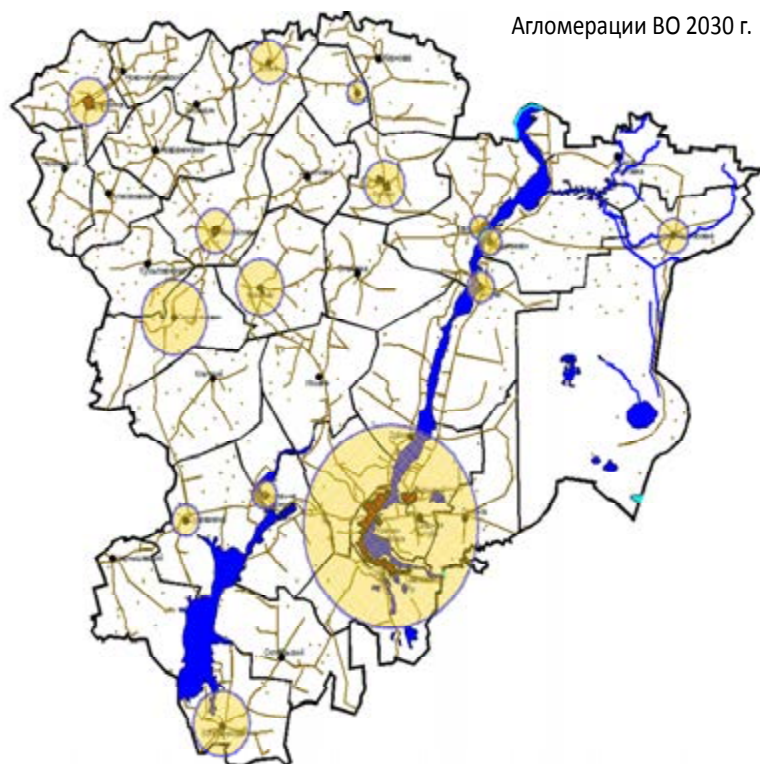


Рис. 1. Планируемые зоны опережающего развития на территории Волгоградской области до 2030 г.

Такой механизм формируется на основе применения кибернетических аспектов системотехники путем формирования подсистем, описывающих технологические процессы, и использования соответствующих индикаторов для оценки достижения целевых установок подсистем, сформулированных выше (см. табл.). Причем перечень конкретных индикаторов (индикативных показателей) для каждой подсистемы определялся в соответствии с разработанной на кафедре ИПТС методикой [7].

Таким образом, предлагается перечень следующих *индикаторов*.

1. Для подсистемы транспортного обслуживания системы социального обеспечения населения (рис. 2), направленной на круглогодичную, бесперебойную транспортную доступность центров социальных услуг, это коэффициенты *обеспечения нормативного времени достижения центров основных социальных услуг* I_{cyj} . Они определяется отношением соответствующего j нормативного и фактического времени T_{nj} и $T_{фj}$, а также радиусом обслуживания R_{nj} и $R_{фj}$.

$$I_{cyj} = T_{nj} / T_{фj}. \quad (1)$$

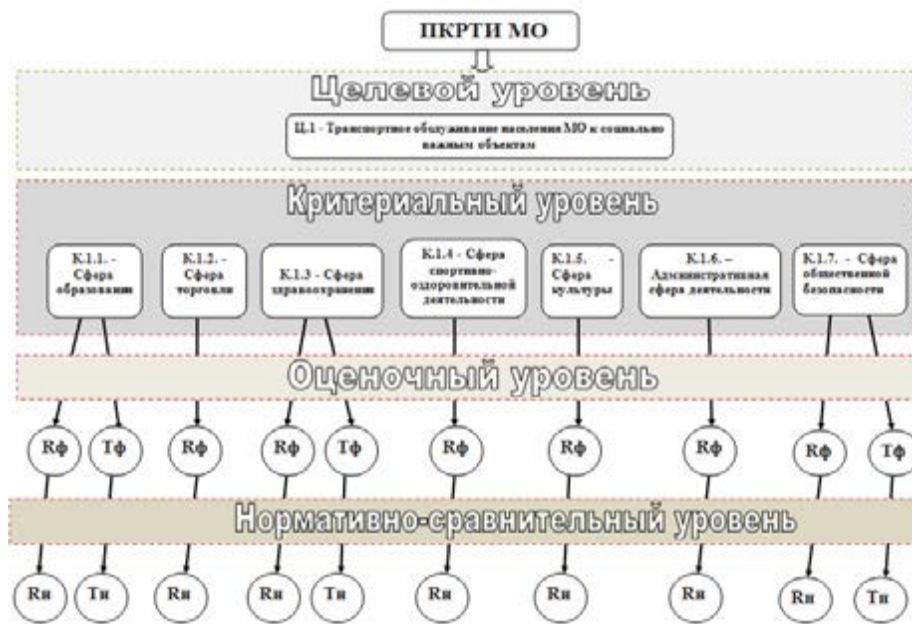


Рис. 2. Подсистема транспортного обслуживания системы социального обеспечения населения

При этом к важным объектам сферы социальных услуг относятся:

- сфера образования (детский сад, школа, библиотека);
- сфера торговли (магазин);
- сфера здравоохранения (ФАП, поликлиника, больница);
- сфера спортивно-оздоровительной деятельности (ФОК, спортзал, стадион);
- сфера культуры (ДК, памятники культуры, исторически-культурные зоны);
- административная сфера деятельности (администрации);
- сфера общественной безопасности (полиция, МЧС).

2. Для подсистемы транспортного обслуживания основных технологических процессов производства и переработки сельскохозяйственной и другой приоритетной продукции (рис. 3), направленной на дорожно-транспортную обеспеченность бесперебойного доступа (в зависимости от сезонной потребности) к объектам, технологического процесса производства основных видов сельскохозяйственной продукции это *коэффициенты степени технологического соответствия* I_{tc} .

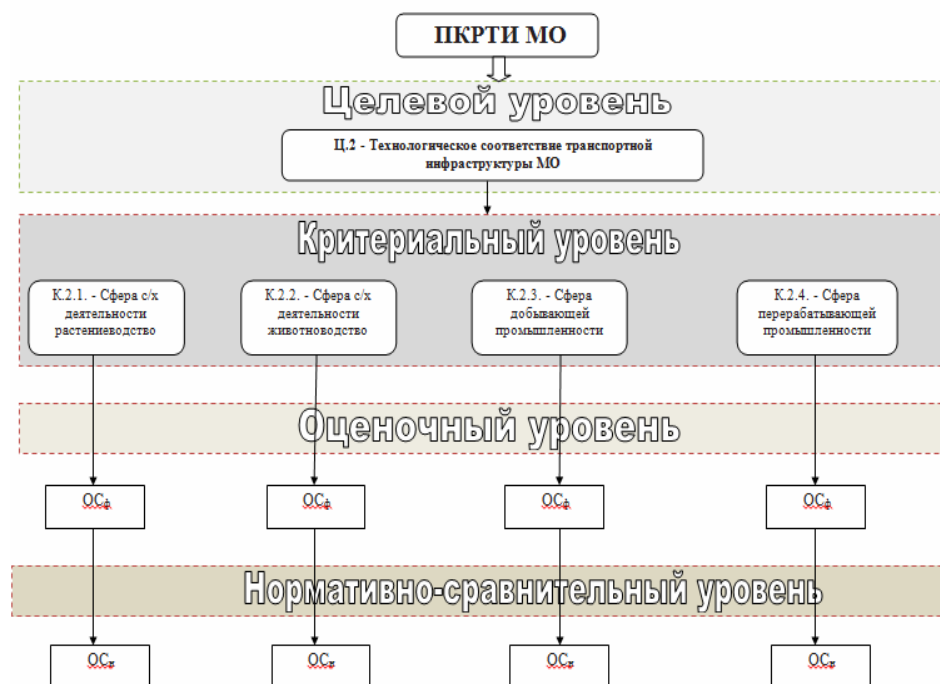


Рис. 3. Подсистема транспортного обслуживания основных технологических процессов производства и переработки сельскохозяйственной и другой приоритетной продукции.

Они определяется отношением протяженности j -х участков дорог в нормативном состоянии — S_{nj} (обеспечивающих соответствующие технологические процессы) к фактической протяженности этих (j -х) участков дорог МО — $S_{фj}$:

$$I_{тсj} = S_{nj} / S_{фj}. \quad (2)$$

Технологическое соответствие определяется следующими требованиями: соответствие конфигурации сети внутрихозяйственных и других участков местных дорог требованиям транспортных процессов, обеспечивающих технологию производства и вывоза сельскохозяйственной продукции на пункты ее переработки или сбора и хранения;

обеспечение надежных транспортных связей между объектами производства (поля, фермы и т. п.) и пунктами переработки или сбора и хранения сельскохозяйственной продукции в соответствующие технологические периоды;

обеспечение круглогодичных транспортных связей пунктов переработки или сбора и хранения сельскохозяйственной продукции с дорогами общего пользования.

Схемы транспортных процессов, обеспечивающих наиболее характерные виды производственной деятельности в сельских муниципальных образованиях Волгоградской области, представлены на рис. 4 и 5.



Рис. 4. Схема транспортных процессов в растениеводстве

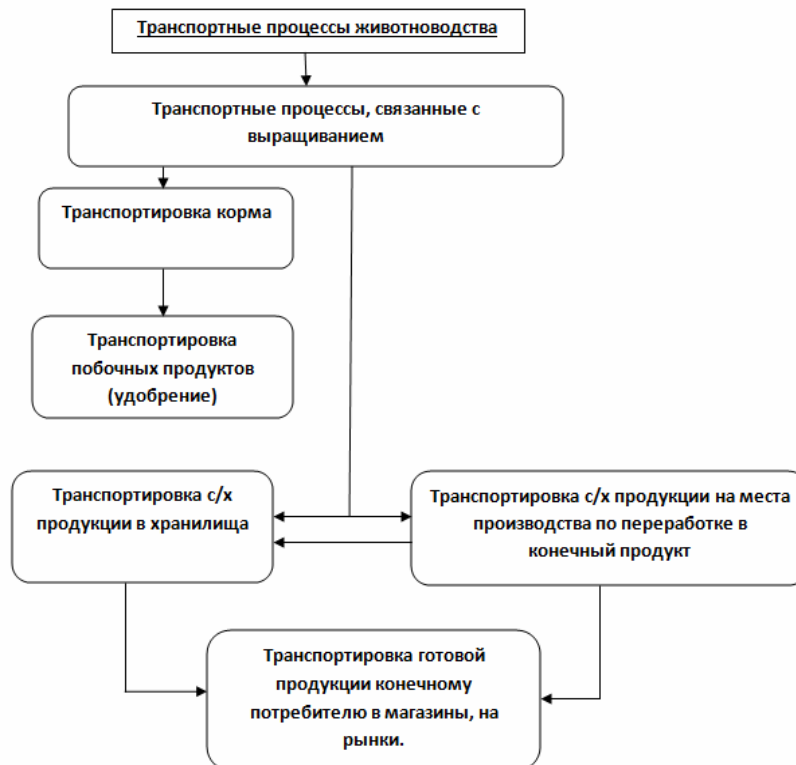


Рис. 5. Схема транспортных процессов в животноводстве

При этом следует иметь в виду, что показатели, описывающие нормативные требования к элементам дорог, зависят от технологических особенностей транспортных процессов, характерных для соответствующих видов производства. Они должны учитывать различные виды расчетных транспортных средств и технологические особенности движения транспортных потоков, описанные в выполненных ранее исследованиях [8, 9], а также характерных для современных видов сельскохозяйственного производства.

3. Для подсистемы внутренней транспортной инфраструктуры сельских муниципальных образований (МО) (рис. 6), в которой должна реализовываться дорожно-транспортная обеспеченность удобного доступа к каждому домовладению и объектам внутренней инфраструктуры по дорогам с твердым покрытием, это *коэффициенты доступности к объектам внутренней инфраструктуры* $I_{\text{двн}}$.

Эти показатели предлагается определять отношением фактического количества подъездов с твердым покрытием в нормативном состоянии к соответствующим объектам внутренней инфраструктуры (j -х) $N_{\text{двн}, \text{тп}j}$ к общему количеству подъездов к соответствующим (j -м) объектам внутренней инфраструктуры $N_{\text{двн}, \text{о}j}$:

$$I_{\text{двн}j} = N_{\text{двн}, \text{тп}j} / N_{\text{двн}, \text{о}j}. \quad (3)$$

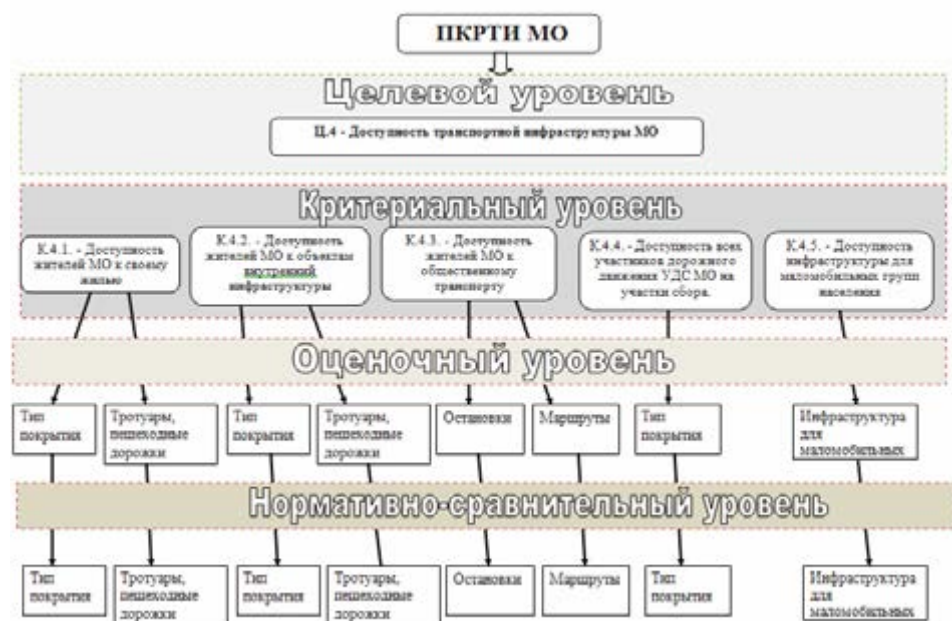


Рис. 6. Подсистема внутренней транспортной инфраструктуры сельских МО

На рис. 6 представлен примерный перечень объектов внутренней инфраструктуры МО, который для конкретных МО определяется на основе соответствующих документов планирования развития территории.

4. Для подсистемы транспортно-экологической безопасности транспортной инфраструктуры МО (рис. 7), в которой должна обеспечиваться миними-

зация тяжести последствий от ДТП и экологического вреда окружающей среде, это коэффициенты транспортно-экологической безопасности транспортной инфраструктуры $I_{тэб}$.

Эти показатели предлагается определять отношением нормативного (планового) уровня соответствующего (j-го) показателя транспортно-экологической безопасности $I_{тэбнj}$ к фактическому (j-му) показателю $I_{тэбфj}$:

$$I_{тэбj} = I_{тэбнj} / I_{тэбфj}. \quad (4)$$

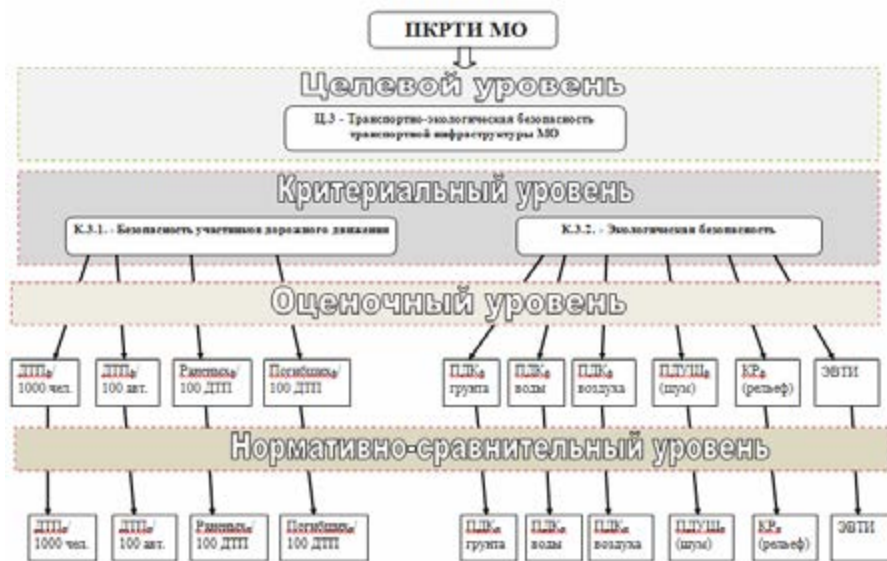


Рис. 7. Подсистема транспортно-экологической безопасности транспортной инфраструктуры МО

При этом оценку транспортной безопасности предлагается проводить по следующим показателям:

- социальная безопасность (количество ДТП в год/1000 жителей);
- транспортная безопасность (количество ДТП в год/100 транспортных средств);
- тяжесть последствий ДТП (количество раненых/100 ДТП; количество погибших/100 ДТП).

Оценку экологической безопасности определять:

- по предельно допустимой концентрации загрязняющих веществ (ПДК) грунта, воды, воздуха;
- предельно допустимому уровню шума (ПДУШ).

Отдельно следует отметить, что количество и перечень конкретных показателей (индикаторов) на критериальном уровне требуют соответствующего обоснования, учитывающего мнение непосредственных потребителей транспортного процесса (жители, предприниматели, администрации МО), технико-экономические возможности, и принимаются решением органов местного самоуправления. Для этих целей рекомендуется использовать соответствующую методику [7].

Таким образом, программа комплексного развития транспортной инфраструктуры муниципального образования (ПКРТИ МО) представляет собой сложную систему, включающую в себя четыре сформированные выше под-системы (рис. 8).

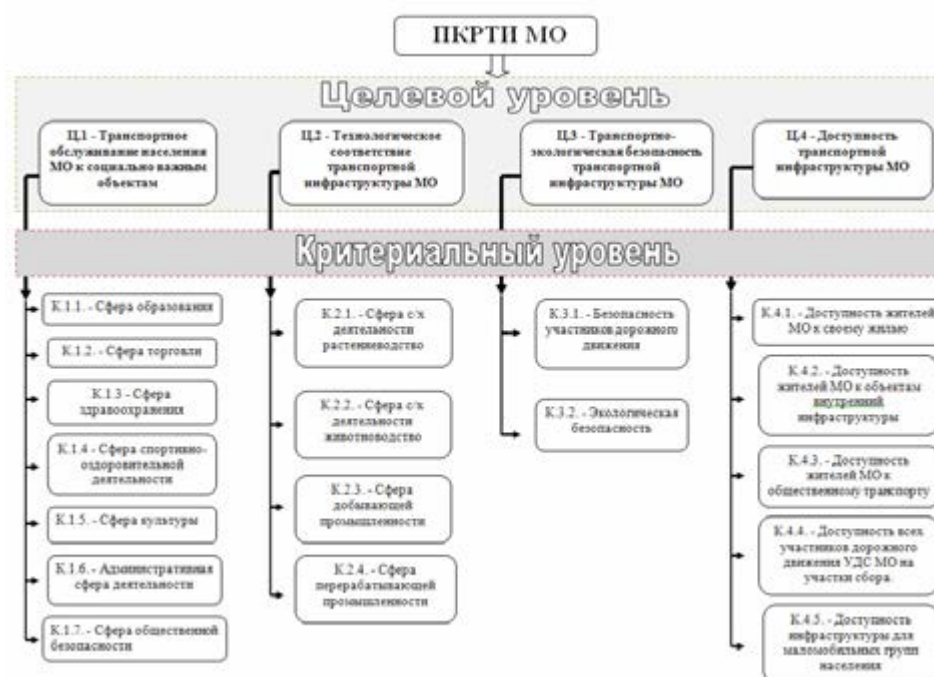


Рис. 8. Программа комплексного развития транспортной инфраструктуры муниципального образования (ПКРТИ МО) как сложная система

Для мониторинга этой сложной системы разработана логико-математическая модель формирования частных индикаторов и определения комплексного интегрального индикатора реализации ПКРТИ МО. Эта модель должна позволять оценивать уровень фактического состояния системы в целом и ее составляющих и принимать соответствующее обоснованное решение о необходимости (целесообразности) корректировки ПКРТИ МО. Поэтому эта система должна работать в две стадии. Первоначально в стадии развертывания, включающей в себя выбор и определение целевых, критериальных, оценочных и нормативных (сравнительных) показателей, — как описано выше. Затем в стадии свертывания этой системы для получения на первом этапе частных качественных показателей и далее интегральных показателей, характеризующих соответствие фактического состояния элементов системы на разном уровне и всей системы в целом ее нормативным (сравнительным, плановым) показателям (рис. 9).

Разработанная таким образом методика формирования системы индикаторов ПКРТИ МО реализует принцип природно-технической (в том числе социально-экономической) совместимости и предлагается для оценки соответствия уровня фактических параметров УДС МО выдвигаемым к ним требованиям (см. выше пп. 1—4). В общем виде они характеризуются соответст-

вующими оценочно-измерительными или фактическими $Y_{ФП}$ и нормативно-сравнительными уровнями (расчетных, нормативных, эталонных, плановых) показателей $Y_{СПП}$. При этом частные коэффициенты обеспеченности достижения оценочных параметров (индикаторов) I_{xyij} определяют по отношению фактических и сравнительных уровней:

$$I_{xyij} = \frac{Y_{ФП}}{Y_{СПП}}. \quad (5)$$

Уровень достижения критериальных индикаторов K_i определяют по зависимости

$$K_{xyi} = \sum_{j=1}^p O_{xyij} \cdot m_{xyij}, \quad (6)$$

где I_{xyij} — уровень достижения оценочных параметров индикаторов; m_{xyij} — масштабность воздействия индикаторов на конкретные группы потребителей.



Рис. 9. Графическая схема логико-математической модели формирования частных индикаторов и определения комплексного интегрального индикатора реализации ПКРТИ МО: $Ц_{xy}$ — уровень обеспеченности достижения целевых показателей системы ПКРТИ МО; K_{xij} — уровень обеспеченности достижения критериальных показателей системы; I_{xyij} — уровень обеспеченности достижения оценочных индикаторов; x — номер группы индикаторов (1 — СУ, 2 — ТС, 3 — ДВИ, 4 — ТЭБ); y — номер группы параметров на целевом уровне программы (подсистемы индикаторов); i — номер группы параметров на критериальном уровне программы (подсистемы индикаторов); j — номер параметра (индикатора) на оценочно-измерительном уровне программы (подсистемы)

Для оценки уровня достижения целевых показателей ПКРТИ МО $Ц_{xy}$ учитываем различную значимость (весомость) этих индикаторов (весомость индикаторов определяется в каждом муниципальном образовании с использованием экспертно-аналитического метода [7]):

$$Ц_{xy} = \sum_{i=1}^m K_{xyi} \cdot \alpha_{xyi}, \quad (7)$$

где α_{xyi} — весомость показателей соответствующей группы индикаторов x на соответствующем целевом уровне y на соответствующем уровне i критериальных индикаторов.

Затем на основе оценки и учета весового влияния параметров α_{xyi} , β_{xy} , γ_x , масштабности их воздействия на потребителей m_{xyij} в конечном счете оцениваем интегральный уровень:

обеспечения нормативного времени достижения центров социальных услуг I_{cy} ;

степени технологического соответствия I_{mc} ;

доступности к объектам внутренней инфраструктуры $I_{ови}$;

транспортно-экологической безопасности транспортной инфраструктуры $I_{тэб}$;

и в целом интегральный уровень реализации ПКРТИ МО I (формулы (8), (9), рис. 9):

$$I_x = \sum_{y=1}^n \alpha_{xy} \cdot \beta_{xy}, \quad (8)$$

где β_{xy} — весомость соответствующих показателей на уровне целевых ПС.

$$I = \sum_{x=1}^3 \left\{ \sum_{y=1}^n \left[\sum_{i=1}^m \left(\sum_{j=1}^p O_{xyij} \cdot m_{xyij} \right) \alpha_{xyi} \right] \beta_{xy} \right\} \gamma_x, \quad (9)$$

где γ_x — весомость соответствующих показателей на уровне интегральных показателей ПС (четыре группы).

Полученная таким образом зависимость (9) является функцией управления реализации ПКРТИ МО на основе предложенных в настоящей работе системы индикаторов для разработки и мониторинга программ комплексного развития сельских муниципальных образований. По уровню интегральных показателей, характеризующих соответствующие подсистемы и конкретные параметры УДС МО, устанавливают очередность реализации мероприятий ПКРТИ МО.

Из вышеизложенного следует, что величина интегральных показателей по отдельным целевым параметрам комплексной системы используется для определения приоритетности поднятия качественного и количественного уровня тех или иных рассмотренных выше параметров для последовательного приближения интегрального индикатора реализации ПКРТИ МО к нормативному уровню и обеспечения тем самым реализации принципа природно-технической совместимости УДС МО.

Основные выводы по работе:

1. Изучение опыта формирования программ комплексного развития транспортной инфраструктуры муниципальных образований позволило установить, что в настоящее время отсутствует системный подход к обоснованию индикаторов достижения целевых установок этих программ для выполнения их мониторинга и при необходимости обоснованной корректировки.

2. В результате проведенного исследования с использованием теории системного анализа и экосистемного подхода к инженерно-строительной деятельности предложено рассматривать ПКРТИ как сложную систему, включающую в себя четыре подсистемы: транспортного обслуживания социально-экономического обеспечения населения, транспортного обслуживания основных технологических процессов, внутренней транспортной инфраструктуры и транспортно-экологической безопасности.

3. Для каждой подсистемы определены целевые установки и перечень конкретных индикаторов, позволяющих определять уровень достижения целевых установок в каждой из подсистем.

4. Для мониторинга ПКРТИ МО разработана логико-математическая модель формирования частных индикаторов и определения комплексного интегрального индикатора реализации программы. Эти индикаторы предлагается использовать для определения приоритетности поднятия уровня рассмотренных выше параметров и последовательного приближения интегрального индикатора реализации ПКРТИ МО к нормативному или плановому уровню.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Девятков М. М., Поляков А. М.* Разработка унифицированных программ комплексного развития транспортной инфраструктуры муниципальных образований // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности: материалы IV Всерос. науч.-техн. конф. молодых исследователей (с междунар. участием), г. Волгоград, 24—29 апреля 2017 г.; под общ. ред. Н. Ю. Ермиловой. Волгоград, 2017. С. 34—36. URL: <http://vgasu.ru/publishing/on-line/>
2. *Губанов В. А., Захаров В. В., Коваленко А. Н.* Введение в системный анализ: учеб. пособие / Под ред. Л. А. Петросяна. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1988. С. 232.
3. Системный анализ и структура управления / Под общ. ред. проф. В. Г. Шорина. М.: Знание, 1975.
4. *Цернант А. А.* Экосистемный подход к инженерно-строительной деятельности (транспортное строительство) // Сб. тр. ЦНИИС. Философия транспортного строительства. 2010. № 255. С. 5—28.
5. *Девятков М. М., Поляков А. М.* Принципиальные подходы к разработке мероприятий программ комплексного развития транспортной инфраструктуры муниципальных образований // Транспорт и дорожное хозяйство: проблемы регионов и пути их решения: материалы Всерос. науч.-практ. конф., г. Волгоград, 8 декабря 2017 г. Волгоград: ВолгГТУ, 2017. С. 185—193.
6. *Кабанов В. Н., Михайлова Е. В.* Критерии для формирования зон опережающего развития сельских территорий (на примере Волгоградской области) // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2016. № 4(24). С. 232—249.
7. *Девятков М. М.* Основы теории модернизации сети автомобильных дорог городов // Наука и техника в дорожной отрасли. 2010. № 4. С. 10—15.
8. *Славуцкий А. К., Носов В. П.* Сельскохозяйственные дороги и площадки. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1986. 447 с.
9. *Девятков М. М.* Проектирование участков автомобильных дорог и обеспечение безопасности движения с учетом особенностей сельскохозяйственных перевозок: учеб. пособие. Волгоград: ВолгПИ, 1990. 86 с.

© *Девятков М. М., Поляков А. М., 2018*

*Поступила в редакцию
в марте 2018 г.*

Ссылка для цитирования:

Девятков М. М., Поляков А. М. Обоснование системы индикаторов для мониторинга программ комплексного развития транспортной инфраструктуры сельских муниципальных образований // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. Вып. 52(71). С. 103—116.

Об авторах:

Девятков Михаил Михайлович — канд. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой изысканий и проектирования транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, devyatov.50@mail.ru

Поляков Александр Михайлович — магистрант кафедры изысканий и проектирования транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

M. M. Devyatov, A. M. Polyakov

**SUBSTANTIATION OF THE SYSTEM OF INDICATORS FOR MONITORING
PROGRAMMS FOR THE INTEGRATED DEVELOPMENT OF THE TRANSPORT
INFRASTRUCTURE OF RURAL MUNICIPALITIES**

This article substantiates the system of indicators for monitoring programs for the integrated development of the transport infrastructure of rural municipalities and a logical-mathematical model for managing the implementation of these programs.

Key words: programs of complex development of transport infrastructure of rural municipalities, system approach, strategy, system of indicators, integral indicator, natural and technical compatibility.

For citation:

Devyatov M. M., Polyakov A. M. [Substantiation of the system of indicators for monitoring programmes for the integrated development of the transport infrastructure of rural municipalities]. *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], 2018, iss. 52(71), pp. 103—116.

About authors:

Devyatov Mikhail Mikhailovich — Candidate of Engineering Sciences, Professor, the Head of Survey and Design of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, devyatov.50@mail.ru

Polyakov Aleksandr Mikhailovich — Master's Degree student of Survey and Design of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

УДК 624.6.036.5

А. В. Макаров, С. А. Калиновский, А. В. Сеницын

Волгоградский государственный технический университет

ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМЫ АРОЧНЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТОВ

Рассматриваются вопросы выявления оптимальной формы арочного пролетного строения. В соответствии с расчетной схемой арки выполнены расчеты распора при различном соотношении стрелы подъема к пролету. Моделировались различные факторы, влияющие на точность расчета. Построен график зависимости распора для мостовой железобетонной арки.

Ключевые слова: езда по верху, изгибающий момент, арочные мосты, мостовая балка, распор, силовые факторы, трехшарнирная арка, бесшарнирная арка.

Мосты арочной и комбинированной систем являются самыми архитектурно выразительными мостовыми сооружениями. Древнеримские архитекторы первыми начали возводить такие мосты, приспособив уже известные арки для транспортного сооружения. Великолепные и мощные сооружения прославили их создателей и могущество великой империи. В то время арочные мосты строили из камня, они были массивными, материалоемкими, долговечными и представляли собой единый свод, поддерживающий вымощенную камнем дорогу. Арки или своды в ту эпоху проектировали круговыми и перекрывали ими небольшие пролеты. Неопытный архитектор, не учитывающий в расчетах слабое основание, мог в результате получить вместо моста кучу каменного материала, потому что блоки в кладке удерживались фрикционной силой за счет сжатия арки [1]. Хотя возможности древних строителей ограничивались используемыми материалами, в деле создания грандиозных мостовых сооружений они добились огромных успехов, а каменные арочные мосты стали классикой.

Давно ушли те времена — времена бесплатной рабочей силы и неограниченных ресурсов. Тогда сооружение и архитектура в целом укладывалась в известную триаду Витрувия «firmitas, utilitas, venistas» [2]. Требованием современного строительства транспортных сооружений стала экономичность. Для создания экономичных конструкций и мостов потребовались многие десятилетия исследований. Особенно значительные изменения претерпела арочная система моста. На рис. 1, а представлен мост в городе Толедо со сплошной массивной надсводчатой частью. Такой мост выполнен из камня, он массивен и материалоемок. Все пространство над аркой заполнено каменным материалом, который добавляет вес, но не прочность. На рис. 1, б показан облегченный мост в Мюнхене: проезжая часть опирается на поперечные надсводчатые стенки, что уменьшает собственный вес.

Далее появились новые конструкционные материалы — сталь и железобетон, которые позволили создавать новые конструктивные формы арочных мостов. Сплошной свод, много раз статически неопределимый, а значит, весьма чувствительный к неравномерной осадке основания, был заменен отдельными арками, количество которых определяется шириной пролетного строения и обычно четное (рис. 2). В таких мостах выделяются две части: главные несущие конструкции — арки и балочная проезжая часть, опирающаяся на арки с помощью стоек [3].



Рис. 1. Мост: *а* — со сплошной надарочной частью; *б* — с поперечными стенками



Рис. 2. Арочный мост в Норвегии

Пролетные строения современных арочных мостов перекрывают большие пролеты, при этом они должны оставаться экономичными. На практике можно условно выделить экстенсивный и прогрессивный способы обеспечения прочности и устойчивости мостовых конструкций. Первый основывается на подборе соответствующего сечения, которое способно воспринимать действующие внутренние усилия в конструкции. Второй основан на поиске таких размеров, соотношений и форм, при которых действующие усилия будут минимальными. Кроме вертикальных нагрузок, на арочные системы действует ветровое давление [4, 5]. В тех случаях, когда в мостовых сооружениях используются высокие арки, действие ветра может создавать некоторые виды аэродинамической неустойчивости. Для арок характерны такие аэроупругие явления, как ветровой резонанс и бафтинг.

В профессиональной литературе нет четких критериев касательно выбора отношения стрелы подъема арки к ее пролету. В [6] отмечено, что «в существующих арочных мостах пологость арок f/l колеблется в очень широких пределах (от $1/2$ до $1/18$). При езде поверху часто используют арки с пологостью $1/7—1/8$, а при пониженной езде $1/5—1/6$ ». Здесь нет ответа на то, когда следует использовать $f/l = 1/2 - 1/5$ и $1/8 - 1/18$, и вообще какому соотношению отдать предпочтение в той или иной ситуации.

Арочные мосты больших пролетов как распорные системы создают большое горизонтальное давление на фундамент и основание. Фундаменты

арок должны обеспечить несмещающую фиксацию пятовых сечений, что в обычных и слабых грунтах требует увеличения объема и массы опоры, работающей за счет сил гравитации [7, 8]. Смещение фундамента из-за его недостаточной массы приведет к обрушению арки.

Для уменьшения горизонтального воздействия арки на фундамент используются затяжки. Если затяжка воспринимает весь распор, тогда такая конструкция относится к комбинированным системам. Арочные мосты по расположению конструкции проезжей части подразделяются на три вида: с движением понизу (рис. 3, *а*), с движением посередине (рис. 3, *б*) и с движением по верху (см. рис. 2). В первой и второй системе возможно размещение затяжки внутри или на поверхности конструкции проезжей части [9]. Обычно затяжка представляет собой канаты из высокопрочной проволоки или железобетонные балки, закрепленные на арках. В третьей системе размещать затяжку в проезжей части бессмысленно, потому что распор она не сможет воспринять, а значит, влиять на величину горизонтального давления на фундамент нужно другими средствами.

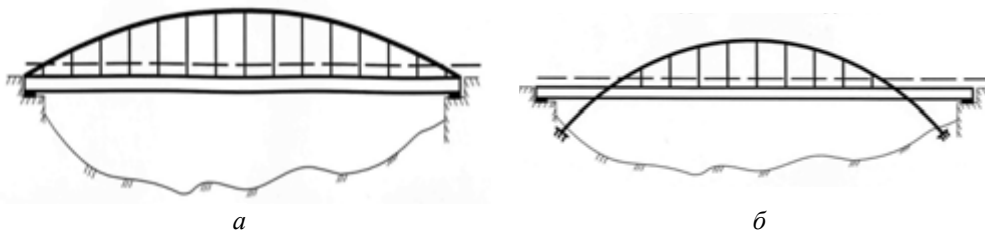


Рис. 3. Движение по мосту: *а* — по низу; *б* — посередине

Регулировать величину распора в этом случае возможно другими способами, например правильным соотношением стрелы подъема к пролету арки f/l . При значительных ошибках в проектировании со временем приходится восстанавливать эксплуатационные качества мостового сооружения, тратя финансовые ресурсы [10].

Исследуем влияние соотношения f/l на распор арочной системы. Так как мостовые арки по количеству шарниров могут быть трех-, двухшарнирными и бесшарнирными, рассмотрим каждую из систем в отдельности.

Трехшарнирная арка пролетом l и стрелой подъема f загружена равномерно распределенной нагрузкой q . Ось арки очерчена по окружности или параболе (рис. 4) (не имеет значения для статически определимой системы).

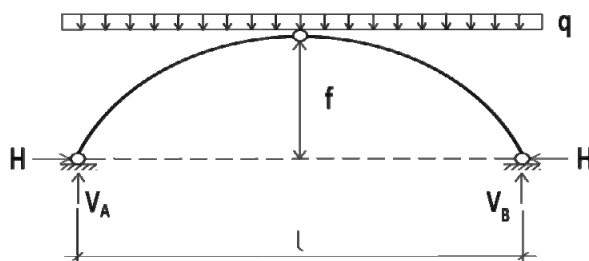


Рис. 4. Трехшарнирная арка

Вертикальная опорная реакция $V_a = ql/2$, тогда распор составит $H = ql/8f$.

Так как арочные мосты всех видов могут иметь соотношение f/l от $1/18$ до $1/2$, выполним расчет распора трехшарнирной арки для всех сочетаний. Расчеты представлены в табл. 1, график зависимости — на рис. 5.

Таблица 1

Расчет распора трехшарнирной арки для различных сочетаний

f/l	1/18	1/14	1/10	1/8	1/6	1/4	1/2
H/ql	2,25	1,75	1,25	1	0,75	0,5	0,25

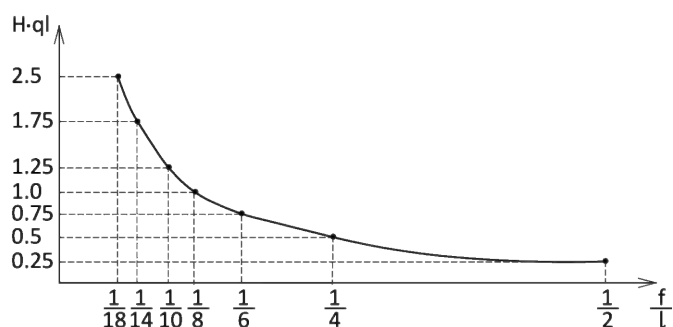


Рис. 5. График зависимости распора арки от соотношения f/l

Такой график можно использовать для определения распора при любом соотношении f/l , пролете и нагрузке на трехшарнирную арку.

Исследуем распор, возникающий в двухшарнирной арке при аналогичных параметрах (пролете l , стреле подъема f и вертикальной нагрузке q). Двухшарнирная арка с параболической осью, представленная на рис. 6, один раз статически неопределима. Поперечное сечение равномерное по всей длине конструкции.

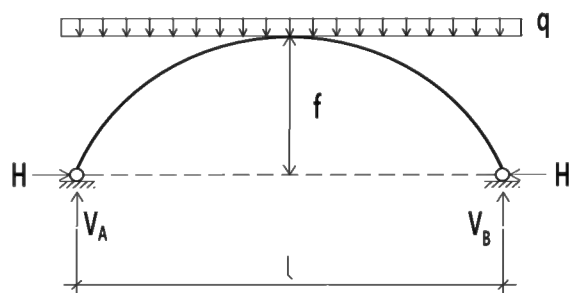


Рис. 6. Двухшарнирная арка

Для определения распора арки необходимо раскрыть статическую неопределимость в соответствии с выражением (1). Здесь интегрирование по дуге заменим суммированием по хорде. При раскрытии статической неопределимости грузовое и единичное перемещение будем считать, учитывая только изгибающие моменты.

$$H = - \frac{\int \frac{M_p y}{EI \cos \varphi} dx}{\int \frac{y^2}{EI \cos \varphi} dx} = \frac{\int \frac{M_p y \Delta x}{EI \cos \varphi}}{\int \frac{y^2 \Delta x}{EI \cos \varphi}}. \quad (1)$$

Изгибная жесткость арки EI и длина участка суммирования Δx — величины постоянные. Они могут быть вынесены за знак суммы и сокращены. Единичный изгибающий момент определяется выражением $M_1 = -y$; грузовой изгибающий момент $M_p = q / 2(l - x)x$. Выполним расчет распора двухшарнирной арки для разных соотношений стрелы подъема к пролету, как и в случае трехшарнирной арки. Расчет для соотношения $f/l = 0,1$ приведен в табл. 2. Для удобства написания множитель выражения вынесен и представлен во второй строке таблицы; единичное и грузовое перемещение показаны в последней строке.

Т а б л и ц а 2

Расчет для соотношения $f/l = 0,1$

№	x	y	$\operatorname{tg} \varphi$	$1 + \operatorname{tg}^2$	$\cos \varphi$	$\frac{y^2 \Delta x}{\cos \varphi}$	M_p	$\frac{M_p y \Delta x}{\cos \varphi}$
Множ.	l	l	—	—	—	$0,1l^2$	ql^2	ql^3
1	0	0	0,4	1,16	0,928	0	0	0
2	0,1	0,036	0,32	1,1024	0,952	0,00136	0,045	-0,0017
3	0,2	0,064	0,24	1,0576	0,972	0,00421	0,08	-0,00526
4	0,3	0,084	0,16	1,0256	0,987	0,00714	0,105	-0,00894
5	0,4	0,096	0,08	1,0064	0,997	0,00924	0,12	-0,01155
6	0,5	0,1	0	1	1	0,01	0,125	-0,0125
7	0,6	0,096	-0,08	-1,0064	0,997	0,00924	0,12	-0,01155
8	0,7	0,084	-0,16	-1,0256	0,987	0,00714	0,105	-0,00894
9	0,8	0,064	-0,24	-1,0576	0,972	0,00421	0,08	-0,00526
10	0,9	0,036	-0,32	-1,1024	0,952	0,00136	0,045	-0,0017
11	1	0	-0,4	-1,16	0,928	0	0	0
					$\Sigma =$	0,0539	$\Sigma =$	-0,0674

Тогда распор в двухшарнирной параболической арке составит $H = -(-0,0674 \cdot 0,1ql^3) / (0,0539 \cdot 0,1l^2) = 1,25ql$. Получено такое же значение распора, как и в трехшарнирной арке. Учет одного силового фактора — изгибающего момента — для статически неопределимых арок не всегда допустим и, как правило, несет в себе значительные погрешности в определении усилий. Учтем все три действующие силовые фактора — изгибающий момент, поперечную силу и продольную силу:

$$H = - \frac{\int \frac{M_p y}{EI \cos \varphi} dx + \int \frac{Q_p Q_1}{GA \cos \varphi} dx + \int \frac{N_p N_1}{EA \cos \varphi} dx}{\int \frac{y^2}{EI \cos \varphi} dx + \int \frac{Q_1 Q_1}{GA \cos \varphi} dx + \int \frac{N_1 N_1}{EA \cos \varphi} dx}. \quad (2)$$

В соответствии с расчетной схемой (см. рис. 5) единичные и грузовые усилия в сечении арки составят:

$$M_1 = y^2; M_p = q / 2(l - x)x;$$

$$Q_1 = -x \sin \varphi = -\sin \varphi; Q_p = q(l / 2 - x) \cos \varphi = Q_0 \cos \varphi;$$

$$N_1 = 1 \cos \varphi = \cos \varphi; N_p = q(l / 2 - x) \sin \varphi = Q_0 \sin \varphi.$$

Для того чтобы выразить жесткости сечения изгиба, сдвига и растяжения через одну величину, зададимся прямоугольным поперечным сечением с размерами b и h , тогда:

$$\text{площадь сечения составит } A = bh;$$

$$\text{осевой момент инерции } I = bh^3 / 12 = Ah^2 / 12.$$

$$\text{Примем для арки } h = 0,02l, b = h / 1,6.$$

Тогда площадь сечения арки выразим через величину l : $A = 0,00025l^2$, осевой момент инерции $I = 0,000033l^2 \cdot A$.

$$\text{Для железобетона } G = 0,42E.$$

Учитывая выражения для внутренних силовых факторов, а также геометрические характеристики поперечного сечения и заменяя интегрирование суммированием по участкам равной длины, получим следующее выражение для распора арки:

$$H = - \frac{\sum \frac{M_p y \Delta x}{EI \cos \varphi} + \sum \frac{Q_0 \sin \varphi \Delta x}{0,42EA} + \sum \frac{Q_0 \sin \varphi \Delta x}{EA}}{\sum \frac{y^2}{EAk \cos \varphi} + \sum \frac{\sin^2 \varphi \Delta x}{0,42EA \cos \varphi} + \sum \frac{\cos \varphi \Delta x}{EA}}, \quad (3)$$

где $k = 0,000033l^2$, $\Delta x = 0,1l$.

Расчет распора выполнен для всех ранее описанных соотношений стрелы подъема к пролету, а для $f/l = 0,1$ представлен в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Расчет распора для $f/l = 0,1$

№	y	$\text{tg } \varphi$	$\cos \varphi$	$\sin \varphi$	$\frac{y^2}{k \cos \varphi}$	$\frac{\sin^2 \varphi}{\cos \varphi 0,42}$	M_p	Q_0	$\frac{M_p y}{k \cos \varphi}$	$\frac{Q_0 \sin \varphi}{0,42}$	$Q_0 \sin \varphi$
Множ.	0,1l	—	—	—	—	—	ql^2	ql	ql	ql	ql
1	0	0,4	0,928	0,371	0	0,353	0	0,5	0	0,442	0,186
2	0,36	0,32	0,952	0,305	41,3	0,23	0,045	0,4	-51,6	0,29	0,122
3	0,64	0,24	0,972	0,233	127,7	0,13	0,08	0,3	-159	0,167	0,07
4	0,84	0,16	0,987	0,158	216,6	0,06	0,105	0,2	-270	0,075	0,032
5	0,96	0,08	0,997	0,08	280,1	0,015	0,12	0,1	-350	0,02	0,008
6	1	0	1	0	303	0	0,125	0	-379	0	0
7	0,96	-0,08	0,997	-0,08	280,1	0,015	0,12	-0,1	-350	0,02	0,008
8	0,84	-0,16	0,987	-0,158	216,6	0,06	0,105	-0,2	-270	0,075	0,032
9	0,64	-0,24	0,972	-0,233	127,7	0,13	0,08	-0,3	-159	0,167	0,07
10	0,36	-0,32	0,952	-0,305	41,3	0,23	0,045	-0,4	-51,6	0,29	0,122
11	0	-0,4	0,928	-0,371	0	0,353	0	-0,5	0	0,442	0,186
			10,67	$\Sigma =$	1634	1,576		$\Sigma =$	-2040	1,988	0,835

Подставляя значения в выражение (3), получим величину распора:

$$H = -(-2040 - 1,988 + 0,835)ql / (1634 + 1,576 + 10,67) = 1,24ql.$$

Распор арки, вычисленный с учетом трех силовых факторов, отличается от распора, вычисленного с учетом только изгибающего момента, на 0,8 %, что несущественно и, возможно, является ошибкой округления.

Проанализируем влияние соотношения f/l на распор бесшарнирной арки. Бесшарнирная арка параболического очертания является трижды статически неопределимой. Выберем основную систему, такую же, как и для двухшарнирной арки, чтобы использовать часть выполненных вычислений (рис. 7).

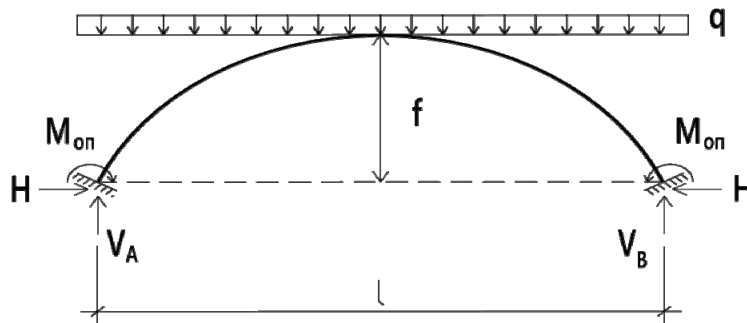


Рис. 7. Бесшарнирная арка

Сгруппируем неизвестные опорные моменты как симметричные и кососимметричные. При этом кососимметричные опорные моменты будут нулевыми, так как нагрузка на арку действует симметричная. Для раскрытия статической неопределимости и нахождения двух неизвестных запишем систему двух уравнений:

$$\begin{cases} \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \Delta_1P = 0; \\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \Delta_2P = 0. \end{cases}$$

В соответствии с расчетной схемой (см. рис. 7) единичные и грузовые усилия в сечении арки составят:

$$M_1 = y^2; M_2 = 1; M_p = q / 2(l - x)x,$$

тогда:

$$\begin{aligned} \delta_{11} &= \sum \frac{y^2 \Delta x}{EI \cos \varphi}, \quad \delta_{12} = \sum \frac{y \cdot 1 \cdot \Delta x}{EI \cos \varphi}, \quad \Delta_{1p} = \sum \frac{M_p \cdot y \cdot \Delta x}{EI \cos \varphi}, \\ \delta_{21} &= \sum \frac{y \cdot 1 \cdot \Delta x}{EI \cos \varphi}, \quad \delta_{22} = \sum \frac{1 \cdot 1 \cdot \Delta x}{EI \cos \varphi}, \quad \Delta_{2p} = \sum \frac{M_p \cdot 1 \cdot \Delta x}{EI \cos \varphi}. \end{aligned}$$

Расчет бесшарнирной арки проведен для всех соотношений стрелы подъема к пролету; для $f/l = 0,1$ представлен в табл. 4.

Таблица 4

Расчет бесшарнирной арки для $f/l = 0,1$

№	x	y	$\operatorname{tg} \varphi$	$\cos \varphi$	$\frac{y^2}{\cos \varphi}$	$\frac{y}{\cos \varphi}$	$\frac{1}{\cos \varphi}$	M_p	$\frac{M_p \cdot y}{\cos \varphi}$	$\frac{M_p}{\cos \varphi}$
Множ.	l	$0,1l$	—	—	$0,01l^2$	$0,1l$	—	ql^2	$0,1ql^2$	ql^2
1	0	0	0,4	0,928	0	0	1,078	0	0	0
2	0,1	0,36	0,32	0,952	0,147	0,407	1,05	0,045	-0,017	0,047
3	0,2	0,64	0,24	0,972	0,421	0,658	1,029	0,105	-0,0526	0,082
4	0,3	0,84	0,16	0,987	0,715	0,851	1,013	0,105	-0,0894	0,106
5	0,4	0,96	0,08	0,997	0,924	0,963	1,003	0,12	-0,1155	0,12
6	0,5	1	0	1	1	1	1	0,125	-0,125	0,125
7	0,6	0,96	-0,08	0,997	0,924	0,963	1,003	0,12	-0,1155	0,12
8	0,7	0,84	-0,16	0,987	0,715	0,851	1,013	0,105	-0,0894	0,106
9	0,8	0,64	-0,24	0,972	0,421	0,658	1,029	0,105	-0,0526	0,082
10	0,9	0,36	-0,32	0,952	0,147	0,407	1,05	0,045	-0,017	0,047
11	1	0	-0,4	0,928	0	0	1,078	0	0	0
					5,414	6,758	11,34		-0,674	0,835

Система уравнений после подстановки перемещений с коэффициентом 0,1 имеет вид:

$$\begin{cases} 0,5414X_1 - 6,758X_2 - 0,674 = 0; \\ -6,758 + 113,46X_2 + 8,35 = 0. \end{cases}$$

Отсюда $X_1 = H = 1,27ql$.

Анализ выполненных расчетов позволяет отметить следующее:

1. Величина распора в мостах арочных систем зависит от действующей нагрузки, пролета и соотношения f/l .
2. Распор арки не зависит от учета продольной и поперечной сил, учитываемых при раскрытии статической неопределимости.
3. Распор в арочной системе не зависит от способа крепления арки к фундаменту.

При проектировании арочных мостов через широкие препятствия обычно создают многопролетное сооружение. Причем иногда длину моста делят на несколько равновеликих пролетов (рис. 8). Такое разбиение нельзя признать лучшим. В этом случае крайние арочные опоры будут передавать на фундаменты большое горизонтальное давление H . Для восприятия такого давления необходим мощный фундамент, способный сопротивляться сдвигу.

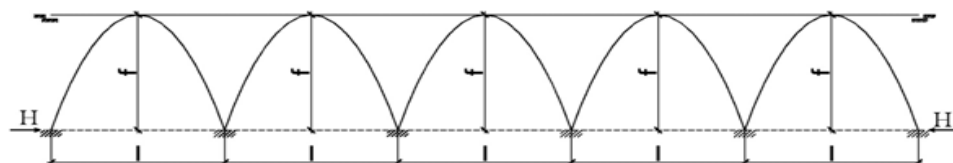


Рис. 8. Схема арочного моста с равными пролетами

Центральные фундаменты испытывают вольшое вертикальное давление от смежных пролетов, но свободны от сдвиговых нагрузок за счет компенсации горизонтальных усилий. В этом случае надежные фундаменты являются материалоемкими и затратными: промежуточные из-за больших вертикальных нагрузок, крайние из-за громадного распора.

Предлагается проектирование разновеликих пролетов арочного моста с постепенным уменьшением величины пролетов от середины к устоям. В этом случае распоры смежных пролетов полностью не компенсируются, так как в меньшем пролете распор меньше за счет уменьшения пролета с одной стороны и увеличения отношения f/l с другой. В этом случае промежуточные фундаменты не станут больше. Запроектированные воспринимать большие вертикальные нагрузки, они воспримут и небольшие горизонтальные усилия. Крайние же фундаменты можно серьезно облегчить из-за существенного уменьшения сдвиговых усилий. На примере моста, приведенного на рис. 9, показано, что в случае последовательного уменьшения пролетов горизонтальное давление распределяется между всеми фундаментами.

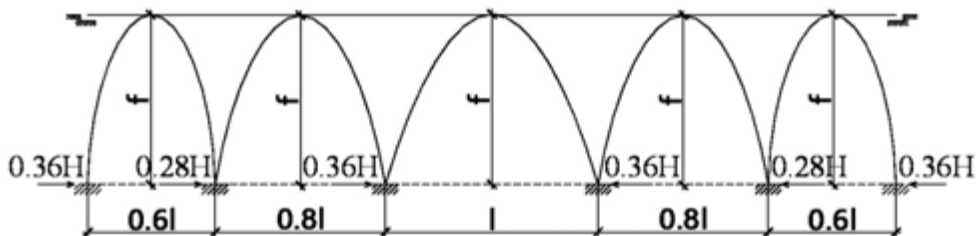


Рис. 9. Схема моста с уменьшающимися пролетами

Основной пролет при $f/l = 0,1$, $H = 1,25ql$.

Смежный пролет: пролет $0,8l$, тогда $f/l = 0,125$, и распор в этом случае равен $1,0ql$, отнесенное к размерам основного составит $0,8ql$. Разница горизонтального давления основного и смежного пролета составит $0,45ql$ или $0,36H$.

Уменьшение пролетов арочного моста последовательно на 20 % позволяет выравнивать усилия, передаваемые на фундаменты арок, и уменьшить их размеры. К тому же арки с симметричным уменьшением пролетов от середины к краям являются архитектурно выразительным сооружением.

Резюмируя все выполненные расчеты и исследования, можно отметить, что такой подход в проектировании многопролетных арочных мостов позволяет обеспечить выравнивание нагрузок, передаваемых на фундаменты арок, и уменьшить их размеры. Это позволяет сделать следующие основные выводы:

1. Соотношение высоты подъема арки к пролету оказывает существенное влияние на величину распора и, как следствие, на напряженно-деформируемое состояние оснований фундаментов мостовых сооружений.
2. Для выравнивания усилий, передаваемых на фундаменты арок многопролетных мостов, наиболее целесообразно проектирование мостов с разными по величине пролетами с постепенным уменьшением пролетов к устоям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Макаров А. В. Инженерные сооружения в дорожном строительстве: курс лекций: в 2-х ч. Ч. 1: Железобетонные мосты: 1 эл.-опт. диск. Волгоград: ВолгГТУ, 2016.
2. Словарь латинских крылатых слов / Под ред. Я. М. Боровского. М.: Русский язык, 1982. 959 с.
3. Макаров А. В., Сухин К. А., Довженко И. Г. Определение частот собственных колебаний систем с помощью суперэлементного варианта частотно-динамической конденсации // Строительные материалы. 2004. № 11. С. 50—51.
4. Макаров А. В. Основы аэродинамики мостов: учеб. пособие: 1 эл.-опт. диск. Волгоград: ВолгГАСУ, 2013.
5. Сыроежкина И. А., Воронкова Г. В. Статистический анализ ветровой нагрузки города Волгограда за период с 2003 по 2012 годы // Инженерный вестник Дона. 2017. № 3.
6. Мосты и сооружения на дорогах: учебник для вузов: в 2-х ч. Ч. 1 / Под ред. П. М. Саламахи. М.: Транспорт, 1991. 344 с.
7. Voronkova G. V., Pshenichkina V. A., Rekunov S. S. Statistical model for dynamic analysis of beams on stochastic foundation // Procedia Engineering. 2017. Vol. 206. Pp. 437—442.
8. Rekunov S. S., Voronkova G. V., Doskovskaya M. S. The use of controlling-training software in civil engineering bachelors educational process // MATEC Web of Conferences / Editor V. Murgul. 2017. С. 09016. URL: 10.1051/mateconf/201710609016
9. Саламахин П. М. Проектирование мостовых и строительных конструкций: учеб. пособие для вузов. М.: КНОРУС, 2013. 402 с.
10. Рекунов С. С. Об оценке надежности и восстановлении эксплуатационных качеств мостовых сооружений // Транспортные сооружения. 2016. Т. 3. № 2. С. 7.

© Макаров А. В., Калиновский С. А., Синицын А. В., 2018

Поступила в редакцию
в марте 2018 г.

Ссылка для цитирования:

Макаров А. В., Калиновский С. А., Синицын А. В. Оптимизация формы арочных пролетных строений мостов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. Вып. 52(71). С. 117—127.

Об авторах:

Макаров Александр Владимирович — канд. техн. наук, доцент кафедры изысканий и проектирования транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая 1, info@vgasu.ru

Калиновский Сергей Андреевич — канд. техн. наук, доцент кафедры гидротехнических и земляных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая 1, sk0522@yandex.com

Синицын Алексей Викторович — магистрант кафедры изысканий и проектирования транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая 1, sinitcin@mail.ru

A. V. Makarov, S. A. Kalinovskii, A. V. Sinitsyn

OPTIMIZATION OF THE SHAPE OF ARCH BRIDGE SPANS

The article deals with the identification of the optimal form of the arch span structure. In accordance with the design scheme of the arch, the calculations of the separation at different ratio of the boom lift to the span are carried out. Various factors that affect the accuracy of the calculation are modeled. The graph of the dependence of the thrust for the bridge reinforced concrete arch is constructed.

Key words: driving on top, bending moment, arch bridges, bridge beam, thrust, power factors, three-pinned arch, fixed-end arch.

For citation:

Makarov A. V., Kalinovskii S. A., Sinitsyn A. V. [Optimization of the shape of arch bridge spans]. *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], 2018, iss. 52(71), pp. 117—127.

About authors:

Makarov Aleksandr Vladimirovich — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Survey and Design of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, info@vgasu.ru

Kalinovskii Sergei Andreevich — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Hydraulic and Earthwork Structures Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, sk0522@yandex.com

Sinitsyn Aleksei Viktorovich — Master's Degree student of Survey and Design of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, sinitcin@mail.ru

УДК 631.344.8

М. В. Павлов, С. В. Лукин, А. А. Кочкин

Вологодский государственный университет

ИНЖЕНЕРНАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА СИСТЕМЫ ЛУЧИСТОГО ОТОПЛЕНИЯ ТЕПЛИЦЫ

В настоящее время основной задачей теплоснабжения зданий и сооружений является сокращение энергетических затрат на их эксплуатацию. Это касается не только жилых и общественных зданий, но и сельскохозяйственных объектов, предназначенных для круглогодичного выращивания овощей и фруктов в закрытом грунте. Возможным решением данной проблемы может стать система лучистого отопления с потолочными инфракрасными излучателями. Ввиду того, что существующие методики расчета инфракрасного обогрева теплиц имеют ряд существенных недостатков (прежде всего из-за отсутствия учета массообменных процессов и их влияния на тепловой баланс теплицы), в статье рассматривается авторский вариант инженерной методики, разработанной на основе математической модели лучистого отопления теплицы, с примером ее конкретной реализации.

Ключевые слова: лучистое отопление, инфракрасный излучатель, почва, теплица, математическая модель, инженерная методика.

В сельском хозяйстве для благоприятного роста, развития и плодоношения растений обычно используются сооружения защищенного грунта, к которым относятся парники, утепленный грунт и теплицы. С учетом имеющихся объемно-планировочных, конструктивных и технологических преимуществ теплицы являются основным видом культивационных сооружений в нашей стране: по данным ассоциации «Теплицы России», к началу 2017 г. общая площадь теплиц в стране достигла примерно 2300 га, из них 600 га построены за последние пять лет. К 2020 г. планируется введение в эксплуатацию еще 1500 га зимних теплиц, что позволит увеличить валовое производство овощей к концу 2020 г. дополнительно в объеме 768,6 тыс. т [1]. Главной причиной столь бурного развития и государственной поддержки отечественного тепличного хозяйства (например, с помощью возмещений прямых понесенных затрат на строительство промышленных теплиц в размере 20 % и части процентной ставки по инвестиционным кредитам [2]) в последнее время стал ответный запрет (эмбарго) на ввоз целого ряда овощной продукции в Россию из Европейского союза (ЕС), США, Австралии, Норвегии и Канады вследствие введенных против нашей страны политических и экономических санкций [3—5].

Одним из основных условий рационального питания является регулярное потребление населением страны свежих овощей в течение года, что возможно только в случае тепличного производства. В расчете на душу населения в России производится около 9 кг овощей защищенного грунта, что составляет примерно 7,8 % от общего количества потребляемых овощей [6]. Это почти в два раза меньше рациональных норм их потребления: рекомендуемая норма потребления свежих овощей во внесезонный период составляет 15 кг на одного человека [7]. Как следствие, ежегодный импорт овощной продукции составляет более 1 млн т. Тем не менее, по данным Портала

профессионалов фруктово-овощного рынка, наша страна к 2020 г. планирует увеличить производство овощей, выращенных в закрытом грунте, в 3,5 раза [8].

Несомненно, что производство высококачественной овощной продукции в холодный период года может осуществляться только при создании в теплицах оптимального теплового режима. Поэтому любые сельскохозяйственные объекты круглогодичного использования, особенно расположенные в северной части нашей страны, должны быть обеспечены системами искусственного обогрева. Наряду с традиционными системами отопления (водяными, паровыми, воздушными) все большее внимание привлекают системы, работающие на базе инновационных технологий, которые не нуждаются во внешних источниках тепловой энергии (котельных или ТЭЦ), могут быть обеспечены системой автоматизированного контроля и управления, малогабаритны и энергоэффективны (последнее связано в первую очередь с автономностью их работы). Многие исследователи в своих научных работах приводят описания и перечисляют технико-экономические преимущества альтернативных способов обогрева теплиц: с использованием тепловых насосов [9—11]; с помощью геотермальных источников энергии [12, 13]; за счет утилизации теплоты [14] или биомассы [15]; от солнечной радиации (гелиотеплицы) [16—18]. Однако все они имеют один общий существенный недостаток: эффективность работы таких систем отопления во многом зависит от географических и климатических условий (например, количество теплоты, получаемое солнечными коллекторами, напрямую зависит от годовой суммы суммарной солнечной радиации в заданном регионе).

Примером современной системы отопления, работа которой в меньшей степени зависит от факторов окружающей среды, является лучистое отопление с использованием в качестве источников теплоты потолочных инфракрасных излучателей [19, 20]. Для автоматизированных («умных») теплиц, где не требуется постоянное пребывание рабочего персонала, данный вид отопления обеспечивает концентрацию тепловой энергии в нижней зоне помещения, где находятся почва и выращиваемые в ней растения. В сравнении с конвективным обогревом инфракрасные излучатели потребляют на 40...70 % меньше энергии, так как температура внутреннего воздуха при лучистом отоплении ниже, чем при традиционном. В случае использования газовых инфракрасных излучателей (ГИИ) теплица, помимо необходимого количества теплоты, дополнительно получает углекислый газ (CO_2), который необходим для жизнедеятельности растений.

Несмотря на перечисленные выше и многие другие достоинства системы лучистого отопления, на данный момент не существует полноценной методики ее расчета, которая бы рассматривала не только тепло-, но и массообменные процессы, происходящие в теплице. Имеющиеся способы нахождения расчетной тепловой мощности лучистого отопления, например [21—23], основаны на решении только уравнения теплового баланса теплицы, и поэтому они не учитывают такие процессы, как испарение влаги с поверхности почвы и ее потери в окружающую среду, полив почвы и растений и тем более их связь с тепловыми явлениями. Кроме того, во многих случаях данные методики ограничиваются нахождением расчетной мощности теплового излучения, а такие показатели, как температура и относительная влажность

внутреннего воздуха, расход воды на полив почвы и температура ограждения теплицы, остаются неизвестными.

В основе авторской инженерной методики расчета системы лучистого отопления теплицы лежит математическая модель, включающая в себя систему взаимосвязанных уравнений теплового и материального балансов теплицы, ее ограждения и почвы. Содержание математической модели и пример ее численного решения подробно рассмотрены в работе [24].

В качестве исходных данных при проектировании системы лучистого отопления теплицы выступают следующие параметры:

1. Расчетная температура наружного воздуха $t_{н.в}$, °C.
2. Кратность воздухообмена в помещении n_v , м³/ч на 1 м² расчетной площади теплицы.
3. Термическое сопротивление ограждения теплицы $R_{огр}$, м² · К/Вт.
4. Температура поверхности почвы $t_{пов}$, °C.
5. Коэффициент орошения почвы $k_{ор}$, равный отношению площади орошаемой части почвы к общей поверхности почвы в теплице.
6. Коэффициент поглощения почвы A , %.
7. Площадь поверхности почвы $F_{пов}$, м².

К результатам проектирования системы лучистого отопления теплицы относятся следующие параметры:

1. Расчетная суммарная тепловая мощность инфракрасных излучателей $Q_{изл}$, Вт, установленных в теплице.
2. Тип, общее количество N_Q , схема расположения и высота подвеса источников инфракрасного излучения над поверхностью почвы.
3. Расчетный расход воды на полив почвы $G_{пол}$, кг/ч.
4. Тип, общее количество N_G и схема расположения поливочных устройств в теплице.

Расчетную суммарную плотность теплового излучения в теплице и требуемый расход воды на полив почвы следует определять соответственно по уравнениям:

$$q_{изл} = C_R C_t C_k C_A q_{изл}^{макс}, \text{ Вт/м}^2; \quad (1)$$

$$g_{пол} = C'_R C'_t C'_k C'_A g_{пол}^{макс}, \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{ч)}, \quad (2)$$

где C_R (C'_R) — поправочный коэффициент, учитывающий влияние термического сопротивления ограждения теплицы; C_t (C'_t) — поправочный коэффициент, учитывающий влияние температуры поверхности почвы; C_k (C'_k) — поправочный коэффициент, учитывающий влияние орошения почвы; C_A (C'_A) — поправочный коэффициент, учитывающий влияние поглощательной способности почвы; $q_{изл}^{макс}$ — плотность теплового излучения, Вт/м², которая в зависимости от температуры наружного воздуха $t_{н.в}$, °C, и кратности воздухообмена n_v , м³/ч на 1 м², определяется по графику, представлен-

ному на рис. 1; $g_{\text{пол}}^{\text{макс}}$ — удельный расход воды на полив почвы, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, который в зависимости от температуры наружного воздуха $t_{\text{н.в.}}$, $^{\circ}\text{C}$, и кратности воздухообмена n_v , $\text{м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 , определяется по графику, представленному на рис. 2.

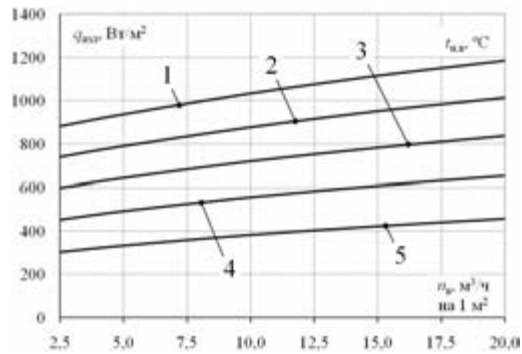


Рис. 1. Плотность лучистого теплового потока $q_{\text{изл}} = q_{\text{изл}}(n_v)$: 1 – $t_{\text{н.в.}} = -30^{\circ}\text{C}$; 2 – $t_{\text{н.в.}} = -20^{\circ}\text{C}$; 3 – $t_{\text{н.в.}} = -10^{\circ}\text{C}$; 4 – $t_{\text{н.в.}} = 0^{\circ}\text{C}$; 5 – $t_{\text{н.в.}} = 10^{\circ}\text{C}$

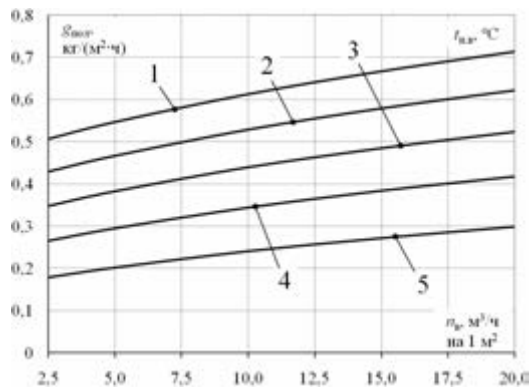


Рис. 2. Интенсивность полива почвы $g_{\text{пол}} = g_{\text{пол}}(n_v)$: 1 – $t_{\text{н.в.}} = -30^{\circ}\text{C}$; 2 – $t_{\text{н.в.}} = -20^{\circ}\text{C}$; 3 – $t_{\text{н.в.}} = -10^{\circ}\text{C}$; 4 – $t_{\text{н.в.}} = 0^{\circ}\text{C}$; 5 – $t_{\text{н.в.}} = 10^{\circ}\text{C}$

На рис. 3 изображен график для определения поправочных коэффициентов C_R и C'_R .

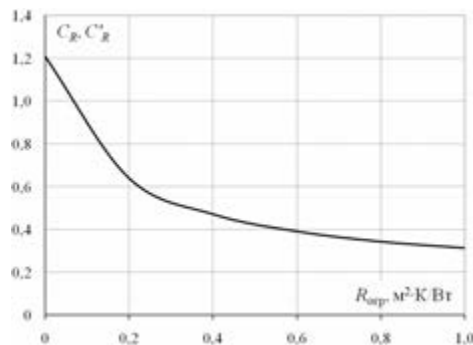


Рис. 3. Поправочные коэффициенты C_R и C'_R

Поправочные коэффициенты C_R и C'_R являются относительными величинами, и их значения в данном случае, согласно рис. 3, совпадают. Объяснить данную ситуацию можно следующим образом: как показали результаты математического моделирования лучистого отопления теплицы, при заданной температуре поверхности почвы $t_{\text{пов}}$, °С, характер изменения плотности теплового излучения $q_{\text{изл}}$, Вт/м², и удельного расхода воды на полив почвы $g_{\text{пол}}$, кг/(м² · ч), примерно одинаков.

Значения поправочных коэффициентов C_t и C'_t определяются по графикам, приведенным на рис. 4.

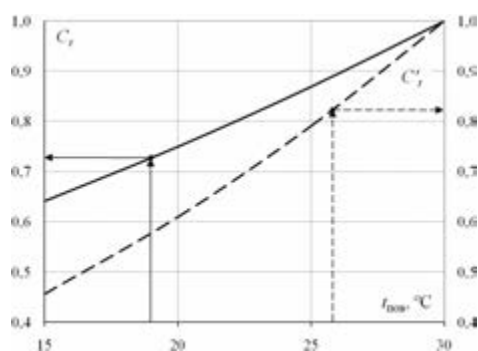


Рис. 4. Поправочные коэффициенты C_t и C'_t

В соответствии с рис. 4 с ростом температуры поверхности почвы $t_{\text{пов}}$, °С, увеличиваются значения коэффициентов C_t и C'_t . Чем выше температура поверхности почвы, тем больше тепловые потери через ограждение теплицы, так как с ростом величины $t_{\text{пов}}$ также увеличивается температура внутреннего воздуха $t_{\text{вн. в}}$. Это, в свою очередь, приведет к соответствующему повышению требуемой мощности теплового излучения $q_{\text{изл}}$, Вт/м². С ростом температуры поверхности почвы $t_{\text{пов}}$ активизируются процессы испарения влаги из почвы, и, как следствие, увеличится требуемый расход воды на ее полив $g_{\text{пол}}$, кг/(м² · ч).

На рис. 5 представлены графики для определения поправочных коэффициентов C_k и C'_k .

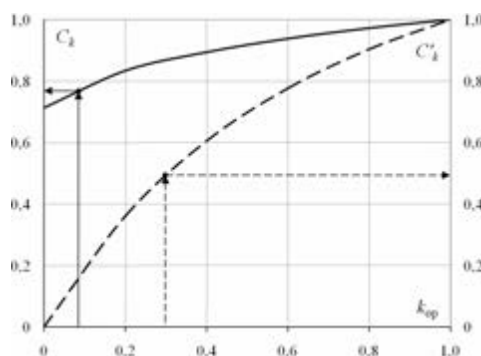


Рис. 5. Поправочные коэффициенты C_k и C'_k

Поправочные коэффициенты C_k и C'_k увеличиваются с ростом коэффициента орошения почвы k_{op} . Особенно заметен рост величины C'_k , так как расход воды на полив почвы $g_{пол}$, кг/(м² · ч), напрямую зависит от площади орошения теплицы. Тепловая мощность излучения $q_{изл}$, Вт/м², в меньшей степени связана с коэффициентом k_{op} , но в любом случае она также должна быть увеличена с ростом последнего, что отражается на характере изменения коэффициента C_k в диапазоне значений $k_{op} \in [0; 1]$.

На рис. 6 показаны графики для нахождения поправочных коэффициентов C_A и C'_A .

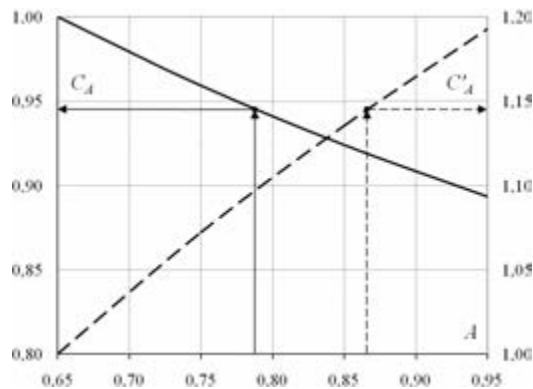


Рис. 6. Поправочные коэффициенты C_A и C'_A

Как видно из рис. 6, коэффициенты C_A и C'_A имеют линейную зависимость от коэффициента поглощения почвы A . При этом коэффициент C_A с ростом параметра A уменьшается, а коэффициент C'_A , наоборот, увеличивается. Это можно объяснить следующим образом: чем больше теплоты поглощает слой почвы, тем меньше требуется энергии $q_{изл}$, Вт/м², на создание и поддержание необходимого его температурного режима. Вместе с этим активизируются процессы испарения влаги из почвы, что приведет к увеличению требуемого расхода воды на ее полив $g_{пол}$, кг/(м² · ч).

Расчетная суммарная тепловая мощность инфракрасных излучателей в теплице $Q_{изл}$, Вт, и расчетный расход воды на полив почвы $G_{пол}$, кг/ч, вычисляются соответственно по формулам

$$Q_{изл} = q_{изл} F_{пов}, \text{ Вт}; \quad (3)$$

$$G_{пол} = g_{пол} F_{пов}, \text{ кг/ч}, \quad (4)$$

где $F_{пов}$ — площадь поверхности почвы, м².

Общее количество инфракрасных излучателей и поливочных устройств в теплице определяется соответственно по выражениям:

$$N_Q = \frac{Q_{изл}}{Q_{уд} \eta_Q}; \quad (5)$$

$$N_G = \frac{G_{\text{пол}}}{G_{\text{уд}}}, \quad (6)$$

где $Q_{\text{уд}}$ — тепловая мощность инфракрасного излучателя, Вт; η_Q — КПД инфракрасного излучателя; $G_{\text{уд}}$ — расход воды одного поливочного устройства, кг/ч.

При выборе схемы размещения инфракрасных излучателей и поливочных устройств в теплице необходимо учитывать следующие моменты:

1. Тепловое излучение от инфракрасных излучателей и вода от поливочных устройств не должны попадать на ограждение теплицы.
2. Тепловое излучение от двух соседних инфракрасных излучателей и площади орошения отдельных поливочных устройств в теплице не должны перекрывать (пересекать) друг друга.
3. Вся поверхность почвы в теплице должна быть равномерно прогрета инфракрасными излучателями.

Рассмотрим вариант инженерного расчета системы лучистого отопления на примере промышленной теплицы «Фермер 7.5» (рис. 7), расположенной в городе Москве.

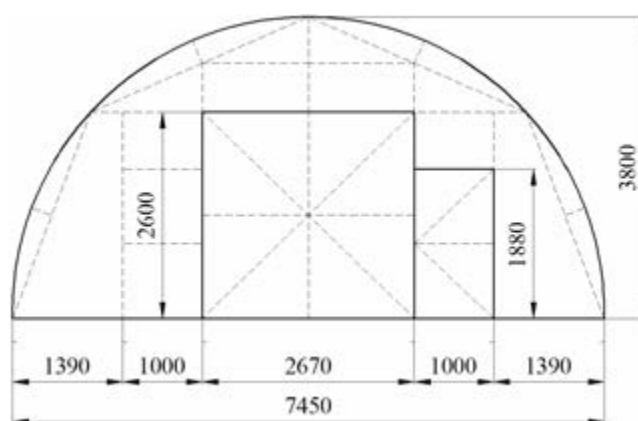


Рис. 7. Промышленная теплица «Фермер 7.5» (вид спереди)

По данным табл. 3.1* СП 131.13330.2012, расчетная температура наружного воздуха для города Москвы составляет $t_{\text{н.в}} = -25^\circ\text{C}$.

Остальные исходные данные имеют следующие значения:

1. Кратность воздухообмена $n_v = 2,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 .
2. Термическое сопротивление ограждения теплицы $R_{\text{отр}} = 0,25 \text{ м}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$.
3. Температура поверхности почвы $t_{\text{пов}} = 25^\circ\text{C}$.
4. Коэффициент орошения почвы $k_{\text{ор}} = 0,5$.
5. Коэффициент поглощения почвы $A = 90 \%$.
6. Площадь поверхности почвы $F_{\text{пов}} = 62,58 \text{ м}^2$.

Базовые значения плотности теплового излучения и удельного расхода воды на полив почвы, согласно рис. 1 и 2, соответственно равны $q_{\text{изл}}^{\text{макс}} = 811 \text{ Вт}/\text{м}^2$ и $g_{\text{изл}}^{\text{макс}} = 0,468 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Поправочные коэффициенты в уравнениях (1) и (2) имеют значения:

$$C_R = C'_R = 0,60 \text{ (рис. 3);}$$

$$C_t = 0,87 \text{ и } C'_t = 0,79 \text{ (рис. 4);}$$

$$C_k = 0,92 \text{ и } C'_k = 0,69 \text{ (рис. 5);}$$

$$C_A = 0,91 \text{ и } C'_A = 1,16 \text{ (рис. 6).}$$

Таким образом, по уравнениям (1) и (2) имеем результаты:

$$q_{\text{изл}} = 0,60 \cdot 0,87 \cdot 0,92 \cdot 0,91 \cdot 811 = 354 \text{ Вт/м}^2;$$

$$g_{\text{пол}} = 0,60 \cdot 0,79 \cdot 0,69 \cdot 1,16 \cdot 0,468 = 0,178 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{ч).}$$

По итогам точных (программных) вычислений на основе разработанной математической модели лучистого отопления теплицы получены следующие результаты расчета: $q_{\text{изл}} = 347 \text{ Вт/м}^2$ и $g_{\text{пол}} = 0,167 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{ч)}$.

Тогда суммарная тепловая мощность инфракрасных излучателей в теплице и расчетный расход воды на полив почвы по формулам (3) и (4) соответственно составят:

$$Q_{\text{изл}} = 354 \cdot 62,58 = 22,15 \text{ кВт};$$

$$G_{\text{пол}} = 0,178 \cdot 62,58 = 11,1 \text{ кг/ч}.$$

В качестве источника теплоты в теплице (рис. 8) может быть принят потолочный инфракрасный обогреватель SPACE-RAY SRU 25 (шт. Северная Каролина, США) с номинальной тепловой мощностью 23,0 кВт. Вес установки равен 47 кг. Обогревательное устройство может работать на природном газе (17...25 мбар), пропане (25...45 мбар) или бутане (20...35 мбар). Высота подвеса инфракрасного излучателя над поверхностью почвы составляет 3,8 м.

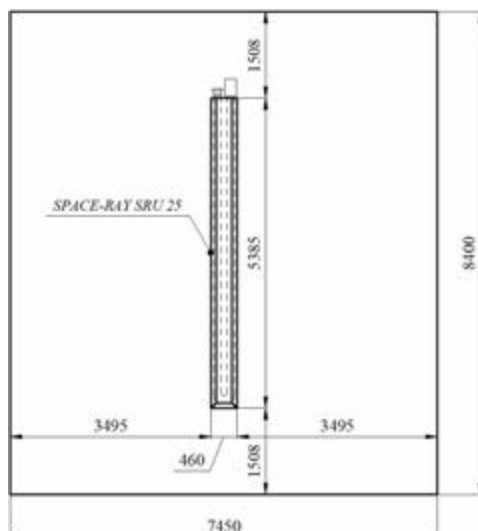


Рис. 8. Схема расположения инфракрасного излучателя в теплице

В соответствии с техническим описанием устройства поток теплового излучения, идущий от инфракрасного излучателя SPACE-RAY SRU 25, будет полностью перекрывать площадь поверхности почвы в теплице, так как соблюдаются все необходимые условия:

$$a_{\text{изл}} = 2,2h = 2,2 \cdot 3,8 = 8,36 \text{ м} > 7,45 \text{ м};$$

$$b_{\text{изл}} = 2,5h + l_{\text{изл}} = 2,5 \cdot 3,8 + 5,385 = 14,9 \text{ м} > 8,4 \text{ м}.$$

Следует отметить, что разработанная инженерная методика предназначена только для приближенных расчетов и дает вполне приемлемые результаты при соотношении площадей $F_{\text{пов}} / F_{\text{огр}} \approx 0,5$, где $F_{\text{огр}}$ — площадь ограждения теплицы, м^2 . Тем не менее ее можно применять и для других значений $F_{\text{пов}} / F_{\text{огр}}$, так как результаты расчета по уравнениям (1) и (2) являются удельными и относятся к 1 м^2 площади поверхности почвы. Для более точных расчетов и нахождения таких важных параметров, как температура $t_{\text{вн. в.}}$, $^{\circ}\text{C}$, и относительная влажность $\varphi_{\text{вн. в.}}$, %, внутреннего воздуха, температура внутренней поверхности ограждения теплицы $t_{\text{огр}}$, $^{\circ}\text{C}$, определения тепловых потерь и теплопоступлений в помещение, необходимо производить программные вычисления с помощью разработанной математической модели лучистого отопления теплицы [24].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Якимова В. Теплицам добавляют гектары // АгроСнабФорум. 2016. № 8(148). С. 46—48.
2. Кибиров А. Я., Афанасьев В. И. Проблемы восстановления и развития тепличного овощеводства в России и роль личности в их преодолении (на примере ассоциации «Теплицы России») // Агропродовольственная политика России. 2017. № 6(66). С. 2—9.
3. Кибиров А. Я., Афанасьев В. И., Рассуханов У. А.-А. Объективная необходимость инновационной модели развития тепличных хозяйств Российской Федерации // Агропродовольственная политика России. 2016. № 6(54). С. 2—5.
4. Mottaeva A. B. The impact of sanctions on the development of national and regional economy of the Russian Federation // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Vol. 10. No. 23.
5. Strelnikova T. D., Nekrasova E. A. Innovative development of the region and anti-Russian economic sanctions // Science, Technology and Life-2015. 2016. Pp. 315—326.
6. Минаков И. А. Продовольственная безопасность в сфере производства и потребления овощной продукции // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 1. С. 11—16.
7. Магомедов А. М. Развитие тепличного овощеводства в регионе // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. С. 721.
8. Модель системы управления комбинированным отоплением теплицы в условиях закрытого грунта на базе микроконтроллера Raspberry PI / С. А. Иванов, И. Ю. Квятковская, А. Ф. Дорохов, Н. Д. Шишкин // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2015. № 2. С. 32—37.
9. Кожухов В. А., Михеева Н. Б., Семенов А. Ф. Повышение эффективности энергообеспечения теплицы // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2009. № 6. С. 127—132.
10. Greenhouse heating using heat pumps with a high coefficient of performance (COP) / Y. Tong, N. Nishioka, K. Ohya, T. Kozai // Biosystems Engineering. 2010. Vol. 106. No. 4. Pp. 405—411.
11. Aye L., Fuller R. J., Canal A. Evaluation of a heat pump system for greenhouse heating // International Journal of Thermal Sciences. 2010. Vol. 49. No. 1. Pp. 202—208.
12. Олейниченко В. Г., Величко В. В. Воздушная система отопления и кондиционирования теплиц с использованием геотермального источника энергии // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». 2012. № 7. С. 84—87.

13. Bakos G. C., Fidanidis D., Tsagas N. F. Greenhouse heating using geothermal energy // *Geothermics*. 1999. Vol. 28. No. 6. Pp. 759—765.
14. Goreza V. N. Use of heat waste for greenhouse heating // *Applied Solar Energy*. 1996. Vol. 32. No. 1. Pp. 24—27.
15. Чадова Н. А., Пузилов Н. Т., Чадов А. Ю. Энергосберегающие технологии использования биогаза // *Современные наукоемкие технологии*. 2013. № 8. С. 313—314.
16. Романова М. И., Шерстюков В. В. Энергоэффективный метод использования излишков тепла солнечного коллектора // *Инженерный вестник Дона*. 2012. № 4—2(23). Т. 23. С. 84.
17. Greenhouse solar heating in the Argentinian Northwest / L. Saravia, R. Echazu, C. Cadena, M. Condori, C. Cabanillas, A. Iriarte, S. Bistoni // *Renewable Energy*. 1997. Vol. 11. No. 1. Pp. 119—128.
18. Tadili R., Dahman A. S., Kaddouri J. Parameter optimisation of a greenhouse solar heating and climatisation system // *Renewable Energy*. 1997. Vol. 11. No. 1. Pp. 143—148.
19. Болотских Н. Н. Инфракрасный обогрев теплиц с помощью электрических длинноволновых нагревательных панелей // *Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит*. 2015. № 9(140). С. 43—52.
20. Шиянова Н. И., Афанасьев П. С. Инфракрасная система отопления для теплиц // *Импортозамещение в агропромышленном комплексе — основа национальной продовольственной безопасности*. 2016. С. 142—147.
21. Волков И. О., Каравайков В. М. Математическая модель теплопередачи через оболочку культивационного сооружения // *Механика и технологии*. 2013. № 4(42). С. 47—51.
22. Дыскин Л. М., Шиванов В. В. Тепловой баланс помещения с газовым лучистым отоплением // *Известия высших учебных заведений. Сер.: Строительство*. 2007. № 8. С. 62—65.
23. Голяк С. А., Пятачков В. В. Особенности теплового баланса помещений с системами отопления на основе газовых инфракрасных излучателей // *Молодой ученый*. 2010. Т. 1. № 1—2(13). С. 111—113.
24. Павлов М. В., Лукин С. В., Кочкин А. А. Тепловой и материальный балансы теплицы при лучистом отоплении // *БСТ: Бюллетень строительной техники*. 2017. № 6(994). С. 40—42.

© Павлов М. В., Лукин С. В., Кочкин А. А., 2018

Поступила в редакцию
в феврале 2018 г.

Ссылка для цитирования:

Павлов М. В., Лукин С. В., Кочкин А. А. Инженерная методика расчета системы лучистого отопления теплицы // *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура*. 2018. Вып. 52(71). С. 128—138.

Об авторах:

Павлов Михаил Васильевич — старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции, Вологодский государственный университет. Российская Федерация, 160000, г. Вологда, ул. Ленина, 15, pavlov_kaftgv@mail.ru

Лукин Сергей Владимирович — д-р техн. наук, профессор, и. о. заведующего кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции, Вологодский государственный университет. Российская Федерация, 160000, г. Вологда, ул. Ленина, 15, s.v.luk@yandex.ru

Кочкин Александр Александрович — д-р техн. наук, доцент, декан инженерно-строительного факультета, Вологодский государственный университет. Российская Федерация, 160000, г. Вологда, ул. Ленина, д. 15, aakochkin@mail.ru

M. V. Pavlov, S. V. Lukin, A. A. Kochkin

ENGINEERING PRACTICE OF GREENHOUSE RADIANT HEATING SYSTEM DESIGN

Nowadays the main objective of heating in buildings and structures is to reduce energy operation cost. This is the case of not only residential and public buildings, but also of agricultural facilities designed for growing vegetables and fruit under glass all year round. One of the possible solutions is

a radiant heating system with ceiling infrared heating elements. Due to the major faults in the existing calculation methodology of greenhouse infrared heating (particularly, not taking into account the mass-exchanging processes and their influence on the greenhouse heat balance), the article deals with the author's variant of engineering practice developed on the basis of the greenhouse radiant heating mathematical model with an example of its specific implementation.

Key words: radiant heating, infrared emitter, soil, greenhouse, mathematical model, engineering method.

For citation:

Pavlov M. V., Lukin S. V., Kochkin A. A. [Engineering practice of greenhouse radiant heating system design]. *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], 2018, iss. 52(71), pp. 128—138.

About authors:

Pavlov Mikhail Vasil'evich — Senior Lecturer of the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, Vologda State University. 15, Lenina Street, Vologda, 160000, Russian Federation, pavlov_kaftgv@mail.ru

Lukin Sergei Vladimirovich — Doctor of Engineering Sciences, Professor, acting Head of the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, Vologda State University. 15, Lenina Street, Vologda, 160000, Russian Federation, s.v.luk@yandex.ru

Kochkin Aleksandr Aleksandrovich — Doctor of Engineering Sciences, Docent, Dean of Engineering Construction Faculty, Vologda State University. 15, Lenina Street, Vologda, 160000, Russian Federation, aakochkin@mail.ru

УДК 628.1.034.4:621

**А. В. Москвичева^а, Э. П. Доскина^а, А. А. Сахарова^а, П. А. Сидякин^б,
Д. В. Волкова^а, М. А. Насибулина^а**

^а *Волгоградский государственный технический университет*

^б *Северо-Кавказский федеральный университет (филиал в г. Пятигорске)*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Наиболее рациональным решением вопросов водоотведения обозначенных предприятий явилось создание замкнутых систем водоснабжения (ЗСВ), способных максимально обеспечить экономию водных ресурсов. Правильный выбор этого комплекса в соответствии с необходимым качеством и количеством требуемой воды позволит обеспечить нормальную работу предприятий и надлежащее качество выпускаемой продукции, даст возможность сократить забор свежей воды и сброс производственных стоков, увеличить коэффициент водооборота.

Доказано, что реагентным методом в очищенной воде не могут быть достигнуты нормативные значения концентраций ионов тяжелых металлов, так как 75...80 % их не участвует в осаждении; они входят в состав комплексных ионов, прочность которых обеспечивается тремя устойчивыми фонами рассматриваемой водной среды — катионным, анионным, органическим.

Экспериментально подтверждена возможность переработки отработанных СОЖ на основе экстракции, дальнейшего рекуперирования «работающих» функциональных компонентов, использования «балластных» компонентов в технологическом цикле. Доказана целесообразность обезвреживания ионов хрома (VI) «балластными» компонентами СОЖ; исследованы и определены оптимальные условия реакции восстановления хрома (VI) до ионов хрома (III).

К л ю ч е в ы е с л о в а: водные ресурсы, рекуперирование компонентов-загрязнителей.

Проблема рационального использования воды в машиностроении актуальна, что обусловлено высокими объемами водопотребления и образующихся сточных вод, загрязненных крайне токсичными соединениями — ионами тяжелых металлов, нефтепродуктами, приносящими окружающей среде непоправимый ущерб.

На сегодняшний день наиболее рациональным решением вопросов водоотведения обозначенных предприятий явилось создание замкнутых систем водоснабжения (ЗСВ), способных максимально обеспечить экономию водных ресурсов.

Водное хозяйство предприятий машиностроения и металлообработки включает в себя сложный комплекс сооружений и устройств, предназначенных для забора воды из источника, подготовки и использования ее в технологиях очистки и повторного использования, а также водоотведения образующихся отработанных жидких и твердых отходов с последующим их обезвреживанием, регенерацией или утилизацией в целях предотвращения загрязнения окружающей среды [1—5]. Правильный выбор таких систем в соответствии с необходимым качеством и количеством требуемой воды позволит обеспечить нормальную работу предприятий.

В статье излагаются результаты, взятые за основу при разработке ресурсосберегающей технологии очистки сточных вод на предприятиях машиностроения.

Предварительными исследованиями [4—7] доказано, что реагентным методом не могут быть достигнуты в очищенной воде нормативные значения концентраций ионов тяжелых металлов, так как 75...80 % их не участвует в осаждении; они входят в состав комплексных ионов, прочность которых обеспечивается тремя устойчивыми фонами рассматриваемой водной среды — катионным, анионным, органическим [8, 9].

Экспериментально подтверждено отрицательное влияние процессов комплексообразования на глубину очистки гальваностокосов методами, техническая суть которых обусловлена структурой, размерами, величиной заряда частиц-загрязнителей (электрохимические, мембранные, коагуляция) [10, 11].

Авторы предлагают создание ЗСВ и полное исключение отходов, с переводом их в разряд вторичного сырья.

Исследовались физико-химические характеристики реальных и модельных растворов при изменении pH, температуры, концентрации реагентов. Показано, что в растворе NiSO_4 , кроме процесса гидролиза ($\approx 12\%$), отсутствуют побочные процессы, поэтому все ионы Ni^{2+} из раствора извлекаются реагентным методом (до 80 %), а максимальное значение электропроводности достигается в диапазоне pH с минимальной плотностью, что соответствует наибольшей степени диссоциации. То есть начиная с pH = 6 и более создаются наилучшие условия для осаждения ионов никеля, для ионов хрома (VI) при pH более 8.

Для реальных растворов «благоприятными» зонами являются значения pH до 6,5 и после 9,4. Зона pH от 6,5 до 9,4 — зона устойчивого комплексообразования, что соответствует наименьшей концентрации свободных ионов тяжелых металлов (максимальные значения плотности и минимальные значения электропроводности).

Таким образом, применение реагентного метода при очистке гальваностокосов несостоятельно, так как искажены истинные значения концентрации ионов тяжелых металлов; более 80 % их в составе слабодиссоциирующих комплексных ионов. Полученные данные легли в основу методики по определению результативности очистки рассматриваемых стоков известными методами. Установлено, что эффективность метода сопряжена с молекулярной массой загрязнителей, величиной поверхностного натяжения, электропроводностью, плотностью очищаемых растворов.

На основании полученных данных сформулированы технические требования к методу очистки гальваностокосов до норм ПДК или ЗСВ. За основу взят метод концентрирования стоков упариванием с получением высококачественного дистиллята, возвращаемого в систему оборотного водоснабжения локальную ЗСВ, и гальваноконцентрата для дальнейшей переработки. На предприятиях машиностроения возможны частные варианты значительного снижения энергозатрат: например, выгодно использовать отработанный или вторичный пар и оборудование собственного изготовления [11—16].

Известно, что в цехах металлообработки образуются сточные воды с отработанными СОЖ. На большинстве предприятий применяют водосмешиваемые СОЖ, содержащие эмульгаторы, где до 85 % — индустриальное масло ИД-20 [17—24]. Теоретически обосновано и экспериментально доказано, что определяющими функциональными в ИД-20 являются ди-, три- и тетрафеновые структуры (табл.). Поэтому в дальнейших исследованиях был разработан спо-

соб, который позволил провести рекуперацию функциональных компонентов индустриального масла ИД-20, а также часть воды в цех приготовления СОЖ. Балластные вещества, содержащиеся в СОЖ-стоках, предложено в виде концентрата использовать для обезвреживания шестивалентного хрома. В основе способа лежит экстракция — обработка водного раствора экстрагентом — гексаном, который извлекает компоненты ИД-20, ПАВ, но не балластные соединения. Далее его отгоняют и повторно используют.

Химический состав индустриального масла ИД-20

Компонент	Концентрация, %	
	до экстракции	после экстракции
Метановые	12,16	—
Нафтеновые:		
моно-	2,80	—
би-	21,72	—
три-	7,44	5,20
тетра-	9,68	6,84
Алкилдибензолы	9,84	6,88
Инданы, тетралины	12,40	8,68
Динафтенбензолы	9,00	6,3
Нафталины	12,98	2,09
Моно-, динафтеннафталины	40,06	2,84
Фенантрены	17,92	12,5

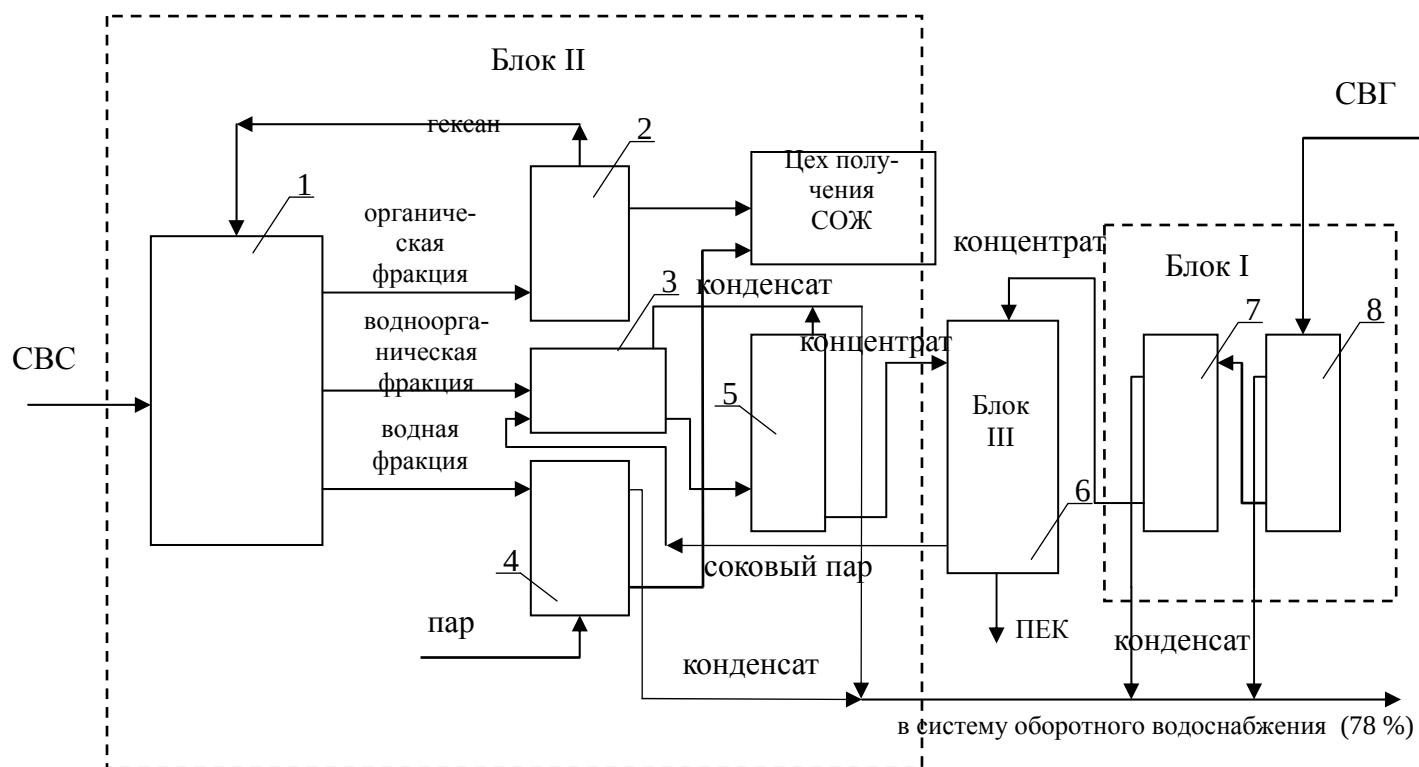
При добавлении гексана в раствор сточной воды образуется три фракции — гексановая, водная и диффузионный слой. Гексановую фракцию перегоняют: гексан возвращается в экстракционную колонну, а ИД-20 — в цех приготовления СОЖ.

В диффузионном слое воду выпаривают и отправляют в ЗСВ, а полученный концентрат СВС — в блок III. На заключительных стадиях технологической схемы образуются два концентрата: блок I — концентрат, содержащий компоненты СОЖ (300 г/л), из них 90 г ИД-20; блок II — концентрат, содержащий все компоненты исходных гальваносток (600 г/л), из них 36 г/л Cr^{+6} .

Опытным путем установлено, какие органические структуры СОЖ активно реагируют с ионами Cr^{+6} , и поэтому предложено применять установленный факт для обезвреживания концентрата СВГ. В реакцию вступают лишь органические соединения парафинового ряда с числом углеродных атомов в молекуле от 5 до 9. Но предварительно на модельных растворах определяли оптимальное соотношение концентратов с целью полного химического восстановления ионов Cr^{+6} до Cr^{+3} .

На основании полученных опытных данных предложен блок III, в котором одновременно протекает обезвреживание соединений шестивалентного хрома и получение из концентратов загрязнителей продукта ПЕКа.

На рис. представлена разработанная технологическая схема очистки сточных вод ПМ. В системе очистки три блока. I блок — очистка сточных вод участков гальванических покрытий, травления, обезжиривания, мойки СВГ. В основе очистки сточных вод — выпаривание вторичным паром.



Принципиальная схема процесса очистки сточных вод предприятия машиностроения

Возврат воды в локальную ЗСВ основного производства на этом этапе очистки составляет 79 %, гальванопроизводства — 89...90 %. II блок — очистка сточных вод с участков металлообработки. В блоке две ступени: 1-я — рекуперация компонентов отработанной СОЖ; 2-я — очистка водных потоков. Концентрация загрязняющих веществ в концентрате СВС 300 г/л. Возврат воды составляет 63 %. III блок — переработка концентратов СВС и СВГ, полученных на линиях выпаривания в блоках I и II. Остаточная вода в виде пара — «соковый пар» (тепло реакции (1)) — через фильтры и повторное выпаривание направляется в локальную ЗСВ.

Полученный продукт может использоваться в качестве кровельной гидроизоляционной мастики, антикоррозионной грунтовки металло-железобетонных конструкций, пластифицирующей и пигментной добавки в бетоны, кирпич, гидроизоляционной составляющей в дорожных «одеждах», бассейнах, полигонах для отходов.

На основе изученного сформулировали выводы:

1. Прекращен сброс стоков основного производства в канализационную сеть.
2. Исключено образование отходов — осадков после очистки сточных вод: все загрязнители перерабатываются в сырьевой продукт — ПЕК, содержащий пластифицирующие, вяжущие компоненты. Его применение: гидроизоляционный материал для кровли, автодорог, полигонов, бассейнов, пластифицирующая пигментная добавка в бетоны, кирпич, отделочную плитку.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Москвичева Е. В. Ресурсосберегающие процессы как основа экологически чистых технологий гальванического хромирования из водных и неводных сред. М., 1998. С. 8—45.
2. Москвичев С. С. Разработка ресурсосберегающей технологии очистки сточных вод машиностроительных предприятий: дис... канд. техн. наук. Волгоград, 2011. 156 с.
3. Москвичев С. С., Юрьев Ю. Ю., Николаев Д. В. Способ очистки сточных вод, загрязненных ионами тяжелых металлов // Экологический навигатор. 2009. № 6. С. 56—50.
4. Москвичев С. С., Шевцова И. М. Способ очистки и обеззараживания сточных вод гальванопроизводства // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды: материалы VII международ. науч.-практ. конф. Волгоград, 2009. С. 97—100.
5. Пластификаторы и защитные агенты из нефтяного сырья / Под ред. И. П. Лукашевича. М.: Химия, 1970. 125 с.
6. Блох Г. А. Органические ускорители вулканизации и вулканизирующие агенты. М.: Химия, 1978. 278 с.
7. Ронкин Г. М. Хлорсульфированный полиэтилен. М.: ЦНИТЭнефтехим, 1977. 312 с.
8. Хайкина Л. А. Разработка и исследование полимерных композиций, содержащих соединения, полученные на основе отработанных каталитических компонентов: автореф. дис... канд. техн. наук. Волгоград, 2002. 20 с.
9. Манелис Б. Г. Переработка промышленных и бытовых отходов методом сверхadiaбатического горения // Тез. докл. II Международ. конгресса по управлению отходами «Вейст-Тэк-2001». М., 2001. С. 416.
10. Гунн Р. Б. Нефтяные битумы. М.: Стройиздат, 1989. 89 с.
11. Найдено В. В., Губанов Л. Н. Очистка и утилизация промстоков гальванического производств. Н. Новгород: Деком, 1999. 368 с.
12. Гончарова Т. В. Возможности расширения ассортимента материалов // Применение полимерных материалов в гидротехническом строительстве. Л.: Стройиздат, 1980. 123 с.

13. Голованчиков А. Б., Симонов Б. В. Применение ЭВМ в химической технологии и экологии. Массообменные процессы. Ч. 4: учеб. пособие. Волгоград: ВолгГТУ, 2001. 117 с.
14. Беличенко Ю. П. Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий // Обзор. Информация. Строительство и архитектура. Сер. 9: Инженерное обеспечение объектов строительства. 1986. Вып. 2. С. 55.
15. Иванов В. Г. Водоснабжение промышленных предприятий. СПб.: Петербург. гос. ун-т путей сообщения, 2003. 537 с.
16. Safranek H. Time is running out // Plat. And Surf. Finish. 1988. Pp. 16—20.
17. Догадкин Б. А. Химия эластомеров. М.: Химия, 1972. 253 с.
18. Bailey D., Chan M., Ballings D. High-mass-transfer electrolytic recovery. A case study // Plat. And Surf. Treatment. 1988. Pp. 8—13.
19. Bowe Craig A., Krikorian N., Dean F. M. Extraction of heavy metals using modified montmorillonite KSF // Fla Sci. 2004. Vol. 67. No. 1. Pp. 74—79.
20. Farajzadeh M. A., Monji A. B. Adsorption characteristics of wheat bran towards heavy metal cations // Separ. and Purif. Technol. 2004. Vol. 38. No. 2. Pp. 197—207.
21. Zhang Futao, Fang Shaoming. Gongyeshui chuli Ind // Water Treat. 2003. No. 6. Pp. 25—27.
22. Elinary Gaber A., Ebeid Fikry I. Polarography of metal-gallic // J. Electroanal. Chem. 1976. Vol. 72. No. 3. Pp. 363—369.
23. Ho Y. S., McKay G. Sorption of copper (11) from aqueous solution by peat // Water, Air and Soil Pollut. 2004. Vol. 158. No. 1—4. Pp. 77—97.
24. Crist Ray H., Martin J. R. Use of a novel formulation of kraft lignin for toxic metal removal from process waters // Separ. Sci. and Technol. 2004. Vol. 39. No. 7. Pp. 1535—1545.

© Москвичева А. В., Доскина Э. П., Сахарова А. А., Сидякин П. А.,
Волкова Д. В., Насибулина М. А., 2018

Поступила в редакцию
в марте 2018 г.

Ссылка для цитирования:

Совершенствование систем водопользования на предприятиях машиностроения / А. В. Москвичева, Э. П. Доскина, А. А. Сахарова, П. А. Сидякин, Д. В. Волкова, М. А. Насибулина // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. Вып. 52(71). С. 139—145.

Об авторах:

Москвичева Анастасия Владимировна — канд. техн. наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, viv_vgasu@mail.ru

Доскина Эльвира Павловна — канд. техн. наук, профессор, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, viv_vgasu@mail.ru

Сахарова Анастасия Андреевна — ассистент кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, viv_vgasu@mail.ru

Сидякин Павел Алексеевич — канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры строительства, филиал Северо-Кавказского федерального университета в г. Пятигорске. Российская Федерация, 355009, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1, sidyakin_74@mail.ru

Волкова Дарья Викторовна — магистрант кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, viv_vgasu@mail.ru

Насибулина Мария Андреевна — магистрант кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, viv_vgasu@mail.ru

**A. V. Moskvicheva, E. P. Doskina, A. A. Sakharova, P. A. Sidyakin,
D. V. Volkova, M. A. Nasibulina**

IMPROVEMENT OF WATER USE SYSTEMS AT MACHINE-BUILDING ENTERPRISES

The most rational solution of water disposal issues by designated enterprises was the creation of closed water supply systems (ZCV), which are able to maximize the saving of water resources. The wright choice of this complex, in accordance with the required quality and quantity of water required, will allow to ensure the normal operation of the enterprises and the proper quality of the produced products and make it possible to reduce the intake of fresh water and the discharge of production effluents, and increase the water turnover coefficient.

It has been proved that the normative values of the concentrations of heavy metal ions can not be achieved in the purified water by the reagent method, since 75 to 80 % of them do not participate in precipitation; they are a part of the complex ions, the strength of which is provided by three stable backgrounds of the considered aqueous medium — cationic, anionic, organic.

Experimentally confirmed the possibility of recycling waste coolant based on extraction, further recuperation of "working" functional components, the use of "ballast" components in the technological cycle. The expediency of neutralization of chromium (VI) ions with "ballast" coolant components is proved; the optimal conditions for the reaction of chromium (VI) reduction to chromium (III) ions are investigated and determined.

Key words: water resources, recuperation of components-pollutants.

For citation:

Moskvicheva A. V., Doskina E. P., Sakharova A. A., Sidyakin P. A., Volkova D. V., Nasibulina M. A. [Improvement of water use systems at machine-building enterprises]. *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], 2018, iss. 52(71), pp. 139—145.

About authors:

Moskvicheva Anastasia Vladimirovna — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, viv_vgasu@mail.ru

Doskina El'vira Pavlovna — Candidate of Engineering Sciences, Professor, Professor of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, viv_vgasu@mail.ru

Sakharova Anastasiya Andreevna — Assistant of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, viv_vgasu@mail.ru

Sidyakin Pavel Alekseevich — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Professor of Construction Department, Branch of North-Caucasian Federal University in Pyatigorsk. 1, Pushkina St., Stavropol', 355009, Russian Federation, sidyakin_74@mail.ru

Volkova Dar'ya Viktorovna — Master's Degree student of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, viv_vgasu@mail.ru

Nasibulina Mariya Andreevna — Master's Degree student of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, viv_vgasu@mail.ru

УДК 628.349.087.5

В. Т. Фомичев, Е. А. Паршина, А. В. Савченко, Г. П. Губаревич

Волгоградский государственный технический университет

ВЛИЯНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ТОКОВ НА ПРОЦЕСС ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИОННОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД, СОДЕРЖАЩИХ ХРОМАТ-ИОНЫ

Изучено влияние импульсного тока на электрокоагуляцию хромат-ионов в процессе очистки промышленных сточных вод.

К л ю ч е в ы е с л о в а: электрокоагуляция, хромат-ионы, сточные воды.

В ряде гальванических производств часть отработанных хромовокислых растворов по ряду причин не поддается рекуперации. Хром (VI) является высокотоксичным компонентом, поэтому актуальной является разработка мероприятий, снижающих концентрацию хромового ангидрида в промышленных стоках. На первой стадии очистки хромосодержащих сточных вод проводят восстановление ионов шестивалентного хрома до трехвалентного с помощью различных химических восстановителей: сульфатных, сульфата и хлорида железа, отходов металлического железа, перекиси водорода и др., что вызывает их нерациональное использование.

Использование процесса электрокоагуляции для очистки природных и сточных вод. Одним из направлений в технологии очистки производственных стоков являются электрохимические методы — методы электрокоагуляции. Впервые исследования по применению метода электрокоагуляции были проведены в 1921 г. на Шатурской электростанции [1]. Дальнейшие исследования показали, что применение электрохимического метода позволяет расширить оптимальную дозу коагуляции, интенсифицировать процесс. Электрокоагуляционный метод находит широкое применение при очистке сточных вод [2—4]. Этим методом может быть достигнуто эффективное обезжиривание сточных вод, очистка от жиров, масел, нефтепродуктов, сульфитов, ионов хрома и других загрязнений [5—7].

Электрокоагуляция — это превращение примесей коллоидной степени дисперсности до грубодисперсного состояния, основывается на множестве физико-химических процессов, протекающих в жидкости под действием электрического тока.

В работе [8] предложена очистка сточных вод от ионов шестивалентного хрома посредством последовательного прохождения очищаемых стоков через электролизер с титановыми катодами и анодами с покрытием из оксида рутения и диоксида титана, а также с использованием растворимых железных электродов. Площади электродов равны между собой. Процесс электрокоагуляции проводят при поддержании плотности тока 0,5...1,0 А/дм² на растворимых электродах и 1,9 А/дм² на нерастворимых.

Существенным недостатком электрокоагуляции является пассивация электродов, которая характерна для нейтральных и щелочных слабосолёных стоках, особенно содержащих масла и нефтепродукты. С целью предотвра-

щения пассивации используют промывку электродов раствором серной кислоты и увеличение температуры до 50...100 °С.

В современных научных исследованиях электрохимических процессов в технологии электрохимических производств все большее внимание уделяется применению импульсного электрического тока различных параметров. При этом в электрохимической системе создаются условия для осуществления различных электрохимических реакций в растворах, на межфазной границе «электрод — электролит». Применение переменного тока при электролизе позволяет оптимизировать состав электролита и повысить качество структурных покрытий. Использование нестационарного режима электролиза для регенерации сточных вод представлено в работах [9—11].

В процессах электрокоагуляции с целью перевода ионов Cr(VI) в Cr(III) чаще всего используют постоянный ток. Чтобы снять некоторые приэлектродные диффузные ограничения, можно заменить постоянный ток импульсным.

В настоящей работе приведены результаты исследования по использованию импульсного тока в процессах электрокоагуляционной очистки промывных вод процессов хромирования промышленных стоков. В ходе исследования были изучены анодные и катодные процессы.

Катодные и анодные процессы, протекающие при использовании импульсного тока. В данной работе при нейтрализации ионов Cr(VI) использовался импульсный ток со скважностью импульса, равной двум.

Из-за невысокой концентрации хромат-ионов в растворе на катоде протекает процесс восстановления ионов водорода. Как видно из рис. 1, скорость выделения водорода снижается с увеличением частоты используемого импульса, однако остается выше, чем при использовании постоянного тока той же плотности.

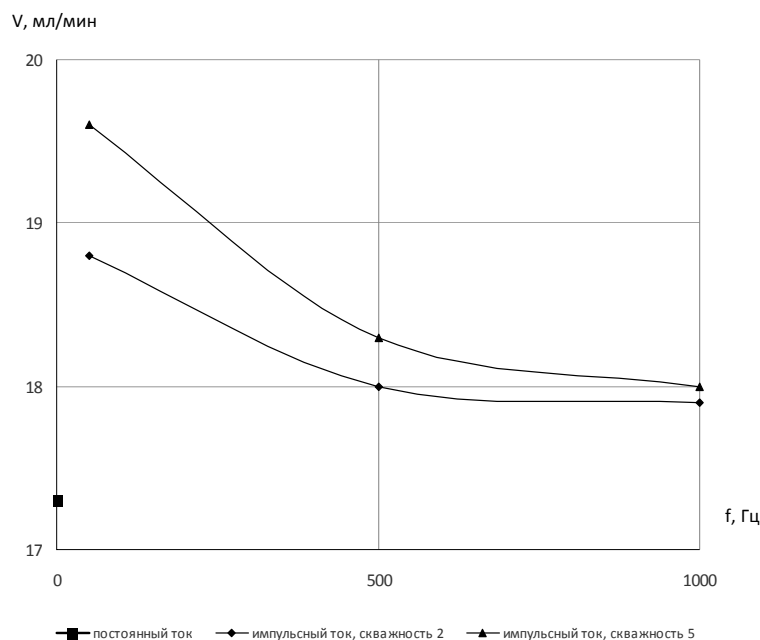


Рис. 1. Зависимость скорости выделения водорода от частоты поляризующего тока из раствора состава: Cr⁶⁺ — 1 г/л, pH = 6,3; плотность тока 1,5 А/дм²

Восстановление водорода приводит к подщелачиванию прикатодного пространства, однако в меньшей степени, чем при использовании постоянно-го тока (табл. 1, столбцы 3, 4).

В работе проводились измерения скоростей растворения железного анода при использовании постоянного и импульсного токов. Сравнение скоростей растворения железного анода показывает, что использование импульсного тока дает меньшую скорость растворения. При использовании импульсного тока при увеличении частоты тока от 50 до 1000 Гц изменяется скорость растворения. Наибольшее значение скорости соответствует частоте, равной 50 Гц: $4,3 \cdot 10^{-3}$ г/мин по сравнению с $2,5 \cdot 10^{-3}$ г/мин для частоты 500 Гц и $0,31 \cdot 10^{-3}$ г/мин для частоты 1000 Гц, чему соответствует и массы образующегося осадка (см. табл. 1, столбец 6).

Анализ содержания остатка ионов хрома (VI) в очищенных стоках показывает, что использование как импульсного, так и постоянного токов соответствует полному их осаждению из раствора (см. табл. 1, столбец 7).

Полученные результаты могут быть объяснены более низким значением величины pH раствора при проведении электрокоагуляции с использованием импульсного тока. Тогда, согласно [12], в более кислой среде увеличивается скорость восстановления ионов хрома (VI) до хрома (III) и стабилизируется в растворе устойчивость образующихся при анодном окислении ионов железа (II), что, в свою очередь, интенсифицирует реакцию восстановления хромат-ионов.

Таким образом, применение импульсного тока приводит к снижению расхода массы железного анода практически в два раза и уменьшению расхода тока на разогрев раствора (см. табл. 1, столбец 8).

При проведении эксперимента электрокоагуляционной очистки используемые импульсы имели прямоугольную форму, их частота 50 Гц. Полученные данные позволяют сделать предположение, что импульсный ток частотой 50 Гц является достаточно эффективным в процессах электрокоагуляционной очистки с использованием растворимого железного анода.

При использовании импульсного тока прямоугольной формы значения pH уменьшаются по сравнению со значениями pH при проведении очистки стоков с использованием постоянного тока. При этом чем больше отношение анодного импульса к катодному, тем больше подщелачивается раствор. Уменьшение длительности импульсов до четверти периода при соотношениях катодного и анодного импульсов 1/1 и 1/2 практически не изменяют величины pH раствора в ходе работы. Однако в случае превышения анодного импульса в четыре раза над катодным наблюдается подщелачивание раствора от 7,8 до 9,5 единиц. В зависимости от соотношения и формы импульсов находится скорость растворения железного анода (табл. 2). Из полученных данных следует, что увеличение амплитуды анодного импульса по отношению к катодному увеличивает скорость растворения анода. Эта закономерность наблюдается при всех использованных плотностях тока, скорость растворения увеличивается в 2...3 раза. Согласно [13], такое ускорение объясняется снижением диффузионных ограничений в приэлектродном слое во время действия импульса обратной полярности. В прямой зависимости от этого находится и количество получаемого осадка гидроксидных продуктов, содержащих ионы железа (II) и хрома (III).

Таблица 1

*Влияние постоянного и импульсного токов различной частоты на электродные процессы
при электрокоагуляции хромат-ионов (скважность 2)*

Частота тока f , Гц		Плотность тока I , А/дм ²	рН начальный	рН установившийся	Скорость растворения железного анода $\Delta m_{\text{эл}}$, г/мин $\cdot 10^{-3}$	Масса образующегося осадка P , г/мин $\cdot 10^{-3}$	Содержание ионов хрома в растворе ΔC , мг/л	Температура раствора T , °С
1		2	3	4	5	6	7	8
Постоянный ток		0,6	6,8	9,35	7,0	6,0	30	22,3
		1,0	6,8	10,55	8,9	14,6	30	26,5
		1,5	6,8	10,15	8,3	16,2	30	27,1
Импульсный ток прямоугольной формы	50	1,0	6,8	9,01	4,3	9,6	30	23,5
	500	1,0	6,8	9,04	2,5	6,3	30	22,5
	1000	1,0	6,8	9,51	0,31	8,8	30	23,5

Т а б л и ц а 2

Влияние тока промышленной частоты различной длительности и соотношения амплитуд анодного и катодного импульсов на процесс электрокоагуляции хромат-ионов

Формы импульсов	Плотность тока I , А/дм ²	рН начальный	рН установившийся	Температура раствора T , °С	Скорость растворения железного анода $\Delta m_{\text{эл}}$, г/мин · 10 ⁻⁴	Масса образующегося осадка P , г/мин · 10 ⁻⁴	Содержание ионов хрома (+6) в растворе, в исходном растворе/после электрокоагуляции, г/л	Отношение длительности анодного и катодного импульсов I_a / I_k
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ассиметричный ток с длительностью импульсов $T / 2$	0,6	7,3	8,8	30,8	0,6	14,5	25/15	1 : 1
	1,0	7,3	8,4	37,9	0,8	16,0	25/15	
	1,5	7,3	9,4	50,4	1,2	40,1	21/10	
	0,6	7,3	9,2	28,9	7,5	15,4	25/11	1 : 2
	1,0	7,3	9,4	37,5	15,5	27,3	25/0	
	1,5	7,8	9,1	38,5	22,3	42,3	25/0	
	0,6	7,8	9,3	32,0	22,8	41,1	22/0,7	1 : 4
	1,0	7,8	9,3	36,5	32,4	43,0	22/17,5	
	1,5	8,0	9,8	38,4	48,5	102,8	22/10	
Ассиметричный ток с длительностью импульсов $T / 4$	0,6	7,6	7,6	29,4	0,16	36,2	26/26	1 : 1
	1,0	7,6	7,2	33,0	1,0	70,8	26/20	
	1,5	7,6	7,4	36,5	6,6	90,2	26/17	
	0,6	7,8	7,7	30,2	4,16	27,0	26/22	1 : 2
	1,0	7,8	7,5	33,4	3,2	22,0	26/22	
	1,5	7,2	7,6	42,4	9,1	20,0	31/28	
	0,6	7,8	9,5	33,2	18,6	39,6	31/0	1 : 4
	1,0	7,8	9,6	42,8	22,4	39,7	31/0	
	1,5	7,8	9,3	39,2	27,6	35,3	31/0	

Степень очистки раствора от ионов хрома зависит от массы растворившегося анода и массы осадка гидроокиси. Как видно из табл. 2 и рис. 2, *а* и 2, *б*, чем больше доля растворения анода, тем больше масса осадка. При сравнении токов одинаковой асимметрии, но различной длительности очевидно, что в случае длительности, равной четверти периода, осадка образуется меньше, чем при длительности, равной полпериода (102 г/мин и 35,3 г/мин соответственно при плотности тока 1,5 А/дм²). Использование импульсного тока с бестоковой паузой позволяет практически полностью вывести ионы хрома (VI) из раствора.

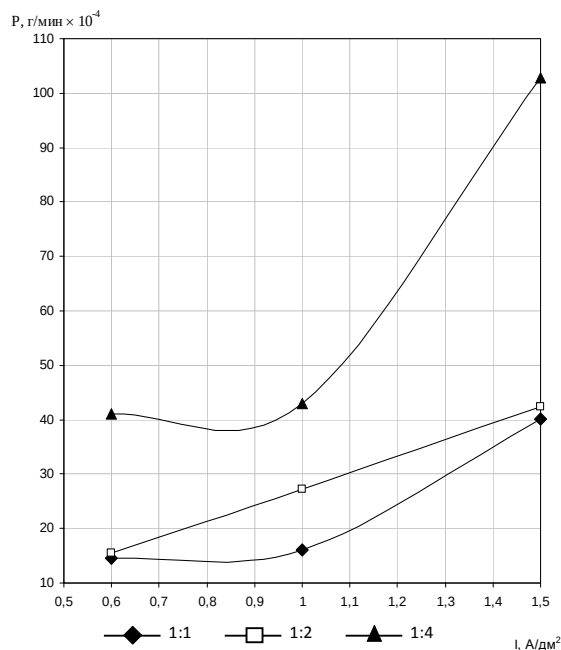


Рис. 2, *а*. Зависимость массы образующегося осадка от плотности тока при применении ассиметричного тока продолжительностью импульсов $T/2$ с отношением длительности анодного и катодного импульсов:

Эффективность очистки исследуемых растворов сточных вод оценивали, сравнивая содержание ионов хрома Cr^{6+} в растворе до и после электрокоагуляции (см. табл. 2, столбец 8; рис. 3, *а* и 3, *б*).

Полученные данные можно объяснить тем, что полнота вывода ионов хрома (VI) из раствора обусловлена как определенным стехиометрическим соотношением образующихся в ходе анодного окисления ионов железа (II) и хрома (VI), так и состоянием ионов железа. Образование ионов железа (II) больше этого стехиометрического соотношения может привести к их окислению в ходе противоположного импульса. Когда время переплюсовки стремится к минимальному значению, большая часть избыточных ионов железа (II) может окисляться, не участвуя в процессе восстановления хромат-ионов. Если же между разнополярными импульсами имеется временная пауза, то образующиеся ионы могут диффундировать за пределы приэлектродного слоя и более полно реагировать с ионами хрома (VI).

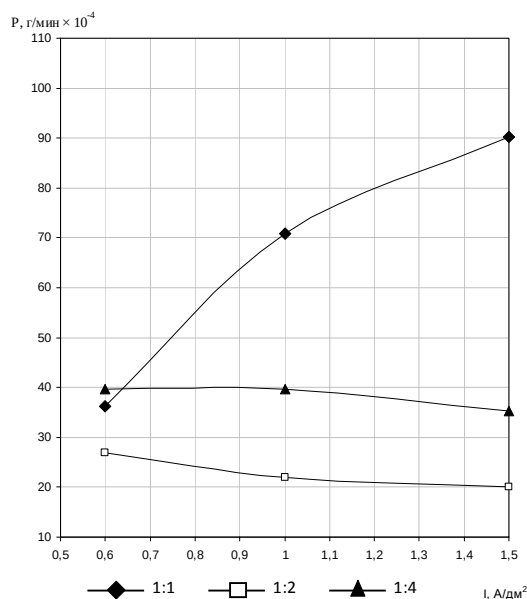


Рис. 2, б. Зависимость массы образующегося осадка от плотности тока при применении ассиметричного тока продолжительностью импульсов $T/4$ с отношением длительности анодного и катодного импульсов

Таким образом, использование импульсного разнополярного тока промышленной частоты позволяет оптимизировать процесс электрокоагуляционной очистки хромосодержащих промышленных сточных вод.

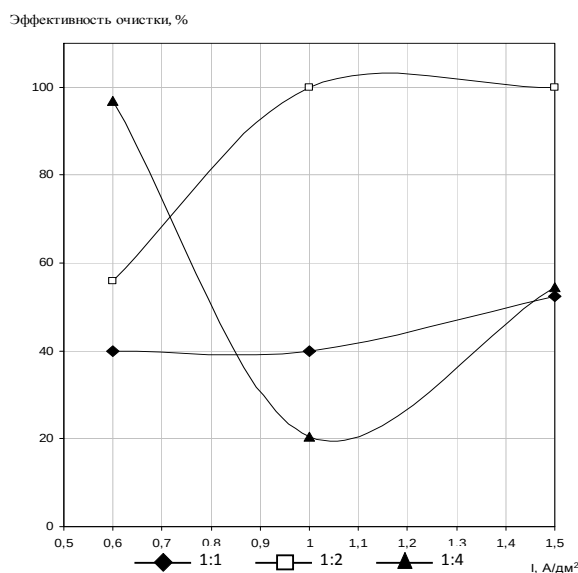


Рис. 3, а. Зависимость эффективности очистки сточных вод, содержащих ионы хрома (+6), от плотности тока при применении ассиметричного тока продолжительностью импульсов $T/2$ с отношением длительности анодного и катодного импульсов

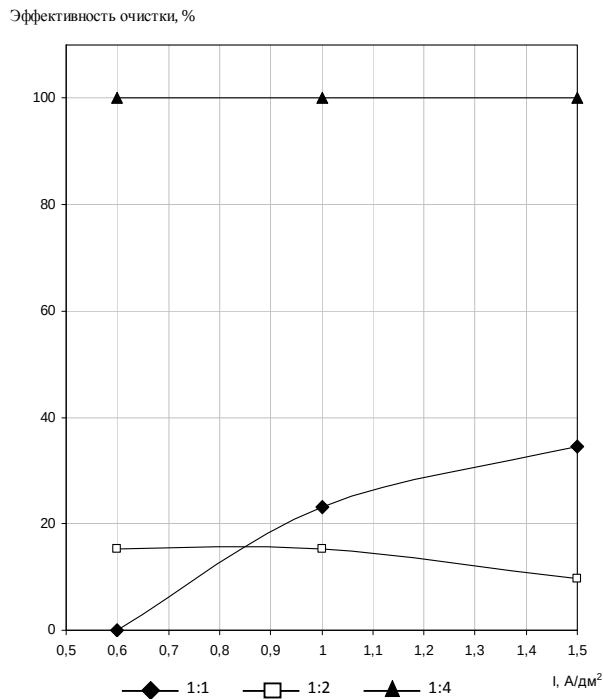


Рис. 3, б. Зависимость эффективности очистки сточных вод, содержащих ионы хрома (+6), от плотности тока при применении ассиметричного тока продолжительностью импульсов $T/4$ с отношением длительности анодного и катодного импульсов

Выводы:

1. Использование импульсного тока частотой 50...1000 Гц позволяет эффективно проводить процесс электрокоагуляции для очистки хромосодержащих сточных вод.
2. Устойчивость образующихся ионов железа (II) при применении импульсного электролиза увеличивается за счет меньшей подщелачиваемости растворов.
3. Для промышленного применения рационально использования импульсного тока, получаемого модификацией переменного тока промышленной частоты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрамкин А. Д. Об очистке воды при помощи постоянного электрического тока // Электричество. 1925. № 2. С. 108—110.
2. Аппарат для электрохимической очистки загрязненной жидкости: пат. 2043307 Рос. Федерация: МПК 6C02F1/46 / В. С. Плоскин, М. М. Назарян, А. И. Довгалюк, О. Н. Елехов, А. В. Плоскина. № 5007221/26; заявл. 28.01.1991; опубл. 10.09.1995. URL: http://www.ntpo.com/patents_water/water_1/water_207.shtml
3. Яковлев С. В., Краснобородько И. Г., Рогов В. М. Технология электрохимической очистки воды. Л.: Стройиздат, 1987. 312 с.
4. Назарян М. М., Ефимов В. Т. Электрокоагуляторы для очистки промышленных стоков. Харьков: Вища школа, 1983. 142 с.
5. Арчакова Г. А. Применение метода электрокоагуляции для очистки хромосодержащих стоков // Сб. «Проблемы использования и охраны водных ресурсов». Минск: Наука и техника, 1972. С. 11—12.
6. Великая Л. П., Генкин В. Е. Электрохимическая очистка сточных вод от фторидов с использованием стальных электродов // Сб. науч. тр. Всесоюз. комплекс. науч.-исследоват. и

конструкт.-технолог. ин-та водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженеров гидрогеологии «Научные исследования в области физ.-хим. очистки промышленных сточных вод». М., 1989. С. 9—12.

7. Тимофеева С. С. Современное состояние технологии регенерации и утилизации сточных вод гальванических производств // Химия и технология воды. 1990. № 12. С. 55—59.

8. А. с. 1634642 СССР, МПК 5C02F1/46. Способ очистки сточных вод от шестивалентного хрома / Р. В. Вергунова, А. Г. Захоржевская, В. И. Гурин, А. Ю. Шостенко, В. Е. Генкин, Ю. И. Стельмах, Е. А. Калиновский. № 4008950/26; заявл. 07.01.1986; опубл. 15.03.1991. URL: <http://patents.su/3-1634642-sposob-ochistki-stochnykh-vod-ot-shestivalentnogo-khroma.html>

9. Kikuchi Y., Kubota N. Сравнительное изучение удаления хрома из сточных вод путем электролиза постоянным и импульсным током с использованием железных электродов // Water Purification and Liquid Waste Treatment. Japan. 1986. Vol. 27. No. 2. Pp. 95—100.

10. Фомичев В. Т., Паршина Е. А., Вурдова Н. Г. Некоторые технологические решения по экологическим проблемам гальванического производства // Надежность и долговечность строительных материалов: материалы Международ. науч.-практ. конф.: в 3-х ч. Ч. 1. Волгоград: ВолгГАСА, 1998. С. 64—67.

11. Дырова Е. А. Очистка промышленных стоков электрокоагуляцией в нестационарном режиме // Очистка природных и сточных вод: межвузовский сборник научных трудов. Ростов н/Д.: Ростов. гос. акад. стр-ва, 1997. С. 80.

12. Рогов В. М., Швороб В. А. Некоторые закономерности изменения кислотности и щелочности воды в диафрагменном электролизере с неактивной диафрагмой. Ровно, 1984.

13. Нестационарный электролиз / А. М. Озеров, А. К. Кривцов, В. А. Хамаев и др. Волгоград: Нижне-Волжское изд-во, 1972. 160 с.

© Фомичев В. Т., Паршина Е. А., Савченко А. В., Губаревич Г. П., 2018

Поступила в редакцию
в феврале 2018 г.

Ссылка для цитирования:

Влияние периодических токов на процесс электрокоагуляционной очистки сточных вод, содержащих хромат-ионы / В. Т. Фомичев, Е. А. Паршина, А. В. Савченко, Г. П. Губаревич // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. Вып. 52(71). С. 146—155.

Об авторах:

Фомичев Валерий Тарасович — д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры общей и неорганической химии, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, valerifomichev@yandex.ru

Паршина Елена Анатольевна — канд. техн. наук, инженер кафедры общей и неорганической химии, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, parshina1972@mail.ru

Савченко Алексей Владимирович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры общей и неорганической химии, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, savtchenko2@mail.ru

Губаревич Галина Павловна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры общей и неорганической химии, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, ggubarevich@mail.ru

V. T. Fomichev, E. A. Parshina, A. V. Savchenko, G. P. Gubarevich

INFLUENCE OF PERIODIC CURRENT ON THE PROCESS OF ELECTRO-COAGULATIVE PURIFICATION OF SEWAGE WATER CONTAINING CHROMATE IONS

The influence of a pulse current on the electro-coagulation of chromate ions during the purification of industrial wastewater is studied.

Key words: electrocoagulation, chromate ions, sewage.

For citation:

Fomichev V. T., Parshina E. A., Savchenko A. V., Gubarevich G. P. [Influence of periodic current on the process of electro-coagulative purification of sewage water containing chromate ions]. *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], 2018, iss. 52(71), pp. 146—155.

About authors:

Fomichev Valerii Tarasovich — Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of General and Inorganic Chemistry Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, valerifomichev@yandex.ru

Parshina Elena Anatol'evna — Candidate of Engineering Sciences, Engineer of General and Inorganic Chemistry Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, parshina1972@mail.ru

Savchenko Aleksei Vladimirovich — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Docent of General and Inorganic Chemistry Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, savtchenko2@mail.ru

Gubarevich Galina Pavlovna — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Docent of General and Inorganic Chemistry Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, ggubarevich@mail.ru

УДК 620.92 (470+571-25)

Е. А. Дикарева, А. Г. Перехоженцев

Волгоградский государственный технический университет

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ГОРОДАХ РОССИИ НА ОСНОВЕ ВЫЯВЛЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Рассмотрено современное состояние традиционной и альтернативной энергетики в России, а также в странах Евросоюза. Выявляются проблемы использования традиционных видов энергии. Проведен анализ наиболее распространенных на данный момент систем использования альтернативной энергии для применения в городской структуре России. Выделены существенные критерии по определению эффективности систем при применении в городах, на основе которых производился сбор данных по каждому из трех типов альтернативных источников энергии. Приведена сравнительная таблица трех систем на основе выявленных критериев оценки для выделения наиболее эффективной из них в городской среде.

К л ю ч е в ы е с л о в а: альтернативная энергетика, традиционная энергетика, гелиосистемы, ветрогенераторы, городская среда.

Традиционные источники энергии, такие как газ и нефть, являются исчерпаемыми ресурсами. Также проблема традиционной энергетики заключается не только в том, что данные ресурсы имеют ограниченный объем, но и в том, что существующие месторождения довольно быстро истощаются, следовательно, необходимо разрабатывать новые, что требует высоких капиталовложений, не говоря уже о признанном факте негативного их воздействия на экологию.

Поэтому необходимо разрабатывать направления деятельности, связанные с поиском оптимальных решений по использованию возобновляемых источников энергии (энергии Солнца, воды, ветра и т. п.).

Альтернативные источники энергии имеют ряд преимуществ перед традиционными:

- 1) ограниченность ресурсов в традиционной энергетике;
- 2) зависимость исчерпаемых ресурсов от величины поставок, уровня цен, конъюнктуры рынка;
- 3) большая разновидность возобновляемой энергетики дает возможность их применения на многих территориях планеты, оберегая невозобновляемые источники энергии для использования в тех отраслях экономики, где их нельзя заменить;
- 4) обеспечение энергетической безопасности страны и стабильности цен на электроэнергию (создание конкуренции в противовес существующей традиционной энергетике);
- 5) экологичность возобновляемых источников энергии;
- 6) возможность их работы в автономном режиме для обеспечения удаленных от централизованных энергосетей потребителей;
- 7) технологии возобновляемой энергетики дают большое развитие для наукоемких технологий, что позволяет создавать дополнительные рабочие места за счет сохранения и расширения научной, производственной и эксплуатационной инфраструктуры энергетики, а также экспорта наукоемкого оборудования [1].

По прогнозам корпорации British Petroleum, в ближайшие 20 лет неископаемые виды топлива могут впервые стать основным фактором роста производства энергии: их вклад в прирост производства, который в 1990—2010 гг. составлял 17 %, может увеличиться до 36 % в 2010—2030 гг., в том числе возобновляемых источников — с 5 % до 18 %. При этом суммарный вклад неископаемых источников энергии (включая энергию воды и атома) в рост производства энергии впервые в современной истории может превзойти вклад любого отдельно взятого ископаемого источника энергии [2].

Необходимо рассмотреть общие достоинства и недостатки, касающиеся большей части видов возобновляемых источников энергии (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Достоинства и недостатки возобновляемых источников энергии [3]

Достоинства	Недостатки
Большая разновидность возобновляемых источников энергии (энергия воды, Солнца, ветра, энергия биомассы, геотермальная энергетика, приливная энергетика, тепловые насосы); ресурсные возможности ВИЭ превышают существующие потребности регионов; определенная равномерность распределения того или иного вида ВИЭ по всему земному шару; неисчерпаемость; экологическая чистота (нет выбросов, отсутствует тепловое загрязнение планеты)	Невысокая плотность энергетических потоков и их непостоянство во времени; необходимость значительных затрат на оборудование, обеспечивающее сбор, аккумуляцию и преобразование энергии

1. Современное состояние в России. Россия — ведущая энергетическая держава мира, занимает 3-е место в мире по производству энергии. Но, так как Россия — страна, занимающая территорию свыше 17 млн км², около 70 % которой расположены в северных широтах со среднегодовой температурой –5,5 °С, она же является и одним из самых крупных потребителей энергии [4]. Поэтому в стране имеется ряд проблем, связанных с энергетической обеспеченностью потребителей.

На территории Российской Федерации централизованное энергоснабжение способно охватить лишь треть площади страны. Другая часть страны, в которой проживает около 20 млн человек, — это труднодоступные и отдаленные районы, которые находятся в зоне децентрализованного и автономного энергоснабжения [3, 5]. Значительная часть населенных пунктов в сельской местности до сих пор является негазифицированной, в связи с чем жителям приходится использовать существенное количество жидкого топлива и угля. В некоторые районы страны приходится завозить топливо, что увеличивает его окончательную стоимость [6].

Однако даже в районах с централизованным энергоснабжением периодически возникают различные проблемы, касающиеся надежности сетей и устойчивого обеспечения жителей энергией [6].

Кроме того, на основе многочисленных исследований выявлено, что применение традиционной энергетики наносит существенный ущерб окружающей среде. Необходимо отметить, что экономика добычи ископаемых

ресурсов, ввиду ограниченности мест их залегания, подвергается все большей концентрации, монополизации и глобализации [7].

В городах с централизованным энергоснабжением в зависимости от территориального расположения применяются, к примеру:

ТЭЦ (в качестве недостатков можно указать следующие: загрязнение атмосферы, высокие эксплуатационные расходы, если необходима доставка топлива, то удорожание энергии);

ГЭС (недостатки: при устройстве водохранилищ — затопление значительных участков земли; продолжительная засуха может прервать производство электроэнергии; возникновение проблем для рыб; количество плотин и водохранилищ, которые возможно строить на реке, ограничено; в случае аварии серьезно пострадают расположенные ниже по течению реки населенные пункты).

При централизованном энергоснабжении возникают большие потери в процессе доставки энергии от производителя к потребителю (например, в холодный период времени на теплотрассах). Для уменьшения подобного рода энергетических потерь на данный момент получило широкое распространение использование газовых котельных на крышах и кровлях. Однако следует отметить, что такие установки небезопасны и зависят от поставки газа.

Таким образом, необходимо обратить большее внимание на внедрение и развитие альтернативных источников энергии, что предоставит большую экономическую стабильность для индивидуального потребителя; создаст конкурентную платформу между альтернативными и традиционными источниками, что позволит им находиться в постоянном развитии [7].

В России должна быть принята и нормативно закреплена система дифференцированных тарифов на электроэнергию в зависимости от технологий ее производства, которая устанавливала бы преимущество (субсидии) для технологий альтернативной энергетики. Эффективность данной меры уже доказана международным опытом [8].

Инвестиционная привлекательность альтернативных источников энергии заключается в том, что сооружение данных установок, как правило, не требует огромных инвестиций и подобные установки являются относительно быстровозводимыми [7].

Так, эксплуатация возобновляемых источников энергии ежегодно позволяет вырабатывать пока не более 8,5 млрд кВт · ч электрической энергии (без учета ГЭС мощностью более 25 МВт), что составляет менее 1 % от общего объема производства электроэнергии в стране. По данным Росстата, установленные мощности в 2009 г. оценивались, ГВт: ГЭС — 45,6; геотермальные станции — 0,08; ветроэнергетические установки — 0,02. Прогноз на 2020 г.: ГЭС — 55 ГВт и ветроэнергетические установки — 3 ГВт [9]. Соответственно, можно увидеть, что интерес в стране к применению ВИЭ для производства энергии велик.

По данным наблюдений, можно сказать, что в современных городах, несмотря на значительное сокращение промышленного сектора, увеличилась потребность в обеспечении электрической и тепловой энергий [10]. Причиной этому является повышение требований, предъявляемых к уровню комфортности жилья, к уровню условий труда на предприятиях и в офисах.

Обеспеченность энергией, которая формируется наличием устойчивых источников тепловой и электрической энергий, сегодня является одним из основных параметров, которые ограничивают территориальное развитие различных жилых образований и развитие производственных сил [11]. Обеспеченность энергией характеризуется также понятием энергетической безопасности, которую описывают следующим образом: «Энергетическую безопасность можно определить тремя „до“: достаточность, доступность, допустимость» [12]. Перечисленные выше обстоятельства повышают значимость работ по изысканию источников автономного энергоснабжения жилищно-гражданских объектов, особенно в части реализации нетрадиционных источников тепловой и электрической энергии [11].

На данный момент необходимо найти другой вариант получения энергии, отличный от традиционных источников, который будет можно применять в существующей городской среде. В мировой практике уже существуют подобные предложения — применение гелиосистем на крыше (к примеру, на крыше медицинского центра Oklahoma Medical Research Foundation (OMRF) в Оклахома-Сити)), Strata Tower SE1 — небоскреб с ветряной электростанцией в Лондоне; Wind Solar — солнечно-ветряная электростанция на мосту и др. Применяемые системы позволяют покрыть определенный процент требуемой энергии для здания. Необходимо провести анализ, какой из возможных источников позволит давать большее количество энергии не только для одного здания, но и для комплекса застройки.

Для выявления оптимальных источников альтернативной энергии был проведен анализ трех наиболее распространенных систем.

2. Гелиосистемы. Производство энергии с использованием солнечных батарей, которые интегрируются архитекторами в здания, встретило в Европе широкую общественную поддержку, что позволило правительствам европейских стран запустить ряд демонстрационных проектов: крытая аллея в Королевском саду в Ла Монклоа (Мадрид), набережная в Барселоне, солнечные батареи на крыше Рейхстага, Банка Берлина, а также шумоизоляционные ограждения из солнечных батарей на авто- и железнодорожных магистралях в Мюнхене, Швейцарии, Голландии и других государствах-членах Евросоюза. В результате внедрения все новых и новых проектов производственная мощность солнечных батарей увеличилась со 100 мВт в год до 1100 мВт в год за последние 10 лет, а себестоимость производства тех же батарей сократилась вдвое за аналогичный период времени [13].

Таким образом, можно увидеть возрастающую тенденцию по использованию гелиосистем. Рассмотрим возможность их применения на территории РФ.

На основании карты инсоляции (рис. 1) в России можно увидеть наличие трех укрупненных зон: менее 1700 часов в год; от 1700 до 2000 часов в год; более 2000 часов в год.

Первая и вторая выделенные зоны на территории России являются наиболее крупными по площади. На данных территориях также выделено большое количество городов с большим количеством пасмурных дней в году, что существенно снижает эффективность работы гелиосистем (в 15...20 раз согласно проводимым исследованиям). Зимой гелиосистемы здесь также малоэффективны.



Рис. 1. Карта инсоляции России

Детальные исследования показали, что более 60 % территории России, включая многие северные районы, характеризуется существенным среднегодовым поступлением солнечной энергии — $3,5...4,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ в день. Наиболее «солнечными» являются регионы Дальнего Востока и юга Сибири ($4,5...5,0 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ в день). А большая часть Сибири, включая Якутию, по среднегодовому поступлению солнечной радиации относится к той же зоне, что и районы Северного Кавказа и Сочи ($4,0...4,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ в день). В целом, технический потенциал солнечной энергии в России составляет не менее 2 ТВт и примерно в два раза превышает сегодняшнее суммарное энергопотребление по стране [14].

Однако исследователи отмечают, что серьезным препятствием по применению гелиоэнергетики является все же достаточная низкая интенсивность солнечного излучения. Даже при самых благоприятных атмосферных условиях плотность потока солнечного излучения составит не более $250 \text{ Вт}/\text{м}^2$ [15]. И также можно выделить еще один пункт, который накладывает свое ограничение на применение гелиосистем: несмотря на то, что солнечная энергия является «чистой» энергией, к примеру фотоэлементы, которые используют для производства солнечных батарей, содержат ряд опасных веществ, таких как токсичный кадмий. В связи с этим необходимо направлять научную деятельность на разработку решений по производству гелиосистем без участия опасных веществ.

3. Ветрогенераторы. Как известно, первые ветроустановки появились еще более двух тысяч лет назад. На современном этапе развития ветровых установок можно отметить, что их производительность в последние 15 лет увеличилась в 100 раз, а вес применяемых турбин удалось сократить вдвое, также уменьшился уровень производимого шума (на основании исследований, проведенных в странах Европейского союза). К примеру, за последние 20 лет в этих странах себестоимость одного киловатт-часа ветроэнергии уменьшилось почти в семь раз [16].

Технически достижимые ресурсы ветровой энергии в России оцениваются в 16 млрд МВт · ч. Россия — одна из богатейших в этом отношении стран: протяженная береговая линия, обилие ровных безлесных пространств, акватории внутренних озер и морей [14].

Согласно карте среднегодовой скорости ветра в России по данным НАСА (рис. 2), можно сделать вывод, что на территории страны в большей степени преобладают ветра со скоростью менее 4 м/с и 4...5 м/с.



Рис. 2. Карта среднегодовой скорости ветра в России

Рассмотрим наиболее распространенные на сегодняшний день типы ветрогенераторных установок.

1. Ветрогенераторы с горизонтальной осью вращения — установки с горизонтальной осью вращения, расположенной параллельно или перпендикулярно направлению потока ветра.

При малой скорости ветра данный вид альтернативного источника малоэффективен. Возможно их применение в прибрежных зонах, однако на участках с сильной турбулентностью воздуха данные системы менее надежны, чем ветрогенераторы с вертикальной осью вращения. Также эффективность установок снижается при близком размещении вследствие «отбирания» ветра друг у друга. Специалисты отмечают, что данному типу ветрогенераторов свойственен высокий уровень шума.

2. Ветрогенераторы с вертикальной осью вращения (роторный ветрогенератор) — установки с вертикальной осью вращения, расположенные перпендикулярно направлению потока ветра.

Нет необходимости в дорогостоящем дополнительном устройстве, которое будет определять направление ветра и направлять генератор навстречу воздушному потоку. Для создания подобного ветрогенератора требуется меньшее количество деталей, которые движутся (соответственно, меньшие затраты на эксплуатацию и производство). На производство энергии не влияет скорость (способны работать уже при малых скоростях) и угол направления ветра. Шумовое воздействие минимально. Установка рядом нескольких

ветроустановок такого типа повышает их эффективность за счет создания дополнительных ветровых потоков.

Установка традиционных ветроэнергетических объектов непосредственно на крышах домов в ряде случаев неприемлема по следующим причинам: неприятное (шум) и вредное (биологически активное) акустическое воздействие; искажение архитектурных форм здания; кратковременность, нерегулярность и ненадежность электроснабжения [11].

Существуют также вихревые ветроэнергетические установки, которые имеют следующие характеристики, позволяющие размещать их на крышах зданий: установка снабжена звукоизолирующим корпусом; ей можно придать внешнюю форму, гармонирующую с архитектурой здания; установка обеспечивает существенно большую производительность по сравнению с другими видами ветрогенераторов благодаря своему конструктивному решению, а также утилизируемому из здания восходящему тепловому потоку (принцип термовоздушной электростанции) [17].

Однако исследователи также отмечают, что значительным ограничением по использованию энергии ветра является непостоянство его скорости (многолетняя и сезонная изменчивость; изменения в течение суток; мгновенные пульсации скорости и порывы ветра) [18].

4. Анализ трех типов альтернативной энергетики. Полученные данные, выявленные по всем трем типам систем на основании определенных, изначально отобранных критериев эффективности системы, занесены в сводную таблицу (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Анализ альтернативных источников энергии

Критерий оценки эффективности системы	Гелиосистема	Ветрогенератор с горизонтальной осью вращения	Ветрогенератор с вертикальной осью вращения
Применимость в течение годы	Ограничена	Не ограничена	Не ограничена
Установка рядом дополнительных источников	Не влияет	Уменьшает эффективность	Увеличивает эффективность
Шум	Нет	Да	Нет
Применение в городах	Да	Ограниченное применение	Да
Вырабатываемая энергия (один источник)	0,20 кВт	1,0 кВт	1 кВт
Средняя стоимость	16 200	85 680	160 000
Срок службы	30	20	20
Температура эксплуатации, °С	От –40 до +85	От –40 до +40	От –40 до +40

Закключение. Объективные данные свидетельствуют о том, что уголь, нефть и газ являются и на обозримую перспективу останутся фундаментом как глобальной, так и российской энергетики: по прогнозу British Petroleum, в 2030 г. на них будет приходиться около 4/5 производства первичной энергии. В связи с этим выбросы парниковых газов к этому рубежу не только не дос-

тигнут планируемых сокращений на уровне 25...30 %, но, напротив, по сравнению с 2009 г. увеличатся на 27% [2].

Поэтому для расширения масштабов использования нетрадиционных источников тепловой и электрической энергии в градостроительстве необходимо изменение самого взгляда на проблему. Применение в производстве и жилом секторе ВИЭ сможет обеспечить развитие производственных мощностей с обеспечением критериев экологичности и устойчивости; решить определенные проблемы ЖКХ; экономить значительную часть ископаемого топлива; также будет иметь место и социальный эффект, позволяющий стабилизировать тарифы электроэнергии. [11].

Энергоэффективность и применение ВИЭ — это проблема, которая затрагивает все проекты в области градостроительства, архитектуры и строительства. Необходимо формировать систему, которая будет способствовать уменьшению стоимости окончательной энергии, получаемой от ВИЭ [19]. Однако в любом случае необходимо гарантировать возможность равновесного использования между электричеством, поставляемым из центральных сетей, и энергией, производимой на месте самим потребителем с помощью ВИЭ [20].

Однако однозначно выбрать только лишь один тип источников альтернативной энергии на основе проведенного анализа не имеется возможности, так как каждый обладает рядом плюсов и минусов. Необходимо проводить последующие поиски оптимального типа, развивая не только техническую составляющую, но и также варианты их применения. Тем не менее можно отметить, что близкими к оптимальным для использования в городской застройке являются ветрогенераторы с вертикальной осью вращения на основании следующих критериев: отсутствие шума; возможность установки на малой высоте от уровня земли; повышение эффективности за счет установки рядом нескольких ветрогенераторов, создающих дополнительные ветровые потоки; меньшие затраты на эксплуатацию и производство вследствие малого количества движущихся деталей; отсутствие необходимости в установке дорогостоящих дополнительных устройств, которые определяют направление ветра и направляют генератор навстречу воздушному потоку; большая надежность при резких сильных ветрах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лизина О. М., Юничев К. Р. Альтернативная энергетика как фактор обеспечения энергетической и экологической безопасности страны // Контентус. 2013. № 7(12). С. 35—41.
2. BP Statistical Review: BP Energy Outlook 2030. January 2011. Pp. 18—19. URL: bp.com/statisticalreview
3. Денеко Е. С. Альтернативная энергетика: проблемы и перспективы использования // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2014. № 7—1. С. 129—132.
4. BP statistical review of world energy. June 2013. 48 p. URL: bp.com/statisticalreview
5. Попель О. С. Роль и место возобновляемых источников энергии в экономике России // Мосты. 2010. Вып. 7 (дек.). С 14—16.
6. Порфирьев Б. Н. Альтернативная энергетика как фактор эколого-энергетической безопасности: особенности России // Экономика региона. 2011. № 4. С. 137—144.
7. Симанков В. С., Бучацкий П. Ю. Формирование дерева целей и системы критериев эффективности в альтернативной энергетике на основе системного подхода // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер. 4: Естественно-математические и технические науки. 2007. № 4. С. 37—46.

8. Mendonca M., Jacobs D. Feed-in Tariffs Go Global. Policy in Practice // Renewable Energy World. 2009. Vol. 12. Iss. 4 (July — August).
9. Renewables 2010 Global Status Report. New York: REN21 (Renewable Policy Network for the 21 Century), 2010.
10. Российский статистический ежегодник. 2012: сб. стат. М.: Росстат, 2012.
11. Беляев Ю. М., Безбогин Г. А., Попов Р. А. Экологические аспекты градостроительства и альтернативная энергетика // Экономика устойчивого развития. 2014. № 1(17). С. 37—41.
12. Захарова Е. Н., Гурнович Т. Г., Долгиев М. М. Концептуальные основы обеспечения энергетической безопасности региона в условиях формирования инновационной экономики // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер. Экономика. 2012. Вып. 1(96). С. 43.
13. Renewable energy: market and policy trends in IEA countries // International Energy Agency. 2004. 382 p. P. 65. URL: http://s3.amazonaws.com/zanran_storage/www.iewa.org/ContentPages/9895294.pdf
14. Чумаков А. Н. Альтернативная энергетика России: потенциал и перспективы освоения // Вестник экологического образования в России. 2010. № 2. С. 18—20.
15. Гринкевич Р. Тенденции мировой электроэнергетики // Мировая экономика и международные отношения. 2003. № 4. С. 15—24.
16. Assessment and optimization of renewable energy support schemes in the European electricity market: OPTRES final report 2007. P. 8.
17. Беляев Ю. М. Стратегия альтернативной энергетики. Ростов н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ, 2003.
18. Ерохин А. А., Ерохина Т. П. Сравнительный анализ экологических и технических проблем в альтернативной распределенной энергетике // Ресурсоэффективным технологиям — энергию и энтузиазм молодых: сб. науч. тр. VI всерос. конф., 22—24 апреля 2015 г. Томск: Нац. исслед. Томск. политехн. ун-т, 2015. С. 78—81.
19. Gevorkian P. Alternative energy systems in building design // A GreenSource Book, 2002.
20. Planning of the Grid Integration of Wind Energy in Germany Onshore and Offshore up to the Year 2020 / M. Bartels, Ch. Gatzert, M. Peek et al. // Int. J. of Global Energy Issues. 2006. Vol. 25. No. 3/4. Pp. 257—275.

© Дикарева Е. А., Перехоженцев А. Г., 2018

Поступила в редакцию
в марте 2018 г.

Ссылка для цитирования:

Дикарева Е. А., Перехоженцев А. Г. Анализ применения альтернативной энергетики в городах России на основе выявленных характеристик // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. Вып. 52(71). С. 156—165.

Об авторах:

Дикарева Екатерина Александровна — магистрант кафедры архитектуры зданий и сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, ea.dikareva@gmail.com

Перехоженцев Анатолий Георгиевич — д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры архитектуры зданий и сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, pag41@mail.ru

E. A. Dikareva, A. G. Perekhzhentsev

THE ANALYSIS OF APPLICATION OF ALTERNATIVE POWER ENGINEERING IN RUSSIAN CITIES ON THE BASIS OF THE REVEALED CHARACTERISTICS

The current state of traditional and alternative power engineering in Russia and in the European Union countries as well is considered in the article. The problems of use of traditional types of energy are determined. The analysis of the most common systems of alternative energy to be used in city structure in Russia is carried out. The main criteria for the determination of the efficiency of systems when applied in cities are revealed. On the basis of these criteria the data collection on each of three

types of alternative energy sources is conducted. The comparative table of three systems on the basis of the revealed evaluation criteria for the allocation of the most effective system in the urban environment is provided.

Key words: alternative power engineering, traditional power, solar systems, wind-powered generators, urban environment.

For citation:

Dikareva E. A., Perekhozhentsev A. G. [The analysis of application of alternative power engineering in Russian cities on the basis of the revealed characteristics]. *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], 2018, iss. 52(71), pp. 156—165.

About authors:

Dikareva Ekaterina Aleksandrovna — Master's Degree student of Architecture of Buildings and Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, ea.dikareva@gmail.com

Perekhozhentsev Anatolii Georgievich — Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of Architecture of Buildings and Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, pag41@mail.ru

УДК 711.4:551.581.2

В. И. Дроботов, Е. В. Шагиева

Волгоградский государственный технический университет

ФОРМИРОВАНИЕ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ В УСЛОВИЯХ НЕБЛАГОПРИЯТНОГО КЛИМАТА

Освещены актуальные проблемы оптимизации жилой среды в неблагоприятных климатических условиях. Рассмотрен поиск новых приемов архитектурно-планировочной организации принципиальных теоретических моделей градостроительных образований в районах с неблагоприятным климатом. Проанализированы возможные экспериментальные модели градостроительных образований для неблагоприятных климатических районов.

К л ю ч е в ы е с л о в а: микроклимат, жилая среда, климатический район, акклиматизация, адаптивная архитектура, градостроительное образование.

Город — это искусственно созданная архитектурная среда для оптимальной жизни и деятельности человека.

Современная городская застройка только частично учитывает природно-климатические условия, и человек ощущает себя комфортно только в собственной жилой ячейке, а не в совокупном общественном пространстве города. Необходим поиск средств оптимизации микроклимата городской среды и, как следствие, поиск новых принципов архитектурно-планировочной организации городских пространств в условиях неблагоприятного климата.

Тенденция градостроительной организации селитебных территорий традиционными способами перестала удовлетворять современную градостроительную науку. Ярким примером является современная застройка селитебных территорий. Как показали исследования авторов, одни и те же композиционные приемы размещения жилых домов воспроизводятся в селитебных районах наших городов. Так, например, строчная и периметральная (с выделением дворового пространства) застройки применяются в городах из разных климатических зон, например в Астрахани (IVГ), Волгограде (IIВ), Саратове (IIВ), Москве (IIВ), Мурманске (IIА), Чите (IВ) и др.

Таким образом, при размещении зданий в жилых образованиях зачастую применяются одни и те же композиционные схемы, не учитывающие различные климатические условия в нашей огромной стране.

Научная новизна данного исследования очевидна, так как вопросы оптимизации принципов градостроительства время от времени требуют корректировки, а в сложных климатических условиях в настоящее время недостаточно изучены.

Тема актуальна еще и тем, что в настоящее время происходит активное освоение территорий Крайнего Севера, в то же время жилая среда в современных городах, находящихся в резко континентальных климатических зонах, также требует дальнейшей оптимизации, основанной на научно-обоснованных принципах градостроительства, поэтому вопросы, поднятые в статье, являются своевременными и крайне актуальными.

Данные статистических исследований говорят о том, что свыше 65 % территории России находится в зоне вечной мерзлоты. В настоящее время на этих

гигантских площадях, богатых природными и ископаемыми ресурсами, проживает всего лишь 10 % населения страны. Прирастание мощи государства за счет вышеупомянутых земель происходит в основном за счет вахтенного способа добычи природных ресурсов и полезных ископаемых, что представляется неэффективным. В чем же дело? В основном это крайне неблагоприятные условия проживания. В частности, суровые климатические условия. Зимой здесь очень холодно — до -72°C . Продолжительность зимнего периода доходит до 10 месяцев в году. Кратковременное лето изобилует кровососущими насекомыми, при этом максимальная температура доходит до 35°C .

Таким образом, среднегодовой перепад здесь составляет свыше 105°C . В подобных природных условиях находятся свыше 10 городов России с населением до полумиллиона жителей. При этом Верхоянск имеет около 1,5 тыс. жителей, Игарка — 4,9 тыс., Дудинка — 22 тыс., Мирный — 35,4 тыс., Надым — 44,7 тыс., Воркута — 58,2 тыс., Норильск — 177,5 тыс., Якутск — 283 тыс., Чита — 347,1 тыс. В то же время на юге России — в Калмыкии, Волгоградской, Астраханской, Ростовской областях — также можно отметить резкие годовые перепады максимальных температур. Например, в Ростове-на-Дону зимой -31°C и летом $+41^{\circ}\text{C}$, в Волгограде зимой -33°C и летом $+41^{\circ}\text{C}$, в Калмыкии -35°C и $+41^{\circ}\text{C}$ соответственно, в Актюбинске -34°C и $+43^{\circ}\text{C}$, в Яшкулье -36°C и $+44^{\circ}\text{C}$, в селе Александров Гай -39°C и $+44^{\circ}\text{C}$. В среднем составляет перепад в 80°C . Данный «экстремальный» климат усугубляется частыми ветрами, как летом, так и в зимний период, доставляя значительные проблемы здоровью населения в перечисленных выше регионах [1].

Приспособление людей к неблагоприятным климатическим условиям жизнедеятельности не должно отрицательно отражаться на состоянии их здоровья и быть причиной потери их трудоспособности в дальнейшем. Все это, в свою очередь, предполагает необходимость поиска альтернативных средств регулирования как внешнего, так и внутреннего микроклимата городской среды и, как следствие, поиск новых принципов архитектурно-планировочной организации городских пространств в условиях неблагоприятного климата [2].

Современные условия развития науки и техники, а также экономические предпосылки требуют новых подходов в области архитектуры и градостроительства. Необходимо выйти на научно обоснованные принципы создания градостроительных образований в неблагоприятных климатических условиях [3].

Основная цель формирования научно обоснованных принципов — создание гуманной градостроительной среды в условиях неблагоприятного климата. И для этого необходимо создать экспериментальные принципиальные градостроительные модели для неблагоприятных климатических условий.

В данном случае неблагоприятными климатическими условиями являются резко континентальный климат (неблагоприятный IVГ, ПВ), жаркий и сухой климат, суровый холодный климат. Как низкая, так и высокая или резко меняющаяся в течение года, месяца или суток температура неблагоприятно воздействуют на состояние здоровья населения. И поэтому экспериментальные градостроительные модели должны иметь абсолютную зону комфорта — оптимальный диапазон климатических параметров для жизни и деятельности человека.

Для создания принципиальных градостроительных моделей необходимо выработать условия (критерии), которым должны отвечать эти модели. Задача представляется следующей: архитектурная модель должна отвечать комфортным условиям пребывания субъекта архитектуры, т. е. человека.

Под группой моделей № 1 мы подразумеваем модель, разрабатываемую для дискомфортного климата (резко континентальный климат). Дискомфортный климат — это прежде всего дискомфортная среда: перепад температур 70...80 °С (летом +42 °С и зимой –36 °С) в год и суточный 10...15 °С (от –8 °С ночью до +5 °С днем) [4].

Для групп моделей № 2 принимаем экстремальные климатические условия. Это жестко дискомфортная среда, граничащая с угрозой здоровью человека. Летом до 40...70 °С, где человек днем старается не выходить на улицу, а активная жизнь начинается после захода солнца или осенью и зимой.

Группам моделей № 3 соответствует агрессивная климатическая среда, опасная для жизни человека. Поселок Оймякон, Якутия, годовая максимальная температура составляет –60...–73 °С, в г. Верхоянске –68 °С (2003 г.). Здесь трудовая деятельность человека крайне затруднена, а жизнь в связи с агрессивной климатической средой граничит со смертью из-за переохлаждения организма за достаточно короткий временной отрезок [5].

Новая форма поселения будет основываться на модели, состоящей из модулей групповой системы расселения на территориях с неблагоприятным климатом. Идея заключается в том, чтобы сформировать самостоятельное градостроительное образование, состоящее из отдельных модулей, имеющих функциональные назначения, соответствующие современным градостроительным зонам, а именно: селитебная, промышленная, коммунально-складская, санитарно-защитная, а также зона общественно-деловая, т. е. центр города с местами общественного пользования.

Для того чтобы выйти на оптимальные модели, необходимо рассмотреть различные варианты градостроительных решений, связанных с климатическими условиями в трех резко отличающихся климатических зонах. Для чего мы рассматриваем все возможные варианты? Для того, чтобы выработать принципиальные критерии оценки теоретических градостроительных моделей.

Критериями могут служить: используемый вид строительных материалов, предполагаемая технологическая концепция возведения градостроительного модуля, применяемая архитектурная концепция формирования градостроительных образований и системы расселения, применение альтернативных и прогрессивных источников энергии [6].

В условиях жаркого, приполярного климата возникают два различных архитектурных приема градостроительства, связанные со спецификой климата: один жарко-сухой район и другой — ветрено холодный зимой на протяжении 9...10 месяцев с большим количеством осадков. Поэтому концепция архитектуры может строиться на базе нескольких принципов: единое замкнутое пространство жилого образования; единое воздушное пространство всего градостроительного образования; отсутствие кровли и фундамента; метод крупно-узловой сборки модулей-трансформеров; соединение экстерьера с интерьером; элементы природы в интерьере; единый температурно-влажностный режим для всего объекта, включающего в себя жилье, общественные пространства и внутреннюю территорию — двор общего пользования [7].

Модель № 1 «Атриум» — традиционная архитектура с внутренним двором, перекрытым структурой, которая закрывается при неблагоприятных погодных условиях (рис. 1). Дворовое пространство в основном отапливается за счет экранирования внутреннего тепла. Количество жителей — по необходимости.

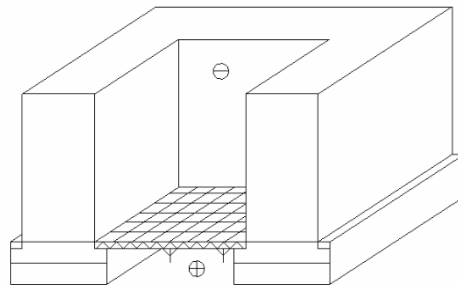


Рис. 1. Разрез модели № 1 «Атриум» для резко континентального климата

Данная модель №1 имеет право на существование как переходной вариант.

Модель № 2 «Колизей» — архитектура стадиона с раздвигающейся кровлей (рис. 2). Кровля плоская с небольшим уклоном как наиболее оптимальный вариант для климата без осадков. Прототипом является среднеазиатское жилье. Количество квартир не лимитировано.

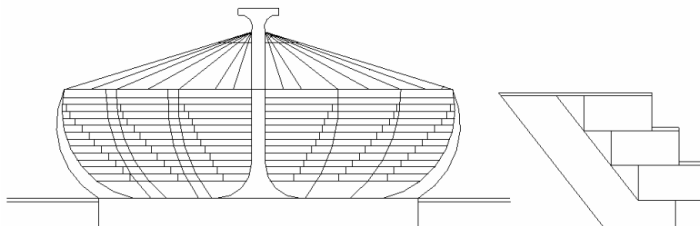


Рис. 2. Разрез модели № 2 «Колизей». Жилые ячейки в разрезе

Данную модель следует применять в жарком климате, а в условиях Севера — только с условием модернизации плоской крыши, приспособленной для районов с минимальным количеством осадков.

Модель № 3 «Пирамида» может быть использована как в районах с преобладающей низкой температурой, так и на юге в очень жарких зонах (рис. 3). Основные особенности данной модели: отсутствие крыши в жилье, отсутствие дорог и транспорта, возможность организации комплекса модулей в городское образование, единое закрытое пространство, экстерьер в интерьере, искусственный пол с грунтом и ландшафтом, отсутствие фундаментов.

В настоящее время при всеобщей тенденции глобального потепления в зоне вечной мерзлоты, где строили дома со слабыми, рассчитанными на замерзший грунт фундаментами, зафиксированы массовые случаи разрушения ограждающих конструкций зданий и, как следствие, непригодность их к дальнейшей эксплуатации, а устройство ленточных фундаментов в зоне вечной мерзлоты представляется весьма затруднительным по технологическим и экономическим соображениям [5].

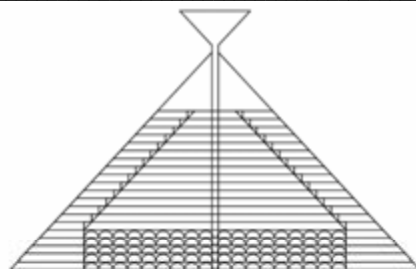


Рис. 3. Разрез модели № 3 «Пирамида» для Крайнего Севера

Пирамида как геометрическое тело — наиболее оптимальная форма для климатических зон с большими осадками. Прототипом послужили чум и яранга. Жилые ячейки — объемные блоки (крыша отсутствует, стены без утеплителя и несущих способностей). Количество жителей в модуле от 500 до 2500 человек в зависимости от размеров модуля и градостроительной необходимости. Блок имеет стационарное обслуживание на 1-м и 2-м уровнях. Во внутреннем дворе располагаются растения и водные устройства (бассейны) [8].

Все градостроительное пространство в модуле в моделях № 2 и № 3 перекрыто таким образом, чтобы организовать единый температурно-влажностный режим, как для жилых ячеек блока, так и для пространства общего пользования всего селитебного образования [9].

Модель № 3 рассчитана для неблагоприятных климатических условий с большим количеством осадков в году из-за наиболее оптимального для этого уклона ограждающих конструкций. Она может также применяться совместно с моделью № 2 как градостроительный модуль или самостоятельная градостроительная единица в районах с неблагоприятным климатом, где осадков нет или очень мало. В то же время компоновка нескольких таких селитебных модулей (блоков) совместно с другими обязательными градостроительными структурами, такими как городской общественный центр — место общественного пользования, энергетический блок, производственный, промышленный или сельскохозяйственный блок-модуль, а также блоки коммунально-складской функции, способна представить довольно крупное городское образование, как, например, город на 5...50 тысяч человек и более.

Основная объемная форма градостроительных образований на базе модели № 3 типа «Плата» — многоярусная структура в виде пирамид, трансформирующихся на основе присоединения к ним дополнительных объемов (рис. 4). Замкнутая структура с единой оболочкой позволит создать умеренный искусственный климат в условиях жаркого и приполярного климата [10].

Зоны города данных моделей преобразованы в самостоятельные блоки. В структуре города выделены оптимальные блоки: для жилых образований (селитебный с подцентрами в каждом), для размещения производств (промышленный), коммунально-складской, энергетический, для организации зон отдыха (рекреационный).

Модульные блоки изготавливаются из крупных функциональных узлов. Данная крупноузловая сборка блоков состоит из унифицированных модулей промышленного изготовления.

Используемая модульная сборка позволит провести возведение конструкций в максимально сжатые сроки. Для начала возведения таких конструкций подходят любые погодные условия. При этом они легко выдерживают серьезные сейсмические нагрузки. Данные сооружения в любой момент можно разобрать на модули, перевезти их на другое место и там же собрать (т. е. такие конструкции очень мобильны) [11].

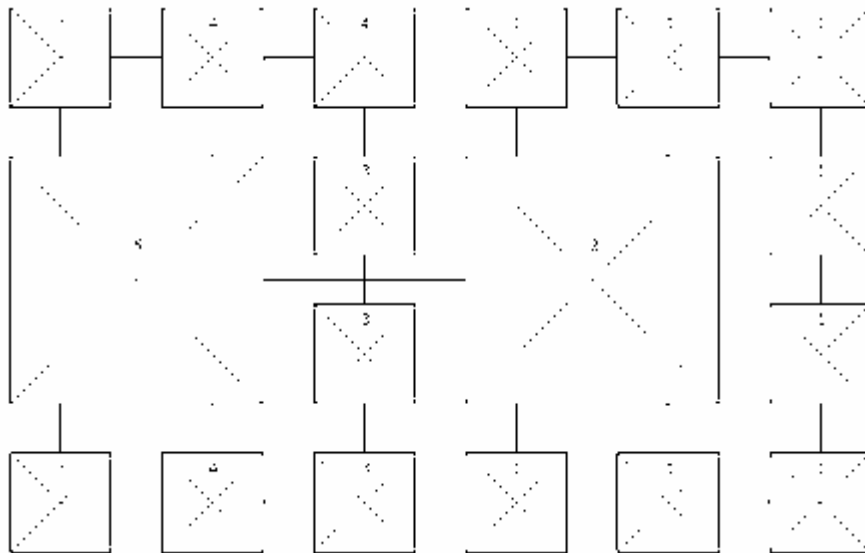


Рис. 4. Город на 8 тысяч жителей — градостроительное образование «Плата» на базе модели № 3: 1 — общественно-культурный и деловой центр; 2 — жилые образования (блоки), селитебная зона с торгово-развлекательными подцентрами; 3 — коммунально-складские блоки города; 4 — энергетические блоки (электроподстанции); 5 — промпредприятия (в том числе тепличные хозяйства)

Данная модель типа «Плата» для условий жаркого и сурового холодного климата будет незначительно отличаться. В двух случаях используются максимальные значения: переохлажденный и перегретый воздух, недостаток и избыток солнечной радиации, ультрафиолетовое голодание и перенасыщение. И, как следствие, градостроительное образование для севера будет максимально развернуто к солнцу, при этом используется искусственный пол и устройство панелей, выделяющих необходимый ультрафиолет, а для юга — естественный пол и защита от солнца (применение простейших трансформируемых, солнцезащитных экранов, окраска наружных поверхностей ограждений в белый и светлые тона). Отсюда несколько разные критерии организации внутреннего пространства дома [12].

Концепция города предполагает полное самостоятельное обеспечение городских нужд возобновляемым источником энергии, т. е. солнечной энергией при помощи прозрачных геопанелей, расположенных на сторонах пирамид и генерирующих солнечную энергию. Иными словами, с точки зрения ресурсосбережения градостроительные образования сформированы на основе современных научных и технологических знаний, к которым можно отнести такие технологии, как «умный» и «пассивный» дома [13, 14].

Таким образом, данная разрабатываемая концепция градостроительных образований чрезвычайно важна для регионов Сибири с крайне неблагоприятным климатом, так как степень развитости убывает с запада на восток и более 80 % агломераций находятся на территории европейской части России ввиду более благоприятного климата. Поэтому благодаря новым адаптированным градостроительным структурам в условиях России с ее гигантскими пространствами и расстояниями данные поселения будут особенно востребованы. Благодаря им будет осуществляться «экономическое сжатие» территории, преодоление специфического для России «барьера пространства» с неблагоприятным климатом. Поэтому это возможно в том случае, когда будут обеспечиваться качественно новые комфортные условия жизни, которые убедят население не покидать территорию и привлекут новых жителей [15].

Предлагаемые авторами принципы градостроительной организации селитебных образований в условиях неблагоприятных климатических особенностей позволят получить социально-экономический эффект от создания комфортной среды при освоении новых территорий, а именно:

оптимизация психологических факторов, миграционных процессов — переезд человека из районов с благоприятным климатом в район с экстремальными климатическими условиями внутри страны позволит снизить порог привыкания, акклиматизации при переезде;

появления новых технологических принципов организации и приемов возведения градостроительных образований, а также систем расселения, которые в первую очередь приведут к безотходным, чистым технологическим процессам строительства и реконструкции, — метод крупно-узловой сборки модульной архитектуры из элементов-трансформеров;

проникновение естественных элементов природы в искусственную, слияние интерьера с экстерьером в закрытом градостроительном комплексе, где тепло излучаемое, экранируемое жильем не отапливает улицу — воздух частично отапливает внутреннее дворовое пространство градостроительного модуля;

отсутствие транспортных коммуникаций в привычном понимании и самого транспорта в градостроительных образованиях закрытого типа приведет к улучшению экологической среды и сделает более гуманными селитебные образования человека.

Данные разработки могут широко применяться в практике освоения новых обширных площадей России как в условиях резко континентального климата, так и в условиях Крайнего Севера. Выработка научно обоснованных принципов градостроительной организации гуманной селитебной территории выведет на новые приемы и уровень развития отечественного градостроительства. Это позволит создавать благоустроенную жилую среду, отвечающую современным условиям комфорта проживания, а следовательно, успешно решать политические и экономические задачи государства в обозначенных выше климатических условиях страны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шихов А. Н. Архитектурная и строительная физика. Пермь: Пермская ГСХА, 2013. 377 с.
2. Тиняева Н. В. Двор в структуре жилой среды // Наука, образование и экспериментальное проектирование в МАРХИ: тез. докл. науч.-практ. конф. профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов. Сер.: Политематическая. 2012. Вып. 5(10). Ст. 23. URL: <http://www.marhi.ru/AMIT/2012/>

3. Fry M., Drew J. Tropical architecture in the dry and humid zones. London: B. T. Batsford LTD, 1964.
4. Карпова Т. А., Дорофеева Н. Н. Эволюция адаптивной архитектуры в экстремальном климате // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. Сер.: Политематическая. 2016. Вып. 3(14). Ст. 17. URL: <http://pnu.edu.ru/>
5. Тиняева Н. В. Принципы формирования жилой среды в условиях Нижнего Поволжья: дис... канд. арх. Астрахань, 2013. 169 с.
6. Oakley D. Tropical houses. London: B. T. Batsford LTD, 1961.
7. Bruck K. Heat balance: the regulation of body temperature // Amer. Industr. Hyg. Ass. J. 1971. Vol. 32. Pp. 531—541.
8. Lee Douglas H. K. La construction en climat chaud // Centre Regional Editions Techniques. Paris, 1953.
9. Sewart J. H. The basic principles of tropical climatology and diseases due to heat // J. roy. navmed. serv. 1960. Vol. 46. No. 2. Pp. 79—91.
10. Van Eyck A., Smithson P., Bakema J. B. Discussion / The Sub-Arctic Habitat. In CIAM '59 in Otterlo: Arbeitsgruppe für die Gestaltung soziologischer und visueller Zusammenhänge, edited by O. Newman. Stuttgart: Karl Krämer Verlag, 1961.
11. Бессонова Н. А. Физиологическое обоснование оптимальных параметров микроклимата с учетом температурных перепадов «воздух — ограждения» // Актуальные вопросы промышленного микроклимата: сб. науч. тр. Ин-та гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. М., 1978. С. 83—87.
12. Temperature and life / H. Precht, J. Christophersen, H. Hensel, W. Lacher. Berlin: Heldelberg; New York: Springer Verlag, 1971. Pp. 505—761.
13. Аракелян Р. Г. Повышение качества жилой среды с учетом ценностей традиционных жилых образований (на примере территории Армянского нагорья): дис... канд. арх. М., 2011. 180 с.
14. Haug E., J. Oelbermann. Numerical design and analysis of pneumatic structures // CIB — International Symposium on air supported structures. Venedig, 1977.
15. Pneumatic Structures under Windload and internal pressure // Research report IASS-working group of pneumatic structures. Yokohama National University, 1978. Pp. 50—67.

© Дроботов В. И., Шагиева Е. В., 2018

Поступила в редакцию
в феврале 2018 г.

Ссылка для цитирования:

Дроботов В. И., Шагиева Е. В. Формирование градостроительных комплексов в условиях неблагоприятного климата // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. Вып. 52(71). С. 166—174.

Об авторах:

Дроботов Виктор Иванович — канд. арх., доцент, заслуженный работник высшей школы РФ, профессор кафедры урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Шагиева Елизавета Владимировна — магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, liza-2609@mail.ru

V. I. Drobotov, E. V. Shagieva

FORMATION OF TOWN-PLANNING ENTITIES IN ADVERSE CLIMATIC CONDITIONS

The article highlights the actual problems of optimizing the residential environment in adverse climatic conditions. The search for new methods of architectural and planning organization of theoretical models of town-planning entities in areas with unfavorable climate is considered. Possible experimental models of town-planning formations in unfavorable climatic regions are analyzed.

Key words: microclimate, living environment, climatic region, acclimatization, adaptive architecture, town-planning entity.

For citation:

Drobotov V. I., Shagieva E. V. [Formation of town-planning entities in adverse climatic conditions]. *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], 2018, iss. 52(71), pp. 166—174.

About authors:

Drobotov Viktor Ivanovich — Candidate of Architecture, Docent, Honorary worker of higher school of the Russian Federation, Professor of Department of Urban Development and Theory of Architecture, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

Shagieva Elizaveta Vladimirovna — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, liza-2609@mail.ru

УДК 711.4-112(470.45)

И. Н. Етеревская, Л. С. Петрова

Волгоградский государственный технический университет

ОСОБЕННОСТИ СОЦИАЛЬНО-ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОТКРЫТЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ СОВРЕМЕННОГО РОССИЙСКОГО ГОРОДА

Рассмотрены вопросы изменения роли городского общественного пространства в социальной жизни современного города и влияние социальных процессов на характер функционирования и трансформацию городских общественных пространств. Проанализированы типы городских общественных пространств по степени освоения и завершенности формирования. Предложены наиболее эффективные направления и основные приемы их социальной актуализации.

К л ю ч е в ы е с л о в а: архитектура, градостроительство, открытые городские общественные пространства, социокультурное пространство, постсоветский город, социальная актуализация.

Традиционно городские открытые общественные пространства отражают социальные процессы, протекающие в городе. Складываясь на протяжении многих десятилетий, они представляют собой сложную взаимосвязанную систему исторической и новой застройки, коммуникаций, элементов городской среды.

Изменение социально-экономической ситуации потребовало пересмотра внешнего вида, социального статуса открытого общественного пространства и форм его взаимодействия с жителями города.

Современная ситуация вводит в формирование архитектурного пространства нового активного субъекта-потребителя. Вплоть до конца XX в. потребителем считался только субъект восприятия архитектурных форм, пассивно воспринимающий предложенные ему архитектурные решения. В настоящий момент мы имеем социального субъекта, оценивающего и принимающего участие в процессе организации своей пространственной среды [1]. Мировой опыт показывает, что крупные промышленные центры претерпевают трансформацию на всех уровнях организации и становятся пространством для коммуникации, что отражается на повседневных практиках горожан. Основным свойством общественного пространства становится способность к осуществлению социального взаимодействия: встреч, общения, представления себя другим в повседневной жизни [2, 3]. В тоже время большинство городских общественных пространств постсоветских городов оказались к этому не готовы.

Включение российского общества в глобальную социокультурную среду порождает необходимость создания общественных пространств, ориентированных на потоки туристов, мигрантов и представителей бизнеса, «транзитных пространств», где пространство выполняет роль социокультурного посредника, позволяя индивиду адаптироваться в незнакомой для него среде. В глобальном соперничестве за инвестиции между городами и регионами побеждают те, которые создают уникальные общественные пространства, вызывающие эмоциональный отклик у субъектов его восприятия. Социально-экономическое благополучие города и региона зависит от создания успешного бренда и его реализации в архитектурном пространстве [4].

Как отмечает Г. Ревзин, «индустриальные города прекрасно функционируют и без общественных пространств. Однако при переходе к постиндустриальной экономике — экономике знаний, услуг и технологий — города становятся тем успешнее, чем в большей степени обеспечивают развитие человеческого и социального капитала. В этом процессе общественные пространства играют ключевую роль, поскольку их предназначение в городе — это коммуникация и обмен. Они нужны для тех городов, которые претендуют на успешность в современной экономике» [5].

Для успешного включения общественного пространства в социальную жизнь города необходимо рассматривать данное понятие не только на уровне архитектурных и градостроительных практик, но и в контексте социологии архитектуры, где социальные субъекты реализуют себя через архитектурные коммуникационные предложения с помощью застроенного «жизненного пространства», к которому они тяготеют, подстраиваются и под которое изменяются [6, 7]. Дж. Джекобс, исследуя роль городских общественных пространств, отмечала, что современный город живет и успешно развивается не благодаря реализации гениальных градостроительных теорий и архитектурных фантазий, а ввиду разнообразия и гибкости механизмов саморегуляции и способности соответствовать изменяющейся социальной активности современного человека [8].

Таким образом, конструирование архитектурного пространства современного города предполагает создание социально значимых общественных пространств, позволяющих конструировать жизненный мир горожанина [8—13], существенными частями которого являются основные ценности, принятые современным обществом.

В рамках данной статьи рассматривается социально-пространственная трансформация общественных пространств Красноармейского района г. Волгограда как самого большого (площадью 23 000 га, что составляет 45 % от общей площади Волгограда) и самого удаленного от центра планировочного района города.

Красноармейский район Волгограда расположен на юге города и неофициально разбит на две части — до канала и за каналом. Центр доканальной части района находится на бульваре Энгельса, центр заканальной части расположен на пересечении проспектов 40 лет ВЛКСМ и Героев Сталинграда (аванплощадь кинотеатра «Юбилейный»). Численность населения Красноармейского района Волгограда составляет около 200 000 человек (17 % от общего количества горожан).

Официальная история Красноармейского района Волгограда ведется с 21 марта 1944 г. Однако согласно историческим летописям, первые поселения на этой территории появились еще в XVIII в. (в 1765 г.): тогда здесь располагалась немецкая колония гернгутеров Сарепта.

Планировочная структура градостроительного ансамбля общественных пространств Красноармейского района, сформированная в послевоенный период, строится на основе четырех лучей, идущих из глубины застройки в сторону Волги (рис. 1). Главный центральный луч составляет Волго-Донской судоходный канал и его озелененные набережные. Ширина пространства, которое он образует, достигает 400 м. Второй луч этого комплекса составляет эспланада, застроенная по линии бульвара Энгельса. Широкий бульвар выхо-

дит на берег затона и Волги, к аванплощади Дома культуры химиков, а далее должен переходить в предусмотренный генпланом Парк культуры и отдыха. Третий луч проходит в заканальной части города через улицу 40 лет ВЛКСМ и улицу им. 50 лет Октября, а замыкается на набережной Волги памятником Ленину. На пересечении улицы им. 50 лет Октября с проспектом Канатчиков образована площадь кинотеатра «Юбилейный». Проспект Канатчиков соединяет это пространство с четвертым лучом, который проходит через улицу Бахтурова и улицу Панферова. На пересечении улицы Бахтурова с улицей Вучетича сформирована площадь Дома культуры «Металлург» и прилегающий к ней крупный парковый массив. Все четыре луча выходят на набережную Волги и создают единый многообразный по силуэту ансамбль. Однако в силу сложившихся социально-экономических условий социальное, функциональное и рекреационное использование данного градостроительного комплекса не соответствует его социальному статусу.

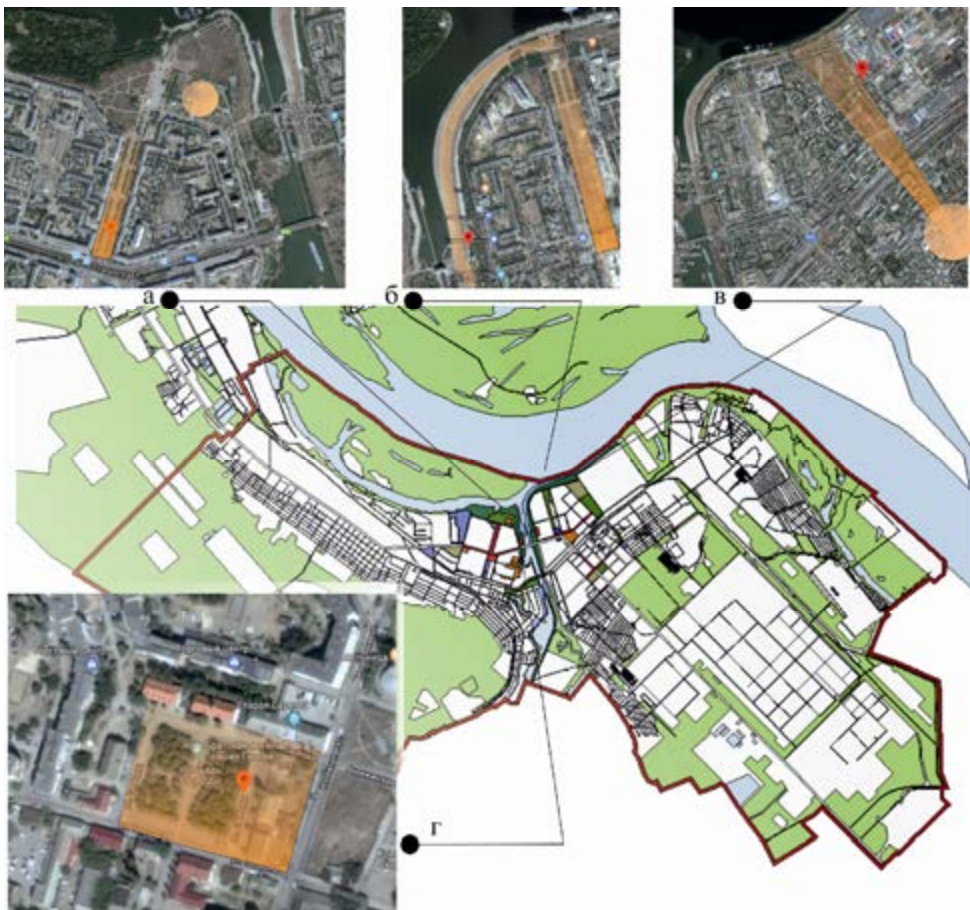


Рис. 1. Планировочная структура градостроительного ансамбля общественных пространств Красноармейского района с основными лучами формирования пространства: *а* — бульвар Энгельса, площадь ДК «Химик»; *б* — Волго-Донской судоходный канал и его озелененные набережные; ул. 40 лет ВЛКСМ — им. 50 лет Октября, площадь кинотеатра «Юбилейный»; *в* — ул. Бахтурова — ул. Панферова; *г* — площадь Свободы

В структуре социального пространства выделяется публичное пространство города, под которым понимаются традиционные общественные места. В то же время наблюдается интерес к вопросам развития городских общественных пространств с учетом их социального потенциала, процесс возрождения национальных региональных «памятных мест», что дает возможность общности сохранить свою идентичность.

В исследовании «Городская среда — технология развития» наиболее полно очерчено понимание социального потенциала городской среды как «способности к развитию городского сообщества через осознание самого себя» [14]. Для формирования городской среды это означает сохранение и раскрытие культурного наследия и ценных ландшафтов, т. е. реабилитационные процессы в среде, преемственность, индивидуализацию и эстетизацию среды с учетом общей направленности культурного развития.

С учетом этого особое значение социально-значимых доминант как основных смысловых структурообразующих элементов на примере территорий Красноармейского района г. Волгограда приобретают следующие типы общественных пространств:

образованные объектом или рядом объектов, занимающих значительный ранг в пространственной композиции города (бульвар Энгельса, ул. Бахтурова, ул. Фадеева);

прилегающие к основным видам учреждений культуры и их комплексам (аванплощадь кинотеатра «Юбилейный», площади Дома культуры «Металлург», Дома культуры химиков);

представляющие образ города как элемент исторической среды в концентрированном виде (градостроительный ансамбль сталинского классицизма, сформированный вдоль Волго-Донского судоходного канала им. Ленина);

объединяющие объекты, связанные с историческими событиями или людьми (площадь Свободы на территории музея-заповедника «Старая Сарепта»).

Публичные пространства в структуре города, безусловно, обладают ценным градостроительным, архитектурным, ландшафтно-рекреационным и социальным потенциалом, и это никто не оспаривает, но в градостроительной практике их зачастую рассматривают как резервные территории для размещения новой застройки.

Архитектурное произведение представляет собой хронотоп и имеет специфическое поле временности и пространства, которое создается для оценки не только современниками, но и последующими поколениями, что позволяет ему быть транслятором ценностей в долговременной перспективе. Архитектурное пространство состоит из разновременных архитектурных объектов. Они подвержены постоянным интерпретациям, которые создают пласты социально значимой информации, по которым можно проследить ценностные предпочтения или «культурные коды» определенной эпохи (рис. 2).

Городские общественные пространства как сложные пространственно-планировочные и социальные образования находятся в процессе постоянного развития в пространстве и изменения во времени. Нередко эти изменения происходят под влиянием социально-экономических факторов. Отдельные постройки, фрагменты улиц, площади иногда видоизменяются до неузнаваемости. В этой связи очень важно, чтобы в восприятии горожанина типы зданий, улиц, площадей независимо от изменений, происходящих в городской

среде, суммировались в цельное представление об образе пространства. С учетом этих особенностей средообразования современным городским общественным пространствам присущи такие качества, как «незавершенность» и «овременение» [15].



Рис. 2. Архитектурное пространство сформировано из архитектурных объектов и элементов заполнения среды, содержащих социально значимую информацию о ценностных предпочтениях, «культурных кодах» эпохи

Свойство «незавершенности» означает, что каждая улица, площадь, ансамбль, любой элемент общественного пространства не может быть единожды окончательно решенным, а служит лишь фактором для создания соответствующего образа. Однако это не означает полное исключение законченных самостоятельных объектов или пространств, характерных для классических образцов. Просто любая профессиональная идеология не может быть универсальной и вечной и в процессе выработки новой трактовки претерпевает изменения, направленные на изменение пространственных закономерностей (масштаб, пластика, композиция) и функционального насыщения пространства

Свойство «овременения» применительно к городским общественным пространствам предусматривает обогащение их среды элементами времени. Развитие системы — процесс стадийный. Ее рост, усложнение, перестройка структуры проходят от стадии к стадии с изменением общественно-социального и пространственно-функционального статуса.

Городские общественные пространства характеризуются неоднородной структурой, состоящей как из устойчивых, действующих длительное время частей, так и из элементов, подверженных быстрым изменениям. Так,

относительно устойчивыми частями градостроительных систем являются исторические здания и сооружения, мемориальные комплексы, закрепившиеся в коллективном сознании.

По степени завершенности формирования можно выделить следующие типы городских общественных пространств:

формирующиеся, где предварительно фиксируется геометрия пространства, уточняются его размеры и основная композиционная форма; пространство в целом направлено на выявление и закрепление архитектурно-художественной идеи;

обживаемые, где основные архитектурно-пространственные характеристики данного фрагмента уже сложились, но система декоративно-художественных решений еще не определилась, совершенствуется функционально-пространственная основа (благоустроенные площадки отдыха, рекламные и информационные установки, яркие витрины и павильоны обслуживания, элементы декоративного искусства, дороги, озеленение партера);

стабильные, предполагающие многочисленные деформации облика фрагмента за счет вторичных форм (дизайнерской среды — яркой рекламы, элементов благоустройства, ухоженных газонов) при относительно устойчивом архитектурном фоне;

подлежащие реконструкции, где возможно преобразование планировочной структуры, влекущее за собой изменения отдельных элементов и территорий, структурных связей между ними, их внутренней функциональной и композиционной организации.

Формирующиеся пространства представлены площадью кинотеатра «Юбилейный», расположенной на пересечении планировочного луча улицы им. 50 лет Октября и проспекта Канатчиков. Двухэтажный кинотеатр «Юбилейный» — советская гордость Красноармейского района — был построен в 1975 г. и в год постройки был самым крупным и современным в городе. Кинотеатр стал главной доминантой прилегающего пространства, по задумке архитекторов вид на здание открывается еще с моста через Волго-Донской канал. Являясь многофункциональным объектом культурно-массового назначения районного значения, кинотеатр был центром притяжения местных жителей. В скором времени от наименования кинотеатра пошло и название ключевого пересадочного пункта Красноармейского района — остановки «Юбилейный», а затем и целого микрорайона.

Однако за последние десятилетия от былого величия не осталось и следа, бывший кинотеатр обречен на медленное разрушение, хотя, по официальной информации, выкуплен и охраняется. Усиление коммерциализации постсоветского периода привело к изменению функционального использования кинотеатра, а вместе с ним и прилегающей площади. Территория полностью утратила социальный и градостроительный статус, предусмотренный на этапе возникновения. Некогда комфортабельная прогулочная зона с фонтаном, каменными клумбами, лавочками превратилась из места массовых действий в заброшенную городскую территорию (рис. 3), сезонную торговую площадку, с чередой маловыразительных торговых палаток. Применительно к данной ситуации основная задача — возвращение социальной привлекательности через формулировку новой объединяющей идеи пространства, применение приема функционального моделирования, предусматривающего сохранение

существующей застройки, ограничивающей пространство и насыщение ее новыми социальными функциями, отдельного внимания заслуживает разработка вопросов всесезонной эксплуатации открытого общественного пространства.



а



б



в

Рис. 3. Площадь кинотеатра «Юбилейный» — пример формируемого открытого общественного пространства: *а* — фото 1970-х гг.; *б, в* — современное состояние

К обживаемым пространствам можно отнести линейное пешеходное пространство бульвара Энгельса (рис. 4). Формирование бульвара началось в 80-х годах прошлого века, в период массового типового жилищного строительства. Внешний облик и наполнение среды неоднократно менялись. Сейчас он представляет собой аллею с лавочками для отдыха. После масштабной реконструкции местом притяжения горожан стали фонтан, памятник первой учительнице и лавочка для молодоженов. В настоящий момент бульвар является популярным местом прогулок и тихого отдыха. Несмотря на популярность у жителей района, следует отметить близость пространства и его недостаточное функциональное насыщение.



а



б



в

Рис. 4. Бульвар Энгельса — пример функционирования обживаемого пространства. Общий вид: *а* — 1989 г.; *б, в* — деформация облика среды (современное состояние)

Исходя из этого, основные приемы социально-пространственной трансформации пространства предполагают выявление индивидуального архитектурно-художественного облика и сценарное моделирование, ориентированное на разный социально-возрастной состав потребителей. Старейшее общественное пространство района — площадь Свободы на территории музея-заповедника «Старая Сарепта» — пример стабильного городского общественного пространства. Уникальный градостроительный ансамбль включает в себя 26 зданий, 23 из которых — памятники федерального значения XVIII—XIX вв. (рис. 5). Свое современное название главная площадь бывшей немецкой колонии получила в 1920 г. с переименованием Сарепты в Красноармейск. Формирование площади началось при основании колонии колонистами-гернгутерами, и первоначально основными функциями открытого пространства были торговля с местным населением и наем работников. В центре площади был бассейн, питающийся из ергенинских родников. По периметру она была обсажена пирамидальными тополями, что послужило основой разбивки здесь сквера. Бассейн позднее был разобран. В 1942—1943 гг. в центре площади в братской могиле было захоронено более тысячи советских воинов, защитников Сталинграда, умерших от ран в ближайших госпиталях. На братской могиле воздвигнут обелиск. В 1958 г. по проекту архитектора А. С. Плотникова прежний памятник реконструирован. Ранее застройку пло-

щади составили волостное правление, церковь, дом пастора, школа, девичий и вдовый приюты, въездной дом, магазины. Сейчас большинство зданий, ограничивающих пространство площади, используется по иному назначению, архитектура фасадов сохраняется в основном в первоначальном виде и проста до аскетичности. Дома однотипны, просты по объему, с крутыми крышами. Фасады жилых и общественных зданий практически лишены каких-либо украшений. Исключение составляют кирха, которая несколько выделялась в застройке своей небольшой башней с часами, и здание военкомата. В настоящее время основные функции пространства — кратковременный отдых, транзитное движение по экскурсионным маршрутам. Трансформация пространства в данном случае возможна с сохранением исторически сложившейся среды, ее функциональным и эмоциональным обогащением. Рекомендуется динамическое моделирование пространства, предусматривающее выявление новых качеств культурного наследия в дневное и вечернее время с использованием средств средового и ландшафтного дизайна.



а



б



в

Рис. 5. Площадь Свободы. Музей-заповедник «Старая Сарепта»: *а* — общий вид площади; *б* — оградающая историческая застройка (исторические фото); *в* — современное состояние

Пространство, подлежащее реконструкции, — территория, прилегающая к Волго-Донскому судоходному каналу. Объекты, формирующие данное уникальное общественное пространство с богатейшей историей и разнообразным пространственным наполнением: шлюз № 1 у входа в Сарептский затон, памятник В. И. Ленину, мемориальный маяк на Сарпинском полуострове, посвященный морякам Волжской военной флотилии (1953 г.), Управление Волго-Донского судоходного канала (напротив первого шлюза в заканальной части района (рис. 6).

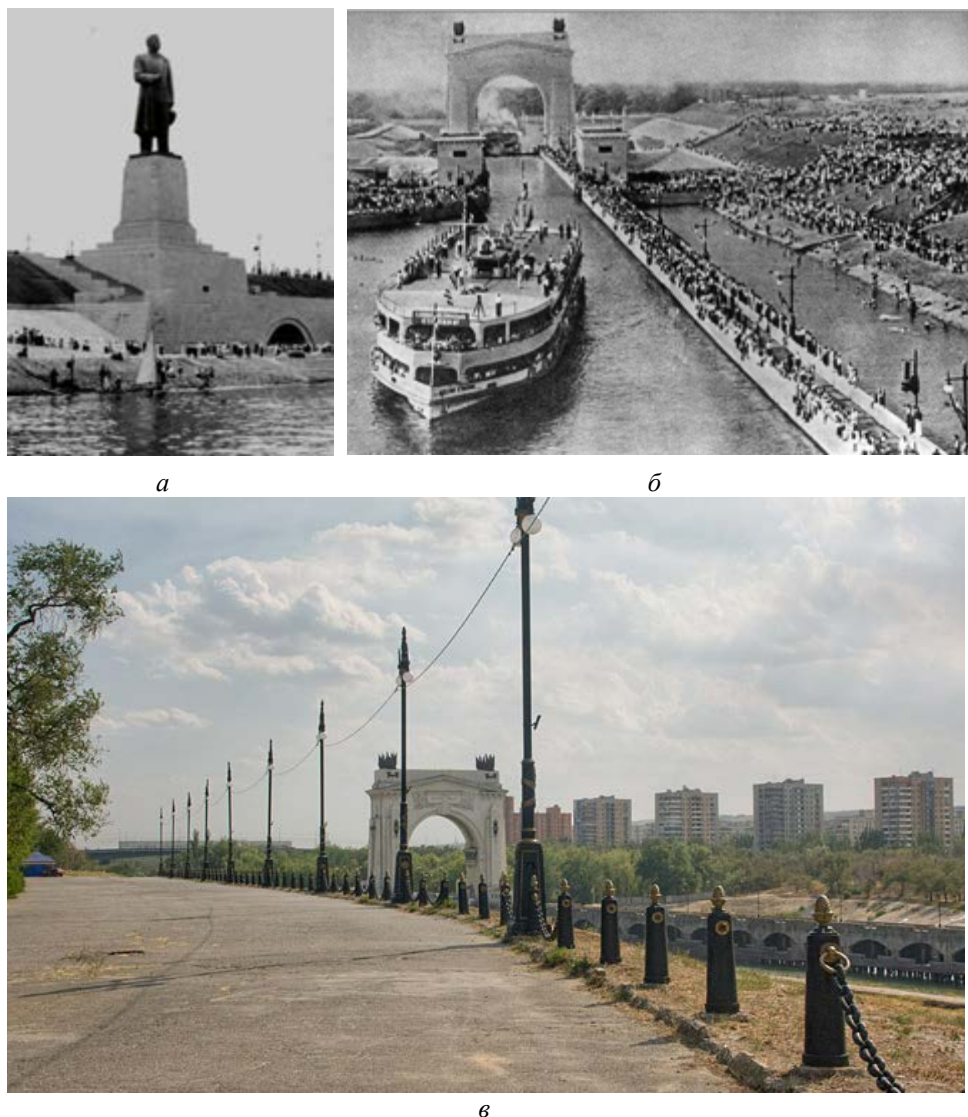


Рис. 6. Открытые общественные пространства, прилегающие к Волго-Донскому судоходному каналу: *а* — монумента с памятником Сталину; *б* — шлюз № 1 и общий вид набережной, вход теплоходов в Волго-Донской канал привлекает повышенное внимание горожан (фото 1952 г.); *в* — общий вид набережной в заканальной части Красноармейского района (современное состояние)

Визуальной и некогда смысловой доминантой, на которой замыкаются основные планировочные оси Красноармейского района, является один из самых высоких в мире монументов — памятник В. И. Ленину. Высота памятника вместе с постаментом составляет 57 м, а скульптуры Ленина — 27 м. Авторы проекта — скульптор Е. В. Вучетич и архитектор Л. М. Поляков. Постамент намного старше фигуры вождя. Ранее, стоя на месте Ленина, вдаль Волги смотрел совершенно другой политический деятель — И. В. Сталин. Памятник Сталину был открыт одновременно с окончанием строительства Волго-Донского канала, в 1952 г. Памятник Сталину был установлен рядом с Волго-Донским каналом, соединяющим две полноводные реки — Волгу и Дон, по вполне логичной причине: канал был создан именно в период сталинского правления.

Волжский вход в Волго-Донской канал расположен в Красноармейском районе, у входа в Сарептинский затон. Здесь расположен шлюз № 1. Перед шлюзом, у самого входа в канал, на Сарпинском полуострове расположен мемориальный маяк, посвященный морякам Волжской военной флотилии. Он был установлен уже после открытия канала, в 1953 г. Высота маяка 26 м, он увенчан легкой колоннадой и украшен чугунными рострами — изображением носовых частей кораблей. На стене маяка выполнена надпись в память о моряках Волжской флотилии, героически защищавших Царицын (1918—1919) и Сталинград (1942—1943). Автор маяка — архитектор Р. А. Якубов.

Первый шлюз Волго-Донского канала архитектурно выполнен в виде триумфальной арки высотой 40 м. Центральную часть арки с обеих сторон занимают надписи, оформленные барельефами в виде знамен. В боковые пилоны триумфальной арки вkomпонованы обелиски с надписями — выдержками из писем бойцов Сталинградского фронта.

Напротив первого шлюза в заканальной части Красноармейского района расположено управление Волго-Донского судоходного канала — четырехэтажное здание в стиле сталинской архитектуры, с колоннадой в центральной части. Слева от управления, на первом этаже жилого дома расположен музей Волго-Донского канала. Отсюда же начинается набережная Волго-донского канала, представляющая из себя бульвар шириной 55 м и протяженностью около 1200 м. Набережная оформлена в стиле сооружений Волго-Донского канала: оригинальные светильники, декоративные цепи. Бульвар проходит вдоль канала до берега Волги, где расположен парадный спуск к реке и памятнику Ленину.

Применительно к данной территории основным направлением преобразования становится социальная активизация, предусматривающая функциональное наполнение, совершенствование существующей планировочной структуры, с созданием пешеходных, композиционных и визуальных связей со смежными общественными пространствами. Возможно применение нескольких приемов социально-пространственной трансформации исторической среды. Прием образного моделирования предусматривает выявление оптимального восприятия памятников. Прием сценарного моделирования включает создание эксклюзивных маршрутов для восприятия яркого художественного образа открытого общественного пространства.

Таким образом, исходя из данной классификации, можно констатировать, что в планировочной структуре города выделяются открытые общественные

пространства разной степени культурно-исторической ценности, формируемые как в условиях нового строительства, так и в условиях реконструкции, что требует индивидуального гибкого подхода к выработке принципов и методов их организации.

Таким образом, одним из основополагающих принципов социально-пространственной трансформации городских общественных пространств современного города становится принцип исторической преемственности, предусматривающий выявление и сохранение исторически сложившейся среды с уникальными зданиями и сооружениями, элементами ландшафта и наполнения среды. При этом, как отмечает ряд авторов [16], постоянно меняющееся восприятие архитектурного облика не предполагает преобладающее погружение в прошлое через стилизацию и бездумное копирование, а предполагает взаимосвязь между прошлым, настоящим и будущим. А значит, архитектурная выразительность, идентичность среды и ее социальная востребованность могут быть достигнуты путем поиска гармоничного сочетания исторических объектов (как основы среды) и новых компонентов среды, соответствующих современным требованиям комфортности, эстетики, социальной коммуникации. В рамках этого принципа необходимы выявление, сохранение и социальная активизация исторических примет времени, создание ассоциативных цепочек и устойчивых маршрутов с разной степенью эмоционального воздействия и характером деятельности в среде современного горожанина. При этом социальная активизация предусматривает самый широкий спектр мероприятий от объекта показа до многофункционального наполнения в зависимости от культурно-исторической ценности пространства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Назарова М. П., Етеревская И. Н., Янин К. Д. Реновация городских общественных пространств с учетом их социокультурного потенциала // Социология города. 2017. № 3. С. 22—32.
2. Сеннет Р. Падение публичного человека. М., 2002.
3. Гофман И. Представление себя другим в повседневной жизни / Пер. с англ. и вступ. ст. А. Д. Ковалева. М., 2000.
4. Птичникова Г. А., Антюфеев А. В. Имидж современного города и его архитектурный образ // Социология города. 2015. № 3. С. 5—21.
5. Ревзин Г. Что такое современное общественное пространство. URL: <http://archi.ru/files/press/revzin.htm>
6. Назарова М. П. Социология архитектуры и ее роль в формировании архитектурного пространства современного города // Социология города. 2011. № 3. С. 10—14.
7. Fischer J., Delitz H. Die Architektur der Gesellschaft. Theorien für die Architektursoziologie. Bielefeld, 2009. 312 p.
8. Джекобс Дж. Смерть и жизнь больших американских городов / Пер. с англ. Л. Мотылева. М.: Новое издательство, 2011.
9. Lussault M. Grand (Le) Pari(s) Consultation Internationale sur l'avenir de le metropole parisienne. IM. Lussault II Le Moniteur Architecture AMC. Avril 2009. Hors-serie. P. 260.
10. Corner J. Terra Fluxus // The Landscape Urbanism. New York: Princeton Architectural Press, 2006.
11. Waldheim C. (Editor). The Landscape Urbanism Reader. New York: Princeton Architectural Press, 2006.
12. Masbouni A., Gravelain F. Penser la ville par le paysage. Paris: Edition de La Villette, 2002.
13. Maumi C. Usonia ou le mythe de la ville-nature americaine. Paris: Edition de la Villette, 2008. P. 225.
14. Городская среда — технология развития / В. Л. Глазычев, М. М. Егоров, Т. В. Ильина и др. М.: Лады, 1995.

15. Шимко В. Т. Архитектурное формирование городской среды. М., 1990.

16. Крижановская Н. Я., Вотинов М. А. Принципы гуманизации архитектурно-градостроительной инфраструктуры в крупнейших городах Украины (на примере города Харькова): моногр. Харьков: ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2016. 186 с.

© Етеревская И. Н., Петрова Л. С., 2018

Поступила в редакцию
в марте 2018 г.

Ссылка для цитирования:

Етеревская И. Н., Петрова Л. С. Особенности социально-пространственной трансформации открытых общественных пространств современного российского города // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. Вып. 52(71). С. 175—187.

Об авторах:

Етеревская Ирина Николаевна — канд. арх., доцент кафедры урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, eterevskaya_irina@mail.ru

Петрова Лидия Сергеевна — магистрант кафедры урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, petrova.lidiya@mail.ru

I. N. Eterevskaya, L. S. Petrova

PECULIAR FEATURES OF SOCIAL AND SPATIAL TRANSFORMATION OF PUBLIC OPEN SPACES IN A MODERN RUSSIAN CITY

In this article, the authors deal with the issues of changing the role of urban public space in the social life of a modern city, and the influence of social processes on the nature of the functioning and the transformation of urban public spaces as well. The types of urban public spaces are analyzed according to the degree of development and completeness of their formation. The most effective directions and basic methods of their social actualization are offered.

Key words: architecture, urban planning, urban public open spaces, social and cultural space, post-soviet city, social actualization.

For citation:

Eterevskaya I. N., Petrova L. S. [Peculiar features of social and spatial transformation of public open spaces in a modern Russian city]. *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], 2018, iss. 52(71), pp. 175—187.

About authors:

Eterevskaya Irina Nikolaevna — Candidate of Architecture, Docent of Urban Development Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, eterevskaya_irina@mail.ru

Petrova Lidiya Sergeevna — Master's Degree student of Urban Development Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, petrova.lidiya@mail.ru

УДК 502:711.01

О. А. Растяпина, О. А. Ганжа, К. В. Бабенко

Волгоградский государственный технический университет

ФОРМИРОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВИЗУАЛЬНОГО ОБЛИКА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Целью исследования является определение качества визуального облика городской застройки. Апробирована методика, позволяющая систематизировать показатели, из которых формируется благоприятный и безопасный уровень качества визуальной среды городской застройки. Проведены анализ и оценка качества визуального облика городской среды с применением методов квалиметрии.

К л ю ч е в ы е с л о в а: «дерево свойств», квалиметрия, индекс качества, коэффициенты весомости, визуальный образ, оценка качества застройки.

Эстетическая сторона вопроса уровня качества современного жилья всегда являлась предметом споров и обсуждений многих архитекторов и градостроителей. Качество жилья формируется внутренним удобством и внешним образом зданий. В данной статье рассматривается внешний облик здания. Бессмысленно отрицать субъективность мнений в этом вопросе, но даже среди людей, не связанных профессиональной деятельностью со строительством и архитектурой, можно выделить тех, кто находит современную застройку вполне привлекательной, и тех, кто считает ее безликой и депрессивной. Таким образом, формируется влияние внешнего облика застройки городской среды на состояние жителя. Данное влияние возможно в различных направлениях, и прежде всего оно осуществляется на психоэмоциональном уровне, что подтверждается целым рядом исследований в данной области [1—4]. Все большую заинтересованность проявляют и студенты, проводя исследования по оценке визуальной городской среды [5, 6].

С целью снижения негативного влияния на человека в городской среде необходимо стремиться к формированию благоприятного визуального пространства [6]. Помимо разработки четких рекомендаций и методов, направленных на формирование благоприятного визуального пространства [7], необходимо проведение оценки существующей застройки. Как уже было отмечено ранее, оценка качественных показателей, формирующих визуальный облик городской застройки, носит субъективный характер. Именно с целью определения уровня качества визуального облика городской застройки авторами данной статьи апробирована методика, позволяющая систематизировать показатели, из которых формируется благоприятный и безопасный уровень качества визуальной среды городской застройки. Таким образом, целью авторов исследования является определение качественной составляющей городской застройки, ее визуального облика, а также анализ внешнего облика зданий на конкретных примерах — административных бизнес-центров города Волгограда.

Внешний облик зданий формируется и характеризуется множеством субъективных показателей. Но если одному человеку какие-то параметры могут не нравиться, то другому человеку, наоборот, нравятся. Именно поэтому на основании теоретических исследований [8] выбраны показатели, в наи-

большей степени оказывающие влияние на мнение обывателей при оценке визуального облика городской среды. Для оценки значимости показателей авторами исследования выбраны эксперты, область деятельности которых связана с формированием городской среды.

Авторами статьи проведены анализ и оценка уровня качества визуального облика городской среды с применением методов квалиметрии. Данный универсальный подход позволяет оценивать качественные показатели количественно. Для применения данного подхода необходимо четкое определение показателей, характеризующих качественную составляющую исследуемого объекта.

Оценка уровня качества с использованием квалиметрии включает в себя совокупность операций по выбору номенклатуры показателей, определению их значений, сопоставлению их с базовыми показателями и показателями других аналогов. Номенклатура должна включать те основные показатели, которые характеризуют качественную сторону здания, при этом сформированы по различным уровням свойств. В результате квалиметрической оценки определяется уровень качества объекта — характеристики на момент оценки, показывающей степень соответствия полученных значений показателей качества нормативным или проектным значениям [9].

Оценка уровня качественных показателей зданий и сооружений преследует достижение таких целей, как:

- анализ состояния объекта на момент проведения оценки;

- планирование повышения уровня качества объекта исследования;

- выбор наилучшего или оптимального варианта по формированию визуально комфортного и благоприятного объекта.

В рамках квалиметрии оценка качественных показателей осуществляется с помощью трех методов: комплексного, смешанного и дифференциального. Комплексный метод основан на определении уровня качества на основании обобщенного показателя. Комплексный (обобщенный) показатель определяется совокупностью свойств, характеризующих качество объекта. В этом заключается сложность данного метода, так как необходимо максимально объективно определить комплексный показатель объекта (здания). Смешанный метод предполагает использование комплексных и единичных показателей уровня качества объекта.

В рамках проведенных исследований использован дифференциальный метод. Для определения уровня качества объекта дифференциальным методом необходимо провести анализ сопоставления уровня качества оцениваемого объекта и базового или эталонного объекта по отдельным показателям. За базовый (эталонный) объект принимается определенная стандартная мера (идеальный), правильно сформированный визуальный образ здания. При таком сопоставлении определяется, достигнут ли уровень качества «исследуемого объекта» в целом, по каким показателям он достигнут, какие из них наиболее сильно отличаются от базовых (эталонных). По результатам проведенной оценки с применением дифференциального метода сформулирован один из выводов: уровень качества оцениваемого объекта выше, равен или ниже уровня качества базового (эталонного) образца. За «эталонный» вариант, служащий основой при определении целевых (нормативных) значений

показателей, принимается проект, в котором удастся добиться лучшего или наиболее оптимального варианта визуально комфортного и благоприятного объекта.

Оценивать совокупность объектов городской среды достаточно сложно, так как исторически сложилось, что городская среда формируется хронологически, именно поэтому в застройке городов присутствуют здания разных периодов строительства. С этой точки зрения принято решение об исследовании и оценки каждого здания, входящего в совокупность объектов городской среды. В дальнейшем возможно использование комплексного подхода для оценки качества визуальной среды городской застройки, который будет определен на основании показателей, определяемых в рамках дифференциального метода.

Для оценки уровня качества визуального облика городской среды, в частности здания, необходимо определить свойства (показатели), характеризующие исследуемый объект. Все качественные свойства объекта необходимо структурировать, для этого формируется иерархическая структурная модель (схема) всех свойств — «дерево свойств». Технические и архитектурные характеристики здания являются свойствами первого уровня.

Последние наиболее общие характеристики (технические и архитектурные) объединяют другие, более конкретные показатели. Так, в группу технических входят показатели, формирующие второй уровень «дерева свойств»: длина, ширина и высота здания. В группу архитектурных свойств, оказывающих влияние на визуальное восприятие застройки, входят: цветовое решение, освещение здания, конфигурация здания, использование декорирующих элементов в оформлении фасада застройки. Таким образом, сформировано «дерево свойств» (рис. 1), состоящее из показателей двух уровней, для оценки уровня качества, определяющего визуальный облик здания.

Исследуемый объект						
Технические характеристики			Архитектурные характеристики			
длина	ширина	высота	цветовое решение	освещение	пространственная форма здания (конфигурация)	декорирующие элементы экстерьера

Рис. 1. «Дерево свойств» здания для оценки качества его визуального восприятия

Характеристика качественных показателей объекта

Длина, ширина, высота описывают пространственные характеристики здания, его габариты. Цветовое или колористическое решение фасадов здания подразумевает применение палитры цветов, но в наиболее благоприят-

ных его сочетаниях для человеческого восприятия. Колористическое решение должно соответствовать внешнему архитектурно-художественному облику той части застройки, в которой это здание располагается. Таким образом, цветовое решение формируется с учетом функционального назначения объекта, типа и цвета окружающей застройки, зон визуального восприятия.

Архитектурное освещение зданий призвано, во-первых, обеспечить минимально необходимую освещенность здания для обозначения его в городской застройке, а во-вторых, создать дополнительный визуально благоприятный и выразительный эффект путем различной цветовой подсветки, что позволит выделить и подчеркнуть какие-либо детали в фасаде здания, тем самым в целом акцентировать внимание на объекте, возможно даже сделать его доминантой среди окружающей застройки, придавая смысловое значение именно этому строению [10].

Пространственная форма здания или его конфигурация — это совокупность показателей размера и формы здания, определяющая его архитектурный облик. Это те нестандартные архитектурно-художественные решения зданий, заимствующие свои произвольные и свободные формы у природы, где нет ни одного прямого угла или прямой поверхности. Необычные по своей конфигурации здания вызывают воодушевление и повышенный интерес.

Декорирующие элементы экстерьера здания призваны обеспечить человеку благоприятное эстетическое восприятие. Некоторые детали экстерьера бывают типичными для некоторой территории или целой эпохи. Так, про экстерьер некоторых зданий можно с уверенностью сказать, что это готика, ампи́р, классицизм и т. д.

После определения основных качественных характеристик необходимо провести их ранжирование. Для проведения ранжирования и оценки важности качественных показателей здания (сооружения) применяется экспертный метод. Значимые показатели качества устанавливаются на основе решений, принимаемых экспертами — специалистами в области профессиональной деятельности. В настоящем исследовании принимали участие 12 экспертов.

Впоследствии экспертам необходимо оценить важность каждого из свойств I и II уровней в их визуальном восприятии здания исходя из максимальной оценки 100 % каждого показателя, не задаваясь суммой оцениваемых компонентов. Результаты оценок экспертов приведены в табл. 1.

С целью соблюдения объективности оценивания архитектурных характеристик авторами исследования определены шкалы пороговых значений величин, по которым эксперты осуществляют выбор при проведении оценки показателей (табл. 2).

В целях разработки шкалы оценивания технических характеристик здания авторами исследования проанализирована возможность использования числового ряда Фибоначчи, а также связанного с ним принципа золотого сечения. Исследователями доказано, что самое лучшее зрительное восприятие, ощущение гармонии и красоты чаще всего приходит, когда человек наблюдает форму, в построении которой использовались симметрия и особое соотношение, которое и называется золотым сечением. Помимо этого необходимо учитывать комплексно размерные характеристики здания при его визуальном восприятии [11].

Т а б л и ц а 1

Результаты проведенной экспертной оценки

Эксперты	Компоненты, %						
	Технические характеристики			Архитектурные характеристики			
	Длина	Ширина	Высота	Цветовое решение	Освещение	Конфигурация здания	Декорирующие элементы экстерьера
1	50			50			
	30	60	60	40	40	50	50
2	70			60			
	15	15	70	60	80	10	40
3	80			60			
	50	50	100	70	70	30	100
4	50			30			
	20	20	60	20	30	50	50
5	50			30			
	30	30	40	60	60	30	60
6	60			70			
	40	40	60	70	80	50	70
7	30			50			
	30	0	100	50	50	50	50
8	30			70			
	40	40	20	90	90	80	70
9	50			80			
	20	50	50	70	80	50	70
10	20			40			
	33,3	33,3	33,3	20	10	60	10
11	40			70			
	50	50	60	50	50	70	50
12	70			50			
	60	60	60	50	50	60	30
	50			55			
	35	37	59	54	58	49	54
G_i	13	13	22	13	14	12	13

Т а б л и ц а 2

Шкала пороговых значений величин архитектурных характеристик

Характеристика показателя	Значение	Описание
Цвет	10...25	Полное отсутствие цвета (здание серое, монохромное)
	25...50	Незначительное присутствие цветовых элементов (наличие цветовых вставок)
	50...75	Минимальное достаточное наличие цветовых элементов
	75...100	Оптимальное выраженное цветовое решение (здание выполнено в благоприятной цветовой гамме — применение контрастных и нюансных цветов)

О к о н ч а н и е т а б л . 2

Характеристика показателя	Значение	Описание
Освещение	10...25	Полное отсутствие дополнительного освещения (самого здания)
	26...50	Незначительное наличие освещения
	51...75	Минимальное достаточное наличие освещения
	76...100	Полная обеспеченность освещением
Пространственная форма здания (конфигурация)	10...50	Отсутствует интересная конфигурация (здание представляет собой простую форму в плане)
	51...100	Присутствует интересная конфигурация (здание интересной формы, конфигурации)
Декорирующие элементы экстерьера	10...50	Отсутствуют элементы декора, либо используются типовые
	51...100	Присутствуют элементы декора

Греческий Парфенон отличается удивительной величием и глубокой человечностью архитектурных и скульптурных образов. Главной причиной красоты Парфенона является исключительная соразмерность его частей, основанная на принципе золотого сечения. Архитекторы понимали, что при зрительном восприятии прямоугольник, отношение сторон которого выбрано по правилу золотого сечения, вызывает ощущение гармонии.

Математическая прогрессия, известная как ряд Фибоначчи, имеет особое отношение к числу ϕ и золотому сечению. С незапамятных времен эта пропорция, или соотношение 1,6180339887..., называемое золотым числом ϕ , считается наивысшей из возможных пропорций совершенства, гармонии, а иногда и божественности. Принципы этого ряда впервые изложены средневековым математиком Леонардо Фибоначчи. Последовательность представляет собой следующий ряд чисел: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233 и т. д. Для того чтобы получить каждое следующее число в этом ряду, необходимо сложить два предыдущих. Если разделить предыдущее на последующее, то частное будет равно 0,618. Если делить, наоборот, следующее на предыдущее, то будет 1,618. Через одно — 2,618 [12].

Таким образом, получаются основные пропорции ряда Фибоначчи: 61,8 %, 38,2 %, 23,6 %. Через эти пропорции авторы статьи предлагают коррелировать величинами длины, ширины и высоты здания. Например, если длина дома 12 м (61,8 %), тогда ширина составит 7,4 м (38,2 %), а высота 4,6 м (23,6 %). В итоге здание получается оптимальным для восприятия. Или при высоте здания 1 его ширина составляет произведение высоты на 1,618, длина здания во столько же раз (1,618) превышает его высоту, или в 2,618 раза больше высоты. Эти числовые значения и определяют пропорциональность постройки здания, соблюдение которой оптимизирует восприятие зданий в условиях городской среды. С учетом этих пропорций экспертам необходимо проводить оценку показателей технических характеристик здания.

С учетом правила золотого сечения и необходимости соблюдения пропорций установлено, что наименее благоприятно восприятие зданий с

одинаковым заложением размеров длины, ширины и высоты, т. е. соблюдение полного равенства высоты, длины и ширины здания (его кубической формы). Чем более приближена форма здания к кубу, тем ниже оценка экспертов. Несоблюдение абсолютно никаких пропорций в форме здания также минимизирует оценку показателей данной группы. Шкала для определения важности технических характеристик будет выглядеть следующим образом:

10...30 % — несоблюдение пропорций между всеми тремя характеристиками — шириной, высотой, длиной;

31...60 % — несоблюдение пропорциональности здания между двумя характеристиками — длина здания значительно больше высоты или ширины;

61...100 % — соблюдение пропорциональности здания: чем более визуально здание приближено к размеру кратности 1,6, тем более высокая оценка.

Для оценки качества каждого отдельного показателя, формирующего общий уровень визуального восприятия, и проведения расчетов необходимо определить браковочные и эталонные показатели качества объекта, которые определяются экспертами.

Браковочное значение показателя свойства — ближайшее к допустимому, худшее значение показателя. Эталонное значение показателя — наилучшая полная характеристика свойства, оцениваемая для архитектурных характеристик как 100 %, т. е. это учет интересного, нестандартного архитектурно-планировочного решения здания или сооружения; наличие оптимального цветового решения, преимущественно пастельных тонов, а не громко кричащих ярких цветов; здесь же решение с освещением, для того чтобы в темное время суток визуально выделить и подчеркнуть декорирующие элементы экстерьера здания.

Для определения эталонных показателей технических характеристик наиболее целесообразно, на взгляд авторов, определять соблюдение пропорций, описанных выше. Соблюдение этих пропорций, заложенных в габариты здания, определяется визуально.

На следующем этапе производится расчет коэффициента весомости показателей качества отдельных компонентов G_i . Коэффициентом весомости называется количественная характеристика значимости показателя свойства среди других показателей свойств объекта.

Последним этапом является определение индекса качества здания в рассматриваемой архитектурно-планировочной организации.

Далее производится оценка конкретных архитектурных единиц в целях демонстрации предложенной методики, основанной на применении метода квалиметрии. Объектами исследования выбраны следующие объекты: административное здание бизнес-центра «Волгоград-Сити», административное здание по адресу проспект им. В. И. Ленина 84, 86, 88, 90, бизнес-центр «Дельта». Свойства I и II уровней в данном примере оценивались экспертами по методике, описанной ранее.

После определения оценок важности показателей, а также определения браковочных и эталонных показателей характеристик здания определяется среднее арифметическое значение по каждому свойству (Q_i^{cp}). По результатам полученного среднего значения (для каждого из объектов) просчитывается величина относительных отклонений расчетных значений k_i от норматив-

ных (целевых) значений по обеим группам свойств, т. е. технических и архитектурных, в соответствии с формулой

$$k_i = \frac{Q_i^{\text{сп}} - q_i^{\text{бр}}}{q_i^{\text{эт}} - q_i^{\text{бр}}}.$$

Последним этапом исследования является определение индекса качества каждого из трех зданий. Для подсчета величины $k_i G_i$ используются универсальные коэффициенты весомости показателей качества, полученные в табл. 1.

Браковочные и эталонные показатели качества объекта $q_i^{\text{бр}}$ и $q_i^{\text{эт}}$ принимаются в соответствии со шкалой, следующей сразу после табл. 1. Так, для браковочного показателя это минимальное значение шкалы, т. е. 10 %, а для эталонного — максимальное, т. е. 100 %.

Полученные в итоге величины по каждому из i -х компонентов суммируются и образуют индекс качества — величину, характеризующую качество исследуемого здания на момент оценки, по мнению экспертов. Результаты проведенных расчетов представлены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Результаты расчета индекса качества исследуемых объектов

Эксперты	Компоненты, %						
	Технические характеристики			Архитектурные характеристики			
	Длина	Ширина	Высота	Цветовое решение	Освещение	Конфигурация здания	Декорирующие элементы экстерьера
Здание бизнес-центра «Волгоград-Сити»							
	47	47	70	53	53	67	30
k_i	41	41	67	48	48	63	22
$k_i G_i$	5,33	5,33	14,7	6,24	6,72	7,56	2,86
							$\Sigma 48,74$
Административное здание по адресу пр-кт им. В. И. Ленина, 84, 86, 88, 90							
	32	35	38	32	32	27	32
k_i	24	28	31	24	24	19	24
$k_i G_i$	3,12	3,64	6,82	3,12	3,36	2,28	3,12
							$\Sigma 25,46$
Бизнес-центр «Дельта»							
	80	68	77	72	75	77	60
k_i	78	64	74	69	72	74	56
$k_i G_i$	10,1	8,32	16,3	8,97	10,1	8,88	7,28
							$\Sigma 69,95$
G_i	13	13	22	13	14	12	13
$q_i^{\text{бр}}$, %	10	10	10	10	10	10	10
$q_i^{\text{эт}}$, %	100			100	100	100	100

Таким образом, исходя из полученных величин показателя $k_i G_i$ можно сформулировать выводы по каждому из выбранных для исследования объектов, а именно:

в отношении административного здания бизнес-центра «Волгоград-Сити» можно утверждать, что среди технических характеристик экспертами наиболее всего оценена высота, а также интересная и нестандартная (типовая) конфигурация здания, в плане представляющего собой треугольник Рело, затем его освещение и цветовое (колористическое) решение. Индекс качества данного объекта составляет 48,74;

административное здание по адресу пр-кт им. В. И. Ленина 84, 86, 88, 90 получило наименьшую оценку экспертов, его индекс качества составляет 25,46. Наиболее значимыми параметрами являются длина, цветовое решение и наличие визуально различаемых элементов на фасаде. Качество визуального облика данного здания оценивается низко. Для улучшения восприятия и повышения качества визуального восприятия данного здания необходимо улучшить архитектурные характеристики данного объекта;

бизнес-центра «Дельта» — значимыми параметрами являются длина, а также освещенность в ночные часы и уже затем его цветовая гамма и конфигурация в плане. Кроме того, именно это административное здание, по мнению экспертов, оказывается наиболее привлекательным среди рассмотренных вариантов, так как его индекс качества выше, чем у остальных двух зданий, и составляет 69,95.

В результате наибольшее влияние на экспертов при восприятии исследуемой застройки и оценке здания оказывает такой параметр, как высота оцениваемого объекта. Далее — освещение здания, немаловажно подчеркнуть и выявить застройку (здание) в темное время суток для наилучшего визуального эффекта, сделать его наиболее привлекательным. В равном процентном соотношении распределились следующие параметры: длина, ширина, цвет и наличие декорирующих элементов.

Данная методика может быть применима для оценки качественного состояния конкретного отдельно исследуемого здания. Проведенный анализ качественной характеристики зданий позволяет на основании оценки экспертов определить коэффициент весомости выбранных характеристик. Методы экспертного установления коэффициентов весомости отдельных свойств оцениваемого объекта заключаются, по существу, в усреднении значений коэффициентов, данных экспертами, поэтому значения показателя весомости G_i , полученного исходя из общей оценки параметров, будут являться величиной универсальной в контексте отдельного исследования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Al-Hathloul S., Mughal M. A. Creating identity in new communities: case studies from Saudi Arabia // Landscape and Urban Planning. 1999. No. 44. Pp. 199—218.*
2. *Arandelovic B. UNESCO City of Design and Historical Heritage // Cities. 2015. No. 43. Pp. 78—91.*
3. *Comparing saliency maps and eye-tracking focus maps: The potential use in visual impact assessment based on landscape photographs / L. Dupont, K. Ooms, M. Antrop, V. V. Eetvelde // Landscape and Urban Planning. 2016. No. 148. Pp. 17—26.*
4. *Zhang H., Lin S.-H. Affective appraisal of residents and visual elements in the neighborhood: A case study in an established suburban community // Landscape and Urban Planning. 2011. No. 101. Pp. 11—21.*

5. Eye tracking в городской визуальной среде / А. А. Крупина, В. В. Беспалов, Е. Ю. Ковалева, Е. А. Бондаренко // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017. № 1(52). 47—56 с.
6. Растяпина О. А., Бабенко К. В. Необходимость формирования визуального пространства в городах с целью обеспечения экологической безопасности // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2017. № 47(66). С. 384—395.
7. Растяпина О. А., Бабенко К. В. Методы оценки зрительного восприятия городского пространства // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2017. № 49(60). С. 228—238.
8. Bjornson S. E. M. The architectural act of image making (Nova Scotia): Dissertation, 2002.
9. Авдеева Е. В., Полетаikin В. Ф., Авдеева Е. А. Оценка уровня качества объектов городского озеленения методами прикладной квалиметрии // Хвойные бореальной зоны. 2008. № 1—2. С. 93—98.
10. Migalina I. V., Shchepetkov I. N., Shchepetkov N. I. Dynamical Illumination of Public Building Interiors // Light and engineering. 2009. No. 2. Pp. 90—99.
11. Ostwald M. J., Vaughan J., Tucker C. Characteristic visual complexity: Fractal dimensions in the architecture of Frank Lloyd Wright and Le Corbusier // Architecture and Mathematics from Antiquity to the Future. 2015. Vol. II. Pp. 223—354.
12. Аракелян Г. Математика и история золотого сечения. М.: Логос, 2014. С. 404.

© Растяпина О. А., Ганжа О. А., Бабенко К. В., 2018

Поступила в редакцию
в марте 2018 г.

Ссылка для цитирования:

Растяпина О. А., Ганжа О. А., Бабенко К. В. Формирование методики оценки качества визуального облика городской среды // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. Вып. 52(71). С. 188—198.

Об авторах:

Растяпина Оксана Анатольевна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры экологического строительства и городского хозяйства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, o_kast@list.ru

Ганжа Ольга Александровна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, ganzha_olga@mail.ru

Бабенко Кристина Викторовна — магистрант кафедры экологического строительства и городского хозяйства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, k210594@yandex.ru

Rastyapina O. A., Ganzha O. A., Babenko K. V.

DEVELOPMENT OF QUALITY EVALUATION METHOD FOR VISUAL REPRESENTATION OF THE URBAN ENVIRONMENT

The aim of the study is to determine the quality of the visual representation of an urban development. The authors of the article test the technique that allows you to systematize the indicators that form a favorable and safe quality level of the visual environment of an urban development. The analysis and evaluation of the quality level of the visual representation of the urban environment is carried out with the use of qualimetry methods.

Key words: "tree of properties", qualimetry, quality index, weight coefficient, visual image, evaluation of building quality.

For citation:

Rastyapina O. A., Ganzha O. A., Babenko K. V. [Development of quality evaluation method for visual representation of the urban environment]. *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], 2018, iss. 52(71), pp. 188—198.

About authors:

Rastyapina Oksana Anatol'evna — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Docent of Ecological Building and Municipal Facilities Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, o_kast@list.ru

Ganzha Ol'ga Aleksandrovna — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Docent of Urban Development Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, ganzha_olga@mail.ru

Babenko Kristina Viktorovna — Master's Degree student of Ecological Building and Municipal Facilities Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, k210594@yandex.ru

УДК 351.778.5 (470.45)

С. Ю. Калашников, Е. В. Милеева

Волгоградский государственный технический университет

**ОРГАНИЗАЦИЯ И АДМИНИСТРАТИВНО-СУДЕБНАЯ ПРАКТИКА
ГОСУДАРСТВЕННОГО ЖИЛИЩНОГО НАДЗОРА
ОРГАНАМИ МЕСТНОГО САМОУПРАВЛЕНИЯ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Проводится анализ существующей системы жилищного надзора Волгоградской области, раскрыты особенности организационной структуры по реализации переданных полномочий государственного жилищного надзора и муниципального контроля в жилищной сфере городских поселений органам местного самоуправления Волгоградской области.

К л ю ч е в ы е с л о в а: жилищное хозяйство, жилищный кодекс, система государственного жилищного надзора, муниципальный жилищный контроль, многоквартирные дома.

Жилищно-коммунальное хозяйство — это одна из самых чувствительных составляющих социально-экономической системы, где создается большинство показателей качества жизни граждан нашей страны. Проблемы в жилищной сфере становятся одним из основных препятствий в социально-экономической жизни общества. Их предотвращение и устранение способствует достижению социальной стабильности в обществе и, как следствие, устойчивому росту в экономике. По своей специфике жилищные проблемы актуальны для всех уровней власти в Российской Федерации: федеральной, региональной и муниципальной, что требует их совместной деятельности.

Для урегулирования вопросов, возникающих в сфере нарушения жилищных прав граждан, Правительством РФ был установлен порядок осуществления жилищного надзора в стране. Для обеспечения комфортных условий проживания и пребывания в помещениях жилищного фонда, гарантирования эффективного использования бюджетных средств, уменьшения количества нарушений законодательства в сфере управления жилищным фондом созданы соответствующие службы и инспекции. Так, на территории Волгоградской области надзор проводит инспекция государственного жилищного надзора Волгоградской области. Вопрос о государственном жилищном надзоре актуален для всех субъектов Российской Федерации и привлекает внимание не только общественности, но и ученых, рассматривающих его в своих публикациях [1—3]. Как отмечается в Жилищный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 г. № 188-ФЗ (ред. от 28.12.2016 г., с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2017 г.), понятие государственного жилищного надзора подразумевает деятельность уполномоченных органов исполнительной власти, направленной на предупреждение, выявление и пресечение нарушений требований к использованию и сохранности жилищного фонда независимо от его форм собственности, установленных жилищным законодательством.

Действующее законодательство наделило жилищную инспекцию серьезными полномочиями. Она имеет права и обязана осуществлять контроль за ремонтом, эксплуатацией и содержанием жилищного фонда; контролировать перечисление платежей в бюджет; лицензировать деятельность по управлению

МКД; контролировать нормы потребления коммунальных услуг гражданами. В полномочия жилищной инспекции также входит проведение административной работы, признание состояния многоквартирного дома аварийным; предоставление субсидий на проведение капитального ремонта; перевод статуса помещения в нежилое; работа с договорами подряда и субподряда; контроль за осуществлением работ с их последующей приемкой. Но главная задача инспекции заключается в осуществлении контроля за соблюдением и обеспечением интересов и прав граждан в процессе предоставления населению услуг, в том числе с использованием аппарата административно-штрафных наказаний и судебных исков.

1. Полномочия, возложенные на инспекцию государственного жилищного надзора, а также обширность территории региона и многочисленность обращений и жалоб собственников жилья привели к пониманию того, что контролирующие инстанции следует приблизить к самому жилому фонду в многоквартирных домах. Летом 2013 г. по инициативе Общественного совета инспекцией государственного жилищного надзора Волгоградской области был разработан законопроект о муниципальном жилищном контроле и вынесен на рассмотрение Волгоградской областной думы. После всесторонних обсуждений и различных экспертных заключений областные парламентарии приняли региональный закон «О наделении органов местного самоуправления отдельными государственными полномочиями Волгоградской области по организации и осуществлению государственного жилищного надзора и лицензионного контроля» от 10 января 2014 г. № 12-ОД (принят Волгоградской областной думой 25 декабря 2013 г.). В соответствии с ним предусмотрена передача полномочий, прежде всего непосредственно затрагивающих интересы муниципальных образований, по осуществлению регионального государственного жилищного надзора отдельным муниципальным образованиям, городским округам, уровень подготовки и квалификации кадров в которых соответствуют предъявленным требованиям. Это города: Волгоград, Волжский, Камышин, Урюпинск, Михайловка, Фролово.

1. Основным откликом должностных лиц муниципальных образований является усилие по организации и эффективному контролю. В некоторых регионах разработаны и имеются в широком доступе даже методические рекомендации по осуществлению муниципального жилищного контроля, как, например, на территории Красноярского края (Методические рекомендации по осуществлению муниципального жилищного контроля на территории Красноярского края). Муниципалитеты контролируют соблюдение не только юридическими, но и гражданами лицами требований, установленных законодательством, к использованию и содержанию жилых помещений, определению состава, содержанию и использованию общего имущества в многоквартирном доме, выполнению лицами, осуществляющими управление многоквартирными домами, услуг и работ по содержанию и ремонту общего имущества в многоквартирном доме (Постановление правительства Волгоградской области «О региональном государственном жилищном надзоре на территории Волгоградской области» от 25 июля 2013 года № 348-п).

Также контролируется создание и деятельность товариществ собственников жилья, жилищного, жилищно-строительного или иного специализированного потребительского кооператива, соблюдение прав и обязанностей их

членов. Чрезвычайно важным являются полномочия по определению размера и внесению платы за коммунальные услуги, установлению размера платы за содержание и ремонт жилого помещения.

К настоящему времени в стране сформировалась система жилищного контроля и надзора, основанная прежде всего на двух основных элементах: органы государственного жилищного надзора и органы муниципального жилищного контроля.

Порядок организации и осуществления муниципального контроля в соответствующей сфере деятельности устанавливается муниципальными правовыми актами либо законом субъекта Российской Федерации и принятыми в соответствии с ним муниципальным правовым актом. Как отмечается в Федеральном законе «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» от 06.10.2003 г. № 131-ФЗ (ред. от 29.12.2017 г.), муниципальный правовой акт — это решение, принятое непосредственно населением муниципального образования, органом местного самоуправления или должностным лицом местного самоуправления. При организации и осуществлении муниципального жилищного контроля органы муниципального жилищного контроля тесно взаимодействуют с органами государственного жилищного надзора по следующим вопросам:

- 1) информирование о нормативных правовых актах и методических документах по вопросам организации и осуществления регионального государственного жилищного надзора, муниципального жилищного контроля;
- 2) определение целей, объема и сроков проведения плановых проверок;
- 3) информирование о результатах проводимых проверок, состоянии соблюдения законодательства Российской Федерации в жилищной сфере и об эффективности регионального государственного жилищного надзора, муниципального жилищного контроля;
- 4) подготовка в установленном порядке предложений о совершенствовании законодательства Российской Федерации и законодательства Волгоградской области в части организации и осуществления регионального государственного жилищного надзора, муниципального жилищного контроля;
- 5) принятие административных регламентов взаимодействия органов регионального государственного жилищного надзора, муниципального жилищного контроля при осуществлении регионального государственного жилищного надзора, муниципального жилищного контроля;
- 6) повышение квалификации специалистов, осуществляющих региональный государственный жилищный надзор, муниципальный жилищный контроль.

Подобное взаимодействие осуществляется в соответствии с Приказом Инспекции государственного жилищного надзора Волгоградской области от 10 сентября 2013 г. № 122 «Об утверждении административного регламента взаимодействия инспекции государственного жилищного надзора Волгоградской области и органов муниципального жилищного контроля при осуществлении регионального государственного жилищного надзора и муниципального жилищного контроля на территории Волгоградской области».

В соответствии с Законом Волгоградской области «О муниципальном жилищном контроле» от 22 февраля 2013 г. № 19-ОД органы муниципального жилищного контроля обеспечивают проведение плановых и внеплановых проверок. Предметом плановой проверки является соблюдение юридическими

лицами, индивидуальными предпринимателями в процессе осуществления деятельности требований, установленных федеральными законами в сфере жилищных отношений, а также муниципальными правовыми актами.

Основаниями для проведения внеплановой проверки наряду с основаниями, указанными в ч. 2 ст. 10 Федерального закона от 26 декабря 2008 г. № 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля и муниципального контроля», являются:

1) поступление в органы муниципального жилищного контроля обращений и заявлений граждан, в том числе индивидуальных предпринимателей, юридических лиц, информации от органов государственной власти, органов местного самоуправления, из средств массовой информации о фактах нарушения гражданами обязательных требований;

2) истечение срока исполнения гражданином ранее выданного предписания об устранении выявленного нарушения обязательных требований.

По результатам проверки должностные лица органа муниципального жилищного контроля, проводившие проверку в отношении граждан, составляют акт проверки по форме, утвержденной муниципальным правовым актом.

В случае выявления при проведении проверки нарушений гражданином обязательных требований должностные лица органа муниципального жилищного контроля, проводившие проверку, в пределах полномочий, предусмотренных законодательством Российской Федерации, обязаны:

1) выдать предписание юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю об устранении выявленных нарушений с указанием сроков их устранения или о проведении мероприятий по обеспечению соблюдения обязательных требований;

2) принять меры по контролю за устранением выявленных нарушений, их предупреждению, предотвращению возможного причинения вреда жизни и здоровью граждан, а также меры по привлечению лиц, допустивших выявленные нарушения, к ответственности.

Схема осуществления муниципального жилищного контроля на территории Волгоградской области представлена на рис. 1.

Из вышеперечисленного следует, что орган государственного жилищного надзора по результатам проверки может выдать соответствующее предписание, составить протокол об административном правонарушении, рассмотреть дело об административном правонарушении и принять меры административного воздействия. В то время как орган муниципального жилищного контроля имеет только право привлечь виновных лиц к административной ответственности в виде предупреждения или выдать предписание и направить материалы в территориальные подразделения Государственной жилищной инспекции для возбуждения дела об административном правонарушении.

Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях допускает право должностных лиц органов местного самоуправления составлять протоколы об административных правонарушениях в случаях, предусмотренных законами субъектов РФ. В силу ч. 2 ст. 1.3.1 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях органы местного самоуправления могут наделяться отдельными полномочиями субъекта Российской Федерации по созданию административных комиссий.

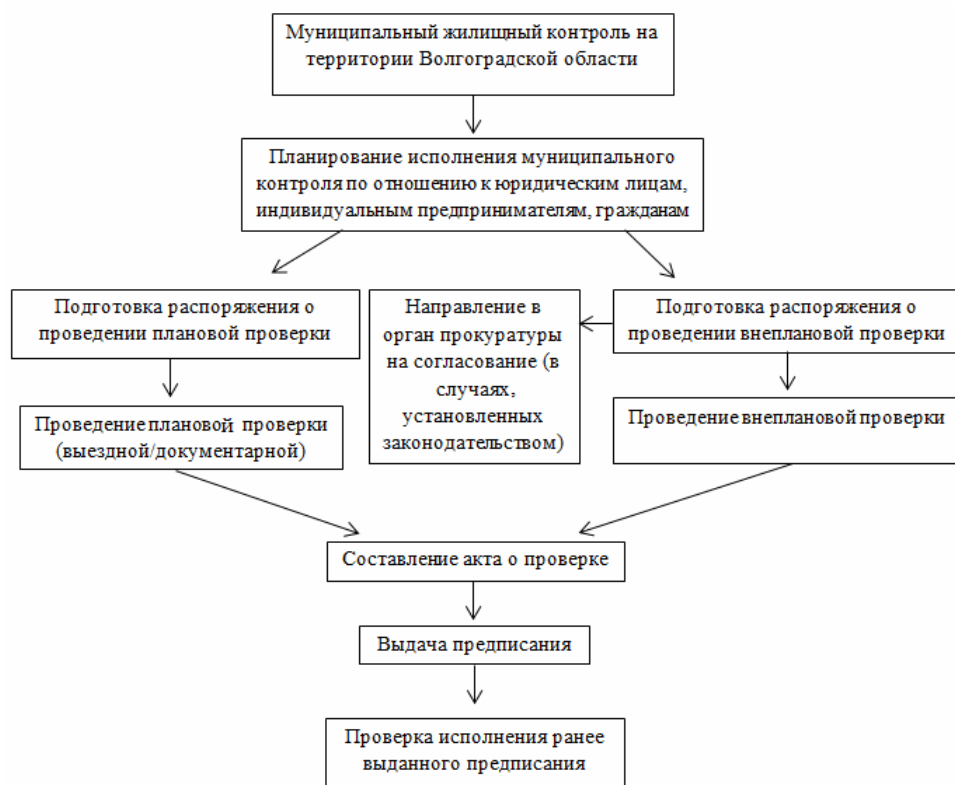


Рис. 1. Схема осуществления муниципального жилищного контроля на территории Волгоградской области

В случае наделения органа местного самоуправления указанными полномочиями его должностные лица вправе составлять протоколы об административных правонарушениях, предусмотренных законами субъекта Российской Федерации. Многие субъекты РФ воспользовались этим правом и приняли законы о передаче органам местного самоуправления полномочий по созданию административных комиссий. Так, например, закон Свердловской области «О наделении органов местного самоуправления муниципальных образований, расположенных на территории Свердловской области, государственным полномочием Свердловской области по созданию административных комиссий» от 23 мая 2011 г. № 31-ОЗ наделил органы местного самоуправления муниципальных образований, расположенных на территории Свердловской области, государственным полномочием по созданию административных комиссий.

На данный момент в Волгоградской области деятельность органов муниципального жилищного контроля городских округов основывается на принципах взаимодействия со структурными подразделениями администрации Волгоградской области и управлением жилищной инспекции города Волгограда. Городские округа представляют в инспекцию государственного жилищного надзора Волгоградской области материалы, содержащие данные, указывающие на наличие события административного правонарушения, полученные в результате проведения муниципального жилищного контроля.

Государственные органы обеспечивают прием материалов и в случае выявления достаточных данных, указывающих на наличие события или состава административного правонарушения, возбуждают на основании п. 2 ч. 1 ст. 28.1 КоАП РФ административные дела.

Одним из направлений в работе муниципального жилищного контроля является рассмотрение обращений граждан. Работа с обращениями граждан проводится в строгом соответствии с требованиями Федерального закона от 02.05.2006 г. 59-ФЗ «О порядке рассмотрения обращений граждан Российской Федерации». Так, по результатам реализации полномочий, переданных органам местного самоуправления Волгоградской области в 2016 г., наблюдается тенденция уменьшения количества обращений граждан о нарушении их жилищных прав. В 2016 г. на рассмотрение поступило на 1231 обращение меньше, чем в 2015 г., что составляет около 10 %.

Показатели деятельности городских округов Волгоградской области в части переданных отдельных государственных полномочий по государственному жилищному надзору в 2016 г. представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Показатели деятельности городских округов Волгоградской области в части переданных полномочий по государственному жилищному надзору в 2016 г.

Наименование городского округа	Количество рассмотренных обращений	Количество проведенных проверок	Количество выданных предписаний	Количество составленных протоколов
Волгоград	13 213	3717	3087	672
Волжский	3481	2239	372	153
Камышин	546	287	54	19
Михайловка	171	165	23	41
Урюпинск	74	77	18	9
Фролово	73	95	23	10

Необходимо отметить, что в 2017 г. наблюдается тенденция увеличения количества обращений граждан о нарушении их жилищных прав. В 2017 г. на рассмотрение поступило на 1776 обращений больше, чем в 2016 г., что составляет около 11,8 %.

В 2017 г. всего в управление жилищной инспекции города Волгограда и администрации Волгограда с учетом шести городских округов — Волгоград, Волжский, Камышин, Михайловка, Урюпинск, Фролово — поступило 17 989 обращений граждан о нарушении их жилищных прав (рис. 2).

Обращения граждан по существу жалобы можно разделить на несколько категорий (табл. 2).

По существу этих обращений в 2017 г. органами государственного жилищного надзора проведено 8 тыс. проверок, выдано 4 тыс. предписаний, 1260 должностных и юридических лиц привлечены к административной ответственности, наложено штрафов на сумму более 60 млн рублей. Показатели деятельности городских округов Волгоградской области в 2017 г. представлены в табл. 3.

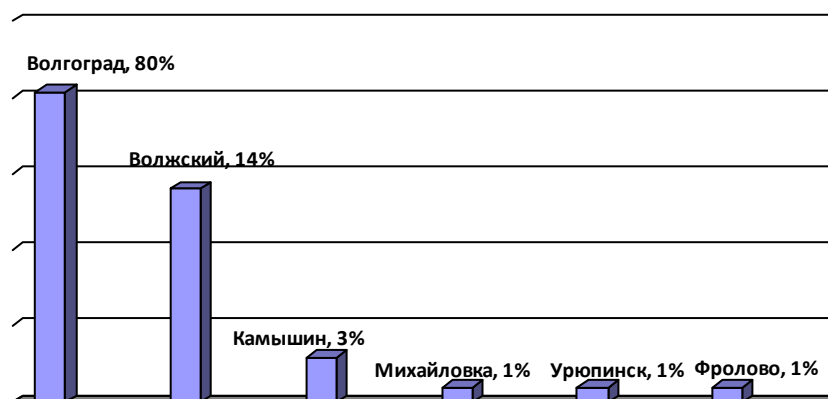


Рис. 2. Распределение обращений по городским округам в 2017 г.

Т а б л и ц а 2

Обращения граждан в жилищную инспекцию с учетом шести городских округов

Обращения граждан	2016 г.	2017 г.
По техническому состоянию и эксплуатации жилищного фонда	37,6 %	40 %
По начислению платы за ЖКУ	24 %	25 %
Вопросы управления жилищным фондом	7,3 %	8,1 %
Вопросы оказания коммунальных услуг составляют	13,2 %	11 %
Стандарт раскрытия информации	—	3 %
Вопросы проведения капитального ремонта домов	—	2,3 %

Т а б л и ц а 3

Показатели деятельности городских округов Волгоградской области в части переданных отдельных государственных полномочий по государственному жилищному надзору в 2017 г.

Наименование городского округа	Количество рассмотренных обращений	Количество проведенных проверок	Количество выданных предписаний	Количество составленных протоколов
Волгоград	14 193	4905	3253	1642
Волжский	2526	1831	489	94
Камышин	597	202	33	9
Михайловка	179	107	6	7
Урюпинск	97	49	11	4
Фролово	107	158	64	38

По нашему мнению, существующая организационная структура по реализации переданных полномочий органам местного самоуправления Волгоградской области является эффективной. Муниципальный жилищный контроль в части переданных полномочий является как бы дополнительным рычагом, с помощью которого осуществляется единое регулирование процессов

жилищного контроля. В результате анализа показателей 2016 г. и 2017 г. можно сделать вывод, что передача полномочий позволила органам местного самоуправления более оперативно реагировать на обращения граждан, тем самым контролировать и оказывать влияние на ситуацию в ЖКХ (рис. 3).

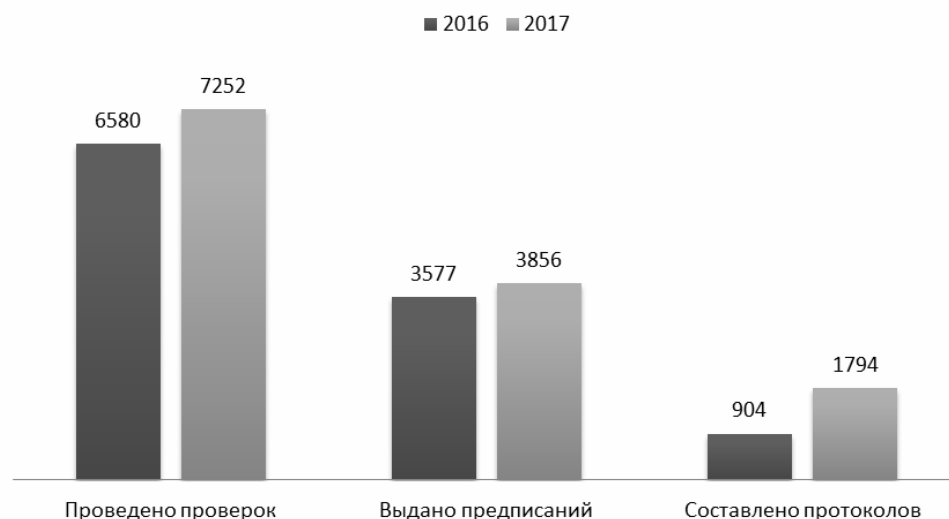


Рис. 3. Результаты реализации переданных государственных полномочий по осуществлению жилищного надзора органами местного самоуправления в 2016—2017 гг.

Осуществление государственного жилищного надзора органами местного самоуправления Волгоградской области существенно укорачивает путь жителей в надзорные инстанции, тем самым сокращает сроки устранения проблем. Необходимо отметить, что для повышения эффективности муниципального жилищного контроля на территории Волгоградской области необходимо предоставить право муниципальным образованиям создавать административные комиссии с целью привлечения к административной ответственности лиц, нарушающих правила, установленные органами местного самоуправления в пределах их компетенции.

Таким образом, систематическое наблюдение за исполнением обязательных требований законодательства, анализ и прогнозирование исполнения требований законодательства юридическими и физическими лицами, выполнение в полном объеме проверок по соблюдению жилищного законодательства, организация и проведение профилактической работы с населением по предотвращению нарушений жилищного законодательства путем привлечения средств массовой информации к освещению актуальных вопросов муниципального жилищного контроля, разъяснения положений жилищного законодательства являются главной целью надзора государственных и муниципальных органов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кочеткова Н. А. Трудности муниципального контроля в жилищно-коммунальной сфере // Молодой ученый. 2017. № 13. С. 319—321. URL: <https://moluch.ru/archive/147/41365/>

2. Бурьлова Л. А. Муниципальный контроль: проблемы правового регулирования и реализации // Вестник ПНИПУ. 2014. № 2. С 78—85.
3. Бышков П. А. Проблемы координации муниципального и государственного контроля (надзора) // Евразийская адвокатура. 2015. № 6(19). С. 103—105.

© Калашников С. Ю., Милеева Е. В., 2018

Поступила в редакцию
в марте 2018 г.

Ссылка для цитирования:

Калашников С. Ю., Милеева Е. В. Организация и административно-судебная практика государственного жилищного надзора органами местного самоуправления Волгоградской области // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. Вып. 52(71). С. 199—207.

Об авторах:

Калашников Сергей Юрьевич — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой экспертизы и эксплуатации объектов недвижимости, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, kalashnikov@vstu.ru

Милеева Елена Владимировна — магистрант кафедры экспертизы и эксплуатации объектов недвижимости, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, alenamileeva@mail.ru

Kalashnikov S. Yu., Mileeva E. V.

ORGANIZATIONAL STRUCTURE AND ADMINISTRATIVE COURT PRACTICE OF THE STATE HOUSING CONTROL BY LOCAL SELF-GOVERNMENT AUTHORITIES IN VOLGOGRAD OBLAST

The analysis of the existing system of housing control in Volgograd Oblast is carried out. The features of the organizational structure on the realization of delegated powers of the state housing supervision and municipal control in the housing sphere of city settlements by local self-government authorities in Volgograd Oblast are revealed.

Key words: housing, housing code, system of the state housing control, municipal housing control, blocks of flats.

For citation:

Kalashnikov S. Yu., Mileeva E. V. [Organizational structure and administrative court practice of the state housing control by local self-government authorities in Volgograd oblast]. *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], 2018, iss. 52(71), pp. 199—207.

About authors:

Kalashnikov Sergei Yur'evich — Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Head of Examination and Management of Real Estate Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, kalashnikov@vstu.ru

Mileeva Elena Vladimirovna — Master's Degree student of Examination and Management of Real Estate Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, alenamileeva@mail.ru

УДК 727.03:069

А. И. Хомяков

Московский архитектурный институт (Государственная академия) — МАРХИ

ИСТОРИЯ АЛЬЯНСА: МЕМОРИАЛЬНО-МУЗЕЙНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

Рассматриваются предпосылки происходящей в настоящее время трансформации целей и содержаний мемориальной и музейной практик. Обосновываются тенденции интеграции мемориала, музея, выставочных и других пространств культуры в единые системы социальной активности.

К л ю ч е в ы е с л о в а: памятные пространства, духовные ценности, памятники, мемориальные и музейные комплексы, история, культура.

Во всем мире — музейный бум. Новые музеи открываются каждую неделю. Любой уважающий себя европейский город старается обзавестись хоть маленьким, но музеем, и желательно — современного искусства. Здание музея стало такой же неотъемлемой частью города, как собор, мэрия и рынок [1].

То, что города стремятся «обрести музей современного искусства», — это, скорее, следствие здорового честолюбия (создать городу эмблему), чем искреннего радения о культурном развитии горожан. Прежде всего, как утверждают сами кураторы и культурологи, современное искусство — вещь по определению спорная, в истории еще не определившаяся, т. е. будет ли пользоваться спросом через десятки лет, никто не знает. Поэтому название новому зданию нередко дается нейтральное — арт-центр, галерея, многофункциональные центры. «В музеях теперь можно не только разглядывать картины, но и слушать музыку, смотреть кино, ужинать в пафосной обстановке и даже жениться» [2]. По сути, художественные «музеи и их коллективы принимают новые правила игры — принципиально направленные против правил старых, для которых и ради которых они когда-то создавались» [3].

Музей в своем общем и целостном понимании — это хранилище экспонатов, исследовательский институт, культурный центр, образовательное учреждение и т. д., т. е. музей является учреждением повышенной социальной ориентации, направленной на конструктивное сотрудничество заинтересованных институций. Сегодня это уникальное общественное образование, призванное служить местом встречи социальных партнеров, профессионалов, представителей бизнеса, власти и общества, для продуктивного взаимодействия, информационного, ценностного обмена между различными социальными общностями, различными поколениями, профессиями, возрастными территорияльными и иными субъектами.

Но, став компонентом мемориально-музейного комплекса (ММК), музей приобретает несколько иную специфику. Она заключается в узкой тематической направленности, обусловленной произошедшим событием или присутствием конкретного памятного места. Это не снимает с музея всех вышеназванных ответственных функций, таких, например, как функции «культурного центра» или «исследовательского института», что подтверждается, в частности, результатами недавно завершившегося международного проектного конкурса на новый комплекс музея «Оборона и блокада Ленинграда».

В отличие от художественных, мемориальные и исторические музеи, как локальные, так и в составе мемориалов, имеют более отчетливо запрограммированное будущее и поэтому сравнительно традиционны. В то же время, как показывают авторские наблюдения за программами развития ряда отечественных и зарубежных мемориально-музейных комплексов, их не минуют *реформы, вызываемые современными потребительскими запросами*. Какие же это реформы и как они будут происходить?

История. Тема взаимодействия музея и мемориального комплекса обычно рассматривается культурологами, историками и архитекторами с различных позиций и воспринимается как слитный симбиоз, морфологический и сущностный [4]. Тем не менее у мемориала и музея принципиально различные целевые смыслы: первый сублимирует историю места архитектурно-художественными средствами, второй представляет ее вещественно и документально. Их почти двухсотлетний альянс не только имеет взаимное практическое значение, но и обуславливает их полноценное действие и актуальность в будущем.

Музей как тип общественного сооружения сопровождает памятные мемориалы с первых этапов их появления, начиная с баварского мемориального ансамбля Вальгалла — величественного храма в формах античного периптера, хранящего собрание скульптурных изображений самых прославленных имен политики и культуры Германии (1825 г., арх. Л. фон Кленце) [5].

Роль музея в мемориальных пространствах изначально перенимал на себя храм. В нем, наряду с необходимыми культовыми почитаниями и благодарениями, в общих чертах давалась краткая информация о происшедшем памятном событии, о мифологическом явлении или знамении, о судьбоносном сражении, назывались имена главных героев, давались их скупые портретные изображения. Одним из первых мемориальных храмов в Древней Руси стал храм Покрова на Нерли, построенный в 1165 г. впоследствии канонизированным князем Андреем Боголюбским в память победы над волжскими булгарами и в честь убитого в сражении сына — Изяслава.

Музеи ведут свое начало от римских реликвариев (рис. 1), позднее — от салонных коллекций Ренессанса [6]. Далее эта практика видоизменялась и расширялась. Музей под влиянием секуляризации Нового времени постоянно обособлялся от храма, превращался в хранилище коллекций, но сохранял черты «храмоподобия». Упомянутый выше комплекс Вальгалла — лучший пример удачного решения музея-«храма» и храма для «коллекции» (рис. 2).



Рис. 1. Римский реликварий, III в. н. э.



Рис. 2. Зал славы Вальгалла, Бавария, 1825 г., арх. Л. фон Кленце

Активно включались в экспозиционное поле ММК в качестве музеев и исторических экспонатов сохранившиеся, уцелевшие в ходе сражений, законсервированные или восстановленные подлинные здания, в которых происходили знаменательные исторические встречи, переговоры, совещания. Под размещение музеев также подбирали адекватные тематическому содержанию пространства в оборонительных сооружениях: башнях, блиндажах, подземных минных галереях, сопутствующих хозяйственных и вспомогательных строениях [7]. Специально возводить новое здание под организацию музея в то время (XIX в. — начало XX в.) не практиковалось, так как был высок процент сохранившихся достоверных сооружений — свидетелей памятного события, которому посвящался мемориал. Так, например, в первые годы после битвы под Ватерлоо был создан музей Веллингтона. Это был постоянный двор, в котором располагался его штаб перед битвой с французскими войсками. Здесь было собрано множество экспонатов, в том числе с того самого поля боя. И, конечно, одним из главных мест для посещения являются покои самого Веллингтона, в которых он написал свой «Победный доклад». Здесь сохранились его личные вещи, посуда и большой стол, на котором он рассматривал перед боем карту [8].

Практику создания памятных музеев в сохранившихся аутентичных сооружениях на территориях мемориалов великим сражениям Европы можно объяснить еще и тем, что сражения того времени не имели катастрофических разрушительных последствий, чего нельзя сказать о результатах военных действий Второй мировой войны. После нее в местах сражений стали возводить специальные военно-исторические музеи, которые лишь музеефицировались сохранившимися достоверными артефактами, останками боевых и оборонительных укреплений (окопов, блиндажей, подземных командных пунктов и др.).

Музеи строились уже как самостоятельные, отдельно стоящие пространственные компоненты, часто занимая в ММК центральное место. Экспозиция этих музеев, возникших с середины двадцатого века, как в мировой, так и в отечественной практике не отличалась оригинальностью пространства и формой повествования, носила вполне канонический характер.

То же относится к многочисленным ММК, созданным на территориях бывших нацистских, и не только нацистских, концлагерей, созданных при тоталитарных режимах. Помимо обязательной скульптурной композиции, доминирующей во входной зоне мемориала, музеефицировались все сохранившиеся подлинные постройки. В них воспроизводилась бытовая и повседневная обстановка с сопроводительным показом сохранившихся атрибутов и фотодокументов [9]. Несохранившиеся постройки, как правило, не восстанавливались и замещались маркированным пятном или периметром (Бухенвальд близ г. Веймара, Дахау близ г. Мюнхена в Германии; Нацвейлер-Штрутхоф близ г. Страсбурга во Франции и многие другие) (рис. 3).

Эти подходы были характерны не только для мемориальных комплексов, посвященных Второй мировой войне, но и для большинства мемориальных ансамблей, возникших начиная с 1950-х гг. и позже. Мемориалы мировым политическим лидерам первой половины XX века (мемориалы Ш. де Голля в провинции Шампань во Франции, Ф. Д. Рузвельта в Вашингтоне и др.) создавались в основном по двум сценариям. Первый предполагал наличие сохра-

нившегося дома, места пребывания, усадьбы героя мемориала с территорией и подлинными постройками. Входная зона обозначалась обязательной монументальной скульптурой или стелой, за которой начиналась территория с музеями в сохранившихся строениях и тематическими памятными зонами, маршрутами и площадками. Второй сценарий востребован при отсутствии аутентичных строений и мемориального участка, что обуславливало необходимость нового строительства ММК с использованием всех допустимых средств и возможностей современной архитектуры [10].



Рис. 3. ММК «Бухенвальд», Тюрингия, 1958 г., авторский коллектив

Новации. С новой волной глобализации, начавшейся несколько десятилетий назад, организация музейного дела стала меняться. На фоне появления новых поведенческих установок, расширения познавательных возможностей традиционные музеи, ориентированные на собирание тематической, профильной коллекции и на ее показ, перестали отвечать требованиям и к качеству информации, и к эстетической форме ее предъявления. Музеи, сохраняющие консервативные принципы работы, стали терять привлекательность. Им на смену приходят другие музеи, которые известный искусствовед Б. Дарри на проходившем в 1996 г. в Вантаа (Финляндия) Первом всемирном конгрессе научных центров в докладе «Музеи третьего поколения» предложил называть «музеями контекста» [11].

Концепция «музеев третьего поколения» была предложена движением «Новая музеология», оформленным на Генеральной конференции ICOM в Лондоне в 1983 г., основными лозунгами которого были «интеграция музея в окружающую его среду, социализация музея, изменение миссии музея, которому предстоит не просто регистрировать прошлое, но использовать его, чтобы влиять на происходящее сегодня» [12]. Реформа привычных форм организации музеев привела к появлению таких отчасти теоретических,

отчасти уже реализованных моделей, как «музей-форум», «музей без границ», «музей контекста» и др. Эти модели, определяющие в настоящее время главные направления развития музейного дела, характеризуются новыми отношениями с посетителем, формированием диалога между ним и экспозиционным материалом. На это работают цифровые технологии, видео, скульптура (голография), инсталляции на исторические темы, совмещение звука и визуального ряда.

Такая практика познания исторического материала более адекватна настроениям общества, впитавшего «клиповое сознание» и не склонного к пассивному изучению коллекций антиквариата в «универсальных музеях» [13]. Сочетание традиционных и новейших, мультимедийных музейных технологий создает качественно новое информационное пространство. Новые коммуникативные формы работы музеев допускают в определенных локальных случаях применение муляжей и декораций (сцены солдат в землянках, лазаретной жизни, передний план знаменитых сражений в панорамах и диорамах). Популярны прямые включения в экспозицию театрализованных сцен и эпизодов — полевая кухня вместо буфета, пункты пропускного контроля во входных зонах и др. [14].

Примеров нового отношения к экспозиции, работе с посетителями, к музейному пространству, где уже живут технологии наступившего века, сегодня не мало. Среди них можно упомянуть израильский мемориально-музейный комплекс Яд-Вашем, демонстрирующий все приведенные выше черты новаторской музеологии в полном объеме (рис. 4). Среди отечественных примеров можно назвать Государственный музей обороны Москвы, в семи залах которого представляются в интерактивном формате этапы этого периода Великой Отечественной войны. Последним примером отечественного ММК подобного рода является комплекс Куликово поле (рис. 5).



Рис. 4. ММК «Яд Вашем», Иерусалим, 2005 г., арх. М. Сафди и др.



Рис. 5. ММК «Куликово поле», 2016 г., арх. С. В. Гнедовский и др.

Практически повсеместно наблюдается отказ от естественного освещения в экспозиционных залах. Это обуславливает отчетливо растущую в последние десятилетия практику пространственного исчезновения музейного компонента из структуры вновь создаваемых ММК. Здание музея как отдельно стоящий и самоценный архитектурно-пространственный объект удаляется из визуального бассейна комплекса либо в подземное пространство, либо в рельеф местности, в естественный ландшафт. Так решается музей в бельгийском мемориально-музейном комплексе «Холм льва» в Ватерлоо (Бельгия), где непосредственно в теле холма, под слоем земли, поросшей травой, находится подземный мемориал, открывшийся к 200-летней годовщине битвы [15].

Тема «ландшафтной мантии», скрывающей все утилитарные и сопутствующие функции, — одна из самых востребованных в настоящее время. Открытым взгляду, видимым остается только самый существенный и важный по смыслу компонент — хранящий мемориальное послание, изложенное средствами монументальной архитектуры и садово-паркового искусства.

Обращение к этим средствам сближает мемориально-музейные комплексы с разного рода международными и национальными выставками достижений в хозяйстве и культуре. Феномен их появления относится, как и появление ММК, к середине XIX в. и связан со становлением народного сословия, гражданского самосознания, бурным ростом ремесел и промышленности. У всемирных выставок ЭКСПО существует своя логика, причины появления, история эволюции, что, однако, не исключает их родства с ММК.

Это родство, во-первых, определено тематической целостностью, общей содержательной направленностью, характером послания, в случае ЭКСПО — временного, в ММК — вечного. Во-вторых, неким «мироподобием», комплексностью: ММК и ЭКСПО объединяют целый ряд компонентов на основе единой планировочной структуры. В результате в обоих феноменах

присутствует стремление к объективно востребованной демонстративной патетике в решении как целого, так и частей. В обоих случаях обнаруживается стремление к целостности ландшафтного и архитектурного компонентов, к созданию ансамбля, превращения его в незабываемое грандиозное зрелище, где «непременным является требование сосредоточиться на самых положительных, выигрышных явлениях и тем самым показать свою страну... с парадного фасада» [16]. Как видно из приведенного текста, смысловые назначения ЭКСПО и ММК во многом перекликаются между собой и, несомненно, латентно и открыто друг на друга влияют. Это относится к заимствованию как форм экспозиции, так и приемов организации пространства.

Тенденции. Таким образом, можно с некоторой долей условности сформулировать главные векторы развития ММК, которые включают:

- отказ от повествовательности средствами декора, скульптуры и изобразительного искусства, переход на язык поэтических метафор, многозначности в трактовки послания, замена нарратива архитектурными формами и символами;

- замену торжественных и патетических мотивов в решении ландшафтных и парковых пространств, окружающих доминирующие компоненты, пейзажными и пасторальными темами: открытыми лугопарками, куртинами, рощами, композициями из полевых цветов и других дикорастущих растений;

- размещение музейных и выставочных пространств в рельефе, на подземных или частично «утопленных» в уровень земли отметках;

- превращение музея, с одной стороны, в исследовательский институт с фондом, аккумулирующим информацию и документы, с другой — в интерактивный аттракцион, способный заинтересовать зрителя любой возрастной категории и любого уровня интеллекта;

- планировочную и техническую адаптацию территории ММК для проведения массовых культурных, общественных и спортивных зрелищ (юбилейных праздников, фестивалей, концертов, квестов, игровых состязаний и др.);

- создание на территории ММК познавательно-образовательных учреждений (посетительских центров с лекториями, художественных и музыкальных школ и т. п.);

- обеспечение ММК всеми звеньями посетительской инфраструктуры: автостоянками, местами временного размещения, предприятиями общественного питания, информационными центрами, системой навигации, пунктами проката (велосипедов, лодок, конных повозок и т. п.);

- тесную связь с транспортными узлами региона.

Сегодняшнее стремление культурных, и в частности музейных, институций погрузить коллективного и индивидуального зрителя в исторический или выставочный материал как можно глубже, заставляет применять все более широкий диапазон новаторских технологий. *Слияние, смешение, объединение различных подходов, языков, и практик — познания и рекреации, метафоры и документа — это черта нашего времени. Из пространства пассивного наблюдения мы переходим к пространству активного соучастия. Во всех сферах познания и досуга растет стремление к междисциплинарным формам социализации. Рациональное взаимодополнение — таково настроение времени (если не требование). Оно ведет нас от традиционного мемориально-музейного комплекса к активированной топографии памятных мест и воссозданию событий, интегрированных в пространство и время.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Mueller C., Wehberg J., Knippschild E. Juedisches Museum // Garten + Landschaft. 1994. № 12. S. 9—13.
2. Сошников А. Музеи сменили музу // Made in future. Журнал о большой архитектуре. 2008—2009. № 5. С. 86—87.
3. Будрайтскис И. Когда музеи дают сдачи // ХЖ. Места искусства. Музей. Художественный журнал. 2012. № 88. С. 34—39.
4. Leppert S. Staehlerne Erinnerung // Gaerten + Landschaft. 2001. № 10. S. 19—22.
5. Steinhauer M. Erinnerungsarbeit. Zu Jochen Gerz Manhmal // DAIDALOS. 1993. 49.09. S. 104—113.
6. Schneckenburger M. Monument und Medium der Erinnerung // Topos. 1994. 08.09. S. 50—58.
7. Virilio P. Bunker Archaeology. New-York: Princeton architectural press, 2009. 216 p.
8. Huber J. Landschaft als Topographie der Erinnerung // Kunstforum International. 1994. № 127. S. 224—235.
9. Kochelkorn A. Geschichtspark Ehemaliges Zellengefängnis Moabitin Berlin // Bauwelt. 13/2007. S. 4—5.
10. Michel K.-M. Die Magie des Ortes. Ueber den Wunsch nach authentischen Gedenkstätten und die Liebe zu Ruinen // DIE ZEIT. 38/1987. S. 51.
11. Дарри Б., Хатчисон К. Музеи третьего поколения // Museum (ЮНЕСКО). 2001. № 1. С. 22.
12. Масленица Е. Н. Новая музеология в контексте идей экологии культуры // Фундаментальные проблемы культурологии. Т. VI. Культурное наследие: от прошлого к будущему. М.; СПб.: Новый хронограф; Эйдос, 2009. С. 364—371.
13. Volk K. Eine Zeit-Raum-Begegnung // Topos 36. 09/2001. S. 84—94.
14. Reck H.-U. Konstruktion des Errinerens — Transitorische Turbulenzen // Kunstforum International 127. 09/1994. S. 81—119.
15. Hoffmann-Axthelm D. Architektur als Gedächtnis // Bauen und Wohnen. 1/2 1989. S. 28—31.
16. Толстой В. П. Искусство выставочного ансамбля: вступительная статья к сборнику документов и материалов / Выставочные ансамбли СССР. 1920—1930-е годы: материалы и документы. М.: Галарт, 2006. 467 с.

© Хомяков А. И., 2018

Поступила в редакцию
в феврале 2018 г.

Ссылка для цитирования:

Хомяков А. И. История альянса: мемориально-музейные комплексы // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. Вып. 52(71). С. 208—216.

Об авторе:

Хомяков Александр Иванович — канд. арх., профессор кафедры архитектуры общественных зданий, Московский архитектурный институт (Государственная академия) — МАРХИ. Российская Федерация, 107031, г. Москва, ул. Рождественка, 11/4, корп. 1, стр. 1, a.khomyakov@mail.ru

A. I. Khomyakov

THE HISTORY OF THE ALLIANCE: MEMORIAL AND MUSEUM COMPLEXES

The article deals with the preconditions of the present transformation of purposes and content of memorials and museums. The tendencies of integration of a memorial, a museum and exhibition and other cultural spaces into unique systems of social activity are proved.

Key words: memorable spaces, cultural wealth, monuments, memorial and museum complexes, history, culture.

For citation:

Khomyakov A. I. [The history of the alliance: memorial and museum complexes]. *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], 2018, iss. 52(71), pp. 208—216.

About author:

Khomyakov Aleksandr Ivanovich — Candidate of Architecture, Professor of the Department of Architecture of Public Buildings, Moscow Architectural Institute (State Academy). Building 1, bulk 1, 11/4, Rozhdestvenka Street, Moscow, 107031, Russian Federation, a.khomyakov@mail.ru

УДК 378.016:74

Ю. Б. Колышев

Волгоградский государственный технический университет

ПРОБЛЕМЫ ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ПОДГОТОВКИ АБИТУРИЕНТОВ — БУДУЩИХ АРХИТЕКТОРОВ И ДИЗАЙНЕРОВ

Нынешний этап развития образовательной системы РФ ставит целью достижение нового уровня подготовки абитуриентов — будущих архитекторов и дизайнеров, ориентированного не только на усвоение определенных умений и навыков, но, главное, — на формирования у обучающихся профессиональных компетенций, способствующих приобретению опыта творческой деятельности, конкурентоспособной реализации себя в современном мире. В проведенных исследованиях учитывался опыт архитектурных школ Москвы, Екатеринбурга, Новосибирска и Волгограда.

К л ю ч е в ы е с л о в а: абитуриент, довузовская подготовка, профессиональные компетенции, рисование, методические рекомендации.

Введение. Архитектор, дизайнер, создавая новое, постигает красоту, открывает, видит ее в окружающей жизни — в природе, в быту человека, в искусстве. Способности будущего архитектора, дизайнера воспринимать эстетические стороны действительности формируются дисциплинами художественного цикла — рисунком, живописью, скульптурой и композицией.

В Волгограде в ряде общеобразовательных школ и гимназий организованы архитектурно-художественные классы, факультет ныне — Центр довузовской подготовки при университете. Результаты профессиональной подготовки абитуриентов, поступивших, обучающихся и закончивших наш вуз, проверены временем. Многие из них являются лауреатами международных конкурсов архитектурного рисунка 2001 и 2003 гг. в Екатеринбурге, 2005, 2007 и 2014 гг. в Казани, 2010 и 2012 гг. в Новосибирске, 2015 г. в Ростове-на-Дону.

Абитуриенты приходят в Центр довузовской подготовки «со школьной скамьи». Они, как правило, обладают знаниями основ геометрии, не связанными с пространственными представлениями. Имея понятия о плоских фигурах, например квадрате с равными сторонами или окружностью с геометрическим местом точек, равноудаленных от ее центра, изображают их ракурсные, пространственные положения с искажениями.

При рисовании с натуры приобретается одна из важнейших сторон познания — изобразительная грамота, т. е. передача трехмерности формы объекта на двухмерной плоскости листа бумаги «Изображение предмета в пространстве» [1, с. 4]. Другая, эмоциональная сторона познания, формирующая чувство красоты формы, проявляется в большей степени в процессе работы по впечатлению — представлению и воображению, увлекая обучающихся в мир ощущений и фантазий, иногда в ущерб грамотности рисунка.

Единство эмоциональной и рациональной сторон познавательной изобразительной деятельности подтверждается как исследованиями [2], так и целостностью трактовки форм в рисунках мастеров. Однако осознание этого прослеживается у преподавателей-энтузиастов, постепенно, «кропотливо»

выводящих своих учеников на истинный путь «комплексного познания формы объекта в рисунке» [3, с.7].

Комплекс знаний аксонометрических, ортогональных и перспективных проекций позволяет абитуриенту выполнять сечения и разрезы изображаемых геометрических форм, достигать «полного понимания проблем объемного моделирования пространств с помощью академического рисунка» [4, с. 61].

1. Представление проблемы исследования. В довузовской художественной подготовке Института архитектуры и строительства в настоящее время сложилась ситуация, в которой преподаватели рисунка и композиции поодиночке, своими силами решают проблемы обучения абитуриентов. Данная проблема возникла по причине отсутствия:

организации методических объединений преподавателей по профильным дисциплинам художественной подготовки абитуриентов;

издания методических указаний и учебных пособий по рисунку и композиции;

взаимодействия преподавателей Центра довузовской подготовки с родителями абитуриентов по вопросам посещаемости и выполнения ими самостоятельной работы (домашних заданий);

наличия исправных, удобных для рисования мольбертов и прочего материально-технического оборудования.

2. Актуальность предлагаемых мер по повышению качества художественной подготовки будущих архитекторов и дизайнеров. Главным в работе преподавателей Центра довузовской подготовки должно стать решение задач обучения рисунку, формирующих архитектурное мышление, — «способность демонстрировать пространственное воображение, развитый художественный вкус, владение методами моделирования, формообразования объектов искусственной и реально существующей среды» [5, с. 58].

В учебном процессе преподавателю следует реализовывать следующее:

заинтересовать обучающихся наблюдать, запоминать и фиксировать на бумаге увиденное — вырабатывать в себе потребность выполнять беглые познавательные наброски;

ориентировать на умение изображать объемные формы относительно окружающего пространства;

учить рисовать объекты не только в пространстве, но и в возможных функциональных положениях, в движении, при этом касаться вопросов инженерии — взаимодействия несомых и несущих элементов;

формировать понятие связей ортогональных, аксонометрических и перспективных проекций; уметь осознанно их применять [6, с. 48];

добиваться умений передачи пространственной цельности изображаемой формы (трехмерности объемов, расположения в пространстве и условий освещения).

Представляется объективным исключение из практики довузовской подготовки «натаскивания» абитуриентов на вступительные экзамены.

Необходима организация методического объединения преподавателей художественных дисциплин с утвержденным календарным планом проведения семинаров (один раз в месяц) по темам разделов, например геометрические тела и предметы быта (рис. 1 и 2); формы растительного и животного мира (рис. 3); архитектурные детали (рис. 4); человек, античная голова (рис. 5).

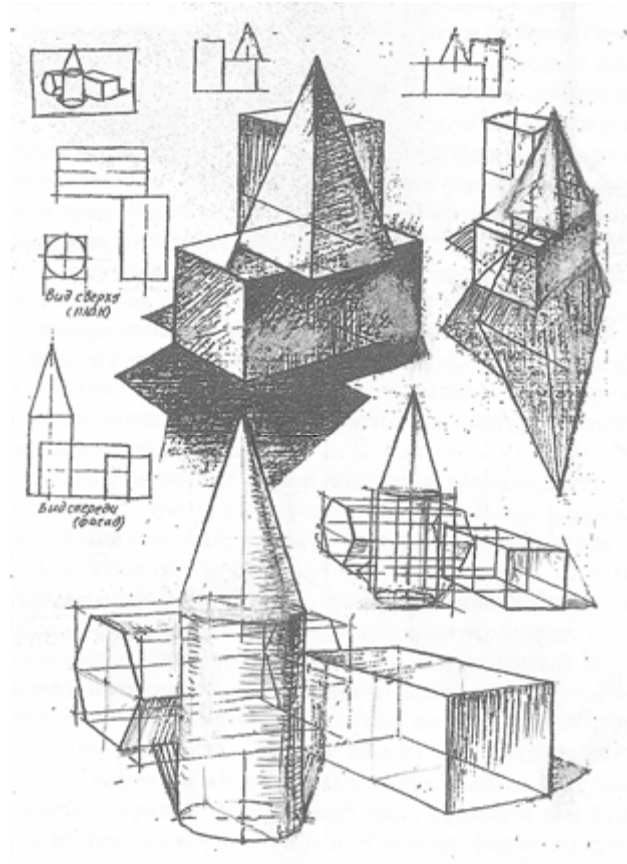


Рис. 1. Геометрические тела

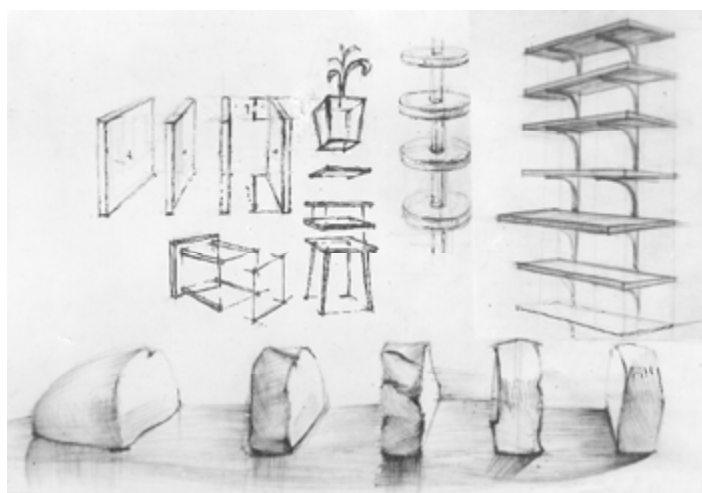


Рис. 2. Предметы быта



Рис. 3. Формы растительного и животного мира

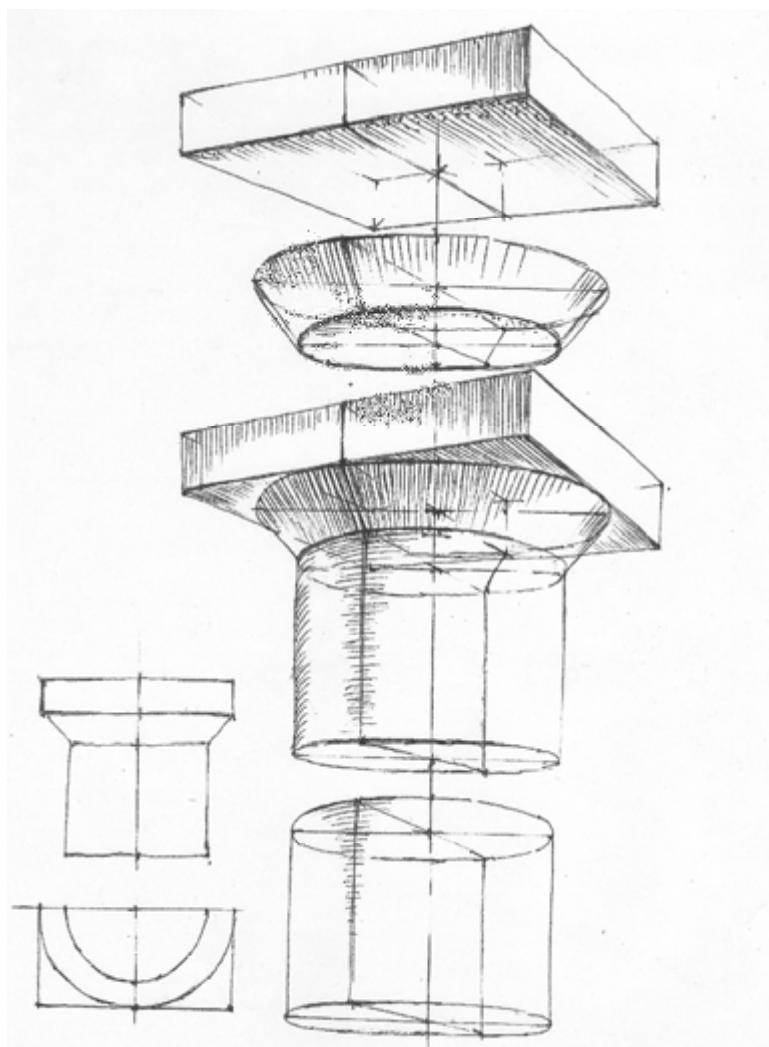
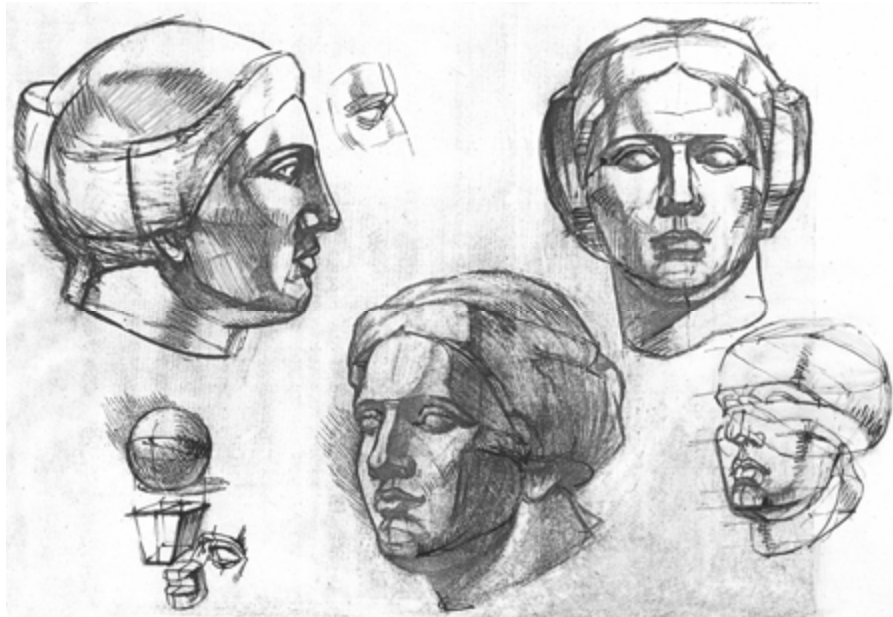


Рис. 4. Анализ общей формы капители



a



b

Рис. 5. Античная голова: *a* — наброски головы Венеры; *b* — рисунок головы Аполлона

Темы докладов преподавателям целесообразно распределять по их собственному выбору. Преподавателям следует рассматривать вопросы методики и технологии обучения рисунку и композиции коллегиально.

Важно возродить издание и переиздание методических указаний и учебных пособий по рисунку и композиции [7, 8]. Это позволит исключить использование материалов, не соответствующих и не учитывающих специфику архитектурного рисунка: «Рисование — это мышление; строительство — это мышление; рисование — это строительство» [9, 10, с. 145].

Представляется целесообразным введение в довузовскую подготовку абитуриента — будущего архитектора-дизайнера — учебного курса «Проекционное черчение».

Необходимо привести материально-техническое обеспечение кабинета изобразительной деятельности в соответствие его основной функции — формированию чувства пространства: «Мы живем в пространстве, не в камне, стенах, а между ними» [6].

3. Выводы и рекомендации. Методика и технологии обучения рисунку и композиции будущих архитекторов и дизайнеров не меняются от условий существования, они могут только совершенствоваться и развиваться.

Современные рамки модуля изобразительных дисциплин («Профессиональные основы коммуникаций», «Средства профессиональной подачи проекта», «Архитектурная графика — ручная и компьютерная») не умоляют основную роль дисциплины «Архитектурный рисунок» как средства познания мира.

Методика довузовской подготовки по рисунку и композиции направлена на выявление, укрепление и развитие созидательных начал, заложенных в душе ребенка, на формирование творческой личности с ориентацией не только на будущую профессию, но и общественную культуру [11, с. 382].

При обучении рисунку и композиции абитуриентов ведущую роль следует отводить формированию потребностей самооценки достигнутого изобразительного уровня подготовки, осознания своих профессиональных возможностей.

Довузовская подготовка по художественным дисциплинам — это задел на будущее, так как приобретенный опыт и сформированное архитектурное мышление будут в дальнейшем совершенствоваться, развиваться преподавателями вуза.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федоров М. В. Рисунок и перспектива. М.: Искусство, 1960. 131 с.
2. Баскакова И. Л. Вопросы психологии познавательной деятельности школьников и студентов. М., 1988.
3. Тихонов С. В., Демьянов В. Г., Подрезков В. Б. Рисунок. М.: Стройиздат, 1983. 296 с.
4. Жилкина З. В. Довузовское архитектурное образование в России. М.: Ладья, 1998.
5. Жилкина З. В. Рисунок, развивающий архитектурное мышление. М.: Архитектура-С, 2015. 96 с.
6. Соняк В. М. Архитектурное пространство. Архитектурный рисунок // Международ. конф. Екатеринбург, 2005. С. 69.
7. Колышев Ю. Б. Рисунок с натуры: методическое руководство для слушателей подготовительных курсов. Волгоград: ВолгАСА, 2003. 54 с.
8. Колышев Ю. Б., Матовников С. А. Методика довузовской подготовки по рисунку (с архитектурной направленностью). Волгоград: ВолгАСА, 2004. 96 с.

9. Феллуз Р. А. Взаимосвязь между художественным рисунком, абстракцией и архитектурным чертежом // Междунрод. конф. Екатеринбург, 2005. С. 145.

10. С. Суинделс. Архитектурный рисунок // Международ. конф. Екатеринбург, 2005. С. 146.

11. Колышев Ю. Б., Колышева Г. В. Решение проблем взаимосвязей довузовского и вузовского этапов обучения архитектурному рисунку // Новые идеи нового века: материалы 15-й международ. конф.: в 3-х т. Т. 2. Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2015. С. 382—384.

© Колышев Ю. Б., 2018

*Поступила в редакцию
в марте 2018 г.*

Ссылка для цитирования:

Колышев Ю. Б. Проблемы художественной подготовки абитуриентов — будущих архитекторов и дизайнеров // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. Вып. 52(71). С. 217—223.

Об авторе:

Колышев Юрий Богданович — профессор, профессор кафедры дизайна и монументально-декоративного искусства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, tango7412@gmail.com

Yu. B. Kolyshev

PROBLEMS OF ART TRAINING OF ENTRANTS — FUTURE ARCHITECTS AND DESIGNERS

The present stage of the development of educational system in the Russian Federation is set by the purpose of achievement of a new level of training of entrants, future architects and designers, focused not only on assimilation of certain skills, but the main thing — on the formation of professional competences promoting gain in experience of creative activity, competitive realization of themselves in the modern world. The experience of architectural schools in Moscow, Ekaterinburg, Novosibirsk and Volgograd was taken into account in the present study.

Key words: entrant, pre-university preparation, professional competences, drawing, methodical recommendations.

For citation:

Kolyshev Yu. B. [Problems of art training of entrants — future architects and designers]. *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], 2018, iss. 52(71), pp. 217—223.

About author:

Kolyshev Yuri Bogdanovich — Professor, Professor of Design and Monumental and Ornamental Art Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, tango7412@gmail.com

ОТ РЕДКОЛЛЕГИИ

«Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета» **включен в Перечень ведущих научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук, утвержденный ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.**

Библиографические сведения о публикациях в журнале, пристатейные списки литературы и полные тексты статей представлены в **Российском индексе научного цитирования (РИНЦ)** на сайте Научной электронной библиотеки www.elibrary.ru.

«Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия «Строительство и архитектура» входит в базу данных **Ulrich's Periodicals Directory** американского издательства Bowker, являющуюся самой крупной базой, описывающей мировой поток сериальных (периодических и продолжающихся) изданий. Активно используется научными учреждениями для анализа мирового потока сериальных изданий.

Серия включена в базу данных **DOAJ — Directory of Open Access Journals** (Директория журналов открытого доступа) научной библиотеки университета г. Лунд (Швеция), www.doaj.org, обеспечивающую открытый доступ к полнотекстовым материалам научных и академических журналов на различных языках, поддерживающих систему контроля качества публикуемых статей.

Требования к оформлению статей и сопроводительных материалов. Статью необходимо представить на электронном носителе и в распечатанном виде (2 экз.) в сопровождении заполненного автором *лицензионного договора* (2 экз.) (скачать бланк по адресу <http://www.vgasu.ru/attachments/ld-blank.pdf>), *анкеты* согласия автора на доступ к его персональным данным неограниченного круга лиц (скачать бланк по адресу <http://www.vgasu.ru/attachments/pdsog.pdf>), *выписки из протокола* заседания кафедры и одной *рецензии*. К статьям прилагается экспертное заключение о возможности опубликования в открытой печати. Все сопроводительные документы представляются на бумажных носителях в оригинале.

В *отдельном файле помещаются сведения об авторах* на русском и английском языках, а также кириллицей и латиницей в полном соответствии с данными в заполненном бланке *анкеты* (см. выше): фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, звание, должность, место работы; наименование и код научной специальности (по Номенклатуре), по которой автор проводит диссертационное исследование; почтовый адрес, телефон и адрес электронной почты.

В статье приводятся: *индекс УДК*; на русском и английском языках: *фамилия и инициалы автора, заглавие, аннотация* (на русском языке до 500 знаков, на английском — от 500 знаков до целой страницы), *ключевые слова*. Текст статьи заверяется личной подписью автора (соавторов).

Объем статьи — от 10 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. Библиографический список должен состоять не менее чем из 15 статей в научных журналах, из них 8 — иностранные. Источники группируются в списке в порядке упоминания в тексте. Ссылки на источники приводятся в тексте в квадратных скобках (запрещается использовать ссылки-сноски для указания источников). В библиографическую запись включаются только основные элементы библиографического описания (ГОСТ 7.0.5–2008). Разделительные знаки «тире» между областями опускаются. Шрифт Times New Roman (Сур) № 9 (9 пунктов). Язык библиографических записей соответствует языку описываемых источников.

Библиографический список приводится *дважды*. Во втором варианте все русскоязычные библиографические записи приводятся *в переводе на английский язык*, записи на других языках просто повторяются.

Авторы статей несут всю полноту ответственности за содержание статей и за сам факт их публикации. Редакция журнала не несет никакой ответственности перед авторами и/или третьими лицами и организациями за возможный ущерб, нанесенный публикацией статьи. Редакция исходит из того, что, *в соответствии с законодательством в части авторского права, автор, направляя статью в редакцию, полностью соглашается с условиями редакции и, следовательно, только сам лично несет ответственность за использование в тексте статьи материалов третьих лиц и соблюдение их авторских прав*. Все права автора и вся полнота его ответственности сохраняются и после публикации статьи в журнале.

Статьи проверяются на оригинальность с помощью системы «Антиплагиат». Требуемая оригинальность — не менее 80 %.

Порядок рецензирования. Статьи обсуждаются редколлегией, рецензии, поступившие в сопроводительных материалах, учитываются. Статьи могут быть направлены редакцией на дополнительную внутреннюю или внешнюю экспертизу (рецензирование) и опубликованы только при положительном заключении. Имена авторов и рецензентов друг другу не сообщаются. Копия заключения предоставляется автору.

Статьи, не отвечающие изложенным требованиям, редколлегией не принимаются. Материалы, не принятые к опубликованию, авторам не высылаются.

Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения текста. Корректур статей авторам не предоставляется. Согласование редакционных и авторских изменений текста статьи (переписка, тел. переговоры) производится за счет автора.

Гонорар за опубликование статьи не выплачивается, плата за публикацию статей с аспирантов не взимается.

КОМПЛЕКТОВАНИЕ ОЧЕРЕДНОГО НОМЕРА ЗАВЕРШАЕТСЯ ЗА 3 МЕСЯЦА ДО ПЛАНИРУЕМОГО ВЫХОДА В СВЕТ.

Примерный график выпуска серии «Строительство и архитектура» — март (прием статей до 1 декабря); июнь (прием статей до 1 марта); сентябрь (прием статей до 1 июня); декабрь (прием статей до 1 сентября).

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 ВолгГТУ <http://vgasu.ru/publishing/journals/> (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. А-215а. (8442)-96-98-65. E-mail: sk0522@yandex.com (ответственный секретарь журнала Калиновский Сергей Андреевич).

Уточнить **условия публикации статей и приобретения** очередного номера журнала можно по тел. (8442)-96-98-65 у ответственного секретаря редсовета журнала Калиновского Сергея Андреевича.

За консультацией по вопросам подготовки авторского оригинала статьи к печати обращаться по адресу: 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, ком. В-210, редакционно-издательский отдел ВолгГАСУ. Тел. (8442)-96-98-28. E-mail: mariapes@mail.ru.

Вниманию читателей и авторов!
«Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета»
выходит в одной серии

«СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА» (4 выпуска в год).
Подписной индекс по каталогу «Пресса России» 85343,

По вопросу приобретения ранее вышедших номеров журнала
обращаться по тел. 8-(844-2)-96-98-65 к отв. секретарю редсовета *С. А. Калиновскому* (каб. А-215а)

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 **Е 29507**.

*Журнал включен в **Перечень** ведущих научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации,
в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций
на соискание ученой степени доктора и кандидата наук,
утвержденный ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.*

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства
в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия, свидетельство Эл № **ФС77-26286** от
17.11.06, Международным центром ISSN, **ISSN 1994-0351**, включен в базу РИНЦ (www.elibrary.ru).
Подробная информация о журнале на сайте ВолгГАСУ по адресу: <http://vgasu.ru/publishing/journals/>

Научное издание

**ВЕСТНИК
ВОЛГОГРАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

Научно-теоретический и производственно-практический журнал

Серия: Строительство и архитектура
2018. Вып. 52(71)

Редактор *Н. Э. Ситникова*

Перевод на английский язык *О. Ю. Юшко*

Компьютерная правка и верстка *А. Г. Сиволобова*

Компьютерный дизайн обложки *О. Ю. Мелешин*

Информационно-библиографическое обслуживание *Е.В. Котляр*

Подписано в печать 29.06.2018. Формат 70 × 108/16. Бумага офсетная

Гарнитура Times New Roman. Цена свободная

Уч.-изд. л. 9,2. Усл. печ. л. 19,7. Тираж 500 экз. Заказ № 131

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Волгоградский государственный технический университет»
Редакционно-издательский отдел
Отдел оперативной полиграфии
400074, Волгоград, ул. Академическая, 1