



Научно-технический журнал
Издается с 2003 года.
Выходит шесть раз в год.

№2 (46) 2013
(март-апрель)

СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕКОНСТРУКЦИЯ

Учредитель – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс»
(ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»)

Редакционный совет:

Голенков В.А. д.т.н., проф., председатель
Радченко С.Ю. д.т.н., проф.,
зам. председателя
Борзенков М.И. к.т.н., доц., секретарь
Астафичев П.А. д.ю.н., проф.
Иванова Т.Н. д.т.н., проф.
Киричек А.В. д.т.н., проф.
Колчунов В.И. д.т.н., проф.
Константинов И.С. д.т.н., проф.
Новиков А.Н. д.т.н., проф.
Попова Л.В. д.э.н., проф.
Степанов Ю.С. д.т.н., проф.

Главный редактор:

Колчунов В.И. акад. РААСН, д.т.н., проф.

Заместители главного редактора:

Данилевич Д.В. к.т.н., доц.
Колесникова Т.Н. д. арх., проф.
Коробко В.И. д.т.н., проф.

Редколлегия:

Бондаренко В.М. акад. РААСН, д.т.н., проф.
Гордон В.А. д.т.н., проф.
Емельянов С.Г. советник РААСН, д.т.н., проф.
Карпенко Н.И. акад. РААСН, д.т.н., проф.
Клюева Н.В. советник РААСН, д.т.н., проф.
Коробко А.В. д.т.н., проф.
Король Е.А. чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф.
Ольков Я.И. акад. РААСН, д.т.н., проф.
Римшин В.И. чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф.
Сергейчук О.В. д.т.н., проф. (Украина)
Серпик И.Н. д.т.н., проф.
Сикора З. д.т.н., проф. (Польша)
Тур В.В. д.т.н., проф. (Белоруссия)
Турков А.В. д.т.н., проф.
Федоров В.С. акад. РААСН, д.т.н., проф.
Чернышов Е.М. акад. РААСН, д.т.н., проф.
Шах Р. д.т.н., проф. (Германия)

Ответственный за выпуск:

Солопов С.В. к.т.н.

Адрес редакции:

302006, Россия, г. Орел,
ул. Московская, 77
Тел.: +7 (4862) 73-43-49
www.gu-unpk.ru
E-mail: oantc@mail.ru

Зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство:
ПИ № ФС77-47354 от 03 ноября 2011 г.

Подписной индекс 86294 по объединенному каталогу «Пресса России»

© ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2013

Содержание

Теория инженерных сооружений. Строительные конструкции

| | |
|---|----|
| Актуганов А.А. Применение метода интерполяции по коэффициенту формы к расчету пластинок на упругом основании, нагруженных сосредоточенной силой..... | 3 |
| Баширов Х.З., Горностаев И.С., Колчунов В.И., Яковенко И.А. Напряженно-деформированное состояние железобетонных составных конструкций в зоне нормальных трещин..... | 11 |
| Калашников М.О. Контроль жесткости железобетонных перемычек с использованием динамического критерия – коэффициента нелинейных искажений..... | 20 |
| Колчунов В.И., Пятикрестовский К.П. Особенности расчета деревянных конструкций на прочность по деформациям..... | 25 |
| Коробко В.И., Савин С.Ю. Свободные колебания треугольных ортотропных пластинок с однородными и комбинированными граничными условиями..... | 33 |
| Купчикова Н.В. Снижение осадки фундамента путем послойного поверхностного и глубинного уплотнения грунта со щебнем под нижним концом буронабивных свай..... | 41 |
| Новиков Д.А. Анализ результатов исследований усиленных железобетонных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений..... | 46 |
| Новиков Д.А. Методика экспериментальных исследований усиленных железобетонных элементов..... | 50 |
| Пахомова Е.Г., Творогов Д.А. Работоспособность железобетонных пролетных строений автодорожных мостов при синергетических воздействиях..... | 53 |
| Турков А.В., Макаров А.А. Прогибы и частоты собственных колебаний систем перекрестных балок с различными размерами ячеек на квадратном плане с учетом податливости узловых соединений..... | 57 |
| Баширов Х.З. К определению параметров прочности нормальных сечений в железобетонных составных конструкциях..... | 62 |

Безопасность зданий и сооружений

| | |
|--|----|
| Скобелева Е.А. Анализ динамики частоты возникновения пожаров на урбанизированных территориях как функции ряда факторов..... | 69 |
|--|----|

Архитектура и градостроительство

| | |
|--|----|
| Бударин Е.Л. Совершенствование архитектурных решений индивидуального жилища в зависимости от социально-демографических условий в Ставропольском крае..... | 77 |
| Захарова Е.Н. Гносиологические корни архитектуры и костюма..... | 86 |
| Кобелева С.А. Жилищное строительство, природа, общество, экономика: направления эффективного взаимодействия..... | 89 |
| Колчунов В.И., Брума Е.В. К оценке составляющей «здоровоохранение» при реализации функций города для маломобильных групп населения.... | 94 |
| Сувакин Е.В. Принципы формирования сети спортивно-оздоровительных сооружений и их генеральных планов для городов различной численности | 99 |

Строительные материалы и технологии

| | |
|---|-----|
| Куликова А.В., Соломенцев А.Б. Реологические свойства дорожного битума с добавками для теплого асфальтобетона..... | 104 |
|---|-----|



Scientific and technical journal
The journal is published since 2003.
The journal is published 6 times a year.

№2 (46) 2013
(March-April)

BUILDING AND RECONSTRUCTION

The founder – federal state budgetary educational institution of the higher vocational training
«State University – Educational-Science-Production Complex»
(State University ESPC)

Editorial council:

Golenkov V.A. Doc. Sc. Tech., Prof.,
president

Radchenko S.Y. Doc. Sc. Tech., Prof.,
vice-president

Borzenkov M.I. Candidat Sc. Tech.,
Assistant Prof.

Astafichev P.A. Doc. Sc. Law., Prof.

Ivanova T.N. Doc. Sc. Tech., Prof.

Kirichek A.V. Doc. Sc. Tech., Prof.

Kolchunov V.I. Doc. Sc. Tech., Prof.

Konstantinov I.S. Doc. Sc. Tech., Prof.

Novikov A.N. Doc. Sc. Tech., Prof.

Popova L.V. Doc. Ec. Tech., Prof.

Stepanov Y.S. Doc. Sc. Tech., Prof.

Editor-in-chief

Kolchunov V.I. Doc. Sc. Tech., Prof.

Editor-in-chief assistants:

Danilevich D.V. Candidat Sc. Tech., Assis-
tant Prof.

Kolesnikova T.N. Doc. Arc., Prof.

Korobko V.I. Doc. Sc. Tech., Prof.

Editorial committee

Bondarenko V.M. Doc. Sc. Tech., Prof.

Gordon V.A. Doc. Sc. Tech., Prof.

Emelyanov S.G. Doc. Sc. Tech., Prof.

Karpenko N.I. Doc. Sc. Tech., Prof.

Kljueva N.V. Doc. Sc. Tech., Prof.

Korobko A.V. Doc. Sc. Tech., Prof.

Korol E.A. Doc. Sc. Tech., Prof.

Olkov Y.I. Doc. Sc. Tech., Prof.

Rimshin V.I. Doc. Sc. Tech., Prof.

Sergeychuk O.V. Doc. Sc. Tech., Prof. (Ukraine)

Serpik I.N. Doc. Sc. Tech., Prof.

Sikora Z. Doc. Sc. Tech., Prof. (Poland)

Tur V.V. Doc. Sc. Tech., Prof. (Belorussia)

Turkov A.V. Doc. Sc. Tech., Prof.

Fyodorov V.S. Doc. Sc. Tech., Prof.

Chernyshov E.M. Doc. Sc. Tech., Prof.

Schach R. Doc. Sc. Tech., Prof. (Germany)

Responsible for edition:

Solopov S.V. Candidat Sc. Tech.

The edition address: 302006, Orel,
Street Moscow, 77
+7 (4862) 73-43-49
www.gu-unpk.ru
E-mail: oant@ostu.ru

Journal is registered in Russian federal service
for monitoring communications, information
technology and mass communications
The certificate of registration:
ПН № ФС77-47354 from 03.04.11 г.

Index on the catalogue of the «Pressa Rossii»
86294

© State University ESPC, 2013

Contents

Theory of engineering structures. Building units

- Aktuganov A.** Application of the method of interpolation for the form-factor to the calculation of plates on elastic foundation, loaded a concentrated force... 3
- Bashirov H., Gornostaev I., Kolchunov VL., Yakovenko I.** Stress-deformation condition of reinforced concrete composite constructions in the normal cracks zone..... 11
- Kalashnikov M.** Rigidity control of reinforced-concrete connection elements using dynamic criterion – nonlinear distortion coefficient..... 20
- Kolchunov V., Pjatikrestovskij K.** Stiffness analysis features for wooden structures..... 25
- Korobko V., Savin S.** Free vibration of the triangular orthotropic plate with homogeneous and combined boundary conditions..... 33
- Kupchikova N.** Reduction of sag of foundations by layer-by-layer surface and deep consolidation of soil with crushed stone under the bottom end of bored piles..... 41
- Novikov D.** Reaserch results analysis on studied strengthened reinforced concrete structures of operating buildings..... 46
- Novikov D.** Methods for experimental study of reinforced concrete elements. 50
- Pakhomova E., Tvorogov D.** Efficiency of reinforced concrete steel structures of road bridges constructions at the synergistic effects..... 53
- Turkov A., Makarov A.** Deflections and frequencies of own fluctuations of systems cross beams with different sizes of cells on the square plan taking into account pliability of nodal connections..... 57
- Bashirov H.** Some propositions to strength parameters at normal cross-sections of reinforced concrete composite structures..... 62

Building and structure safety

- Skobeleva E.** Analysis dynamic frequency of emergence fires in the urbanized territories as functions of a number of factors..... 69

Architecture and town-planning

- Budarin E.** Improvement of architecture solutions of individual housing in dependence of social and demographical conditions in Stavropol region..... 77
- Zakharova E.** Gnosiological roots of architecture and suit..... 86
- Kobeleva S.** Housing construction, nature, society, economy: directions of effective interaction..... 89
- Kolchunov V., Bruma E.** By estimates of component «healthcare» at realization of functions of the city for people with limited mobility..... 94
- Suvakin E.** Principles of formation of the network sports and fitness facilities and their master plan for the city and other manning..... 99

Construction materials and technologies

- Kulikova A., Solomentsev A.** Rheological properties of bitumen with additives for warm asphalt..... 104

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИНТЕРПОЛЯЦИИ
ПО КОЭФФИЦИЕНТУ ФОРМЫ К РАСЧЕТУ ПЛАСТИНОК
НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ, НАГРУЖЕННЫХ
СОСРЕДОТОЧЕННОЙ СИЛОЙ**

В статье рассматривается возможность применения метода интерполяции по коэффициенту формы к расчету на жесткость пластинок, лежащих на упругом основании и нагруженных сосредоточенной силой в центре. Исследуемые пластинки имеют однородные граничные условия (либо шарнирное опирание по контуру, либо жесткое защемление). Перспективность данного направления исследований подтверждается ее теоретическим обоснованием и примером расчета.

Ключевые слова: упругие изотропные пластинки, однородные граничные условия, упругое основание, коэффициент постели, максимальный прогиб, коэффициент формы пластинки, сосредоточенная сила, метод интерполяции по коэффициенту формы.

Метод интерполяции по коэффициенту формы (МИКФ) активно развивается в последние годы при решении задач технической теории пластинок. По сравнению с другими приближенными методами (вариационными методами, МКР, МКЭ) он позволяет определять интегральные физические характеристики упругих пластинок без решения соответствующих дифференциальных уравнений, получать их двусторонние оценки и осуществлять наглядно качественное и количественное сравнение полученных результатов.

В настоящее время с помощью МИКФ в технической теории пластинок решаются задачи определения максимального прогиба от действия равномерно распределенной по всей площади нагрузки, основной частоты свободных колебаний, критического усилия при всестороннем равномерном обжатии пластинок по контуру. Материал пластинок может быть как изотропным, так и ортотропным, а сама пластинка не только закреплена по краям, но и покоится на упругом основании.

Несмотря на столь широкий круг задач, решаемых с использованием МИКФ, в инженерной практике существует множество других задач, для решения которых этот метод не применялся. К их числу относится задача определения максимального прогиба пластинок на упругом основании, нагруженных сосредоточенной силой в центре¹. Конструкции, моделируемые с использованием данной расчетной схемы, получили широкое распространение в строительстве и представляют собой, в основном, фундаменты каркасных зданий.

Методика решения этой задачи аналогична методике, изложенной в статье [1], где авторами исследовалась возможность применения МИКФ к определению максимального прогиба пластинок на упругом основании, нагруженных равномерно распределенной нагрузкой по всей площади. Эта аналогия обусловлена тем, что левая часть дифференциального уравнения изгиба пластинок, из которой выделяется в явном виде коэффициент формы, для обеих задач остается неизменной.

В основе МИКФ лежат изопериметрические свойства геометрической характеристики формы пластинки (коэффициент формы K_f), которая служит мерой «правильности» выпуклого контура пластинок. В зависимости от очертания контура пластинки (криволинейный или полигональный) эта характеристика определяется из соотношений:

¹ Под центром пластинки подразумевается точка, в которой для данной пластинки обеспечивается минимальное значение коэффициента формы.

$$K_{fa} = \oint_L \frac{ds}{h} = \int_0^{2\pi} \left(1 + \frac{r'^2}{r^2} \right) d\phi; \quad K_{fa} = \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{h_i} = \sum_{i=1}^n (ctg\alpha_i + ctg\beta_i), \quad (1)$$

где L – периметр контура; h – высота, опущенная из точки «а», лежащей внутри области пластинки, на касательную в переменной точке контура; $r = r(\varphi)$ – полярное уравнение криволинейного контура; α_i, β_i – углы, прилежащие к i -й стороне полигонального контура и ограниченные прямыми, проведенными из точки «а» в углы полигона (рис. 1 и 2).

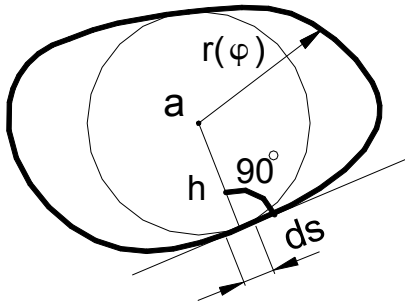


Рисунок 1

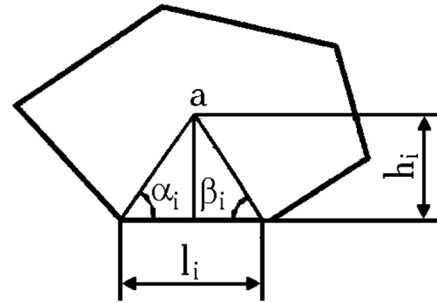


Рисунок 2

Подробные сведения о коэффициенте формы и его изопериметрических свойствах приведены в монографии [2]. Наиболее важным свойством, являющимся основой изопериметрического метода и метода интерполяции по коэффициенту формы, является свойство о двусторонней ограниченности всего множества значений коэффициента формы для областей с выпуклым контуром. Это свойство иллюстрируется на рисунке 3, где значения коэффициента формы представлены в зависимости от аргумента R/ρ (R – максимальный радиус вписанной в область окружности, ρ – минимальный радиус описанной окружности вокруг нее). Кривая I описывает все фигуры в виде многоугольников (включая и правильные), все стороны которых касаются вписанной окружности, а точки 0, 8, 6, 5, 4, 3 на ней соответствуют значениям коэффициента формы для круга K_{f0} и правильных фигур (восьмиугольника K_{f8} , шестиугольника K_{f6} , пятиугольника K_{f5} , квадрата K_{f4} , равностороннего треугольника K_{f3}); кривая II соответствует значениям коэффициента формы для произвольных треугольников (включая и равнобедренные), кривая III – для эллипсов, кривая IV – для прямоугольников.

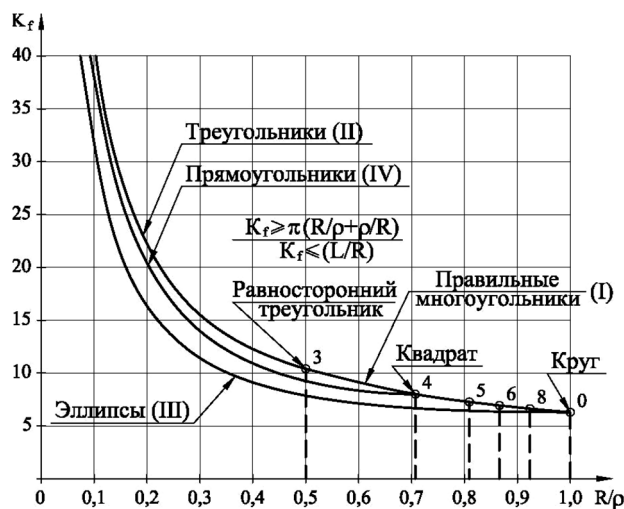


Рисунок 3

Кривые I и II образуют верхнюю границу возможного изменения коэффициента формы для всего множества фигур с выпуклым контуром, а кривая III – нижнюю. Это свойство математически представляется двусторонним неравенством:

$$\frac{2A}{R^2} \geq K_f \geq \pi \left(\frac{R}{\rho} + \frac{\rho}{R} \right), \quad (2)$$

где A – площадь фигуры.

Для четырехугольных областей нижнюю границу образуют прямоугольники. Именно свойство двусторонней ограниченности коэффициента формы позволяет производить качественное сравнение различных интегральных характеристик пластинок в форме выпуклых многоугольников.

В качестве модели упругого основания используем модель Винклера, согласно которой интенсивность реакции основания r_0 прямо пропорциональна прогибам пластинки w :

$$r_0 = k \cdot w, \quad (3)$$

где k – коэффициент пропорциональности (коэффициент постели).

Рассмотрим уравнение полной энергии при поперечном изгибе пластинок, лежащих на упругом основании:

$$\mathcal{E} = U + T, \quad (4)$$

где U – потенциальная энергия внутренних сил; T – потенциальная энергия внешних сил.

В общем случае потенциальная энергия внутренних сил определяется по формуле [3]:

$$U = \frac{D}{2} \iint \left\{ (\Delta^2 w)^2 - 2(1-\nu) \left[\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} - \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)^2 \right] \right\} dA, \quad (5)$$

где $w = w(x,y)$ – функция прогибов; D – цилиндрическая жесткость пластинки.

Если ограничиться исследованием пластинок с полностью жестко защемленным или шарнирно опертым полигональным контуром, то потенциальная энергия внутренних сил будет определяться по формуле:

$$U = \frac{D}{2} \iint_A (\Delta^2 w)^2 dA. \quad (6)$$

Потенциальная энергия внешних сил определяется из выражения:

$$T = -Pw_0, \quad (7)$$

где q – интенсивность равномерно распределенной нагрузки.

С учетом интенсивности реакции упругого основания выражение (7) примет следующий вид:

$$T = -\iint_A w(-kw) dA - Pw_0, \quad (8)$$

Учитывая (5) и (7), выражение (4) можно представить следующим образом:

$$\mathcal{E} = \iint_A \left(\frac{D}{2} (\Delta^2 w)^2 \right) dA - \left[\iint_A w(-kw) dA + Pw_0 \right] = I_1 - I_2. \quad (9)$$

Представим поверхность прогибов пластинки в виде линий уровня, подобных контуру и подобно расположенных:

$$w(x,y) = w_0 g \left[t/r(\phi) \right] = w_0 g(\rho), \quad (10)$$

где w_0 – максимальный прогиб пластинки; t и ϕ – координаты полярной системы координат; g – однопараметрическая функция безразмерной координаты ρ этой системы.

Подставим функцию (10) в функционал (9) и проведем необходимые преобразования, рассматривая каждый из интегралов по отдельности. Используя результаты интегрально-дифференциальных преобразований, приведенных в монографии [3], запишем:

$$I_1 = \iint_A \left(\frac{D}{2} (\Delta^2 w)^2 \right) dA \approx \frac{D}{2} \frac{w_0^2 K_f^2}{2A} \int_0^1 (g''^2 \rho + 2g''g' + g'^2 \rho^{-1}) d\rho \approx \frac{Dw_0^2 K_f^2}{4A} \Phi_g, \quad (11)$$

где $\Phi_g = \int_0^1 (g''^2 \rho + 2g''g' + g'^2 \rho^{-1}) d\rho$;

$$I_2 = \iint_A w(-kw) dA + Pw_0 = -w_0^2 k \int_0^1 \int_0^{2\pi} g^2(\rho) t dt d\phi + Pw_0 = -2w_0^2 k A \int_0^1 g^2(\rho) \rho d\rho + Pw_0. \quad (12)$$

С учетом выражений (11) и (12):

$$\Xi = I_1 - I_2 \approx \frac{Dw_0^2 K_f^2}{4A} \Phi_g + 2w_0^2 kA \int_0^1 g^2(\rho) d\rho - Pw_0.$$

Найдем экстремум этого функционала, продифференцировав полную энергию системы по параметру w_0 :

$$\frac{d\Xi}{dw_0} \approx \frac{Dw_0 K_f^2}{2A} \Phi_g + 4w_0 kA \int_0^1 g^2(\rho) \rho d\rho - P = 0.$$

Из этого выражения получим:

$$w_0 \left[\frac{DK_f^2}{2A} \Phi_g + 4kA \int_0^1 g^2(\rho) \rho d\rho \right] = P. \quad (13)$$

Найдем величину, обратную максимальному прогибу:

$$\frac{1}{w_0} = \frac{1}{P} \left[\frac{DK_f^2}{2A} \Phi_g + 4kA \int_0^1 g^2(\rho) \rho d\rho \right] = \frac{A K_f^2 \Phi_g}{P} \left[\frac{D}{A^2} + k \frac{\int_0^1 g^2(\rho) \rho d\rho}{K_f^2 \Phi_g} \right]. \quad (14)$$

Поскольку определенные интегралы, входящие в выражение (14), являются постоянными числами, зависящими от выбора функции $g(\rho)$, то их можно ввести в коэффициенты пропорциональности:

$$\frac{1}{w_0} = \frac{A}{P} \bar{B} \left[\frac{D}{A^2} + k \tilde{C} \right], \quad (15)$$

где $\bar{B} = \frac{K_f^2 \Phi_g}{2}$, $\tilde{C} = \frac{\int_0^1 g^2(\rho) \rho d\rho}{K_f^2 \Phi_g}$.

Значения коэффициентов пропорциональности \bar{B} и \tilde{C} можно найти, зная максимальный прогиб пластинки при двух произвольных значениях коэффициента постели, причем один из коэффициентов постели может быть равен нулю, то есть соответствовать решению для пластинки без упругого основания.

$$\frac{1}{w_{0(k=0)}} = \frac{D}{PA} \bar{B} \Rightarrow \bar{B} = \frac{1}{w_{0(k=0)}} \frac{PA}{D}; \quad (16)$$

$$\frac{1}{w_{0(k \neq 0)}} = \frac{D}{PA} \bar{B} + \frac{kA}{P} \bar{B} \tilde{C} = \frac{1}{w_{0(k=0)}} + \frac{kA}{P} \bar{B} \tilde{C},$$

$$\frac{1}{w_{0(k \neq 0)}} - \frac{1}{w_{0(k=0)}} = \frac{kA}{P} \bar{B} \tilde{C} \Rightarrow \tilde{C} = \frac{P}{Ak \bar{B}} \left(\frac{1}{w_{0(k \neq 0)}} - \frac{1}{w_{0(k=0)}} \right). \quad (17)$$

Значения параметров \bar{B} и \tilde{C} не зависят от площади, коэффициента постели, цилиндрической жесткости и интенсивности равномерно распределенной нагрузки, а зависят лишь от коэффициента формы искомой пластинки и условий закрепления на ее контуре.

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы.

1. Максимальный прогиб пластинок с однородными граничными условиями, нагруженных сосредоточенной силой в центре и лежащих на упругом основании, функционально зависит от:

- выбора однопараметрической функции прогибов $g(\rho)$ (чем более «похожей» она будет на действительную поверхность прогибов, тем точнее будет оценен параметр w_0);
- от коэффициента формы пластинки K_f (чем «правильнее» форма пластинки (то есть чем меньше K_f , тем больше w_0).

2. Все множество значений максимального прогиба пластинок с однородными гранич-

ными условиями, нагруженных сосредоточенной силой в центре и лежащих на упругом основании, будет также ограничено с двух сторон:

– верхнюю границу w_0 для всего множества жестко заземленных пластинок образуют пластинки в виде правильных фигур и равнобедренных треугольников, а нижнюю – эллиптические пластинки;

– нижнюю границу w_0 для всего множества четырехугольных и треугольных пластинок с произвольным жестко заземленным или шарнирно опертым контуром образуют прямоугольные пластинки.

С учетом этой закономерности к расчету пластинок, лежащих на упругом основании, при оценке их максимального прогиба можно применить как изопериметрический метод [4], так и метод интерполяции по коэффициенту формы, теоретические основы которого изложены в монографии [2]. Для этого необходимо построить соответствующие граничные кривые $\bar{B} - K_f$ и $\tilde{C} - K_f$, используя для их построения численные методы, например МКЭ. В дальнейшем эти кривые могут использоваться для выбора «опорных» решений в методе интерполяции по коэффициенту формы.

Продemonстрируем суть предлагаемого подхода на примере расчета параллелограммных шарнирно опертых пластинок на упругом основании, нагруженных сосредоточенной силой в центре. Максимальный прогиб таких пластинок будет ограничен с одной стороны значениями w_0 для прямоугольных пластинок, а с другой – значениями w_0 для ромбических пластинок.

Рассмотрим пластинки в форме прямоугольников и ромбов при различных значениях коэффициента постели. Материал пластинок – сталь ($E = 2,1 \cdot 10^{11}$ Па, коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$), толщина $h = 30$ мм, величина сосредоточенной нагрузки $q = 50$ кН. Значение коэффициентов постели составляет 5 МПа/м.

Численные решения были получены с использованием программного комплекса SCAD для пластинок постоянной площади $A = 1 \text{ м}^2$. Результаты расчета приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Значения параметров \bar{B} и \tilde{C} в зависимости от коэффициента формы и коэффициента постели для прямоугольных пластинок

| a/b | K_f | $w_0, \text{ мм}$ | | \bar{B} | $\tilde{C} \cdot 10^3$ |
|-------|----------|--------------------|----------|-----------|------------------------|
| | | $k, \text{ МПа/м}$ | | | |
| | | 0 | 5 | | |
| 4 | 17 | 0,41072 | 0,409181 | 238,8 | 0,385 |
| 3 | 13,33333 | 0,551049 | 0,547453 | 177,8 | 0,675 |
| 2,5 | 11,6 | 0,659592 | 0,653606 | 148,8 | 0,937 |
| 2 | 10 | 0,809203 | 0,798745 | 121,5 | 1,333 |
| 1,8 | 9,422222 | 0,882523 | 0,869385 | 111,4 | 1,536 |
| 1,5 | 8,666667 | 1,002201 | 0,984024 | 98,1 | 1,877 |
| 1,2 | 8,133333 | 1,107847 | 1,084564 | 88,5 | 2,187 |
| 1 | 8 | 1,137567 | 1,112741 | 86,1 | 2,277 |

Таблица 2 – Значения параметров \bar{B} и \tilde{C} в зависимости от коэффициента формы и коэффициента постели для ромбических пластинок

| α | K_f | $w_0, \text{ мм}$ | | \bar{B} | $\tilde{C} \cdot 10^3$ |
|----------|---------|--------------------|----------|-----------|------------------------|
| | | $k, \text{ МПа/м}$ | | | |
| | | 0 | 5 | | |
| 20 | 23,4018 | 0,484388 | 0,482131 | 202,8 | 0,477 |
| 30 | 16,0074 | 0,670735 | 0,665081 | 145,7 | 0,866 |
| 40 | 12,451 | 0,820127 | 0,810159 | 119,1 | 1,253 |
| 45 | 11,3182 | 0,882505 | 0,870257 | 110,8 | 1,434 |
| 50 | 10,4471 | 0,9373 | 0,922801 | 104,4 | 1,601 |
| 60 | 9,24044 | 1,026016 | 1,007358 | 95,7 | 1,887 |
| 70 | 8,51534 | 1,088214 | 1,066248 | 90,5 | 2,098 |
| 80 | 8,12443 | 1,125275 | 1,101181 | 87,7 | 2,229 |
| 90 | 8 | 1,13757 | 1,112743 | 86,8 | 2,273 |

На основании полученных данных построены аппроксимирующие функции $\bar{B} = f(K_f)$ и $\tilde{C} = f(K_f)$, которые позволяют определять значения параметров \bar{B} и \tilde{C} для прямоугольных и ромбических пластинок с любым K_f :

– для прямоугольных пластинок:

$$\begin{cases} \bar{B} = -88,6459 + 27,5534 \cdot K_f - 1,012 \cdot K_f^2 + 0,044 \cdot K_f^3 - 0,9016 \cdot 10^{-3} \cdot K_f^4 + 7,3749 \cdot 10^{-6} \cdot K_f^5, \\ \tilde{C} = 4,2133 \cdot 10^{-5} - \frac{0,189 \cdot 10^{-2}}{K_f} + \frac{0,1072}{K_f^2} + \frac{0,4077}{K_f^3}; \end{cases} \quad (18)$$

– для ромбических пластинок:

$$\begin{cases} \bar{B} = 31,0223 + 6,7744 \cdot K_f + 0,0241 \cdot K_f^2, \\ \tilde{C} = -1,2605 \cdot 10^{-5} + \frac{0,2412 \cdot 10^{-2}}{K_f} + \frac{0,2771}{K_f^2} - \frac{1,7019}{K_f^3} + \frac{4,0091}{K_f^4}. \end{cases} \quad (19)$$

Вид этих функций показан на рисунках 4 и 5:

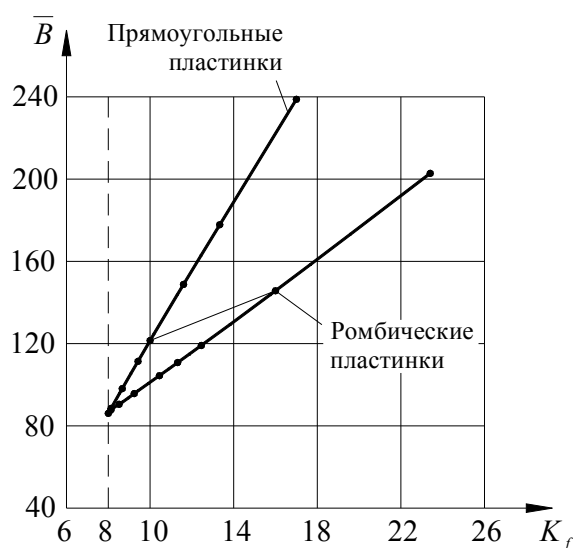


Рисунок 4

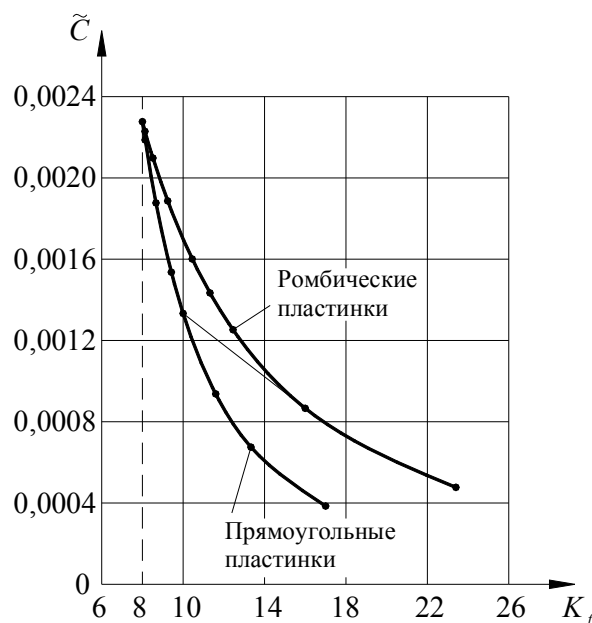


Рисунок 5

Рассмотрим пример. Необходимо определить прогиб шарнирно опертой по контуру пластинки в виде параллелограмма, лежащей на упругом основании, находящейся под воздействием сосредоточенной силы в центре. Материал пластинки – бетон ($E = 3,06 \cdot 10^{10}$ МПа, $\nu = 0,2$), толщина пластинки 250 мм, величина сосредоточенной нагрузки $P = 30$ кН, коэффициент постели $k = 7$ МПа/м. Длина основания пластинки 6 м, угол при основании 60° ($K_f = 10,309$), площадь $A = 18$ м².

Опорными решениями для данной пластинки будут являться прямоугольная пластинка размером 6×3 м ($K_{f1} = 10$) и ромбическая пластинка с длиной стороны 6 м и углом при основании 30° ($K_{f2} = 16,007$). В качестве геометрического преобразования будем использовать аффинный сдвиг прямоугольника (сдвиг относительно его основания).

По формулам (18), (19) определяем значения \bar{B} и \tilde{C} :

– для прямоугольной пластинки:

$$\begin{aligned} \bar{B}_1 &= -88,6459 + 27,5534 \cdot 10 - 1,012 \cdot 10^2 + \\ &+ 0,044 \cdot 10^3 - 0,9016 \cdot 10^{-3} \cdot 10^4 + 7,3749 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5 = 121,5; \end{aligned}$$

$$\tilde{C}_1 = 4,2133 \cdot 10^{-5} - \frac{0,189 \cdot 10^{-2}}{10} + \frac{0,1072}{10^2} + \frac{0,4077}{10^3} = 1,333 \cdot 10^{-3}.$$

– для ромбической пластинки:

$$\bar{B}_2 = 31,0223 + 6,7744 \cdot 16,007 + 0,0241 \cdot 16,007^2 = 145,7;$$

$$\tilde{C}_2 = -1,2605 \cdot 10^{-5} + \frac{0,2412 \cdot 10^{-2}}{16,007} + \frac{0,2771}{16,007^2} - \frac{1,7019}{16,007^3} + \frac{4,0091}{16,007^4} = 0,866 \cdot 10^{-3}.$$

Функцию, аппроксимирующую все значения \bar{B} и \tilde{C} для параллелограммных пластинок при выбранном геометрическом преобразовании прямоугольника в ромб, представим в виде степенной зависимости [3]:

$$\bar{B} = K_B (K_f)^{n_B}, \quad (20)$$

$$\tilde{C} = K_C (K_f)^{n_C}, \quad (21)$$

где неизвестные параметры K и n находятся из опорных решений. Для рассматриваемого примера:

$$n_B = \frac{\ln\left(\frac{\bar{B}_2}{\bar{B}_1}\right)}{\ln\left(\frac{K_{f2}}{K_{f1}}\right)} = \frac{\ln\left(\frac{145,7}{121,5}\right)}{\ln\left(\frac{16,007}{10}\right)} = 0,386.$$

$$\bar{B} = \bar{B}_1 \left(\frac{K_f}{K_{f1}}\right)^{n_B} = 121,5 \left(\frac{10,309}{10}\right)^{0,386} = 122,9.$$

$$n_C = \frac{\ln\left(\frac{\tilde{C}_2}{\tilde{C}_1}\right)}{\ln\left(\frac{K_{f2}}{K_{f1}}\right)} = \frac{\ln\left(\frac{0,866 \cdot 10^{-3}}{1,333 \cdot 10^{-3}}\right)}{\ln\left(\frac{16,007}{10}\right)} = -0,917.$$

$$\tilde{C} = \tilde{C}_1 \left(\frac{K_f}{K_{f1}}\right)^{n_C} = 1,333 \cdot 10^{-3} \left(\frac{10,309}{10}\right)^{-0,917} = 1,296 \cdot 10^{-3}.$$

Подставим полученные значения \bar{B} и \tilde{C} в выражение (15):

$$\frac{1}{w_0} = \frac{18}{30000} 122,9 \left[\frac{40715332}{18^2} + 7 \cdot 10^6 \cdot 1,296 \cdot 10^{-3} \right] = 9936 \text{ м}^{-1},$$

$$w_0 = 1,007 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 0,1007 \text{ мм}.$$

Этот результат отличается от решения, полученного с помощью МКЭ, на 0,3% ($w_{0,МКЭ} = 0,1010 \text{ мм}$).

Таким образом, метод интерполяции по коэффициенту формы может успешно использоваться для решения задач поперечного изгиба пластинок, лежащих на упругом основании и нагруженных сосредоточенной силой в центре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коробко, В.И. Расчет пластинок на упругом основании методом интерполяции по коэффициенту формы [Текст] / В.И. Коробко, А.А. Актуганов // Фундаментальные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2010 году. – Москва-Орел, 2011. – С. 261-267.
2. Коробко, А.В. Геометрическое моделирование формы области в двумерных задачах теории упругости [Текст] / А.В. Коробко. – М.: АСВ, 1999. – 320 с.
3. Коробко, В.И. Строительная механика пластинок: Техническая теория [Текст] / В.И. Коробко, А.В. Коробко. – М.: Издательский дом «Спектр», 2010. – 410 с.

4. Коробко, В.И. Изопериметрический метод в строительной механике: Теоретические основы изопериметрического метода [Текст] / В.И. Коробко. – М.: АСВ, 1997. – 390 с.

Актуганов Александр Анварович

Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс, г. Орел

Аспирант кафедры «Строительные конструкции и материалы»

Тел.: +7 (4862) 73-43-95

E-mail: center_epb@mail.ru

A. AKTUGANOV

**APPLICATION OF THE METHOD OF INTERPOLATION
FOR THE FORM-FACTOR TO THE CALCULATION
OF PLATES ON ELASTIC FOUNDATION, LOADED
A CONCENTRATED FORCE**

The article considers the possibility of applying the method of interpolation for the form-factor to the calculation of the stiffness of records, lying on an elastic Foundation and loaded with concentrated power in the centre. The studied records are homogeneous boundary conditions (or pivoting on a contour or rigid constraint). The prospect of this direction of research is confirmed by its theoretical justification and an example of the calculation.

Keywords: *elastic isotropic plates, homogeneous boundary conditions, elastic Foundation, the coefficient of the bed, maximum compression, the coefficient of the form of the record, the concentrated force, an interpolation method for the form-factor.*

BIBLIOGRAPHY

1. Korobko, V.I. Raschet plastinok na uprugom osnovanii metodom interpoljicii po koeficientu formy [Tekst] / V.I. Korobko, A.A. Aktuganov // Fundamental'nye issledovanija RAASN po nauchnomu obespečeniju razvitija arhitektury, gradostroitel'stva i stroitel'noj otrasli Rossijskoj Federacii v 2010 godu. – Moskva-Orel, 2011. – S. 261-267.
2. Korobko, A.V. Geometricheskoe modelirovanie formy oblasti v dvumernyh zadachah teorii uprugosti [Tekst] / A.V. Korobko. – М.: ASV, 1999. – 320 s.
3. Korobko, V.I. Stroitel'naja mehanika plastinok: Tehnicheskaja teorija [Tekst] / V.I. Korobko, A.V. Korobko. – М.: Izdatel'skij dom «Spektr», 2010. – 410 s.
4. Korobko, V.I. Izoperimetriceskij metod v stroitel'noj mehanike: Teoreticheskie osnovy izoperimetriceskogo metoda [Tekst] / V.I. Korobko. – М.: ASV, 1997. – 390 s.

Alexander Aktuganov

State university – educational-science-production complex, Orel

Post-graduate student of department «Construction structures and materials»

Ph.: +7 (4862) 73-43-95

E-mail: center_epb@mail.ru

БАШИРОВ Х.З., ГОРНОСТАЕВ И.С., КОЛЧУНОВ В.И., ЯКОВЕНКО И.А.

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СОСТАВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЗОНЕ НОРМАЛЬНЫХ ТРЕЩИН*

Предложена расчетная модель и рабочие гипотезы, позволяющие на порядок упростить дифференциальные уравнения железобетонных составных стержней для различных схем нагружения, в том числе и при наличии трещин, без снижения строгости и точности их решения. Приведено решение этого дифференциального уравнения и сделан вывод расчетных формул для определения напряженно-деформированного состояния железобетонных составных конструкций с учетом податливости шва на уровне арматуры и между разными бетонами в виде условного сосредоточенного сдвига, эффекта нарушения сплошности.

Ключевые слова: железобетонные составные конструкции, напряженно-деформированное состояние, податливость шва между разными бетонами, условный сосредоточенный сдвиг, эффект нарушения сплошности.

Для раскрытия статической неопределимости системы, состоящей из различных железобетонных стержней, связанных продольными швами, будем использовать метод сил, выбрав в качестве основной системы составной стержень, лишенный связей сдвига [1], действие которых заменим функциональными неизвестными $\tau(z)$. Связь $\tau_q - \varepsilon_q$ может быть принята в виде:

$$\tau_q = \varepsilon_q G, \quad (1)$$

где G – условный модуль сдвига; ε_q – относительные взаимные смещения на поверхности сцепления (в шве).

Эксперименты показывают, что численные значения G на контакте бетона и арматуры близки к $0,3 \dots 0,4 E_b$ [2 и др.], что близко к значению модуля сдвига бетона G , принятого в нормах. Что касается его численных значений на контакте разных бетонов, то здесь, безусловно, еще необходимы дополнительные экспериментальные исследования. Если проанализировать физическую природу сил сцепления, то становится ясным, что они связаны со сдвигающими усилиями. Другое дело, что эти усилия вызываются не только привычными поперечными силами Q , а обусловлены местным напряженно-деформированным состоянием (НДС) бетонного слоя, прилегающего к поверхности сцепления. Эти усилия проявляются в составном стержне, в том числе и на участках чистого изгиба, где $Q=0$. Однако, согласно предпосылкам теории составных стержней, толщина этого бетонного слоя (шва) принимается равной нулю, что не мешает решению задачи в интегральном виде, в стиле сопротивления материалов. Если же перейти на уровень предпосылок теории упругости (пластичности), то можно заметить, что для пограничного слоя бетона, прилегающего к поверхности сцепления, также характерно напряженно-деформированное состояние с преобладанием сдвига. Тогда между зависимостью теории упругости (пластичности) и зависимостями теории составных стержней прослеживается аналогия. Действительно, зависимость:

$$\tau_b = \gamma_b \cdot G_b \quad (2)$$

для бетона аналогична зависимости (1).

Таким образом, γ_b аналогично ε_q . Теперь, если проанализировать деформированное состояние в рассматриваемой зоне на элементарном участке единичной длины (рис. 1), то в соответствии с физическим смыслом параметров γ и ε_q можно записать, что:

* Исследования выполнены при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (Мероприятие 1.1, Соглашение №14.В37.21.0292).

$$k_i(\gamma_{b,1} - \gamma_{b,2}) \cdot 1 = (\varepsilon_{b,1} - \varepsilon_{b,2}) \cdot 1, \quad (3)$$

где k_i – коэффициент пропорциональности, учитывающий влияние полного тензора деформаций на деформации сдвига в направлении продольной оси составного стержня (так как чистого сдвига в этом направлении здесь не наблюдается).

Учитывая то обстоятельство, что равенство (3) справедливо и для средних условных деформаций сдвига, накапливаемых в местных зонах $t_{b,1}$ и $t_{b,2}$, прилегающих к шву (рис. 1, б), а также для средних сосредоточенных относительных взаимных смещений ε_{qm} , и вводя средний коэффициент пропорциональности $k_{i,m}$, учитывающий влияние полного тензора деформаций на деформации сдвига в направлении продольной оси составного стержня, накапливаемые в зоне, прилегающей к шву, получим:

$$k_{i,m}\gamma_{b,m} = \varepsilon_{qm}. \quad (4)$$

С учетом проведенного анализа сформулируем следующую рабочую предпосылку о сосредоточенной податливости шва достаточно общую для решения задачи расчета составных железобетонных стержней:

- разность средних условных сосредоточенных относительных линейных деформаций разных бетонов ε_{qm} , возникающих в произвольной точке шва, равна разности средних условных угловых деформаций $\gamma_{b,m}$ на уровне шва в направлении продольной оси составного стержня, которые накапливаются и усредняются в пределах местных зон, прилегающих к шву (рис. 1).

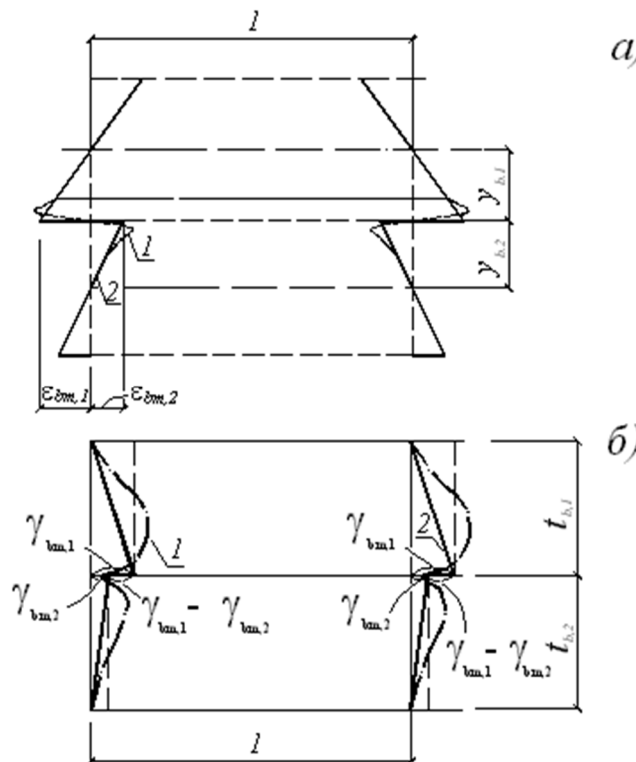


Рисунок 1 – Деформирование железобетонного элемента в окрестности пограничного слоя t_b : а – при несовместных сосредоточенных средних линейных деформациях бетонов, прилегающих к шву; б – средние сдвиговые деформации бетонов в зонах, прилегающих к поверхности шва 1 и 2– действительные и средние деформации соответственно

$$\text{Тогда } \tau_q = \gamma_{b,m} k_{i,m} \xi_i = \gamma_{b,m} \xi_m = \varepsilon_{qm} \xi_m, \quad (5)$$

где ξ_m – условный модуль сдвига, усредненный в зоне сдвига, прилегающей к шву.

В соответствии с [1]:

$$r' = \frac{T''}{\xi_{\Delta}}, \quad (6)$$

где ξ_{Δ} – коэффициент жесткости шва.

Та же разность относительных продольных сосредоточенных деформаций в шве с учетом зависимости (5) примет вид:

$$r' = \frac{T'}{\xi_m}. \quad (7)$$

Тогда порядок дифференциальных уравнений [1] может быть понижен. Принимая во внимание вышеизложенное, получим:

$$\frac{T'}{\xi_m} = \gamma T + \Delta; \quad (8)$$

$$T = \int_0^z \tau_q(z) \cdot dz, \quad (9)$$

где при отсутствии трещин:

$$\Delta = -\frac{N_{0,1}}{\varphi_{b,1} E_{b,1} A_{b,1}} + \frac{N_{0,2}}{\varphi_{b,2} E_{b,2} A_{b,2}} - \frac{M_0 (y_{b,1} + y_{b,2})}{\varphi_{b,1} E_{b,1} I_{b,1} + \varphi_{b,2} E_{b,2} I_{b,2}}, \quad (10)$$

$$\gamma = \frac{1}{\varphi_{b,1} E_{b,1} A_{b,1}} + \frac{1}{\varphi_{b,2} E_{b,2} A_{b,2}} + \frac{(y_{b,1} + y_{b,2})^2}{\varphi_{b,1} E_{b,1} I_{b,1} + \varphi_{b,2} E_{b,2} I_{b,2}} \quad (11)$$

и при наличии трещин:

$$\Delta = -\frac{N_{0,1}}{(E_{b,1} A_{b,1})_{ekv}} + \frac{N_{0,2}}{(E_{b,2} A_{b,2})_{ekv}} - \frac{f(x_{fact,m})}{\rho}, \quad (12)$$

$$\lambda = \sqrt{\xi \gamma} = \sqrt{\xi \left[\frac{1}{(E_{b,1} A_{b,1})_{ekv}} + \frac{1}{(E_{b,2} A_{b,2})_{ekv}} + \frac{f^2(x_{fact,m})}{M \cdot \rho} \right]}. \quad (13)$$

Здесь $N_{0,1}$ – продольная сила от внешней нагрузки в первом железобетонном стержне для поперечного сечения на рассматриваемом участке составного стержня; $N_{0,2}$ – то же, во втором железобетонном стержне; M_0 – суммарный изгибающий момент, равный сумме изгибающих моментов в соответствующем поперечном сечении каждого составляющего стержня основной системы; $A_{b,1}$, $A_{b,2}$ и $I_{b,1}$, $I_{b,2}$ – приведенные площади и приведенные моменты инерции поперечных сечений отдельных железобетонных стержней, образующих составной стержень; $E_{b,1}$; $E_{b,2}$ – начальные модули бетона отдельных железобетонных стержней, образующих составной стержень; $\varphi_{b,1}$ и $\varphi_{b,2}$ в первом приближении могут быть приняты равными 0,85; $y_{b,1}$; $y_{b,2}$ – расстояния от геометрических продольных осей соответствующих стержней до прилежащего шва; $(E_{b,1} A_{b,1})_{ekv}$, $(E_{b,2} A_{b,2})_{ekv}$ – эквивалентные жесткости поперечных сечений отдельных железобетонных стержней, образующих составной стержень; $f(x_{fact,m})$ в случае расположения нейтральной оси составного стержня в пределах первого из составляющих стержней принимается равной $x_{fact,m} - 0,5h_{f,2}$ или, в случае расположения нейтральной оси составного стержня в пределах второго из составляющих стержней, принимается равной $2x_{fact,m} - 1,5h_{f,2}$, где $x_{fact,m}$ – фактическая высота сжатой зоны бетона, усредненная в блоке между трещинами; ρ – радиус кривизны для железобетонного составного стержня, отыскиваемый в соответствии с предложениями работы [3], ξ – коэффициент жесткости шва сдвигу (между бетоном и арматурой обозначается ξ_s , а между разными бетонами – ξ_b) – определяется на основании эксперимен-

тальных исследований составных призм, армированных рабочим арматурным стержнем, или без армирования, соответственно.

Эквивалентные жесткости поперечных сечений на сжатие (растяжение) отдельных железобетонных стержней, образующих составной стержень при наличии трещин, определяются на основании следующих соображений: нормальные усилия в составляющих стержнях делим на продольные относительные деформации, вычисленные относительно выбранной продольной оси:

$$(E_{b,i} A_{b,i})_{ekv} = \frac{N_i}{\varepsilon_0}, \quad (14)$$

где

$$\varepsilon_0 = B_{12} M_i + B_{22} N_i, \quad (15)$$

$$B_{12} = \frac{1}{(z_s + z_b)^2} \left[\frac{\psi_s z_b}{E_s A_s} - \frac{\psi_b z_s}{(\varphi_f + \xi) b h_0 E_b \tilde{\nu}} \right], \quad (16)$$

$$B_{22} = \frac{1}{(z_s + z_b)^2} \left[\frac{\psi_b z_s^2}{(\varphi_f + \xi) b h_0 E_b \tilde{\nu}} + \frac{\psi_s z_b^2}{E_s A_s} \right], \quad (17)$$

где M_i – момент всей сил, расположенных по одну сторону рассматриваемого сечения, составного стержня относительно выбранной оси y ; N_i – внешняя продольная сила, приложенная на уровне оси y и принимаемая при растяжении со знаком «+»; z_s, z_b – расстояния от выбранной оси y до точки приложения равнодействующей усилий соответственно в растянутой арматуре и в сжатом бетоне; ξ – определяется согласно указаниям п. 4.28 норм [4]; $\tilde{\nu} = 2\nu$, ν – коэффициент, принимаемый по таблице 35 норм [4]; φ_f – коэффициент, определяемый по формуле (164) норм [4] без учета арматуры, расположенной в сжатой зоне сечения; ψ_s – определяется согласно указаниям п. 4.29 [4]; ψ_b – определяется согласно указаниям п. 4.27 норм [4].

Ось y располагается в пределах рабочей высоты сечения (рис. 2), исходя из удобства расчетной схемы. Если ось y располагается выше центра тяжести площади сечения сжатой зоны, то величину z_b следует принимать отрицательной. Если ось y совпадает с усредненной нейтральной осью железобетонного элемента, то для обычной железобетонной конструкции в формуле (15) $M_i = 0$, а для железобетонной составной конструкции применительно к составляющему ж/б стержню, в котором проходит усредненная нейтральная ось M_i , образует касательные силы в шве (на рис. 1 условно не показаны) умноженное на расстояние от шва до усредненной нейтральной оси.

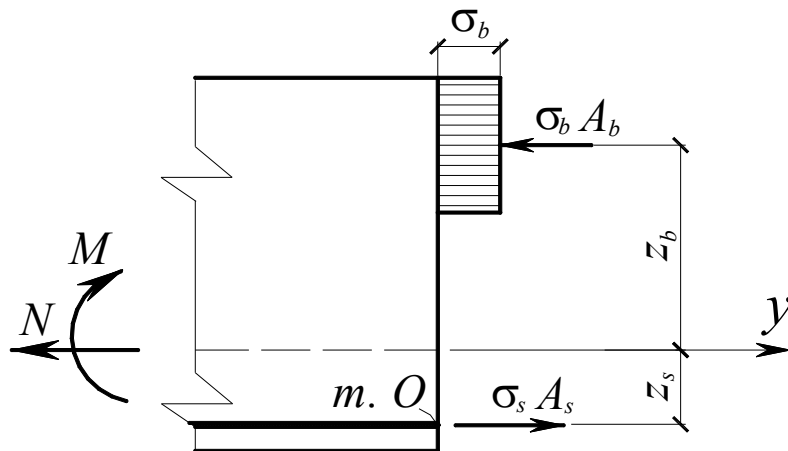


Рисунок 2 – Схема усилий и эпюра напряжений в сечении, нормальном к продольной оси элемента, для каждого из составляющих стержней (усилия M и N), приведенные на рисунке, включают и соответствующие составляющие от сдвигающих сил в шве между бетонами, которые на рисунке для разных случаев расположения фактической нейтральной оси, условно не показаны

Будем искать решение уравнения (8) в виде произведения двух функций от z :

$$T = u(z) \cdot v(z). \quad (18)$$

Дифференцируя обе части равенства (18), получим:

$$\frac{dT}{dz} = u \frac{dv}{dz} + v \frac{du}{dz}. \quad (19)$$

Подставляя полученное выражение производной $\frac{dT}{dz}$ в уравнение (8), будем иметь:

$$u \cdot \left(\frac{dv}{dz} - \gamma \cdot \xi_m \cdot v \right) + v \cdot \frac{du}{dz} = \xi_m \cdot \Delta(z). \quad (20)$$

Выберем функцию z такой, чтобы:

$$\frac{dv}{dz} - \gamma \xi_m v = 0. \quad (21)$$

Разделяя переменные в этом дифференциальном уравнении относительно функции z , находим:

$$\frac{dv}{v} = \gamma \cdot \xi_m \cdot dz. \quad (22)$$

Интегрируя, получаем:

$$\ln|v| = \int \gamma \xi_m dz + C_0 \quad (23)$$

или

$$v = \pm C_1 \cdot e^{\gamma \xi_m dz}. \quad (24)$$

Подставляя найденные значения $v(z)$ в уравнение (20), получим:

$$v \cdot \frac{du}{dz} = \xi_m \Delta(z) \quad (25)$$

или

$$\frac{du}{dz} = \frac{\xi_m \Delta(z)}{v}. \quad (26)$$

$$u = \xi_m \int \frac{\Delta(z)}{v(z)} \cdot dz + c. \quad (27)$$

Подставляя u и v в формулу (18), окончательно получим:

$$T = \pm \xi_m e^{\gamma \xi_m z} \int \frac{\Delta(z)}{e^{\gamma \xi_m z}} dz \pm C e^{\gamma \xi_m z}. \quad (28)$$

Принимая во внимание (9), с точностью до постоянных интегрирования, также будем иметь:

$$\tau = T' = \xi_m^2 \gamma e^{\gamma \xi_m z} \int \frac{\Delta(z)}{e^{\gamma \xi_m z}} dz + \xi_m e^{\gamma \xi_m z} \frac{\Delta(z)}{e^{\gamma \xi_m z}} + C_\tau. \quad (29)$$

Граничные условия для определения постоянных интегрирования зависят от условий загрузки и опирания стержней.

В качестве примера рассмотрим стержень, приведенный на рисунке 3, а.

Для крайних участков стержня:

$$\Delta(z) = -Pz\eta, \quad (30)$$

где

$$\eta = \frac{y_{b,1} + y_{b,2}}{\varphi_{b,1} E_{b,1} I_{b,1} + \varphi_{b,2} E_{b,2} I_{b,2}}. \quad (31)$$

Как показывает анализ испытаний обычных и предварительно напряженных железобетонных элементов из тяжелых бетонов, значение $\varphi_{b,i}$, учитывающие неупругие деформации в растянутой и сжатой зонах бетона до появления трещин с достаточной для практики точностью, можно принимать усредненным и равным 0,85.

Используем метод интегрирования по частям для выражения (28).

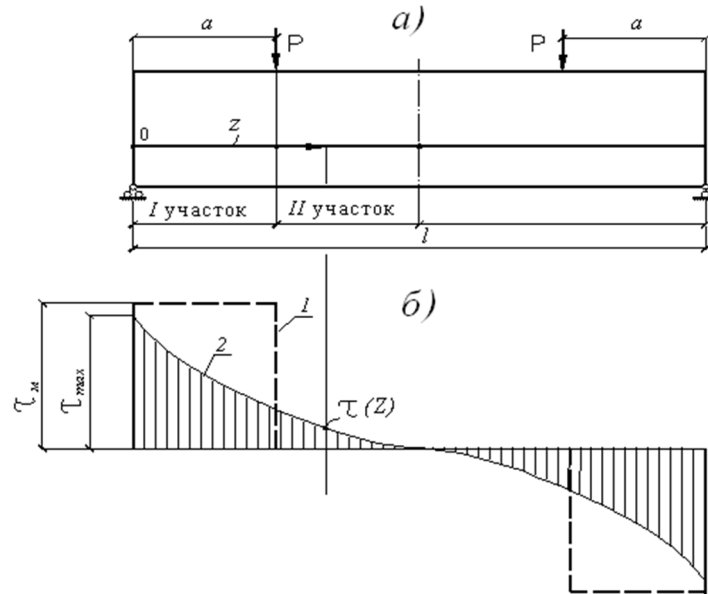


Рисунок 3 – Статическая схема 1 железобетонного элемента, как составного стержня (а) и эпюры касательных напряжений вдоль поверхности шва (б):

- 1 – при совместных деформациях разных бетонов на уровне шва;
- 2 – при учете их несовместности по предлагаемой методике

Обозначим: $\lambda = -P\eta z$; $d\varphi = e^{-\gamma\xi_m z} dz$. Отсюда $d\lambda = -P\eta dz$; $\varphi = \frac{e^{-\gamma\xi_m z}}{-\gamma\xi_m}$. Тогда,

$$\begin{aligned}
 -T_1 &= \xi_m \cdot e^{\gamma\xi_m z} \left(Pz\eta \cdot \frac{e^{-\gamma\xi_m z}}{\gamma\xi_m} + \frac{P\eta}{\gamma\xi_m} \cdot \frac{e^{-\gamma\xi_m z}}{\gamma\xi_m} \right) + c_1 \cdot e^{\gamma\xi_m z} = \\
 &= \xi_m \cdot e^{\gamma\xi_m z} \cdot \frac{P \cdot \eta \cdot e^{-\gamma\xi_m z}}{\gamma\xi_m} \left(z + \frac{1}{\gamma\xi_m} \right) + c_1 \cdot e^{\gamma\xi_m z} = \frac{P \cdot \eta}{\gamma} \left(z + \frac{1}{\gamma\xi_m} \right) + c_1 \cdot e^{\gamma\xi_m z}. \quad (32)
 \end{aligned}$$

Здесь в качестве граничного принимается условие, в соответствии с которым на свободном торце стержня $T = 0$. Тогда из уравнения (32) при $z = 0$ получим:

$$c_1 = -\frac{P \cdot \eta}{\gamma^2 \xi_m}. \quad (33)$$

Подставляя полученное значение для c_1 в уравнение (32), для крайних участков окончательно получим:

$$T_1 = -\frac{P \cdot \eta}{\gamma} \left(z + \frac{1}{\gamma\xi_m} - \frac{e^{\gamma\xi_m z}}{\gamma \cdot \xi_m} \right). \quad (34)$$

Для среднего участка стержня параметр $\Delta(z)$ принимает постоянное значение, равное $-Pa\eta$. Тогда,

$$-T_2 = c_2 \cdot e^{\gamma\xi_m z} + \xi_m e^{\gamma\xi_m z} \cdot \int_0^a \frac{\Delta(z)}{e^{\gamma\xi_m z}} dz + \xi_m \cdot e^{\gamma\xi_m z} \cdot \int_a^z \frac{\Delta(z)}{e^{\gamma\xi_m z}} dz. \quad (35)$$

$$\begin{aligned}
 &c_2 \cdot e^{\gamma\xi_m z} + \xi_m e^{\gamma\xi_m z} \cdot (-Pa\eta) \left(\frac{e^{-\gamma\xi_m z}}{-\gamma\xi_m} \Big|_0^a \right) + \xi_m \cdot e^{\gamma\xi_m z} \cdot (-Pa\eta) \left(\frac{e^{-\gamma\xi_m z}}{-\gamma\xi_m} \Big|_a^z \right) dz = \\
 &= c_2 \cdot e^{\gamma\xi_m z} + e^{\gamma\xi_m z} \cdot \frac{Pa\eta}{\gamma} [e^{-\gamma\xi_m z} - 1]. \quad (36)
 \end{aligned}$$

На границе участков при $z = a$ из выражения (32) следует:

$$-T_1 = -T_2 = \frac{P \cdot \eta}{\gamma} \left(a + \frac{1}{\gamma \xi_m} - \frac{e^{\gamma \xi_m a}}{\gamma \xi_m} \right). \quad (37)$$

Это же значение на границе крайнего и среднего участков принимает и выражение (36) при $z = a$:

$$-T_1 = -T_2 = c_2 \cdot e^{\gamma \xi_m z} + e^{\gamma \xi_m z} \cdot \frac{Pa\eta}{\gamma} [e^{-\gamma \xi_m z} - 1] = c_2 \cdot e^{\gamma \xi_m a} + e^{\gamma \xi_m a} \cdot \frac{Pa\eta}{\gamma} [e^{-\gamma \xi_m a} - 1]. \quad (38)$$

Приравнивая его к выражению (37), получим:

$$c_2 = \frac{Pa\eta}{\gamma} [e^{-\gamma \xi_m a} - 1] - \frac{P \cdot \eta}{\gamma \cdot e^{\gamma \xi_m a}} \left(a + \frac{1}{\gamma \xi_m} - \frac{e^{\gamma \xi_m a}}{\gamma \xi_m} \right). \quad (39)$$

Подставляя это значение в выражение (36), для среднего участка окончательно получим:

$$T_2 = -\frac{P\eta \cdot e^{\gamma \xi_m z}}{\gamma} \left[2a(e^{-\gamma \xi_m a} - 1) - \frac{a}{e^{\gamma \xi_m a}} - \frac{1}{\gamma \xi_m \cdot e^{\gamma \xi_m a}} + \frac{1}{\gamma \xi_m} \right]. \quad (40)$$

Располагая зависимостью (29), будем иметь:

- для крайних участков (рис. 3):

$$\tau_1 = -\frac{P \cdot \eta}{\gamma} (1 - e^{\gamma \xi_m z}) + C_{1,\tau}; \quad (41)$$

- для среднего участка (рис. 3):

$$\tau_2 = -P\eta \cdot e^{\gamma \xi_m z} \xi_m \left[2a(e^{-\gamma \xi_m a} - 1) - \frac{a}{e^{\gamma \xi_m a}} - \frac{1}{\gamma \xi_m \cdot e^{\gamma \xi_m a}} + \frac{1}{\gamma \xi_m} \right] + C_{2,\tau}. \quad (42)$$

Постоянную интегрирования $C_{2,\tau}$ находим из условия, в соответствии с которым (рис.

3) при $z = 0,5l$, $\tau = 0$:

$$C_{2,\tau} = P\eta \cdot e^{0,5l \cdot \gamma \xi_m} \xi_m \left[2a(e^{-\gamma \xi_m a} - 1) - \frac{a}{e^{\gamma \xi_m a}} - \frac{1}{\gamma \xi_m \cdot e^{\gamma \xi_m a}} + \frac{1}{\gamma \xi_m} \right]. \quad (43)$$

$$\tau_2 = -P\eta \cdot e^{\gamma \xi_m z} \xi_m \left[2a(e^{-\gamma \xi_m a} - 1) - \frac{a}{e^{\gamma \xi_m a}} - \frac{1}{\gamma \xi_m \cdot e^{\gamma \xi_m a}} + \frac{1}{\gamma \xi_m} \right] +$$

$$+ P\eta \cdot e^{0,5l \cdot \gamma \xi_m} \xi_m \left[2a(e^{-\gamma \xi_m a} - 1) - \frac{a}{e^{\gamma \xi_m a}} - \frac{1}{\gamma \xi_m \cdot e^{\gamma \xi_m a}} + \frac{1}{\gamma \xi_m} \right].$$

$$\tau_2 = (e^{0,5l \cdot \gamma \xi_m} - e^{\gamma \xi_m z}) P\eta \xi_m \left[2a(e^{-\gamma \xi_m a} - 1) - \frac{a}{e^{\gamma \xi_m a}} - \frac{1}{\gamma \xi_m \cdot e^{\gamma \xi_m a}} + \frac{1}{\gamma \xi_m} \right].$$

Обозначим $a_1 = -P\eta \xi_m \left[2a(e^{-\gamma \xi_m a} - 1) - \frac{a}{e^{\gamma \xi_m a}} - \frac{1}{\gamma \xi_m \cdot e^{\gamma \xi_m a}} + \frac{1}{\gamma \xi_m} \right]$, тогда

$$\tau_2 = a_1 (e^{\gamma \xi_m z} - e^{0,5l \cdot \gamma \xi_m}). \quad (44)$$

Постоянную интегрирования $C_{1,\tau}$ находим из условия, в соответствии с которым (рис.

3) при $z = a$, $\tau_1(a) = \tau_2(a)$:

$$C_{1,\tau} = a_1 (e^{\gamma \xi_m a} - e^{0,5l \cdot \gamma \xi_m}) + \frac{P \cdot \eta}{\gamma} (1 - e^{\gamma \xi_m a}). \quad (45)$$

Подставляя (45) в (41), получим:

$$\tau_1 = -\frac{P \cdot \eta}{\gamma} (1 - e^{\gamma \xi_m z}) + a_1 (e^{\gamma \xi_m a} - e^{0,5l \cdot \gamma \xi_m}) + \frac{P \cdot \eta}{\gamma} (1 - e^{\gamma \xi_m a}) \quad (46)$$

Анализ зависимости (46) показывает, что сдвигающие напряжения в шве достигают своих наибольших значений при $z = 0$:

$$\tau_{1,\max} = a_1 (e^{\gamma \xi_m a} - e^{0,5l \cdot \gamma \xi_m}) + \frac{P \cdot \eta}{\gamma} (1 - e^{\gamma \xi_m a}). \quad (47)$$

Аналогично решается задача и при других схемах нагрузки и опорных закреплениях. При этом изменяется лишь параметр $\Delta(z)$, определяемый из зависимости (12). Теперь, располагая значениями касательных напряжений, легко можно определить деформации относительно сосредоточенного сдвига ε_{qm} , накапливаемого в зонах, прилегающих к шву составных железобетонных конструкций из формулы (5).

Таким образом, получена полная картина напряженно-деформированного состояния в составном железобетонном стержне при несовместных сосредоточенных деформациях в зоне шва, в том числе и при наличии трещин в железобетонных составных конструкциях. Предложенные зависимости позволяют на порядок упростить дифференциальные уравнения, полученные в работе [1], без снижения строгости и точности решения.

Кстати, возможность упрощения уравнений была предсказана и в самой работе [1], но со снижением точности решения. Так, анализ уравнений, выполненный в этой работе, показывает, что при больших значениях $\lambda = \sqrt{\gamma \xi_{\Delta}}$ или λz , значения $sh\lambda z$ и $ch\lambda z$ можно заменить на $0,5e^{\lambda z}$ (т.е. на функции, полученные строго в предлагаемом нами решении), а значениями $e^{-\lambda z}$ по сравнению с ними можно пренебречь. При этом значение $\lambda z = 4$ считается бесконечно большим. Отмечено, что общее решение дает достаточно большое значение напряжений лишь в зонах, близко расположенных к точкам приложения сосредоточенных сил. В остальных точках основную роль играет частное решение. Чрезвычайно полезным для приближенной оценки напряжений в составном стержне является и вывод о том, что они всегда являются средними между значениями напряжений, определяемыми для монолитной балки и для балки, лишенной связей сдвига.

Таким образом, на основании анализа накопленных экспериментальных данных о сопротивлении составных железобетонных конструкций сформулирована рабочая предпосылка о сосредоточенной податливости шва, которая позволила получить полную картину напряженно-деформированного состояния в составном железобетонном стержне при несовместных сосредоточенных деформациях в зоне шва, в том числе и при наличии трещин. При этом предложенные зависимости значительно упрощены за счет появившейся возможности снижения порядка дифференциальных уравнений составных стержней (без снижения строгости решения).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ржаницын, А.Р. Составные стержни и пластинки [Текст] / Р.Р. Алексей. – М.: Стройиздат, 1986. – 316 с.
2. Бондаренко, В.М. Расчетные модели силового сопротивления железобетона: монография / В.М. Бондаренко, В.И. Колчунов. – М.: АСВ, 2004. – 472 с.
3. Баширов, Х.З. Расчетная модель для оценки деформаций железобетонных составных конструкций / Х.З. Баширов, И.С. Горностаев, Вл.И. Колчунов, И.А. Яковенко // Строительство и реконструкция. – Орел: Госуниверситет – УНПК, 2013. – №6.
4. Бетонные и железобетонные конструкции: СНиП 2.03.01-84*. – [Введены в действие с 1986-01-01]. – М.: ЦТИП Госстроя СССР, 1989. – 88 с.
5. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения: СП 63.13330.2012. – [Введены в действие с 2013-01-01]. – М.: Министерство регионального развития РФ, 2012. – 156 с.

Баширов Хамит Закирович

ОАО «Центротранстрой», г. Москва
Кандидат технических наук
Тел.: +7 (495) 681-43-81

Горностаев Иван Сергеевич

Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс, г. Орел
Аспирант кафедры «Строительство автомобильных дорог»

Колчунов Владимир Иванович

Национальный авиационный университет, г. Киев, Украина
Доктор технических наук, профессор кафедры компьютерных технологий строительства
Тел.: +38 (099)-555-35-14
E-mail: vikolchunov@mail.ru

Яковенко Игорь Анатольевич

Национальный авиационный университет, г. Киев, Украина
Кандидат технических наук, доцент кафедры компьютерных технологий строительства
Тел.: +38 (067) 440-19-39

H. BASHIROV, I. GORNOSTAEV, VI. KOLCHUNOV, I. YAKOVENKO

**STRESS-DEFORMATION CONDITION
OF REINFORCED CONCRETE COMPOSITE CONSTRUCTIONS
IN THE NORMAL CRACKS ZONE**

Proposed the computational model & working hypotheses, allowing an order to simplify the differential equations reinforced composite rods for different schemes of loading, including the presence of cracks, without sacrificing rigor & accuracy of their solutions. The solution of this differential equation & concluded that the design formulas for determining the stress-strain state of reinforced concrete composite constructions for yielding seam at fittings & between the concrete in the form of conditional concentrated shear & effect of discontinuity.

Keywords: reinforced concrete composite constructions, stress-strain state, yielding seam between different concretes, conditional centered shear, the effect of discontinuity

BIBLIOGRAPHY

1. Rzhanicyn, A.R. Sostavnye sterzhni i plastinki [Tekst] / R.R. Aleksej. – M.: Stroizdat, 1986. – 316 s.
2. Bondarenko, V.M. Raschetnye modeli silovogo soprotivlenija zhelezobetona: monografija / V.M. Bondarenko, V.I. Kolchunov. – M.: ASV, 2004. – 472 s.
3. Bashirov, H.Z. Raschetnaja model' dlja ocenki deformacij zhelezobetonnyh sostavnyh konstrukcij / H.Z. Bashirov, I.S. Gornostaev, VI.I. Kolchunov, I.A. Jakovenko // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. – Orel: Gosuniversitet – UNPK, 2013. – №6.
4. Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii: SNiP 2.03.01-84*. – [Vvedeny v dejstvie s 1986-01-01]. – M.: CTIP Gosstroja SSSR, 1989. – 88 s.
5. Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii. Osnovnye polozhenija: SP 63.13330.2012. – [Vvedeny v dejstvie s 2013-01-01]. – M.: Ministerstvo regional'nogo razvitija RF, 2012. – 156 s.

Hamit Bashirov

«Centrootransstroj», Moskow
Candidate of technical science
Ph.: +7 (495) 681-43-81

Ivan Gornostaev

State university – educational-science-production complex, Orel
Post-graduate student of department «Road construction»

Vladimir Kolchunov

National aviation university, Kiev, Ukraine
Doctor of technical sciences, professor of computer technology building department
Ph.: +38 (099)-555-35-14
E-mail: vikolchunov@mail.ru

Igor Yakovenko

National aviation university, Kiev, Ukraine
Candidate of technical sciences, senior lecturer of computer technology building department
Ph.: +38 (067) 440-19-39

КАЛАШНИКОВ М.О.

КОНТРОЛЬ ЖЕСТКОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕМЫЧЕК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИНАМИЧЕСКОГО КРИТЕРИЯ – КОЭФФИЦИЕНТА НЕЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ

В статье приводятся результаты экспериментальных исследований железобетонных балок двух типов: с переменным начальным модулем упругости бетона при постоянной площади продольной рабочей арматуры; с переменной площадью рабочей арматуры при постоянном начальном модуле упругости бетона. Показано, что новый для строительных конструкций динамический параметр – коэффициент нелинейных искажений – может служить самостоятельным критерием для оценки качества железобетонных балок. Этот параметр оказался намного чувствительнее к дефектам и повреждениям, чем основная частота колебаний балок.

Ключевые слова: железобетонные балки, модуль упругости бетона, площадь продольной рабочей арматуры, контроль качества, коэффициент нелинейных искажений.

В большинстве работ последнего времени, посвященных диагностике состояния и контролю жесткости строительных конструкций балочного типа с помощью вибрационного метода, в качестве интегрального динамического критерия используется основная (или первая резонансная) частота колебаний [1]. Как показали наши исследования, проведенные в ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК», точность получаемых оценок максимального прогиба для железобетонных балок при этом невысокая. Разница между основными частотами колебаний эталонной конструкции и этой же конструкции, доведенной до разрушения (после снятия статической нагрузки) колеблется от 9 до 11 процентов, а в зоне упругих деформаций (до появления первых трещин) этот диапазон сужается и составляет (4...5)%. Другими словами основная частота колебаний не очень чувствительна к дефектам строительных конструкций.

В работе [2] для оценки жесткости балок был предложен новый интегральный динамический критерий – коэффициент нелинейных искажений $K_{ни}$, который определяется по формуле:

$$K_{ни} = 100 \sqrt{\frac{A_2^2 + A_3^2 + \dots}{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + \dots}} \approx \frac{100}{A_1} \sqrt{A_2^2 + A_3^2}, \quad (1)$$

где A_i – амплитуда составляющих гармоник свободных затухающих колебаний балок с частотами ω_i . $K_{ни}$ является мерой искажений простых гармонических колебаний и представляет собой отношение эффективных значений гармонических колебаний к эффективному значению суммарного выходного сигнала.

Проведенные пробные испытания балок небольшой длины (перемычек типа 8ПБ-13-1) показали достаточно высокую эффективность этого критерия при оценке жесткости балок [3]. В этих испытаниях разница $K_{ни}$ для добротных конструкций и пришедших в негодность достигала два и более раз. Это означает, что чувствительность этого критерия к дефектам контролируемых конструкций существенно выше, чем основная частота колебаний балок.

Для более глубокого изучения связи коэффициента нелинейных искажений с различными параметрами, характеризующими качество железобетонных балок, проведена серия экспериментов на больsherазмерных моделях, изготовленных в опалубке перемычек марки 2ПБ-26-4.

Были изготовлены две серии железобетонных балок длиной 2,59 м, сечением $b \times h = 120 \times 140$ мм. Первая серия (6 балок Б-1...Б-6 по две штуки каждого типа) была изготовлена с одним и тем же классом бетона В15 и различными процентами армирования продольной рабочей арматурой (одним стержнем $d_s = 8, 10, 12, 14, 16$ и 18 мм). Вторая серия (5 балок Б-7...Б11 по две штуки каждого типа) была изготовлена с одним и тем же процентом армирования (одним стержнем $d_s = 12$ мм) и различными классами бетона (В7,5, В15, В20, В22,5 и В30). Балки с классом бетона В15 и рабочей арматурой $d_s = 12$ мм были общими для обеих серий.

Балки готовились на заводе ЖБИ ОАО «Агропромстрой» (г. Орел) по техническим условиям изготовления перемычек типа 2ПБ-26-4 с полным и тщательным контролем всех технологических операций службой ОТК завода. Класс бетона контролировался путем испытания кубиков, забетонированных при изготовлении балок в возрасте 28 суток. После изготовления балок до их испытаний прошло 1,5 года.

Испытания проводились на типовом стенде, предназначенном для статических и динамических испытаний конструкций балочного типа. Концы балок опирались по шарнирной схеме. Был осуществлен полный комплекс необходимых статических испытаний балок с определением их жесткости, трещиностойкости и прочности по методике ГОСТ 8829-94 [4]. Одновременно со статическими проводились динамические испытания при возбуждении в балках путем механического удара свободных поперечных колебаний с измерением основной частоты колебаний. Контроль частоты колебаний балок на разных этапах загрузки осуществлялся с помощью виброанализатора «Вибран-2.0». Загрузка балок производилась силикатным кирпичом ступенями в соответствии с требованиями ГОСТ 8829-94 [4].

Помимо указанных испытаний проводилось определение коэффициента нелинейных искажений балок в ненагруженном состоянии при свободных поперечных колебаниях. Амплитуды соответствующих гармоник свободных колебаний исследуемой механической системы определялись с помощью виброанализатора спектра «Вибран-2.0». Этот прибор имеет запоминающее устройство и связь с компьютером. Поэтому обработка всех виброграмм и спектрограмм осуществлялась на компьютере. Примеры спектрограмм для балок Б-2-1 и Б-6-1 приведены на рисунке 1.

При проведении экспериментов за эталонную конструкцию принимались новые балки, не подвергшиеся еще воздействию статической нагрузки, а за дефектную конструкцию принимались балки после доведения их до разрушения и снятия статической нагрузки.

Экспериментальные данные после статистической обработки результатов измерения амплитуд трех первых гармоник и подсчета значений коэффициента нелинейных искажений приведены в таблице 1 (колонки 2 и 5). На рисунке 2 представлены графики зависимостей $K_{ни} - d_s$, построенные по табличным данным.

Таблица 1 – Экспериментальные зависимости $K_{ни} - d_s$ для железобетонных балок с различными диаметрами рабочей арматуры при классе бетона В15

| Эталонное изделие, $K_{ни}$ | | | Дефектное изделие, $K_{ни}$ | | |
|-----------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| d_s | экспериментальные данные | расчет по аппроксимирующим функциям | d_s | экспериментальные данные | расчет по аппроксимирующим функциям |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 8 | 0,369 | 0,369/0,0 | 8 | 1,280 | 1,282/0,15 |
| 10 | 0,335 | 0,334/0,30 | 10 | 1,026 | 1,011/1,36 |
| 12 | 0,311 | 0,309/0,64 | 12 | 0,898 | 0,906/0,89 |
| 14 | 0,286 | 0,289/1,05 | 14 | 0,844 | 0,854/1,18 |
| 16 | 0,270 | 0,273/1,11 | 16 | 0,816 | 0,824/0,84 |
| 18 | 0,260 | 0,260/0,0 | 18 | 0,799 | 0,802/0,38 |

Примечание: В колонках 3 и 6 результат, указанный в знаменателе, показывает отклонение в % экспериментальных данных от значений, полученных с помощью аппроксимирующих функций.

По экспериментальным данным построены аппроксимирующие функции:

– для эталонного изделия:

$$K_{ни} = \sqrt{0,01264 + 0,9917/d_s};$$

– для дефектного изделия после потери прочности и снятия нагрузки:

$$K_{ни} = 1/(1,361 - 37,20/d_s^2).$$

Результаты расчета по этим функциям приведены в таблице 1 (колонки 3 и 6). Как видно из сопоставления экспериментальных данных с результатами, полученными по аппроксимирующим функциям, погрешность теоретических решений не превышает 1,5%.

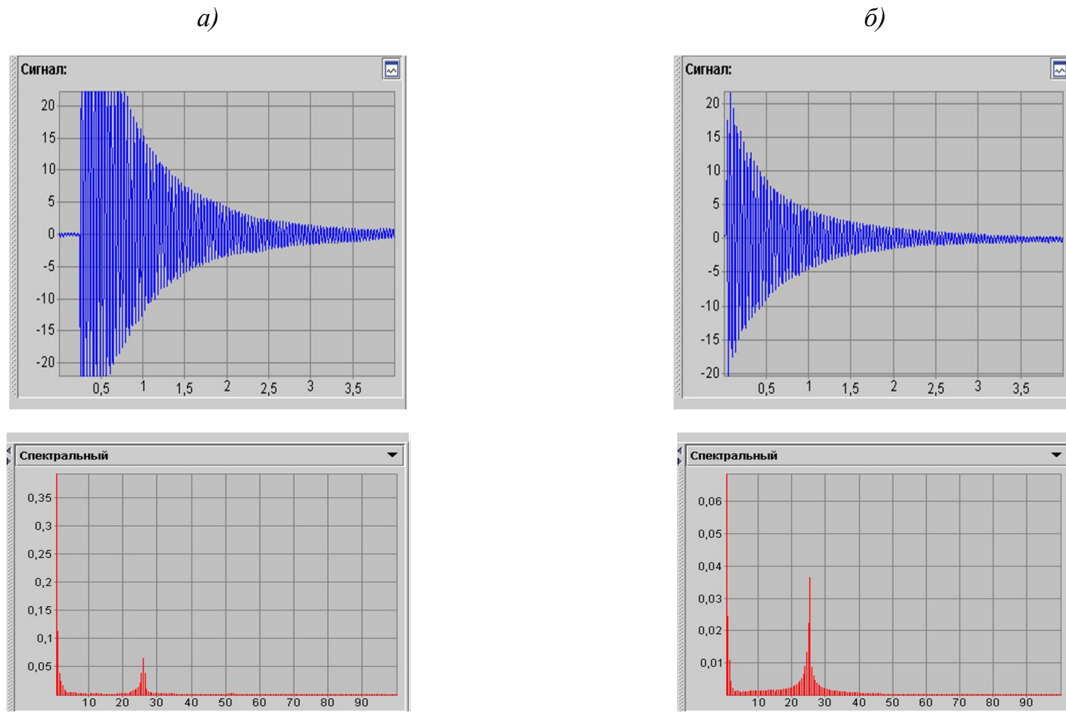
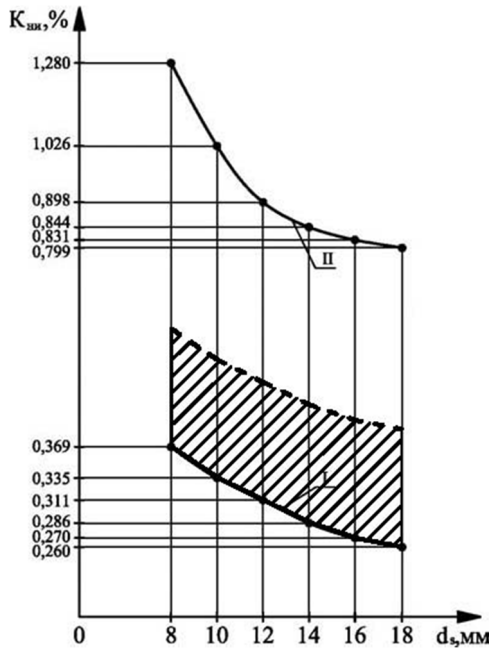


Рисунок 1 – Виброграммы и спектрограммы свободных поперечных колебаний железобетонных балок Б-2-1 и Б-6-1: а – балка Б-2-1; б – балка Б-6-1

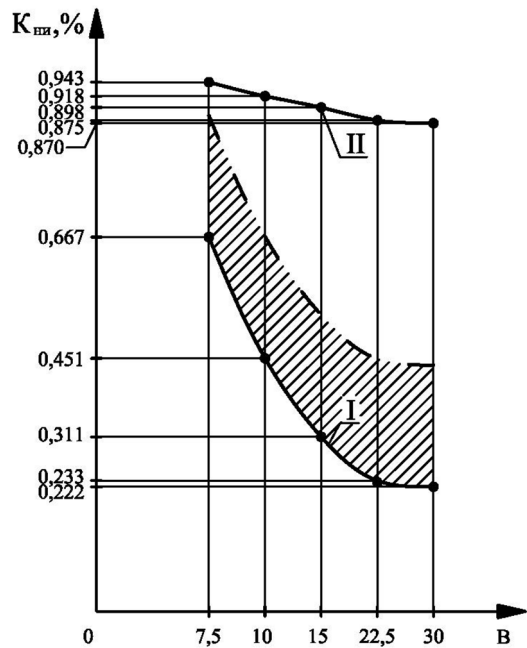
Анализ графиков, приведенных на рисунке 2, показывает:

- с ростом диаметра (площади) рабочей арматуры значения $K_{ни}$ уменьшаются (чем добротнее конструкция, тем $K_{ни}$ ниже);
- для конструкций с дефектами и повреждениями значения $K_{ни}$ увеличиваются;
- разница между значениями $K_{ни}$ для добротного и дефектного изделий весьма существенная, что свидетельствует о высокой чувствительности этого параметра к различного рода нелинейностям, вызванных появлением дефектов и повреждений.



I – добротное (эталонное) изделие;
II – дефектное изделие

Рисунок 2 – Экспериментальные зависимости $K_{ни}$ – d_s для эталонных и дефектных балок при В15 и разных диаметрах продольной арматуры



I – добротное (эталонное) изделие;
II – дефектное изделие

Рисунок 3 – Экспериментальные зависимости $K_{ни}$ – В для эталонных и дефектных балок при $d_s = 12$ мм и разных модулях упругости бетона

В таблице 2 приведены данные эксперимента, отражающие зависимость коэффициента нелинейных искажений от класса бетона, а на рисунке 3 – графики зависимостей $K_{ни}$ – B .

По экспериментальным данным таблицы 2 построены аппроксимирующие функции:

– для эталонного изделия:

$$K_{ни} = 0,1738 + 27,854/B^2 ;$$

– для дефектного изделия после потери прочности и снятия нагрузки:

$$K_{ни} = \sqrt{0,7247 + 1,2326/B}.$$

Результаты расчета по этим функциям приведены в таблице 2 (колонки 3 и 6).

Таблица 2 – Экспериментальные зависимости $K_{ни}$ – B для железобетонных балок с различными классами бетона при $d_s = 12$ мм

| Эталонное изделие, $K_{ни}$ | | | Дефектное изделие, $K_{ни}$ | | |
|-----------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| B | Экспериментальные данные | Расчет по аппроксимирующим функциям | B | Экспериментальные данные | Расчет по аппроксимирующим функциям |
| 7,5 | 0,667 | 0,668/0,15 | 7,5 | 0,943 | 0,943/0,00 |
| 10 | 0,451 | 0,455/0,89 | 10 | 0,918 | 0,921/0,33 |
| 15 | 0,311 | 0,303/2,60 | 15 | 0,898 | 0,898/0,00 |
| 22,5 | 0,233 | 0,236/1,29 | 22,5 | 0,875 | 0,882/0,80 |
| 30 | 0,222 | 0,225/1,35 | 30 | 0,870 | 0,878/0,91 |

Примечание: В колонках 3 и 6 результат, указанный в знаменателе, показывает отклонение в % экспериментальных данных от значений, полученных с помощью аппроксимирующих функций.

Как видно из сопоставления экспериментальных данных с результатами, полученными по аппроксимирующим функциям, погрешность теоретических решений не превышает 2,6%.

Анализ графиков, приведенных на рисунке 3, показывает:

– с ростом класса (марки) бетона значения $K_{ни}$ уменьшаются;

– для конструкций с дефектами и повреждениями значения $K_{ни}$ увеличиваются;

– разница между значениями $K_{ни}$ для добротного и дефектного изделий, как и в предыдущем случае, существенная, что также свидетельствует о высокой чувствительности этого параметра к различного рода нелинейностям, вызванным появлением дефектов и повреждений. Например, для балки Б-3-1 (класс бетона В15 и $d_s = 12$ мм (см. табл. 1) значения коэффициента нелинейных искажений для добротного изделия равен 0,311, а для дефектного – 0,898, то есть они отличаются в 2,89 раза. Такое разительное отличие говорит в пользу коэффициента нелинейных искажений. Поскольку диапазон изменения $K_{ни}$ значительно больше, то его чувствительность к дефектам значительно выше и точность оценок контролируемых параметров качества конструкций существенно повышается.

В рассмотренном примере использования коэффициента нелинейных искажений для диагностики состояния конструкции дефекты балок моделировались изменением диаметра рабочей арматуры и изменением класса бетона. В качестве контролируемого параметра могут быть использованы и другие физические и геометрические характеристики, например, максимальный прогиб балки, контролируемая нагрузка, соответствующая появлению трещин или их раскрытию на заданную нормами величину.

При использовании коэффициента нелинейных искажений для контроля качества конструкций балочного типа область допустимых значений $K_{ни}$ должна быть ограничена некоторой кривой, которая устанавливается экспериментально для каждого типа конструкции при освоении ее выпуска на заводе-изготовителе. На рисунках 2 и 3 такие кривые показаны условно пунктирной линией. Область на графике, лежащая между этими и нижними кривыми, является областью допустимых значений $K_{ни}$. Если измеренное значение $K_{ни}$ попадает в эту область, конструкция считается пригодной для эксплуатации, если это значение лежит выше пунктирной кривой – конструкция непригодна для нормальной эксплуатации. Для конструкции конкретного типа может быть указано одно единственное значение $K_{ни}$. Если этот показатель выше этого значения, то конструкция должна быть забракована.

Выводы

Новый динамический параметр для строительных конструкций балочного типа – коэффициент нелинейных искажений – может служить самостоятельным критерием для интегральной оценки качества железобетонных конструкций, который учитывает влияние всех дефектов и повреждений конструкции, полученные при ее изготовлении и приобретенные в процессе эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коробко, В.И. Контроль качества строительных конструкций: Виброакустические технологии [Текст] / В.И. Коробко, А.В. Коробко. – М.: АСВ, 2003. – 285.
2. Калашников, М.О. Диагностика и контроль качества строительных конструкций вибрационными методами: дисс. ... кандидата технических наук. – Орел, 2011. – 154 с.
3. Слюсарев, Г.В. Оценка качества железобетонных конструкций балочного типа вибрационным методом с использованием коэффициента нелинейных искажений [Текст] / Г.В. Слюсарев, М.О. Калашников, О.В. Бояркина // Контроль. Диагностика. – 2007. – №11. – С. 14-17.
4. ГОСТ 8829-94. Конструкции и изделия бетонные и железобетонные сборные. Методы испытания нагружением и оценка прочности, жесткости и трещиностойкости [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 26 с.

Калашников Михаил Олегович

Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс, г. Орел

Кандидат технических наук

Тел.: +7 (4862) 73-43-95

M. KALASHNIKOV

RIGITY CONTROL OF REINFORCED-CONCRETE CONNECTION ELEMENTS USING DYNAMIC CRITERION – NONLINEAR DISTORTION COEFFICIENT

Article describes the results of tests of reinforced-concrete beams of two types: with variable initial tangent modulus of elasticity of reinforced-concrete at fixed area of lateral working reinforcement; with variable area of working reinforcement at fixed initial tangent modulus of elasticity of reinforced-concrete. It is proved that new for the building constructions dynamic parameter – nonlinear distortion coefficient can be examined as independent criterion for reinforced-concrete beams evaluation quality. This parameter is considered to be much more sensitive to defects and damages, than basic frequency of beam vibrations.

Keywords: reinforced-concrete beams, concrete modulus of elasticity, area of lateral working reinforcement, quality control, coefficient of nonlinear distortions.

BIBLIOGRAPHY

1. Korobko, V.I. Kontrol' kachestva stroitel'nyh konstrukcij: Vibroakusticheskie tehnologii [Tekst] / V.I. Korobko, A.V. Korobko. – M.: ASV, 2003. – 285.
2. Kalashnikov, M.O. Diagnostika i kontrol' kachestva stroitel'nyh konstrukcij vibracionnymi metodami: diss. ... kandidata tehniceskikh nauk. – Orel, 2011. – 154 s.
3. Sljusarev, G.V. Ocenka kachestva zhelezobetonnyh konstrukcij balochnogo tipa vibracionnym metodom s ispol'zovaniem koeficienta nelinejnyh iskazhenij [Tekst] / G.V. Sljusarev, M.O. Kalashnikov, O.V. Bojarkina // Kontrol'. Diagnostika. – 2007. – №11. – S. 14-17.
4. GOST 8829-94. Konstrukcii i izdelija betonnye i zhelezobetonnye sbornye. Metody ispytaniya nagruzheniem i ocenka prochnosti, zhjostkosti i treshhinostojkosti [Tekst]. – M.: Izd-vo standartov, 1994. – 26 s.

Michail Kalashnikov

State university – educational-science-production complex, Orel

Candidate of technical sciences

Ph.: +7 (4862) 73-43-95

КОЛЧУНОВ В.И., ПЯТИКРЕСТОВСКИЙ К.П.

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ПРОЧНОСТЬ ПО ДЕФОРМАЦИЯМ

Приведен краткий исторический обзор развития методов расчета центрально сжатых стержней из древесины на прочность [1] и устойчивость. Поясняется происхождение и назначение разных модулей при расчете деревянных конструкций при таких расчетах с учетом пластических деформаций.

Ключевые слова: древесина, модуль упругости, центрально-сжатые стержни.

В разделе 3 «Расчетные характеристики материалов» п. 3.5 СНиП II-25-80 [1] содержит следующие указания: модуль упругости древесины при расчете по предельным состояниям второй группы следует принимать равным вдоль волокон $E=10000$ МПа (100000 кгс/см²), поперёк волокон – $E_{90}=400$ МПа (4000 кгс/см²). Модуль упругости древесины и фанеры в расчетах конструкций на устойчивость и по деформированной схеме следует принимать равным для древесины $E'=300R_c$ (R_c – расчетное сопротивление сжатию вдоль волокон, принимаемое по таблице 3). В разделе 4 для расчета центрально-сжатых элементов постоянного сечения даются формулы, приведенные к традиционной форме, принятой в нормативных документах для любых прочностных расчетов, т.е. выраженные через внешние нагрузки, параметры сечений элементов и расчетные сопротивления материалов. Здесь модули упругости, различные для различных гибкостей, скрыты в коэффициентах, а пояснения к формулам лаконичны. Постепенно эти приемы перешли и в учебные пособия. Поэтому иногда стало трудно понять происхождение этих формул.

Теория устойчивости стержней после Эйлера претерпела значительные изменения в течение последующих 200 лет. Отметим основные этапы этих изменений, опубликованные в курсах сопротивления материалов, например, [3-8], чтобы затем перейти к пояснению и, может быть, к формулировке предложений по совершенствованию отдельных положений норм и составлению учебных пособий.

В 1744 году Л. Эйлер (1707-1783 гг.) решил задачу об устойчивости шарнирно закрепленного по концам стержня под действием постоянной продольной силы. Потеря устойчивости прямолинейного стержня происходит при небольшом отклонении его поперечной силой от первоначальной формы равновесия. Наименьшее значение критической силы $P_{кр}$ такое, что стержень после отклонения от первоначальной формы не может самостоятельно вернуться к прямолинейной форме, равно:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{\ell^2}. \quad (1)$$

При малейшем превышении критической силы происходит разрушение стержня от потери устойчивости. Здесь E (постоянная величина) коэффициент пропорциональности.

Практическое применение этой формулы началось в 1892 году, когда Ф.С. Ясинский (1856-1899 гг.) в связи с расчетами элементов мостов рассмотрел другие способы закрепления концов стержня, ввел понятие приведенной длины $\mu\ell$ стержня, после чего формула Эйлера приобрела вид:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{(\mu\ell)^2}. \quad (2)$$

Тогда же оказалось, что формула Эйлера не всегда подтверждается экспериментальными исследованиями, а именно эта формула имеет границу применимости, определяемую переходом сжимаемого материала за предел пропорциональности. Если справедлив закон Гука, то:

$$\sigma_{кр} = \frac{P_{кр}}{F} = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{F(\mu\ell)^2} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{\mu\ell}{i}\right)^2} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}, \quad (3)$$

где $i^2 = \frac{J_{\min}}{F_{бр}}$ – радиус инерции; $\lambda = \frac{\mu\ell}{i}$ – гибкость стержня. (4)

Как видно из (3), критическое напряжение определяется гибкостью стержня. Если стержень короткий или имеет большую жесткость на изгиб, критическое напряжение возрастает, и мы приближаемся к границе применимости формулы Эйлера.

Из формулы (3) следует $\lambda_{пред} \geq \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_{ни}}}$, (5)

значит формула Эйлера, в которой $E=const$, становится непригодной при $\lambda < \lambda_{пред}$, зависящей только от свойств материала, т.е. для дерева:

$$\lambda < \lambda_{пред} = 3,14\sqrt{10^4 / 20} = 70, \quad (6)$$

если очень условно принять предел пропорциональности $\sigma_{ни}=20$ МПа.

Однако явление продольного изгиба продолжает существовать и за пределом упругости. Опытным путем установлено, что действительные критические напряжения для стержней средней и малой гибкости ($\lambda < \lambda_{пред}$) ниже значений, определяемых по формуле Эйлера. В этом случае формула Эйлера даёт завышенные значения критической силы, т.е. всегда переоценивает действительную устойчивость стержня. Поэтому использование формулы Эйлера для стержней, теряющих устойчивость за пределом упругости, не только принципиально неправильно, но и крайне опасно по своим последствиям [5].

На рисунке 1 схематически показан полный график зависимости критических напряжений от гибкости. Функциональная зависимость (3) в системе координат $\sigma_{кр}-\lambda$ называется гиперболой Эйлера. Участок CD соответствует упругой работе стержня, участок BC – переходная кривая практического метода расчета по СНиП, построенная на основе приведенного модуля Ясинского, а участок AB соответствует пределу текучести. Участок гиперболы при $\lambda < \lambda_{пред}$ показан пунктиром, так как пользоваться ею на этом участке нельзя.

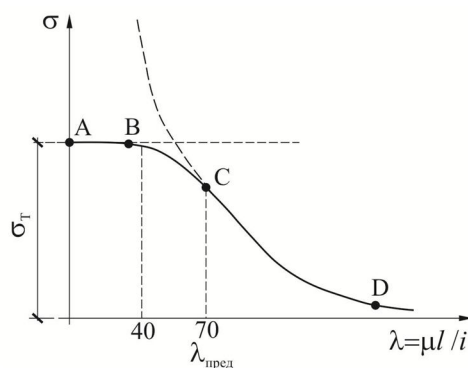


Рисунок 1

Этот график для дерева становится обоснованным только при $\lambda \leq 100$, что и указано в курсах сопротивления материалов Г.С. Писаренко [5] и А.В. Даркова, Г.С. Шпиро [3].

Устойчивость за пределами упругих деформаций

Пусть стержень сжимается продольной силой так, что пока он еще находится в прямолинейном состоянии, в нем уже возникли пластические деформации. Соответствующее напряжение отмечено на рисунке 2 точкой А. Критическую силу в этом случае, казалось бы, можно определить по формуле Эйлера, приняв за модуль E угловой коэффициент касательной в точке А (касательный модуль). Такая мысль была впервые высказана ~120 лет тому назад немецким ученым Ф. Энгессером (1848-1931 гг.).

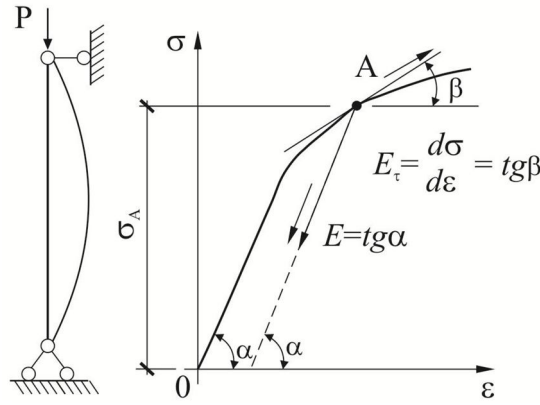


Рисунок 2

Примерно лет через 10 в 1895 г. Ф.С. Ясинский подверг предложение Энгессера критике, основанной на том, что если сжатый стержень искривился (рис. 2, 3), то с выпуклой стороны сжатые до этого слои несколько удлинятся и произойдет их частичная разгрузка и при этом он предложил использовать приведенный модуль, который близко соответствует экспериментальным данным (см. ниже формулу 13).

Энгессер в ответ на критику Ясинского сразу же в 1895 г. внёс исправления в свои исследования и пришел к выражению приведенного модуля, но его статья осталась незамеченной и лет через 15 другой ученый Т.В. Карман (1910 г.) повторил выводы Энгессера. Сейчас говорят: приведенный модуль Энгессера – Кармана.

С вогнутой стороны к начальному общему укорочению слоев добавится дополнительное укорочение, связанное с изгибом стержня. Но дополнительная нагрузка приводит к дальнейшему возрастанию напряжений с касательным модулем E' , а разгрузка протекает как чисто упругий процесс с модулем E , т.е. вогнутые и выпуклые волокна работают с разными модулями деформаций (рис. 3, а).

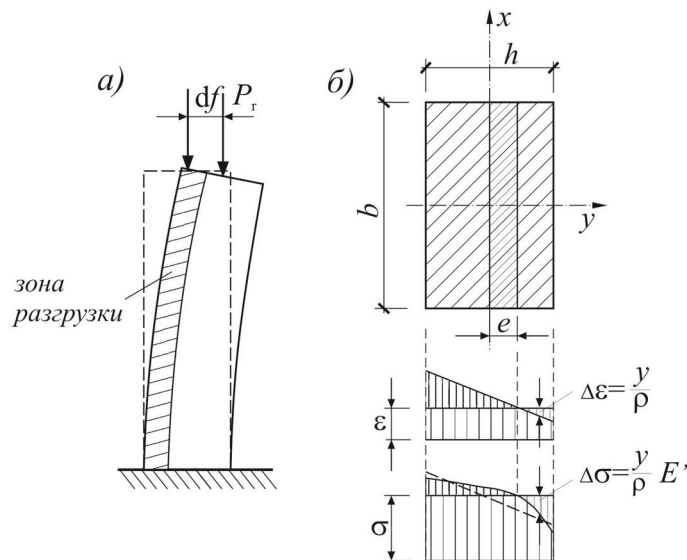


Рисунок 3

Рассмотрим для простоты стержень прямоугольного поперечного сечения (рис. 3, б).

До изгиба стержня деформация ε одинакова для всех точек сечения. После искривления стержня на эту постоянную деформацию наложатся малые деформации $\Delta\varepsilon$. В соответствии с гипотезой плоских сечений они будут линейным образом изменяться вдоль оси «у». Нейтральная ось не обязана совпадать с центром тяжести сечения или, вернее, она обязана не совпадать с ц.т. Координату «у» будем отсчитывать от нейтральной линии, расположенной на расстоянии «e» от центра тяжести, а через $1/\rho$ обозначим, как обычно, изменение кривизны стержня [9].

Чтобы найти напряжение $\Delta\sigma$ надо деформацию $\Delta\varepsilon$ умножить на модуль упругости: при догрузке – на касательный модуль E' , а при разгрузке берется обычный модуль упругой разгрузки E . Таким образом, эпюра дополнительных изгибных напряжений представляет собой ломаную линию (рис. 3, б). Так как нормальная сила в поперечном сечении при изгибном возмущении не меняется, дополнительные силы справа и слева от нейтральной линии должны быть равны друг другу, т.е. равны площади правого и левого треугольников. Тогда получим:

$$\frac{1}{2} \frac{E}{\rho} \left(\frac{h}{2} - e \right)^2 = \frac{1}{2} \frac{E'}{\rho} \left(\frac{h}{2} + e \right)^2. \quad (8)$$

Если правую и левую части равенства (8) умножить на ширину сечения b , то получим две силы: одна – вверх, другая – вниз. Плечо каждой силы равно $2/3$ основания каждого треугольника, а сумма этих моментов представляет изгибающий момент в сечении:

$$M = \frac{1}{3} \frac{b}{\rho} \left[E \left(\frac{h}{2} - e \right)^3 + E' \left(\frac{h}{2} + e \right)^3 \right]. \quad (9)$$

Это выражение даёт зависимость между изгибающим моментом и изменением кривизны. Но из него надо исключить « e ». Из (8) получаем:

$$e = \frac{h \sqrt{E} - \sqrt{E'}}{2 \sqrt{E} + \sqrt{E'}} \quad (10)$$

и, подставляя значение « e » в выражение (9), приходим к следующему выражению для момента:

$$M = \frac{1}{\rho} \frac{bh^3}{12} \frac{4EE'}{\left(\sqrt{E} - \sqrt{E'} \right)^2}. \quad (11)$$

Отсюда $\frac{1}{\rho} = \frac{M}{E_{np} J}$, где $J = \frac{bh^3}{12}$ – момент инерции сечения, а

$$E_{np} = \frac{4EE'}{\left(\sqrt{E} - \sqrt{E'} \right)^2} \quad (12)$$

может рассматриваться как некоторый приведенный модуль упругости.

Для пластически деформируемого стержня можно пользоваться выражением критической силы по Эйлеру, но вместо обычного модуля упругости следует брать приведенный модуль E_{np} . Для других форм сечений приведенный модуль имеет более сложную структуру.

Критическую силу

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 E_{np} J}{(\mu e)^2} \quad (13)$$

называют приведенно-модульной и обозначают P_r , а модуль – E_r .

В сороковых годах уже XX века концепция Энгессера-Ясинского-Кармана была подвергнута сомнению. Автор нового подхода – американский ученый Ф.Р. Шенли. В основу нового подхода положен вопрос: если в дополнение к изгибной деформации стержню еще сообщено и малое осевое сжатие, тогда в поперечных сечениях стержня произойдет смещение областей разгрузки и догрузки, а при неблагоприятном сочетании двух типов возмущений зона разгрузки может вообще исчезнуть. Это означает, что стержень на устойчивость следует считать уже не по приведенному модулю Энгессера-Кармана, а по касательному E' . Выходит, что критическая сила в зависимости от обстоятельств может проявить себя в интервале двух крайних значений – одного, определяемого по приведенному модулю, и второго – по касательному. Из этих двух значений следует, конечно, выбрать наименьшее и рассчитывать сжатый стержень на устойчивость надо по касательному модулю. При этом критическая сила

$P_{кр} = \frac{\pi^2 E' J}{(\mu e)^2}$ называется касательно-модульной и обозначается P_r .

В реальных условиях практические расчеты по касательному и по приведенному модулям мало чем отличаются друг от друга. При подходе к пределу текучести и за ним, касательный модуль E' неизмеримо меньше номинального модуля упругости E . Это показано в работах Л.Н. Хохловой, выполненных под руководством Р.Р. Матевосяна, например, [10]. Поэтому можно считать правильным использование в практических работах согласно нормам [1] метода Энгессера-Кармана. Перейдем к рассмотрению метода расчета центрально сжатых стержней согласно действующим нормам [1]. Практический метод расчета деревянных стержней на устойчивость предусматривает уменьшение расчетного сопротивления при помощи коэффициента продольного изгиба φ [3-7] и [1, 2, 9, 12]:

$$\frac{N}{F} \leq \varphi R. \quad (14)$$

В пределах пропорциональности критическая нагрузка определяется по формуле Эйлера:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 E J}{e^2} = \frac{\pi^2 E F}{\lambda^2}, \quad (15)$$

откуда $\varphi = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2 R_{сп}}. \quad (16)$

Опыты [9] показывают, что отношение $\frac{E}{R_{сп}}$ довольно постоянно как при кратковременном, так и при длительном действии нагрузки и может быть в первом приближении принято равным 312. Тогда $\varphi = \frac{\pi^2 312}{\lambda^2} = \frac{3100}{\lambda^2}.$ (17)

Эта формула и принята в нормах для определения коэффициента φ при гибкостях, превышающих 70.

Для уточнения зависимости, связывающей коэффициент φ с гибкостью стержня, в ЦНИПС было произведено специальное экспериментально-теоретическое исследование (А.Б. Губенко [11]). В основу теоретической части исследования положен метод Энгессера-Кармана, распространяющий Эйлерову зависимость на область критических напряжений, превышающих предел пропорциональности. Фактическая ломаная эпюра напряжений изгиба, изображенная на рисунке 3, б, может быть заменена условной прямолинейной, соответствующей приведенному модулю упругости E_r :

$$E_r = \frac{4EE'}{(\sqrt{E} + \sqrt{E'})^2} = \frac{4}{\left(\sqrt{\frac{E}{E'}} + 1\right)^2} \cdot E = \tau E, \quad (18)$$

E – модуль упругости в пределах пропорциональности; E' – касательный модуль за пределами пропорциональности, определяемый как $\frac{d\sigma}{d\varepsilon}.$

Кривая φ за пределами упругости впервые была построена в СССР, в ЦНИПС и подтверждена опытами. Однако в целях упрощения расчетов коэффициент φ за пределами упругости определяется по формуле, предложенной Д.А. Кочетковым [14]:

$$\varphi = 1 - 0,8 \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2. \quad (19)$$

Кривая, построенная по этой формуле, мало отличается от теоретической.

Многочисленные эксперименты, приведенные в [13] специально для исследований устойчивости стержней и вычисленные А.Б. Губенко величины касательного модуля $E' = \frac{d\sigma}{d\varepsilon}$ и отношения $\frac{E}{E'}$, которое оказалось весьма устойчивым, значения τ и гибкость, соответствующая заданному напряжению, позволили построить график коэффициента φ (рис. 4).

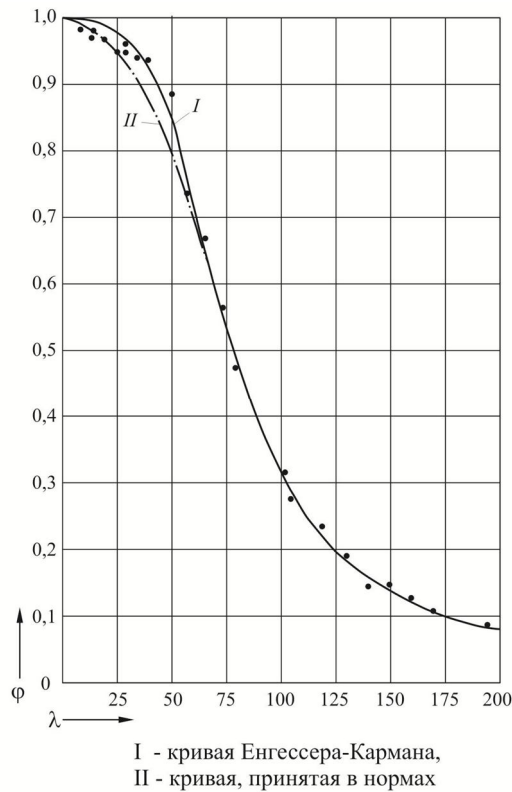


Рисунок 4

С учетом результатов описанных фундаментальных исследований в современных нормах и пособии к СНиП II-25-80 [2] для учета пластических деформаций разработаны предложения по расчетам элементов на прочность по деформированной схеме и на устойчивость, т.е. по предельным состояниям первой группы с использованием параметров жесткости EJ и GJ и безразмерный параметр в виде отношения кратковременного модуля упругости \bar{E} к временному сопротивлению сжатию $R_{вр}$. Это отношение, как и прежде, с округлением в запас принято за константу $\frac{\bar{E}}{R_{вр}} = 300$.

Расчетное критическое напряжение $R_{кр} = \varphi R_c$ для проектирования элементов по предельным состояниям первой группы отличается от временного критического напряжения $R_{кр}^{ep} = \varphi R_{вр}$. Если выразить критические напряжения согласно рассмотренным выше формулам, то можно найти значения приведенных характеристик:

$$R_{кр}^{ep} = \varphi R_{вр} = \frac{\pi^2 \bar{E} J}{(\mu e)^2 F}; \tag{20}$$

$$R_{кр} = \varphi R_c = \frac{\pi^2 E' J}{(\mu e)^2 F}$$

откуда $\frac{R_{кр}^{ep}}{R_{кр}} = \frac{R_{вр}}{R_c} = \frac{\bar{E}}{E'}$ (21)

и $\frac{E'}{R_c} = \frac{\bar{E}}{R_{вр}} = 300$ или $E' = 300 R_c$. (22)

Следовательно, надо различать нормируемые значения модулей при расчете: по предельным состояниям первой группы E' и G' , по предельным состояниям второй группы – E и G . Было бы правильнее называть модули E' и G' не модулями упругости, а модулями деформаций, поскольку они относятся к упругопластической стадии работы древесины. Следует счи-

тать обоснованным использование различных модулей для упругой и упругопластической стадий работы древесины. Округления значений $E/R_c R_{ep} / \bar{E}$ в формуле (21) приняты в запас устойчивости стержней. В дальнейшем возможна дифференциация модулей в зависимости от породы и сорта древесины.

Выводы

1. Исторический обзор развития расчетов центрально сжатых стержней из древесины на прочность и устойчивость показал сложный путь, пройденный наукой о сопротивлении материалов применительно к древесине [13]. Расчет деревянных стержней на центральное сжатие производится с учетом пластических деформаций с применением приведенного модуля деформаций E_r , величина которого заключена между значениями касательного модуля

$$E_r = \frac{d\sigma}{d\varepsilon} \text{ и начального модуля упругости } E. \text{ При этом формула Ясинского } P_{кр} = \frac{\pi^2 E_r J}{(\mu e)^2} \text{ пока}$$

зывает хорошее совпадение с результатами, полученными экспериментальным путём. На этой основе построен практический метод расчета стержней на устойчивость с помощью коэффициента продольного изгиба φ .

2. По мере совершенствования деревянных конструкций в связи с применением новых типов связей и соединений для обеспечения их надежной работы в большепролётных конструкциях, а также в связи с новыми постановками задач расчета строительных конструкций на живучесть при потере устойчивости несущих элементов [15] расчеты на устойчивость в упругопластической стадии приобретают все большую актуальность.

3. В дальнейшем могут представиться новые возможности расчетов по мере уточнения характеристик различных сортов и пород древесины, а также новых материалов на основе древесины, учета длительности нагружения.

4. Концепции дальнейшего развития расчетов потребуют углубления наших знаний о характеристиках прочности и деформативности древесины и новых материалов с направленным управлением свойств материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 64.13330.2011 Свод правил. Деревянные клееные и цельнодеревянные конструкции [Текст]. Актуализированная редакция СНиП II-25-80. – М., 2011.
2. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП II-25-80) ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР [Текст]. – М., 1986. – 215 с.
3. Дарков, А.В. Сопротивление материалов [Текст] / А.В. Дарков, Г.С. Широ. – М.: Высшая школа, 1989. – 608 с.
4. Михайлов, А.М. Сопротивление материалов [Текст] / А.М. Михайлов. – М.: Стройиздат, 1989. – 352 с.
5. Сопротивление материалов [Текст] / под ред. акад. АН УССР Г.С. Писаренко – 5-е изд. перераб. и доп. – К.: Вища школа. Головное изд., 1986 – 775 с.
6. Смирнов, А.Ф. Сопротивление материалов [Текст]: под ред. А.Ф. Смирнова. – М.: Высшая школа, 1975. – 480.
7. Телевизионный курс сопротивления материалов для студентов вузов [Текст] / под ред. В.И. Феодосьева. – М.: Высшая школа, 1981. – 168 с.
8. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов [Текст] / В.И. Феодосьев. – М. Наука. гл. ред. физ.-мат. литературы, 1986.
9. Коченов, В.М. Экспериментально-теоретические исследования деревянных конструкций [Текст], ГОНТИ, Главная редакция строительной литературы, 1938.
10. Хохлова, Л.Н. Качественный метод в задачах устойчивости центрально-сжатых нелинейноупругих и упругопластических плоских рамных систем [Текст] // В кн. Проблемы устойчивости и предельной несущей способности конструкций: Межвузовский тематич. сборник трудов. – Л.: ЛИСИ, 1983. – С. 89-103.
11. Губенко, А.Б. Устойчивость цельных и составных деревянных стержней [Текст] / А.Б. Губенко, 1934.
12. Кочетков, Д.А. Деревянные конструкции в жилищно-коммунальном строительстве [Текст] / Д.А. Кочетков. – М.-Л. Изд-во Минкоммунхоз РСФСР, 1950. – Ч. I. – 300 с.
13. Пятикрестовский, К.П. К вопросу о выборе модулей упругости при расчете деревянных конструкций на прочность, устойчивость и по деформациям [Текст] / Строительная механика и расчет сооружений. – 2012. – №6. – С. 73-79.
14. Кочетков, Д.А. Деревянные конструкции в жилищно-коммунальном строительстве / Д.А. Кочетков. – М.-Л.: Минкоммунхоз РСФСР. – 1950. – Ч. I. – 300 с.

15. Колчунов, В.И. К оценке живучести железобетонных рам при потере устойчивости отдельных элементов / В.И. Колчунов, Н.О. Прасолов, М.В. Моргунов // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2007. – №4. – С. 40-44.

Колчунов Виталий Иванович

Юго-западный государственный университет, г. Курск
Доктор технических наук, профессор, академик РААСН
E-mail: asiorel@mail.ru

Пятикрестовский Константин Пантелеевич

Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций им. В.А. Кучеренко, г. Москва
Доктор технических наук

V. KOLCHUNOV, K. PJATIKRESTOVSKIJ

STIFFNESS ANALYSIS FEATURES FOR WOODEN STRUCTURES

The work gives the origins of various modules for wooden structures calculation in limit states taking into account plastic deformation.

Keywords: wood, modulus of elasticity, axially compressed bars

BIBLIOGRAPHY

1. SP 64.13330.2011 Svod pravil. Derevjannye kleenye i cel'noderevjannye konstrukcii [Tekst]. Aktualizirovannaja redakcija SNiP II-25-80. – M., 2011.
2. Posobie po proektirovaniju derevjannyh konstrukcij (k SNiP II-25-80) CNIISK im. Kucherenko Gosstroja SSSR [Tekst]. – M., 1986. – 215 s.
3. Darkov, A.V. Soprotivlenie materialov [Tekst] / A.V. Darkov, G.S. Shpiro. – M.: Vysshaja shkola, 1989. – 608 s.
4. Mihajlov, A.M. Soprotivlenie materialov [Tekst] / A.M. Mihajlov. – M.: Strojizdat, 1989. – 352 s.
5. Soprotivlenie materialov [Tekst] / pod red. akad. AN USSR G.S. Pisarenko – 5-e izd. pererab. i dop. – K.: Vishha shkola. Golovnoe izd., 1986 – 775 s.
6. Smirnov, A.F. Soprotivlenie materialov [Tekst]: pod red. A.F. Smirnova. – M.: Vysshaja shkola, 1975. – 480.
7. Televizionnyj kurs soprotivlenija materialov dlja studentov vuzov [Tekst] / pod red. V.I. Feodos'eva. – M.: Vysshaja shkola, 1981. – 168 s.
8. Feodos'ev, V.I. Soprotivlenie materialov [Tekst] / V.I. Feodos'ev. – M. Nauka. gl. red. fiz.-mat. literatury, 1986.
9. Kochenov, V.M. Jeksperimental'no-teoreticheskie issledovanija derevjannyh konstrukcij [Tekst], GONTI, Glavnaja redakcija stroitel'noj literatury, 1938.
10. Hohlova, L.N. Kachestvennyj metod v zadachah ustojchivosti central'no-szhatyh nelinejnouprugih i uprugoplasticheskikh ploskih ramnyh sistem [Tekst] // V kn. Problemy ustojchivosti i predel'noj nesushhej sposobnosti konstrukcij: Mezhevuzovskij tematich. sbornik trudov. – L.: LISI, 1983. – S. 89-103.
11. Gubenko, A.B. Ustojchivost' cel'nyh i sostavnyh derevjannyh sterzhnej [Tekst] / A.B. Gubenko, 1934.
12. Kochetkov, D.A. Derevjannye konstrukcii v zhilishhno-kommunal'nom stroitel'stve [Tekst] / D.A. Kochetkov. – M.-L. Izd-vo Minkommunhoz RSFSR, 1950. – Ch. I. – 300 s.
13. Pjaticrestovskij, K.P. K voprosu o vybore modulej uprugosti pri raschete derevjannyh konstrukcij na prochnost', ustojchivost' i po deformatsijam [Tekst] / Stroitel'naja mehanika i raschet sooruzhenij. – 2012. – №6. – S. 73-79.
14. Kochetkov, D.A. Derevjannye konstrukcii v zhilishhno-kommunal'nom stroitel'stve / D.A. Kochetkov. – M.-L.: Minkommunhoz RSFSR. – 1950. – Ch. I. – 300 s.
15. Kolchunov, V.I. K ocenke zhivuchesti zhelezobetonnyh ram pri potere ustojchivosti otdel'nyh jelementov / V.I. Kolchunov, N.O. Prasolov, M.V. Morgunov // Stroitel'naja mehanika inzhenernyh konstrukcij i sooruzhenij. – 2007. – №4. – S. 40-44.

Vitalij Kolchunov

Southwest state university, Kursk
Doctor of technical sciences, professor, academician RAABS
E-mail: skimkafedra@yandex.ru

Konstantin Pjaticrestovskij

CNIISK V.A. Kucherenko's name, Moscow
Doctor of technical sciences

КОРОБКО В.И., САВИН С.Ю.

СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ТРЕУГОЛЬНЫХ ОРТОТРОПНЫХ ПЛАСТИНОК С ОДНОРОДНЫМИ И КОМБИНИРОВАННЫМИ ГРАНИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ

В статье рассматриваются задачи о свободных колебаниях упругих ортотропных пластинок в виде треугольников при однородных и комбинированных граничных условиях. Для этих пластинок по значениям основных частот собственных колебаний, полученных с помощью МКЭ, построены аппроксимирующие функции, аргументами которых являются коэффициент формы пластинки и соотношения цилиндрических жесткостей. Эти функции могут быть использованы непосредственно для нахождения значений основных частот колебаний треугольных пластинок либо для получения опорных значений при решении задач о свободных колебаниях ортотропных пластинок в виде трапеций методом интерполяции по коэффициенту формы.

Ключевые слова: *треугольные ортотропные пластинки, свободные колебания, основная частота колебаний, однородные и комбинированные граничные условия, метод интерполяции по коэффициенту формы.*

В настоящее время для расчета упругих ортотропных пластинок помимо универсальных численных методов, таких как МКЭ и МГЭ, может быть применен метод интерполяции по коэффициенту формы (МИКФ), с которым можно подробно ознакомиться в работе [1]. Применение МИКФ к решению задач поперечного изгиба упругих ортотропных пластинок рассмотрено в работах [2, 3]. Сущность этого метода будет изложена ниже на примере расчета пластинки.

Одним из основных достоинств МИКФ является возможность представления результатов расчета в виде графиков зависимостей $F - K_f$, где F – некоторая интегральная физическая характеристика пластинки. Это позволяет наглядно продемонстрировать связь между геометрической и физической сторонами рассматриваемой задачи. Однако применение МИКФ к решению задач о свободных колебаниях ортотропных пластинок ограничено ввиду отсутствия граничных функций, необходимых для получения опорных решений.

В настоящей работе выполняется построение граничных функций для равнобедренных (рис. 1) и прямоугольных треугольников (рис. 2) для всех возможных комбинаций шарнирного опирания и жесткого защемления вдоль их сторон. Построение осуществлялось путем обработки результатов численных расчетов по МКЭ, выполненных в программном комплексе SCAD, пластинок с определенным очертанием формы области при соотношениях цилиндрических жесткостей $D_x/H = 1, 2 \dots 5$; $D_y/H = 1, 2 \dots 5$. Каждая пластинка разбивалась не менее чем на 500 конечных элементов. Выбор такой густоты разбиения пластинок на конечные элементы обусловлен следующим обстоятельством: для пластинок решались тестовые задачи при разной густоте разбиения на конечные элементы (250, 500, 1000). При увеличении числа конечных элементов, приходящихся на одну пластинку, начиная с 500, значения основных частот колебаний практически совпадали.

Ввиду большого количества полученных данных, результаты расчета по МКЭ приведены для ограниченного числа случаев (табл. 1). Для остальных вариантов граничных условий и соотношений цилиндрических жесткостей ограничимся тем, что сразу приведем значения коэффициентов в полиномах, являющихся граничными функциями.

На основании данных, приведенных в таблице 1, построим графики $\omega - \beta$ (рис. 3) для шарнирно опертых по контуру треугольных пластинок, где β – угол при вершине треугольника (см. рис. 1). На рисунке 3 кривая 1 соответствует изотропным пластинкам в виде равнобедренных треугольников; 2 – изотропным пластинкам в виде прямоугольных треугольников; 3 и

4 – ортотропным пластинкам в виде равнобедренных и прямоугольных треугольников соответственно при соотношении цилиндрических жесткостей $D_x/H = 3$, $D_y/H = 1$; кривая 5 соответствует геометрическому преобразованию сдвига вдоль основания треугольника.

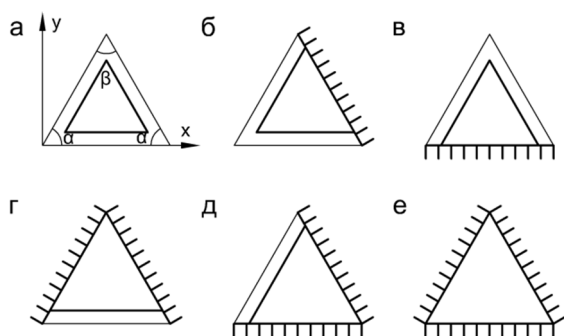


Рисунок 1 – Варианты граничных условий для пластинок в виде равнобедренных треугольников

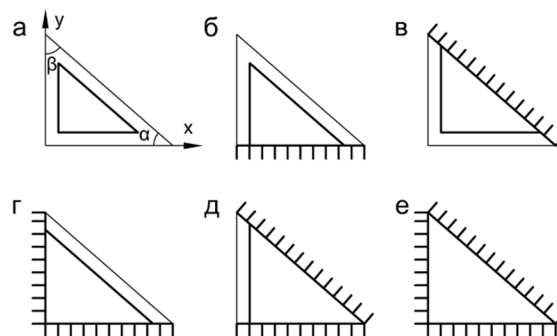


Рисунок 2 – Варианты граничных условий для пластинок в виде прямоугольных треугольников

Таблица 1 – Значения частот собственных колебаний ω пластинок в виде равнобедренных и прямоугольных треугольников

| | β | K_f | $\omega, 1/c$ | | | β | K_f | $\omega, 1/c$ | |
|-----------------------------|---------|--------|----------------------|--------------------|----------------------------|---------|--------|----------------------|--------------------|
| | | | изотропные пластинки | $D_x/H=3; D_y/H=1$ | | | | изотропные пластинки | $D_x/H=3; D_y/H=1$ |
| равнобедренные треугольники | 140 | 23,413 | 40,76 | 44,32 | прямоугольные треугольники | 70 | 16,199 | 31,18 | 34,93 |
| | 130 | 18,975 | 34,74 | 38,65 | | 65 | 14,161 | 28,20 | 32,62 |
| | 120 | 16,083 | 30,75 | 34,78 | | 60 | 12,928 | 26,38 | 31,07 |
| | 110 | 14,087 | 27,94 | 32,25 | | 55 | 12,185 | 25,24 | 30,51 |
| | 100 | 12,668 | 25,91 | 30,58 | | 50 | 11,784 | 24,64 | 30,66 |
| | 90 | 11,657 | 24,44 | 29,47 | | 45 | 11,657 | 24,46 | 31,23 |
| | 80 | 10,962 | 23,42 | 28,78 | | 40 | 11,784 | 24,65 | 32,16 |
| | 70 | 10,540 | 22,80 | 28,52 | | 35 | 12,185 | 25,25 | 33,56 |
| | 60 | 10,392 | 22,58 | 28,82 | | 30 | 12,928 | 26,36 | 35,78 |
| | 50 | 10,568 | 22,85 | 29,94 | | 25 | 14,161 | 28,20 | 39,36 |
| | 40 | 11,208 | 23,80 | 32,24 | | 20 | 16,199 | 31,16 | 45,02 |
| 30 | 12,677 | 26,00 | 36,15 | 15 | 19,798 | 36,37 | 53,63 | | |

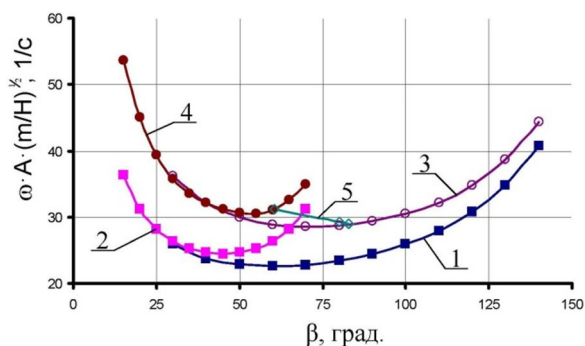


Рисунок 3 – Графики функций $\omega - \beta$

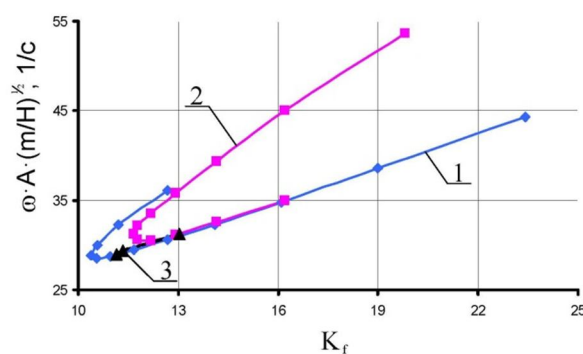


Рисунок 4 – Графики функций $\omega - K_f$

Параметр β является достаточно хорошим критерием для сравнения интегральных физических характеристик треугольных пластинок, так как позволяет рассматривать сразу все

множество треугольников различного очертания. Однако более универсальным критерием сравнения является коэффициент формы K_f , позволяющий сравнивать геометрические фигуры различных классов (например, треугольники с прямоугольниками и трапециями).

На рисунке 4 изображены графики зависимостей $\omega - K_f$ для шарнирно опертых по всему контуру треугольных пластинок при соотношении цилиндрических жесткостей $D_x/H = 3$, $D_y/H = 1$. Кривая 1 соответствует пластинкам в виде равнобедренных треугольников; кривая 2 – прямоугольным треугольникам; кривая 3 – геометрическому преобразованию сдвига вдоль основания. Из рисунка 4 видно, что одному и тому же значению K_f соответствуют два типа треугольников: тупоугольный и остроугольный. Это обстоятельство создает дополнительные сложности при расчете ортотропных пластинок с комбинированными условиями опирания по контуру. Поэтому для того, чтобы не разбивать все множество треугольников на несколько подмножеств, построение выражений для граничных кривых будем осуществлять в следующем порядке: получим выражения граничных функций, в которых параметрами будут являться угол α при основании и соотношения цилиндрических жесткостей, а затем осуществим замену α на K_f как показано ниже.

Для равнобедренных треугольников выражение для коэффициента формы имеет вид:

$$K_f = 2ctg^2(\alpha/2)ctg(\beta/2). \quad (1)$$

После необходимых математических преобразований имеем:

$$\alpha = \frac{360}{\pi} \arctg \left\{ -\frac{2}{\sqrt{3}} \cos \left[\frac{2}{3} \arctg \left(\sqrt{\frac{1 - \frac{2\sqrt{27}}{K_f}}{1 + \frac{2\sqrt{27}}{K_f}}} \right) \pm \frac{2\pi}{3} \right] \right\}. \quad (2)$$

В этом выражении знак «+» ставится в том случае, если $\alpha \leq 60^\circ$, знак «-» ставится, если $\alpha > 60^\circ$.

Выражение для коэффициента формы прямоугольных треугольников:

$$K_f = 2ctg(\alpha/2)ctg(\beta/2) \quad (3)$$

может быть приведено к следующему виду:

$$\alpha = \frac{360}{\pi} \arctg \left[4 / \left(K_f - 2 \pm \sqrt{K_f^2 - 12K_f + 4} \right) \right]. \quad (4)$$

В этом выражении знак «+» ставится в том случае, если $\alpha \leq 45^\circ$, знак «-» ставится, если $\alpha > 45^\circ$.

Построение граничных функций

Для свободных колебаний ортотропной пластинки из теории упругости известно следующее дифференциальное уравнение:

$$D_x \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2H \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + D_y \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} - m\omega^2 w = 0, \quad (5)$$

где $H = D_1 + 2D_{xy}$, $D_1 = D_x \nu_y = D_y \nu_x$.

В этих выражениях D_x , D_y , D_{xy} – цилиндрические жесткости пластинки; ν_x , ν_y – коэффициенты Пуассона по соответствующим направлениям; m – масса пластинки, приходящаяся на единицу ее площади. Разделим правую и левую части уравнения (5) на H :

$$\frac{D_x}{H} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{D_y}{H} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} - \beta^4 w = 0, \quad (6)$$

где $\beta^4 = m\omega^2/H$ – собственное значение дифференциального уравнения. В этом случае при прочих одинаковых условиях (форма пластинки, собственное значение β^4 , граничные условия и цилиндрическая жесткость H) решение будет зависеть от двух параметров уравнения:

$D_x/H; D_y/H$.

В изопериметрическом виде выражение для определения основной частоты собственных колебаний изотропных пластинок, формы областей которых могут быть объединены некоторым геометрическим преобразованием, представляется зависимостью [1]:

$$\omega = \left(K_\omega \frac{D}{m} \frac{K_f^2 + B \cdot K_f}{A^2} \right)^{1/2} \quad (7)$$

где $K_f = \oint_L \frac{ds}{h}$ – коэффициент формы; K_ω – некоторая функция, зависящая от граничных условий, постоянная для пластин с формой области одного класса (треугольные, трапециевидные и т.д.).

Однако для ортотропных пластин функция K_ω будет также зависеть и от соотношения цилиндрических жесткостей D_x/H и D_y/H . Осуществим замену соотношения $K_\omega (K_f^2 + B \cdot K_f)^{1/2}$ на функцию $g(K_f; D_x/H; D_y/H)$. С учетом этого выражение (3) для ортотропных пластин примет вид:

$$\omega = g(K_f; D_x/H; D_y/H) \cdot \left(\frac{H}{A^2 m} \right)^{1/2} \quad (8)$$

Неизвестную функцию g из выражения (4) будем искать следующим образом. По значениям максимальных прогибов, используя программный комплекс *Table Curve 3D*, построим аппроксимирующие функции $\varphi_n(D_x/H; D_y/H)$, где $n = 0, 1; 0, 2; \dots$, 1 – соотношение сторон прямоугольной пластинки:

$$\begin{aligned} \varphi_n = & a_n + b_n \frac{D_x}{H} + c_n \frac{D_y}{H} + d_n \frac{D_x^2}{H^2} + e_n \frac{D_y^2}{H^2} + f_n \frac{D_x D_y}{H^2} + g_n \frac{D_x^3}{H^3} + h_n \frac{D_y^3}{H^3} + \\ & + i_n \frac{D_x D_y^2}{H^3} + j_n \frac{D_x^2 D_y}{H^3}. \end{aligned} \quad (9)$$

При этом коэффициенты a_n, \dots, j_n будут изменяться в зависимости от соотношения сторон пластинки. Учитывая это обстоятельство, представим коэффициенты a_n, \dots, j_n в виде функций $\psi_{k,l}(K_f)$, постоянных при заданных граничных условиях, где индекс k соответствует коэффициентам a_n, \dots, j_n выражения (9), а l – вариантам граничных условий. Неизвестные функции найдем, воспользовавшись программным комплексом *Table Curve 2D*. По результатам вычислений были получены функции следующего вида:

$$\psi_{k,l}(K_f) = A + B \cdot \alpha^{0,5} + C \cdot \alpha + D \cdot \alpha^{1,5} + E \cdot \alpha^{2,0} + F \cdot \alpha^{2,5} \quad (10)$$

Значения коэффициентов $A_{k,l}, \dots, F_{k,l}$ для соответствующих $\psi_{k,l}$ и граничных условий приведены в таблице 2.

Подставляя значения переменных коэффициентов $A \dots F$ из таблицы 2 в выражение (10) и заменяя полученными значениями коэффициенты $a \dots j$ выражения (9), найдем значения функции $g(K_f; D_x/H; D_y/H)$. Умножив их на размерный множитель $(H/A^2 m)^{1/2}$, получим значения основных частот собственных колебаний для прямоугольных ортотропных пластинок при однородных и комбинированных граничных условиях. Разница между значениями, полученными по аппроксимирующей функции (9) и вычисленными по МКЭ с использованием программного комплекса SCAD, не превосходит 1,34% для пластинок в виде равнобедренных треугольников и 2,34% для пластинок в виде прямоугольных треугольников.

Таблица 2 – Значения коэффициентов $A \dots F$ выражения (10)

| К-ты $A \dots F$ (10) | Коэффициенты $a \dots j$ выражения (9) | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------------|---------|---------|
| | a | b | c | d | e | f | g | h | i | j |
| Равнобедренные треугольники | | | | | | | | | | |
| Шарнирное опирание (рис. 1, а) | | | | | | | | | | |
| A | 5,722 | -232,4 | 131,3 | 41,25 | 0,5942 | -7,795 | -4,875 | 1,228 | -6,540 | 6,681 |
| B | 46,04 | 206,0 | -47,93 | -37,41 | -7,488 | 4,721 | 4,292 | -0,5554 | 5,445 | -5,280 |
| C | -22,93 | -70,24 | 6,439 | 12,85 | 3,382 | -1,324 | -1,444 | 0,1226 | -1,769 | 1,674 |
| D | 4,557 | 11,77 | -0,1886 | -2,146 | -0,6210 | 0,2060 | 0,2364 | -0,0148 | 0,2805 | -0,2625 |
| E | -0,4192 | -0,9710 | -0,0292 | 0,1753 | 0,0529 | -0,0167 | -0,0189 | 0,0009 | -0,0218 | 0,0203 |
| F | 0,0150 | 0,0317 | 0,0019 | -0,0056 | -0,0017 | 0,0005 | 0,0006 | $-2 \cdot 10^{-5}$ | 0,0007 | -0,0006 |
| Комбинированное опирание (рис. 1, б) | | | | | | | | | | |
| A | -38,17 | -275,8 | 16,69 | 32,11 | 30,13 | 4,518 | -4,094 | -0,4333 | -9,694 | 7,630 |
| B | 99,33 | 243,7 | 51,30 | -29,85 | -32,65 | -5,287 | 3,613 | 0,9243 | 7,889 | -5,955 |
| C | -43,70 | -83,42 | -25,51 | 10,46 | 11,51 | 1,934 | -1,222 | -0,3697 | -2,520 | 1,864 |
| D | 8,359 | 14,09 | 4,763 | -1,790 | -1,887 | -0,3267 | 0,2024 | 0,0632 | 0,3954 | -0,2888 |
| E | -0,7545 | -1,176 | -0,4036 | 0,1507 | 0,1488 | 0,0266 | -0,0165 | -0,0051 | -0,0305 | 0,0221 |
| F | 0,0265 | 0,0390 | 0,0130 | -0,0050 | -0,0046 | -0,0008 | 0,0005 | 0,0002 | 0,0009 | -0,0007 |
| Комбинированное опирание (рис. 1, в) | | | | | | | | | | |
| A | 82,23 | -244,3 | 262,6 | 44,45 | -19,12 | -9,256 | -5,240 | 2,561 | -6,314 | 6,955 |
| B | 4,377 | 220,2 | -121,9 | -41,51 | 4,331 | 5,355 | 4,739 | -1,366 | 5,350 | -5,490 |
| C | -12,46 | -75,50 | 24,97 | 14,41 | 0,2365 | -1,462 | -1,614 | 0,3444 | -1,761 | 1,748 |
| D | 3,128 | 12,67 | -2,624 | -2,422 | -0,1859 | 0,2292 | 0,2663 | -0,0465 | 0,2820 | -0,2760 |
| E | -0,3164 | -1,046 | 0,1337 | 0,1985 | 0,0225 | -0,0191 | -0,0214 | 0,0032 | -0,0220 | 0,0215 |
| F | 0,0119 | 0,0341 | -0,0025 | -0,0064 | -0,0009 | 0,0006 | 0,0007 | $-9 \cdot 10^{-5}$ | 0,0007 | -0,0007 |
| Комбинированное опирание (рис. 1, г) | | | | | | | | | | |
| A | -88,45 | -374,4 | 18,18 | 35,59 | 52,78 | 3,925 | -4,393 | -2,160 | -11,48 | 8,860 |
| B | 156,7 | 329,6 | 74,96 | -33,63 | -54,09 | -5,903 | 3,941 | 2,552 | 9,362 | -6,868 |
| C | -65,66 | -112,7 | -37,23 | 11,89 | 18,84 | 2,433 | -1,346 | -0,9283 | -2,992 | 2,132 |
| D | 12,37 | 19,03 | 6,957 | -2,053 | -3,067 | -0,4565 | 0,2248 | 0,1534 | 0,4700 | -0,3274 |
| E | -1,110 | -1,590 | -0,5880 | 0,1749 | 0,2401 | 0,0407 | -0,0186 | -0,0120 | -0,0364 | 0,0248 |
| F | 0,0388 | 0,0529 | 0,0188 | -0,0059 | -0,0073 | -0,0014 | 0,0006 | 0,0004 | 0,0011 | -0,0007 |
| Комбинированное опирание (рис. 1, д) | | | | | | | | | | |
| A | 30,01 | -252,0 | 133,7 | 14,78 | 7,798 | 15,76 | -1,952 | 1,590 | -10,69 | 7,108 |
| B | 67,13 | 229,1 | -8,911 | -17,53 | -19,42 | -14,44 | 2,060 | -0,3648 | 8,713 | -5,522 |
| C | -36,67 | -79,52 | -11,59 | 6,865 | 8,063 | 4,793 | -0,7641 | -0,0150 | -2,784 | 1,732 |
| D | 7,512 | 13,56 | 3,058 | -1,267 | -1,419 | -0,7599 | 0,1353 | 0,0131 | 0,4368 | -0,2697 |
| E | -0,6993 | -1,140 | -0,2966 | 0,1129 | 0,1167 | 0,0586 | -0,0116 | -0,0015 | -0,0337 | 0,0207 |
| F | 0,0249 | 0,0380 | 0,0103 | -0,0039 | -0,0037 | -0,0018 | 0,0004 | 5,4E-05 | 0,0010 | -0,0006 |
| Жесткое защемление (рис. 1, е) | | | | | | | | | | |
| A | 2,906 | -357,0 | 134,6 | 27,17 | 39,00 | 5,061 | -3,583 | -1,128 | -11,78 | 9,007 |
| B | 108,6 | 319,7 | 21,07 | -28,18 | -48,45 | -7,340 | 3,418 | 2,110 | 9,636 | -6,929 |
| C | -54,11 | -110,1 | -26,34 | 10,36 | 17,92 | 2,969 | -1,199 | -0,8508 | -3,082 | 2,142 |
| D | 10,89 | 18,674 | 5,816 | -1,830 | -3,002 | -0,5477 | 0,2037 | 0,1472 | 0,4844 | -0,3281 |
| E | -1,011 | -1,565 | -0,5285 | 0,1586 | 0,2391 | 0,0481 | -0,0170 | -0,0119 | -0,0375 | 0,0249 |
| F | 0,0361 | 0,0522 | 0,0176 | -0,0055 | -0,0074 | -0,0016 | 0,0006 | 0,0004 | 0,0011 | -0,0007 |

| К-ты A ... F (10) | Коэффициенты a ... j выражения (9) | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|--------------------|---------|-------------------|---------|---------|
| | a | b | c | d | e | f | g | h | i | j |
| Прямоугольные треугольники | | | | | | | | | | |
| Шарнирное опирание (рис. 2, а) | | | | | | | | | | |
| A | -185,8 | -395,1 | -101,3 | 55,73 | 45,59 | 3,542 | -6,464 | -0,7653 | -12,18 | 9,698 |
| B | 194,9 | 339,4 | 112,9 | -48,22 | -40,60 | -3,554 | 5,441 | 0,8652 | 9,853 | -7,699 |
| C | -70,59 | -114,5 | -40,42 | 16,30 | 13,48 | 1,115 | -1,795 | -0,3118 | -3,129 | 2,431 |
| D | 12,32 | 19,13 | 6,733 | -2,718 | -2,163 | -0,1598 | 0,2917 | 0,0524 | 0,4877 | -0,3781 |
| E | -1,055 | -1,583 | -0,5396 | 0,2238 | 0,1695 | 0,0111 | -0,0234 | -0,0042 | -0,0373 | 0,0289 |
| F | 0,0359 | 0,0521 | 0,0168 | -0,0073 | -0,0052 | -0,0003 | 0,0007 | 0,0001 | 0,0011 | -0,0009 |
| Комбинированное опирание (рис. 2, б) | | | | | | | | | | |
| A | -156,0 | -397,7 | -38,37 | 54,77 | 33,78 | 5,253 | -6,400 | 0,2638 | -12,55 | 9,942 |
| B | 182,3 | 343,6 | 78,76 | -48,18 | -33,35 | -4,950 | 5,460 | 0,1916 | 10,18 | -7,893 |
| C | -67,96 | -116,1 | -32,09 | 16,42 | 11,53 | 1,514 | -1,814 | -0,1215 | -3,235 | 2,498 |
| D | 12,00 | 19,41 | 5,666 | -2,754 | -1,893 | -0,2092 | 0,2964 | 0,0250 | 0,5046 | -0,3897 |
| E | -1,033 | -1,606 | -0,4699 | 0,2276 | 0,1508 | 0,0136 | -0,0238 | -0,0023 | -0,0386 | 0,0299 |
| F | 0,0351 | 0,0528 | 0,0150 | -0,0074 | -0,0047 | -0,0003 | 0,0008 | $8 \cdot 10^{-5}$ | 0,0012 | -0,0009 |
| Комбинированное опирание (рис. 2, в) | | | | | | | | | | |
| A | -323,4 | -569,8 | -171,0 | 66,26 | 82,21 | 7,756 | -7,198 | -3,798 | -13,71 | 10,24 |
| B | 326,2 | 490,0 | 184,7 | -58,01 | -72,12 | -8,092 | 6,142 | 3,473 | 11,10 | -8,050 |
| C | -117,1 | -165,6 | -65,23 | 19,80 | 23,67 | 2,932 | -2,051 | -1,157 | -3,534 | 2,523 |
| D | 20,36 | 27,72 | 10,71 | -3,343 | -3,744 | -0,5079 | 0,3385 | 0,1837 | 0,5537 | -0,3903 |
| E | -1,737 | -2,302 | -0,8453 | 0,2798 | 0,2885 | 0,0427 | -0,0277 | -0,0141 | -0,0427 | 0,0298 |
| F | 0,0586 | 0,0761 | 0,0260 | -0,0093 | -0,0087 | -0,0014 | 0,0009 | 0,0004 | 0,0013 | -0,0009 |
| Комбинированное опирание (рис. 2, г) | | | | | | | | | | |
| A | -361,7 | -629,6 | -24,79 | 85,99 | 27,47 | 4,248 | -8,532 | 0,7293 | -12,15 | 9,721 |
| B | 354,6 | 541,0 | 69,33 | -74,87 | -28,74 | -3,624 | 7,288 | -0,1445 | 9,832 | -7,747 |
| C | -125,0 | -182,1 | -29,20 | 25,33 | 10,13 | 1,003 | -2,423 | -0,0208 | -3,123 | 2,454 |
| D | 21,40 | 30,37 | 5,226 | -4,226 | -1,685 | -0,1182 | 0,3969 | 0,0102 | 0,4863 | -0,3831 |
| E | -1,801 | -2,507 | -0,4369 | 0,3482 | 0,1355 | 0,0059 | -0,0321 | -0,0012 | -0,0372 | 0,0294 |
| F | 0,0602 | 0,0823 | 0,0140 | -0,0114 | -0,0042 | $-9 \cdot 10^{-5}$ | 0,0010 | $5 \cdot 10^{-5}$ | 0,0011 | -0,0009 |
| Комбинированное опирание (рис. 2, д) | | | | | | | | | | |
| A | 44,07 | -726,8 | -268,2 | 88,10 | 99,48 | 9,694 | -6,611 | -3,128 | -13,55 | 9,896 |
| B | 42,81 | 619,1 | 283,8 | -76,40 | -88,97 | -9,749 | 5,739 | 3,146 | 10,96 | -7,741 |
| C | -28,86 | -206,8 | -99,76 | 25,74 | 29,47 | 3,452 | -1,933 | -1,088 | -3,487 | 2,4200 |
| D | 6,721 | 34,16 | 16,37 | -4,279 | -4,692 | -0,5846 | 0,3211 | 0,1765 | 0,5455 | -0,3740 |
| E | -0,6944 | -2,797 | -1,294 | 0,3522 | 0,3637 | 0,0480 | -0,0264 | -0,0138 | -0,0420 | 0,0285 |
| F | 0,0271 | 0,0911 | 0,0398 | -0,0115 | -0,0110 | -0,0015 | 0,0009 | 0,0004 | 0,0013 | -0,0009 |
| Жесткое защемление (рис. 2, е) | | | | | | | | | | |
| A | -547,4 | -849,5 | -101,7 | 96,72 | 67,58 | 12,00 | -8,917 | -2,900 | -12,85 | 9,131 |
| B | 528,2 | 731,0 | 150,8 | -85,42 | -63,77 | -10,90 | 7,764 | 3,011 | 10,37 | -7,179 |
| C | -185,9 | -246,6 | -57,46 | 29,22 | 21,52 | 3,690 | -2,623 | -1,051 | -3,295 | 2,252 |
| D | 31,82 | 41,2026 | 9,751 | -4,939 | -3,456 | -0,6054 | 0,4374 | 0,1710 | 0,5152 | -0,3494 |
| E | -2,678 | -3,413 | -0,7840 | 0,4136 | 0,2690 | 0,0484 | -0,0361 | -0,0134 | -0,0397 | 0,0268 |
| F | 0,0893 | 0,1126 | 0,0244 | -0,0138 | -0,0082 | -0,0015 | 0,0012 | 0,0004 | 0,0012 | -0,0008 |

Пример. Необходимо найти значение основной частоты колебаний в ненагруженном состоянии ортотропной пластинки в виде треугольника, изображенной на рисунке 5 по центру, со следующими геометрическими и физическими параметрами: углы при основании – $\alpha = 40^\circ$, $\beta = 60^\circ$; соотношения цилиндрических жесткостей – $\frac{D_x}{H} = 3$; $\frac{D_y}{H} = 1$. Площадь пластинки $A = 1 \text{ м}^2$. Коэффициент формы:

$$K_f = 2 \cdot \text{ctg}(40/2) \cdot \text{ctg}(60/2) \cdot \text{ctg}(80/2) = 11,343.$$

Форма области в виде треугольника с геометрическими параметрами, приведенными выше, может быть получена в результате сдвига вершины равнобедренного (прямоугольного) треугольника параллельно его основанию (рис. 5). Этому геометрическому преобразованию соответствуют кривая 5 на рисунке 3 и кривая 3 на рисунке 4. При таком преобразовании площадь и основание треугольников остаются постоянными, а остальные параметры, определяющие их очертание, примут следующие значения:

- для равнобедренного треугольника $\alpha = \beta = 48,51^\circ$; $K_{f1} = 11,1393$;
- для прямоугольного треугольника $\alpha = 29,48^\circ$; $K_{f2} = 13,0301$.

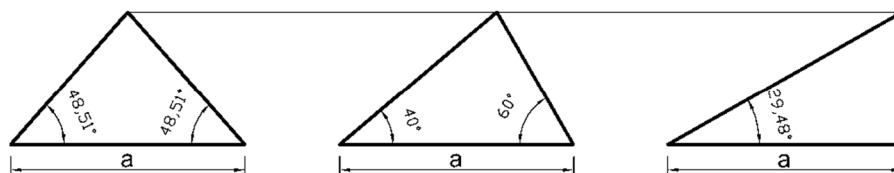


Рисунок 5 – Аффинный сдвиг равнобедренного треугольника

Значения основных частот колебаний пластинок в виде равнобедренного и прямоугольного треугольников получим из выражения (9), подставляя в него соответствующие коэффициенты из таблицы 2: $\omega_1 = 28,95 \text{ с}^{-1}$ и $\omega_2 = 31,19 \text{ с}^{-1}$.

Воспользуемся аппроксимирующей функцией вида:

$$\omega_0 = \frac{C}{(K_f^2 - B \cdot K_f)} \quad (11)$$

Значения неизвестных коэффициентов B и C в (11) найдем, подставляя в это выражение данные для равнобедренного и прямоугольного треугольников:

$$B = \frac{(\omega_2 \cdot K_{f2}^2 - \omega_1 \cdot K_{f1}^2)}{(\omega_1 \cdot K_{f1} - \omega_2 \cdot K_{f2})} = \frac{(31,19 \cdot 13,0301^2 - 28,95 \cdot 11,1393^2)}{(28,95 \cdot 11,1393 - 31,19 \cdot 13,0301)} = -20,295;$$

$$C = \omega_1 \cdot (B \cdot K_{f1} + K_{f1}^2) = 28,95 \cdot (-20,295 \cdot 11,1393 + 11,1393^2) = -2952,6.$$

Подставляя эти значения в (11) имеем:

$$\omega_0 = \frac{2952,6}{(20,295 \cdot 11,343 - 11,343^2)} = 29,08 \text{ с}^{-1}.$$

С помощью МКЭ (по программному комплексу SCAD) для заданной пластинки было получено значение основной частоты колебаний в ненагруженном состоянии $\omega = 29,33 \text{ с}^{-1}$, что отличается от результата, полученного с помощью МИКФ, на 0,85%.

Выводы

1. Построены аппроксимирующие функции для нахождения значений основной частоты собственных колебаний упругих ортотропных пластинок в виде равнобедренных и прямоугольных треугольников при однородных и комбинированных граничных условиях.
2. Полученные аппроксимирующие функции могут быть использованы для непосредственного расчета треугольных пластинок и в качестве граничной кривой для выбора опорных решений, а также для разработки программного комплекса, реализующего метод интерполяции по коэффициенту формы при расчете четырехугольных ортотропных пластинок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коробко, А.В. Геометрическое моделирование формы области в двумерных задачах теории упругости [Текст] / А.В. Коробко. – М.: АСВ, 1999. – 320 с.
2. Коробко, В.И. Изгиб ортотропных пластинок в виде параллелограмма с однородными и комбинированными граничными условиями [Текст] / В.И. Коробко, С.Ю. Савин // Строительная механика и расчет сооружений. – 2012. – №2. – С. 18-22.

3. Коробко, В.И. Изгиб треугольных ортотропных пластинок с однородными и комбинированными граничными условиями [Текст] / В.И. Коробко, С.Ю. Савин, С.В. Бояркина // Строительство и реконструкция. – Орел: ГУ-УНПК. – 2012. – №1 (39) – С. 7-13.

Коробко Виктор Иванович

Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс, г. Орел
Доктор технических наук, профессор кафедры «Строительные конструкции и материалы»
Тел.: +7 (4862) 73-43-95
E-mail: vikor10@mail.ru

Савин Сергей Юрьевич

Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс, г. Орел
Аспирант кафедры «Строительные конструкции и материалы»
E-mail: sjs28@mail.ru

V. KOROBKO, S. SAVIN

**FREE VIBRATION OF THE TRIANGULAR
ORTHOTROPIC PLATE WITH HOMOGENEOUS
AND COMBINED BOUNDARY CONDITIONS**

The article describes the problem of free vibrations of elastic orthotropic plates in the form of triangles with combined and with homogeneous boundary conditions. For these plates the values of the fundamental frequency of vibrations were obtained by FEM to construct an approximating function whose arguments are the shape factor and the ratio of flexural rigidity. These functions can be directly used for finding of values of the fundamental frequency of triangular plates, or to obtain reference values for solving the problem of free vibrations of orthotropic plates in the form of trapezoids using the interpolation technique by shape factor.

Keywords: *the triangular orthotropic plates, free vibrations, the fundamental frequency of vibration, homogeneous and combined boundary conditions, the interpolation technique by shape factor.*

BIBLIOGRAPHY

1. Korobko, A.V. Geometricheskoe modelirovanie formy oblasti v dvumernyh zadachah teorii uprugosti [Tekst] / A.V. Korobko. – M.: ASV, 1999. – 320 s.
2. Korobko, V.I. Izgib ortotropnyh plastinok v vide parallelogramma s odnorodnymi i kombinirovannymi granichnymi usloviyami [Tekst] / V.I. Korobko, S.Ju. Savin // Stroitel'naja mehanika i raschet sooruzhenij. – 2012. – №2. – S. 18-22.
3. Korobko, V.I. Izgib treugol'nyh ortotropnyh plastinok s odnorodnymi i kombinirovannymi granichnymi usloviyami [Tekst] / V.I. Korobko, S.Ju. Savin, S.V. Bojarkina // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. – Орел: ГУ-УНПК. – 2012. – №1 (39) – С. 7-13.

Viktor Korobko

State university – educational-science-production complex, Orel
Doctor of technical science, professor of department «Construction structures and materials»
Тел.: +7 (4862) 73-43-95
E-mail: vikor10@mail.ru

Sergey Savin

State university – educational-science-production complex, Orel
Post-graduate student of department «Construction structures and materials»
E-mail: sjs28@mail.ru

КУПЧИКОВА Н.В.

СНИЖЕНИЕ ОСАДКИ ФУНДАМЕНТА ПУТЕМ ПОСЛОЙНОГО ПОВЕРХНОСТНОГО И ГЛУБИННОГО УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТА СО ЩЕБНЕМ ПОД НИЖНИМ КОНЦОМ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ

В статье освещаются некоторые новые технологии послойного втрамбовывания щебня различной фракции под нижним концом буронабивной сваи при возведении зданий и сооружений на просадочных грунтах Астраханской области. Определены зависимости осадки буронабивной сваи от объема щебня, диаметра обсадной трубы и нагрузки.

Ключевые слова: свая, щебень, фракция, грунт, глубинное уплотнение.

При возведении зданий на просадочных и насыпных грунтах проводят их уплотнение или упрочнение. Слабый грунт можно уплотнить на поверхности и на определенной глубине. На поверхности грунт уплотняют падающими трамбовками массой 7-10 т, навешиваемые на экскаваторы или копры с высоты сбрасывания 4-10 м. Однако широкого распространения в строительстве технология не нашла из-за низкой производительности громоздких машин, кроме того, взаимодействие падающей трамбовки с грунтом имеет прерывистый характер. Грунт максимально нагружается в момент падения трамбовки и разгружается в момент отрыва и последующего подъема трамбовки. При разгрузке грунт упруго восстанавливается, вследствие чего значительно снижается степень его уплотнения за один рабочий цикл. Известен способ глубинного трамбования грунта, где взамен падающей трамбовки с большой высоты применена погружаемая в грунт толстостенная оболочка. Ее эффективность выше, чем у способа поверхностного заглубления, т.к. во время трамбования оболочка постоянно удерживает грунт в напряженном состоянии, что обеспечивает высокую производительность при снижении затрат энергии. Однако устройство на предварительно спланированной поверхности строительной площадки с шагом 2 м вытрамбовываемых котлованов с последующим их заполнением грунтом и ленточных фундаментов не может конкурировать с устройством свайных фундаментов, если речь идет о возведении высотных и большепролетных зданий и сооружений.

В данной работе осуществлен поиск эффективных способов устранения деформаций высотных и большепролетных зданий и сооружений на слабых просадочных грунтах. Предпосылками к проведению натурных исследований стали лабораторные испытания штампа на грунте, упрочненном забивкой щебня мелкой фракции 5-10 мм в лабораторных условиях. Испытания показали увеличение начальной жесткости основания в упругой стадии работы в 6 раз по сравнению с испытаниями штампа на естественном основании и уменьшение осадки (с учетом работы грунта в пластической стадии до 15 раз) [1].

Имеющиеся многочисленные данные об испытаниях трубобетонных свай или свай-оболочек говорят о том, что фактическая осадка во многих случаях оказывается меньшей, чем данные, полученные теоретическим путем. Несмотря на большое количество работ, посвященных расчетам напряженно-деформированного состояния свай, поведение системы «грунт – свая – концевое уширение из щебня» недостаточно изучены. В том числе и потому, что теоретические модели не могут полностью отразить всю сложность процессов, происходящих в грунте при устройстве уплотнения.

Исследования в натурных условиях позволили изучить поведение системы основания и определить эффективность использования способа упрочнения грунта щебнем под нижним концом буронабивной сваи. Проведению полунатурного эксперимента предшествовали лабораторные испытания штампа на втрамбованном в основании щебнем в обсадных трубах диаметром 100, 200, 300, 400 мм, длиной 1000 мм в грунтовой лотке (рис. 1). Они показали, что с

увеличением отношения объема грунта (суглинка) к объему втрамбованного щебня осадка штампа от вертикального нагружения снижается, что естественно, так как жесткость основания повышается.

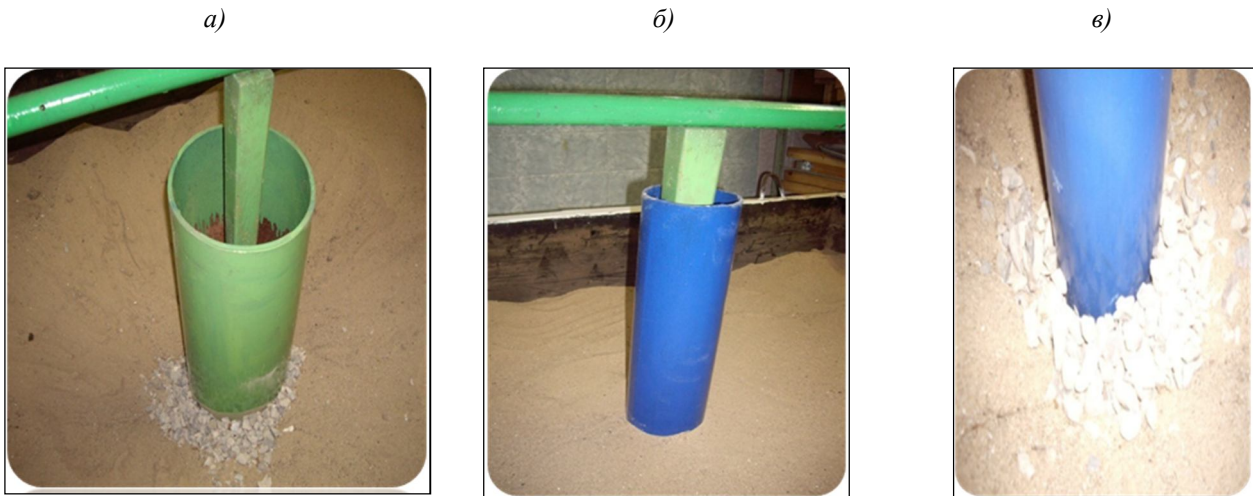


Рисунок 1 – Иллюстрации испытаний штампа в обсадных трубах в грунтовой лотке:
а – диаметр трубы 300 мм со щебнем; б – диаметр трубы 200 мм без щебня
в – диаметр трубы 200 мм со щебнем

Натурный эксперимент был проведен на строительной площадке города Астрахани при возведении свайного фундамента девятиэтажного панельного двухсекционного жилого дома. Геологический разрез представлен следующими литологическими породами: насыпной слой, строительный мусор мощностью 0,5 м; суглинок лессовый мягкопластичный мощностью 1,5-2,2 м; глина бурая, мягкопластичная мощностью 8,2-9 м. В основании лессовый суглинок плотностью в природном состоянии $\rho_{гр}=1,87 \text{ г/см}^3$. Для получения наиболее точных данных растительный слой грунта до глубины 50 см был удален. Испытания проходили с использованием обсадных труб диаметром 100, 200, 300, 400 мм, длиной 3000 мм (рис. 2). Вначале обсадные трубы задавливали, а грунт извлекали на всю их глубину. Затем в образованную полость обсадной трубы послойно по 10-20 см засыпали щебень фракцией 10-30 мм с его уплотнением с помощью трамбовки соответствующего диаметра, подвешенной к крюку крана. Трамбовку сбрасывали с высоты 4-5 м в полую обсадную трубу со щебнем у ее нижнего конца.



Рисунок 2 – Иллюстрации с места проведения натурных испытаний:
1 – втрамбованный щебень в нижний конец обсадной трубы диаметром 400 мм;
2 – загрузка штампа в обсадной трубе диаметром 300 мм

Величина отказа от каждого удара наступала после 5-10 ударов. Затем в трубу опускали арматурный каркас и нагнетали бетонную смесь. Другой вариант конструкции – железобетонная стойка, вводимая в трубу с извлечением последней с помощью крана и вибратора. С це-

лью экспериментальной отгрузки полученная таким образом свая-оболочка или стойка постепенно загружалась вертикальной нагрузкой при помощи груза, подвешенного к крюку крана. Каждый этап загрузки повторялся до 6-8 раз для получения статистически достоверных результатов осадки сваи.

Вертикальные перемещения свай измеряли с помощью нивелира. Зависимость перемещения сваи от вертикальной нагрузки при испытании на естественном грунте и на уплотненном щебне показала, что с увеличением диаметра трубы увеличивается и эффективность использования втрамбованного щебня. Так, при нагружении трубобетонной сваи диаметром 100 мм нагрузкой 2,9 кН на естественном основании осадка равна 14 мм, а на уплотненном основании – 4 мм, т.е. осадка снизилась в 3,5 раза. Испытания сваи диаметром 400 мм при нагружении силой 5,5 кН на грунте показали перемещение 11,5 мм, а на упрочненном щебне 2 мм (осадка снизилась в 5,8 раза). В начальный момент свая с уширением в основании работает упруго, что подтверждается прямо пропорциональной зависимостью между нагрузкой и осадкой сваи, а затем линейная зависимость исчезает, что свидетельствует о появлении пластической деформации грунта.

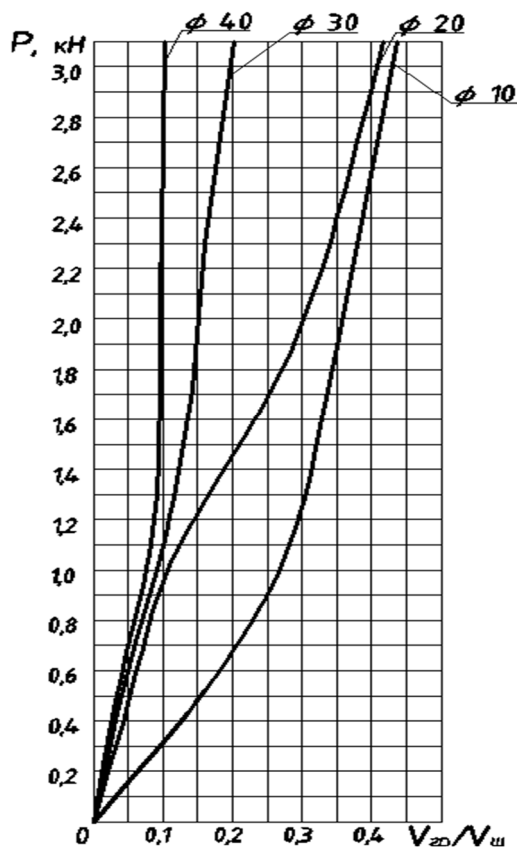


Рисунок 3 – График зависимости $V_{сп}/V_{ш}$ от P при испытании на моделях

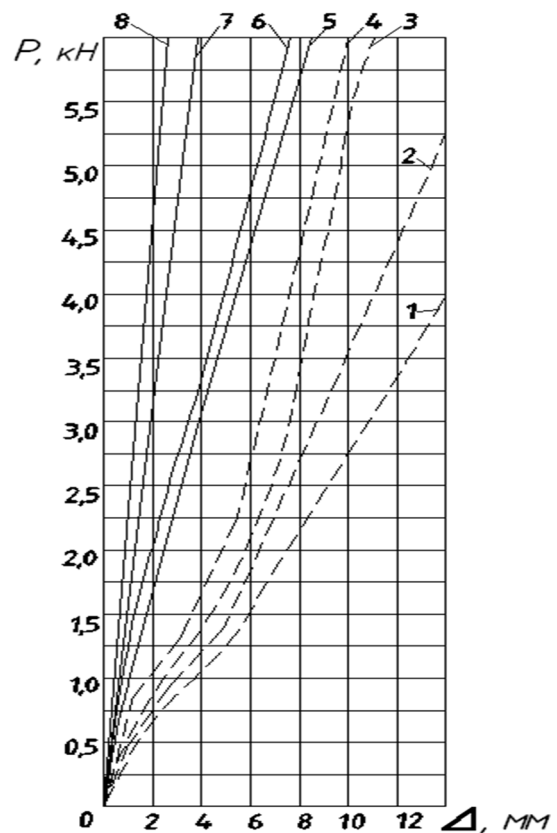


Рисунок 4 – График зависимости осадки сваи от вертикального нагружения без уширения $\phi 100, 200, 300, 400$ мм (1-4) и с уширением $\phi 100, 200, 300, 400$ мм (5-8)

В начальный момент свая с уширением в основании на широком диапазоне осадок работает упруго, что подтверждается прямо пропорциональной зависимостью между нагрузкой и осадкой сваи на графиках (рис. 3, 4), а затем линейная зависимость исчезает, что свидетельствует о появлении пластической деформации грунта.

По данным натурного испытания установлено, что снижение осадки трубобетонной сваи с концевым уширением, образованным трамбованием щебня, по сравнению со свайей без уширения, достигает 6-ти раз (рис. 5).

Расчет напряженно-деформированного состояния буронабивной сваи выполняли с помощью метода конечных элементов (МКЭ) и его реализации на ПК.

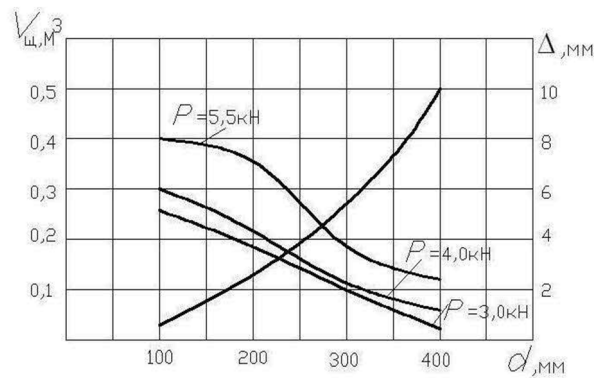


Рисунок 5 – График зависимости осадки буронабивной сваи от объема щебня, диаметра обсадной трубы и нагрузки

Для получения наиболее точного результата и снижения трудоемкости расчета по МКЭ конечные элементы задают с различным числом узлов на сторонах. Этот этап можно рассматривать как подготовку исходных данных для счета, компьютерная поддержка которого выполняется препроцессором. Расчет напряженно-деформированного состояния буронабивной сваи с уширением из щебня [2] осуществляли с помощью системного численного изучения на основе решения МКЭ в системе пре – постпроцессора FEMAP с решателем NE/NASTRAN. В таблице 1 представлены результаты экспериментальных испытаний и аналитических исследований буронабивной сваи.

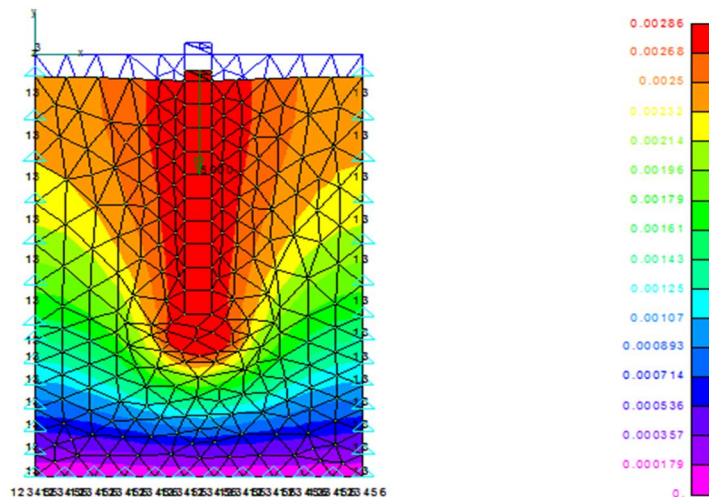


Рисунок 6 – Конечно-элементная модель буронабивной сваи с уширением и изополя перемещений от действия вертикальной нагрузки

Результаты теоретических исследований показывают хорошую сходимость с практическими, расхождение составляет 0,2-3%. Так при $P=5000$ Н осадка сваи со щебнем по результатам испытаний составила 2,86 мм, а по расчетам на FEMAP – 2,79 мм. Расхождение результатов объясняется тем, что при вводе данных в FEMAP не учитывается степень уплотнения основания с глубиной.

Таблица 1 – Сравнительный анализ исследования буронабивной сваи с уширением из щебня

| № п/п | Вертикальная нагрузка, Н | Свая без уширения (расчет на FEMAP) (Δ , м) | Свая с концевым уширением (экспериментальные данные) (Δ , м) | Свая с концевым уширением (расчет на FEMAP) (Δ , м) |
|-------|--------------------------|---|--|---|
| 1 | 2000 | 0.0021 | 0.00094 | 0.00098 |
| 2 | 3000 | 0.00432 | 0.0014 | 0.0016 |
| 3 | 5000 | 0.0078 | 0.00279 | 0.00286 |
| 4 | 6000 | 0.0098 | 0.00294 | 0.003 |
| 5 | 8000 | 0.012 | 0.00385 | 0.00401 |

Конкурентные преимущества предлагаемой технологии по сравнению с традиционными способами устройства буронабивных свай: повышение несущей способности свайного фундамента в 4-6 раз в зависимости от характеристик грунта; уменьшение осадки свай в 6 раз; уменьшение затрат на производство свайных работ на 20-30% за счет применения более коротких буронабивных свай и свай-оболочек; большие конструктивные и технологические возможности при возведении высотных зданий; технологическое решение позволяет полностью исключить вибрационные и динамические воздействия на конструкции расположенных в непосредственной близости к строительной площадке существующих зданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Купчикова, Н.В. Влияние уплотнения грунта со щебнем на жесткость основания [Текст] / Н.В. Купчикова // Промышленное и гражданское строительство. – М., 2007. – №10.
2. Сапожников, А.И. Методика исследования поведения буронабивной сваи с уширением из щебня в слабых грунтах для строительства высотных и большепролетных зданий и сооружений [Текст] / А.И. Сапожников, Н.В. Купчикова / Сборник научных трудов АИСИ, 2008.

Купчикова Наталья Викторовна

Астраханский инженерно-строительный институт

Кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой «Технология, организация строительства и экспертиза, управление недвижимостью»

N. KUPCHIKOVA

REDUCTION OF SAG OF FOUNDATIONS BY LAYER-BY-LAYER SURFACE AND DEEP CONSOLIDATION OF SOIL WITH CRUSHED STONE UNDER THE BOTTOM END OF BORED PILES

In this paper new technologies of layer-by-layer consolidation of different fractioned crushed stone under the bottom end of bored piles for buildings and structures on the subsiding soils of Astrakhan region are highlighted. The dependences of sag of bored piles from the amount of crushed stone, diametr of casing pipe and load are defined.

Keywords: *pile, macadam, fraction, ground, the inner seal.*

BIBLIOGRAPHY

1. Kupchikova, N.V. Vlijanie uplotnenija grunta so shhebnem na zhjostkost' osnovanija [Tekst] / N.V. Kupchikova // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – M., 2007. – №10.
2. Sapozhnikov, A.I. Metodika issledovaniya povedeniya buronabivnoj svai s ushireniem iz shhebnja v slabых грунтах dlja stroitel'stva vysotnyh i bol'sheproljotnyh zdaniy i sooruzhenij [Tekst] / A.I. Sapozhnikov, N.V. Kupchikova / Sbornik nauchnyh trudov AISI, 2008.

Natalia Kupchikova

Astrakhan engineering-construction institute

Candidate of technical sciences, associate professor, head of the department «Technology, organization of construction and expertise of the management of the real estate»

НОВИКОВ Д.А.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ УСИЛЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

В работе приведены результаты современных исследований прочности и деформативности усиленных железобетонных конструкций. Рассмотрена специфика разрушения, деформирования и трещинообразования конструкций данного типа.

Ключевые слова: железобетонные конструкции, восстановление, усиление, режим нагружения.

Значительная часть зданий и сооружений эксплуатируется длительные сроки, в течение которых конструкции получают повреждения различного рода. Федеральный закон 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» предъявляет требования по обеспечению безопасности при эксплуатации и реконструкции зданий и сооружений. Действующая нормативная база дает лишь общие указания по проектированию усиления строительных конструкций. Поэтому возникла необходимость в разработке методов проектирования усиления железобетонных конструкций, которая учитывает накопившиеся повреждения в конструкциях, напряженно-деформированное состояние усиливаемых конструкций, изменение статических схем зданий и сооружений при реконструкции.

К настоящему времени накоплен значительный опыт усиления железобетонных конструкций [1, 2, 3]. Наиболее распространенным методом усиления можно назвать увеличение сечения элементов конструкций, которое выполняется установкой железобетонных, стальных, полимерных обоев; одно-, двух-, трехсторонним добетонированием с постановкой рабочей арматуры. Широко применяется метод усиления изменением статической схемы конструкции установкой дополнительных опор, включением в совместную работу отдельных смежных конструкций, устройством шпренгельных систем с жесткими распорками. Несколько реже применяется усиление изменением напряженного состояния конструкций установкой дополнительно напряженных тяжей и напряженных шарнирно-стержневых систем.

Усиление конструкций необходимо проектировать с учетом имеющегося напряженно-деформированного состояния усиливаемой конструкции, так как усиление конструкций эксплуатируемых зданий, как правило, производится при постоянных и значительных полезных нагрузках.

В последние годы выполнен ряд исследований, направленных на изучение напряженно-деформированного состояния, механизмов разрушения, деформативности и трещиностойкости усиленных железобетонных конструкций. Рассмотрены различные методы и способы усиления железобетонных конструкций, усиление с полной разгрузкой усиливаемых конструкций и под действием нагрузок, при различных режимах нагружения усиленной конструкции. Однако, проведенные экспериментальные исследования носят локальный характер, обусловленный целями и задачами конкретных исследований. В таблице 1 приведен анализ результатов экспериментально-теоретических исследований, выполненных различными авторами.

Выполненные на сегодня исследования направлены на развитие нормативной базы проектирования усиления железобетонных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений. Однако методики расчета рассматривают конкретные испытанные типы конструкций. Экспериментальные исследования в рассмотренных работах направлены на апробацию предлагаемых расчетных методик. Значительная часть исследований рассматривает усиление конструкций под нагрузкой, что соответствует реальным условиям проектирования. При расчете учитываются нелинейности деформирования бетона, различия прочностных и деформативных

характеристик бетонов в поперечном сечении элемента, податливости контактного шва между бетонами, наличие в усиливаемом элементе напряженно-деформированного состояния. Подавляющее число исследований рассматривает наиболее простые способы усиления железобетонных элементов – увеличение площади сечения. Имеются отдельные исследования усиления конструкций изменением статической схемы – объединением отдельных элементов в конструктивную систему. Имеются предложения по учету технологических воздействий при усилении конструкций методом обетонирования.

Таблица 1 – Результаты экспериментально-теоретических исследований усиленных железобетонных конструкций

| № п/п | Источник | Экспериментальные исследования | Методика расчета |
|-------|----------|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | [1] | Усилены стойки П-образных рам под нагрузкой до 60% от разрушающей нагрузки. Стойки рам серии «У» усиливались одно- и двухсторонним наращиванием, после усиления рамы испытывали при совместном действии вертикальной нагрузкой P и горизонтальной нагрузкой $0,1...0,2P$ до разрушения. Разрушение рам происходило из-за потери устойчивости стоек рам, деформации в сжатом бетоне превысили предельные значения. Стойки рам серии «РД» усиливались двухсторонним наращиванием, после усиления рамы испытывали на длительное действие вертикальной нагрузки $0,8...0,85$ от несущей способности усиленной конструкции, разрушение произошло вследствие процессов ползучести бетона. | Предложена методика расчета несущей способности и устойчивости внецентренно сжатых элементов, усиленных под нагрузкой. Методика расчета учитывает неупругие свойства бетона при кратковременном и длительном действии нагрузки. Методика расчета несущей способности составного сечения заменяется приведенным, применена система расчетных коэффициентов. Граница напряжений перехода деформирования бетона из упругой стадии в упруго-пластическую стадию принята постоянной и равной $0,6$. Предложена предельная величина внешней нагрузки, при которой можно выполнять усиление, равная $0,6$ от несущей способности. |
| 2 | [4] | Однопролетные железобетонные балки, усиленные под нагрузкой, уровень нагружения $0,3...0,9$. Способы усиления образцов отдельных серий: в растянутой зоне приварка дополнительной арматуры с обетонированием, приклеивание стекловолокна к растянутой грани, обетонирование сжатой зоны. Выявлены механизмы разрушения и влияние предварительного нагружения элементов перед усилением. Характер разрушения образцов зависел от конструктивного решения усиления. | Предложена методика расчета усиленных железобетонных изгибаемых элементов при кратковременном действии нагрузки. В расчетах учитывается физическая нелинейность материалов и различие в свойствах усиливаемых элементов и усиливающей части. |
| 3 | [5] | Две однопролетные балки усилены изменением статической схемы, постановкой арматуры над средней опорой с последующим обетонированием. Усиление балок проведено под нагрузкой $0,7$ от несущей способности балок. Усиленные конструкции испытаны при кратковременном и длительном действии нагрузки. Выявлены закономерности трансформации статически определимых конструкций в конструктивную систему, механизмы разрушения и трещинообразования. Включение в работу надпорной арматуры отмечено на 3 суток. Объединение отдельных балок под нагрузкой привело к перераспределению изгибающих моментов до 15% (уменьшение пролетного момента). | Предложена методика расчета усиленных статически неопределимых конструктивных систем с учетом физической и геометрической нелинейности, технологических воздействий в стадии усиления. Методика учитывает различие в прочностных и деформативных характеристиках старого бетона и бетона усиления, напряженно-деформированное состояние усиливаемой конструкции. Методика позволяет оценить перераспределение внутренних усилий в элементах усиленной конструктивной системы при длительном действии внешней нагрузки. |
| 4 | [6] | Однопролетные балки усилены под нагрузкой обетонированием сверху с постановкой дополнительной продольной арматуры в бетоне усиления. Усиление балок проведено под нагрузкой | Методика расчета прочности и деформаций усиленных под нагрузкой изгибаемых элементов с учетом физической нелинейности бетонов. Методика учитывает возможное |

| № п/п | Источник | Экспериментальные исследования | Методика расчета |
|-------|----------|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| | | до 0,7 от несущей способности балок. Испытания балок проведены при кратковременном и длительном действии нагрузки. Установлен механизм разрушения и трещинообразования усиленных конструкций. | нарушение зоны контакта между старым бетоном и бетоном элемента усиления, а также различие в прочностных и деформативных характеристиках старого бетона и бетона элемента усиления. |
| 5 | [7] | Внецентренно сжатые железобетонные элементы, усиленные железобетонными обоймами. Испытаны 9 серий образцов при варьировании факторов: толщина обоймы, поперечное армирование обоймы, наличие шпонок в контактном шве, наличие нагельной арматуры в контактном шве. Наибольший эффект усиления получен с нагельной арматурой при жестком шве. | Методика оценки напряженно-деформированного состояния с учетом нелинейности деформирования бетона, различия прочностных и деформативных характеристик бетонов в поперечном сечении элемента, податливости контактного шва с нагельной арматурой, поперечного армирования обоймы усиления. |
| 6 | [8] | Внецентренно сжатые железобетонные элементы, усиленные обетонированием сжатой зоны. Испытания проведены для случая больших эксцентриситетов. Изучены характер образования трещин и закономерности их развития. | Методика расчета напряженно деформированного состояния внецентренно сжатого усиленного элемента разработана на основании механики разрушения. Расчет деформаций элемента с учетом нарушения сплошности контакта бетонов, расстояния между трещинами, параметров сцепления. |

Проведенный анализ экспериментально-теоретических исследований усиленных железобетонных конструкций позволяет сделать вывод, что необходимо развивать нормативную базу проектирования рассматриваемого класса конструкций. Необходимо выполнить целенаправленные экспериментальные исследования, выявляющие закономерности работы в составе усиленной конструкции бетонов с различными свойствами при наличии в одном из бетонов повреждений, влияния предыстории нагружения, адаптации усиленной конструкции к внешним воздействиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Санжаровский, Р.С. Усиление при реконструкции зданий и сооружений. Устройство и расчеты усиления зданий при реконструкции [Текст] / Р.С. Санжаровский и др. – С-Пб: С-Пб гос. арх.-строит. ун-т., 1998. – 637 с.
2. Плевков, В.С. Оценка технического состояния, восстановление и усиление строительных конструкций инженерных сооружений [Текст] / Под ред. В.С. Плевкова. – М.: АСВ, 2011. – 316 с.
3. Топчий, В.Д. Реконструкция промышленных предприятий. Том 1 [Текст] / Под ред. В.Д. Топчия. – М.: Стройиздат. 1990. – 591 с.
4. Пецольд, Т.М. Расчет усиления железобетонных конструкций эксплуатируемых строительных сооружений [Текст] / Т.М. Пецольдт, Д.Н. Лазовский // Бетон и железобетон. – 1999. – №1. – С. 11-14.
5. Меркулов, С.И. Исследования усиленных железобетонных конструкций [Текст] / С.И. Меркулов, В.М. Дворников, А.И. Татаренков, Д.С. Меркулов // Известия вузов. Строительство. – 2009. – №9. – С. 123-129.
6. Меркулов, С.И. Исследования усиленных изгибаемых железобетонных конструкций под нагрузкой [Текст] / С.И. Меркулов, М.С. Поветкин // Промышленное и гражданское строительство. – 2009. – №9. – С. 45-47.
7. Фардиев, Р.Ф. Расчет внецентренно сжатого элемента усиленного железобетонной обоймой с учетом предыстории нагружения и нелинейных свойств бетона [Текст] / Р.Ф. Фардиев, Р.А. Каюмов, И.И. Мустафин // Известия Казанского гос. архит.-строит. ун-та. – 2011. – №1. – С. 109-114.
8. Федоров, В.С. Предложения по развитию методики расчета по деформациям составных внецентренно сжатых элементов [Текст] / В.С. Федоров, Х.З. Баширов, Д.В. Казаков // Строительство и реконструкция. – Орел: ГУ-УНПК. – 2012. – №2. – С. 85-88.

Новиков Дмитрий Андреевич

Московский государственный университет путей сообщения, г. Москва
Аспирант

D. NOVIKOV

REASERCH RESULTS ANALYSIS ON STUDIED STRENGTHENED REINFORCED CONCRETE STRUCTURES OF OPERATING BUILDINGS

The work presents the results of contemporary studies of stress and strain features for strengthened reinforced concrete structures. The authors cover failure, straining and crack growth for structures of considered type.

Keywords: reinforced concrete structures, renovation, strengthening, loading mode.

BIBLIOGRAPHY

1. Sanzharovskij, R.S. Usilenie pri rekonstrukcii zdaniy i sooruzhenij. Ustrojstvo i raschety usilenija zdaniy pri rekonstrukcii [Tekst] / R.S. Sanzharovskij i dr. – S-Pb: S-Pb gos. arh.-stroit. un-t., 1998. – 637 s.
2. Plevkov, V.S. Ocenka tehničeskogo sostojanija, vosstanovlenie i usilenie stroitel'nyh konstrukcij inzhenernyh sooruzhenij [Tekst] / Pod red. V.S. Plevkova. – M.: ASV, 2011. – 316 s.
3. Topchij, V.D. Rekonstrukcija promyshlennyh predpriyatij. Tom 1 [Tekst] / Pod red. V.D. Topchija. – M.: Strojizdat. 1990. – 591 s.
4. Pecol'd, T.M. Raschet usilenija zhelezobetonnyh konstrukcij jekspluatiruemyh stroitel'nyh sooruzhenij [Tekst] / T.M. Pecol'dt, D.N. Lazovskij // Beton i zhelezobeton. – 1999. – №1. – S. 11-14.
5. Merkulov, S.I. Issledovanija usilennyh zhelezobetonnyh konstrukcij [Tekst] / S.I. Merkulov, V.M. Dvornikov, A.I. Tatarenkov, D.S. Merkulov // Izvestija vuzov. Stroitel'stvo. – 2009. – №9. – S. 123-129.
6. Merkulov, S.I. Issledovanija usilennyh izgibaemyh zhelezobetonnyh konstrukcij pod nagruzkoj [Tekst] / S.I. Merkulov, M.S. Povetkin // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2009. – №9. – S. 45-47.
7. Fardiev, R.F. Raschet vnecentrenno szhatogo jelementa usilennogo zhelezobetonnoj obojmoj s uchetom predystorii nagruzhenija i nelinejnyh svojstv betona [Tekst] / R.F. Fardiev, R.A. Kajumov, I.I. Mustafin // Izvestija Kazanskogo gos. arhit.-stroit. un-ta. – 2011. – №1. – S. 109-114.
8. Fedorov, V.S. Predlozhenija po razvitiyu metodiki rascheta po deformacijam sostavnyh vnecentrenno szhatyh jelementov [Tekst] / V.S. Fedorov, H.Z. Bashirov, D.V. Kazakov // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. – Orel: GU-UNPK. – 2012. – №2. – S. 85-88.

Dmitry Novikov

Moscow state university of railway engineering, Moscow
Post-graduate student

НОВИКОВ Д.А.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УСИЛЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В работе приведена методика экспериментальных исследований прочности изгибаемых элементов, усиленных методом добетонирования, при наличии коррозионных повреждений в усиливаемой конструкции.

Ключевые слова: железобетонные конструкции, усиление, прочность, коррозионное повреждение.

Федеральный закон 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» предъявляет требования по обеспечению безопасности при реконструкции зданий и сооружений. Действующие нормативные документы содержат общие указания по проектированию усиления строительных конструкций. При проектировании усиления железобетонных конструкций необходимо учитывать коррозионные повреждения бетона, накопившиеся в процессе эксплуатации. В настоящее время развитие теории реконструкции железобетона сдерживается малой базой результатов экспериментальных исследований усиленных конструкций, и практически отсутствуют исследования усиленных железобетонных конструкций с коррозионными повреждениями [1, 2].

Для изучения работы усиленных железобетонных конструкций с коррозионными повреждениями разработана методика экспериментальных исследований изгибаемых элементов данного класса. В экспериментальных исследованиях усиленных железобетонных элементов поставлены задачи:

- предложить модель железобетонного изгибаемого элемента с коррозионным повреждением бетона сжатой зоны;
- разработка конструкции экспериментальных усиленных образцов с коррозионными повреждениями бетона и методики их испытаний при изгибе кратковременной нагрузкой;
- изучение напряженно-деформированного состояния усиленного элемента при изгибе при различных уровнях нагружения, прочности и деформативности при жесткой и податливой схеме контактного шва между усиливаемой конструкцией и бетоном усиления;
- изучение характера трещинообразования усиленных железобетонных элементов при жесткой и податливой схеме контактного шва между усиливаемой конструкцией и бетоном усиления;
- экспериментальное изучение механизма разрушения усиленных железобетонных элементов с коррозионными повреждениями при жесткой и податливой схеме контактного шва между усиливаемой конструкцией и бетоном усиления.

При воздействии агрессивных сред на железобетонные конструкции наблюдается коррозионное повреждение бетона, которое характеризуется снижением прочности бетона и глубиной поражения по толщине конструкции. Многочисленные исследования показали, что коррозионное повреждение бетона и снижение прочности бетона по сечению конструкции снижается по мере удаления от зоны контакта конструкции с агрессивной средой. При оценке коррозионного повреждения бетона выделяют три зоны по сечению конструкции: зона полного разрушения бетона, зона снижения прочности бетона, зона неповрежденного бетона. Для описания изменения прочности бетона по глубине поражения сжатой зоны предлагают различные эпюры напряжений: ступенчатые, треугольные, криволинейные. В работе [3] предложено для изучения изгибаемых железобетонных конструкций с неоднородными прочностными характеристиками бетона сжатой зоны, к которым можно отнести конструк-

ции с коррозионными повреждениями бетона, моделировать данную неоднородность послойным моделированием.

Для моделирования коррозионного повреждения бетона предложено изготовление экспериментальных изгибаемых образцов с послойным бетонированием сжатой зоны. Схема экспериментальных изгибаемых образцов приведена на рисунке 1.

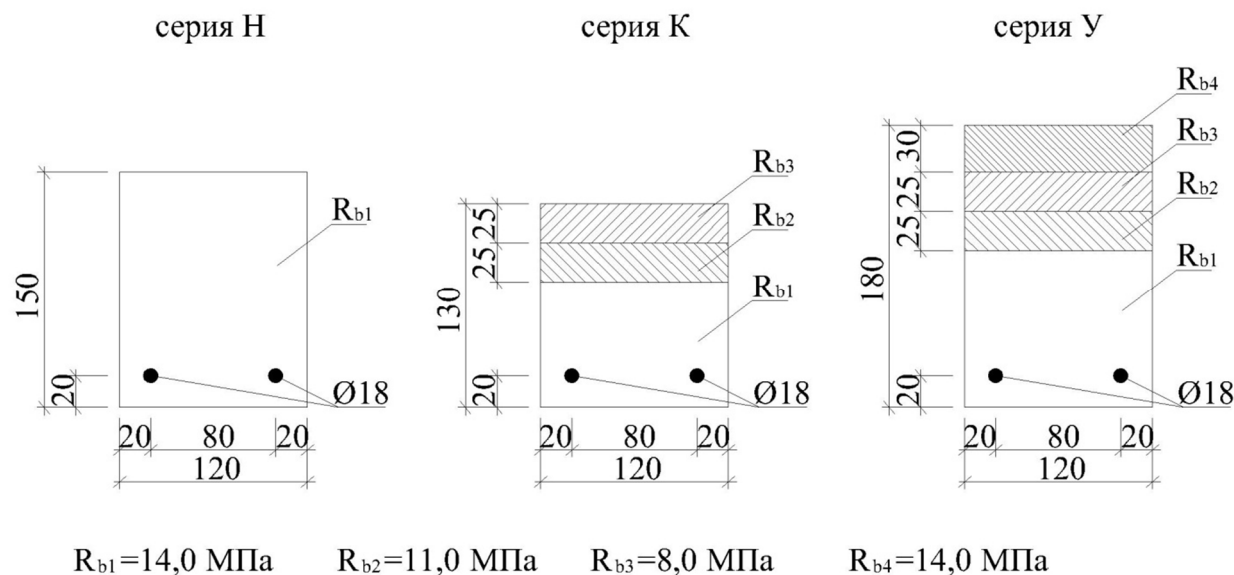


Рисунок 1 – Сечения опытных образцов

Образцы серии «Н» моделируют не поврежденный железобетонный элемент без коррозии бетона, конструкция образцов предусматривает его разрушение по нормальному сечению в результате текучести арматуры.

Образцы серии «К» моделируют железобетонный элемент с коррозионным повреждением бетона сжатой зоны, конструкция образцов предусматривает его разрушение по нормальному сечению в результате текучести арматуры. Сечение элементов состоит из трех бетонов с различными прочностными характеристиками, сжатую зону составляют менее прочные бетоны. Конструкция образцов предусматривает их хрупкое разрушение по бетону сжатой зоны. Высота сечения образцов серии «К» меньше, чем у образцов серии «Н», что моделирует полное коррозионное разрушение бетона верхней части сечения железобетонных балок.

Образцы серии «У» моделируют усиленный изгибаемый железобетонный элемент. Для изготовления образцов серии «У» добетонировали образцы серии «К». Конструкция образцов серии «У» предусматривает их разрушение по нормальному сечению в результате текучести арматуры.

Образцы серий Н, К, У моделируют состояние железобетонных конструкций на следующих этапах жизненного цикла здания. Образцы серии «Н» моделируют состояние эксплуатируемых конструкций без повреждений, серии «К» – поврежденное состояние железобетонной конструкции вследствие воздействия агрессивной среды с изменением характера разрушения, серии «У» – проведение реконструкции здания с усилением поврежденных конструкций из условия действия новых эксплуатационных нагрузок.

Запроектированные экспериментальные образцы имеют габариты: длина – 1800 мм, ширина – 120 мм, высота – 150...180 мм. В качестве продольной рабочей арматуры принята арматура класса А300 диаметром 18 мм. Для предотвращения разрушения изгибаемых образцов по наклонным сечениям на опорных участках установлена поперечная арматура В1 диаметром 5 мм. Образцы серии «Н» бетонировали из тяжелого бетона с $R_{b1}=14 \text{ МПа}$. В образцах серии «К» сечение образовано из бетонов различной прочности с увеличением прочности бетона с нижней части сечения к верхней части с $R_{b1}=14 \text{ МПа}$, $R_{b2}=11 \text{ МПа}$, $R_{b3}=8 \text{ МПа}$ соответственно. Для бетонирования балок серии «Н» бетоны в опалубку укладывают непрерывно

слоями для обеспечения надежного сцепления бетонов. Образцы серии «У» изготовлены добетонированием образцов серии «К» бетоном с $R_{b4}=14$ МПа с увеличением высоты сечения. Образцы серии «У» запроектированы двух вариантов: с жестким и податливым контактными швом между усиливаемой конструкцией и бетоном усиления.

Испытания опытных образцов всех серий предусмотрены по схеме однопролетной балки с приложением сосредоточенных сил в третях пролета. В процессе испытаний определяются разрушающая нагрузка, нагрузка трещинообразования, измеряются величины деформаций по высоте сечений балок и прогибы.

Таким образом, разработаны конструкции экспериментальных усиленных образцов с коррозионными повреждениями бетона и методики их испытаний при изгибе кратковременной нагрузкой, предложена модель железобетонного изгибаемого элемента с коррозионным повреждением бетона сжатой зоны, позволяющая изучить напряженно-деформированное состояние усиленного элемента при изгибе при различных уровнях нагружения, прочности и деформативности при жесткой и податливой схеме контактного шва между усиливаемой конструкцией и бетоном усиления, а также позволяющая выявить механизм разрушения усиленных железобетонных элементов с коррозионными повреждениями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондаренко, В.М. Остаточный ресурс силового сопротивления поврежденного железобетона [Текст] / В.М. Бондаренко, В.И. Римшин // Вестник РААСН. – 2005. – №9. – С. 119-126.
2. Меркулов, С.И. К вопросу о реконструкции и реставрации конструктивных систем [Текст] / С.И. Меркулов // Промышленное и гражданское строительство. – 2009. – №9. – С. 45-47.
2. Пищулев, А.А. Изгибаемые железобетонные элементы с неоднородными прочностными характеристиками бетона сжатой зоны [Текст] / А.А. Пищулев // Бетон и железобетон. – 2010. – №2. – С. 23-26.

Новиков Дмитрий Андреевич

Московский государственный университет путей сообщения, г. Москва
Аспирант

D. NOVIKOV

METHODS FOR EXPERIMENTAL STUDY OF REINFORCED CONCRETE ELEMENTS

The work presents the methods for experimental study of flexural elements with corrosion damage which are strengthened by applying new concrete layer.

Keywords: reinforced concrete structures, strengthening, strength, corrosion damage.

BIBLIOGRAPHY

1. Bondarenko, V.M. Ostatochnyj resurs silovogo soprotivlenija povrezhdenного zhelezobetona [Tekst] / V.M. Bondarenko, V.I. Rimshin // Vestnik RAASN. – 2005. – №9. – S. 119-126.
2. Merkulov, S.I. K voprosu o rekonstrukcii i renovacii konstruktivnyh sistem [Tekst] / S.I. Merkulov // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2009. – №9. – S. 45-47.
2. Pishhulev, A.A. Izgibaemye zhelezobetonnye jelementy s neodnorodnymi prochnostnymi harakteristikami betona szhatoj zony [Tekst] / A.A. Pishhulev // Beton i zhelezobeton. – 2010. – №2. – S. 23-26.

Dmitry Novikov

Moscow state university of railway engineering, Moscow
Post-graduate student

ПАХОМОВА Е.Г., ТВОРОГОВ Д.А.

РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ ПРИ СИНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Работа посвящена анализу экспериментально-теоретических исследований несущей способности железобетонных пролетных строений автодорожных мостов с повреждениями бетона и рабочей арматуры при синергетических воздействиях карбонизации и хлоридов.

Ключевые слова: работоспособность, железобетонные конструкции, коррозионные повреждения, пролетные строения мостовых сооружений, синергетические воздействия.

Эксплуатационное состояние автодорожных железобетонных мостов – важная проблема нормального функционирования инфраструктуры практически всех современных развитых государств, решаемая на государственном уровне. В последние годы резко возрос интерес к прогнозированию срока службы железобетонных мостовых конструкций. Это вызвано, прежде всего, неудовлетворительным состоянием многих железобетонных мостов, которые уже после 30-40 лет эксплуатации достигают критической степени физического износа. Главной причиной снижения долговечности эксплуатируемых железобетонных мостов на автомобильных дорогах является коррозия стальной арматуры вследствие массового применения эксплуатационными службами в зимний период хлористых солей – антиобледенителей. Определение степени коррозионного износа арматуры железобетонных конструкций является ответственной задачей, поскольку именно эта характеристика в наибольшей степени определяет потерю несущей способности конструкций, и, следовательно, от нее главным образом зависит принятие управленческих решений – определение сроков и объемов ремонта, замены поврежденных элементов, ограничения или полного закрытия движения по мосту и др. [1, 2].

Точное определение степени коррозии арматуры может быть выполнено только путем извлечения образцов арматурных стержней с последующей их лабораторной обработкой – травлением в ингибированной кислоте и определение потери массы по сравнению с ее справочным значением. При этом для достаточно надежной оценки в соответствии с требованиями математической статистики, учитывая неравномерность коррозии, необходимо исследовать порядка 10-15 таких образцов-отрезков. Между тем, нарушение целостности хотя бы одного стержня рабочей арматуры приводит к заметной потере несущей способности железобетонной конструкции и уже по этой причине неприемлемо. Использование при обследованиях оценки степени коррозии по прямым измерениям на обнаженной арматуре в местах сколов бетона не дает надежных результатов из-за малого числа таких сколов и невозможности выполнить точные измерения. Поэтому была разработана оценка степени коррозии арматуры опосредованно по ее внешним проявлениям на поверхности конструкции. Таким признаком послужила величина раскрытия продольной трещины в защитном слое бетона, вызванная коррозией арматуры [3].

При изучении коррозионных повреждений бетона и арматуры мостовых сооружений был исследован разрезной железобетонный мост через р. Рогозна в д. Старково Курской области (рис. 1, 2).

Основные характеристики исследуемого моста: $L = 36$ м – пролет моста; габарит моста $\Gamma - (8 + 2 \times 0,75$ м); материал – бетон классов В35, В40, арматура классов А-300 и А-400 [4].

При обследовании моста через р. Рогозна в д. Старково была составлена ведомость дефектов и повреждений и определены основные мероприятия по их устранению (табл. 1).

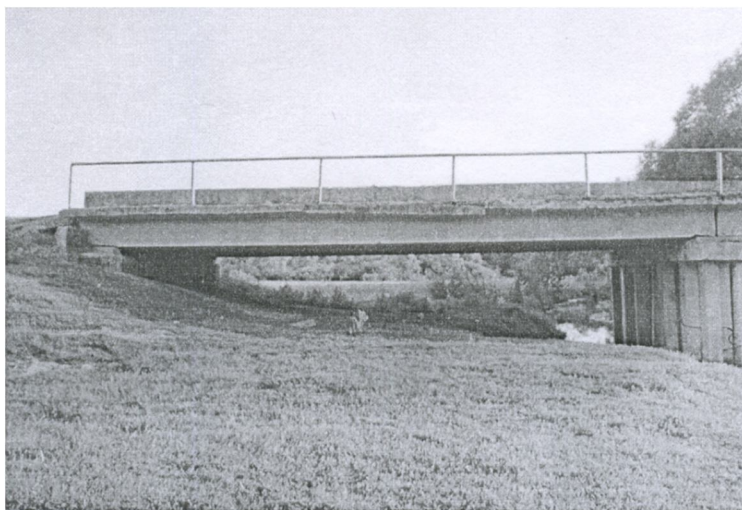


Рисунок 1 – Разрезной железобетонный мост через р. Рогозна в д. Старково Курской области

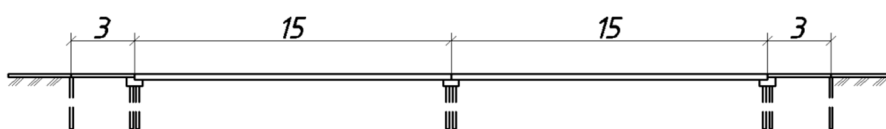


Рисунок 2 – Расчетная схема моста

Таблица 1 – Ведомость дефектов и повреждений

| № п/п | Наименование конструктивного элемента и его характеристика | Дефекты и повреждения | Мероприятия по устранению дефектов |
|------------|---|---|--|
| Пролет 1-2 | | | |
| 1 | Балки Б1-Б6 – сборные железобетонные $l = 15$ м | Дефектов и повреждений нет | – |
| 2 | Стыки балок Б1-Б2, Б2-Б3 | Дефектов и повреждений нет | – |
| 3 | Стыки балок Б3-Б4, Б4-Б5, Б5-Б6 | Отслоение защитного слоя бетона в шве замоноличивания по всей длине моста, оголенная арматура | Оштукатурить цементно-песчаным раствором состава 1:2 |
| 4 | Ригель опоры 1 – сборный ж/б сечением 500×1000 мм | Разрушение поверхностного слоя бетона, коррозия арматуры | Усилить хомутами; обетонировать бетоном класса В30 |
| 5 | Опора 1 – сборные ж/б сваи квадратного сечения (350×350 мм) | Дефектов и повреждений нет | – |
| 6 | Ригель Р2 – сборный ж/б | Наклонные трещины в бетоне | Усилить хомутами; оштукатурить цементно-песчаным раствором состава 1:2 |
| 7 | Опора 2 – сборные ж/б сваи | Дефектов и повреждений нет | – |
| 8 | Опоры балок (о.1 и о.2) – ж/б столбики | Дефектов и повреждений нет | – |
| Пролет 2-3 | | | |
| 9 | Балки Б7-Б12 – сборные железобетонные $l = 15$ м | Дефектов и повреждений нет | – |
| 10 | Стыки балок Б7-Б8, Б8-Б9 | Дефектов и повреждений нет | – |
| 11 | Стыки балок Б9-Б10, Б10-Б11, Б11-Б12 | Оголенная арматура на некоторых участках шва | Оштукатурить цементно-песчаным раствором состава 1:2 |
| 12 | Ригель Р3 – сборный ж/б | Дефектов и повреждений нет | – |
| 13 | Опора 3 – сборные ж/б сваи | Дефектов и повреждений нет | – |
| 14 | Опоры балок (о.3) – ж/б столбики | Дефектов и повреждений нет | – |

По результатам обследования разрезного железобетонного моста через р. Рогозна в д. Старково были определены прочностные характеристики данного мостового сооружения, которые представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Прочностные характеристики бетона мостового сооружения через р. Рогозна в д. Старково

| № п/п | Тип элемента | R_b , МПа | R_{bt} , МПа | E_b , МПа |
|-------|----------------------|-------------|----------------|-------------|
| 1 | Балка Б1 | 35,2 | 1,65 | 40,0 |
| 2 | Балка Б2 | 30,8 | 1,6 | 39,5 |
| 3 | Балка Б3 | 28,4 | 1,6 | 39,5 |
| 4 | Балка Б4 | 32,6 | 1,6 | 39,5 |
| 5 | Балка Б5 | 35,6 | 1,65 | 40,0 |
| 6 | Балка Б6 | 34,2 | 1,65 | 40,0 |
| 7 | Балка Б7 | 27,1 | 1,45 | 37,5 |
| 8 | Балка Б8 | 26,5 | 1,45 | 37,5 |
| 9 | Балка Б9 | 28,7 | 1,55 | 39,0 |
| 10 | Балка Б10 | 26,1 | 1,45 | 37,5 |
| 11 | Балка Б11 | 21,4 | 1,3 | 34,5 |
| 12 | Балка Б12 | 25,7 | 1,45 | 37,5 |
| 13 | Ригель Р1 | 8,6 | 0,75 | 23,0 |
| 14 | Ригель Р2 | 25,0 | 1,6 | 39,5 |
| 15 | Ригель Р3 | 26,4 | 1,6 | 39,5 |
| 16 | Плита проезжей части | 10,2 | 0,75 | 23,0 |

По результатам исследований разрезного железобетонного моста через р. Рогозна в д. Старково определена необходимость проведения немедленного капитального ремонта и работ, направленных на восстановление нормального рабочего состояния этого моста.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондаренко В.М. Надежность строительных конструкций [Текст] / В.М. Бондаренко, Л.И. Иосилевский, В.П. Чирков – М., 1996.
2. Методика расчетного прогнозирования срока службы железобетонных пролетных строений автодорожных мостов [Текст]. – М., 2001. – 128 с.
3. Васильев, А.И. Оценка коррозионного износа рабочей арматуры в балках пролетных строений автодорожных мостов [Текст] / А.И. Васильев // Бетон и железобетон, 2000. – №2.
4. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции [Текст]. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003.

Пахомова Е.Г.

Юго-западный государственный университет, г. Курск
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство»
E-mail: egrakhomova@yandex.ru

Творогов Д.А.

Юго-западный государственный университет, г. Курск
Магистрант
E-mail: 401Dimon401@mail.ru

E. PAKHOMOVA, D. TVOROGOV

EFFICIENCY OF REINFORCED CONCRETE STEEL STRUCTURES OF ROAD BRIDGES CONSTRUCTIONS AT THE SYNERGISTIC EFFECTS

Work is devoted to the analysis of experimental and theoretical researches of bearing ability of ferroconcrete flying structures of road bridges with damages of concrete and working fittings at the synergistic effects of carbonization and chlorides.

Keywords: *working capacity, ferroconcrete designs, corrosion damages, flying structures of bridge constructions, synergistic effects.*

BIBLIOGRAPHY

1. Bondarenko V.M. Nadezhnost' stroitel'nyh konstrukcij [Tekst] / V.M. Bondarenko, L.I. Iosilevskij, V.P. Chirkov – M., 1996.
2. Metodika raschetnogo prognozirovanija sroka sluzhby zhelezobetonnyh proletryh stroenij avtodorozhnyh mostov [Tekst]. – M., 2001. – 128 s.
3. Vasil'ev, A.I. Ocenka korrozionnogo iznosa rabochej armatury v balkah proletryh stroenij avtodorozhnyh mostov [Tekst] / A.I. Vasil'ev // Beton i zhelezobeton, 2000. – №2.
4. SP 63.13330.2012 Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii [Tekst]. Osnovnye polozhenija. Aktualizirovannaja redakcija SNIIP 52-01-2003.

E. Pakhomova

Southwest state university, Kursk

Candidate of technical sciences, senior lecturer of department «Industrial and civil construction»

E-mail: egpakhomova@yandex.ru

D. Tvorogov

Master student

E-mail: 401Dimon401@mail.ru

ТУРКОВ А.В., МАКАРОВ А.А.

ПРОГИБЫ И ЧАСТОТЫ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ СИСТЕМ ПЕРЕКРЕСТНЫХ БАЛОК С РАЗЛИЧНЫМИ РАЗМЕРАМИ ЯЧЕЕК НА КВАДРАТНОМ ПЛАНЕ С УЧЕТОМ ПОДАТЛИВОСТИ УЗЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Рассматривается взаимосвязь основной частоты свободных поперечных колебаний ω систем перекрестных балок с различными размерами ячеек на квадратном плане и их максимальных прогибов W_0 при действии равномерно распределенной нагрузки в зависимости от жесткостных характеристик узловых соединений. Построены зависимости прогибов и частот поперечных колебаний в зависимости от жесткости узловых соединений для систем перекрестных балок с различными размерами ячеек. Показано, что с уменьшением размеров ячеек коэффициент K стремится к аналогичному коэффициенту для квадратных пластин.

Ключевые слова: система перекрестных балок, жесткость узловых соединений, частота собственных колебаний, максимальный прогиб.

Выявленная профессором В.И. Коробко зависимость для упругих изотропных пластин постоянной толщины и произвольной формы [1] гласит: вне зависимости от граничных условий произведение максимального прогиба W_0 от действия равномерно распределенной нагрузки q на квадрат основной частоты колебаний балки в ненагруженном состоянии ω с точностью до размерного множителя q/m есть величина постоянная и соответствует закономерности:

$$W_0 \cdot \omega^2 = K \frac{q}{m}, \quad (1)$$

где m – равномерно распределенная по площади масса пластины.

В настоящем исследовании предпринята попытка выявить закономерность закономерности (1) на системы перекрестных балок на квадратном плане с различными размерами ячеек при изменении податливости узловых соединений конструкции. В качестве расчетной была принята система перекрестных балок на квадратном плане 18×18 м. Размеры ячеек составляли 1×1 м, $1,5 \times 1,5$ м, 2×2 м, 3×3 м, $3,6 \times 3,6$ м, $4,5 \times 4,5$ м и 6×6 м.

Элементы между собой в узлах соединяются с помощью стальных уголков и стальных нагелей (болтов, шпилек). Схема узлов приведена на рисунке 1. По контуру система перекрестных балок опиралась в контурных узлах на шарнирные опоры. Постоянная нагрузка принята от покрытия (клефанерная плита) $q_{\text{покр}}=0,156$ кН/м² и от собственного веса системы перекрестных балок (сечение дощатоклееных элементов системы принято постоянным $b \times h=160 \times 1221$ мм) $q_{\text{св}}=0,187$ кН/м². Снеговая расчетная равномерно распределенная нагрузка принималась $S_g=1,8$ кН/м². Суммарная равномерно распределенная статическая нагрузка составила $q=2,143$ кН/м². Для определения собственных частот колебаний в узлы системы прикладывались сосредоточенные грузы, интенсивность которых рассчитывалась по фактическому собственному весу конструкции ($G=0,51$ кН). Модуль упругости древесины в расчетах принимался по нормам [2] $E=10000$ МПа.

Для оценки степени влияния податливости узловых соединений разработан конечный элемент с вставками по концам (рис. 2). Длина каждого такого конечного элемента зависит от размеров ячейки и составляет $l_1 = 1$ м, $1,5$ м, 2 м, 3 м, $3,6$ м, $4,5$ м и 6 м, длина вставки принята $0,01l_1$. Изгибная жесткость элемента соответствовала жесткости дощатоклееного сечения $b \times h=160 \times 1221$ мм (сечение по высоте набрано из 37 досок толщиной 33 мм), а изгибная жесткость вставок изменялась в диапазоне $EI_{\text{вс}}/EI_{\text{эл}}$ от 0 (в практических расчетах принято соотношение 0,0001) до 1. Очевидно, что при соотношении жесткости вставки к жесткости элемента $EI_{\text{вс}}/EI_{\text{эл}}=0$ в узлах системы перекрестных балок образуется шарнир, а при $EI_{\text{вс}}/EI_{\text{эл}}=1$ податливость в узлах отсутствует.

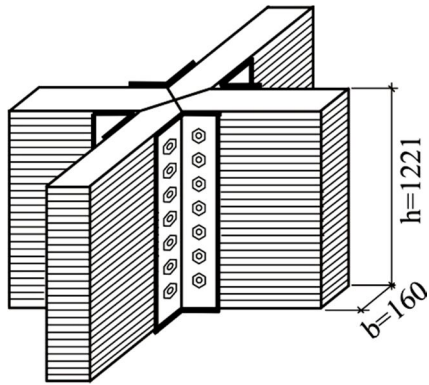


Рисунок 1 – Узел примыкания элементов

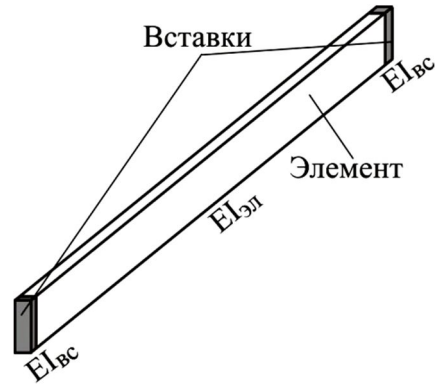


Рисунок 2 – Схема элемента с вставками

При статическом расчете нагрузки были приложены в узлы.

Исследования проводились методом конечных элементов. Расчет выполнялся в программном комплексе SCAD. В результате расчета определялся максимальный прогиб и основная частота поперечных колебаний системы перекрестных балок. Результаты расчета шарнирно опертой по контуру конструкции с различными размерами ячеек представлены на рисунках 3, 4 и 5. Они представляют собой графики изменения прогибов и частот колебаний, а также коэффициента $K_{расч}$ в зависимости от соотношения изгибной жесткости вставки к жесткости элемента $EI_{вс}/EI_{эл}$ (рис. 3, 4 и 5).

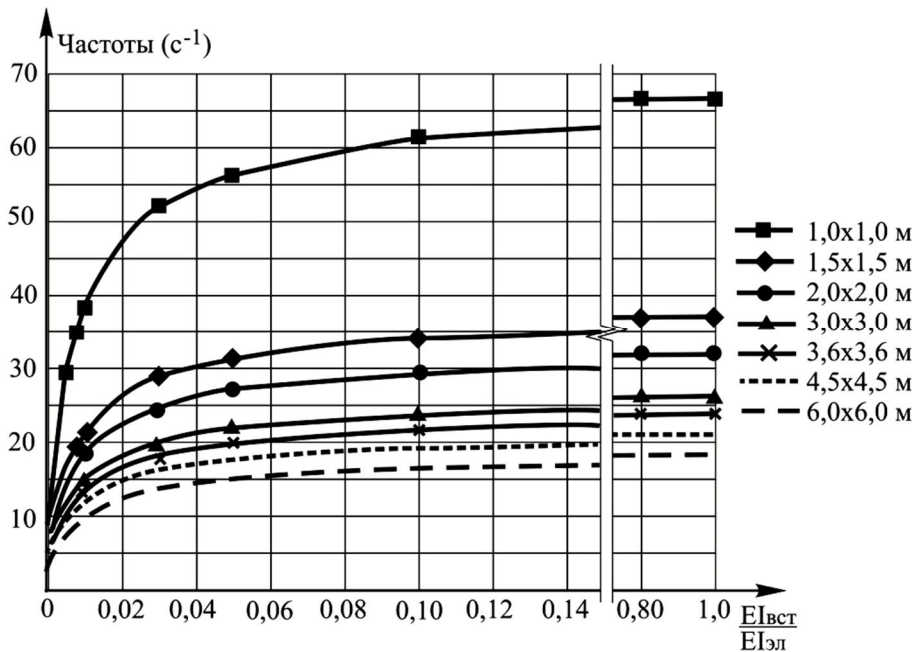


Рисунок 3 – Изменение частот собственных колебаний в зависимости от соотношения жесткости вставки к жесткости элемента

Анализ данных показывает, что с уменьшением размера ячейки система перекрестных балок стремится к пластинам, и, как следствие, коэффициент $K_{расч}$ стремится к значению $K_{аналит}$ для квадратных пластин. Также была выявлена закономерность, что диапазон изменения $K_{расч}$ тем больше, чем больше размеры ячеек, а при минимальном размере ячейки коэффициент K практически не изменяется при изменении соотношении жесткости вставки к жесткости элемента.

Отклонение расчетных значений коэффициента $K_{расч}$ от аналитического вычислялось по формуле:

$$\Delta = \frac{K_{аналит} - K_{расч}}{K_{аналит}} \cdot 100\%$$

и представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Значения коэффициента $K_{расч}$ для различных размеров ячеек в зависимости от изгибной жесткости вставок

| $EI_{вст}/EI_{эл}$ | Размер ячейки (м) | | | | | | |
|--------------------|---|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Отклонение $K_{расч}$ от $K_{аналит}$ (%) | | | | | | |
| | 6×6 м | 4,5×4,5 м | 3,6×3,6 м | 3×3 м | 2×2 м | 1,5×1,5 м | 1×1 м |
| 0,0001 | <u>1,007101</u> 36,36 | <u>1,433509</u> 9,39 | <u>1,359532</u> 14,06 | <u>1,522244</u> 3,78 | <u>1,524348</u> 3,64 | <u>1,586197</u> -0,27 | <u>1,590023</u> -0,51 |
| 0,001 | <u>1,012291</u> 36,01 | <u>1,433916</u> 9,36 | <u>1,362217</u> 13,89 | <u>1,522479</u> 3,76 | <u>1,525336</u> 3,58 | <u>1,586256</u> -0,27 | <u>1,590018</u> -0,51 |
| 0,005 | <u>1,031555</u> 34,79 | <u>1,435345</u> 9,27 | <u>1,371978</u> 13,28 | <u>1,523391</u> 3,70 | <u>1,528797</u> 3,36 | <u>1,586557</u> -0,29 | <u>1,590263</u> -0,52 |
| 0,008 | <u>1,042856</u> 34,08 | <u>1,436248</u> 9,21 | <u>1,377669</u> 12,92 | <u>1,523883</u> 3,67 | <u>1,530769</u> 3,24 | <u>1,586604</u> -0,29 | <u>1,590442</u> -0,53 |
| 0,01 | <u>1,049327</u> 33,67 | <u>1,436709</u> 9,18 | <u>1,380865</u> 12,71 | <u>1,524235</u> 3,65 | <u>1,532008</u> 3,16 | <u>1,586472</u> -0,28 | <u>1,589538</u> -0,48 |
| 0,03 | <u>1,087731</u> 31,24 | <u>1,439575</u> 9,0 | <u>1,399004</u> 11,57 | <u>1,525687</u> 3,56 | <u>1,537973</u> 2,78 | <u>1,586584</u> -0,29 | <u>1,591726</u> -0,61 |
| 0,05 | <u>1,105285</u> 30,13 | <u>1,440794</u> 8,83 | <u>1,407199</u> 11,05 | <u>1,526626</u> 3,50 | <u>1,540872</u> 2,60 | <u>1,587446</u> -0,34 | <u>1,590712</u> -0,55 |
| 0,1 | <u>1,124614</u> 28,91 | <u>1,442198</u> 8,84 | <u>1,402537</u> 11,34 | <u>1,527472</u> 3,45 | <u>1,543698</u> 2,42 | <u>1,587458</u> -0,35 | <u>1,590601</u> -0,54 |
| 0,2 | <u>1,137586</u> 28,09 | <u>1,442899</u> 8,79 | <u>1,421272</u> 10,16 | <u>1,528016</u> 3,41 | <u>1,545998</u> 2,28 | <u>1,587465</u> -0,35 | <u>1,592615</u> -0,67 |
| 0,3 | <u>1,142559</u> 27,78 | <u>1,443165</u> 8,78 | <u>1,423117</u> 10,01 | <u>1,527999</u> 3,41 | <u>1,546864</u> 2,22 | <u>1,587468</u> -0,35 | <u>1,591938</u> -0,62 |
| 0,5 | <u>1,146542</u> 27,52 | <u>1,443575</u> 8,75 | <u>1,424914</u> 9,23 | <u>1,528531</u> 3,38 | <u>1,546772</u> 2,23 | <u>1,588021</u> -0,38 | <u>1,589594</u> -0,48 |
| 0,6 | <u>1,147921</u> 27,44 | <u>1,443911</u> 8,73 | <u>1,425666</u> 9,88 | <u>1,527982</u> 3,41 | <u>1,546748</u> 2,23 | <u>1,587469</u> -0,35 | <u>1,591215</u> -0,58 |
| 0,8 | <u>1,149154</u> 27,36 | <u>1,443642</u> 8,75 | <u>1,426042</u> 9,86 | <u>1,527978</u> 3,41 | <u>1,547243</u> 2,20 | <u>1,588507</u> -0,41 | <u>1,591026</u> -0,57 |
| 1 | <u>1,150044</u> 27,30 | <u>1,443664</u> 8,74 | <u>1,426621</u> 9,82 | <u>1,528255</u> 3,39 | <u>1,547753</u> 2,16 | <u>1,587753</u> -0,36 | <u>1,590009</u> -0,50 |

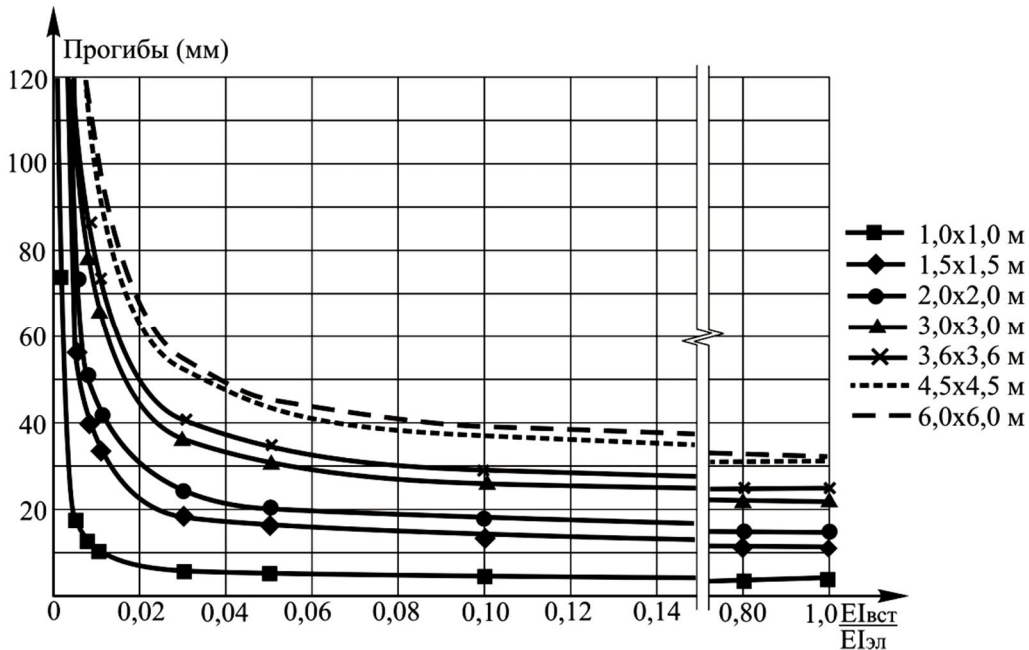


Рисунок 4 – Изменение прогибов в зависимости от соотношения жесткости вставки к жесткости элемента

По результатам таблицы 1 построен график значений коэффициентов $K_{расч}$ в зависимости от соотношения жесткости вставок к жесткости элемента (рис. 5).

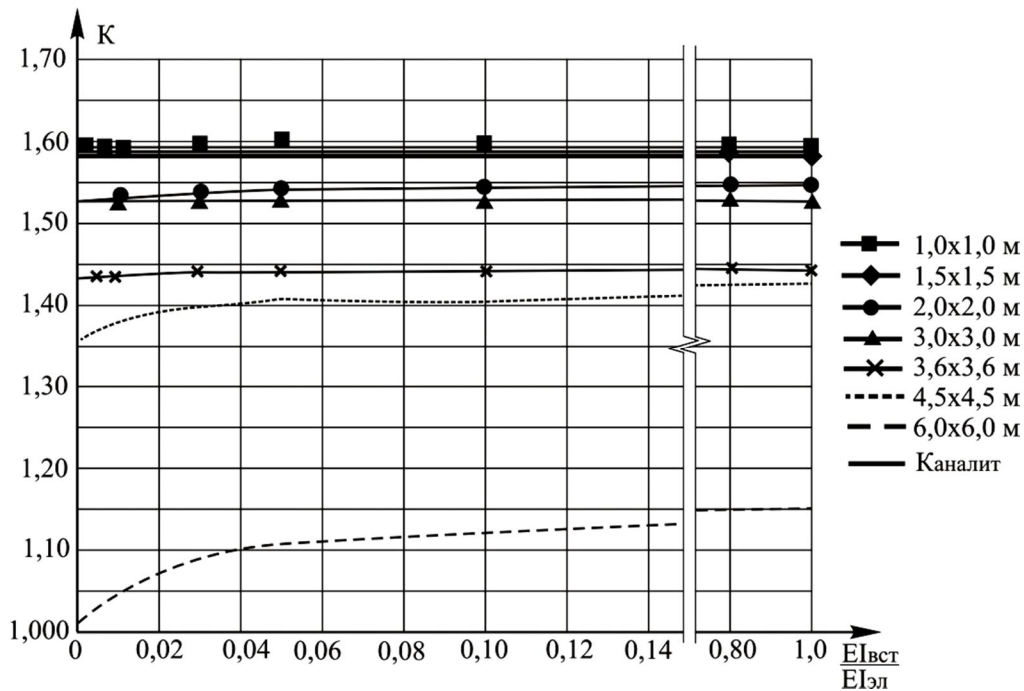


Рисунок 5 – Изменение коэффициента $K_{расч}$ в зависимости от соотношения жесткости вставки к жесткости элемента

Графики изменения частот собственных колебаний и прогибов (см. рис. 3 и 4) показывают, что их наиболее интенсивное изменение происходит в диапазоне соотношения жесткости вставки к жесткости элемента $EI_{вст}/EI_{эл}$ от 0 до 0,1. При больших соотношениях жесткостей вставки и элемента влияние податливости узловых соединений практически не сказывается на динамических и жесткостных параметрах системы перекрестных балок.

Практически аналогично изменяется коэффициент $K_{расч}$, наиболее интенсивное его изменение также наблюдается в диапазоне изменения жесткостей вставки и элемента в пределах от 0 до 0,1.

Заключение

В результате исследований установлено, что с уменьшением размеров ячеек коэффициент $K_{расч}$ приближается к аналитическому значению коэффициента. Также было установлено, что при уменьшении размера ячеек диапазон отклонения коэффициента $K_{расч}$ уменьшается и практически не изменяется в зависимости от податливости узловых связей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коробко, В.И. Об одной «замечательной» закономерности в теории упругих пластинок [Текст] / В.И. Коробко // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1989. – №11. – С. 32-36.
2. СНиП II-25-80. Деревянные конструкции [Текст]. – М.: Стройиздат, 1982. – 66 с.

Турков Андрей Викторович

Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс, г. Орел
 Доктор технических наук, заведующий кафедрой «Городское строительство и хозяйство»

Макаров Артем Алексеевич

Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс, г. Орел

Инженер

A. TURKOV, A. MAKAROV

**DEFLECTIONS AND FREQUENCIES OF OWN FLUCTUATIONS
OF SYSTEMS CROSS BEAMS WITH DIFFERENT SIZES OF CELLS
ON THE SQUARE PLAN TAKING INTO ACCOUNT PLIABILITY
OF NODAL CONNECTIONS**

The relation of the fundamental frequency ω of free transverse vibrations of systems of cross beams with different mesh sizes on a square plan and the maximum deflection of the action W_0 evenly spread the load is depending on the stiffness characteristics of nodal connections to systems for cross beams with different mesh sizes. Dependences of deflections and frequencies of transverse oscillations depending on the hardness of the nodal connections. It is shown that with a decrease in cell size ratio to strive for a similar ratio for square plates.

Keywords: cross-beams, the stiffness of joints for, own-frequency oscillations, the maximum deflection.

BIBLIOGRAPHY

1. Korobko, V.I. Ob odnoj «zamechatel'noj» zakonomernosti v teorii uprugih plastinok [Tekst] / V.I. Korobko // Izv. vuzov. Stroitel'stvo i arhitektura. – 1989. – №11. – S. 32-36.
2. SNiP II-25-80. Derevjannye konstrukcii [Tekst]. – M.: Strojizdat, 1982. – 66 s.

Andrey Turkov

State university – educational-science-production complex, Orel

Doctor of technical sciences, head of department «Urban construction and management»

Artem Makarov

State university – educational-science-production complex, Orel

Engineer

БАШИРОВ Х.З.

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ ПРОЧНОСТИ НОРМАЛЬНЫХ СЕЧЕНИЙ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СОСТАВНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ*

В статье, сохраняя простоту и накопленный опыт проектирования железобетонных конструкций, предлагаются зависимости для определения параметров прочности нормальных сечений в железобетонных составных внецентренно сжатых и изгибаемых конструкциях. При этом вместо эмпирической зависимости, принятой в нормах, для средних деформаций бетона и арматуры используется гипотеза плоских сечений в пределах каждого из составных стержней с учетом относительных условных смещений смещения на уровне арматуры и в шве между старым и новым бетоном; сделан вывод расчетных формул.

Ключевые слова: составные железобетонные конструкции, средние деформации бетона и арматуры, прочность нормальных сечений.

Предметом длительных дискуссий было установление зависимости $\sigma - \varepsilon$ для бетона (рис. 1). По мнению А.Ф. Лолейта эта зависимость наилучшим образом описывается кубической параболой, по Я.В. Столярову – квадратной параболой; Р. Залигер принимал параболический закон изменения $\sigma - \varepsilon$ при наличии ниспадающей ветви (рис. 1, б).

Известны другие предложения, однако, эти эмпирические замены нелинейной связи между напряжениями и деформациями, отвечающие требованиям непрерывности и дифференцируемости, имеют следующие недостатки:

- невысокая точность аппроксимации;
- всегда ограниченное применение – только к конкретному материалу;
- подбираются по внешнему виду и удовлетворяют ее лишь в нескольких точках, число которых ограничено количеством экспериментальных параметров записи.

Распределение напряжений в нормальном сечении железобетонной конструкции показано на рисунке 1. Усилие N_b приложено в центре тяжести эпюры нормальных напряжений в сжатой зоне. Для треугольной и прямоугольной форм его местоположение известно, а для истинной – лежит между ними.

В свое время А.Ф. Лолейт показал, что несущая способность сечения практически не зависит от формы эпюры, принятой в расчете. В этом легко убедиться, рассматривая рисунок 1, где $Z_1 \approx Z_3 \approx Z_2$. Максимальная ошибка от такой замены не превышает 2%, поэтому по предложению П.Л. Пастернака, эпюра принята прямоугольной. Это было практическое приложение пластических свойств бетона к расчетным формулам, которое до настоящего времени принято в действующих нормах [1, 2]. Сущность нормативной методики состоит в том, что в дополнение к статическим условиям равновесия используется эмпирическая зависимость, связывающая напряжения в арматуре с относительной высотой условной сжатой зоны ξ , которая в ряде случаев может быть сведена к гипотезе плоских сечений.

Отказ от возможности использования уравнения деформаций повлек за собой нежелательные последствия. Первые, связанные с этим затруднения, возникли при попытке распространить положения норм на такие случаи разрушения, когда напряжения в арматуре не достигают предела текучести, т.е. разрушение элемента обуславливается исчерпанием несущей способности сжатого бетона. С аналогичным явлением пришлось столкнуться и при рассмотрении внецентренно сжатых элементов при малых эксцентриситетах приложения нагрузки, а также изгибаемых элементов, армированных по периметру.

* Исследования выполнены при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (Мероприятие 1.1, Соглашение №14.В37.21.0292).

Указанные трудности объясняются тем, что в общем случае определение напряженного состояния является статически неопределимой задачей и для ее решения надо привлекать уравнения деформации. Если же этого не делать, то для раскрытия статической неопределимости приходится обращаться к дополнительным ограничениям эмпирического характера, основанным на экспериментальных данных.

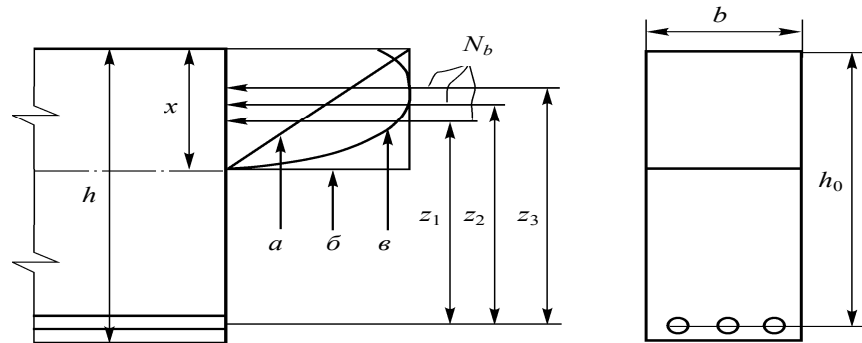


Рисунок 1 – Эпюра напряжений в поперечном сечении железобетонной балки в предположении упругой (а), пластической (б) и упругопластической (в) работы бетона

Попытка добиться приближения расчетных величин к опытным за счет введения эмпирических коэффициентов в ущерб стройности модели, основанной на достаточно четких предпосылках, отражавших действительный процесс деформирования (даже в интегральной форме), представляется не самой целесообразной. Достаточно очевидно, что эмпирические зависимости, применяемые сегодня и удовлетворительно описывающие поведение существующих материалов (бетона, арматуры), завтра с появлением новых более прогрессивных материалов потребуют в каждом конкретном случае дополнительной опытной проверки, связанной с постановкой трудоемких экспериментов на натуральных конструкциях или многочисленных лабораторных моделях. В то же время теоретически обоснованная методика нуждается лишь в наличии прочностных и деформативных характеристик материалов. Механическое использование эмпирических зависимостей без понимания физической сути явления приводит к затруднениям и необходимости анализа явления как в процессе научных исследований, так и при практическом проектировании.

Ниже, сохраняя простоту и накопленный опыт проектирования железобетонных конструкций при принятой прямоугольной эпюре напряжений сжатого бетона, предлагаются зависимости для определения параметров прочности нормальных сечений в железобетонных составных внецентренно сжатых и изгибаемых конструкциях. При этом вместо эмпирической зависимости $\sigma = f(\xi)$, принятой в нормах, для средних деформаций бетона и арматуры, используется гипотеза плоских сечений в пределах каждого из составных стержней.

Располагая эпюрами распределения деформаций и напряжений в поперечном сечении и в растянутой арматуре и бетоне (рис. 2), сделаем вывод расчетных формул. Неизвестные x ; N ; σ_{b1} ; σ_s ; σ'_s определяются из следующих уравнений. Высота сжатой зоны бетона x определяется из уравнений равновесия суммы проекций всех сил на ось X ($\sum X = 0$):

$$R_{b2} \cdot b \cdot h_{f,2} + \sigma_{b1} \cdot b \cdot (x - h_{f,2}) + \sigma'_s \cdot A'_s - \sigma_s A_s - N = 0;$$

$$x = \frac{N + \sigma_s \cdot A_s - \sigma'_s \cdot A'_s - b \cdot h_{f,2} \cdot (R_{b2} - \sigma_{b1})}{\sigma_{b1} \cdot b} \quad (1)$$

Предельная продольная сила N определяется из моментного уравнения равновесия моментов всех сил, действующих в поперечном сечении (см. рис. 2) относительно точки O ($\sum M_o = 0$):

$$R_{b2} \cdot b \cdot h_{f,2} \cdot (h_0 - 0,5 \cdot h_{f,2}) + \sigma_{b1} \cdot b \cdot (x - h_{f,2}) \cdot [h_0 - h_{f,2} - 0,5 \cdot (x - h_{f,2})] + \sigma'_s \cdot A'_s \cdot (h_0 - a'_s) - N \cdot e = 0;$$

$$\begin{aligned}
 N \cdot e &= R_{b2} \cdot b \cdot h_{f,2} \cdot (h_0 - 0,5 \cdot h_{f,2}) + \sigma_{b1} \cdot b \cdot (x - h_{f,2}) \cdot [h_0 - h_{f,2} - 0,5 \cdot (x - h_{f,2})] + \\
 &+ \sigma'_s \cdot A'_s \cdot (h_0 - a'_s) \cdot x \\
 N &= \frac{R_{b2} \cdot b \cdot h_{f,2} \cdot (h_0 - 0,5 \cdot h_{f,2}) + \sigma_{b1} \cdot b \cdot (x - h_{f,2}) \cdot [h_0 - h_{f,2} - 0,5 \cdot (x - h_{f,2})] + \\
 &+ \sigma'_s \cdot A'_s \cdot (h_0 - a'_s) \cdot x}{e}
 \end{aligned} \tag{2}$$

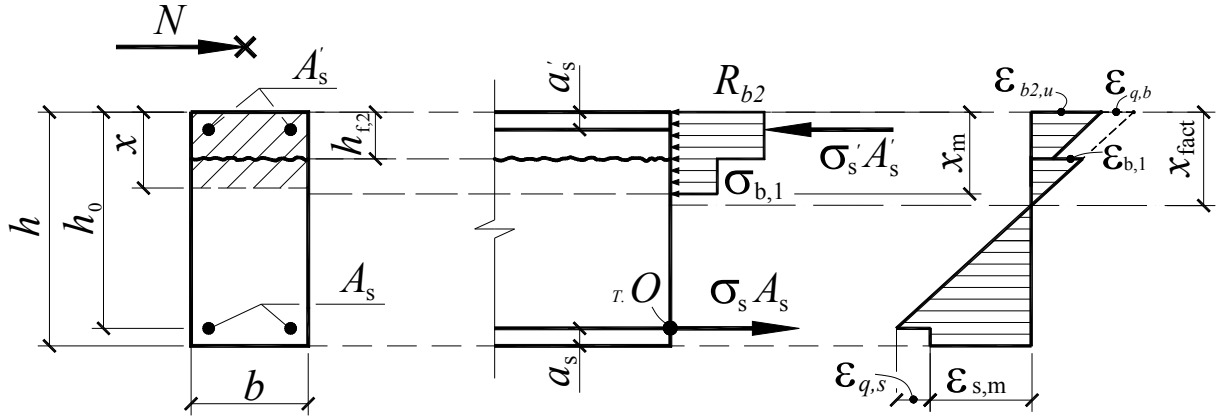


Рисунок 2 – К определению X , σ_s , N в составных внецентренно сжатых железобетонных конструкциях

Из гипотезы плоских сечений, принятой для средних деформаций в пределах каждого стержня, входящего в составной стержень (рабочая арматура рассматривается в соответствии с [3], как отдельный стержень – отыскиваются напряжения в старом бетоне $\sigma_{b,1}$, растянутой арматуре σ_s и сжатой арматуре σ'_s (см. рис 2):

$$\frac{\varepsilon_{b2,u} + \varepsilon_{q,b}}{\varepsilon_{b,1}} = \frac{x_{fact,m}}{x_{fact,m} - h_{f,2}}; \tag{3}$$

$$\frac{\varepsilon_{b2,u} + \varepsilon_{q,b}}{\varepsilon_{s,m} + \varepsilon_{q,sm}} = \frac{x_{fact,m}}{h_0 - x_{fact,m}}; \tag{4}$$

$$\frac{\varepsilon_{b2,u} + \varepsilon_{q,b}}{\varepsilon'_s + \varepsilon_{q,b}} = \frac{x_{fact,m}}{x_{fact,m} - a'_s}. \tag{5}$$

Раскрывая деформации через напряжения, соответственно, будем иметь:

$$\frac{\varepsilon_{b2,u} + \varepsilon_{q,b}}{(\sigma_s - \sigma_0) \cdot \psi_s + \varepsilon_{q,s} \cdot \psi_q} = \frac{x_{fact}}{h_0 - x_{fact}}; \tag{6}$$

$$\frac{\varepsilon_{b2,u} + \varepsilon_{q,b}}{\frac{\sigma_{b,1}}{E_{b,1}} \cdot \nu_{b,1}} = \frac{x_{fact}}{x_{fact} - h_{f,2}}; \tag{7}$$

$$\frac{\varepsilon_{b2,u} + \varepsilon_{q,b}}{\frac{\sigma'_s}{E'_s} + \varepsilon_{q,b}} = \frac{x_{fact}}{x_{fact} - a'_s}. \tag{8}$$

После алгебраических преобразований, получим:

$$\sigma_s = \frac{(h_0 - x_{fact})(\varepsilon_{b2,u} + \varepsilon_{q,b}) \cdot E_s - \varepsilon_{q,s} \cdot x_{fact} \cdot \psi_q \cdot E_s}{x_{fact} \cdot \psi_s} + \sigma_0 \leq R_s; \quad (9)$$

$$\sigma_{b,1} = \frac{(\varepsilon_{b2,u} + \varepsilon_{q,b}) \cdot (x_{fact} - h_{f,2}) \cdot E_{b,1} \cdot \nu_{b,1}}{x_{fact}}; \quad (10)$$

$$\sigma'_s = \frac{(\varepsilon_{b2,u} + \varepsilon_{q,b}) \cdot (x_{fact} - a'_s) \cdot E'_s - \varepsilon_{q,b} \cdot x_{fact} \cdot E'_s}{x_{fact}}. \quad (11)$$

Здесь $\nu_{b,1} = 0,45$.

Подставляя полученные выражения (9)-(11) в выражение (2), получим:

$$N = \frac{R_{b2} \cdot b \cdot h_{f,2} \cdot (h_0 - 0,5 \cdot h_{f,2}) \cdot x_{fact}}{e \cdot x_{fact}} + \frac{(\varepsilon_{b2,u} + \varepsilon_{q,b}) \cdot (x_{fact} - h_{f,2}) \cdot E_{b,1} \cdot \nu_{b,1} \cdot b \cdot (x - h_{f,2}) \cdot [h_0 - h_{f,2} - 0,5 \cdot (x - h_{f,2})]}{e \cdot x_{fact}} + \frac{(\varepsilon_{b2,u} + \varepsilon_{q,b}) \cdot (x_{fact} - a'_s) \cdot E'_s \cdot A'_s \cdot (h_0 - a'_s) - \varepsilon_{q,b} \cdot x_{fact} \cdot E'_s \cdot A'_s \cdot (h_0 - a'_s)}{e \cdot x_{fact}}. \quad (12)$$

Переход от фактической высоты сжатой зоны бетона к высоте сжатой зоны бетона при упрощенной прямоугольной эпюре напряжений осуществляется через параметр ζ_0 , занормированный в [2]:

$$\zeta_0 \cdot \zeta_\phi = \zeta. \quad (13)$$

где ζ – относительная высота сжатой зоны бетона при прямоугольной эпюре напряжений сжатого бетона, равная x/h_0 .

Алгоритм расчета прочности нормальных сечений сводится к следующему: на первом шаге принимаем $x_{fact,m} = 0,5h_0$ и по формуле (12) находим N ; затем по формуле (6) определяется σ_s с учетом соответствующего ограничения; после этого по формуле (10) находим $\sigma_{b,1}$, а по формуле (11), – σ'_s с учетом соответствующего ограничения; в результате располагаем всеми параметрами для определения высоты сжатой зоны X по формуле (1); в итоге предоставляется возможным, принимая во внимание зависимость (13) сравнить заданное и вычисленное значение X и с учетом этих сравнений перейти к следующему шагу итераций; таким образом, итерационный процесс продолжается до требуемой точности вычислений.

В практике проектирования может иметь место и расчетный случай при $x_{fact,m} < h_{f,2}$. Он рассмотрен ниже (рис. 3).

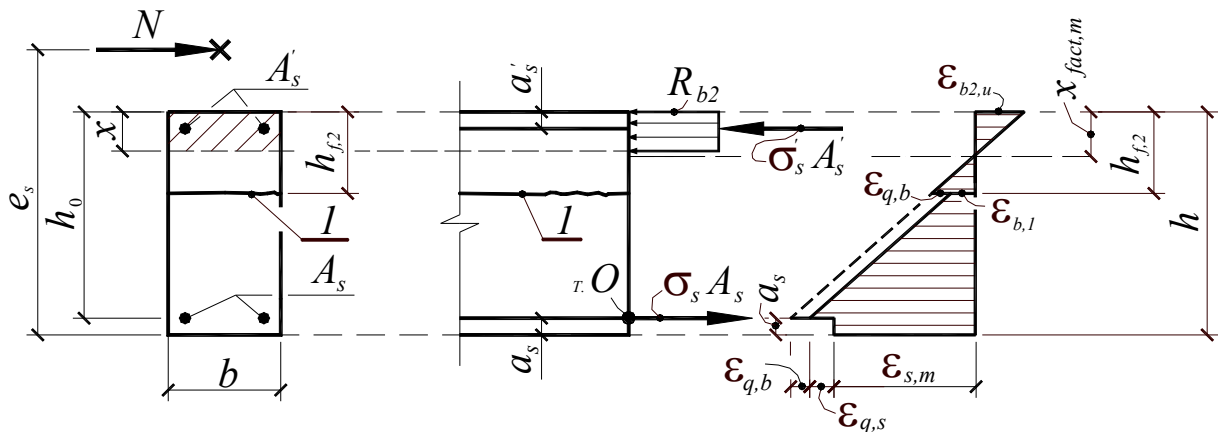


Рисунок 3 – К определению X , σ_s , N в составных внецентренно сжатых железобетонных конструкциях

Неизвестные x , N , σ_s , σ'_s определяются из следующих уравнений.

Высота сжатой зоны бетона x определяется из уравнения равновесия суммы проекций всех сил на ось X ($\sum X = 0$):

$$R_{b2} \cdot b \cdot x + \sigma'_s \cdot A'_s - \sigma_s \cdot A_s - N = 0;$$

$$x = \frac{N + \sigma_s \cdot A_s - \sigma'_s \cdot A'_s}{R_{b2} \cdot b}. \quad (14)$$

Напряжение в бетоне сжатой зоны определяется из уравнения равновесия моментов всех сил, действующих в поперечном сечении (см. рис. 3) относительно точки O ($\sum M_o = 0$).

При этом действительная эпюра напряжений в сжатом бетоне заменяется прямоугольной:

$$R_{b2} \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x) + \sigma'_s \cdot A'_s \cdot (h_0 - a'_s) - N \cdot e = 0;$$

$$R_{b2} \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x) + \sigma'_s \cdot A'_s \cdot (h_0 - a'_s) = N \cdot e;$$

$$N = \frac{R_{b2} \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x) + \sigma'_s \cdot A'_s \cdot (h_0 - a'_s)}{e}. \quad (15)$$

Из гипотезы плоских сечений для составного железобетонного стержня [3] отыскиваются напряжения в растянутой арматуре σ_s и сжатой арматуре σ'_s (см. рис 3):

$$\frac{\varepsilon_{b2,u}}{\varepsilon_{s,m} + \varepsilon_{q,sm} + \varepsilon_{q,b}} = \frac{x_{fact,m}}{h_0 - x_{fact,m}}; \quad (16)$$

$$\frac{\varepsilon'_s}{\varepsilon_{b2,u}} = \frac{x_{fact,m} - a'_s}{x_{fact,m}}. \quad (17)$$

Раскрывая деформации через напряжения, соответственно будем иметь:

$$\frac{\varepsilon_{b2,u}}{(\sigma_s - \sigma_0) \cdot \psi_s + \varepsilon_{q,s} \cdot \psi_q + \varepsilon_{q,b}} = \frac{x_{fact,m}}{h_0 - x_{fact,m}}; \quad (18)$$

$$\frac{\sigma'_s}{E'_s} = \frac{x_{fact,m} - a'_s}{x_{fact,m}}. \quad (19)$$

Здесь $\nu_{b,1} = 0,45$. Выполнив алгебраические преобразования, получим:

$$\sigma_s = \frac{\varepsilon_{b2,u} (h_0 - x_{fact,m}) \cdot E_s - \varepsilon_{q,s} \cdot \psi_q \cdot x_{fact,m} \cdot E_s - \varepsilon_{q,b} \cdot x_{fact,m} \cdot E_s}{\psi_s \cdot x_{fact,m}} + \sigma_0 \leq R_s; \quad (20)$$

$$\sigma'_s = \frac{\varepsilon_{b2,u} \cdot E'_s \cdot (x_{fact,m} - a'_s)}{x_{fact,m}} \leq R_{sc}. \quad (21)$$

Подставляя полученное выражение (21) в выражение (15), получим:

$$N = \frac{R_{b2} \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x) \cdot x_{fact,m}}{e \cdot x_{fact,m}} + \frac{\varepsilon_{b2,u} \cdot E'_s \cdot (x_{fact,m} - a'_s) \cdot A'_s \cdot (h_0 - a'_s)}{e \cdot x_{fact,m}}. \quad (22)$$

Алгоритм расчета сводится к следующему: на первом шаге принимаем $x_{fact,m} = 0,5h_0$ и по формуле (22) находим N ; затем по формуле (20) определяется σ_s с учетом соответствующего ограничения; после этого по формуле (21) находим σ'_s с учетом соответствующего ограничения; в результате располагаем всеми параметрами для определения высоты сжатой зоны x по формуле (14); в итоге предоставляется возможным, принимая во внимание зависимость (13), сравнить заданное и вычисленное значение x и с учетом этих сравнений перейти к

следующему шагу итераций. Таким образом, итерационный процесс продолжается до требуемой точности вычислений.

Следует отметить, что относительные условные взаимные смещения деформаций $\varepsilon_{q,b}$ в шве отыскиваются в соответствии с работой [4]:

$$\varepsilon_{q,b} = \frac{\Delta\Gamma_1 + \Delta\Gamma_2}{t_*}. \quad (23)$$

Здесь значения условных сосредоточенных сдвигов бетонов 1 и 2 в шве сдвига ($\Delta\Gamma_1$, $\Delta\Gamma_2$) определяется в соответствии со скорректированным решением А.Р. Ржаницына [5]. Применительно к внецентренному сжатию составного стержня решение принимает вид:

$$\Delta\Gamma_1 = \varepsilon_n \cdot t_* = \left[-\frac{N_{0,2} + \Delta T_b}{E_{b2}(\lambda)A_{b,2,red}} + \frac{(x_{crc} - h_{b,1})}{\rho} \right] \cdot t_*; \quad (24)$$

$$\Delta\Gamma_2 = \varepsilon_e \cdot t_* = \left[-\frac{N_{0,1} + \Delta T_b}{E_{b1}(\lambda)A_{b,1,red}} + \frac{0,5h_{b,1}}{\rho} \right] \cdot t_*, \quad (25)$$

ΔT_b – сдвигающая сила в зоне, прилегающей к шву между старым и новым бетоном:

$$\Delta T_b = \tau_m \cdot t_*; \quad (26)$$

$$\tau_m = 0,5(\tau_{max} + \tau_1); \quad (27)$$

$$\tau_1 = \frac{\xi \cdot \Delta}{\lambda} \cdot \frac{sh\lambda(0,5l_{crc} - t_*)}{ch\lambda \cdot 0,5l_{crc}}; \quad (28)$$

$$\Delta = -\frac{N_{0,1}}{E_{b,1}(\lambda)A_{b,1}} + \frac{N_{0,2}}{E_{b,2}(\lambda)A_{b,2}} - \frac{(x_{crc} - 0,5h_{b,1})}{\rho}; \quad (29)$$

$$\lambda = \sqrt{\xi\gamma} = \sqrt{\xi \left[\frac{1}{E_{b,1}(\lambda)A_{b,1}} + \frac{1}{E_{b,2}(\lambda)A_{b,2}} \frac{(x_{crc} - 0,5h_{b,1})^2}{M \cdot \rho} \right]}, \quad (30)$$

где ξ – податливость шва (определяется на основании экспериментальных исследований составных призм).

Средние относительные смещения на уровне арматуры $\varepsilon_{q,s}$ определяется на основании экспериментальных исследований выдергивания арматуры из бетонных призм.

Применительно к изгибу во всех вышеприведенных формулах следует положить $N \cdot e = M$, (при этом уравнения (12), (15) предварительно следует записать относительно $N \cdot e$, а все другие N принять равными нулю.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции [Текст]. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. – 156 с.
2. Бетонные и железобетонные конструкции [Текст]: СНиП 2.03.01-84*. – [Введены в действие с 1986-01-01]. – М.: ЦТИП Госстроя СССР, 1989. – 88 с.
3. Колчунов, В.И. Об использовании гипотезы плоских сечений в железобетоне [Текст] / В.И. Колчунов, И.А. Яковенко // Строительство и реконструкция. – Орел: Госуниверситет – УНПК, 2011. – №6 (38). – С. 16-23.
4. Казаков, Д.М. Специфика деформирования составных внецентренно сжатых железобетонных конструкций [Текст] / Д.В. Казаков, Вл.И. Колчунов / Строительство и реконструкция. – Орел: Госуниверситет – УНПК, 2010. – №5 (31). – С. 8-17.
5. Ржаницын, А.Р. Составные стержни и пластинки [Текст] / Алексей Руфович Ржаницын. – М.: Строиздат, 1986. – 316 с.

Баширов Хамит Закирович
 ОАО «Центротранстрой», г. Москва
 Кандидат технических наук
 Тел.: +7 (495) 681-43-81

H. BASHIROV

SOME PROPOSITIONS TO STRENGTH PARAMETERS AT NORMAL CROSS-SECTIONS OF REINFORCED CONCRETE COMPOSITE STRUCTURES

The paper presents some relations to determine the strength parameters at normal cross-sections of reinforced concrete composite elements under eccentric compression and bending on the basis of accumulated design experience. Instead of empirical relation adopted in regulations the work presents the hypothesis of plain cross-sections for concrete and reinforcing bars strain for each of composite parts taking into account a shift at the level of reinforcing bars and at the level of new and old concrete layers contact. The work gives the calculation basis.

Keywords: composite reinforced concrete structures, concrete strain, reinforcement strain, strength at normal sections.

BIBLIOGRAPHY

1. SP 63.13330.2012 Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii [Tekst]. Osnovnye polozhenija. Aktualizirovannaja redakcija SNIp 52-01-2003. – 156 s.
2. Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii [Tekst]: SNIp 2.03.01-84*. – [Vvedeny v dejstvie s 1986-01-01]. – M.: CTIP Gosstroja SSSR, 1989. – 88 s.
3. Kolchunov V.I. Ob ispol'zovanii gipotezy ploskih sechenij v zhelezobetone [Tekst] / V.I. Kolchunov, I.A. Jakovenko // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. – Orel: Gosuniversitet – UNPK, 2011. – №6 (38). – S. 16-23.
4. Kazakov, D.M. Specifika deformirovanija sostavnyh vnecentrentrenno szhatyh zhelezobetonnyh konstrukcij [Tekst] / D.V. Kazakov, V.I. Kolchunov / Stroitel'stvo i rekonstrukcija. – Orel: Gosuniversitet – UNPK, 2010. – №5 (31). – S. 8-17.
5. Rzhanicyn, A.R. Sostavnye sterzhni i plastinki [Tekst] / Aleksej Rufovich Rzhanicyn. – M.: Stroizdat, 1986. – 316 s.

Hamit Bashirov

«Centrotransstroj», Moskow
Candidate of technical science
Ph.: +7 (495) 681-43-81

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЧАСТОТЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРОВ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ КАК ФУНКЦИИ РЯДА ФАКТОРОВ

В статье приводится анализ статистических данных о количестве пожаров и предположительно влияющих на них факторов в Российской Федерации (охвачен период 1995-2011 гг.). Показана целесообразность использования статистики по социально-экономическим факторам и износу основных фондов при прогнозировании количества пожаров.

Ключевые слова: пожары, статистика, социально-экономические факторы, ветхий и аварийный жилищный фонд, тренд, регрессия.

Одним из принципов преобразования города в биосферосовместимый безопасный, комфортный для проживания в нем и развивающий человека является выполнение городом своих функций по организации и поддержанию системы жизнеобеспечения. Повышение комплексной безопасности урбанизированной территории и научное обоснование мероприятий по ее защите невозможно без анализа всех факторов риска с оценкой причин и объема последствий их реализации. К одному из наиболее опасных факторов риска любого города или поселения относятся пожары.

Анализируя статистическую информацию о пожарах и их последствиях [1-3], можно отметить тенденцию ежегодного снижения количества пожаров (рис. 1), количества погибших и травмированных при пожарах людей, количества уничтоженных строений, техники при одновременном существенном увеличении прямого материального ущерба.

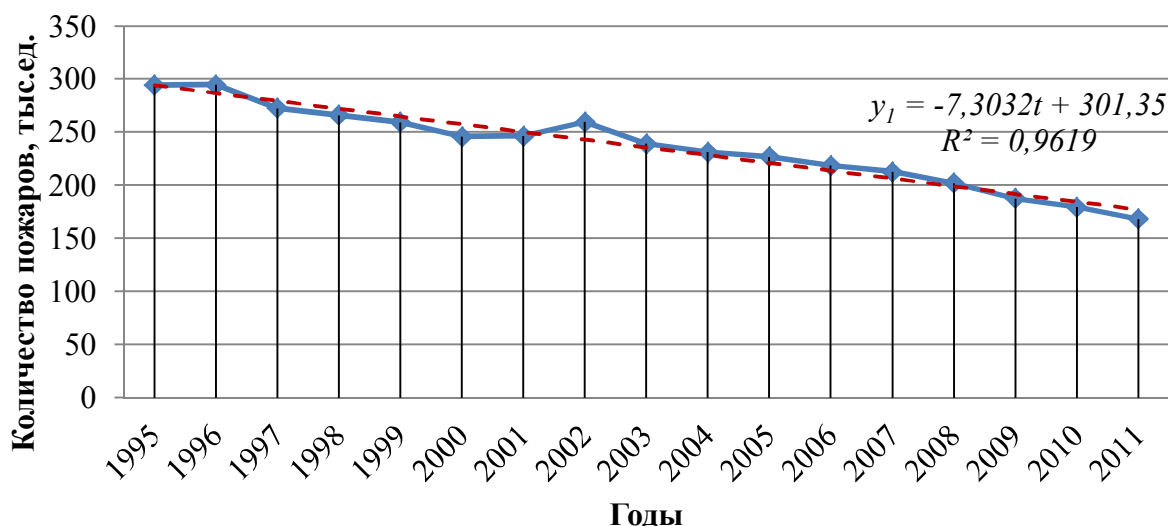


Рисунок 1 – График изменения количества пожаров в 1995-2011 гг. и линия тренда ($t=1$ соответствует 1995 г.)

Для разработки методики прогнозирования количества пожаров произведем оценку влияния поддающихся статистике выбранных социально-экономических факторов на исследуемую величину с помощью методики, предложенной в [4].

Одним из основных факторов, предположительно оказывающих существенное влияние на число пожаров, является износ основных фондов (рис. 2, а). Анализ статистических данных по объему ветхого и аварийного жилищного фонда показывает его постоянный рост вплоть до 2009 года, однако, площадь жилья, не относимого к ветхому и аварийному, также ежегодно увеличивается благодаря вводимым в эксплуатацию новым площадям (рис. 2, б). Качественно такая тенденция согласуется с отмеченным снижением количества пожаров, поэтому этот фактор может быть объясняющим.

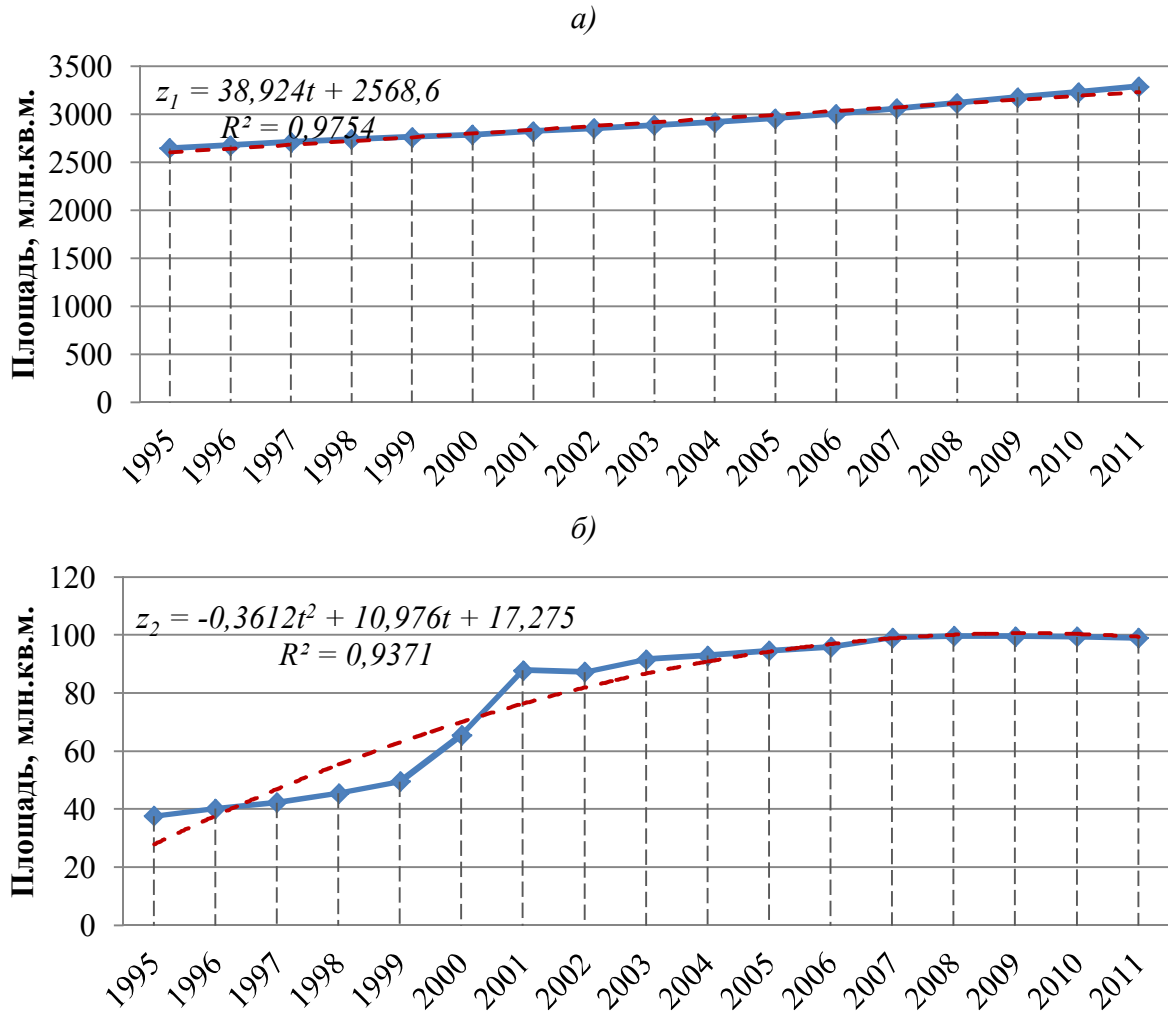


Рисунок 2 – Статистическая динамика изменения и линии тренда площади жилищного фонда (а), в том числе ветхого и аварийного (б) ($t=1$ соответствует 1995 г.)

Большая часть пожаров произошла по причине неосторожного обращения с огнем, в том числе обусловленного возрастом или низким социальным положением виновников (с отсутствием определенного рода занятий или места жительства), а также состоянием алкогольного или наркотического опьянения [1-3]. Таким образом, в оценку введем предположительно влияющие на частоту возникновения пожаров факторы: численность населения в возрасте до 15 лет и в возрасте, старше трудоспособного; численность обслуживаемых в учреждениях социальной помощи лиц без определенного места жительства и занятий; численность безработных; численность больных, состоящих на учете с диагнозом алкоголизм, наркомания, токсикомания.

Согласно статистическим данным [5], тенденции увеличения численности обслуживаемых в учреждениях социальной помощи лиц без определенного места жительства и занятий, а также количества больных с диагнозом наркомания и токсикомания (табл. 1) противоречат снижению количества пожаров, таким образом, их следует исключить из анализа. Объяснением этому может служить то, что в сравнении с другими причинами наркомания и токсикомания не

оказывают решающего влияния на количество пожаров, а статистика изменения численности обслуживаемых в учреждениях социальной помощи лиц без определенного места жительства и занятий не отражает в полной мере общее количество такой группы населения.

Таблица 1 – Статистическая информация по факторам, исключенным из анализа [5]

| Годы | Численность больных с диагнозом наркомания, токсикомания, тыс. чел. | Численность обслуженных в учреждениях социальной помощи для лиц без определенного места жительства и занятий, тыс. чел. |
|------|---|---|
| 1995 | 72,6 | нет информации |
| 1996 | 97,3 | - // - |
| 1997 | 132 | - // - |
| 1998 | 174 | 60,995 |
| 1999 | 221,9 | 53,902 |
| 2000 | 281,2 | 55,958 |
| 2001 | 329,1 | 48,378 |
| 2002 | 335,6 | 57,43 |
| 2003 | 340,1 | 67,171 |
| 2004 | 339,8 | 102,964 |
| 2005 | 342,5 | 94,265 |
| 2006 | 348 | 99,362 |
| 2007 | 353,2 | 101,111 |
| 2008 | 355,6 | 95,474 |
| 2009 | 353,3 | 88,222 |
| 2010 | 343 | 103,753 |
| 2011 | 331,5 | 101,95 |

Статистические данные по факторам, принятым к исследованию, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Статистическая информация по факторам, предположительно оказывающим влияние на количество пожаров

| Годы | Количество пожаров, тыс.ед. | Площадь жилищного фонда, не являющимся ветхим и аварийным, млн.кв.м. [5] | Численность больных, состоящих на учете с диагнозом алкоголизм, тыс. чел. [5] | Численность безработных, тыс. чел. [5] | Численность населения в возрасте до 15 лет, млн. чел. [5] | Численность населения в возрасте, старше трудоспособного, млн. чел. [5] |
|------|-----------------------------|--|---|--|---|---|
| 1995 | 294,3 [6] | 2607,3 | 2407 | 6712 | 31,347 | 29,876 |
| 1996 | 294,8 [6] | 2635,7 | 2381 | 6732 | 29,551* | 30,137 |
| 1997 | 272,6 [6] | 2667,65 | 2328 | 8058 | 28,211* | 30,442 |
| 1998 | 266,0 [6] | 2692,4 | 2262 | 8902 | 26,988* | 30,54 |
| 1999 | 259,4 [6] | 2711,4 | 2203 | 9094 | 25,882* | 30,4 |
| 2000 | 245,9 [7] | 2721,4 | 2191 | 6999 | 23,477 | 30,138 |
| 2001 | 246,3 [7] | 2732,12 | 2192 | 6303 | 24,019* | 29,877 |
| 2002 | 259,8 [7] | 2765,64 | 2200 | 6153 | 23,262* | 29,86 |
| 2003 | 239,3 [8] | 2793,35 | 2213 | 5951 | 23,554 | 29,643 |
| 2004 | 231,5 [8] | 2824,05 | 2203 | 6116 | 22,612 | 29,258 |
| 2005 | 226,9 [8] | 2860,4 | 2191 | 5208 | 21,872 | 29,161 |
| 2006 | 218,6 [8] | 2907,11 | 2152 | 4999 | 21,245 | 29,109 |
| 2007 | 212,6 [8] | 2960,9 | 2116 | 4246 | 21,242 | 29,351 |
| 2008 | 202,0 [8] | 3016,3 | 2083 | 5289 | 20,824 | 29,76 |
| 2009 | 187,6 [8] | 3077,5 | 2016,5 | 6373 | 21,092 | 30,097 |
| 2010 | 179,5 [8] | 3129,6 | 1953,1 | 5636 | 21,401 | 30,7 |
| 2011 | 168,5 [8] | 3189 | 1866 | 5020 | 21,769 | 31,809 |

В таблице 2 значения, обозначенные знаком (*), получены с помощью прогноза по уравнению линии тренда, описывающего динамику изменения численности населения возрастной группы 0-15 лет во времени (рис. 3).

Введем обозначения:

- y_1 – количество пожаров, тыс. ед.;
- x_1 – площадь фонда, не относящемуся к ветхому и аварийному, млн. м²;
- x_2 – численность больных, состоящих на учете с диагнозом алкоголизм, тыс. чел.;
- x_3 – численность безработных, тыс. чел.;
- x_4 – численность населения в возрасте до 15 лет, млн. чел.;
- x_5 – численность населения в возрасте, старше трудоспособного, млн. чел.

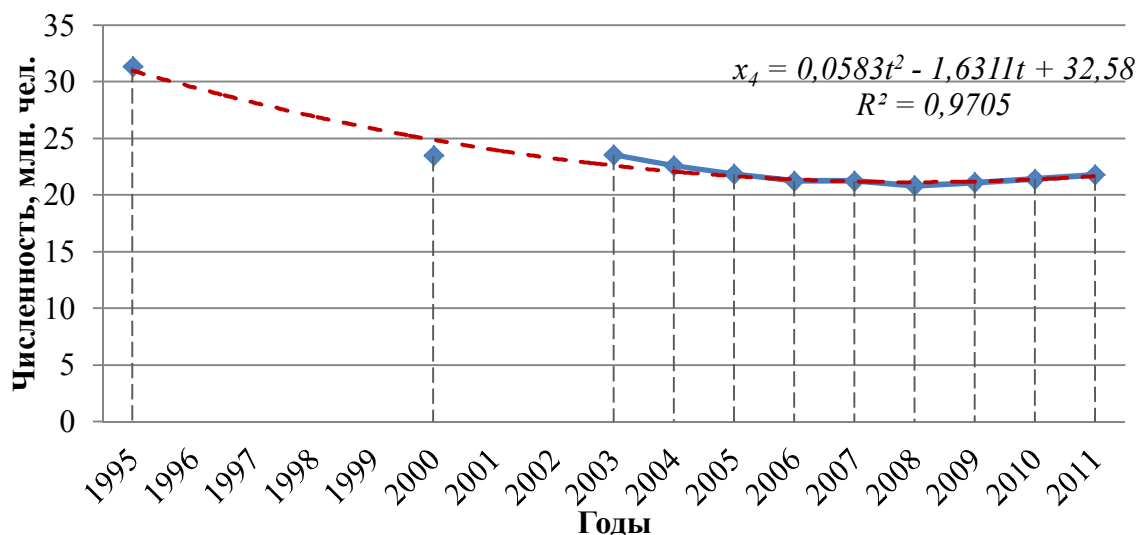


Рисунок 3 – Статистическая динамика изменения численности возрастной группы 0-15 лет во времени и линия тренда ($t=1$ соответствует 1995 г.)

Произведем отбор факторов, связь которых с исследуемыми показателями является наиболее сильной, путем проведения корреляционного анализа: i -ый фактор будет считаться значимым, если коэффициенты корреляции будут не менее критического их значения при доверительной вероятности $\alpha=0,95$: $|r_i| \geq r_{\alpha=0,95}$, где $r_{0,95}=0,482$ для числа наблюдений $n=17$.

Матрицы коэффициентов парной корреляции приведены в виде таблицы 3.

Таблица 3 – Значения парной корреляции для величин $y_1, x_i (i=1..m, m=5)$

| | y_1 | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| y_1 | 1 | | | | | |
| x_1 | -0,97773 | 1 | | | | |
| x_2 | 0,964104 | -0,9519 | 1 | | | |
| x_3 | 0,6137 | -0,6362 | 0,500175 | 1 | | |
| x_4 | 0,866654 | -0,7942 | 0,816458 | 0,624521 | 1 | |
| x_5 | -0,19459 | 0,255648 | -0,3832 | 0,316946 | 0,162973 | 1 |

Анализ матрицы (см. табл. 3) показывает, что с доверительной вероятностью $\alpha=0,95$ факторы $x_1..x_4$ могут быть объясняющими для фактора y_1 , при этом следует также исключить из дальнейшего рассмотрения сочетания факторов x_1 и x_2, x_1 и x_4, x_2 и x_4 , т.к. они сильно коррелируют друг с другом.

В качестве уравнений множественной регрессии $y_1=f(x_i)$ выберем функцию типа $y_1 = \alpha_1 + \sum_{i=1}^4 \beta_i x_i$, доставляющую минимум сумме квадратов разностей. Статистический анализ уравнения выполнен с помощью Microsoft Office Excel. Окончательное уравнение регрессии определим по результатам поэтапного регрессионного анализа с включением различных сочетаний факторов. Таким образом, уравнения регрессий могут быть записаны в следующих видах:

$$y_1 = -9,696 + 0,003x_3 + 9,374x_4; \tag{1}$$

$$y_1 = -306,926 + 0,235x_2 + 0,005x_3; \quad (2)$$

$$y_1 = 828,238 - 0,208x_1 - 0,0004x_3. \quad (3)$$

Проверку гипотезы о значимости коэффициентов регрессии произведем с помощью квантилей распределения Стьюдента [9]. Табличное значение распределения Стьюдента с $(f=n-m-1)$ степенями свободы равно $t_{0,975}=2,145$ ($m=2$), где $n=17$ – количество уровней временного ряда, m – число объясняющих факторов.

Коэффициенты β_i регрессии являются значимыми с достоверностью $\alpha=0,95$, если $|b_i| > t_{0,5(1+\alpha)} S_{\beta,i}$, т.е. $|b_i|/S_{\beta,i} > t_{0,5(1+\alpha)}$. Полученные в ходе регрессионного анализа данные для проверки гипотез приведены в таблице 4.

Таблица 4 – К оценке значимости коэффициентов регрессии уравнений (1)-(3), $|b_i|/S_{\beta,i}$

| № уравнения | y_1 | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 |
|-------------|--------|---------|--------|--------|-------|
| 1 | -0,259 | - | - | 0,708 | 4,274 |
| 2 | -8,795 | - | 13,036 | 2,608 | - |
| 3 | 15,742 | -13,589 | - | -0,193 | - |

Из таблицы 4 видно, что уравнения регрессий (1) и (3) содержат незначимые факторы, при этом в уравнении (1) – два незначимых коэффициента регрессии. Исключая из анализа такие факторы, получим уравнение (3) в следующем виде:

$$y_1 = 820,440 - 0,206x_1. \quad (4)$$

Для **анализа общего качества линейной регрессии уравнений** используем коэффициенты детерминации $R_1^2 = 0,953$, $R_2^2 = 0,956$ характерные для уравнений регрессии (2), (4) соответственно. Значения обоих коэффициентов близки к 1, что свидетельствует о высокой доле вариации переменной y_1 (практически 100%), обусловленной влиянием объясняющих факторов.

Оценку адекватности регрессий произведем с помощью α -квантилей распределения Фишера с $v_1=m=2$, $v_2=n-m-1=17-2-1=14$ (для уравнения (2)), $v_1=m=1$, $v_2=n-m-1=17-1-1=15$ (для уравнения (4)) [10], где m – количество факторов, n – число наблюдений. Сравнение фактических значений показателя с критериальными (таблица 6) позволяет сделать вывод о том, что с вероятностью $\alpha=0,95$ оба уравнения регрессии являются адекватными.

Проанализируем **регрессионные остатки** e_t [9] (табл. 5).

Таблица 5 – Регрессионные остатки для каждого t -го наблюдения уравнений (2) и (4)

| Урав. | Наблюдение t | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|--------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| 2 | 2,04 | 8,55 | -7,69 | -2,90 | 3,43 | 3,04 | 6,62 | 18,98 | -3,59 | -9,85 | -7,17 | -5,27 | 0,90 | -7,06 | -11,14 | -0,70 | 11,81 |
| 4 | 10,63 | 16,97 | 1,35 | -0,15 | -2,84 | -14,28 | -11,68 | 8,72 | -6,07 | -7,55 | -4,67 | -3,35 | 1,72 | 2,53 | 0,73 | 3,35 | 4,58 |

Средние значения остатков для обоих уравнений равны соответственно $3,34 \cdot 10^{-14}$, $5,97 \cdot 10^{-13}$, т.е. приближены к нулю.

Проверим **нулевую гипотезу** случайности ряда значений остатков регрессии (8) с помощью критерия Аббе-Линника:

$$q = \frac{1}{2} \frac{\sum_{t=1}^{n-1} (e_{t+1} - e_t)^2}{\sum_{t=1}^n (e_t - \bar{e})^2}, \quad (5)$$

где \bar{e} – среднее арифметическое.

С вероятностью $\alpha=0,95$ нулевая гипотеза отклоняется (т.к. фактические значения показателя не превышают их критериальные значения), таким образом, ряд значений остатков регрессий уравнений (2) и (4) может быть признан случайным.

Оценим выбросы в регрессии (4) с помощью критерия Прескотта-Лунда, эквивалентная форма которого представляет собой:

$$R^* = \sqrt{n} \max \frac{|e_t|}{\sqrt{\sum_{t=1}^m e_t^2}} \quad (6)$$

Фактические значения критерия не превышают их табличные значения (табл. 6), т.е. гипотеза наличия выброса в линейных регрессионных моделях отклоняется.

Таблица 6 – К сравнению табличных и фактических значений критериев для статистической оценки регрессий

| Уравнение | Значения α -квантилей распределения Фишера $F_{\alpha}, \alpha=0,95$ | | Значения критерия Аббе-Линника $q_{\alpha}, \alpha=0,95$ | | Значения критерия Прескотта-Лунда, $R_{\alpha}^*, \alpha=0,95$ | |
|-----------|---|-------------|--|-------------|--|-------------|
| | критериальное [10] | фактическое | критериальное [9] | фактическое | критериальное [9] | фактическое |
| 2 | 3,739 | 140,53 | 0,6237 | 0,620 | 2,388 | 2,69 |
| 4 | 4,543 | 325,56 | 0,6237 | 0,572 | 2,241 | 2,705 |

Определим уравнения линий трендов для факторов $x_1..x_3$. Из уравнений линий тренда рисунка 2 следует, что:

$$x_1 = z_1 - z_2 = 38,924t + 2568,6 - (-0,3612)t^2 + 10,976t + +17,275 = 0,3612t^2 + 27,948t + 2551,325. \quad (7)$$

Уравнения линий тренда для остальных факторов:

$$x_2 = -0,7723t^2 - 11,96t + 2362,7; \quad (8)$$

$$x_3 = 3,0859t^2 - 244,28t + 8215,1. \quad (9)$$

Подставляя уравнения (8), (9) в (2); (7) – в (4), получим соответственно:

$$y_1 = -0,1656t^2 - 4,032t + 289,385. \quad (10)$$

$$y_1 = -0,0744t^2 - 5,757t + 294,867. \quad (11)$$

В то же время динамику количества пожаров можно проследить по уравнению линии тренда, основанному на статистической информации (см. рис. 1):

$$y_1 = -7,3032t + 301,35. \quad (12)$$

Прогноз количества пожаров в Российской Федерации по различным методикам и результаты сравнения со статистическими данными приведены в виде таблицы 7 и рисунка 4.

Таблица 7 – Количество пожаров в РФ согласно статистической информации и по результатам прогнозирования

| Год | Данные статистики | Прогноз по уравнениям | | |
|------|-------------------|-----------------------|----------------|----------------|
| | | линии тренда (12) | регрессии (2) | регрессии (4) |
| 2011 | 168,5 | 177,2 (+4,9%) | 172,98 (+2,6%) | 175,5 (+3,99%) |
| 2012 | - | 169,89 | 163,155 | 167,14 |
| 2013 | - | 162,59 | 153,0 | 158,63 |

Анализируя результаты прогнозирования количества пожаров по уравнениям регрессий и линии тренда, можно сделать вывод о том, что они удовлетворительно согласуются со статистическими данными (для 2011 г. разница в значениях составила 2,6..4,9%). Наименьшее расхождение результатов характерно для прогноза с помощью регрессионных моделей, позволяющих учесть социально-экономические факторы и износ основных фондов на количество пожаров.

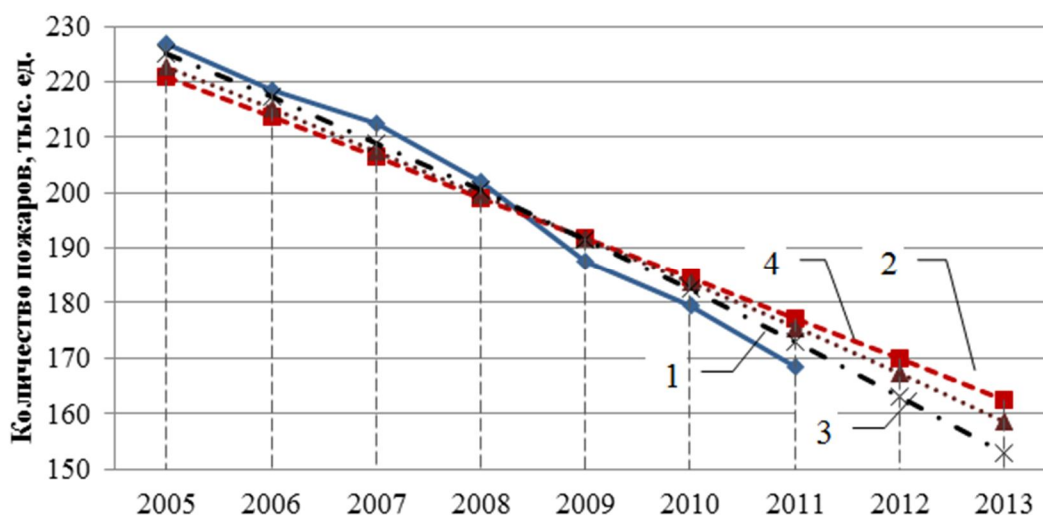


Рисунок 4 – Динамика изменения числа пожаров: 1 – согласно статистической информации [5]; 2 – согласно прогнозу по уравнению линии тренда (12); 3 – то же, по уравнению регрессии (2) в зависимости от социально-экономических факторов; 4 – то же, по уравнению регрессии (4) в зависимости от площади жилья, не относящегося к ветхому и аварийному

Многофакторный анализ вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций различного характера на урбанизированных территориях позволит сформулировать научно обоснованные предложения по организации мероприятий защиты, в том числе по корректировке действующего законодательства и проектов целевых программ комплексной безопасности городов и поселений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожары и пожарная безопасность в 2011 году: Статистический сборник. Под общ. ред. В.И. Климкина. – М.: ВНИИПО, 2012. – 137 с.
2. Пожары и пожарная безопасность в 2010 году: Статистический сборник. Под общ. ред. В.И. Климкина. – М.: ВНИИПО, 2011. – 140 с.
3. Пожары и пожарная безопасность в 2009 году: Статистический сборник. Под общ. ред. Н.П. Копылова. – М.: ВНИИПО, 2010. – 135 с.
4. Ильичев, В.А. Методика прогнозирования показателей биосферосовместимости урбанизированных территорий [Текст] / В.А. Ильичев, В.А. Гордон, В.И. Колчунов. – Градостроительство. – С. 37-43.
5. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.gks.ru>.
6. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.fireman.ru>.
7. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.0-1.ru>.
8. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.mchs.gov.ru>.
9. Кобзарь, А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников [Текст] / А.И. Кобзарь. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.
10. Большев, Л.Н. Таблицы математической статистики [Текст] / Л.Н. Большев, Н.В. Смирнов. – М.: Наука. Гл. ред. мат. литературы. – 1983. – 416 с.

Скобелева Елена Анатольевна

Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс, г. Орел

Кандидат технических наук, директор Архитектурно-строительного института

Тел.: +7 (4862) 73-43-95

E-mail: skobelevaea77@rambler.ru

E. SKOBELEVA

ANALYSIS DYNAMIC FREQUENCY OF EMERGENCE FIRES IN THE URBANIZED TERRITORIES AS FUNCTIONS OF A NUMBER OF FACTORS

The article brings analysis of statistical data on the numbers of fires and factors allegedly influencing it in the Russian Federation (the period of 1995-2011 is captured). Expediency of use of statistics on socio-economic factors and wear of fixed assets is shown when forecasting the number of fires.

Keywords: *fires, statistics, socio-economic factors, shabby and emergency housing stock, trend, regression.*

BIBLIOGRAPHY

1. Pozhary i pozharnaja bezopasnost' v 2011 godu: Statisticheskij sbornik. Pod obshh. red. V.I. Klimkina. – M.: VNIPO, 2012. – 137 s.
2. Pozhary i pozharnaja bezopasnost' v 2010 godu: Statisticheskij sbornik. Pod obshh. red. V.I. Klimkina. – M.: VNIPO, 2011. – 140 s.
3. Pozhary i pozharnaja bezopasnost' v 2009 godu: Statisticheskij sbornik. Pod obshh. red. N.P. Kopylova. – M.: VNIPO, 2010. – 135 s.
4. Il'ichev, V.A. Metodika prognozirovanija pokazatelej biosferosovmestimosti urbanizirovannyh territorij [Tekst] / V.A. Il'ichev, V.A. Gordon, V.I. Kolchunov. – Gradostroitel'stvo. – S. 37-43.
5. Jelektronnyj resurs. Rezhim dostupa: <http://www.gks.ru>.
6. Jelektronnyj resurs. Rezhim dostupa: <http://www.fireman.ru>.
7. Jelektronnyj resurs. Rezhim dostupa: <http://www.0-1.ru>.
8. Jelektronnyj resurs. Rezhim dostupa: <http://www.mchs.gov.ru>.
9. Kobzar', A.I. Prikladnaja matematicheskaja statistika. Dlja inzhenerov i nauchnyh rabotnikov [Tekst] / A.I. Kobzar'. – M.: Fizmatlit, 2006. – 816 s.
10. Bol'shev, L.N. Tablicy matematicheskoy statistiki [Tekst] / L.N. Bol'shev, N.V. Smirnov. – M.: Nauka. Gl. red. mat. literatury. – 1983. – 416 s.

Elena Skobeleva

State university – educational-science-production complex, Orel
Candidate of technical sciences, director of the Architectural-construction institute
Ph.: +7 (4862) 73-43-95
E-mail: skobelevaea77@rambler.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛИЩА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОЦИАЛЬНО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В СТАВРОПОЛЬСКОМ КРАЕ

В статье рассматривается совершенствование планировочных решений в индивидуальном жилище, и они зависят от социально-демографических условий от развития и количественного состава семьи. Выделены три направления совершенствования индивидуального жилища: дома с трансформируемым объемно-планировочным решением; дома для сложных семей; «растущие» жилые дома. Трансформируемые жилые дома делятся на три вида: долговременная, кратковременная и сезонная трансформация. Жилые дома для сложных семей имеют три типа: квартиры с минимальным составом помещений; квартиры с расширенным составом помещений; квартиры с возможностью как совместной, так и автономной эксплуатацией всех помещений. «Растущие» жилые дома имеют два вида: первый вид – жилой дом, рассчитанный на одну семью, с учетом расширения ее состава; второй вид – жилой дом, рассчитанный на совместно-раздельное проживание в случае образования новой семьи с последующим выделением второй квартиры. Существуют два приема «роста» жилого дома: по вертикали и по горизонтали.

***Ключевые слова:** совершенствования архитектурных решений, трансформируемые дома, дома для сложных семей, «растущие» дома, трансформация долговременная, кратковременная и сезонная.*

Введение

Существующие строения индивидуального жилища, как дачные (сезонные), так и капитальные постройки городских районов и загородного расположения, постоянно изменяются: делаются пристройки, надстраиваются, утепляются и т.д. Такие работы являются совершенствованием индивидуального жилища, и они зависят от социально-демографических условий, от развития семьи, изменения ее количественного состава. Эти работы активно ведутся в Ставропольском крае с начала 80-х годов 20 века и до настоящего времени [3, 4, 5].

Анализируя изменения социально-демографических условий можно выделить три основных направления совершенствования индивидуального жилища: 1) дома с трансформируемым объемно-планировочным решением; 2) дома для сложных семей; 3) *«растущие»* жилые дома.

1. Индивидуальные жилые дома с трансформируемым объемно-планировочным решением

От требований индивидуальных застройщиков жилого дома к проекту, трансформация жилого дома может быть трех видов: *долговременная, кратковременная и сезонная.*

Долговременная трансформация жилища. Трансформация (превращение, изменение, преобразование) [2] в основном связана с решением социально-демографических задач, возникающих в процессе развития семьи, изменения ее качественного и количественного состава. Трансформация – как одно из основных средств проявления динамической адаптации архитектурных объектов к изменяющимся условиям и требованиям эксплуатации – наиболее целесообразная альтернатива их оптимальной организации [8].

Семейный цикл развития условно делится на шесть основных этапов, каждый из которых предъявляет требования к организации жилища. Одинокий жилец обладает высокой степенью приспособляемости к условиям проживания. В этом случае ему нужна однокомнат-

ная квартира с местом для сна, работы и соответствующей зоной отдыха, кухней и санитарным узлом.

Молодая супружеская пара всегда требует замены однокомнатной квартиры на двухкомнатную квартиру. При гибкой планировке и резервировании дополнительной площади смены квартиры не требуется, производится перепланировка.

Рождение детей, их развитие и взросление, также влияют на особенности эксплуатации квартиры. Маленькие дети (до 2 лет) нуждаются в постоянном присмотре, заботе и контакте с родителями. Детям дошкольного возраста (от 2 до 6 лет) необходим присмотр, в основном, в дневное время, для них особое значение имеет организация игрового пространства в зоне общего пребывания, организуется детская комната. В школьном возрасте дети постепенно обособливаются от родителей, поэтому им необходима отдельная жилая комната. Если дети разнополые и старше восьми лет, то каждому из них нужна отдельная жилая комната [8].

Семья из 3-4 человек, как правило, не уменьшает своих требований в отношении квартиры, потребность в комфорте с возрастом увеличивается. Кроме того, такая семья в большинстве случаев еще нуждается в помещении для детей, которые хотят, но уже не живут в семье и часто возвращаются туда на кратковременное проживание.

На последнем этапе семейного цикла, при отделении взрослых детей от родителей, в квартирах с обычной планировкой образуются излишние жилые площади (резервные комнаты). В квартирах с гибкой планировкой за счет трансформации помещений, этого недостатка, в некоторых случаях, удается избежать.

Квартиры с гибкой планировкой позволяют выделить спальню из общей комнаты, а также делить одну из комнат площадью не менее 16 м² на два освещенных помещения. Долговременную трансформацию в квартирах с гибкой планировкой рекомендуется предусматривать за счет дополнительной жилой площади и ее перераспределения между общей комнатой и спальней. Если резерва жилой площади нет, то изменения в составе семьи (рождение детей, возрастные требования, появление новых людей в составе семьи) вызывают необходимость смены квартиры, что влечет за собой потерю сложившихся социальных связей. Для осуществления данных приемов может быть предусмотрена трансформируемая перегородка между общей комнатой и одной из спален, между спальней родителей и одной из детских спален. Спальня для двоих детей решается с фронтальным и угловым расположением окон, что обеспечивает в дальнейшем возможность разделения ее два освещенных помещения.

Кратковременная трансформация жилища, связанная с периодическим изменением функциональных потребностей семьи или отдельных ее представителей, предусматривает временное объединение жилых и подсобных помещений с помощью раздвижных или шкафных перегородок. Такая кратковременная трансформация способствует перераспределению функциональных требований жилища, создает удобство в эксплуатации помещений.

В зависимости от конкретных потребностей семьи возможны различные варианты взаимной кратковременной трансформации жилых и подсобных помещений – общей комнаты, передней и кухни. Общая комната предназначена для отдыха, семейных встреч, приема пищи. Кухня выполняет функцию приготовления и приема пищи. В некоторых случаях возможно выделение специальной столовой комнаты. Таким образом, формируются связи между общей комнатой, кухней и столовой. Если объединяется с этой группой помещений холл-передняя, то образуется пространство, которое может стать местом приема гостей. Спальные комнаты необходимо делать изолированными, таким образом, предоставляя каждому представителю семьи возможность отдельного уединения.

Пространство для игр детей и занятий любительского труда, организуется трансформацией спальни и передней, или спальни с общей комнатой. Спальня родителей должна примыкать непосредственно к одной из детских спален, а при необходимости объединяться с ней.

Для отдельных семей, имеющих развитое личное подсобное хозяйство, возможно планировочное решение с увеличением зоны для приготовления и приема пищи (кухня-столовая),

за счет уменьшения размеров общей комнаты и увеличения спальных комнат с учетом разделения их в дальнейшем на два освещенных помещения. Для отдельных индивидуальных застройщиков большое значение имеет парадная зона (общая комната, передняя и столовая), увеличенная за счет подсобно-хозяйственной зоны.

Улучшение эксплуатационных, эстетических и гигиенических качеств помещений в первую очередь, коснется той группы помещений, которая в современном жилище имеет чисто утилитарное назначение и где, как правило, отсутствует естественное освещение. Например, передняя трансформируется в холл, примыкающий к общей комнате и кухне. Выделяя небольшую переднюю, где устанавливается вешалка для верхней одежды, холл превращается в многофункциональное помещение, объединенное с общей комнатой широким проемом или раздвижной перегородкой [7, 8].

Перераспределение площадей в квартире достигается путем применения несущих внутренних стен, решенных в виде объемных шкафов или широких проемов. Необходимым условием для обеспечения перераспределения помещений должно быть смежное расположение трансформируемых помещений – общей комнаты и кухни, спальни родителей и детской спальни.

При гибком планировочном решении увеличивается шаг несущих стен, при этом большое значение имеют большепролетные конструкции. Фиксированное расположение окон, отопительных приборов, санузлов, моек, газовых и электрических плит должно обеспечивать возможность свободной перестановки перегородок.

Сезонная трансформация жилища предполагает объединение жилых и подсобных помещений с летним помещением. Поскольку организация летнего быта является характерной чертой жизнедеятельности сельских жителей, то в составе индивидуального жилого дома почти всегда имеется летнее помещение – веранда.

Анализ исследования показал, что для индивидуального жилища наиболее рациональным является связь летнего помещения с общей комнатой и кухней, если позволяют условия, возможно объединение летнего помещения с общей комнатой, в таком варианте достигается наибольшая парадность и увеличивается площадь, необходимые условия для традиционного приема большого числа гостей. В теплое время года веранда может использоваться как дополнительное жилое помещение – спальня, кабинет, столовая, что определяется местоположением веранды в структуре дома и его связи с остальными помещениями. При разработке проекта жилого дома с последующей сезонной трансформацией необходимо учитывать возможность устройства основного входа в дом через веранду.

2. Жилые дома для сложных семей

Квартиры усадебных жилых домов, предназначенные для проживания сложных семей, можно систематизировать, используя общую методику, разработанную в ЦНИИЭП жилища [1, 6]. Состав, оснащение, размещение и площадь жилых и подсобных помещений, находящихся в личном пользовании разных поколений семьи, отражают степень независимости выделенного жилого пространства (комнаты или жилой ячейки) от зоны общественного пользования. Размещение помещений, предназначенных для общественного пользования, гостиной, общей комнаты или столовой, кухни, отражает пространственную общность помещений квартиры.

В предлагаемой классификации учтены все возможные условия проживания семьи из нескольких поколений от одной квартиры до двухквартирного дома, где квартиры расположены смежно (табл. 1).

Классификация состоит из девяти позиций, объединенных в три основных типа: 1) квартиры с минимальным составом жилых и подсобных помещений; 2) квартиры с расширенным составом жилых и подсобных помещений; 3) квартиры с возможностью как совместной, так и автономной эксплуатацией всех помещений [7, 8].

Таблица 1 – Типы квартир индивидуального жилого дома для семей с родителями пожилого возраста [8].

| | | |
|--|---|--|
| Тип 1. Квартиры с минимальным составом помещений | ● | 1. Квартиры с одной спальней зоной |
| | ● | 2. Квартиры с двумя спальными зонами |
| Тип 2. Квартиры с расширенным составом жилых и подсобных помещений | ● | 3. Квартиры с дополнительным санузлом (унитаз и умывальник) |
| | ● | 4. Квартиры с дополнительным санузлом (ванна, унитаз и умывальник) |
| | ● | 5. Квартира с дополнительным входом |
| | ● | 6. Квартира с дополнительной гостиной |
| Тип 3. Квартиры с возможностью совместной и автономной эксплуатации | ● | 7. Две квартиры с одной гостиной |
| | ● | 8. Две сообщающиеся квартиры (двухквартирный дом) |
| | ● | 9. Две квартиры, расположенные смежно (двухквартирный дом) |

Первый тип – квартиры с минимальным составом жилых и подсобных помещений характеризуются высоким уровнем пространственной объединенности помещений в одну общую комнату. Все подсобные помещения находятся в совместном пользовании всего состава семьи разных поколений. Этот тип включает две группы квартир – жилые ячейки с одной и двумя спальными зонами. В квартирах с двумя спальными зонами, одна из которых состоит из одной или двух комнат, располагающихся, как правило, при входе в дом, рекомендуется устраивать кладовую для одежды, встроенный шкаф (рис. 1).

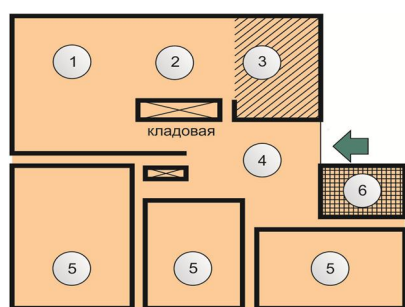


Схема квартиры с одной спальней зоной

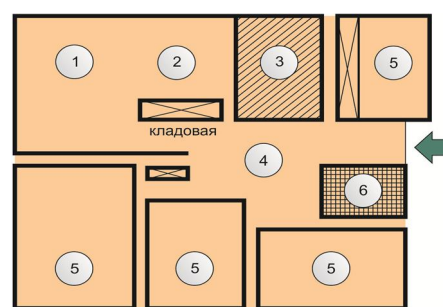


Схема квартиры с двумя спальней зонами

Рисунок 1 – Схемы квартир с минимальным составом помещений:

1 – общая комната; 2 – столовая; 3 – кухня; 4 – прихожая; 5 – спальня; 6 – санитарный узел

Второй тип – квартиры с расширенным составом жилых и подсобных помещений определяют средний уровень пространственной объединенности и обособленности. Простейший вид квартиры, в которой, помимо жилых комнат, кухни и основного санитарного узла с ванной, унитазом и умывальником имеется дополнительный санитарный узел с унитазом и умывальником. Как вариант – квартира с дополнительным санузлом (ванна, унитаз и умывальник), который может быть как совмещенный, так и отдельный. Размещение дополнительного санитарного узла при спальней зоне пожилых родителей повышает пространственную независимость.

Дальнейшим этапом повышения пространственной обособленности помещений является устройство дополнительного входа с передней, где рекомендуется устройство еще одного встроенного шкафа для одежды. Отдельный вход в спальную зону пожилых родителей может быть устроен с улицы через тамбур или через веранду (рис. 2). Дополнительная гостиная в квартире обеспечивает пространственную свободу для досуга, отдыха и приема гостей, создает условия автономного проживания разных поколений в квартире.

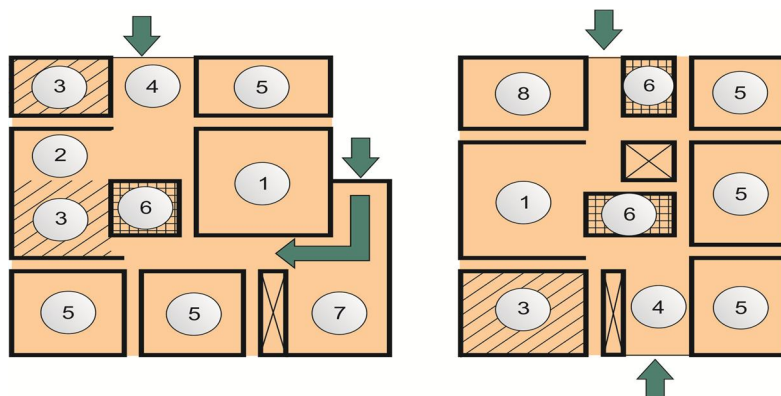


Рисунок 2 – Схемы квартир с расширенным составом жилых и подсобных помещений, квартиры с дополнительным входом:
 1 – общая комната; 2 – столовая; 3 – кухня; 4 – прихожая;
 5 – спальня; 6 – санузел; 7 – веранда; 8 – хозяйственная комната

Две жилые ячейки с общими помещениями (кухня, общая комната, гостиная) обеспечивают значительную пространственную независимость для разных поколений семьи. Кухни могут быть равнозначными и неравнозначными по своим характеристикам – возможно устройство одной из них в виде ниши. В квартирах этого вида возможно полное разделение хозяйственно-бытовой деятельности поколений.

Третий тип – две сообщающиеся квартиры с полным набором жилых и подсобных помещений предполагают автономию проживания разных поколений семьи при наличии внутренней связи – коридора, холла, лестницы (рис. 3). Другой вариант: квартиры могут быть разделены на две самостоятельные жилые ячейки с полным набором жилых и подсобных помещений. Возможны еще варианты деления квартир, число которых увеличивается от количества жилых и подсобных помещений, поскольку связь жилых ячеек осуществляется трансформацией помещений, кроме санитарных узлов и спален (рис. 4).

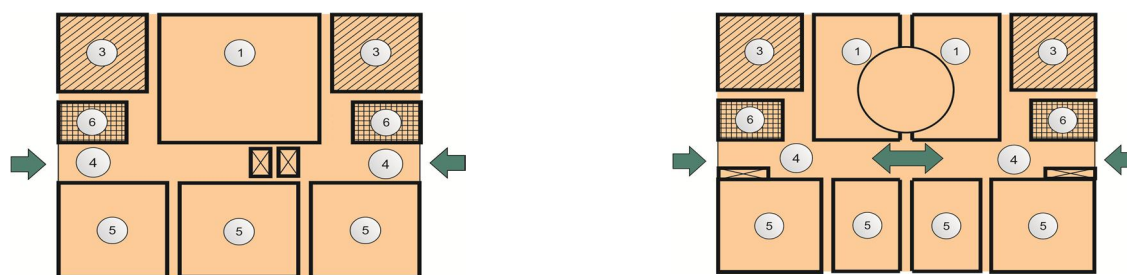


Схема двух квартир с одной общей комнатой

Схема двух сообщающихся квартир

Рисунок 3 – Схемы жилых домов с возможностью совместной или автономной эксплуатацией квартир:
 1 – общая комната; 2 – столовая; 3 – кухня; 4 – прихожая;
 5 – спальня; 6 – санузел

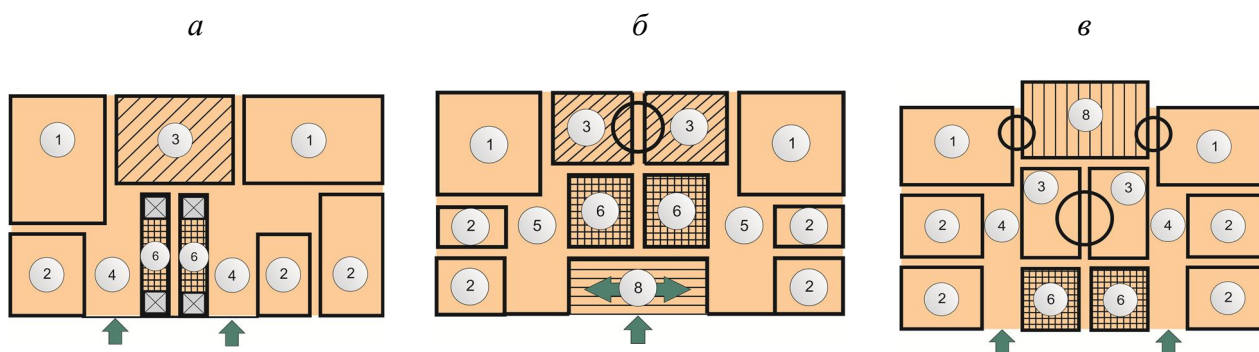


Рисунок 4 – Схемы жилых домов сложной структуры, состоящих из двух квартир с помещениями общего пользования:
а – схема двух квартир с общей кухней-столовой; б – схема двух квартир с общей прихожей-верандой; в – схема двух квартир с общими летними помещениями (веранды)
 1 – общая комната; 2 – спальня; 3 – кухня; 4 – прихожая; 5 – холл;
 6 – санузел; 7 – кладовая; 8 – веранда

Двухквартирный жилой дом с изолированными квартирами обеспечивает наибольшую независимость проживания поколений сложной семьи (рис. 5). Однако, при совместно-раздельном проживании (в двух рядом расположенных квартирах) целесообразно иметь возможность кратковременной трансформации двух общих комнат для проведения общих семейных торжеств [8].

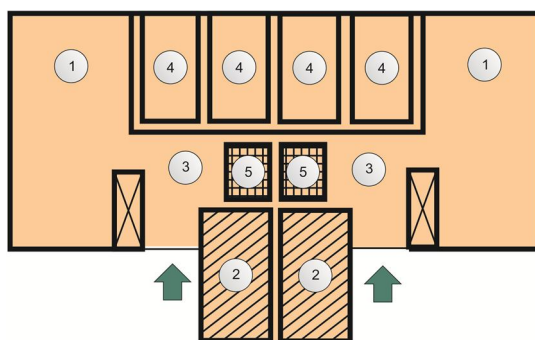


Рисунок 5 – Схема двухквартирного индивидуального жилого дома с изолированными квартирами:
 1 – общая комната; 2 – кухня; 3 – прихожая; 4 – спальня; 5 – санузел

3. «Растущие» жилые дома

В зависимости от демографического состава семьи и ее социального положения одноквартирные *«растущие»* жилые дома делятся на два вида:

Первый вид – жилой дом, рассчитанный на одну семью, с учетом расширения ее состава и увеличения степени комфорта проживания.

Второй вид – жилой дом, рассчитанный на совместно-раздельное проживание в случае образования новой семьи с последующим выделением второй квартиры.

Существуют два приема *«роста»* жилого дома: по *вертикали* и по *горизонтали*.

Развитие жилого дома по *вертикали* предусматривает наличие резервной площади в чердачном пространстве для переоборудования ее в мансарду. Для оборудования мансарды необходимо предусматривать наличие отдельного помещения или свободной зоны для устройства внутренней лестницы на первом этаже.

Конструкция крыши жилого дома должна обеспечивать высоту и площади соответствующие для жилых комнат согласно РСН 70-88 [10]. При всем этом чердачное пространство должно быть свободно от элементов конструкций. Форма крыши должна обеспечивать освещение жилых помещений мансарды. Расширение одноквартирного дома путем переоборудования чердачного пространства в жилую мансарду не требует возведения или реконструкции

ограждающих и несущих конструкций, а ограничивается утеплением кровли, установкой инженерного оборудования (отопление, вода и канализация) и отделочными работами.

Развитие жилого дома по *горизонтали* путем пристройки дополнительных помещений возможно при соблюдении следующих условий:

- расширение жилого дома не противоречит нормируемым, предельно допустимым расстояниям между строениями;
- наличие свободной территории участка для пристройки;
- развитие жилища по горизонтали осуществляется без функциональных и конструктивных изменений существующего жилого дома.

При проектировании *«растущих»* жилых домов следует учитывать возможность переоборудования резервных помещений в жилые комнаты или пристройки к дому дополнительных помещений, при этом остальные помещения функционально не меняются. В проектах жилых домов, растущих по вертикали, необходимо предусматривать большую прихожую с кладовой, где в дальнейшем может быть расположена лестница, ведущая на мансарду. К жилому дому, растущему по горизонтали, могут быть пристроены две комнаты.

«Растущий» жилой дом с последующим устройством второй квартиры развивается по тем же принципам роста по вертикали и горизонтали. При устройстве второй квартиры необходимо учитывать некоторые особенности:

- при развитии жилого дома по горизонтали устройство второй квартиры для новой семьи из многоквартирного жилого дома осложняется устройством второй кухни, санузла, дополнительного выхода. Такое решение обеспечивается без дополнительных материальных затрат на организацию новых помещений, при наличии в жилом доме второго входа, хозкухни и постирочной с естественным освещением этих помещений;

- при развитии жилого дома по вертикали необходимо предусматривать на первом этаже помещение для отдельного входа во вторую квартиру и отдельное помещение для устройства внутренней лестницы, ведущей на второй этаж.

При совместно-раздельном проживании двух семей возможно объединение передних в одно помещение, в остальном функциональное зонирование двух квартир жилого дома может осуществляться так же, как и для двух простых семей.

Для реализации принципа гибкой планировки на первом этапе развития в первоначальном варианте жилого дома предусматривается дополнительный (третий) входной узел, хозкухня и постирочная. При переоборудовании хозкухни в кухню, а постирочной в санузел, жилой дом разделяется на две квартиры. Дальнейший *«рост»* одной из квартир жилого дома производится путем пристройки дополнительной комнаты к существующему дому.

«Растущие» жилые дома являются наиболее перспективными типами жилых домов для индивидуальных застройщиков. Кроме этого, объемно-планировочная структура *«растущего»* жилого дома позволяет приблизить архитектурные решения современного сельского индивидуального жилища к традиционному жилью. Как правило, в традиционном жилище заложена способность жилого дома к развитию, как одного из основополагающих принципов народного зодчества [5].

Заключение

Рассмотренная актуальная проблема совершенствования архитектурно-планировочной организации индивидуального жилища для создания искусственной среды обитания, адаптирующейся к потребностям семьи изменения ее количественного состава, переходит из концептуального аспекта в актуальные решения.

Процессы дальнейшей эволюции среды обитания человека немыслимы без симбиоза приспособляемости людей и приспособляемости объектов архитектуры [9]. Симбиоз, который в основном достигается путем применения *принципа модульности, варибельности и роста*, средствами которых служат гибкая планировка и трансформативность жилого дома.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация проектирования объектов в жилищно-гражданском строительстве (современные технологии) [Текст]. Сборник научных трудов. – М.: ЦНИИЭП жилища, 1991.
2. Большой энциклопедический словарь [Текст]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: «Большая Российская энциклопедия»; СПб.: «Норинт», 2002. – 1456 с.
3. Бударин, Е.Л. Архитектурно-планировочная организация и этапы развития индивидуального жилища на Ставрополье [Текст] / Е.Л. Бударин // Монтажные и специальные работы в строительстве. Ежемесячный научно-технический и производственный журнал. – 2012. – №9 (845). – С. 10-14.
4. Бударин, Е.Л. Архитектурный облик индивидуального жилищного строительства в городе (на примере Ставрополя) [Текст] / Е.Л. Бударин // Монтажные и специальные работы в строительстве. Ежемесячный научно-технический и производственный журнал. – 2013. – №1 (849). – С. 20-24.
5. Бударин, Е.Л. Архитектура загородного индивидуального жилища, его типы и развитие на юге России [Текст] / Е.Л. Бударин // Строительство и реконструкция. – Орел: ГУ-УНПК. – 2013. – №1 (45). – С. 47-56.
6. Проблемы экологичного жилища [Текст]. Сборник научных трудов. – М.: ЦНИИЭП жилища, 1991.
7. Рекомендации по проектированию сельских жилых домов и надворных построек для индивидуальных застройщиков [Текст]. – М.: ЦНИИЭПграждансельстрой, 1989.
8. Рекомендации по проектированию перспективных типов сельского жилища для индивидуальных застройщиков [Текст]. – М.: ЦНИИЭПграждансельстрой, 1990.
9. Сапрыкина, Н.А. Основы динамического формообразования в архитектуре [Текст]: Учебник для вузов / Н.А. Сапрыкина. – М.: «Архитектура-С», 2005. – 312 с.
10. СП 30-102-99. Планировка и застройка территорий малоэтажного жилищного строительства; здания и сооружения [Текст].

Бударин Евгений Леонидович

Северо-Кавказский федеральный университет, Гуманитарный институт, г. Ставрополь

Доцент кафедры «Дизайн»

E-mail: budarin_@mail.ru

E. BUDARIN

**IMPROVEMENT OF ARCHITECTURE SOLUTIONS
OF INDIVIDUAL HOUSING IN DEPENDENCE OF SOCIAL
AND DEMOGRAPHICAL CONDITIONS IN STAVROPOL REGION**

Improvement of planning decisions of the individual dwelling is considered in this article, that depend on social and demographic conditions and quantitative structure of a family. Three directions of improvement of the individual dwelling are allocated: houses with transformed space-planning decision; houses for difficult families; «growing» houses. Transformed houses share on three types: long-term, short-term and seasonal transformation. Houses for difficult families have three types: apartments with the minimum quantity of rooms; apartments with expanded quantity of rooms; apartments with opportunity of joint, and autonomous operation of all rooms. «Growing» houses have two appearance: the first look – a house for one family, with taking into account expansion of its structure; the second look – a house for coinstitutional accommodation in case of formation of a new family with the subsequent allocation of the second apartment. There are two receptions of "growth" of a house: on a vertical and across.

Keywords: *Improvement of architectural concepts, transformed houses, houses for difficult families, «growing» houses, long-term, short-term and seasonal transformations.*

BIBLIOGRAPHY

1. Avtomatizacija proektirovanija ob'ektov v zhilishhno-grazhdanskom stroitel'stve (sovremennye tehnologii) [Tekst]. Sbornik nauchnyh trudov. – М.: CNIIJeP zhilishha, 1991.

2. Bol'shoj jenciklopedicheskiy slovar' [Tekst]. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: «Bol'shaja Rossijskaja jenciklopedija»; SPb.: «Norint», 2002. – 1456 s.
3. Budarin, E.L. Arhitekturno-planirovochnaja organizacija i jetapy razvitija individual'nogo zhilishha na Stavropol'e [Tekst] / E.L. Budarin // Montazhnye i special'nye raboty v stroitel'stve. Ezhemesjachnyj nauchno-tehnicheskij i proizvodstvennyj zhurnal. – 2012. – №9 (845). – S. 10-14.
4. Budarin, E.L. Arhitekturnyj oblik individual'nogo zhilishhnogo stroitel'stva v gorode (na primere Stavropolja) [Tekst] / E.L. Budarin // Montazhnye i special'nye raboty v stroitel'stve. Ezhemesjachnyj nauchno-tehnicheskij i proizvodstvennyj zhurnal. – 2013. – №1 (849). – S. 20-24.
5. Budarin, E.L. Arhitektura zagorodnogo individual'nogo zhilishha, ego tipy i razvitie na juge Rossii [Tekst] / E.L. Budarin // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. – Orel: GU-UNPK. – 2013. – №1 (45). – S. 47-56.
6. Problemy jekologichnogo zhilishha [Tekst]. Sbornik nauchnyh trudov. – M.: CNIIJeP zhilishha, 1991.
7. Rekomendacii po proektirovaniju sel'skih zhilyh domov i nadvornyh postroek dlja individual'nyh zastrojshhikov [Tekst]. – M.: CNIIJePgrazhdansel'stroj, 1989.
8. Rekomendacii po proektirovaniju perspektivnyh tipov sel'skogo zhilishha dlja individual'nyh zastrojshhikov [Tekst]. – M.: CNIIJePgrazhdansel'stroj, 1990.
9. Saprykina, N.A. Osnovy dinamicheskogo formoobrazovanija v arhitekture [Tekst]: Uchebnik dlja vuzov / N.A. Saprykina. – M.: «Arhitektura-S», 2005. – 312 s.
10. SP 30-102-99. Planirovka i zastrojka territorij malojetazhnogo zhilishhnogo stroitel'stva; zdanija i sooruzhenija [Tekst].

Evgeny Budarin

North Caucasus federal university, Humanitarian institute, Stavropol

Associate professor of department «Design»

E-mail: budarin_@mail.ru

ЗАХАРОВА Е.Н.

ГНОСИОЛОГИЧЕСКИЕ КОРНИ АРХИТЕКТУРЫ И КОСТЮМА

В данной статье рассматриваются две сферы человеческой деятельности: архитектура и дизайн костюма с позиций поиска гармонии как в них самих, так и между ними. Характеризуются и уточняются категории, описывающие понятие гармонии. Архитектура и костюм рассматриваются с точки зрения таких признаков гармонии как согласованность, единство и связанность всех элементов, единства и борьбы противоположностей и т.п. Кроме того, затрагивается необходимость влияния гармонии на работу дизайнера, актуальность гармоничной с окружающей средой деятельности в наши дни.

Ключевые слова: гармония, дизайн, архитектура, костюм.

С древних времен человек стремится понять, что есть гармония. Философы, начиная от Пифагора и Платона и до наших дней утверждают, что гармония является творческим, созидательным и упорядочивающим началом всего, что есть в природе земли и всего мироздания. С древних времен ученые стремятся понять сущность гармонии, возможности ее проявления в различных сферах человеческой деятельности, начиная от творческой – поэзии, музыки, живописи, дизайна и в науке – от архитектуры до астрономии.

В Древней Греции гармония отождествлялась с музыкой, а в строительном деле этот термин обозначал особо прочный способ кладки камней в стене (Павсаний). В современной науке гармония часто отождествляется с «красотой» представляемой теории. Это утверждали А.Б. Мигдал, А.П. Стахов, Р. Фейман и др. А гениальный А. Эйнштейн стремился среди кажущегося бесконечного разнообразия открыть «всемирную гармонию».

Нам представляется небезынтересным обратиться к рассмотрению двух сфер человеческой деятельности – архитектуры и дизайна костюма с позиций поиска гармонии как в них, так и между ними. Для этого необходимо уточнить категории, характеризующие понятие «гармония».

Первый признак гармонии – согласованность, единство и связанность всех элементов, входящих в гармоничную систему. В современной науке архитектура определяется как искусство моделирования среды обитания человека и проектирования поведения людей в этой среде путем особой функциональной и художественной организации пространства и формы, художественной работы с пластикой элементов и цветом. Другими словами архитектура призвана согласовать различные здания, сооружения и их комплексы с особенностями жизнедеятельности людей, с одной стороны, и, с другой, это единство может возникнуть, если в самой архитектуре все ее элементы будут согласованы (планировка внешних и внутренних помещений, согласованность отдельных архитектурных сооружений и т.п.). В России существуют специальности архитекторов: архитектура жилых и общественных зданий (архитектор-объемщик); градостроительство и планировка населенных мест (архитектор-планировщик); архитектура промышленных зданий; теория и история архитектуры; дизайн архитектурной среды (архитектор-дизайнер).

Проектирование костюма в свою очередь представляет собой комплексный процесс, в котором принимают участие различные специалисты: конструкторы, технологи, художники-конструкторы, эргономисты, экономисты и др. Поэтому одного художественно-интуитивного подхода к решению проблемы проектирования костюма недостаточно. В деятельности дизайнера костюма все большее значение приобретает научно-технический, предполагающий знания в области техники, эргономики, экономики, науки об управлении и планировании. Сложность проблем, в решении которых участвует дизайнер по костюму, требует разработки и применения научно обоснованных методов для систематизации и организации дизайнерского труда, методов конструирования одежды, технологичности узлов обработки из определенных тканей и материала, технологического процесса изготовления изделия. Дизайнер по костюму, как правило, разрабатывает свое изделие для широкого круга потребителей или определенной

социальной группы (одежда для пожилых, молодежи и т.д.). В этом и проявляется первая категория гармонии как в архитектуре, так и в дизайне костюма.

Второй признак гармонии – единство и борьба противоположностей, контрасты. Для создания художественного образа в архитектурной композиции часто используют контрастные и нюансные отношения элементов формы, что собственно и является борьбой противоположностей. Элементы архитектурной композиции могут резко отличаться при сопоставлении друг с другом по размерам, пропорциям, цвету, фактуре и другим характеристикам и тем самым усиливать роль друг друга с помощью контрастного сопоставления. Примером контраста в архитектуре является цветовое противопоставление дополнительных цветов (красный – зеленый, синий – желтый), взятых не строго по спектру, а с гармоничным сочетанием промежуточного дополнительного, разбавленного ахроматическим цветом.

Цвет, является элементом знаковой системы костюма. Связь цвета просматривается со всеми элементами поверхности формы: с видом материала, его поверхностными характеристиками, фактурой, пластикой. Условиями эмоциональной выразительности ахроматических композиций в костюме являются светлотный диапазон, светлотный контраст, пропорциональные отношения площадей, занимаемых каждым тоном. Выделяют четыре основных группы гармонических сочетаний цветов в костюме: однотоновые гармонические сочетания цветов; гармонические сочетания родственных цветов; гармонические сочетания родственно-контрастных цветов; гармонические сочетания контрастных дополнительных цветов. Таким образом, и архитектура, и костюм имеют художественную основу, которая достигается единством и борьбой противоположностей, что в свою очередь характеризуется наличием гармонии.

Еще один признак гармонии – мера. Качество любого объекта органически связано с определенным количеством (свойств, сторон, признаков, размеров, числа компонентов данной системы и т.п.). Количественные характеристики могут меняться за счет изменения числа, размеров, порядка связи элементов и т.п. Мера указывает предел, за которым изменение количества влечет за собой изменение качества. Следовательно, соблюдение меры лежит в основе ритма, гармонии, мелодии в музыке, ансамбля в архитектуре и костюме.

Следующий признак гармонии – пропорциональность. Любая гармоничная система составлена из нескольких элементов, между которыми должно быть определенное количественное соотношение, пропорция. В.Н. Бабич отмечает, что различные теории пропорций сопровождали архитектуру на всех этапах ее истории. Суть всех концепций пропорций – в установлении закономерной упорядоченности, которая способна привести композицию к гармонии и единству.

В одежде так же огромную роль играют пропорции. Пропорции в костюме – это соотношения частей костюма по величине между собой и в сравнении с фигурой человека. Сравнительная длина, ширина, объем лифа и юбки, рукавов, воротника, головного убора, деталей влияют на зрительное восприятие фигуры в костюме, на мысленную оценку ее соразмерности. Самыми красивыми, совершенными, «правильными» выглядят такие соотношения, которые близки естественным пропорциям человеческой фигуры. В костюме применяют как естественные пропорции, так и сознательно нарушенные. Говоря о пропорциях, хотелось бы вспомнить о бессмертной красоте архитектурных памятников Древней Руси и античной Греции, которые так не похожи друг на друга и в то же время близки своей гармонией, художественным расчетом пропорций, линий, украшений, естественностью слияния с природой.

В настоящее время мы осознали потребность в красоте и гармонии, как в собственном доме, офисе, на дачном участке, на улицах городов, в собственном внешнем облике. Красота и гармония – основные составляющие профессии «дизайнер».

Средовая ориентация деятельности архитектора-дизайнера предельно широка и касается самых различных областей материально художественной культуры – архитектуры, промышленного дизайна, прикладного и оформительского искусства, искусства экспозиции, театра, кино – непосредственно формирующих окружающую нас предметно-визуальную реальность.

Каждая мода так или иначе является зеркалом своего времени, отражая общественно-политическую жизнь общества, уровень и характер развития производительных сил, наиболее яркие события эпохи, важнейшие культурные и научные достижения, привычки и психологию современного человека, его представления об эстетическом идеале. Формы костюма всегда

развиваются параллельно с развитием общего стиля в искусстве и архитектуре определенной исторической эпохи, переживая вместе с ним все этапы эволюции: зарождение, расцвет и угасание, причем с момента «умирания» старой, уже изжившей себя костюмной формы начинается процесс формирования новой.

Итак, и архитектура и костюм создают окружающую среду, развивают ее и существуют в ней по законам красоты и гармонии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабяшкина, А. Модный божок русского WEB [Текст]: Самый модный Интернет-дизайнер Артемий Лебедев // Карьера. – 2002. – №3. – С. 22-25.
2. Гордон, В. Дизайн по...: Обучение дизайну в Великобритании, Франции, Италии, Германии, США [Текст] / В. Гордон // Куда пойти учиться. – 2003. – №29. – С. 28-29.
3. Гречко, М. Профессия для каждого: Дизайнер интерьера [Текст] / М. Гречко // Куда пойти учиться. – 2003. – №9. – С. 18.
4. Колодин, Е. Три составляющих успеха Кутюрье [Текст] / Е. Колодин // Куда пойти учиться. – 2003. – №2. – С. 6-7.
5. Колодин, Е. Прорабы дизайна [Текст] / Е. Колодин // Куда пойти учиться. – 2003. – №38. – С. 12-14.
6. Колодин, Е. Дизайн на пересеченной местности [Текст] / Е. Колодин // Куда пойти учиться. – 2004. – №18. – С. 26-27.
7. Павлова, Л. Этапы большого пути [Текст]: Промышленный дизайн / Л. Павлова // Карьера. – 2003. – №9. – С. 48-53.
8. Тарасова, Е. Буржуазный дизайн [Текст] / Е. Тарасова // Куда пойти учиться. – 2002. – №44. – С. 26-27.
9. Холопов, Ю.Н. Гармония [Текст]. Практический курс / Ю.Н. Холопов. – Части 1, 2. М., 2003, 2005.

Захарова Е.Н.

Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс, г. Орел
Старший преподаватель кафедры «Дизайн»

E. ZAKHAROVA

GNOSIOLOGICAL ROOTS OF ARCHITECTURE AND SUIT

In this article the 2 spheres of the human activity are considered: architecture and suit from the position of searching for concord, as in themselves, so between them. Categories, which describes the conception of concord, are defined and specified. Architecture and suit are considered from such point of view as coordination, unity and connectedness of all elements, unity and conflict of opposites, etc. In addition, the necessity of the influence of concord on the designer's activity and the currency of the activity actual nowadays are touched upon.

Keywords: *harmony, design, architecture, suit.*

BIBLIOGRAPHY

1. Babjashkina, A. Modnyj bozhok russkogo WEB [Tekst]: Samyj modnyj Internet-dizajner Artemij Lebedev // Kar'era. – 2002. – №3. – S. 22-25.
2. Gordon, V. Dizajn po...: Obuchenie dizajnu v Velikobritanii, Francii, Italii, Germanii, SShA [Tekst] / V. Gordon // Kuda pojti učit'sja. – 2003. – №29. – S. 28-29.
3. Grechko, M. Professija dlja kazhdogo: Dizajner inter'era [Tekst] / M. Grechko // Kuda pojti učit'sja. – 2003. – №9. – S. 18.
4. Kolodin, E. Tri sostavl'jajushhih uspeha Kutjur'e [Tekst] / E. Kolodin // Kuda pojti učit'sja. – 2003. – №2. – S. 6-7.
5. Kolodin, E. Proraby dizajna [Tekst] / E. Kolodin // Kuda pojti učit'sja. – 2003. – №38. – S. 12-14.
6. Kolodin, E. Dizajn na peresechennoj mestnosti [Tekst] / E. Kolodin // Kuda pojti učit'sja. – 2004. – №18. – S. 26-27.
7. Pavlova, L. Jetapy bol'shogo puti [Tekst]: Promyshlennyj dizajn / L. Pavlova // Kar'era. – 2003. – №9. – S. 48-53.
8. Tarasova, E. Burzhuznyj dizajn [Tekst] / E. Tarasova // Kuda pojti učit'sja. – 2002. – №44. – S. 26-27.
9. Holopov, Ju.N. Garmonija [Tekst]. Prakticheskij kurs / Ju.N. Holopov. – Chasti 1, 2. M., 2003, 2005.

E. Zakharova

State university – educational-science-production complex, Orel
Senior teacher of faculty «Design»

КОБЕЛЕВА С.А.

ЖИЛИЩНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО, ПРИРОДА, ОБЩЕСТВО, ЭКОНОМИКА: НАПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

В статье приведены примеры взаимосвязи жилищного строительства с современными эколого-экономическими концепциями развития. Жилищное строительство представлено в виде природо-социо-технической системы, учитывающей сбалансированное взаимодействие ее составляющих. Определены дестабилизирующие факторы воздействия на безопасность и комфортность биотехносферы, перечень опасностей и степени влияния. Дальнейшее развитие жилищного строительства должно быть направлено на решение социально-экономических проблем и сопровождаться положительным экологическим эффектом.

Ключевые слова: дестабилизирующие факторы, экологический эффект, жилищное строительство.

Стратегической задачей в Российской Федерации объявлен переход экономики на инновационный путь развития. Приоритетным направлением модернизации и формирования инновационной экономики является развитие человеческого потенциала и человека как главной производительной силы общества. Поэтому данный процесс должен начинаться с обновления условий жизни, образования, здоровья и культуры населения. Одно из первых мест в этом ряду занимает жилищный вопрос – обеспечение граждан современным, доступным, комфортным жильем.

Для формирования системы показателей жилья используются следующие – комфортность, безопасность, эффективность технологий строительства, стоимость и пр. [1]. Однако перечисленные показатели не отражают в полной мере взаимосвязь строительной отрасли и, в частности, жилищного строительства с современными экологическими концепциями развития.

Развитие процессов урбанизации и эколого-экономической интеграции привели к тому, что понятие система стало рассматриваться как комплексное содержание, отражающее взаимосвязь природы, общества, технологий, производства. На сегодняшний момент доказано, что природо-социо-технические системы представляют собой сбалансированные механизмы, включающие подобающие подсистемы: производственно-инфраструктурную, социальную, природо-ресурсную, экономическую и др.

В отрасли жилищного строительства взаимосвязь с экологическими проблемами можно проиллюстрировать многими примерами. Эффективное использование ресурсов улучшает качество жизни – чувствовать себя лучше в безопасных, эффективных и комфортных зданиях. Трудности с добычей природно-сырьевых, топливно-энергетических ресурсов, связанные с увеличением глубины их залегания, а также постепенным сокращением разведанных и вовлеченных в экономический оборот объемов ведут к неизбежному повышению цен на сырье и росту сопутствующих затрат в смежных отраслях промышленности, что в итоге сказывается на стоимости и качестве строительных материалов, изделий, конструкций.

Загрязнение окружающей среды отходами промышленного производства и потребления, строительным ломом, полученным от разборки зданий и др. приводят к уменьшению полезной площади земель, а также требуют огромных затрат на хранение, захоронение, утилизацию отходов и т.д. Таким образом, рост производства неизбежно ведет к увеличению загрязнения окружающей среды техногенными отходами, а необходимость соблюдения экологических нормативов может явиться существенным ограничением экономического, технологического развития строительной отрасли. Эффективное использование ресурсов обычно приносит

прибыль – сокращение энергии и сырья при производстве строительных материалов и конструкций, снижение издержек на эксплуатацию зданий [2].

На развитие природо-социо-технических систем оказывают влияние различные факторы воздействия (табл. 1), которые одновременно являются определяющими и конфликтующими между собой. Проблемы множественности угроз обусловлены тем, что человеческая деятельность практически в любых своих проявлениях является причиной возникновения опасности и порождает антропогенное воздействие на природную среду, вызывает негативные последствия, которые в свою очередь создают угрозы хозяйственной и производственной деятельности.

Таблица 1 – Факторы воздействия на безопасность природо-социо-технических систем

| Перечень опасностей | Вид дестабилизирующего воздействия | Типы безопасности по сферам жизнедеятельности и степень их влияния | | | | | | | | |
|---|------------------------------------|--|---------------|------------------|---------------|--------------------|------------|----------|-----------------|--------------------------|
| | | Экономическая | Экологическая | Производственная | Инновационная | Научно-техническая | Социальная | Жилищная | Демографическая | Общественно-политическая |
| Опасности от воздействия природных факторов на общество, технологии, производство | Природное | ++ | ++ | + | + | + | ++ | ++ | ++ | + |
| Опасности, исходящие от современных технических систем, производства | Техногенное | ++ | ++ | ++ | ++ | + | + | + | + | + |
| Опасности, вызванные присутствием обществу противоречиями | Антропогенное | + | + | + | + | + | + | + | + | + |

Примечание: «++» – сильное влияние; «+» – слабое влияние.

В соответствии с Экологической доктриной Российской Федерации [3] к основным дестабилизирующим факторам природной среды относятся:

- преобладание ресурсодобывающих и ресурсоемких секторов в структуре экономики, что приводит к быстрому истощению природных ресурсов и деградации природной среды;
- низкая эффективность механизмов природопользования и охраны окружающей среды, включая отсутствие рентных платежей за пользование природными ресурсами;
- резкое ослабление управленческих и, прежде всего, контрольных функций государства в области природопользования и охраны окружающей среды;
- высокая доля теневой экономики в использовании природно-сырьевых ресурсов;
- низкий технологический и организационный уровень экономики, высокая степень изношенности основных производственных фондов;
- последствия экономического кризиса и невысокий уровень жизни населения;
- низкий уровень экологического сознания и экологической культуры населения страны.

Серьезными факторами дестабилизации среды жизнедеятельности человека становятся техногенные аварии и природные катастрофы. Многие специалисты указывают на усиление связи между ними и на приобретение многими из них глобально-экологического характера. В

основе большинства чрезвычайных ситуаций лежат дисбаланс между деятельностью человека и окружающей средой, дестабилизация специальных контролирующих систем, нарушение общественных отношений. Научно-технический прогресс, отставание от него общекультурного развития человечества, создает разрыв между повышением риска и готовностью людей к обеспечению безопасности. Нерегулируемое воздействие человека на крупномасштабные процессы в природе может приводить к глобальным катастрофам.

Известно, что численность населения предопределяет суммарные потребности общества в питании, одежде, жилище, образовании и медицинском обслуживании. В свою очередь, это сопровождается усилением антропогенного давления на многие природные ресурсы и вызывает деградацию, особенно при возрастающем расходовании природных ресурсов, и, как следствие, приводит к многочисленным серьезным цивилизационным проблемам и кризисам.

Любой город независимо от размеров и местоположения должен предоставлять любому человеку равные условия для развития, для удовлетворения рациональных потребностей, т.е. тем самым город создает благоприятную среду для жизни и развития человека. Если рациональные потребности человека не удовлетворяются, то они проявляются негативно, создавая опасные социальные ситуации.

Городская среда загрязнена сама по себе. Это не только результат технологического несовершенства цивилизации, но и атрибут концентрации промышленных предприятий и людей. Потоки загрязняющих веществ, возникшие тем или иным путем, распространяются во всех направлениях. Многие города являются полифункциональными, хотя имеются городские поселения с достаточно узкой специализацией. Имеются города административные, торговые, военные, энергетиков, металлургов, шахтеров, горно-металлургические, лесопромышленного комплекса, рыболовецкие, города – транспортные узлы со своей сферой обслуживания. Причем каждый город, исходя из своей специфики, вносит в природную среду свои загрязнения.

Анализ проблем современного города показывает, что все они находятся между двумя крайностями – разрушение природы и деградация человека. В условиях снижения численности населения страны надо переходить к градоустройству на основе принципа создания биосферосовместимых городов, развивающих человека [4].

Градоустроительная доктрина позволит реализовать основные постулаты президентской политики по стратегическому развитию страны: обеспечение политической стабильности, социальной ориентации рыночных отношений, повышение качества и безопасности жизни.

Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 года («Стратегии – 2020») базируется на двух постулатах – новой модели экономического роста и новой социальной политике.

Основные результаты должны быть сосредоточены на получении двойной выгоды, при которой решение социально-экономических проблем сопровождается положительным экологическим эффектом. Простое наращивание объемов жилищного строительства больше не может быть стратегической целью. Необходимо перейти от нее к более приоритетной цели: созданию комфортной среды жизнедеятельности человека, которая позволяет не только удовлетворять жилищные потребности, но и обеспечивать высокое качество жизни в целом.

Наряду с перечисленными экологическими факторами к дестабилизирующим факторам развития жилищного строительства также относятся: неэффективная система градорегулирования и землепользования, административные барьеры, высокие риски для инвестирования и кредитования и пр. Государство, как «оптовый заказчик» на рынке жилищного строительства, не использует возможность влияния на рынок с целью внедрения новых технологий, новых проектных решений и снижения цен на рынке жилья.

В соответствии с таблицей 2 критериями, определяющими состояние защищенности природо-социо-технической системы, являются: «наличие адаптивных механизмов к внешним воздействиям» и «достаточность ресурсов для простого и расширенного воспроизводства».

Таблица 2 – Влияние угроз на свойства природо-социо-технической системы

| Свойства | Критерии | Виды угроз базовым свойствам | Последствия |
|--|--|---|---|
| Способность к саморазвитию | Достаточность ресурсов для простого и расширенного воспроизводства жилищного строительства | Истощение и рост объема использования природных ресурсов. Неэффективное использование природно-сырьевых, топливно-энергетических ресурсов. Высокая изношенность основных фондов, в том числе объектов жилищно-коммунального хозяйства, энергетики, транспорта. Несовершенство законодательной базы и эколого-экономического механизма жилищного строительства и природопользования. Чрезвычайные ситуации природного происхождения. | Снижение экологического потенциала урбанизированной территории. Прекращение деятельности предприятий-природопользователей. Потеря рабочих мест и снижение темпов экономического роста. Кризисные ситуации в экономике: замедление темпов развития из-за невозможности размещения новых предприятий и развития инфраструктуры, сокращение объемов и темпов жилищного строительства и др. |
| Способность противостоять дестабилизирующим факторам | Наличие адаптивных механизмов к внешним воздействиям | Снижение резерва экологической емкости и ассимиляционного потенциала урбанизированной территории. Ошибки научных исследований при расширении техносферы. Увеличение антропогенной нагрузки и др. | Социально-экономический ущерб от загрязнения окружающей среды, здоровья населения. Появление зон бедствия из-за утраты Биосферой свойства самовосстановления. «Давление» общества на природу, превосходящее ее возможности, рост экологических издержек и неэффективность экономики. Рост издержек на восстановление и компенсацию. |
| Целостность системы | Наличие сбалансированного развития всех подсистем | Использование экологически несовместимых со средой обитания строительных технологий и технических средств. Нарушение естественного равновесия природных систем. Вовлечение в экономический оборот социально-экологических благ. | Изменение структуры конечного потребления. Истощение основных элементов природной среды по основным компонентам. Увеличение экспансии города и др. |

Создание безопасной и комфортной биотехносферы для жизни и самореализации человека возможно на базе системного анализа. Одним из путей выхода из сложившейся ситуации является концепция сбалансированного биосферосовместимого развития урбанизированных территорий, предполагающая гармонизацию производственно-инфраструктурных, экономических, экологических, социальных и других интересов. Развитие урбанизированных территорий с учетом принципов биосферной совместимости – предмет многолетних исследований, проводимых Российской академией архитектуры и строительных наук [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кобелева, С.А. Сравнение архитектурно-конструктивных решений жилых зданий по критерию полной энергоемкости [Текст] / С.А. Кобелева // Жилищное строительство. – 2012. – №7. – С. 48-50.
2. Кобелева, С.А. Об экологических требованиях к объектам недвижимости [Текст] / С.А. Кобелева // Строительство и реконструкция. – Орел: ГУ-УНПК. – 2013. – №1 (45). – С. 57-61.
3. Экологическая доктрина Российской Федерации: [Одобрена распоряжением Правительства РФ от 31 августа 2002 г. № 1225-р] // Собрание законодательства РФ. – 2002. – №36. – С. 8879-8892.

4. Ильичев, В.А. Предложения к проекту доктрины градостроительства и расселения (стратегического планирования городов – city-planning) [Текст] / В.А. Ильичев, А.М. Каримов, В.И. Колчунов, В.В. Алексахина, Н.В. Бакаева, С.А. Кобелева // Жилищное строительство, 2012. – №1. – С. 2-11.

5. Ильичев, В.А. Биосферная совместимость – принцип, позволяющий построить парадигму жизни в гармонии с планетой Земля [Текст] / В.А. Ильичев // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2013. – №1. – С. 4-5.

Кобелева Светлана Анатольевна

Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс, г. Орел

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции и материалы»

E-mail: ksa92@ya.ru

S. KOBELEVA

**HOUSING CONSTRUCTION, NATURE, SOCIETY,
ECONOMY: DIRECTIONS OF EFFECTIVE INTERACTION**

In the article examples of interrelation of housing construction with modern ekologo-economic concepts of development are given. Housing construction is presented in the form of the natural-social-technical system considering balanced interaction of its components. Destabilizing factors of impact on safety and comfort of a biotechnosphere, the list of dangers and extent of influence are defined. Further development of housing construction has to be directed on the solution of social and economic problems and be accompanied by positive ecological effect.

Keywords: *destabilizing factors, ecological effect, housing construction.*

BIBLIOGRAPHY

1. Kobleva, S.A. Sravnenie arhitekturno-konstruktivnyh reshenij zhilyh zdaniy po kriteriju polnoj jenergoemkosti [Tekst] / S.A. Kobleva // Zhilishhnoe stroitel'stvo. – 2012. – №7. – S. 48-50.

2. Kobleva, S.A. Ob jekologicheskikh trebovaniyah k ob'ektam nedvizhimosti [Tekst] / S.A. Kobleva // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. – Orel: GU-UNPK. – 2013. – №1 (45). – S. 57-61.

3. Jekologicheskaja doktrina Rossijskoj Federacii: [Odobrena rasporyazheniem Pravitel'stva RF ot 31 avgusta 2002 g. № 1225-r] // Sobranie zakonodatel'stva RF. – 2002. – №36. – S. 8879-8892.

4. Il'ichev, V.A. Predlozhenija k proektu doktriny gradoustrojstva i rasselenija (strategicheskogo planirovanija gorodov – city-planning) [Tekst] / V.A. Il'ichev, A.M. Karimov, V.I. Kolchunov, V.V. Aleksashina, N.V. Bakaeva, S.A. Kobleva // Zhilishhnoe stroitel'stvo, 2012. – №1. – S. 2-11.

5. Il'ichev, V.A. Biosfernaja sovmestimost' – princip, pozvoljajushhij postroit' paradigmu zhizni v garmonii s planetoj Zemlja [Tekst] / V.A. Il'ichev // Biosfernaja sovmestimost': chelovek, region, tehnologii. – 2013. – №1. – S. 4-5.

Svetlana Kobleva

State university – educational-science-production complex, Orel

Candidate of technical science, associate professor of department «Building constructions and materials»

E-mail: ksa92@ya.ru

КОЛЧУНОВ В.И., БРУМА Е.В.

К ОЦЕНКЕ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ «ЗДРАВООХРАНЕНИЕ» ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ФУНКЦИЙ ГОРОДА ДЛЯ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ*

Предлагаются комплексные показатели доступности и реализуемости составляющей «здравоохранение» для маломобильных групп населения (МГН) при реализации функций города. Приводится реализация разработанной методики определения показателей на примере учреждений здравоохранения города Орла.

Ключевые слова: биосферная совместимость, система жизнеобеспечения, функции города, здравоохранение, доступность, реализуемость.

Федеральная целевая программа «Доступная среда» на 2011-2015 годы ориентирована на анализ проблем и обеспечение доступности и реализуемости для маломобильных групп населения (МГН) объектов и услуг биосферосовместимого города и, в частности, такой важной составляющей функции города как здравоохранение [1].

Расчет показателя доступности МГН учреждений здравоохранения урбанизированной территории.

Пусть на конкретной урбанизированной территории имеется M объектов здравоохранения (больниц, поликлиник, аптек, станций скорой помощи, фельдшерско – акушерских пунктов и т.п.). Количество видов учреждений здравоохранения – n ; из них больниц – n_1 , поликлиник – n_2 и т.д. Тогда: $M = M_1 + M_2 + \dots + M_n = \sum_{i=1}^n M_i$, где M_i – количество учреждений i -го вида ($i=1, 2, \dots, n$).

В свою очередь количество учреждений определенного вида: $M_i = \sum_{j=1}^{n_i} M_{ij}$, где M_{ij} – j -ое учреждение i -го вида ($i=1, 2, \dots, n$), ($j=1, 2, \dots, n_i$). Таким образом, общее число учреждений здравоохранения на территории:

$$M = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} M_{ij} . \quad (1)$$

Каждое учреждение здравоохранения должно в определенной степени удовлетворять требованиям по обеспечению доступности, определяемым в соответствии с требованиями норм [2] для разных категорий маломобильных групп населения (МГН):

- 1) маломобильные группы населения (лица пожилого возраста, беременные женщины, лица с малолетними детьми и др.);
- 2) лица с частичным или полным поражением зрения;
- 3) лица с частичным или полным поражением слуха.

Для первой группы приспособленность городской среды потребностям МГН определяется беспрепятственностью перемещений и доступностью мест удовлетворения потребностей. Для других категорий лиц с ограниченными возможностями приспособленность и доступность мест целевого посещения определяются информативностью среды.

Обозначим через t_{ik}^H – k -ое нормативное требование к учреждению i -го вида ($k=1, 2, \dots, p_i$). Здесь p_i – количество требований к учреждению i -го вида.

Анализ выполнения требований к элементам зданий и их приспособленности МГН был выполнен с использованием экспертной оценки. Каждому требованию эксперты присвоили

* Работа выполнена в рамках государственного задания №7.1694.2011.

соответствующий вес l_{ik} , оценивающий значимость k -го требования среди p_i , предъявляемых к учреждению i -го вида. Сумма весов равна единице: $\sum_{k=1}^{p_i} l_{ik} = 1$.

Обозначим фактические значения параметров учреждений, соответствующие предъявляемым требованиям, t_{ijk} – фактическое значение k -го требования в j -ом учреждении i -го вида, тогда мера их соответствия нормативным требованиям определяется отношением:

$$\lambda_{ijk} = \frac{t_{ijk}}{t_{ik}^H} \quad (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n_i; k = 1, 2, \dots, p_i).$$

Определим доступность j -го учреждения здравоохранения i -го вида следующим показателем:

$$\eta_{ij} = \sum_{k=1}^{p_i} \lambda_{ijk} l_{ik}. \quad (2)$$

Тогда доступность всего комплекса учреждений здравоохранения i -го вида на данной урбанизированной территории оценивается показателем:

$$\eta_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} \eta_{ij}}{M_i} = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} \eta_{ij}}{\sum_{j=1}^{n_i} M_{ij}}. \quad (3)$$

Аналогично определяются показатели доступности для остальных видов учреждений здравоохранения $\eta_i = (i = 1, 2, \dots, n)$.

Комплексный показатель доступности всех видов учреждений здравоохранения региона $\eta_{\text{здр}}$ определяется после введения экспертами весовых коэффициентов для каждого вида учреждения μ_i , подчиняющихся условию: $\sum_{i=1}^n \mu_i = 1$.

Тогда показатель доступности составляющей «здравоохранение» функции «жизнеобеспечение» принимает вид: $\eta_{\text{здр}} = \frac{\sum_{i=1}^n \eta_i \mu_i}{\sum_{i=1}^n M_i}$.

Показатели η_{ij} , η_i и $\eta_{\text{здр}}$ изменяются в пределах от 0 до 1.

Равенство нулю показателя $\eta_{\text{здр}} = 0$ означает, что лицам с ограниченными возможностями недоступны учреждения здравоохранения в целом, так как недоступны такие элементы здания как «входная группа», «пути движения» и «зона обслуживания».

Равенство $\eta_{\text{здр}} = 1$ означает, что все учреждения здравоохранения региона полностью доступны по всем параметрам.

Объект (j -ый) считается полностью доступным для данной категории МГН, если доступны все его функциональные зоны, т.е. все $\lambda_{ijk} = 1$ или $\eta_{ij} = 1$.

Объект считается частично доступным, когда некоторые значения показателя η_{ij} отличны от 1.

По результатам мониторинга состояния доступности зданий и сооружений объектов социальной инфраструктур маломобильным группам населения, проведенного на территории г. Орла и Орловской области в 2012 году [3], и обследования 201 объекта здравоохранения было установлено расчетное значение уровня доступности. Значения этого показателя для МГН всех групп мобильности достаточно малы и находятся в интервале 0,1-0,5. Это объясняется тем, что для отнесения объекта к доступному для всех групп маломобильного населения необходимо соблюдение нормативных требований по всем без исключения функциональным зонам: путям передвижения, санитарно-бытовым и другим помещениям, иначе – объект счи-

тается временно недоступным. Тем не менее, из всех обследованных объектов социальной инфраструктуры, среди которых были объекты образования, здания государственного назначения, почты, вокзалы и другие, наименее приспособленными к потребностям маломобильного населения оказались объекты здравоохранения и социальной защиты.

Результаты расчета уровня доступности объектов социальной инфраструктуры для рассматриваемой категории населения свидетельствуют, что нормируемые на сегодня параметры зданий и сооружений, обеспечивающие доступность, не в полной мере отражают возможность получения конкретной услуги и полноценного участия маломобильных групп в жизни города даже при выполнении всех требований действующих норм. Оценку качества городской среды с позиции наиболее полного удовлетворения потребностей населения и превращения ее из «барьерной» в «безбарьерную» представляется необходимым давать и по показателю реализуемости функций города. Физический смысл показателя реализуемости сводится к возможности городского населения удовлетворять свои потребности через отдельные составляющие системы жизнеобеспечения. В рамках предложенного расчетного аппарата этот показатель может оцениваться, например, временем, затрачиваемым на получение конкретной услуги, или количеством посещений объекта в год.

Расчет показателя реализуемости маломобильными группами населения составляющей «здравоохранение» функции города (на примере поликлинического обслуживания).

Пусть средняя мощность поликлиник (с учетом всех кабинетов и помещений) на данной территории: $W_{1cp} \frac{\text{посещений}}{\text{смена}}$.

Количество рабочих смен в году рассчитывается как количество рабочих дней (за вычетом выходных, праздничных дней) с учетом того, что в рабочие дни поликлиника работает в две смены, т.е. рабочих смен в году получается 604.

Учитывая, что примерно четверть нагрузки врача приходится на вызовы на дом, количество рабочих смен уменьшается на величину $\frac{604}{4} = 151$.

Следовательно, фактическое число рабочих смен равно $604 - 151 \approx 450$. Таким образом, число посещений, которые за год может осуществить поликлиника $450W_{1cp}$.

Если обозначить через x – количество посещений поликлиники средней мощности представителями МГН, численность которых на данной территории составляет – N_u , а через y – количество посещений поликлиники остальными жителями территории, численность которых – N_H , то очевидно:

$$x + y = 450W_{1cp}. \quad (4)$$

Врачебная практика показывает, что длительность приема людей с ограниченными возможностями в два раза превышает длительность приема людей мобильной группы. Отсюда следует:

$$\frac{y}{N_H} = \frac{1}{2} \frac{x}{N_u}. \quad (5)$$

Решая систему уравнений (4)-(5) относительно неизвестных x и y , получим:

$$x = \frac{450W_{1cp}}{1 + \frac{N_H}{2N_u}}, \quad y = \frac{450W_{1cp}}{1 + \frac{2N_u}{N_H}}. \quad (6)$$

Например, если МГН составляют четверть населения территории, т.е. при $\frac{N_H}{N_u} = 3$,

$$x = 180W_{1cp}, \quad y = 270W_{1cp}.$$

Количество посещений в год на одного представителя МГН и одного прочего посетителя соответственно следующее:

$$\frac{x}{N_u} = \frac{180W_{1cp}}{N_u} \text{ и } \frac{y}{N_H} = \frac{270W_{1cp}}{N_H}.$$

Исходя из требования, чтобы каждый житель региона мог посетить поликлинику минимум один раз в полгода (диспансеризация, профилактика, консультации, лечение и т.д.), можно получить требуемую среднюю мощность поликлиники из системы неравенств:

$$\begin{cases} \frac{180W_{1cp}}{N_u} \geq 2, \\ \frac{270W_{1cp}}{N_H} \geq 2. \end{cases} \quad (7)$$

Пример. Население г. Орла в 2012 г. составляет 319 100 человек, из них 32 995 человек МГН, т.е. $N_u = 32995, N_H = 286105$. Из системы (6) следует:

$$\begin{cases} W_{1cp} \geq \frac{N_u \cdot 2}{180} = 366, \\ W_{1cp} \geq \frac{N_H \cdot 2}{270} = 2119. \end{cases},$$

т.е. требуемая средняя мощность поликлиник региона должна соответствовать неравенству:

$$W_{1cp}^{Tp} \geq 2119.$$

Фактическая мощность восьми поликлиник г. Орла, среди которых приняты к расчету и детские, и стоматологические, составляет 880.

Исходя из вышеизложенного, показатель реализуемости поликлинического обслуживания составляет: $\xi_1 = \frac{W_{1cp}^\Phi}{W_{1cp}^{Tp}} = \frac{880}{2119} = 0,42$, где W_{1cp}^Φ – фактическая средняя мощность поликлиник региона. Следует отметить, что полученное расчетное значение показателя реализуемости соответствует 100 доступности таких объектов. Если пересчитать этот показатель на фактический уровень доступности объектов здравоохранения, то получим более низкие значения.

Уместно также заметить, что показатель ξ_1 изменяется от 0 до 1 и принимается равным единице, если выполняется условие: $\frac{W_{1cp}^\Phi}{W_{1cp}^{Tp}} \geq 1$.

Аналогично определяются показатели реализуемости для остальных видов учреждений здравоохранения $\eta_i (i = 1, 2, \dots, n)$.

Предложенные обобщенные показатели являются комплексной оценкой доступности и реализуемости объектов здравоохранения как одной из важнейших составляющих функций города для наименее социально защищенных групп (МГН) населения. При этом весовые коэффициенты разных уровней выступают в качестве соизмерителей. С помощью данных показателей можно проводить как территориальные сравнения, так и рассматривать изменения во времени. Мультипликативная структура показателя доступности позволяет выявлять зависимость его конкретно от каждого фактора: типа учреждения, его структурно-функциональной зоны, зоны целевого назначения и др. Показатель доступности имеет также аддитивную структуру, поэтому он может быть разложен на некоторое множество составляющих, которые представляют самостоятельный интерес.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильичев, В.А. Биосферная совместимость: Технологии внедрения инноваций. Города, развивающие человека [Текст] / В.А. Ильичев. – М. Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 240 с.
2. СП 59.13330.2011 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения» [Текст]. Актуализированная редакция СНиП 35-01-2001. – М.: 2011 – 83 с.

3. Проведение мониторинга доступности для инвалидов и других маломобильных групп населения общественных зданий и сооружений социально-культурного и бытового назначения, расположенных на территории г. Орла и Орловской области [Текст]: отчет о НИР (промежуточный) / Департамент здравоохранения и социального развития; рук. Колчунов В.И.; исполн.: Данилевич Д.В., Бакаева Н.В. [и др.]. – Орел: ГУ-УНПК. – 2012. – 37 с.

Колчунов Виталий Иванович

Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс, г. Орел
Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительные конструкции и материалы»
E-mail: asiorel@mail.ru

Брума Екатерина Владимировна

Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс, г. Орел
Аспирант кафедры «Строительные конструкции и материалы»
Тел.: +7 (4862) 73-43-67
E-mail: mam4ikk@mail.ru

V. KOLCHUNOV, E. BRUMA

**BY ESTIMATES OF COMPONENT «HEALTHCARE»
AT REALIZATION OF FUNCTIONS OF THE CITY
FOR PEOPLE WITH LIMITED MOBILITY**

Developed integrated indicators availability and marketability of the peoples with limited mobility (PLM) basic structural-functional and targeted areas and elements of buildings and premises of the public health and social welfare. Numerical implementation of the developed method is the determination of indicators for example, clinics of the Oryol.

***Keywords:** biosphere compatibility, life support system, the functions of the city, health, availability, marketability.*

BIBLIOGRAPHY

1. Il'ichev, V.A. Biosfernaja sovmestimost': Tehnologii vnedrenija innovacij. Goroda, razvivajushhie cheloveka [Tekst] / V.A. Il'ichev. – M. Knizhnyj dom «LIBROKOM», 2011. – 240 s.
2. SP 59.13330.2011 «Dostupnost' zdaniy i sooruzhenij dlja malomobil'nyh grupp naselenija» [Tekst]. Aktualizirovannaja redakcija SNIp 35-01-2001. – M.: 2011 – 83 s.
3. Provedenie monitoringa dostupnosti dlja invalidov i drugih malomobil'nyh grupp naselenija obshhestvennyh zdaniy i sooruzhenij social'no-kul'turnogo i bytovogo naznachenija, raspolozhennyh na territorii g. Orla i Orlovskoj oblasti [Tekst]: otchet o NIR (promezhutochnyj) / Departament zdavoohranenija i social'nogo razvitija; ruk. Kolchunov V.I.; ispoln.: Danilevich D.V., Bakaeva N.V. [i dr.]. – Orel: GU-UNPK. – 2012. – 37 s.

Vitalij Kolchunov

State university – educational-science-production complex, Orel
Doctor of technical sciences, professor, head of department «Construction structures and materials»
E-mail: asiorel@mail.ru

Ekaterina Bruma

State university – educational-science-production complex, Orel
Post-graduate student of department «Construction structures and materials»
Ph.: + (4862) 73-43-67
E-mail: mam4ikk@mail.ru

СУВАКИН Е.В.

ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ СЕТИ СПОРТИВНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ИХ ГЕНЕРАЛЬНЫХ ПЛАНОВ ДЛЯ ГОРОДОВ РАЗЛИЧНОЙ ЧИСЛЕННОСТИ

В данной статье представлен анализ сети спортивно-оздоровительных сооружений города. Рассмотрена структура городских поселений, выявлены основные зоны размещения спортивно-оздоровительных сооружений в зависимости от условий их формирования. Даны рекомендации по организации генеральных планов спортивно-оздоровительных зданий, сооружений и их комплексов для основных зон города. Предложена модель обслуживания городов сетью спортивно-оздоровительных сооружений в зависимости от их численности и планировочной структуры города. Выявлен структурный и комплексный подход к формированию сети спортивно-оздоровительных сооружений и их генеральных планов для городов различной численности.

Ключевые слова: сеть спортивно-оздоровительных сооружений, спортивно-оздоровительные комплексы, планировочная структура города, полицентрическая и моноцентрическая модели сети спортивно-оздоровительных сооружений.

Формирование генеральных планов спортивно-оздоровительных комплексов – (СОК) в структуре города, невозможно без учета основных градостроительных особенностей городских поселений. Весьма важным является не только определение основных закономерностей развития генеральных планов СОК, но и градостроительные перспективы формирования всей сети спортивно-оздоровительных сооружений – (СОС). При разработке генеральных планов СОК следует учитывать рациональную очередность их развития [1]. Основные требования расчета земельных участков приведены в [1], однако, он регламентирует лишь основные территориальные нормы и не учитывает планировочные особенности формирования городов и поселений различной численности и их специфику.

Кроме того, норматив, указанный в [1], 0,7-0,9 га на 1 тыс. чел. в большинстве случаев не может соблюдаться исходя из здравого смысла: если перевести этот норматив в м²: 0,7 (0,9) га=7000 (9000) м², а затем разделить на 1000, то получается 7 (9) м² на человека, что выглядит весьма оптимистично.

Согласно [1] города и сельские населенные пункты в зависимости от развития демографической ситуации на расчетный период подразделяются на группы в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 – Группы городов в зависимости от проектной численности населения на расчетный срок

| Группы | Население, тыс. чел. | |
|------------|----------------------|----------------------------|
| | Города | Сельские населенные пункты |
| Крупнейшие | Св. 1000 | - |
| Крупные | » 500 до 1000 | Св. 5 |
| | » 250 »500 | » 3 до 5 |
| Большие | » 100 » 250 | » 1 » 3 |
| Средние | » 50 » 100 | » 0,2 » 1 |
| Малые* | » 20 » 50 | » 0,05 » 0,2 До 0,05 |
| | » 10 » 20 | |
| | До 10 | |

* В группу малых городов включаются поселки городского типа.

Становится очевидным тот факт, что для грамотного градостроительного зонирования и формирования сети СОС необходим более структурированный подход к организации генеральных планов городов различных групп. Он выражается в разных принципиальных подходах к формированию сети СОС и генеральных планов городов различной численности.

Большинство городов с высокой численностью населения (в данном контексте говорится о крупных и крупнейших городах) – сложная исторически сформировавшаяся система с плотной застройкой и дефицитом территорий.

Планировочная структура города, может включать в себя большое количество функциональных зон, таких как зона жилой застройки, смешанной и общественно-деловой застройки, производственной застройки, инженерной и транспортной инфраструктур, рекреационные зоны и т.д. [2].

Вместе с тем все эти зоны можно объединить в три большие группы:

- центральная зона города – с мелкой сетью кварталов, повышенной плотностью застройки, острым дефицитом территорий;
- производственно-коммунальная (промежуточная) – с крупными промышленными, складскими и транспортными объектами;
- природно-рекреационные и периферийные зоны города. Сюда относятся городские парки и скверы, пригородная зона, а также периферийные части города и районы нового строительства.

В каждой из этих зон сеть СОС формируется по-разному, что не может не учитываться при разработке генеральных планов новых объектов.

В зависимости от плотности застройки сеть СОС может приобретать разные характеристики. Это выражается, главным образом, соотношением числа объемных и плоскостных сооружений. Если за условную единицу принять m^2 площади зала (зеркала воды для бассейнов) для объемных СОС, а для плоскостных m^2 полей и площадок, то соотношение площадей застройки для вышеуказанных зон будет различно.

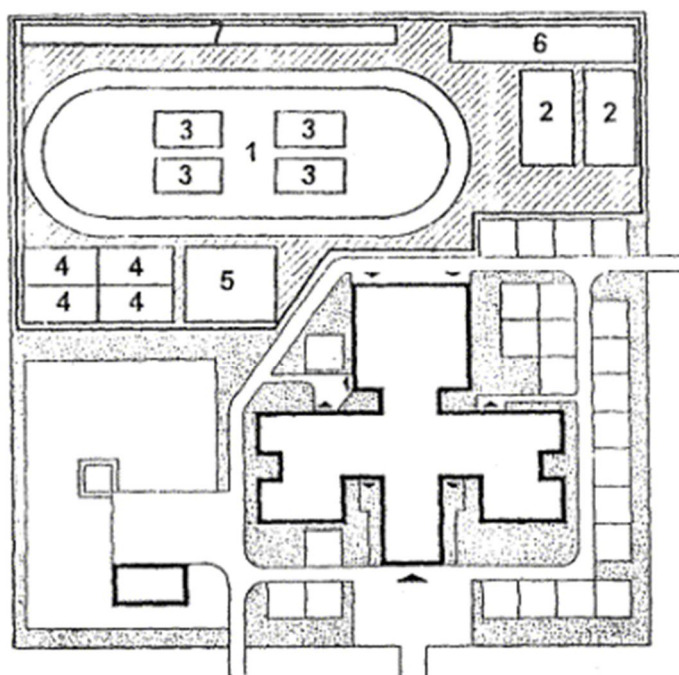
Так, к примеру, для центральной городской зоны, соотношение площадей зон строительства объемных сооружений и плоскостных может колебаться от 1:2 - 2:1, но все же доля плоскостных сооружений земельных участков будет существенно ниже, чем в производственно-коммунальной зоне 1:4-1:6 [3]. Еще более кардинально эта доля может отличаться в периферийной зоне города, где вопрос плотности застройки и освоения новых территорий стоит наименее остро. Надо отметить, что для центральной зоны города важно наиболее рационально использовать площадь застройки и возводить по большей части всесезонные крытые СОК.

На практике для центральной городской зоны, нормативы, указанные в [1], могут не соблюдаться по причине нехватки территории. Для того чтобы скомпенсировать недостаток территории и повысить пропускную способность СОС прибегают к следующим принципам:


- выбор СОС с приемлемыми площадями для конкретного случая застройки. При замене одного вида СОС на другое, следует учесть, родственный характер видов спорта. Например, норматив $240 m^2$ для футбола, можно заменить на $15 m^2$ для волейбола. Как видно площадь застройки уменьшилась в 16 раз.
- увеличивают этажность крытых всесезонных СОК;
- применение встроенных и встроенно-пристроенных учреждений спортивно-оздоровительной направленности (рис. 2).

Стоит учитывать различные районы строительства. Так, в производственной зоне, с большим количеством промышленных предприятий, учебных заведений и научно-исследовательских и проектных институтов, нагрузка на СОС будет существенно выше, чем в жилой зоне с преобладанием «спальных районов».

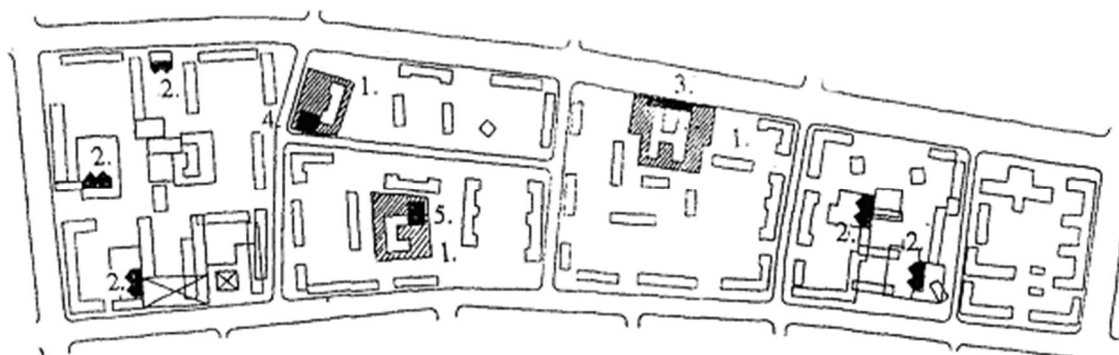
Сеть СОС надо рассматривать как целостную систему: сокращение СОС в одной зоне города, должно повлечь увеличение СОС в другой зоне с большим потенциалом градостроительного развития. Это могут быть зоны природно-рекреационного характера: парки, скверы, пригородная зона и другие периферийные части города.



Экспликация:

- 1 – спортядро; 2 – площадка для баскетбола; 3 – площадка для гимнастики;
 4 – площадка для волейбола; 5 – комбинированная площадка; 6 – площадка для прыжков в длину;
 7 – полоса препятствий;  – спортзона;

**Рисунок 1 – Фрагмент застройки района Садово-Сухаревской ул. (до 7,5 тыс. жителей).
 Пример включения в структуру кварталов с затесненной застройкой плоскостных СОС**



Экспликация:

- 1 – Общеобразовательные школы; 2 – Встроенно-пристроенные к жилым домам блоки спортивно-оздоровительных помещений приближенного и повседневного обслуживания;
 3-4 Блок пристройки залов спортивно-оздоровительного клуба микрорайона;
 5 – Блок-пристройка крытого бассейна оздоровительного плавания.




Рисунок 2 – Пример размещения спортивно-оздоровительных помещений приближенного и повседневного социально-гарантированного обслуживания в сложившейся жилой застройке жилого района «Аэропорт»

Таким образом, при разработке генеральных планов СОС в крупных и крупнейших городах, а так же их расчете, следует учитывать зональность городской среды и рассматривать сеть СОС, как сложную взаимосвязанную систему спортивно-оздоровительных сооружений.

Для больших, средних и малых городов определяющим фактором сети СОС является их планировочная структура: компактная, расчлененная, рассредоточенная (см. табл. 2). В зависимости от их типа сеть СОС может носить полицентрический характер и иметь несколько городских СОК или моноцентрический, если доступность удовлетворяется одним

общегородским СОК. Кроме того, при выборе типа сети СОС необходимо учитывать и другие факторы, такие как плотность застройки, темпы роста населения и др. Сеть СОС в зависимости от планировочной структуры города и его численности может носить двухступенчатую, трехступенчатую и многоступенчатую структуру обслуживания. Так, например, для малых городов, с компактной планировочной структурой наиболее рациональным типом обслуживания является двухступенчатая моноцентрическая структура. В случае если планировочная структура города расчлененная (рассредоточенная) и доступность должным образом не обеспечивается, то устраивается трехступенчатая система обслуживания – внутри кварталов, в районах и общегородской СОК.

Таблица 2 – Примеры структур обслуживания городов сетью СОС в зависимости от их численности и планировочной структуры

| Группа городов / Население, тыс. чел. по СНиП 2.07.01-89* | Структура обслуживания сетью СОС | Схема / Пример расположения СОК | Условные обозначения | Рекомендации |
|---|--|---|---|--|
| Крупнейшие Св. 1000 | Полицентрическая многоступенчатая, полицентрическая трехступенчатая | <p>Полицентрическая многоступенчатая модель расположения СОК</p>  |  <p>1 - городские СОК, 2 - межрайон. СОК 3 - СОК жилого района.</p> <p>Примечание: На схеме не показаны СОК микрорайонного значения</p> | <p>В крупнейших и крупных городах для обеспечения необходимой доступности наиболее рациональным видом структуры обслуживания является полицентрическая система. В случае неравномерности распределения сети СОК создаются межрайонного типа - они обеспечивают комплексное обслуживание населения сразу в нескольких районах.</p> |
| Крупные » 500 до 1000 » 250 »500 | | | | |
| Большие» 100 » 250 | Полицентрическая трехступенчатая, моноцентрическая трехступенчатая, моноцентрическая двухступенчатая |  <p>Полицентрическая трехступенчатая модель расположения СОК</p> | <p>А, Б, В - городские СОК (расположены для обеспечения наилучшей доступности)</p> <p>1 - центр города, 2 - гл. улица, 3 - дом культ. со спортзалом, 4 - спортклуб, 5 - техникум со спортзалами и площадками, 6 - район новой застройки, 7 - северная промышленная зона, 8 - река Волга, 9 - направление движения из сельского района</p> | <p>В зависимости от численности и планировочной структуры города: компактная, расчлененная или рассредоточенная, структура обслуживания населения может носить полицентрический характер или моноцентрический. Например, для малого города, компактной планировочной структуры подойдет моноцентрическая двухуровневая система обслуживания, а для расчлененной – полицентрическая трехступенчатая. Наиболее целесообразно кооперирование сети СОК и учебных заведений (также сюда можно отнести СОК НИИ и промпредприятий).</p> |
| Средние » 50 » 100 | | | | |
| Малые » 20 » 50 » 10 » 20 До 10 | | | | |

В ходе исследования удалось установить основные особенности формирования сети СОС для городов и поселений различной численности. Изложены основные принципы формирования генеральных планов СОК применительно к разным зонам города. Выявлена модель обслуживания населения в зависимости от численности и планировочной структуры города. Даны примеры формирования сети СОС и их генеральных планов в структуре сложившейся городской застройки. Таким образом, выявлен более структурный и комплексный подход к формированию сети СОС и генеральных планов городов различной численности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений [Текст]. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*.
2. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 №190-ФЗ [Текст].
3. Физкультурно-спортивные сооружения [Текст]. Под общей редакцией Л.В. Аристовой. – М.: Издательство «СпортАкадемПресс». 1999. – 536 с.

Сувакин Евгений Васильевич

Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс, г. Орел

Аспирант кафедры «Архитектура»

E-mail: eugene2302@yandex.ru

E. SUVAKIN

PRINCIPLES OF FORMATION OF THE NETWORK SPORTS AND FITNESS FACILITIES AND THEIR MASTER PLAN FOR THE CITY AND OTHER MANNING

This article analyzes the network sports and fitness facilities in the city. The structure of urban settlements, identified key areas of allocation of sports and fitness facilities, depending on the conditions of their formation. The recommendations on the organization of master plans for sports and fitness buildings, structures and systems for the main areas of the city. The model of urban service network sports and fitness facilities, depending on their size and structure planning of the city. The structural and comprehensive approach to the formation of a network sports and fitness facilities and their general plans for the cities of different sizes.

Keywords: network sports and fitness facilities, sports and fitness centers, planning structure of the city, polycentric and monocentric model network sports and health facilities.

BIBLIOGRAPHY

1. SP 42.13330.2011 Gradostroitel'stvo. Planirovka i zastrojka gorodskih i sel'skih poselenij [Tekst]. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 2.07.01-89*.
2. Gradostroitel'nyj kodeks Rossijskoj Federacii ot 29.12.2004 №190-FZ [Tekst].
3. Fizkul'turno-sportivnye sooruzhenija [Tekst]. Pod obshhej redakciej L.V. Aristovoj. – M.: Izdatel'stvo «SportAkademPress». 1999. – 536 s.

Evgenij Suvakin

State university – educational-science-production complex, Orel

Post-graduate student of department «Architecture»

E-mail: eugene2302@yandex.ru

УДК 695

КУЛИКОВА А.В., СОЛОМЕНЦЕВ А.Б.

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДОРОЖНОГО БИТУМА С ДОБАВКАМИ ДЛЯ ТЕПЛОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА

Определены реологические характеристики битума и битума с добавками, получены зависимости динамической вязкости битума с добавками от количества и вида добавок, установлено снижение порога структурообразования у дорожного битума с добавками на 20°С.

Ключевые слова: *дорожный битум, добавки для теплого асфальтобетона, реологические свойства битума с добавками.*

Теплые асфальтобетонные смеси на основе полувязких и жидких битумов использовались в СССР в 70-90-е годы XX века [1]. В настоящее время в европейских странах применяются теплые асфальтобетонные смеси на основе вязких дорожных битумов с добавками для теплого асфальтобетона [2].

Для изучения реологических свойств дорожного битума с добавками использовался программируемый ротационный вискозиметр BROOKFIELD RVDV-II+PRO. Данный вискозиметр производится в США фирмой «Brookfield Engineering Laboratories, Inc» и разрешен Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии к применению на территории России (свидетельство об утверждении типа средств измерений US. С. 31.010.А №42723). Для проведения измерений с дорожным битумом для задания и поддержания требуемой температуры использовалась термоячейка Thermosel со шпинделями SC4-21 и SC4-29 [3]. Внешний вид вискозиметра приведен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид вискозиметра BROOKFIELD RVDV-II+PRO

1 – панель управления; 2 – выравнивающая рамка; 3 – гайка и вал шпинделя; 4 – термоячейка Thermosel; 5 – программируемый температурный контроллер; 6 – блок управляющих кнопок программируемого температурного контроллера; 7 – охлаждающая вставка; 8 – дополнительные камеры (заполняются испытуемым материалом)

Для определения реологических свойств использовался вязкий дорожный битум БНД 60/90 Московского НПЗ и три добавки для теплого асфальтобетона. Показатели свойств добавок приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели свойств добавок для теплого асфальтобетона

| № п/п | Наименование показателей добавок | Показатели свойств добавок | | |
|-------|--|-------------------------------|--|---|
| | | Ворммикс Л (Италия) | Секабаз РТ 945 (Франция) | Evotherm J1 (США) |
| 1 | Состав | Основана на амидах | Состав на основе полимеров; имидазолина больше 25% | Продукт реакции конденсации полимеров жирных кислот и таллового масла – 75-95%; Модифицированный продукт реакции конденсации полиаминов жирных кислот таллового масла – 5-25%; 2,2'-иминоэтанол |
| 2 | Внешний вид, цвет | Вязкая жидкость темного цвета | При 25°С светло-желтая жидкость | Жидкость янтарного, темного цвета |
| 3 | рН | Основной | Щелочность по перхлору 4,2-5,2 | 10-12 щелочь |
| 4 | Точка застывания | Меньше 5°С | Около минус 10°С | – |
| 5 | Плотность при t, °С | 0,946 кг/л при 15°С | Около 1,0 кг/м ³ при 25°С | 0,99 |
| 6 | Растворимость: в воде в других растворах | – | Нерастворим в ароматических соединениях и спиртах | Полная – |

Примечание: сведения о добавках взяты из информационных материалов о добавках, представленных фирмами, продающими добавки в России.

Показатели свойств битума без добавок, а также с добавкой Секабаз РТ 945 приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели свойств битума без добавок и с добавкой Секабаз РТ 945

| Параметры | Наименование и количество добавки, вводимой в битум | | | | |
|--|---|--|--|--|--|
| | Битум БНД 60/90 без добавок | Битум БНД 60/90+ Секабаз РТ 945 0,5% от массы битума | Битум БНД 60/90+ Секабаз РТ 945 1% от массы битума | Битум БНД 60/90+ Секабаз РТ 945 2% от массы битума | Битум БНД 60/90+ Секабаз РТ 945 3% от массы битума |
| Сцепление с гранитом фр.2-5 | Соответствует образцу №3 | Соответствует образцу №1 | Соответствует образцу №2 | Соответствует образцу №3 | Соответствует образцу №3 |
| Температура размягчения по кольцу и шару, °С | 48 | 48 | 48 | 44,8 | 43,5 |
| Пенетрация при 25°С, 0,1 мм | 76 | 55 | 56 | 60 | 75 |
| Пенетрация при 0°С, 0,1 мм | 21 | 29 | 30 | 33 | 37 |

Добавки вводились в чистый обезвоженный битум подогретый до 150-160°С, проводилось тщательное перемешивание битума с добавками вручную в течение 1-2 минут для обеспечения однородности. Содержание добавок в битуме составляло 0,5; 1,0; 2,0 и 3,0% от его массы. Подготовка вискозиметра к проведению измерений осуществляется следующим образом. Необходимое количество битума с добавками разогревали до 160°С, заливали в камеру. Количество битума с добавками зависело от номера используемого шпинделя (для SC4-21 – 8 мл, для SC4-29 – 13 мл). Камера помещалась в загрузочное отверстие термоячейки Thermosel. Проводилось включение и автообнуление вискозиметра BROOKFIELD RVDV-II+PRO. Выбирался шпиндель в зависимости от пределов измеряемой вязкости (SC4-21 – для

измерения вязкости в пределах 25-500 000 сПз, SC4-29 – 500-10 000 000 сПз). Шпиндель навинчивался на вал вискозиметра и помещался в камеру термоячейки, заполненную битумом. На программируемом температурном контроллере устанавливалась необходимая температура для проведения испытания. Для равномерного прогрева битума с добавками мотор вискозиметра включался на низкие скорости оборотов. После стабилизации значения температуры образец битума с добавками в камере термоячейки термостатировался в течение 30 минут. По истечении времени термостатирования проводилось измерение динамической вязкости при различных скоростях сдвига.

Значения динамической вязкости битума с добавками Секабаз РТ 945, Ворммикс Л и Evotherm J1 с различным содержанием в битуме приведены в таблицах 3, 4 и 5.

Таблица 3 – Показатели динамической вязкости битума и битума с добавкой Секабаз РТ 945

| № п/п | Вид материала | Динамическая вязкость материала, сРз, при заданной температуре, °С | | | | | | | | | | | |
|-------|--|--|-----|-----|-----|------|------|------|-------|-------|--------|--------|---------|
| | | 160 | 150 | 140 | 130 | 120 | 110 | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 |
| 1 | Битум БНД 60/90 | 157 | 240 | 380 | 645 | 1160 | 2320 | 5013 | 12200 | 33800 | 117000 | 466000 | 2430000 |
| 2 | Битум БНД 60/90+ Секабаз РТ 945 0,5% от массы битума | 157 | 238 | 379 | 642 | 1159 | 2320 | 5012 | 12135 | 33710 | 118329 | 461089 | 2426000 |
| 3 | Битум БНД 60/90+ Секабаз РТ 945 1% от массы битума | 156 | 237 | 377 | 639 | 1143 | 2252 | 4955 | 11802 | 32136 | 104630 | 399114 | 2421378 |
| 4 | Битум БНД 60/90+ Секабаз РТ 945 2% от массы битума | 154 | 231 | 364 | 610 | 1080 | 2227 | 4716 | 11094 | 30013 | 93701 | 368531 | 1825333 |
| 5 | Битум БНД 60/90+ Секабаз РТ 945 3% от массы битума | 141 | 208 | 329 | 544 | 992 | 1932 | 4219 | 10357 | 24401 | 80420 | 295303 | 1659911 |

Таблица 4 – Показатели динамической вязкости битума с добавкой Ворммикс Л

| № п/п | Вид материала | Динамическая вязкость материала, сРз, при заданной температуре, °С | | | | | | | | | | | |
|-------|--|--|-----|-----|-----|------|------|------|-------|-------|-------|--------|---------|
| | | 160 | 150 | 140 | 130 | 120 | 110 | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 |
| 1 | Битум БНД 60/90+ Ворммикс Л 0,5% от массы битума | 157 | 236 | 380 | 630 | 1136 | 2269 | 4792 | 11297 | 30575 | 97183 | 371573 | 1705333 |
| 2 | Битум БНД 60/90+ Ворммикс Л 1% от массы битума | 153 | 231 | 364 | 605 | 1072 | 2211 | 4646 | 11103 | 29069 | 90284 | 339122 | 1672222 |
| 3 | Битум БНД 60/90+ Ворммикс Л 2% от массы битума | 135 | 203 | 311 | 591 | 913 | 1914 | 3616 | 9398 | 22553 | 80476 | 415847 | 1624889 |
| 4 | Битум БНД 60/90+ Ворммикс Л 3% от массы битума | 131 | 198 | 302 | 535 | 865 | 1868 | 3467 | 8624 | 22329 | 66415 | 242567 | 1046133 |

Таблица 5 – Показатели динамической вязкости битума с добавкой Evotherm J1

| № п/п | Вид материала | Динамическая вязкость материала, сРз, при заданной температуре, °С | | | | | | | | | | | |
|-------|---|--|-----|-----|-----|------|------|------|-------|-------|--------|--------|---------|
| | | 160 | 150 | 140 | 130 | 120 | 110 | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 |
| 1 | Битум БНД 60/90+ Evotherm J1 0,5% от массы битума | 153 | 235 | 371 | 621 | 1121 | 2304 | 4964 | 11629 | 32110 | 103659 | 406611 | 2005467 |
| 2 | Битум БНД 60/90+ Evotherm J1 1% от массы битума | 148 | 221 | 349 | 579 | 1033 | 1989 | 4263 | 10024 | 27355 | 88077 | 336190 | 1641333 |
| 3 | Битум БНД 60/90+ Evotherm J1 2% от массы битума | 130 | 193 | 306 | 509 | 909 | 1736 | 3766 | 9247 | 27974 | 90408 | 359189 | 1540000 |
| 4 | Битум БНД 60/90+ Evotherm J1 3% от массы битума | 123 | 180 | 278 | 450 | 801 | 1490 | 3046 | 6971 | 18172 | 56015 | 202959 | 949733 |

Из таблиц 3-5 видно, что с увеличением количества добавок в битуме его динамическая вязкость снижается. Добавка Секабаз РТ 945 при количестве 0,5% слабо влияет на динамическую вязкость битума (снижает ее менее чем на 1%), при увеличении количества добавки Секабаз РТ 945 до 3% от массы битума его динамическая вязкость снижается заметно (на 18% при 160°С, на 29% – при 100°С, на 37% – при 50°С) (см. табл. 3). При содержании добавки Ворммикс Л 0,5% от массы битума динамическая вязкость битума снижается на 0,15% при 160°С, на 4% – при 100°С, на 30% – при 50°С. При содержании добавки 3% от массы битума динамическая вязкость уменьшается на 16% при 160°С, на 31% – при 100°С, на 57% – при 50°С (см. табл. 4). Добавка Evotherm J1 уже при 0,5% влияет на динамическую вязкость битума и уменьшает ее на 2,5% при 160°С, на 1% – при 100°С, на 18% – при 50°С. При количестве добавки Evotherm J1 3% от массы битума динамическая вязкость снижается значительно: на 22% – при 160°С, на 39% – при 100°С, на 61% – при 50°С (см. табл. 5).

При температуре 100-160°С битум БНД 60/90 представляет собой ньютоновскую жидкость [4]. Его динамическая вязкость не зависит от скорости сдвига и является постоянной величиной (при 160°С – 157 сПз, при 100°С – 5013 сПз) (рис. 2-3).

Изменение динамической вязкости битума с добавками от их количества при температуре 160°С показано на рисунке 4. При содержании добавок 0,5% от массы битума его динамическая вязкость меняется незначительно (уменьшается на 2,5% с добавкой Evotherm J1, на 0,16% – с Ворммикс Л и на 0,42% – с Секабазом РТ 945). С увеличением количества добавок в битуме динамическая вязкость уменьшается. При 3,0% содержании добавок от массы битума вязкость с Evotherm J1 уменьшается на 21,8%, с Ворммикс – на 16,4%, с Секабазом – на 18,2%. Наиболее эффективно снижает вязкость при температуре 160°С добавка Evotherm J1.

При температуре 90°С битум БНД 60/90 переходит в состояние неньютоновской жидкости с выраженной внутренней структурой. Поэтому, при 90°С с увеличением скорости сдвигового деформирования наблюдается снижение вязкости (рис. 5).

Зависимость динамической вязкости битума с добавками от их количества при температуре 90°С показана на рисунке 6. При температуре 90°С влияние введенных добавок на динамическую вязкость проявляется сильнее и заметно уже при количестве добавки 0,5% от массы битума (динамическая вязкость битума с добавкой Evotherm J1 уменьшается на 4,2%, с Ворммикс Л – на 6,9%, с Секабаз РТ 945 – на 2,7%). При увеличении содержания добавок в битуме до 3,0% от его массы динамическая вязкость снижается значительно, с добавкой

Evotherm J1 она уменьшается на 42%, с Ворммикс Л – на 29%, с Секабаз РТ 945 – на 31%. В представленном температурном диапазоне активно проявляют себя добавки Ворммикс Л и Evotherm J1.

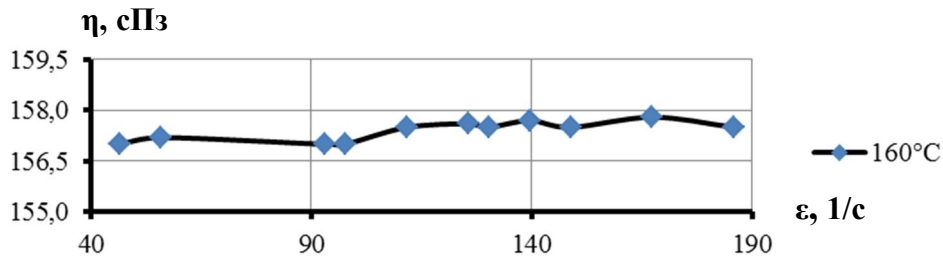


Рисунок 2 – Зависимость динамической вязкости η битума БНД 60/90 от скорости сдвига ϵ при температуре 160°C

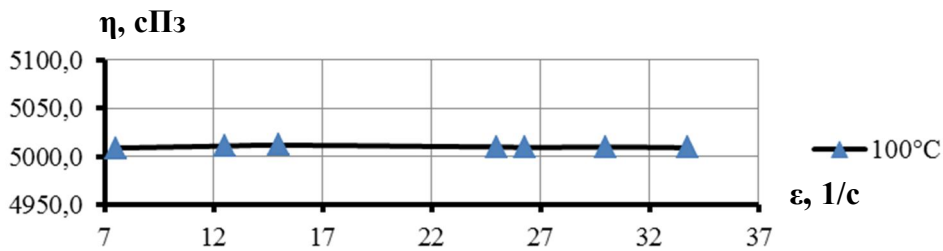


Рисунок 3 – Зависимость динамической вязкости η битума БНД 60/90 от скорости сдвига ϵ при температуре 100°C

Примечание: вертикальный масштаб η выбирался из условий разрешаемой погрешности измерений, равной 1% для вискозиметра BROOKFIELD RVDV-II+PRO в представленном диапазоне динамической вязкости материала.

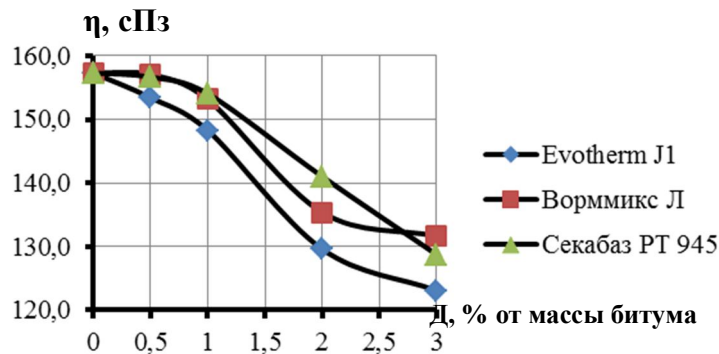


Рисунок 4 – Зависимость динамической вязкости η битума с добавками от их количества D при температуре 160°C

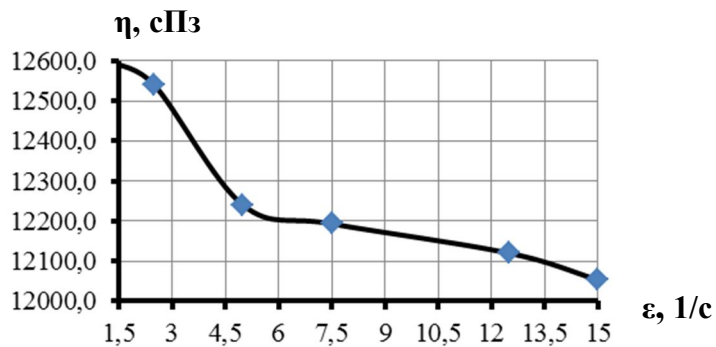


Рисунок 5 – Зависимость динамической вязкости η битума БНД 60/90 от скорости сдвига ϵ при температуре 90°C

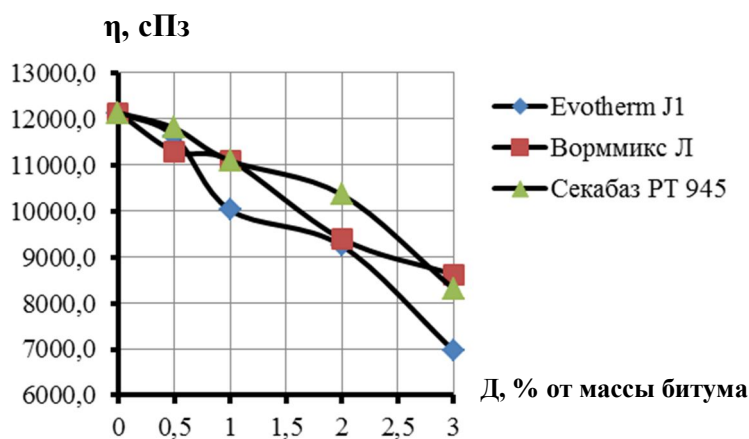


Рисунок 6 – Зависимость динамической вязкости η битума с добавками от их количества D при температуре 90°C

Введение в битум 2 и 3% добавок от его массы препятствует образованию структуры в битуме. Поэтому при температуре $80-90^{\circ}\text{C}$ битум еще остается ньютоновской жидкостью, что видно по зависимости динамической вязкости от скорости сдвига (рис. 7-8). И только при температуре 70°C битум с добавками переходит в состояние неньютоновской жидкости. При данной температуре битум с добавками уже имеет внутреннюю структуру, которая разрушается при высоких скоростях сдвигового деформирования, вследствие чего понижается динамическая вязкость битума с добавками (рис. 9).

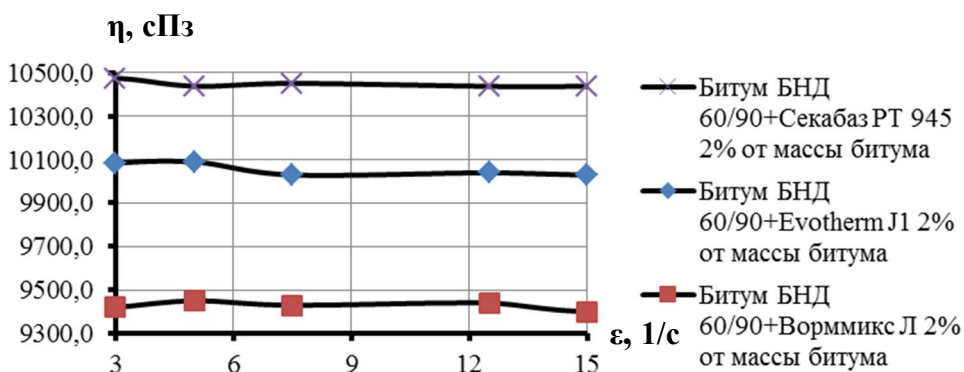


Рисунок 7 – Зависимость динамической вязкости η битума БНД 60/90 с добавками от скорости сдвига ϵ при температуре 90°C

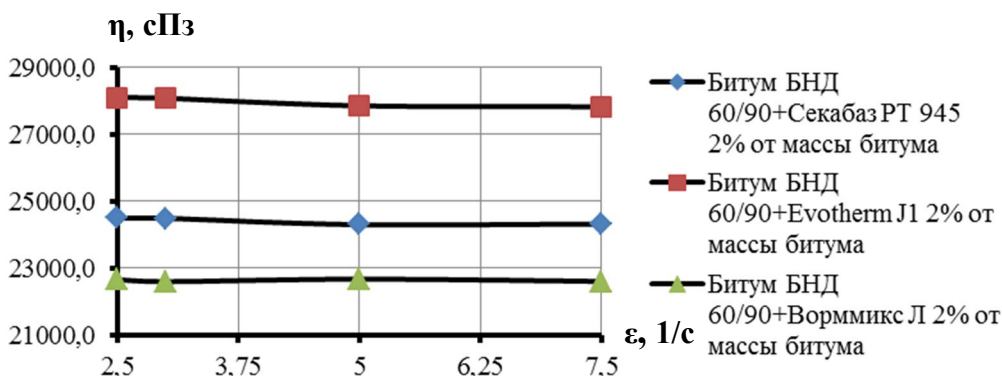


Рисунок 8 – Зависимость динамической вязкости η битума БНД 60/90 с добавками от скорости сдвига ϵ при температуре 80°C

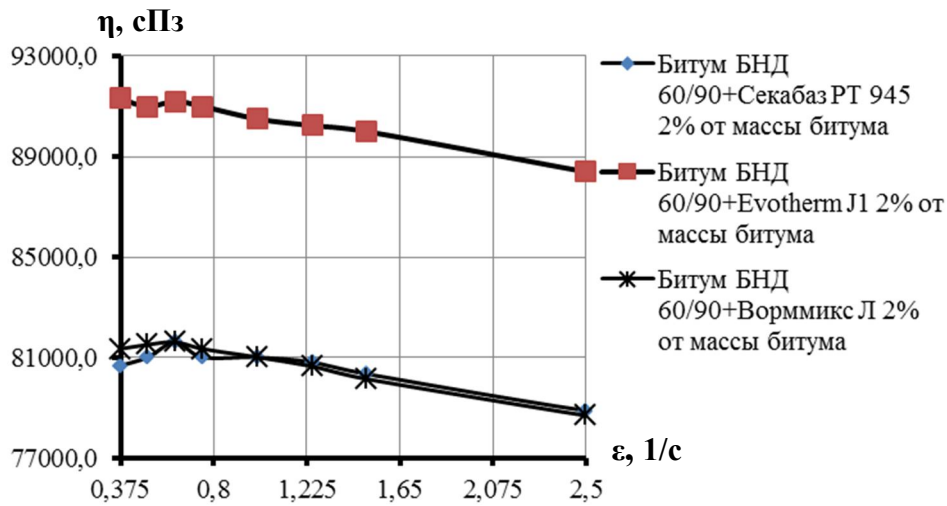


Рисунок 9 – Зависимость динамической вязкости η битума БНД 60/90 с добавками от скорости сдвига ϵ при температуре 70°C

Вязкость битума с добавками при температуре 50°C являлась максимальной в возможном диапазоне измерений вискозиметра BROOKFIELD RVDV-II+PRO, а сам битум представляет собой высокоструктурированную систему. Зависимость динамической вязкости битума с добавками от их количества при температуре 50°C изображена на рисунке 10. При температуре 50°C введение 0,5% добавок Evotherm J1 и Ворммикс Л значительно понижают вязкость битума (на 17,7% и 29,9% соответственно). Добавка Секабаз РТ 945 слабо влияет на динамическую вязкость битума при малом ее содержании (уменьшает вязкость на 1%). При 1-3% содержания добавки Секабаз РТ 945 от массы битума динамическая вязкость снижается на 25-37%. Можно сделать вывод, что целесообразно использовать битум с 1% добавки Секабаз РТ 945 от его массы, так как дальнейшее увеличение содержания добавки в битуме мало влияет на его динамическую вязкость. Добавки Evotherm J1 и Ворммикс Л действуют схожим образом. При содержании добавок 3% от массы битума динамическая вязкость снижается на 61,0% с Evotherm J1 и на 57,1% с Ворммикс Л по сравнению с исходным битумом.

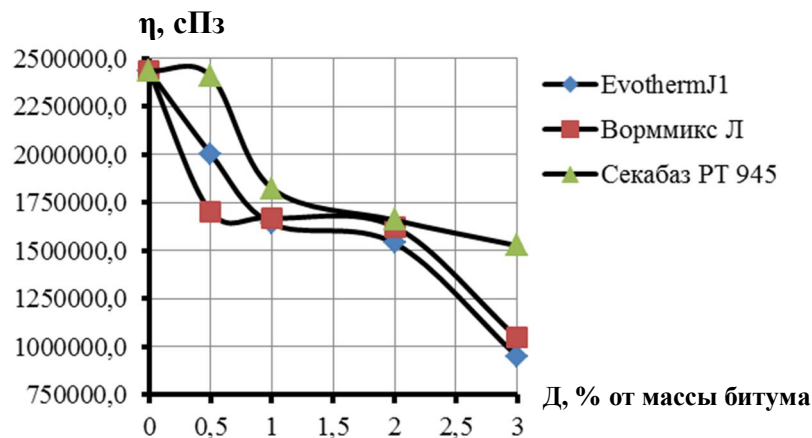


Рисунок 10 – Зависимость динамической вязкости η битума с добавками от их количества D при температуре 50°C

Изучение реологических свойств битума с добавками для теплого асфальтобетона, а также с добавками другого функционального назначения, позволяют оценить их влияние на структуру битума, асфальтовязущего и асфальтобетонной смеси, выбрать оптимальное их сочетание и дозировку, получить асфальтобетонные смеси с требуемыми технологическими свойствами, в частности, с повышенной уплотняемостью при пониженных температурах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Королев, И.В. Дорожный теплый асфальтобетон [Текст] / И.В. Королев, Е.Н. Асеева, В.А. Головки, Г.Р. Фоменко. – Киев: Вища школа. Головное издательство. – 1984. – 200 с.
2. Золотарев, В.А. V конгресс «Евроасфальт-Евробитум» [Текст] / В. А. Золотарев // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2012. – №4. – С.40-41.
3. Руководство по эксплуатации № М/03-165. Программируемый вискозиметр Брукфилда DV-II+PRO.
4. Королев, И.В. Реологические свойства битумов, наполненных минеральным порошком [Текст] / И.В. Королев, Т.А. Ларина // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1981. – №5. – С. 80-84.

Куликова Анастасия Владимировна

Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс, г. Орел
Студент пятого курса специальности 270205 «Автомобильные дороги и аэродромы»
Тел.: +7 (953) 610-58-57
E-mail: AnastKulikova@mail.ru

Соломенцев Александр Борисович

Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс, г. Орел
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительство автомобильных дорог»
Тел.: +7 (4862) 47-51-93
E-mail: absolomentsev@mail.ru

A. KULIKOVA, A. SOLOMENTSEV

RHEOLOGICAL PROPERTIES OF BITUMEN WITH ADDITIVES FOR WARM ASPHALT

Rheological properties of bitumen & bitumen with additives were developed; dependence of dynamic viscosity of the bitumen with the addition of the amount and type of additives was developed; the decrease in the threshold of pattern formation of bitumen with additives was developed.

Keywords: bitumen, additives for warm asphalt, rheological properties of bitumen with additives.

BIBLIOGRAPHY

1. Korolev, I.V. Dorozhnyj teplyj asfal'tobeton [Tekst] / I.V. Korolev, E.N. Aseeva, V.A. Golovko, G.R. Fomenko. – Kiev: Vishha shkola. Golovnoe izdatel'stvo. – 1984. – 200 s.
2. Zolotarev, V.A. V kongress «Evroasfal't-Evrobitum» [Tekst] / V. A. Zolotarev // Nauka i tehnika v dorozhnoj otrasli. – 2012. – №4. – S.40-41.
3. Rukovodstvo po jekspluatacii № M/03-165. Programmiruemyj viskozimetr Brukfil'da DV-II+PRO.
4. Korolev, I.V. Reologicheskie svoystva bitumov, napolnennyh mineral'nyh poroshkom [Tekst] / I.V. Korolev, T.A. Larina // Izvestija vuzov. Stroitel'stvo i arhitektura. – 1981. – №5. – S. 80-84.

Anastasia Kulikova

State university – educational-science-production complex, Orel
Student of the 5-th class specialty 270205 «Highways and airfields»
Ph.: +7 (953) 610-58-57
E-mail: AnastKulikova@mail.ru

Alexandr Solomentsev

State university – educational-science-production complex, Orel
Candidate of technical science, senior lecture of department «Building of highways»
Ph.: +7 (4862) 47-51-93
E-mail: absolomentsev@mail.ru

Уважаемые авторы!
Просим Вас ознакомиться с основными требованиями
к оформлению научных статей

- Представляемый материал должен быть **оригинальным, не опубликованным ранее** в других печатных изданиях.
- Объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах **формата А4** и содержит от **4 до 9 страниц**; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию.
- Статья должна быть набрана шрифтом Times New Roman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ – 1,25 см, правое поле – 2 см, левое поле – 2 см, поля внизу и вверху – 2 см.
- Статья предоставляется в **1 экземпляре** на бумажном носителе и в электронном виде (по электронной почте или на любом электронном носителе).
- В одном сборнике может быть опубликована только **одна статья одного автора**, включая соавторство.
- **Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.**
- Если статья возвращается автору на доработку, исправленный вариант следует прислать в редакцию повторно, приложив письмо с ответами на замечания рецензента. Доработанный вариант статьи рецензируется и рассматривается редакционной коллегией вновь. Датой представления материала считается дата поступления в редакцию окончательного варианта исправленной статьи.
- Аннотации всех публикуемых материалов, ключевые слова, информация об авторах, списки литературы будут находиться в свободном доступе на сайте соответствующего журнала и на сайте Российской научной электронной библиотеки – РУНЭБ (Российский индекс научного цитирования).

В тексте статьи не рекомендуется применять:

- обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
- для одного и того же понятия различные научные термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
- произвольные словообразования;
- сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими стандартами.
- Сокращения и аббревиатуры должны расшифровываться по месту первого упоминания (вхождения) в тексте статьи.

Обязательные элементы:

- **заглавие (на русском и английском языке)** публикуемого материала должно быть точным и емким, слова, входящие в заглавие, должны быть ясными сами по себе, а не только в контексте; следует избегать сложных синтаксических конструкций, новых словообразований и терминов, а также слов узкопрофессионального и местного значения;
- **аннотация (на русском и английском языке)** описывает цели и задачи проведенного исследования, а также возможности его практического применения, указывает, что нового несет в себе материал; рекомендуемый средний объем – 500 печатных знаков;
- **ключевые слова (на русском и английском языке)** – это текстовые метки, по которым можно найти статью при поиске и определить предметную область текста; обычно их выбирают из текста публикуемого материала, достаточно 5-10 ключевых слов.
- **список литературы**, на которую автор ссылается в тексте статьи.

Право использования произведений предоставлено авторами на основании п. 2 ст. 1286 Четвертой части Гражданского Кодекса Российской Федерации.

С полной версией требований к оформлению научных статей
Вы можете ознакомиться на сайте www.gu-unprk.ru

Адрес учредителя журнала

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Государственный университет –
учебно-научно-производственный комплекс»
(ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»)
302020, г. Орел, ул. Наугорское шоссе, 29
+7 (4862) 42-00-24
www.gu-unpk.ru
E-mail: unpk@ostu.ru

Адрес редакции

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Государственный университет –
учебно-научно-производственный комплекс»
(ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»)
302020, г. Орел, ул. Московская, 77.
+7 (4862) 73-43-49
www.gu-unpk.ru
E-mail: oantc@mail.ru

Материалы статей печатаются в авторской редакции

Право использования произведений предоставлено авторами на основании
п. 2 ст. 1286 Четвертой части Гражданского Кодекса Российской Федерации

Технический редактор С.В. Солопов
Компьютерная верстка С.В. Солопов

Подписано в печать 14.03.2013 г.
Формат 70×108 1/16. Печ. л. 7,06.
Тираж 400 экз.
Заказ №179/13П1

Отпечатано с готового оригинал-макета на полиграфической
базе ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»
302030, г. Орел, ул. Московская, 65.