



Научно-технический журнал

Издается с 2003 года.

Выходит шесть раз в год.

№4 (30) 2010

(июль-август)

СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕКОНСТРУКЦИЯ

Учредитель – государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Орловский государственный технический университет»
(ОрелГТУ)

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:

Гончаров Ю.И. д.т.н., проф.

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.

Карпенко Н.И. акад. РААСН, д.т.н., проф.

Клюева Н.В. д.т.н., доц.

Коробко А.В. д.т.н., проф.

Король Е.А. чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф.

Меркулов С.И. 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.

Серпик И.Н. д.т.н., проф.

Турков А.В. д.т.н., проф.

Федоров В.С. чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф.

Чернышов Е.М. акад. РААСН, д.т.н., проф.

Ответственные за выпуск:

Данилевич Д.В. к.т.н., доц.

Солопов С.В.

Адрес редакции:

302006, Россия, г. Орел,

ул. Московская, 77.

Тел.: +7 (4862) 73-43-49;

www.ostu.ru

E-mail: oantc@ostu.ru

Зарегистрировано в Федеральной службе
по надзору в сфере связи и массовых ком-
муникаций. Свидетельство:

ПИ № ФС77-35718 от 24 марта 2009 г.

Подписной индекс **86294** по объединенному
каталогу «Пресса России»

© ОрелГТУ, 2010

Содержание

Теория инженерных сооружений.

Строительные конструкции

- Алексейцев А.В., Серпик И.Н.** Оптимизация стальных куполов с использованием генетической итерационной процедуры и имитационного моделирования..... 3
- Коробко В.И., Савин С.Ю.** Расчет треугольных ортотропных пластинок с однородными граничными условиями методом интерполяции по коэффициенту формы..... 8
- Осовских Е.В.** Особенности разрешающих уравнений железобетонных складчатых систем для расчета их живучести..... 13
- Турков А.В., Калашикова О.В.** Влияние количества поперечных связей и граничных условий слоев в двухслойных деревянных балках на их жесткость..... 19

Безопасность зданий и сооружений

- Колчунов В.И., Скобелева Е.А.** Некоторые аспекты защиты интеллектуальной собственности в области строительства в России..... 24

Архитектура и градостроительство

- Колесникова Т.Н., Захаров И.М.** Проблемы и перспективы развития образовательной среды сельских поселений..... 32
- Ленченко А.О.** Ретроспективный анализ приемов архитектурной организации отечественных зданий учебно-воспитательного назначения..... 35
- Надуткин В.А., Аракчеева Н.Т., Данилевич Д.В.** О транспортных развязках г. Орла (краткий анализ на наглядном примере)..... 41

Строительные материалы и технологии

- Вдовина Е.В., Абдрахимов В.З.** Термические исследования керамических масс на основе бейделлитовой глины и отходов производства минеральной ваты..... 50
- Соломенцев А.Б., Баранов И.А.** Оценка битумоудерживающей способности стабилизирующих добавок для щебеночно-мастичного асфальтобетона в асфальтовяжущем..... 53
- Столяров В.В., Кокодеева Н.Е.** Методическое обеспечение проектирования дорожных одежд нежесткого типа с применением геоматериалов с учетом принципов технического регулирования (на основе теории риска)..... 59
- Строев Д.А., Мардиросова И.В.** Влияние неионогенного ПАВ-модификатора Оксипав-А.30 на дисперсность и устойчивость при хранении катионных битумных эмульсий..... 67
- Федосов С.В., Румянцева В.Е., Касьяненко Н.С.** Физико-химические основы жидкостной коррозии второго вида цементных бетонов..... 74
- Христофоров А.И., Ликалов Е.С.** Модификация шихты для производства керамики..... 78
- Шамшуров А.В.** Применение оксидов железа и алюминия при получении эффективных строительных материалов..... 82

Журнал «Строительство и реконструкция» входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора технических наук.



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

№4 (30) 2010
(July-August)

BUILDING AND RECONSTRUCTION

The founder – The State Higher Professional Institution
Orel State Technical University
(OSTU)

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:

Goncharov Y.I. *Doc. Sc. Tech., 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.*

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

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

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

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

Merkulov C.I. *Doc. Sc. Tech., Prof.*

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

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

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

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

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

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

Responsible for edition:

Danilevich D.V. *Candidat Sc. Tech., Assistant Prof.*

Solopov S.V.

The edition address: 302006, Orel,

Street Moscow, 77

+7 (4862) 73-43-49

www.ostu.ru

E-mail: oantc@ostu.ru

Journal is registered in Federal service on supervision in sphere of communication and mass communications

The certificate of registration:

ПН № ФС77-35718 from 24.03.09

Index on the catalogue of the «**Pressa Rossi**»
86294

©OSTU, 2010

Journal is included into the List of the Higher Examination Board for publishing the results of theses for competition the academic degrees

Contents

Theory of engineering structures.

Building units

Alekseyev A.V., Serpik I.N. Optimization of steel domes with use of the genetic iterative procedure and imitating modelling.....	3
Korobko V.I., Savin S.U. Calculation of the triangular orthotropic plates with homogeneous boundary conditions.....	8
Osovskiykh E.V. Features of the resolving equations of ferro-concrete folded systems for calculation of their survivability.....	13
Turkov A.V., Kalashnikova O.V. Influence amount transverse relationships and border conditions of the layers in two-layer wooden beam on their acerbity.....	19

Building and structure safety

Kolchunov V.I., Skobeleva E.A. Some aspects of protection of intellectual property in the field of building in Russia.....	24
---	----

Architecture and town-planning

Kolesnikova T.N., Zaharov I.M. Problems and prospects of development of the educational environment of rural settlements.....	32
Lenchenko A.O. The retrospective analysis of receptions of the architectural organization of domestic buildings of teaching and educational appointment.....	35
Nadutkin V.A., Arakcheeva N.T., Danilevich D.V. About traffic intersections of the Orel (the short analysis on the bright example).....	41

Construction technologies and materials

Vdovina E.V., Abdrakhimov V.Z. Thermal researches of ceramic mixture on the beidellite clay basis and production wastes of mineral cotton.....	50
Solomentsev A.B., Baranov I.A. Estimation bitumen of keeping ability of stabilizing additives for shchebenochno-mastichnogo an asphalt concrete in asfaltovjazhu-shchem..	53
Stolayrov V.V., Kokodeeva N.E. Methodical maintenance of designing of road clothes of nonrigid type with application of geomaterials taking into account principles of technical regulation (on the basis of the risk theory).....	59
Stroev D.A., Mardirosova I.V. Effect of non-ionic surfactant modifiers OKSIPAV-A.30 at dispersion and stable on storage cationic bitumen emulsions.....	67
Fedosov S.V., Roumyantseva V.E., Kasyanenko N.S. Physical and chemical bases of the second type liquid corrosion of cement concrete.....	74
Hristoforov A.I., Pikalov E.S. Modification of the mix for production of ceramics.....	78
Shamshurov A.V. The application of oxides of iron and aluminum with obtaining of effective building materials.....	82

УДК 624.014

АЛЕКСЕЙЦЕВ А.В., СЕРПИК И.Н.

ОПТИМИЗАЦИЯ СТАЛЬНЫХ КУПОЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИТЕРАЦИОННОЙ ПРОЦЕДУРЫ И ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Представлена вычислительная схема структурно-параметрической оптимизации стальных куполов однослойной сетчатой конструкции на основе эволюционного и имитационного моделирования. Приведен пример оптимального синтеза купола такого типа.

Ключевые слова: стальные купола, оптимизация, генетические алгоритмы, имитационные модели, прочность, устойчивость.

The computing scheme of structurally-parametrical optimization of steel domes of a single-layered mesh design on the basis of evolutionary and imitating modelling is proposed. The example of optimum synthesis of a dome of this kind is considered.

Keywords: steel domes, optimization, genetic algorithms, simulation models, strength, stability.

Одними из наиболее эффективных подходов к решению задач оптимального синтеза строительных конструкций являются итерационные схемы генетических алгоритмов, иначе называемые эволюционным моделированием [1...5]. Тем не менее, использование эволюционного моделирования при оптимизации сложных деформируемых систем, таких как сетчатые купола, сдерживается относительно высокой трудоемкостью вычислений. Это связано с необходимостью расчета достаточно большого числа вариантов проектируемых конструкций. Данная проблема может быть в значительной степени решена с помощью сочетания генетических алгоритмов с имитационными моделями [6, 7], позволяющими выполнять упрощенные оценки работоспособности вариантов конструкции на основе ранее полученных результатов расчетов.

Введение имитационного моделирования в процесс оптимального проектирования конструкций

Рассмотрим структурно-параметрический синтез однослойного сетчатого купола с мембранной обшивкой. Для куполов данного типа стоимость каркаса, как правило, значительно превышает стоимость обшивки. В качестве цели оптимального проектирования принимаем минимизацию функции стоимости C каркаса купола в деле:

$$C(X_p) = \sum_{i=1}^l C_i(1 + k_i) \Rightarrow \min, \quad (1)$$

где $X_p \in \Phi = 1, \dots, n$ – множества допустимых значений параметров проектирования; n – число таких множеств; l – число используемых марок стали; C_i – стоимость варьируемых конструктивных элементов каркаса, изготавливаемых из i -го материала; k_i – коэффициент, учитывающий стоимость устройств узловых соединений конструктивных элементов.

Используем вариант генетической процедуры, представленной в работе [3]. В соответствии с положениями этой работы будем формировать некоторую избыточную структуру каркаса купола, для которой предусматривается возможность введения «нулевых» (отсутствующих) конструктивных элементов, имеющих относительно малый модуль упругости материала, при этом структурно-параметрическая оптимизация сводится к параметрической.

Считаем, что деформируемый объект дискретизирован по схеме метода конечных элементов. Учитываем следующие ограничения: геометрическая неизменяемость системы, усло-

вие равновесия узлов конечноэлементной модели, условия прочности и устойчивости в соответствии с положениями норм [8], ограничения по жесткости, конструктивные и технологические требования. Предусматриваем возможность варьирования типоразмеров поперечных сечений стержней и координат по вертикали незакрепленных узлов системы конечных элементов. На первых итерациях вычислительного процесса строится имитационная модель и выполняется ее проверка [6]. В дальнейшем эта модель используется для снижения трудоемкости расчетов.

Для выполнения априорных оценок введем схему простейшего дробного факторного эксперимента, записав для каждого m -го нагружения конструкции уравнения регрессии в виде:

$$t_{mj} = a_{0j} + \sum_{i=1}^n a_{ij} \tilde{x}_i, \quad (2)$$

где t_{mj} – величина, связанная со степенью опасности напряженного состояния в некотором конструктивном элементе или с перемещением какого-либо узла в заданном направлении; a_{0j} – свободное слагаемое; $a_{ij} \in [1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, j_1]$ – коэффициенты; j_1 – общее число уравнений регрессии; $\tilde{x}_i = x_i - \bar{x}_i$; x_i – значение i -го изменяемого параметра; $x_{i,\min}, x_{i,\max}$ – минимальное и максимальное допустимые значения параметра x_i ; $\bar{x}_i = (x_{i,\min} + x_{i,\max})/2$.

На основании уравнений (2) можно делать предварительный вывод о нагруженности вариантов конструкции. Построение модели для каждой величины t_{mj} выполняется по следующему алгоритму. Определив с помощью метода конечных элементов значение $t_{mj}^{(0)}$ параметра t_{mj} при $\tilde{x}_1 = \tilde{x}_2 = \dots = \tilde{x}_n = 0$, получим $a_{0j} = t_{mj}^{(0)}$. Далее, вычислив величину $t_{mj}^{(1)}$ для $\tilde{x}_1 = x_{1,\max} - \bar{x}_1, \tilde{x}_2 = \tilde{x}_3 = \dots = \tilde{x}_n = 0$, будем иметь $a_{1j} = (t_{mj}^{(1)} - a_{0j})/\tilde{x}_1$. Аналогично могут быть найдены коэффициенты a_{ij} при $i = 2, 3, \dots, n$.

После формирования этих уравнений осуществляется проверка точности модели путем выполнения расчетов вариантов несущей системы для выбираемых случайным образом варьируемых параметров. При этом находятся статистические характеристики генеральных совокупностей для случайных величин интегральных приведенных ошибок Δt_m , определяемых зависимостью:

$$\Delta t_m = \left(\max_j |t_{mj}| - \max_j |\tilde{t}_{mj}| \right) / \left[\tilde{t}_{mj} \right], \quad (3)$$

где \tilde{t}_{mj} – величина параметра t_{mj} , полученная с помощью метода конечных элементов; $[t_{mj}] > 0$ – допустимое значение для параметра t_{mj} , принимаемое из условия обеспечения прочности, устойчивости или жесткости.

Далее оцениваются математическое ожидание $M(\Delta t_m)$ и дисперсия этой случайной величины и с помощью критерия Стьюдента проверяется статистическая значимость $M(\Delta t_m)$. В процессе оптимизации выполняется проверка условия:

$$\max_j |t_{mj}| + \left[\Omega S(\Delta t_m) + M(\Delta t_m) - 1 \right] [t_{mj}] > 0, \quad (4)$$

где Ω – задаваемый коэффициент; $S(\Delta t_m)$ – среднее квадратическое отклонение для Δt_m .

Если хотя бы для одного сочетания j и m неравенство (4) выполняется, то вариант конструкции исключается из рассмотрения без проведения уточненного анализа прочности, устойчивости и жесткости. Математическое ожидание учитывается в формуле (4) только при подтверждении его статистической значимости.

Пример решения задачи оптимизации

Рассмотрим задачу оптимизации однослойного купола, избыточная структура каркаса

Теория инженерных сооружений. Строительные конструкции

которого показана на рисунке 1. Задавались: пролет $D=24$ м, диаметр верхнего опорного кольца $d=3$ м.

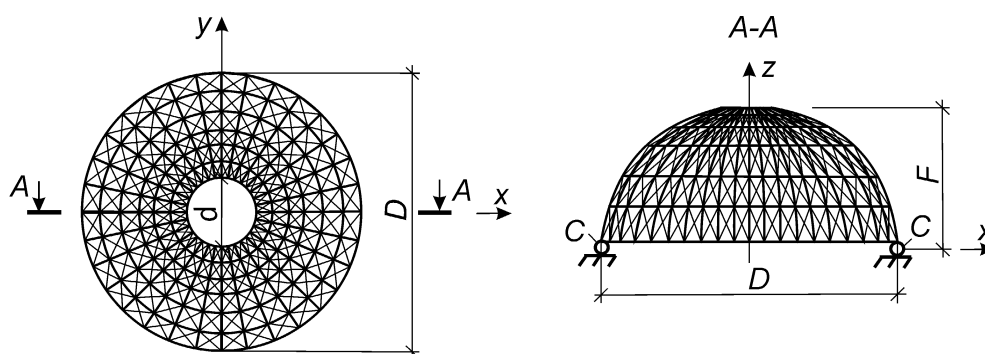


Рисунок 1 – Купол с избыточной структурой

Считалось, что стержни колец изготовлены из стали ВСтЗпс6 ГОСТ 380-81 (С245); полуарок – из стали 18сп ГОСТ 23570-79 (С255); элементов сетки – из стали СтЗкп ГОСТ 535-88 (С235). В опорных узлах вводились связи в виде пространственных шарниров С.

Варьировались следующие параметры: типоразмеры сечений нижнего опорного кольца, каждого промежуточного кольца, каждой группы из двух полуарок, лежащих в одной плоскости, каждой группы стержней решетки (рисунок 2); координаты по оси z узлов каждого промежуточного кольца и узлов верхнего кольца. Дискретные множества допустимых значений параметров, на которых проводилась оптимизация, представлены в таблице 1.

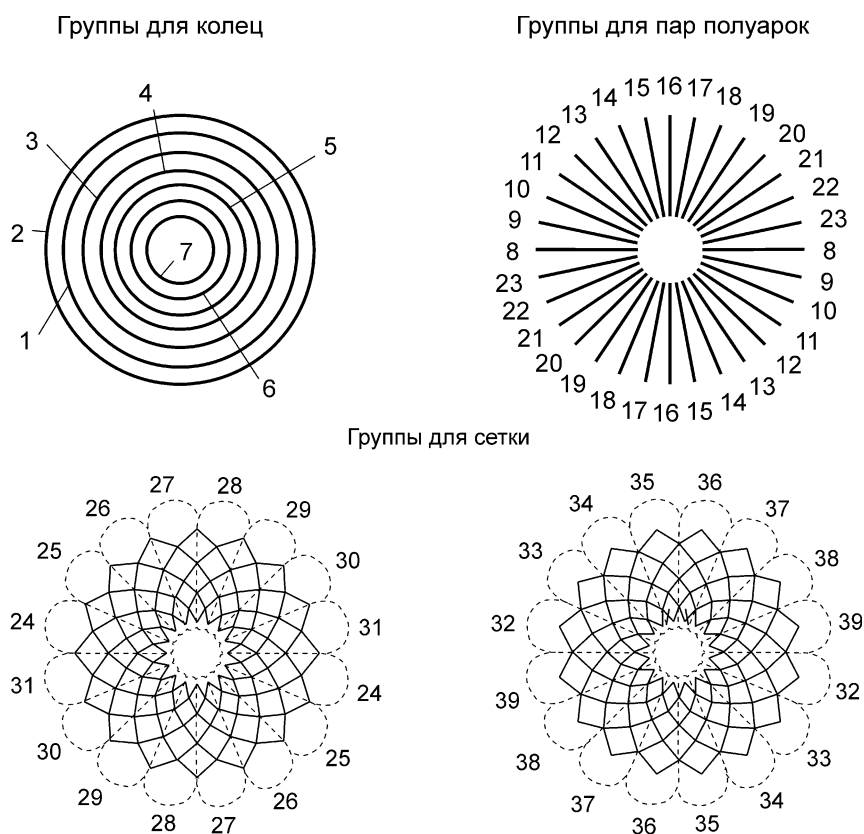


Рисунок 2 – Группы стержней с одинаковыми поперечными сечениями:

1 – нижнее опорное кольцо; 2-6 – промежуточные кольца; 7 – верхнее кольцо; 8-23 – пары полуарок; 24-39 – стержни сетки (группы стержней сетки разграничены штриховыми линиями)

Расчеты конструкции выполнялись на основные сочетания нагрузок от действия сил тяжести стальных конструкций, обшивки и снега, а также от ветрового давления [9]. При

Строительство и реконструкция

этом оптимальный синтез осуществлялся с учетом действия сил ветрового давления в одном направлении. Полученные в результате синтеза конструкции проверялись с учетом наименее благоприятного для них направления ветра. Для снижения трудоемкости вычислений проверка общей устойчивости несущей системы проводилась только для объектов, сформированных по результатам выполнения итерационного процесса.

Таблица 1 – Допустимые значения варьируемых параметров и результаты оптимизации

Наименование элементов	Наименование параметров	№ параметра	Допустимые значения	Результаты оптимизации	
				Объект 1	Объект 2
Нижнее опорное кольцо	Типоразмеры сечений	1	«Нулевой элемент» («Н.э.»); профили квадратных труб по ГОСТ 8639-68: 50×5, 60×6, 70×6, 80×6, 90×7	60×6	«Н.э.»
		2		70×6	80×6
3		70×6		70×6	
Промежуточные кольца		4		«Н.э.»	70×6
		5		60×6	60×6
		6		60×6	60×6
Верхнее кольцо	7	Профили квадратных труб по ГОСТ 8639-68: 50×5, 60×6, 70×6, 80×6, 90×7	80×6	80×6	
Группы полуарок		8	«Н.э.»; профили прямоугольных труб по ГОСТ 12336-66: 80×40×3, 100×70×3, 140×100×3, 160×110×3, 200×100×4	«Н.э.»	160×110×3
		9		«Н.э.»	«Н.э.»
		10		«Н.э.»	160×110×3
		11		160×110×3	«Н.э.»
		12		«Н.э.»	160×110×3
		13		«Н.э.»	«Н.э.»
		14		«Н.э.»	160×110×3
		15		160×110×3	«Н.э.»
		16		«Н.э.»	160×110×3
		17		«Н.э.»	«Н.э.»
		18		«Н.э.»	160×110×3
		19		160×110×3	«Н.э.»
		20		«Н.э.»	160×110×3
		21		«Н.э.»	«Н.э.»
22		«Н.э.»	160×110×3		
23		160×110×3	«Н.э.»		
Группы стержней сетки		24	«Н.э.»; профили квадратных труб по ГОСТ 8639-68: 20×2, 30×3, 40×4, 50×5	40×4	«Н.э.»
		25		«Н.э.»	50×5
		26			«Н.э.»
		27			«Н.э.»
		28			«Н.э.»
		29			50×5
		30			«Н.э.»
	31	«Н.э.»			
	32	«Н.э.»			
	33	50×5			
	34	«Н.э.»			
	35	«Н.э.»			
	36	«Н.э.»			
	37	50×5			
	38	«Н.э.»			
	39	«Н.э.»			
Узлы промежуточных колец	Координаты по оси Z, см	40	50; 110; 170; 230; 270; 300; 335	110	50
		41	340; 370; 400; 430; 465; 485; 505	370	340
		42	510; 530; 550; 570; 595; 615; 635	530	530
		43	640; 660; 690; 710; 715; 720; 725	660	640
		44	730; 735; 745; 750; 755; 760; 765	730	730
Узлы верхнего кольца	45	770; 775; 785; 790; 800; 820; 850	770	770	

Результаты оптимизации для двух наиболее рациональных объектов представлены в столбцах 5 и 6 таблицы 1. Структуры этих объектов показаны на рисунке 3. Стоимость каркаса первого из вариантов конструкции в базовом уровне цен 2001 г. составила 379,5 тыс. руб., второго из вариантов – 378,3 тыс. руб.

Теория инженерных сооружений. Строительные конструкции

Полный перебор всех возможных вариантов каркаса купола связан с осуществлением более 10^{29} расчетов. В случае использования генетического алгоритма без априорной отбраковки вариантов конструкции потребовалось выполнить более $1,5 \cdot 10^5$ таких расчетов с получением только объекта 1. При введении в генетический алгоритм схемы имитационного моделирования процесс оптимизации с нахождением обоих рациональных объектов потребовал выполнения менее $1,2 \cdot 10^4$ расчетов вариантов стержневой системы.

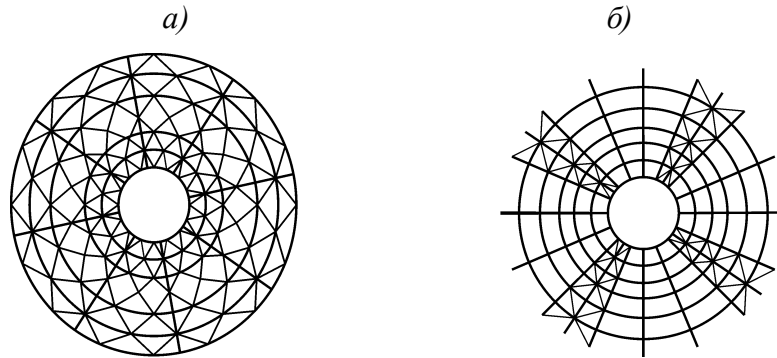


Рисунок 3 – Структуры каркасов рациональных вариантов купола: а – объект 1; б – объект 2

Вывод

Разработана эволюционно-имитационная схема структурно-параметрической оптимизации сетчатых куполов. Введение в генетический алгоритм процедуры имитационного моделирования позволяет значительно сократить время решения задач большой размерности, что приводит к возможности получения новых рациональных проектных решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курейчик, В.М. Генетические алгоритмы в технике. Методы кибернетики и информационной технологии [Текст] / В.М. Курейчик. – Саратов: РАЕН, 1994. – 303 с.
2. Серпик, И.Н. Генетическая процедура синтеза несущих конструкций вагонов [Текст] / И.Н. Серпик, В.В. Мирошников, М.И. Серпик и др. // Качество машин: сб. тр. 4-й Междунар. науч.-техн. конф. – Брянск, 2001. – С. 75-77.
3. Серпик, И.Н. Структурно-параметрическая оптимизация стержневых металлических конструкций на основе эволюционного моделирования [Текст] / И.Н. Серпик, А.В. Алексейцев, Ф.Н. Левкович и др. // Известия вузов. Строительство. – 2005. – №8. – С. 16-24.
4. Серпик, И.Н. Эволюционный синтез металлических плоских рам в случае оценки несущей способности по методу предельного равновесия [Текст] / И.Н. Серпик, А.А. Лелетко, А.В. Алексейцев // Известия вузов. Строительство. – 2007. – №8. – С. 4-9.
5. Togan V., Daloglu A.T. Optimization of 3d trusses with adaptive approach in genetic algorithms. // Eng. Struct. – 2006. – Vol. 28. – P. 1019-1027.
6. Серпик, И.Н. Генетический алгоритм оптимизации систем тонких пластин с использованием имитационного моделирования [Текст] / И.Н. Серпик, А.В. Алексейцев // Труды XXI Международной конференции по теории пластин и оболочек. – Саратов: СГТУ, 2005. – С. 216-221.
7. Кельтон, В. Имитационное моделирование. Классика CS [Текст] / В. Кельтон, А. Лоу. – СПб.: Питер, 2004. – 848 с.
8. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции [Текст] / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1990. – 96 с.
9. СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия [Текст] / Госстрой СССР. – М.: ГУП ЦПП, 2003. – 58 с.

Алексейцев Анатолий Викторович

Брянская государственная инженерно-технологическая академия, г. Брянск
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Механика»
Тел.: +7 (4832) 69-32-54; +7 960-564-33-58

Серпик Игорь Нафтольевич

Брянская государственная инженерно-технологическая академия, г. Брянск
Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Механика»
Тел.: +7 (4832) 64-88-00; +7 910-337-46-81

РАСЧЕТ ТРЕУГОЛЬНЫХ ОРТОТРОПНЫХ ПЛАСТИНОК С ОДНОРОДНЫМИ ГРАНИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ МЕТОДОМ ИНТЕРПОЛЯЦИИ ПО КОЭФФИЦИЕНТУ ФОРМЫ

Рассматриваются задачи поперечного изгиба ортотропных пластинок в виде треугольников, нагруженных равномерно распределенной нагрузкой, и их собственных колебаний.

Ключевые слова: ортотропные пластинки в виде треугольников, максимальный прогиб, основная частота колебаний, метод интерполяции по коэффициенту формы.

The article describes problems of a cross-section bend and natural vibration of the triangular orthotropic plates loaded with in regular intervals distributed loading.

Keywords: the triangular orthotropic plates, the maximum deflection, the basic frequency of fluctuations, the interpolation method by the form coefficient.

В научной и справочной литературе по теории пластинок приведено очень мало решений задач поперечного изгиба и свободных колебаний ортотропных пластинок. Известны точные решения лишь для прямоугольных пластинок, противоположные стороны которых шарнирно оперты, а две другие закреплены произвольно [1], при некоторых частных случаях нагружения пластинок. Для решения конкретных задач широко используются приближенные, в основном, численные методы.

В последние годы активно развивается новый эффективный инженерный метод решения задач технической теории пластинок – метод интерполяции по коэффициенту формы (МИКФ) [2]. Этот метод по своей сути является геометрическим и позволяет решать задачи для определенных подмножеств пластинок, объединенных одним геометрическим преобразованием. Однако к ортотропным пластинкам этот метод до сих пор не применялся. Известно лишь одно упоминание о возможности представления решения максимального прогиба эллиптической жестко защемленной и равномерно нагруженной пластинки [3].

В настоящее время развитие МИКФ идет в направлении построения граничных аппроксимирующих кривых, которые, представленные в координатных осях $F - K_f$, где F – максимальный прогиб или основная частота колебаний, ограничивают все множество значений этих интегральных физических параметров для пластинок с выпуклым опорным контуром и определенными видами граничных условий. По этим граничным кривым определяются так называемые «опорные решения», которые затем используются для построения аналитической зависимости $F - K_f$ по методике МИКФ.

Граничные кривые образуют указанные выше интегральные физические параметры пластинок, относящиеся к характерным классам форм пластинок. Так, верхнюю границу для максимального прогиба четырехугольных пластинок w_0 с однородными граничными условиями, нагруженных равномерно распределенной нагрузкой q , и нижнюю для основной частоты колебаний ω в ненагруженном состоянии образуют пластинки в виде равнобедренных треугольников, а нижнюю границу для w_0 и верхнюю для ω образуют прямоугольные пластинки.

В настоящей статье строятся граничные кривые, относящиеся к ортотропным пластинкам в виде равнобедренных треугольников, для трех характерных случаев соотношений между жесткостями ортотропии таких пластинок, изготовленных из широко используемых в строительстве и машиностроении сортов фанеры. Упругие характеристики материала рассматриваемых пластинок приведены в таблице 1, при этом ось наибольшей жесткости пластинок параллельна основанию треугольника.

Таблица 1 – Упругие характеристики материала пластинок

Материал пластинки	E_x , МПа	E_y , МПа	G , МПа	ν_x	ν_y	D_x, H , м	D_y, H , м	D_l, H , м	D_{xy}, H , м
Фанера клееная березовая марки ФСФ	9000	6000	750	0,085	0,065	754,17	502,78	49,021	62,500
Фанера клееная из древесины лиственницы марки ФСФ	7000	5500	800	0,07	0,06	585,79	460,27	35,148	66,667
Фанера бакелизированная марки ФБС	12000	8500	1000	0,085	0,065	1005,56	712,27	65,361	83,333

Примечание: Используемые в таблице обозначения соответствуют общепринятым в технической теории пластинок.

Построение аппроксимирующих функций осуществлялось по результатам численных решений, полученных с помощью МКЭ с использованием программного комплекса SCAD, для пластинок постоянной площади $A = 1 \text{ м}^2$. Триангуляция конечных элементов была выбрана следующим образом: решались указанные задачи на примере прямоугольной пластинки с соотношением сторон 1/2 с шагом триангуляции 0,1 м; 0,05 м; 0,02 м. При шаге триангуляции от 0,05 м до 0,02 м получаемые значения максимального прогиба и основной частоты колебаний оказались равными, поэтому была выбрана разбивка с шагом 0,05 м.

Для построения аппроксимирующих функций по полученным решениям применялся комплекс Table Curve 2D. Аппроксимирующие функции для максимального прогиба w_0 и основной частоты колебаний ω отыскивались в виде зависимостей:

$$w_0 = K_w q A^2, \quad \omega = \frac{K_\omega}{A \sqrt{m}}, \quad (1)$$

где K_w и K_ω – коэффициенты, учитывающие форму области, граничные условия и жесткости пластинки D_x, D_y, D_l, D_{xy} ; m – масса единицы площади.

1 Шарнирное опирание по контуру

Для пластинок в виде равнобедренных треугольников, шарнирно опертых по контуру (рисунок 1), с помощью метода конечных элементов были найдены значения максимального прогиба от действия равномерно распределенной нагрузки и частоты колебаний в ненагруженном состоянии, которые сведены в таблицу 2. По этим данными построены графики $w_0 - K_f$ и $\omega - K_f$, изображенные на рисунке 2.

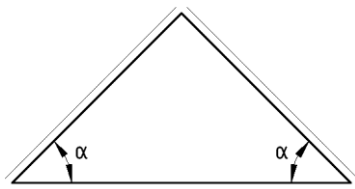


Рисунок 1 – Шарнирно опертая треугольная пластинка

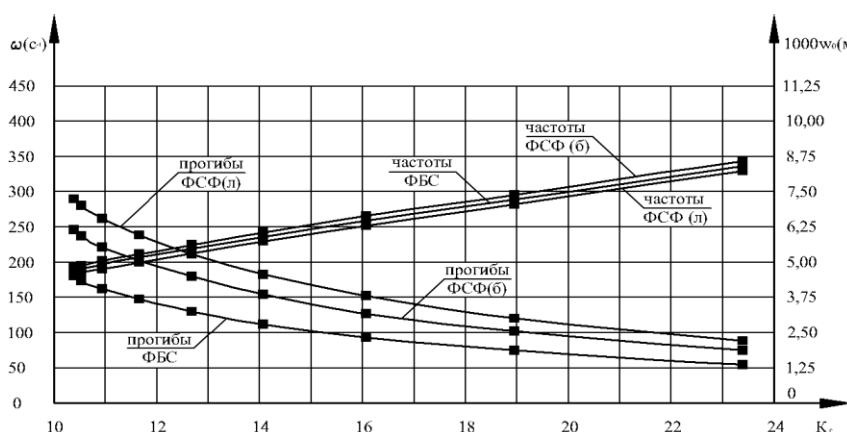


Рисунок 2 – Графики зависимостей $w_0 - K_f$ и $\omega - K_f$ для шарнирно опертых пластинок в виде равнобедренных треугольников

При построении граничных кривых аппроксимирующие функции выбирались одинаковой несложной структуры с сохранением физического смысла коэффициента формы. Эти

функции могут использоваться как при ручном счете, так и при расчете ортотропных пластинок с помощью программного комплекса.

По данным, приведенным в таблице 2, построены аппроксимирующие функции:

– для фанеры клееной березовой марки ФСФ:

$$w_0 = \left(-0,259 \cdot 10^{-3} + \frac{0,040}{K_f} + \frac{0,270}{K_f^2} \right) \cdot 10^{-3} \cdot qA^2; \quad (2)$$

$$\omega = \left(437,57 + 19,919K_f + 0,133K_f^2 - \frac{1545,8}{K_f} \right) \cdot \frac{1}{A\sqrt{m}}; \quad (3)$$

– для фанеры клееной из древесины лиственницы марки ФСФ:

$$w_0 = \left(-0,834 \cdot 10^{-3} + \frac{0,062}{K_f} + \frac{0,218}{K_f^2} \right) \cdot 10^{-3} \cdot qA^2; \quad (4)$$

$$\omega = \left(216,91 + 28,577K_f + 0,053K_f^2 - \frac{391,62}{K_f} \right) \cdot \frac{1}{A\sqrt{m}}; \quad (5)$$

– для фанеры бакелизированной марки ФБС:

$$w_0 = \left(-0,342 \cdot 10^{-3} + \frac{0,033}{K_f} + \frac{0,175}{K_f^2} \right) \cdot 10^{-3} \cdot qA^2; \quad (6)$$

$$\omega = \left(424,82 + 28,032K_f + 0,074K_f^2 - \frac{1325,2}{K_f} \right) \cdot \frac{1}{A\sqrt{m}}. \quad (7)$$

Здесь в формулах (2)...(7) и далее в формулах (8)...(13) коэффициент пропорциональности K_ω имеет размерность корня квадратного из цилиндрической жесткости пластинки на изгиб $\sqrt{Hм}$, а коэффициент K_w – размерность, обратную цилиндрической жесткости $(Hм)^{-1}$.

2 Жесткое защемление по контуру

Для равнобедренных треугольных пластинок, жестко защемленных по контуру и нагруженных равномерно распределенной нагрузкой (рисунок 3), с помощью метода конечных элементов получены значения максимального прогиба и основной частоты собственных колебаний, которые приведены в таблице 2. По этим данным построены графики зависимостей $w_0 - K_f$ и $\omega - K_f$ (рисунок 4).

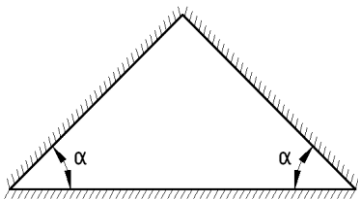


Рисунок 3 – Жестко защемленная по контуру треугольная пластинка

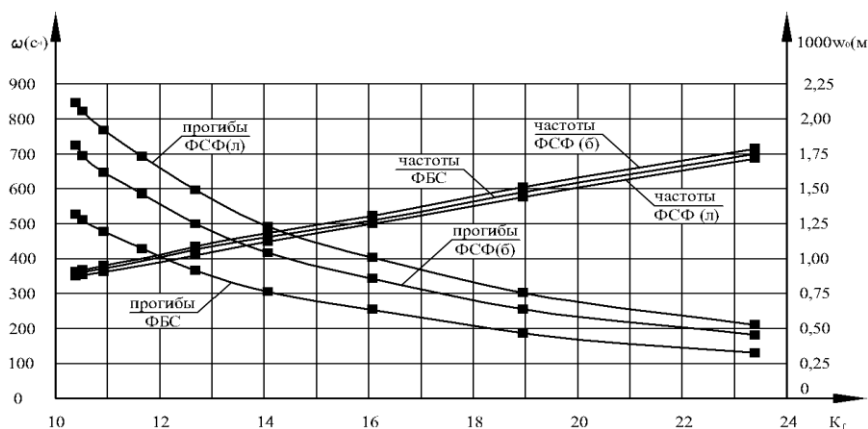


Рисунок 4 – Графики зависимостей $w_0 - K_f$ и $\omega - K_f$ для жестко защемленных пластинок в виде равнобедренных треугольников

Теория инженерных сооружений. Строительные конструкции

Таблица 2 – Результаты расчета ортотропных пластинок в виде равнобедренных треугольников и их сравнение с результатами, полученными по аппроксимирующим функциям

№	Параметры пластинок	α , град.										
		20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
		Коэффициент формы										
		23,413	18,975	16,083	14,087	12,688	11,657	10,962	10,540	10,392	10,568	11,208
Шарнирное опирание (фанера клееная березовая марки ФСФ)												
1	$10^6 K_w$ (МКЭ)	1,868	2,539	3,236	3,893	4,543	5,060	5,550	5,821	6,163	6,104	5,703
2	$10^6 K_w$ (2)	1,939	2,592	3,260	3,923	4,557	5,130	5,602	5,928	6,050	5,906	5,427
3	Разница, %	3,81	2,08	0,75	0,79	0,32	1,39	0,95	1,84	1,83	3,25	4,85
4	K_{ω} (МКЭ)	910,67	783,40	695,11	634,60	587,72	557,28	532,17	519,42	505,18	507,50	524,95
5	K_{ω} (3)	910,97	782,07	696,29	634,88	589,27	555,27	530,91	515,67	510,23	516,68	539,63
6	Разница, %	0,03	0,17	0,17	0,04	0,26	0,36	0,24	0,72	1,00	1,81	2,80
Шарнирное опирание (фанера клееная из древесины лиственницы марки ФСФ)												
7	$10^6 K_w$ (МКЭ)	2,197	3,007	3,847	4,643	5,415	6,029	6,597	6,848	7,234	7,124	6,614
8	$10^6 K_w$ (4)	2,195	3,018	3,840	4,638	5,387	6,055	6,600	6,972	7,112	6,947	6,398
9	Разница, %	0,08	0,39	0,20	0,12	0,51	0,42	0,04	1,81	1,70	2,49	3,27
10	K_{ω} (МКЭ)	839,75	720,08	637,52	581,13	538,29	510,49	488,15	478,89	466,33	469,77	487,44
11	K_{ω} (5)	839,94	719,27	638,32	581,05	539,43	509,16	488,00	475,02	470,43	475,87	495,52
12	Разница, %	0,02	0,11	0,13	0,01	0,21	0,26	0,03	0,81	0,88	1,30	1,66
Шарнирное опирание (фанера бакелизированная марки ФБС)												
13	$10^6 K_w$ (МКЭ)	1,366	1,862	2,376	2,862	3,340	3,717	4,074	4,258	4,505	4,452	4,151
14	$10^6 K_w$ (6)	1,371	1,864	2,364	2,856	3,324	3,745	4,091	4,328	4,417	4,312	3,962
15	Разница, %	0,36	0,12	0,53	0,19	0,46	0,73	0,42	1,65	1,94	3,14	4,55
16	K_{ω} (МКЭ)	1064,7	914,93	811,08	740,13	685,45	650,15	621,14	607,30	590,93	594,23	615,38
17	K_{ω} (7)	1065,1	913,52	812,38	740,30	687,19	647,95	620,08	602,77	596,60	603,91	630,03
18	Разница, %	0,03	0,15	0,16	0,02	0,25	0,34	0,17	0,75	0,96	1,63	2,38
Жесткое защемление (фанера клееная березовая марки ФСФ)												
19	$10^6 K_w$ (МКЭ)	0,450	0,645	0,837	1,045	1,233	1,449	1,610	1,714	1,796	1,776	1,647
20	$10^6 K_w$ (8)	0,472	0,649	0,846	1,054	1,264	1,460	1,627	1,744	1,789	1,736	1,565
21	Разница, %	5,00	0,63	1,08	0,95	2,53	0,77	1,04	1,74	0,40	2,25	5,00
22	K_{ω} (МКЭ)	1853,7	1556,6	1372,4	1232,2	1137,7	1051,1	998,92	969,09	947,46	952,17	988,53
23	K_{ω} (9)	1853,4	1558,3	1369,5	1234,9	1133,5	1056,2	999,56	963,50	950,47	965,90	1020,0
24	Разница, %	0,02	0,11	0,22	0,21	0,37	0,48	0,06	0,58	0,32	1,44	3,18
Жесткое защемление (фанера клееная из древесины лиственницы марки ФСФ)												
25	$10^6 K_w$ (МКЭ)	0,529	0,763	0,995	1,243	1,470	1,720	1,907	2,028	2,106	2,068	1,906
26	$10^6 K_w$ (10)	0,535	0,754	0,992	1,240	1,486	1,714	1,907	2,041	2,092	2,032	1,835
27	Разница, %	1,17	1,20	0,30	0,24	1,05	0,32	0,00	0,66	0,66	1,74	3,72
28	K_{ω} (МКЭ)	1708,9	1431,0	1258,9	1130,1	1041,8	965,15	917,96	891,09	875,05	882,41	919,03
29	K_{ω} (11)	1708,5	1432,9	1256,2	1131,4	1038,8	969,34	919,11	887,45	876,08	889,55	937,15
30	Разница, %	0,02	0,13	0,21	0,12	0,28	0,43	0,13	0,41	0,12	0,81	1,97
Жесткое защемление (фанера бакелизированная марки ФБС)												
31	$10^6 K_w$ (МКЭ)	0,329	0,473	0,614	0,767	0,906	1,063	1,181	1,256	1,312	1,295	1,199
32	$10^6 K_w$ (12)	0,339	0,471	0,616	0,769	0,922	1,066	1,187	1,272	1,304	1,266	1,141
33	Разница, %	3,22	0,37	0,33	0,33	1,85	0,20	0,50	1,21	0,63	2,21	4,81
34	K_{ω} (МКЭ)	2168,0	1818,3	1602,1	1438,3	1327,3	1227,1	1166,5	1132,0	1108,4	1115,3	1159,2
35	K_{ω} (13)	2167,5	1820,6	1598,6	1440,9	1322,7	1233,0	1167,6	1126,0	1111,1	1128,8	1191,2
36	Разница, %	0,02	0,13	0,22	0,18	0,35	0,48	0,10	0,52	0,24	1,21	2,76

Примечание: α – угол у основания равнобедренного треугольника.

С использованием полученных данных построены аппроксимирующие функции:

– для фанеры клееной березовой марки ФСФ:

$$w_0 = \left(0,075 \cdot 10^{-3} + \frac{0,003}{K_f} + \frac{0,159}{K_f^2} \right) \cdot 10^{-3} \cdot qA^2, \quad (8)$$

$$\omega = \left(1387,6 + 6,693K_f + 1,068K_f^2 - \frac{6463,7}{K_f} \right) \cdot \frac{1}{A\sqrt{m}}; \quad (9)$$

– для фанеры клееной из древесины лиственницы марки ФСФ:

$$w_0 = \left(-0,028 \cdot 10^{-3} + \frac{0,006}{K_f} + \frac{0,165}{K_f^2} \right) \cdot 10^{-3} \cdot qA^2; \quad (10)$$

$$\omega = \left(1039,5 + 18,626K_f + 0,782K_f^2 - \frac{4588,0}{K_f} \right) \cdot \frac{1}{A\sqrt{m}}; \quad (11)$$

– для фанеры бакелизированной марки ФБС:

$$w_0 = \left(-0,029 \cdot 10^{-3} + \frac{0,002}{K_f} + \frac{0,112}{K_f^2} \right) \cdot 10^{-3} \cdot qA^2, \quad (12)$$

$$\omega = \left(1535,2 + 12,170K_f + 1,183K_f^2 - \frac{7049,7}{K_f} \right) \cdot \frac{1}{A\sqrt{m}}. \quad (13)$$

Выводы

Приведены результаты численного решения задач по определению максимального прогиба ортотропных пластинок в виде равнобедренных треугольников с однородными граничными условиями, нагруженных равномерно распределенной нагрузкой, и основной частоты их колебаний в ненагруженном состоянии для трех видов фанеры, наиболее распространенных в строительстве и машиностроении. По этим данным построены аппроксимирующие функции $F - K_f$, которые образуют одну из границ для всего множества значений F ортотропных пластинок с выпуклым контуром и однородными граничными условиями для трех рассмотренных видов фанеры. Эти аппроксимирующие функции могут использоваться в МИКФ для выбора опорных решений при расчете пластинок произвольного вида.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Варвак, П.М. Справочник по теории упругости (для инженеров-строителей) [Текст] / П.М. Варвак, А.Ф. Рябов. – Киев: Будівельник, 1971. – 418 с.
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. Изопериметрический метод в строительной механике: Теоретические основы изопериметрического метода [Текст] / В.И. Коробко. – М.: АСВ, 1997. – 390 с.

Коробко Виктор Иванович

Орловский государственный технический университет, г. Орел
 Доктор технических наук, профессор кафедры «Строительные конструкции и материалы»
 Тел.: +7 (4862) 73-43-95
 E-mail: oantc@ostu.ru

Савин Сергей Юрьевич

Орловский государственный технический университет, г. Орел
 Ассистент кафедры «Строительные конструкции и материалы»
 Тел.: +7 (4862) 73-43-95

ОСОВСКИХ Е.В.

ОСОБЕННОСТИ РАЗРЕШАЮЩИХ УРАВНЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СКЛАДЧАТЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РАСЧЕТА ИХ ЖИВУЧЕСТИ

На основе комбинации вариационного метода В.З. Власова с методом последовательных нагружений предложен алгоритм и разрешающие уравнения для проектного и запроектного расчета коротких призматических складок с учетом анизотропии, неупругих деформаций, деформаций сдвига, наличия трещин и коррозионных повреждений в железобетоне при полумоментном напряженном состоянии.

Ключевые слова: живучесть, железобетонная складка, прогрессирующее разрушение.

On the basis of a combination of a variation method of V.Z. Vlasova with a method of consecutive loadings the algorithm and the resolving equations for design and for design calculation of short prismatic folds taking into account anisotropy, not elastic deformations, deformations of shift, presence of cracks and corrosion damages to ferro-concrete is offered at a floor the moment a tension.

Keywords: survivability, the ferro-concrete fold, progressing destruction.

При решении задач живучести железобетонных складчатых систем необходим анализ их сопротивляемости внезапным структурным изменениям с учетом физической и конструктивной нелинейности.

При этом важно иметь аналитический или хотя бы полуаналитический метод решения задач их деформирования, пригодный для анализа степени статической неопределимости таких систем в процессе выключения связей или отдельных узлов и определяемый в ряде исследований, например [1], термином «прогрессирующее разрушение».

Применительно к пространственным конструкциям из железобетона одним из возможных методов для решения таких задач может быть комбинация вариационного метода В.З. Власова [2] в сочетании с методом последовательных нагружений для раскрытия физической и конструктивной нелинейности.

Рассматривается короткая призматическая складка, образованная сборными железобетонными плитами и диафрагмами полигонального очертания, расчетная схема которой представлена на рисунке 1.

При этом принимается, что система сопротивляется изгибу в поперечном направлении. Наличие в расчетной модели дополнительных ребер, моделирующих продольные ребра плит, приводит, по существу, к учету и продольных моментов в складке. Напряженное состояние в складке характеризуется нормальными и сдвигающими осевыми силами N , N_I , S и поперечными изгибающими моментами M .

Алгоритм расчета коротких призматических складок в линейно-упругой постановке на основе смешанного метода строительной механики тонкостенных пространственных систем разработан и подробно изложен в работах [4, 5].

Не изменяя методику получения расчетных уравнений, построим их новую структуру, позволяющую учитывать неупругое деформирование и трещины в железобетоне.

Основная система по смешанному методу, как и при упругом расчете, выбирается в виде складки с внешними непрерывными продольными связями, расположенными вдоль всех промежуточных ребер и наружных продольных краев и цилиндрическими шарнирами, допускающими взаимное смещение смежных граней в промежуточных ребрах.

Сохраняются традиционно используемые гипотезы вариационного смешанного метода [4, 5], в частности, принимается гипотеза о нерастяжимости поперечного контура складки $\varepsilon_I=0$. Гипотеза об отсутствии деформаций сдвига не вводится $\gamma \neq 0$. Деформированное состоя-

ние отдельной грани расчленяется на изгиб с растяжением без сдвига и на изгиб со сдвигом без растяжения. Внешняя равномерно распределенная нагрузка приводится к полосовой нагрузке вдоль ребер и в расчете учитывается своими составляющими в плоскостях соответствующих граней.

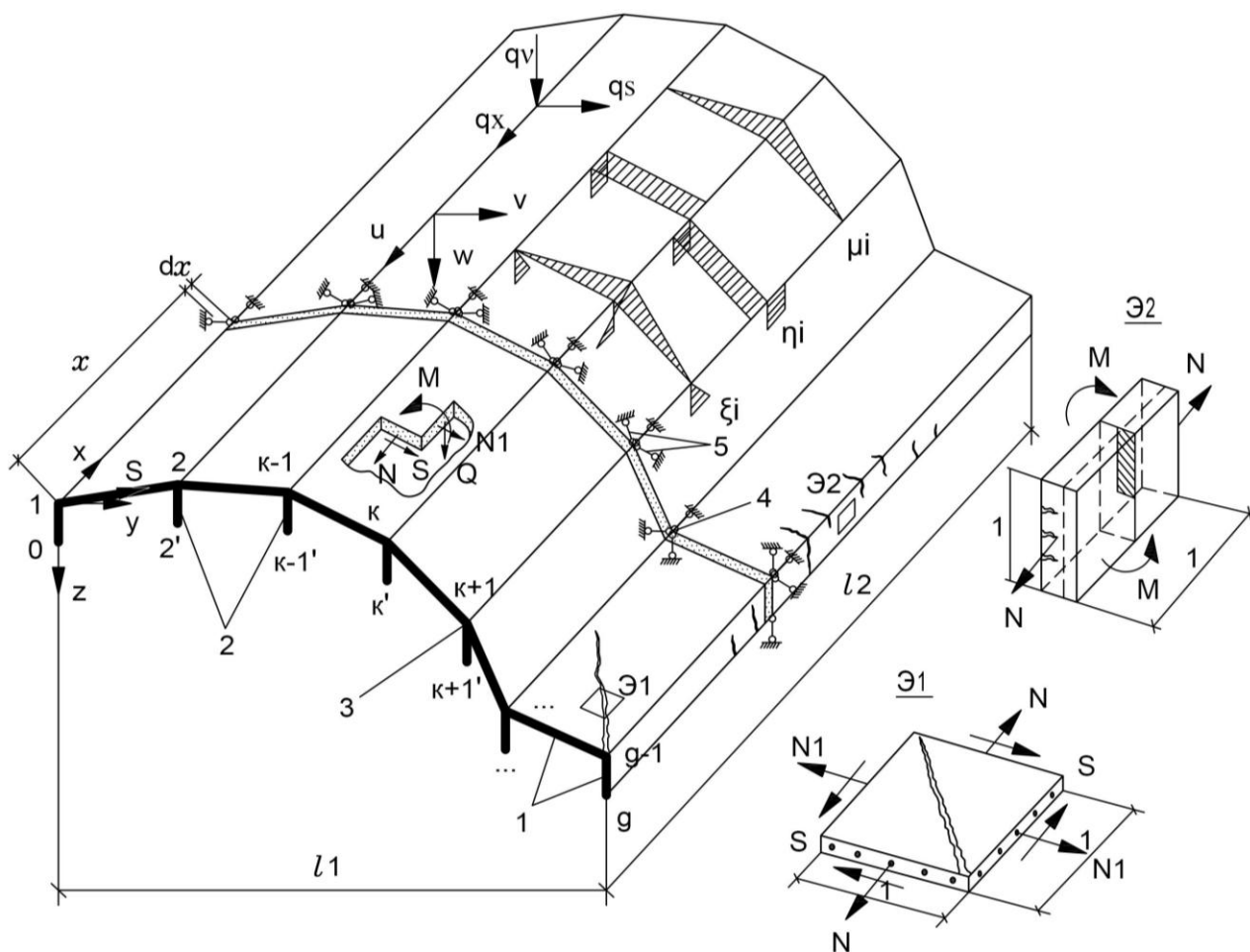


Рисунок 1 – Расчетная схема железобетонной складки: 1 – основные грани; 2 – дополнительные грани; 3 – цилиндрические шарниры

В качестве дополнительных гипотез, учитывающих специфику деформирования железобетона, используются зависимости из теории деформирования железобетона с трещинами Н.И. Карпенко, с введением обобщенных усилий для расчетных элементов. В физическую модель вводятся также уточнения, связанные с особенностями деформирования характерных элементов, расположенных в соответствующих зонах железобетонной складки (см. рис. 1, элементы Э1, Э2).

В результате расчетная модель рассматриваемого железобетонного пространственного покрытия представлена в виде складчатой системы, образованной основными гранями (полки плит) и дополнительными гранями – продольными ребрами плит (см. рис. 1) с характерными напряженными состояниями, моделируемыми элементами Э1, Э2.

Уравнения равновесия бесконечно малого элемента в матричной форме с учетом гипотез вариационного метода можно представить в виде:

	$N1$	N	S	M	Q	q
U	$\partial/\partial x$		$\partial/\partial s$			qx
V		$\partial/\partial s$	$\partial/\partial x$		$-K$	qs
W				$\partial/\partial s$		qv
	ε_1	ε	τ	χ		

(1)

где K – кривизна по координате s ; $qx = qx(x, s)$, $qs = qs(x, s)$, $qv = qv(x, s)$ – компоненты вектора интенсивности внешней нагрузки.

Нелинейная задача деформирования железобетонной складчатой системы с трещинами решается методом итераций.

Для приведения двумерной задачи расчета рассматриваемых тонкостенных систем к одномерной на каждой итерации представим компоненты вектора перемещений $U=U(x, s)$, $V=V(x, s)$, $W=W(x, s)$ и моментов $M=M(x, s)$ в форме разложений в следующие одинарные ряды.

$$\begin{aligned} U(x, s) &= \sum_i U_i(x) \xi_i(s) + \sum_c U_c(x) \xi_c(s); \\ V(x, s) &= \sum_i V_i(x) \eta_i(s) + \sum_g V_g(x) \eta_g(s); \\ W(x, s) &= \sum_i W_i(x) f_i(s) + \sum_g W_g(x) f_g(s) + \sum_p W_p(x) f_p(s); \\ M(x, s) &= \sum_m M_m(x) \mu_m(s). \end{aligned} \quad (2)$$

Уместно отметить, что в разложении (2) $U=U(x)$, $V=V(x)$, $W=W(x)$, $M=M(x)$ на заданном уровне нагрузки зависят только от координаты x , это функции обобщенных перемещений и моментов, подлежащих определению.

Функции $\xi(s) \dots \mu(s)$ – единичные (координатные), зависят только от поперечной координаты s , выбираются предварительно, их изменение по ширине отдельной грани для железобетонной складки принимается линейным. При этом $\mu(s)$ выбирается в соответствии со статическими граничными условиями на продольных краях складки, прочие – с кинематическими.

Выделим из рассматриваемой складки с двумя поперечными сечениями с координатами x и $x+dx$ элементарную полоску, которая в соответствии с принятыми гипотезами будет иметь вид плоской несжимаемой многоугольной рамы.

Интегральные условия равновесия элементарной поперечной полоски железобетонной складки шириной dx и длиной, равной длине контура поперечного сечения b , составляются аналогично известной схеме на основе принципа возможных перемещений.

Следуя [2], физические соотношения – связь между обобщенными усилиями и деформациями – примем в виде прямой матрицы жесткости, полученной обращением матрицы податливости:

$$\begin{vmatrix} M \\ N \\ S \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} D_{11} & D_{12} & D_{13} \\ D_{21} & D_{22} & D_{23} \\ D_{31} & D_{32} & D_{33} \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \chi \\ \varepsilon \\ \gamma \end{vmatrix}, \quad (3)$$

где $D_{11} = (C_{11}C_{33} - C_{13}^2)/B$;

$$D_{12} = -(C_{12}^*C_{13} - C_{23}^*C_{11})/B;$$

$$D_{13} = (C_{12}^*C_{13} - C_{23}^*C_{11})/B;$$

$$D_{21} = -(C_{12}^*C_{33} - C_{23}^*C_{13})/B;$$

$$D_{22} = (B_{22}C_{33} - C_{23}B_{23})/B;$$

$$D_{23} = -(B_{22}C_{13} - C_{11}B_{23})/B;$$

$$D_{31} = (B_{12}C_{13} - C_{11}B_{23}^*)/B;$$

$$D_{32} = -(B_{22}C_{13} - C_{12}^*B_{23})/B;$$

$$D_{33} = (B_{22}C_{11} - C_{12}^*B_{23})/B;$$

$$B = B_{22}C_{11}C_{33} + C_{12}^*B_{23}C_{13} + C_{23}^*B_{12}C_{13} - B_{22}C_{13}C_{13} - C_{12}^*B_{12}C_{33} - C_{12}^*B_{12}C_{33} - C_{22}C_{11}B_{23}^*.$$

Жесткостные коэффициенты имеют тот же физический смысл и формальное выражение, что и в работе [3].

Используя принятые соотношения (2), запишем выражения для усилий:

$$\begin{aligned} N &= D_{21}\chi + D_{22}\varepsilon + D_{23}\gamma = D_{22} \sum U_i'(x) \xi_i(s) + D_{23} \sum V_g'(x) \eta_g(s); \\ S &= D_{31}\chi + D_{32}\varepsilon + D_{33}\gamma = D_{32} \sum U_i'(x) \xi_i(s) + D_{33} \sum V_g'(x) \eta_g(s); \\ M &= 1/D_{11} \cdot \sum M_m(x) \mu_m(s) = - \sum V_i(x) \chi_i(s) + \sum V_g(x) \chi_g(s), \end{aligned} \quad (5)$$

где $\chi_i(s)=[f'_i(s)+k\eta_i(s)]'$; $\chi_g(s)=[f'_g(s)+k\eta_g(s)]'$.

Рассматривая интегральные условия равновесия элементарной поперечной полоски (см. рис. 1) в форме работы действующих на нее усилий на возможных перемещениях, за которые принимаются две независимые группы единичных функций перемещений (2), после соответствующих преобразований получим для рассматриваемой складки систему обыкновенных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами:

$$\begin{aligned}
 & 1. \int_b D_{22} \sum U_i'''(s) \xi_i(s) \xi_i(s) ds + \int_b D_{23} \sum V_g'''(s) \eta_g(s) \xi_i(s) ds + \int_b D_{11} \sum V_g''(s) \chi_g(s) \chi_j(s) ds - \\
 & - \int_b D_{11} \sum V_i(s) \chi_i(s) \chi_j(s) ds + D_{32} \sum U_i''(s) \xi_i(s) \xi_i(s) + D_{33} \sum V_g''(s) \eta_g(s) \xi_i(s) + N \eta_j(s) + Q f_j(s) - \\
 & - D_{11} \sum V_g(s) \chi_g(s) \varphi_j(s) - D_{11} \sum V_i(s) \chi_i(s) \varphi_j(s) \Big|_0^b + \int_b (\partial q_x / \partial x) \xi_j(s) ds + \\
 & + \int_b q_s \eta_j(s) ds + \int_b q_v f_j(s) ds = 0; \\
 & 2. \int_b D_{32} \sum U_i''(s) \xi_i(s) \eta_h(s) ds + \int_b D_{33} \sum V_g''(s) \eta_g(s) \eta_h(s) ds + \int_b D_{11} \sum V_g(s) \chi_g(s) \chi_h(s) ds - \\
 & - \int_b D_{11} \sum V_i(s) \chi_i(s) \chi_h(s) ds + N \eta_h(s) + Q f_h(s) - D_{11} \sum V_g(s) \chi_g(s) \chi_h(s) - \\
 & - D_{11} \sum V_i(s) \chi_i(s) \chi_h(s) \Big|_0^b + \int_b q_s \eta_h(s) ds + \int_b q_v f_h(s) ds = 0; \\
 & 3. \int_b \sum V_g(s) \chi_g(s) \mu_m(s) ds + \int_b \sum V_i(s) \chi_i(s) \mu_m(s) ds + \int_b \chi_i(s) \mu_m ds = 0.
 \end{aligned} \tag{6}$$

Алгебраизация этой системы уравнений выполнена методом неопределенных коэффициентов с использованием усеченных степенных рядов. В результате система разрешающих алгебраических уравнений приведена к виду:

$$\begin{aligned}
 & \sum (\sum a_{ijn} x^n \sum n U_{in} x^{n-1}) + \sum (\sum b_{ijn} x^n \sum n V_{gn} x^{n-1}) + \sum S_{jin} x^n \sum M_{mn} x^n = \sum P_{jn} x^n; \\
 & \sum (\sum b_{hin} x^n \sum n U_{in} x^{n-1}) + \sum (\sum r_{hgn} x^n \sum n V_{gn} x^{n-1}) + \sum S_{hin} x^n \sum M_{mn} x^n = \sum Q_{hn} x^n; \\
 & \sum (\sum s_{min} x^n \sum n U_{in} x^{n-1}) + \sum (\sum s_{mgn} x^n \sum n V_{gn} x^{n-1}) + \sum v_{lin} x^n \sum M_{mn} x^n = \sum \Theta_{ln} x^n.
 \end{aligned} \tag{7}$$

Уместно заметить, что в отличие от традиционных уравнений смешанного метода строительной механики для расчета линейно-упругих тонкостенных пространственных систем, матрица уравнений (7) имеет не ленточную, а полностью заполненную структуру алгебраических уравнений.

Переменные, жесткостные и геометрические коэффициенты определяются интегрированием соответствующих единичных эпюр функций поперечного распределения перемещений, которые выбраны непрерывными и удовлетворяющими принятым гипотезам и граничным условиям (рисунок 2).

С целью сохранения единообразия записи жесткостных коэффициентов при описании деформирования складчатой системы на всех стадиях (от линейно-упругой до стадии, предшествующей разрушению) для вычисления этих коэффициентов предложена специально сконструированная форма их представления. До и после образования трещин ширина di основных и дополнительных граней (рисунок 3) складчатой системы принимается одинаковой. Наличие трещин в растянутой зоне граней складчатой системы учитывается с помощью коэффициента ψ_R , предложенного в работе [8]. В соответствии с такой моделью на каждой итерации в расчет вводится некоторое сплошное эквивалентное сечение с корректировкой его толщины из условия равенства жесткостей заданной (\bar{b}) и эквивалентной (\bar{v}) граней на изгиб в ее плоскости.

Теория инженерных сооружений. Строительные конструкции

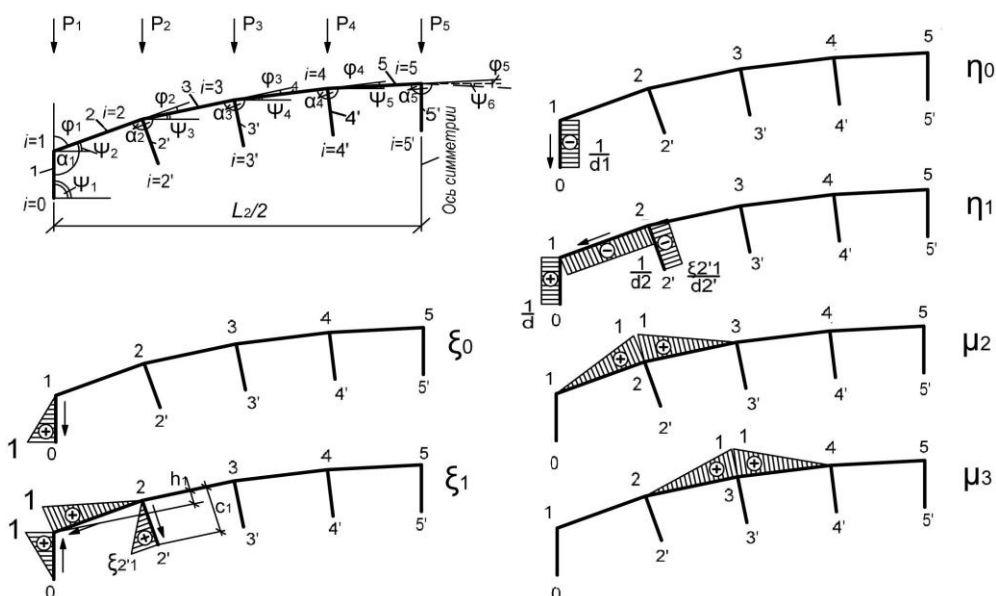


Рисунок 2 – Общий вид эюр единичных функций ξ , η , μ

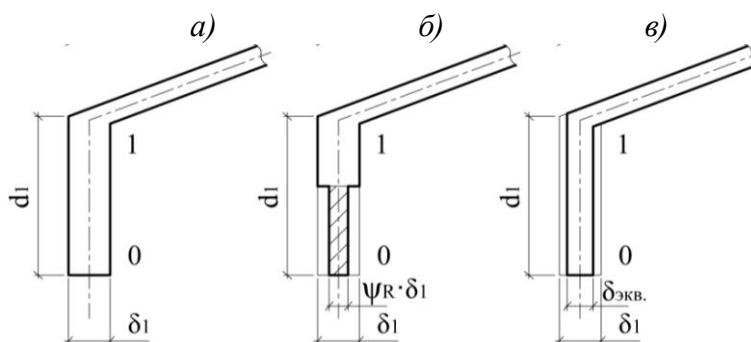


Рисунок 3 – К определению жестких параметров грани складки с трещиной: а – линейно упругая стадия; б – квазисплошное сечение на стадии с трещинами; в – эквивалентное расчетное сечение грани

В матричной форме система уравнений (3) имеет вид:

$$L \cdot W = P, \tag{7}$$

где L – блочная матрица жестких и геометрических характеристик складчатой системы.

$$L = \begin{matrix} A_i & B_g & S_m \\ B_i & R_g & S_m \\ S_m & S_m & \Theta_m \end{matrix}, \tag{8}$$

где

$$A_i = \begin{vmatrix} A_{00} & A_{01} & A_{02} & 0 & \dots & 0 \\ A_{10} & A_{11} & A_{12} & A_{13} & \dots & 0 \\ A_{20} & A_{21} & A_{22} & A_{23} & \dots & 0 \\ 0 & A_{31} & A_{32} & A_{33} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & A_{i-1,i} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & A_{i,i-1} & A_{i,i} \end{vmatrix}$$

$$B_i = \begin{vmatrix} B_{00} & B_{01} & B_{02} & 0 & \dots & 0 \\ B_{10} & B_{11} & B_{12} & B_{13} & \dots & 0 \\ B_{20} & B_{21} & B_{22} & B_{23} & \dots & 0 \\ 0 & B_{31} & B_{32} & B_{33} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & B_{i-1,i} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & B_{i,i-1} & B_{i,i} \end{vmatrix}$$

$$B_g = \begin{vmatrix} B_{00} & B_{01} & B_{02} & 0 & \dots & 0 \\ B_{10} & B_{11} & B_{12} & B_{13} & \dots & 0 \\ B_{20} & B_{21} & B_{22} & B_{23} & \dots & 0 \\ 0 & B_{31} & B_{32} & B_{33} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & B_{g-1,g} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & B_{g,g-1} & B_{g,g} \end{vmatrix}$$

$$R_g = \begin{vmatrix} R_{00} & R_{01} & R_{02} & 0 & \dots & 0 \\ R_{10} & R_{11} & R_{12} & R_{13} & \dots & 0 \\ R_{20} & R_{21} & R_{22} & R_{23} & \dots & 0 \\ 0 & R_{31} & R_{32} & R_{33} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & R_{g-1,g} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & R_{g,g-1} & R_{g,g} \end{vmatrix}$$

Строительство и реконструкция

$$S_m = \begin{vmatrix} S_{00} & S_{01} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ S_{10} & S_{11} & S_{12} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & S_{21} & S_{22} & S_{23} & \dots & 0 \\ 0 & 0 & S_{32} & S_{33} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & S_{m-1,m} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & S_{m,m-1} & S_{m,m} \end{vmatrix} \quad \Theta_m = \begin{vmatrix} \Theta_{00} & \Theta_{01} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \Theta_{10} & \Theta_{11} & \Theta_{12} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \Theta_{21} & \Theta_{22} & \Theta_{23} & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \Theta_{32} & \Theta_{33} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \Theta_{m-1,m} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \Theta_{m,m-1} & \Theta_{m,m} \end{vmatrix}$$

W – вектор коэффициентов перемещений и усилий; P – вектор коэффициентов внешней нагрузки.

Проектный расчет рассматриваемой складчатой системы с использованием предложенных расчетных зависимостей состоит в том, что по принятым исходным данным о геометрии, нагрузке, граничным условиям, характеристикам материалов итерационным расчетом определяется напряженно-деформированное состояние во всех элементах системы.

Расчет на запроектной стадии предусматривает учет дополнительного динамического воздействия, связанного с внезапной структурной перестройкой системы. При этом в момент выключения связи усилие, действовавшее в разрушенной связи, прикладывается к конструкции на месте разрушения с обратным знаком в виде некоторого обобщенного эквивалентного воздействия.

Построенные разрешающие уравнения пригодны для проектного и запроектного расчета призматических складок с учетом анизотропии, неупругих деформаций, деформаций сдвига, наличия трещин и коррозионных повреждений в железобетоне. Это позволяет исследовать сопротивляемость железобетонной складчатой системы разрушению и оценивать ее живучесть.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондаренко, В.М. К расчету сооружений, меняющих расчетную схему вследствие коррозионных повреждений [Текст] / В.М. Бондаренко, Н.В. Клюева // Известия вузов. Строительство. – 2008. – №1. – С. 4-12.
2. Власов, В.З. Тонкостенные пространственные системы [Текст] / В.З. Власов. – М.: Госстройиздат, 1958. – 502 с.
3. Карпенко, Н.И. О прямых матрицах связей для железобетонных плит [Текст] / Н.И. Карпенко // Пространственные конструкции зданий и сооружений. – 1985. – №5. – С. 24-36.
4. Милейковский, И.Е. Рекомендации по выбору расчетных схем и методов расчета оболочек покрытий [Текст] / И.Е. Милейковский, В.И. Колчунов, А.А. Соколов. – Москва, 1987 – 177 с.
5. Милейковский, И.Е. Алгоритмы, программы и примеры расчета оболочек покрытий [Текст] / И.Е. Милейковский, В.И. Колчунов, А.А. Соколов. – Москва, 1989. – 269 с.
6. Колчунов, В.И. Жесткость и трещиностойкость железобетонных складчатых покрытий [Текст] / В.И. Колчунов, Е.В. Осовских. – Известия вузов. Строительство. – 1993. – №2. – С. 118-123.
7. СП 52-117-2008 Железобетонные пространственные конструкции покрытий и перекрытий [Текст]. Часть 1. Методы расчета и конструирование. – М., 2008.
8. Гольшев, А.Б. Железобетонные конструкции [Текст] / А.Б. Гольшев, В.П. Полищук, В.Я. Бачинский. – Киев: Логос, 2001. – Т. 1 – 420 с.

Осовских Евгений Васильевич

Орловский государственный технический университет, г. Орел

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции и материалы»

Тел.: +7 (4862) 73-43-95

E-mail: oantc@ostu.ru

ТУРКОВ А.В., КАЛАШНИКОВА О.В.

ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА ПОПЕРЕЧНЫХ СВЯЗЕЙ И ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ СЛОЕВ В ДВУХСЛОЙНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ БАЛКАХ НА ИХ ЖЕСТКОСТЬ

Рассматривается взаимосвязь основной частоты свободных поперечных колебаний ω двухслойных деревянных балок в ненагруженном состоянии и их максимальных прогибов w_0 при действии равномерно распределенной нагрузки в зависимости от граничных условий слоев и количества поперечных связей между ними. Показано, что для составных балок с различными граничными условиями слоев коэффициент K с точностью до 2,5% совпадает с аналогичным коэффициентом для балок цельного сечения.

Ключевые слова: составная балка, поперечные связи, частота собственных колебаний, максимальный прогиб.

Intercoupling the main frequency of the free transverse fluctuations is considered the two-layer wooden beams in unladen condition and their maximum sagging w_0 at action evenly portioned load depending on border conditions layer and to-личества transverse relationships between them. It is shown that for component beams with different border condition layer factor T_0 accurate to 2,5% complies with similar factor for beams of the unadulterated section.

Keywords: component beam, transverse relationship, frequency of the own fluctuations, maximum sagging.

На современном этапе развития строительного комплекса нашей страны большое значение приобретают вопросы реконструкции зданий и сооружений. Реконструкция включает перепланировку помещений, создание новых технологических процессов в промышленных зданиях, требующих установки нового оборудования. При этом возникает необходимость усиления существующих перекрытий под новые нагрузки, зачастую превышающие предусмотренные первоначальным проектом. Кроме того, необходимость усиления несущих конструкций перекрытий возникает и в связи с исчерпанием их несущей способности за период длительной эксплуатации (коррозия металлических конструкций и арматуры в железобетонных элементах, коррозионные процессы бетона, гниение деревянных элементов перекрытий и покрытий и т.п.).

Основным способом усиления деревянных балок является наращивание сверху или подращивание снизу дополнительного слоя, который связывают с усиливаемой конструкцией посредством механических связей. Однако не всегда удается конструктивно выполнить сопряжение усиливаемого и усиливающего слоя таким образом, чтобы воспрепятствовать взаимному сдвигу слоев. В этом случае работу связей сдвига не учитывают, а в расчет вводят только поперечные связи, препятствующие отрыву или сближению слоев. Наиболее рациональной является схема усиления балок, когда слои разнесены от нейтральной оси на некоторое расстояние при помощи установки между ними коротких прокладок (рисунок 1).

В работе [1] профессором В.И. Коробко для однопролетных балок постоянного сечения была установлена фундаментальная закономерность, согласно которой независимо от вида граничных условий балки произведение ее максимального прогиба w_0 от действия равномерно распределенной нагрузки q на квадрат основной частоты колебаний в ненагруженном состоянии ω с точностью до размерного множителя q/m есть величина постоянная, равная $4/\pi$:

$$w_0 \omega^2 = \frac{4}{\pi} \frac{q}{m} = K \frac{q}{m}, \quad (1)$$

где m – погонная масса балки.

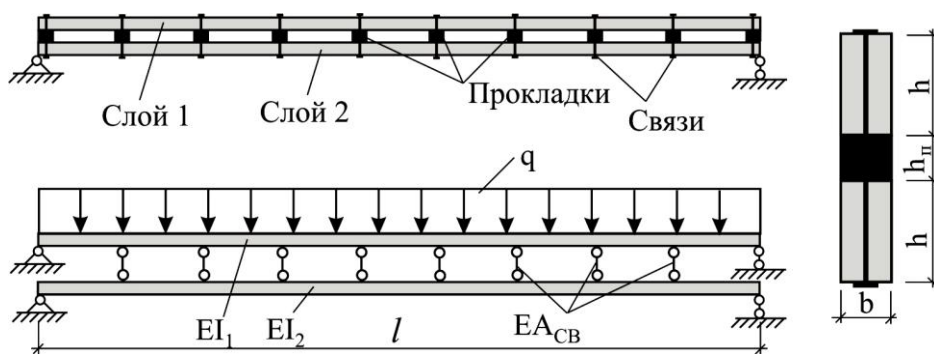


Рисунок 1 – Конструкция, расчетная схема и сечение составной балки с короткими прокладками между слоями

В работе [2] показано, что зависимость (1) справедлива и для составных балок, слои которых соединены достаточно большим числом связей сдвига и поперечных связей. Для составных балок без коротких прокладок, когда верхний слой лежит непосредственно на нижнем, количество поперечных связей можно считать бесконечно большим. При этом доказано, что зависимость (1) для таких балок справедлива. Для балок с короткими прокладками количество поперечных связей конечно, поэтому задачей настоящего исследования является проверка справедливости закономерности (1) при различном количестве поперечных связей между слоями составных балок.

В качестве расчетной конструкции была принята деревянная балка пролетом $l = 6$ м. Слои составной балки приняты постоянного сечения $b \times h = 100 \times 100$ мм, жесткость поперечных связей постоянна и составляет $EA_c = 10^6$ кН. При подсчете сосредоточенных масс для динамического расчета объемный вес древесины принят 5 кН/м^3 . Модуль упругости древесины принимался равным 10^4 МПа. При статическом расчете к верхнему слою прикладывалась равномерно распределенная нагрузка интенсивностью 1 кН/м . Исследования проводились методом конечных элементов. Каждый слой составной балки разбивался на 60 конечных элементов; поперечные связи в процессе исследований устанавливались равномерно по длине балки, их количество принималось от 1 до 59. Расстояние между слоями принималось равным расстоянию между их центрами тяжести.

Рассматривались следующие граничные условия слоев составной балки (таблица 1).

Таблица 1 – Граничные условия слоев опытных двухслойных балок

Схема 1: верхний слой – 2 шарнира, нижний слой – 2 шарнира (ш+ш-ш+ш)	Схема 2: верхний слой – 2 шарнира, нижний слой – 1 заделка, 1 шарнир (ш+ш-з+ш)	Схема 3: верхний слой – 2 шарнира, нижний слой – 2 заделки (ш+ш-з+з)	Схема 4: верхний слой – 1 шарнир, 1 заделка, нижний слой – 1 шарнир, 1 заделка (ш+з-ш+з)
Схема 5: верхний слой – 1 шарнир, 1 заделка, нижний слой – 1 заделка, 1 шарнир (ш+з-з+ш)	Схема 6: верхний слой – 1 шарнир, 1 заделка, нижний слой – 2 заделки (ш+з-з+з)	Схема 7: верхний слой – 2 заделки, нижний слой – 2 заделки (з+з-з+з)	

По данным таблицы 2 построены графики изменения частот собственных колебаний, максимальных прогибов и коэффициента K , приведенные на рисунках 2...4.

Теория инженерных сооружений. Строительные конструкции

Таблица 2 – Результаты численных исследований составных балок с различным количеством поперечных связей и различными граничными условиями слоев

Количество поперечных связей $n_{св}$ ($n_{св}/n_{max}$)	Схема 1 (ш+ш-ш+ш)		Схема 2 (ш+ш-ш+з)		Схема 3 (ш+ш-з+з)		Схема 4 (ш+з-ш+з)	
	частота (c^{-1})	прогиб (мм)	частота (c^{-1})	прогиб (мм)	частота (c^{-1})	прогиб (мм)	частота (c^{-1})	прогиб (мм)
1 (0,017)	35,05549	202,5009	45,66292	125,9894	58,51965	81,00240	54,76339	86,49961
	$K = 1,268$		$K = 1,339$ (5 %)		$K = 1,414$ (10 %)		$K = 1,322$ (3,8 %)	
2 (0,034)	35,05549	202,6006	47,82557	113,3682	61,13710	73,33295	54,76339	84,31312
	$K = 1,269$		$K = 1,322$		$K = 1,397$		$K = 1,289$	
3 (0,051)	35,05549	202,5003	49,08955	105,6958	64,67416	62,01742	54,76339	84,29968
	$K = 1,268$		$K = 1,298$		$K = 1,322$		$K = 1,289$	
4 (0,068)	35,05549	202,5787	49,95468	101,5886	66,65274	58,36842	54,76339	84,22817
	$K = 1,269$		$K = 1,288$		$K = 1,309$		$K = 1,287$	
5 (0,085)	35,05549	202,5002	50,59024	98,82276	68,25860	55,10885	54,76339	84,22353
	$K = 1,268$		$K = 1,287$		$K = 1,304$		$K = 1,288$	
9 (0,153)	35,05549	202,5001	52,02995	93,31681	71,93732	49,43941	54,76339	84,22018
	$K = 1,268$		$K = 1,287$		$K = 1,303$		$K = 1,287$	
11 (0,186)	35,05549	202,5001	52,43104	91,88107	72,99538	48,00011	54,76339	84,21888
	$K = 1,268$		$K = 1,287$		$K = 1,303$		$K = 1,287$	
14 (0,237)	35,05549	202,5009	52,85035	90,41941	74,11763	46,55042	54,76339	84,21930
	$K = 1,268$		$K = 1,287$		$K = 1,303$		$K = 1,287$	
19 (0,322)	35,05549	202,5000	53,28778	88,93165	75,30667	45,08978	54,76339	84,21903
	$K = 1,268$		$K = 1,287$		$K = 1,303$		$K = 1,287$	
29 (0,492)	35,05549	202,5000	53,73898	87,43419	76,55362	43,63523	54,76339	84,21885
	$K = 1,268$		$K = 1,287$		$K = 1,303$		$K = 1,287$	
59 (1,000)	35,05549	202,5000	54,17194	86,05086	77,77060	42,28367	54,76339	84,21878
	$K = 1,268$		$K = 1,287$ (1,16 %)		$K = 1,303$ (2,4 %)		$K = 1,287$ (1,2 %)	
Количество поперечных связей $n_{св}$ ($n_{св}/n_{max}$)	Схема 5 (ш+з-з+ш)		Схема 6 (ш+з-з+з)		Схема 7 (з+з-з+з)			
	частота (c^{-1})	прогиб (мм)	частота (c^{-1})	прогиб (мм)	частота (c^{-1})	прогиб (мм)		
1 (0,017)	54,76339	86,49961	66,90151	64,63496	79,46692	40,50075		
	$K = 1,322$ (3,8 %)		$K = 1,474$ (13,7 %)		$K = 1,304$ (2,4 %)			
2 (0,034)	61,99575	66,06393	69,81984	5,,44695	79,46692	41,00062		
	$K = 1,294$		$K = 1,353$		$K = 1,320$ (3,6 %)			
3 (0,051)	64,46812	61,22622	71,53257	50,56076	79,46692	40,50037		
	$K = 1,297$		$K = 1,319$		$K = 1,305$			
4 (0,068)	66,70282	57,30533	72,71024	48,78204	79,46692	40,56508		
	$K = 1,300$		$K = 1,314$		$K = 1,304$			
5 (0,085)	68,24635	54,73253	73,57885	47,36958	79,46692	40,50025		
	$K = 1,301$		$K = 1,307$		$K = 1,304$			
9 (0,153)	71,93728	49,35050	75,57282	4,4,78689	79,46692	40,50015		
	$K = 1,302$		$K = 1,304$		$K = 1,304$			
11 (0,186)	7299538	47,94794	76,13510	44,1132	79,46692	40,50012		
	$K = 1,303$		$K = 1,303$		$K = 1,304$			
14 (0,237)	74,11763	46,52324	76,72627	43,2081	79,46692	40,50090		
	$K = 1,303$		$K = 1,303$		$K = 1,304$			
19 (0,322)	75,30667	45,07788	77,34664	42,3186	79,46692	40,50007		
	$K = 1,303$		$K = 1,303$		$K = 1,304$			
29 (0,492)	76,55362	43,63129	77,99047	42,3791	79,46692	40,50005		
	$K = 1,303$		$K = 1,303$		$K = 1,304$			
59 (1,000)	77,77060	42,28274	78,61201	41,8214	79,46692	40,50002		
	$K = 1,303$ (2,4 %)		$K = 1,303$ (2,4 %)		$K = 1,304$ (2,4 %)			

Примечание: Значения коэффициента K получены по формуле (1).

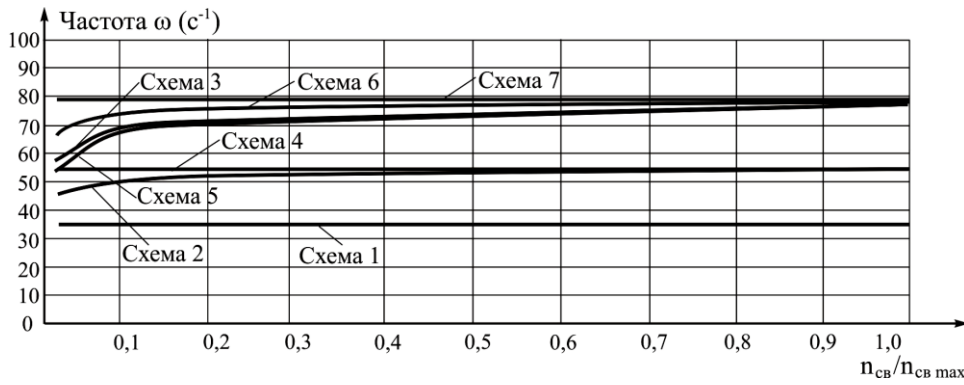


Рисунок 2 – Изменение частот собственных колебаний составной балки в зависимости от количества поперечных связей

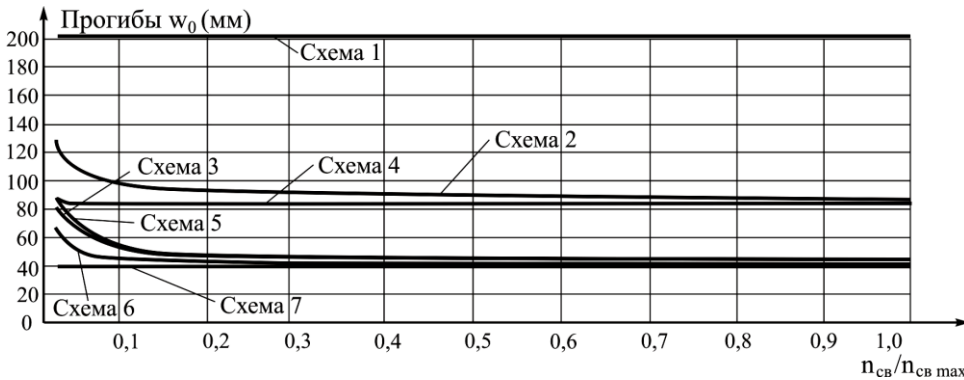


Рисунок 3 – Изменение максимальных прогибов составной балки в зависимости от количества поперечных связей

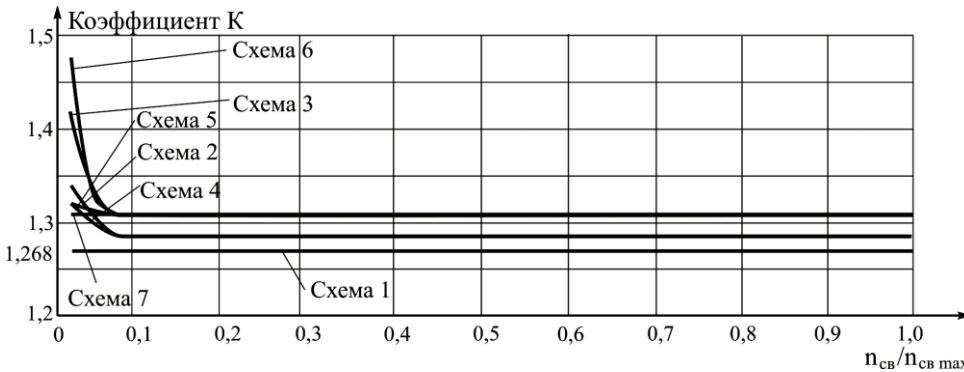


Рисунок 4 – Изменение коэффициента K для составной балки в зависимости от количества поперечных связей

Анализ данных таблицы 2 и графиков, приведенных на рисунках 2...4, позволяет сделать следующие выводы.

Схема 1 и схема 7. При одинаковых граничных условиях слоев частоты колебаний прогибы и соответственно коэффициент K практически не зависят от количества поперечных связей, что выражается прямыми линиями на соответствующих графиках.

Схема 2. С увеличением количества поперечных связей выявлено увеличение жесткости составной балки. Стабилизация значений коэффициента K происходит при количестве поперечных связей $n_{св} = 4$ ($n_{св}/n_{max} = 0,068$). Максимальное отклонение коэффициента K от теоретического составляет 5% при одной поперечной связи ($n_{св}/n_{max} = 0,017$), а при 59 связях ($n_{св}/n_{max} = 1,000$) отклонение составляет 1,16%.

Схема 3. С увеличением количества поперечных связей также выявлено увеличение

жесткости балки. Стабилизация значений коэффициента K происходит при количестве поперечных связей $n_{св} = 5$ ($n_{св}/n_{max} = 0,085$). Максимальное отклонение коэффициента K от теоретического составляет 10% при одной поперечной связи ($n_{св}/n_{max} = 0,017$), а при 59 связях ($n_{св}/n_{max} = 1,000$) отклонение составляет 2,4%.

Схема 4. С увеличением количества поперечных связей наблюдается увеличение жесткости балки только при переходе от одной к двум связям, что выражается в незначительном снижении прогибов конструкции при стабильных значениях частот колебаний. Стабилизация значений коэффициента K происходит при количестве поперечных связей $n_{св} = 2$ ($n_{св}/n_{max} = 0,034$). Максимальное отклонение коэффициента K от теоретического составляет 3,8% при одной поперечной связи ($n_{св}/n_{max} = 0,017$), а при 59 связях ($n_{св}/n_{max} = 1,000$) отклонение составляет 1,2%.

Схема 5. С увеличением количества поперечных связей также выявлено увеличение жесткости балки. Стабилизация значений коэффициента K происходит при количестве поперечных связей $n_{св} = 5$ ($n_{св}/n_{max} = 0,085$). При дальнейшем увеличении количества поперечных связей прогибы и частоты колебаний изменяются аналогично схеме 3.

Схема 6. С увеличением количества поперечных связей выявлено увеличение жесткости балки. Стабилизация значений коэффициента K происходит при количестве поперечных связей $n_{св} = 9$ ($n_{св}/n_{max} = 0,153$). Максимальное отклонение коэффициента K от теоретического составляет 13,7% при одной поперечной связи ($n_{св}/n_{max} = 0,017$), а при 59 связях ($n_{св}/n_{max} = 1,000$) отклонение составляет 2,4%.

Заключение

1. Коэффициент K , связывающий максимальные прогибы балок и основные частоты поперечных колебаний зависимостью (1), с точностью до 2,5% справедлив и для составных балок с различными граничными условиями слоев при количестве поперечных связей $n_{св} = 5$ ($n_{св}/n_{max} = 0,085$).

2. При меньшем количестве поперечных связей наименьшее отклонение выявлено в составных балках с одинаковыми граничными условиями слоев (1,16%), наибольшее – для схемы 5 (ш+з–з+з), составляющее 13,7%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коробко, В.И. Некоторые закономерности колебаний однопролетных балок [Текст] / В.И. Коробко // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1988. – №3. – С. 41-44.
2. Турков, А.В. Анализ работы составной балки при статических и динамических нагрузках [Текст] / А.В. Турков, Л.В. Кожаринова, П.А. Гвозков // Известия ОрелГТУ. Серия «Строительство. Транспорт». – Орел: ОрелГТУ. – 2006. – №2 – С. 8-11.

Турков Андрей Викторович

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Доктор технических наук, профессор кафедры «Строительные конструкции и материалы»
Тел.: +7 (4862) 73-43-95
E-mail: antur@orel.ru

Калашникова Ольга Владимировна

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Магистрант
Тел.: +7 (4862) 73-03-72
E-mail: oantc@ostu.ru

УДК 34.03; 69

КОЛЧУНОВ В.И., СКОБЕЛЕВА Е.А.

**НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЗАЩИТЫ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА В РОССИИ**

Рассмотрены некоторые сложности, связанные с защитой исключительных прав патентообладателя в области строительства. Уделено внимание понятию эквивалентности технических решений, праву преждепользования и размеру упущенной выгоды. Приведены примеры, полученные из практики авторов статьи.

Ключевые слова: патентообладатель, исключительное право, защита прав, эквивалентность, право преждепользования, упущенная выгода.

In given article some complexities connected with protection of exclusive rights of the owner of the patent in the field of building are considered. The attention is paid to concept of equivalence of technical decisions, the right of preliminary use and the size of the missed benefit. The examples received from practice of authors of article are resulted.

Keywords: the owner of the patent, the exclusive right, protection of the rights, equivalence, the right of the preliminary using, the missed benefit.

Получение патентов на результаты научно-творческого труда и в дальнейшем защита предоставляемых ими прав способствуют повышению интеллектуального потенциала общества и уровня его культурного развития. В соответствии с действующим законодательством патентообладателю предоставляется государством исключительное право на использование запатентованного объекта по своему усмотрению. Важной особенностью таких прав является определенность их объема для третьих лиц, т.е. каждое лицо должно знать о существовании патента и понимать объем охраны, предоставляемый этим патентом.

В условиях, когда Правительством страны внедрение инновационных технологий считается безальтернативным путем развития экономики, актуальным представляется создание и защита интеллектуальной собственности в различных отраслях науки и техники, в том числе и в строительной отрасли. Без этого невозможно внедрение при строительстве новых зданий и реконструкции существующих принципиально новых технических решений, способствующих снижению себестоимости и сроков строительно-монтажных работ, материалоемкости, улучшению качества проектных и строительных решений.

К сожалению, в регионах Центрального федерального округа известны лишь единичные случаи защиты патентами разработанных технических решений в области строительства. Это связано, в первую очередь, с отсутствием в структурах большинства проектных и строительных организаций патентных служб, а также с поверхностным производством патентного поиска (или вовсе с отсутствием такового) перед началом проектирования здания. Такое положение дел вызывает в ряде случаев неумышленное или умышленное нарушение прав патентообладателей и свидетельствует о низком уровне постановки этой проблемы на предприятиях строительной отрасли.

В то же время процедура защиты нарушенных патентных прав в суде является чрезвычайно сложной задачей. Это связано, в первую очередь, с практическим отсутствием судебной практики по данному вопросу, неготовностью судей рассматривать весьма специфические дела. По небезосновательному мнению специалистов-патентоведов, в частности,

А.Ю. Соболева, А.В. Залесова [1], патент, подтверждающий исключительное право на изобретение, остается малозначительной бумагой до той поры, пока не будет сформирован эффективный механизм защиты нарушенных прав.

Согласно ст. 1358 4 части ГК РФ изобретение или полезная модель признаются использованными в продукте или способе, если продукт содержит, а в способе использован каждый признак изобретения или полезной модели, приведенный в независимом пункте содержащейся в патенте формулы изобретения или полезной модели, либо признак, эквивалентный ему и ставший известным в качестве такового в данной области техники до факта недобросовестного использования.

Из этой формулировки следует, во-первых, что для нарушения прав патентообладателя должны быть использованы абсолютно все признаки независимого пункта формулы. Чтобы обезопасить себя с этой стороны патентообладатель еще на этапе составления заявки на изобретение или полезную модель должен предусмотреть это и грамотно оформить формулу, включив в независимый пункт только те признаки, которые более всего влияют на достигаемый в изобретении технический результат. Все остальные признаки целесообразно расположить в зависимые пункты формулы, т.е. они должны представлять собой частные случаи либо вариации исполнения изобретения.

Несомненно, что даже при грамотно составленной формуле изобретения или полезной модели специалисту в рассматриваемой области техники не составит труда использовать техническое решение, заменяя отдельные элементы схожими, но отличающимися от описанных в патенте только формально. Для предупреждения этого факта в Кодексе вводится понятие «эквивалентности технических решений», которое специалисты относят к сложному и недостаточно исследованному.

Сложность вызывает доказательство эквивалентности сопоставляемых решений, т.к. ни ранее в Патентном законе, ни теперь в 4 части ГК не раскрывается содержание понятия «эквивалентный признак», однако, здесь приведены однозначные условия его характеристики через отсылку к соответствующей области техники, в которой уже известна информация о том, что те или иные технические средства (признаки) рассматриваются специалистами как технически эквивалентные. Таким образом, любая из методик, приемлемая в конкретной области техники и применяемая специалистами именно в этой области техники, может использоваться. При этом не всегда разным специалистам очевидна эквивалентность тех или иных решений, что порождается, главным образом, отсутствием действующих правовых документов, в которых хотя бы ориентировочно раскрывалось понятие об эквивалентах.

В качестве примера можно привести патент ОрелГТУ №2275477 «Решетчатый элемент стенового ограждения» (рисунок 1, а), за нарушение прав на который был подан иск в адрес одной из проектных организаций г. Орла. судебный спор длился достаточно длительное время, чему способствовало сначала «отсутствие» проектной документации на построенное здание, а затем и процесс доказательства эквивалентности технических решений, принятых в формуле к патенту и при проектировании жилого дома в г. Орле. Так, запатентованное изобретение предназначено для устройства наружных ограждающих конструкций энергосберегающих гражданских и др. зданий, при этом достигается следующий технический результат: повышение теплоизоляционных свойств стеновых ограждений, повышение общей пространственной устойчивости здания, снижение материалоемкости элемента. Это достигается за счет того, что элемент стенового ограждения, включающий замкнутый пространственный каркас, повторяющий в сечении его форму, а также закладные детали для соединения с другими элементами, имеет L-образное поперечное сечение, в нижней части выступающую полку, в которой расположены отверстия по длине полки на всю ее толщину, заполненные эффективным утеплителем (рисунок 1, б). К моменту написания заявки на изобретение авторами патента были проведены многочисленные теоретические изыскания, апробированы различные варианты сечения ригеля, проведен значительный объем экспериментальных исследований. В результате конструкция ригеля для удобства изготовления и монтажа приобрела вид, показанный на рисунке 1, б.

При проектировании одного из жилых домов в г. Орле проектной организацией было принято техническое решение опирания стенового наружного ограждения, показанное на рисунке 1, г. В этом варианте ригель выполнен составного L-образного сечения, образуемого прямоугольными элементами с помощью приварки соответствующих закладных деталей и замоноличивания швов, имеет перфорированную полку вверху с отверстиями, заполняемыми эффективным утеплителем. По мнению ответчика, сопоставляемые решения не имеют ничего общего, однако специалисту в строительной отрасли, на наш взгляд, очевидна эквивалентность этих решения, т.к. по существу ими решается одна и та же задача при различном способе изготовления элемента.

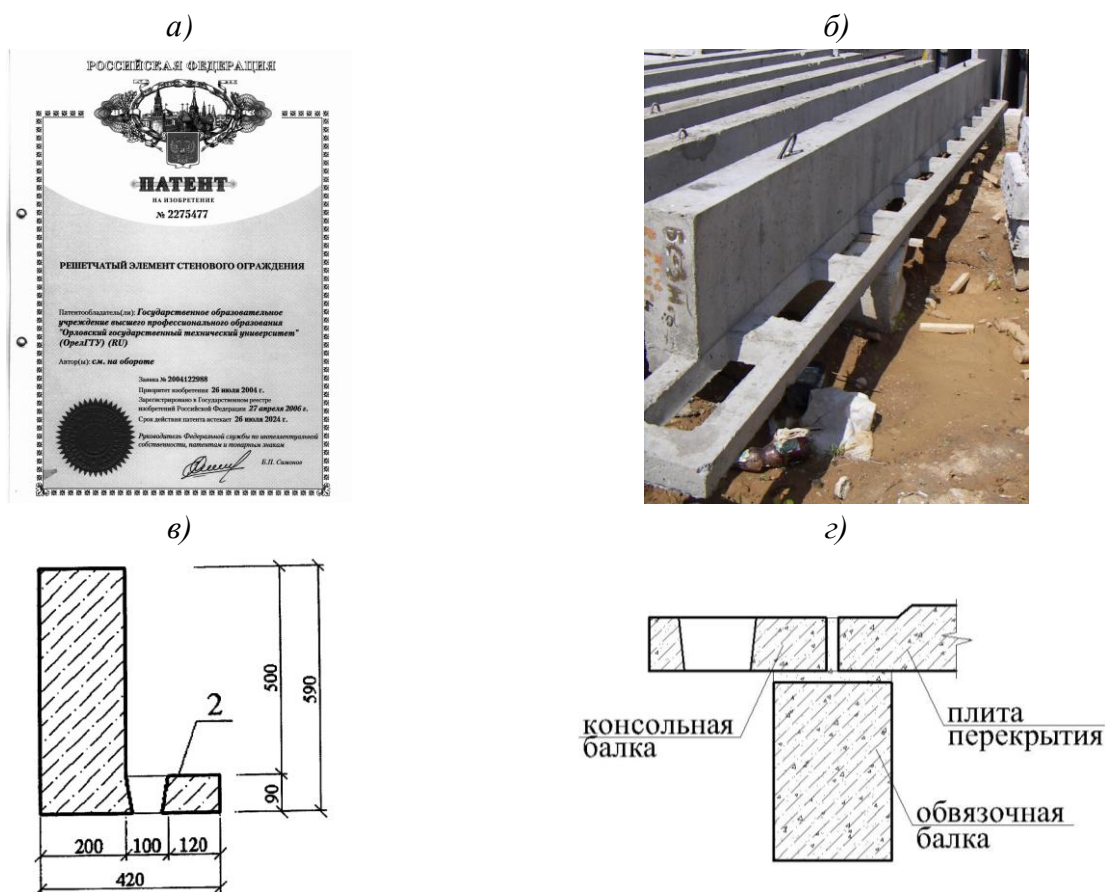


Рисунок 1 – Патент ОрелГТУ №2275477 (а), реализованное с участием авторов патента техническое решение (б); сечение элемента, приведенное к пояснению описания изобретения (в); техническое решение несущих элементов стенового ограждения, использованное при проектировании одного из жилых домов в г. Орле (г)

Ранее понятие эквивалентности раскрывалось в Инструкции по государственной научно-технической экспертизе изобретений [2]. Согласно п. 6.03 Инструкции «Эквивалентными называются признаки, совпадающие по выполняемой функции и достигаемому результату. При определении эквивалентности признаков принимается во внимание их взаимозаменяемость, т.е. признаки, выполняющие одинаковую функцию, могут отличаться по форме выполнения (конструкции, технологии или материалу). Эквивалентность признаков определяется также тем, что использование признака-аналога в заявленном объекте не придает последнему дополнительных полезных качеств или существенных преимуществ перед аналогом. Признак заявленного объекта изобретения признается известным, если он идентичен или эквивалентен признаку прототипа, и признак заявленного объекта изобретения признается новым, если в прототипе отсутствует идентичный или эквивалентный ему признак». К сожалению, данный документ утратил свою силу.

Понятие эквивалентности не только расширяет возможности защиты прав патентообладателя, но и при определенной трактовке может ущемлять права третьих лиц. Таким образом, задача национальных и региональных патентных ведомств, судебной власти состоит в нахождении таких приемлемых решений, когда и права изобретателя, и права публики имели бы адекватную защиту [1]. Одним из инструментов для нахождения этой золотой середины является доктрина эквивалентов. Однако, по мнению Джемаркяна В.Ю. [3], доктрина эквивалентов не должна рассматриваться как дежурный правовой инструмент исправления ошибок, допущенных при составлении патентной формулы. И здесь нужно помнить, что патент защищает не то, что изобретено, а то, что записано в патентной формуле. Качественный анализ созданного технического решения, учет известного уровня техники в полном объеме и четкое составление патентной формулы – не только залог дальнейшего успеха, но и сведение к минимуму последующего применения доктрины эквивалентов в спорах о нарушении патентов.

Учитывая важность правильного применения доктрины эквивалентов, можно отметить некоторые известные ее постулаты, применяемые во всем мире при анализе эквивалентности. В самом общем виде технически эквивалентными считаются такие средства, которые на определенный период времени известны специалисту в конкретных областях как выполняющие одну и ту же функцию одинаковыми путями с одинаковым результатом.

Некорректно рассматривать эквивалентность сравниваемых средств в общем, в отрыве от объекта в целом. Необходимо исследовать возможность их замены в конкретном случае при решении определенной технической задачи и установить, какие новые и неочевидные свойства приобрел технический объект.

ВОИС на конгрессе в 1998 г. предложила следующий перечень характеристик эквивалентного элемента, в основу которого положен опыт США и европейских стран [3]:

- эквивалентный элемент является заменой;
- эквивалентный элемент не может заменять элемент, существенный с позиции патентоспособности;
- эквивалентный элемент выполняет ту же функцию по существу тем же путем;
- эквивалентный элемент обеспечивает по существу такой же результат, как и заменяемый элемент;
- эквивалентный элемент не может заменять «сердце» изобретения;
- эквивалентный элемент является очевидным (более или менее) для специалиста в данной области;
- эквивалентный элемент не может принадлежать известному уровню техники;
- эквивалентный элемент не может быть основан на творческих усилиях;
- эквивалентный элемент оценивается в контексте технической области формулы изобретения;
- эквивалентный элемент должен следовать из текста формулы изобретения;
- эквивалентный элемент не является второстепенным вариантом.

Представляется, что решением проблемы доказательства недобросовестного использования тех или иных изобретений в случае отсутствия очевидности данного факта будет служить проведение назначаемой судом патентно-технической экспертизы специалистом, квалифицированным в рассматриваемой области техники. Результаты такой экспертизы могут послужить доказательством наличия или отсутствия нарушения прав истца, но не дадут четкий ответ о правовых вопросах исследуемого спора. По факту зачастую судами назначаются эксперты, формально имеющие право выполнять подобного рода экспертизы, юридически грамотные, но имеющие специальные познания в другой области техники. Так, например, по делу о нарушении исключительных патентных прав ОрелГТУ в ходе судебного процесса были назначены три экспертизы: две по требованию истца и одна – по настоянию ответчика. При этом истцом был предоставлен список возможных экспертных организаций городов Курска, Брянска, Москвы и т.д., имеющих в своем составе специали-

стов в области строительства (кандидатов, докторов наук) и патентные отделы, из которых судья на свое усмотрение сделал выбор. Результаты обеих экспертиз показали факт наличия нарушения прав истца.

В то же время ответчиком самостоятельно был выбран эксперт, имеющий право проводить экспертизу по общим вопросам, специализирующийся в области механики, не имеющий строительного образования и специальных познаний в области строительства. Данная экспертиза отрицает нарушение прав истца.

Суд, опираясь на мнения первых двух экспертов, вынес постановление о наличии факта нарушения исключительных прав патентообладателя.

Другим элементом, ограничивающим права патентообладателя, является понятие о праве преждепользования, которое, по мнению многих патентоведов, формулировалось в основном применительно к патентной форме охраны изобретений для ограничения прав иностранных патентообладателей и обосновано было экономическими соображениями [4]. Практика применения права преждепользования в России, так же как и опыт учета многих других тонкостей при защите интеллектуальной собственности в условиях патентной формы охраны, отсутствует. Одним из вариантов обоснования возникновения сложностей при исследовании в суде этого вопроса считается то, что действующее законодательство не предусматривает выдачи преждепользователю какого-либо документа или лицензии, подтверждающих его права [5].

Статья 1361 4 части ГК РФ гласит, что лицо, которое до даты приоритета изобретения, полезной модели или промышленного образца добросовестно использовало на территории Российской Федерации созданное независимо от автора тождественное решение или сделало необходимые к этому приготовления сохраняет право на дальнейшее безвозмездное использование тождественного решения без расширения объема такого использования (право преждепользования).

Здесь, как видно, внимание следует обратить на следующие моменты:

- оба решения (запатентованное и незапатентованное) должны быть тождественными;
- лицо, использовавшее тождественное решение, должно было использовать его добросовестно, т.е. не в ущерб будущему патентообладателю;
- тождественное решение должно быть разработано или подготовлено к разработке, без участия авторов патента;
- в дальнейшем владелец тождественного решения не должен расширять объемы использования.

Особое внимание при исследовании права преждепользования патентоведы уделяют категории добросовестности. Как отметил профессор Е. Богданов [6], силу п. 3 ст. 10 ГК РФ действует презумпция добросовестности, согласно которой не преждепользователь доказывает свою добросовестность, а патентообладатель должен доказать, что ответчик недобросовестно использовал его изобретение или иной объект технического творчества. К трактовке самого понятия добросовестности, в частности, к действиям, указывающим на недобросовестность использования запатентованного объекта, относят, в частности, следующее [7]:

- если объект был в свое время похищен у автора, то право преждепользования возникнуть не сможет даже у лица, которое и не подозревало о существовании настоящего автора;
- если использование было начато исключительно в целях причинения вреда патентообладателю (например, чтобы не дать ему свободно использовать его изобретение в последующем).

В результате проблема возникновения права преждепользования сводится к определению объема использования объекта; того, кто должен устанавливать этот первоначальный объем использования; каким образом и по каким критериям следует рассчитывать объем использования. Более того, как отмечается в [4], объем использования должен быть документально оформлен. В этом случае также возникают определенного рода сложности, связанные

Безопасность зданий и сооружений

со спецификой области техники, к которой относится изобретение. В частности, в строительной отрасли объем использования можно определить более-менее точно, если это касается строительных материалов. Вопрос в том, каким образом определить объем использования для технических решений, касающихся изменений каких-либо свойств конструктивных систем, отдельных монтажных узлов. Будет ли этот объем определяться количеством возведенных квадратных метров в год или ограничится одним объектом, смонтированным до начала действия патента?

Следующей сложностью представляется определение убытков в случае, если будет доказано нарушение исключительных прав патентообладателя. Согласно ст. 15 части I ГК РФ под убытками понимаются неполученные доходы, которые лицо, чье право нарушено, получило бы при обычных условиях гражданского оборота, если бы его право не было нарушено (упущенная выгода). При этом если лицо, нарушившее право, получило вследствие этого доходы, лицо, право которого нарушено, вправе требовать возмещения, наряду с другими убытками. Несмотря на постоянные призывы Правительства страны и администраций регионов к созданию и широкому использованию интеллектуальной собственности, до настоящего времени в российском законодательстве и нормативной базе нет положений, непосредственно регулирующих определение размера убытков, связанных с нарушением патентных прав. При нарушении патента будут действовать общие нормы об убытках, общие подходы к установлению их размера и составляющих.

В то же время убытки от нарушения патента имеют свои особенности [8]. Объектом нарушения является не индивидуально-определенная вещь, а право весьма неопределенной стоимости. Убытки появляются в результате того, что нарушается монопольное положение патентообладателя. Естественно, возмещение таких убытков вызывает большие сложности. Так, например, все в том же деле о нарушении прав ОрелГТУ как обладателя патентов №2275477 (см. рис. 1, а) и №2281365 (рисунок 2, а). Запатентованная конструктивная система (рисунок 2, б), представленная в общем виде в патенте №2281365 «Здание из панельных элементов», а один из ее элементов – в патенте № 2275477, разрабатывалась с 2002 года в рамках государственных программ по инициативе Российской академии архитектуры и строительных наук. Результаты разработок прошли многочисленные расчетно-экспериментальные исследования, что отражено в отчетах о НИР, научных публикациях, апробированы при строительстве жилых зданий, вошли в Каталог повторного применения Росстроя и Альбом инновационных проектов РААСН (2008 г.). Тем не менее, по завершении судебного процесса вынесено решение о признании факта нарушения исключительных прав патентообладателя, но судом не признано упущение выгоды истца.

а)



б)

Рисунок 2 – Патент ОрелГТУ №2281365 (а) и общий вид конструктивной системы, поясняющий описание к патенту (б)

В зарубежной практике, например, встречаются ситуации, когда в качестве убытков, подлежащих выплате законному владельцу патента, определяют весь доход, полученный в результате противоправных действий. Это весьма подходит для случаев, когда доказано, что нарушитель был заблаговременно (т.е. до подачи иска) предупрежден патентообладателем о нарушении его прав, и ему было предложено прекратить противоправные действия либо заключить лицензионный договор. Чаще всего зарубежные суды определяют убытки владельца патента как сумму платежей, которые нарушитель должен был бы произвести патентообладателю, приобретя лицензию на право использования нарушенного патента, т.е. убытки приравниваются к цене лицензии. Как отметил Б.А. Лобач, в нашей стране практически нет опыта не только в обосновании и определении размера убытков, но и расчета цены лицензии.

Цену лицензии можно определить, например, как долю прибыли, получаемой лицензиатом от коммерческого использования предоставленных ему прав, в сравнении со средне-нормативной прибылью в данной области производства. Как правило, эта доля составляет 10-30%. Можно также, опираясь на мировую прецедентную практику по отдельным отраслям промышленного производства, определить объем платежей на базе роялти.

Существующие методики расчета цены лицензионного договора, который мог бы быть заключен, и стоимость которого может быть принята за испрашиваемый объем упущенной выгоды, не всегда применимы в строительной отрасли. Они основываются на изменении стоимости или объема продаж продукции, вызванном применением запатентованных решений. Это удобно производить для выпускаемой продукции в виде элементов, материалов и т.д. А что делать со стоимостью, например, конструктивной системы? В любом случае достаточно трудным, порой нереализуемым, является определение объема прибыли, полученного при использовании запатентованного объекта. Это связано, во-первых, с закрытостью подобной информации или невозможностью проверить ее адекватность, во-вторых, не всегда сфера строительства оценивается экономической выгодой. Многие новые технические решения ставят своей целью не получение дополнительной прибыли, а обеспечение при строительстве объектов необходимых общественных благ (комфорт, безопасность и т.д.) [9]. Более того, реализация технических решений в области строительства требует, как правило, дорогостоящей и длительной проверки, апробации, проведения экспериментальных исследований, производимыми за счет патентообладателя. Из положений законодательных актов неясно, к какой категории следует отнести подобные издержки и подлежат ли они возмещению в случае нарушения прав патентообладателя.

Приведенный анализ некоторых особенностей современного российского патентного законодательства и случаи его применения на практике, в том числе в арбитражных спорах, позволяют сделать вывод не только о несовершенстве законодательной базы в области защиты исключительных прав патентообладателя, но и о незначительном опыте судебного разрешения подобных споров. Каждая область науки и техники имеет свои особенности, которые не могут быть отражены в полной мере в соответствующих законах. Таким образом, представляется целесообразной разработка инструкций, рекомендаций и других документов, содержащих положения по закреплению терминологии, порядка проведения экспертиз, критериев исследования спорных вопросов и др. для возможности применения их в отдельных областях техники с учетом специфики и накопленного опыта в данной сфере.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соболев, А.Ю. Применение теории эквивалентов при толковании в судах объема патентной охраны изобретений в области естественных наук [Текст] / А.Ю. Соболев, А.В. Залесов // Изобретательство. – 2004. – №9.

Безопасность зданий и сооружений

2. ЭЗ-2-74. Инструкция по государственной научно-технической экспертизе изобретений [Текст].
3. Джермакян, В.Ю. Какие признаки считать эквивалентными? [Текст] / В.Ю. Джермакян // Патентный поверенный. 2006. – №4.
4. Черничкина, Г.Н. Право преждепользования: правовые и практические аспекты [Текст] / Г.Н. Черничкина // Современное право. – 2004. – №6.
5. Сергеев, А.Л. Право интеллектуальной собственности в Российской Федерации [Текст]: Учебник / Л.А. Сергеев. – М., 1999. – 528 с.
6. Богданов, Е. Категория «добросовестности» в гражданском праве [Текст] / Е. Богданов // Российская юстиция. – 1999. – №9. – С. 12.
7. Калятин, В.О. Интеллектуальная собственность (исключительные права) [Текст]: Учебник для вузов / В.О. Калятин. – М., 2000. – С. 260-261.
8. Иванов, В.В. Взыскание упущенной выгоды при нарушении исключительных прав патентообладателя [Текст] / В.В. Иванов // Арбитражная практика. – 2006. – №8 (65).
9. Тульчинский, Г.Л. Обесиленное общество [Текст] / Г.Л. Тульчинский // Знамя. – 2010. – №1.

Колчунов Виталий Иванович

Орловский государственный технический университет, г. Орел

Академик РААСН, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительные конструкции и материалы»

Тел.: +7 (4862) 73-43-48

E-mail: oantc@ostu.ru

Скобелева Елена Анатольевна

Орловский государственный технический университет, г. Орел

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции и материалы»

Тел.: +7 (4862) 73-43-49

E-mail: oantc@ostu.ru

УДК 727.012

КОЛЕСНИКОВА Т.Н., ЗАХАРОВ И.М.

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ**

Рассмотрены проблемы сельских поселений и сельских образовательных учреждений. Намечены пути решения возникших проблем.

Ключевые слова: школа, село, трудовая подготовка, технология.

The article deals with the problems of the village, rural schools. Ways of solving the problems.

Keywords: school, village, labor training, technology.

Село сегодня имеет ряд экономических и социальных проблем, с которыми не все поселения могут справиться самостоятельно. В связи с этим за последнее десятилетие 17 тысяч деревень исчезло с карты Российской Федерации, треть сельских населенных пунктов сегодня практически обезлюдено.

Для решения этих проблем принят ряд законодательных и нормативно-правовых актов: приоритетный национальный проект «Развитие АПК», федеральная целевая программа «Социальное развитие села до 2012 года» и др.

В социальной системе села важное место занимает школа, которая является образовательным, социальным и культурным центром. В сельской местности обучается 28,8% учащихся. Число образовательных сельских учреждений с каждым годом уменьшается. Когда село лишается школы, усиливаются процессы миграции трудоспособного населения в более развитые населенные пункты (в поселки городского типа, города), таким образом, село постепенно пустеет.

Сельская школа – важное звено жизнеобеспечения села – формирует интеллектуальный и трудовой потенциал сельского общества. Она должна так обучать и воспитывать детей, чтобы они могли успешно жить и работать на селе. Агропромышленный комплекс сегодня ориентируется на многоукладность хозяйствования, в связи с чем возрастает вклад индивидуальных и фермерских хозяйств в его формирование и развитие.

Следствием социально-экономических преобразований конца XX века стало разрушение системы подготовки школьников к сельскохозяйственному труду, сельская школа стала ориентироваться на образовательную модель городской школы, теряя свою самобытность. Как показало выборочное исследование, более половины старшеклассников сельских школ не владеют даже теми минимальными знаниями по сельскому хозяйству, которые должны быть им известны из личного опыта и школьного курса биологии [1].

С 1999 по 2005 г. в два раза возросло число сельских школ, в которых вообще не проводится трудовая подготовка по сельскохозяйственному профилю, сокращается число школ, где преподается предмет «Сельскохозяйственный труд» в 5-7 классах, спецкурсы по сельскохозяйственному профилю. Лишь в некоторых сельских школах организована профессиональная подготовка с выдачей документа по специальностям. Между тем, предмет «Технология» изучают школьники в большинстве ведущих стран мира – Великобритании, Франции, Германии, Голландии, Швеции, где он входит в структуру обязательных занятий для учеников всех возрастов.

Выпускники школ не имеют допрофессиональной сельскохозяйственной трудовой подготовки, в связи с чем только 10-30% выпускников остаются на селе, что не обеспечивает

стабильного развития сельских территорий. Только выпускники сельских школ, знающие сельскохозяйственный труд с малых лет и любящие землю, село, могут обеспечить воспроизводство кадров для развития АПК.

Вместе с тем, как показывают социологические опросы, каждый четвертый учащийся сельской школы заинтересован в получении знаний и умений, необходимых для работы в личном подсобном хозяйстве. Четырнадцать процентов учащихся желают получить сельскохозяйственные профессии, 11,3% учащихся хотят получить знания, которые помогут им поступить в учреждения среднего и высшего профессионального образования сельскохозяйственного профиля.

Для решения этой проблемы многие регионы разработали свою стратегию кадровой политики АПК. В Красноярском крае действует целевая программа «Кадровое обеспечение агропромышленного комплекса Красноярского края», в Волгоградской области принята целевая программа трудовой подготовки школьников «Учебное поле», которая инициировала создание и развитие учебно-опытных хозяйств на пахотных землях, закрепленных за сельскими образовательными учреждениями. В Пензенской области действует программа «Лидер в социальной и предпринимательской деятельности», ориентирующая школы на подготовку учащихся к трудовой деятельности. В Ставропольском крае, Оренбургской, Владимирской, Волгоградской, Белгородской, Курганской, Тульской областях, Башкортостане и ряде других регионов страны власти возрождают деятельность ученических производственных бригад, трудовых объединений школьников. Во многих территориях накоплен опыт успешно функционирующих агрошкол (Белгородская, Ярославская области, Республика Якутия и др.), фермерских хозяйств при школе (Владимирская область), подсобных хозяйств при школе (Республика Башкортостан, Чувашская Республика и др.) [1]. Однако на практике этих мер оказывается недостаточно.

В разные исторические периоды правительство России по-своему подходило к содержанию сельского образования. В конце XIX века существовала тенденция замены общеобразовательной подготовки в сельской школе на сельскохозяйственное образование. В годы советской власти партия стремилась достичь баланса между профессиональной и общеобразовательной подготовкой. Примером может служить проект средней школы на 18 классов (684 учащихся), разработанный институтом ЦНИИЭПграждпнсельстрой для строительства в сельской местности (рисунок 1) [5]. Заштрихованная область – помещения трудового обучения с сельскохозяйственным уклоном.

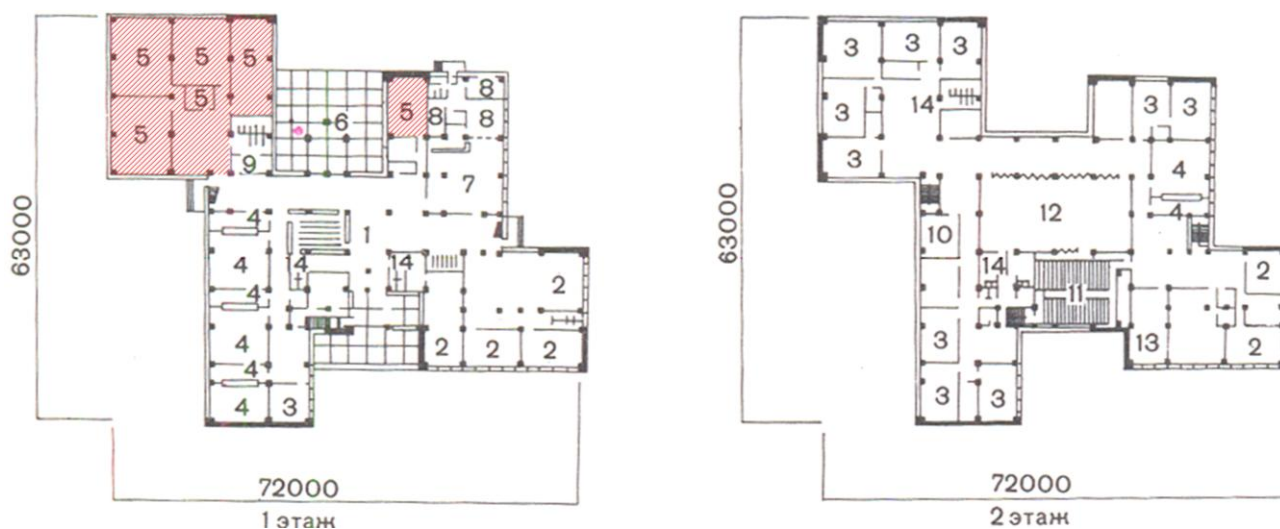


Рисунок 1 – План средней школы на 18 классов (индивидуальный проект, разработан институтом ЦНИИЭПграждансельстрой): 1 – вестибюль с гардеробом, 2 – классные помещения, 3 – кабинеты, 4 – лаборатории и лаборантские, 6 – центр пионерских сборов, 7 – обеденный зал, 8 – кухня, 9 – кабинет директора, 10 – учительская, 11 – актовый зал, 12 – спортивный зал, 13 – библиотека, 14 – санузлы

Учитывая вышеизложенное, считаем, что появилась острая необходимость в изменении концепции архитектурно-градостроительного формирования учреждений образования в сельской местности, а именно – создание сети учреждений непрерывного образования с сельскохозяйственным уклоном.

Это возможно путем реализации в сельских школах дополнительных образовательных программ, позволяющих получить школьникам в процессе обучения навыки сельскохозяйственных профессий. Помимо технологических предметов необходим цикл дисциплин, который будет способствовать включенности молодых жителей села в предпринимательскую деятельность в современных экономических условиях.

Такая концепция предполагает трансформацию традиционных архитектурно-планировочных решений общеобразовательных зданий и их комплексов путем вовлечения в объемно-пространственную структуру блоков дополнительной профессиональной ориентации: мастерские изучения и ремонта автомобиля и сельскохозяйственных машин, мастерская механизации сельского хозяйства, слесарная мастерская, помещения агрохимии, растениеводства, животноводства, электротехники, помещения для кружка технического творчества, кабинет ручного труда, лаборантские и т.д. Это отразится на формировании генеральных планов в области вопросов зонирования, блокирования, транспортной сети. На школьном участке необходимо устройство гаражей, учебных полигонов для обучения управлению сельскохозяйственной техникой, сараев, садоводческих участков и т.д.

Обозначенная система непрерывного образования следующей ступенью предлагает включить средние специальные общеобразовательные учреждения сельскохозяйственного профиля. К настоящему времени отсутствует обоснованный типологический ряд и предложения по их комплексной архитектурной организации. На основе ретроспективного анализа необходимо выявление типологических особенностей учреждений системы образования и разработка предложений по комплексной архитектурной организации образовательной среды.

Создание такой системы непрерывного образования будет способствовать развитию села и АПК страны в целом за счет создания профессионально ориентированных трудовых кадров высокого уровня.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад «Развитие сельской школы как фактора социально-экономического и духовно-нравственного развития села» [Электронный ресурс]. URL: www.mcx.ru.
2. Наумкин, Г.И. Принципы формирования зданий сельских средних школ с трудовым обучением [Текст]: Дис. ... канд. архитектура: 18.00.02. – М., 1984.
3. Филимонов, В. Сельская школа: опыт, проблемы, перспективы развития [Текст] / В. Филимонов // Газета «Первое сентября» №70/1999. – М.: Первое сентября, 1999.
4. Сафронов, И.П. Сельская школа как региональный социокультурный феномен: качественные характеристики [Электронный ресурс] / И.П. Сафронов, М.В. Сафронова / URL: http://bank.orenipk.ru/Text/t13_243.htm.
5. Букин, Ю.К. Архитектура общественных зданий: Альбом-справочник [Текст] / Ю.К. Букин, Х.А. Бутусов, А.А. Вершинин, В.Н. Рудаков. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 159 с.

Колесникова Татьяна Николаевна

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Доктор архитектуры, заведующая кафедрой «Архитектура»
Тел.: +7 (4862) 73-43-66
E-mail: oantc@ostu.ru

Захаров Илья Михайлович

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Инженер-лаборант кафедры «Архитектура»
Тел.: +7 (4862) 73-43-66
E-mail: oantc@ostu.ru

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ПРИЕМОВ АРХИТЕКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ УЧЕБНО-ВОСПИТАТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ*

В статье рассмотрена эволюция архитектурного облика и объемно-планировочных решений отечественных зданий учебно-воспитательного назначения с момента их возникновения на Руси в X веке и до конца XX века.

Ключевые слова: *цифирная школа, церковно-приходская школа, духовное училище, земское училище, классическая гимназия, реальное училище, общеобразовательная школа.*

In this article the author deals with evolution of architectural appearance and space-planning decisions buildings of the teaching and educational destination since their appearance in Russia in 10 century and to end 20 th century.

Keywords: *tsifirnaya school, parochial school, church school, zemstvo school, classical gymnasium, real school, secondary school.*

Появление первой школы на древней Руси произошло в 988 г. (год крещения Руси) с момента открытия князем Владимиром в Киеве школы «учения книжного». Однако упадок культурной жизни Древней Руси в результате татаро-монгольского нашествия отразился и на образовании – из светского оно стало почти исключительно духовным (монастырским).

Укрепление Московского государства повлекло за собой и некоторый подъем образования и его специализацию. При Петре I возникла система профессионального образования, к 1722 г. в разных городах России были открыты 42 цифирные школы, обеспечивавшие начальное обучение [1]. Примером может служить здание цифирной школы в Сысерте, это небольшое здание из кирпича, построенное в административно-торговом центре поселка (рисунок 1).



Рисунок 1 – Здание цифирной школы, 1735 г. Средний Урал, Сысерть

Гуманитарное образование обеспечивалось духовными (епархиальными) школами, позже семинариями. Характерным для того времени является духовное училище Енисейской епархии (рисунок 2). Здание симметричное в плане с повышенной центральной частью. На флангах главного корпуса располагались два флигеля, а перед самым зданием находился засаженный зеленью двор, над центральной частью училища была выстроена колокольня.

В целом объемно-пространственная структура данного здания традиционна для дворовой архитектуры России второй половины XVIII века, которая, в свою очередь, во многом

* Работа выполнена под руководством д. арх. Т.Н. Колесниковой.

воспринята из архитектурного наследия архитектора эпохи позднего возрождения Андреа Палладио. Следует отметить целесообразность выбора принятой планировочной схемы для функциональной специфики учебно-воспитательного учреждения с позиций современных требований к формированию генеральных планов школ.



Рисунок 2 – Духовное училище Енисейской епархии, XVIII в.

Идеи Возрождения и эпохи Просвещения заметно отразились и на отечественном образовании. Особую категорию составляли элитные учебные заведения, архитектурные решения которых должны были предусматривать объединение в едином здании – комплексе функций учебы – воспитания и проживания. В 1764 году в Смольном монастыре разместились «Воспитательное общество благородных девиц», к концу XVIII века для этого учреждения понадобилось новое здание, монастырские помещения для института уже не подходили. И к 1808 г. архитектором Джакомо Кваренги было создано новое здание, расположившееся с южной стороны монастыря (рисунок 3). На первом этаже по сторонам коридора располагались учебные помещения, а на втором этаже – жилые комнаты. Настоящим украшением здания стал большой парадный зал, со стороны главного подъезда была устроена большая площадь, а с внутренней стороны заложен регулярный сад [2]. Здание имеет *H*-образную форму в плане, позволяющую организовать как парадное пространство перед главным входом, так и тихое пространство для отдыха с тыльной стороны здания.

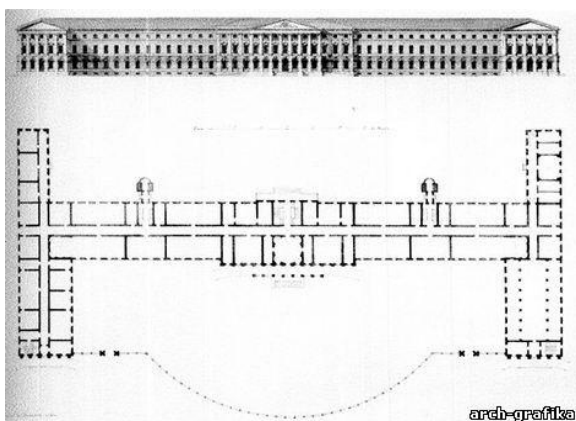


Рисунок 3 – Здание Смольного института. Архитектор Д. Кваренги, 1806 г.

К элитному учебному заведению этого периода относится также Царскосельский лицей (рисунок 4). Четырехэтажное здание, являющееся флигелем Екатерининского дворца, выстроенное в духе классицизма, соединялось переходом с Церковным корпусом, опиравшимся на три арки. В 1811 г. архитектор В. Стасов перестроил здание согласно нуждам учебного заведения. На первом этаже были размещены комнаты преподавателей, лазарет, за-

Архитектура и градостроительство

нимавший половину этажа, и административные помещения, на втором – столовая, канцелярия, классы для младших курсов и Малый конференц-зал. На третьем этаже расположились Большой парадный зал, классы для старших курсов и библиотека в арке. Четвертый этаж занимали комнаты воспитанников.

Таким образом, для архитектурно-планировочных решений рассматриваемых учебно-воспитательных учреждений характерно функциональное зонирование по вертикали (этажам здания). При этом, как правило, учебная зона располагалась ниже относительно зоны проживания воспитанников. При размещении учебной зоны на нескольких этажах, помещения для более младших возрастных групп размещались ниже [3].



Рисунок 4 – Здание Царскосельского лицея (флигель Екатерининского дворца)

Однако образование не ограничивалась школами – дворцами в столицах и крупнейших городах. В селах и малых деревнях существовали два типа школ – министерские (земские) и церковно-приходские. Церковно-приходские школы (появились после школьной реформы 1804 г.) – начальные школы при церковных приходах, открывались в деревнях, где не было министерских земских школ. Здания школ представляли собой деревянные срубы, имелись одна или две классных комнаты, иногда предусматривалась запасная комната для библиотеки или ночлежной. Образовательные помещения выходили в теплый коридор, служивший раздевальной, а из него в сени с крыльцом. Здания церковно-приходских школ всегда предусматривали жилье для учителей – одну или две комнаты, имевшие выход в теплый коридор школы через кухню. Характерным примером этого типа зданий служит проект здания монастырской школы Евтихеев (рисунок 5).

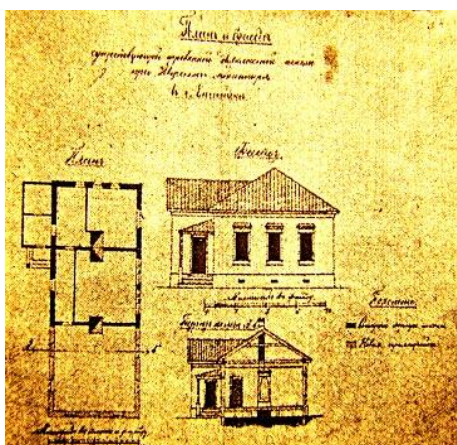
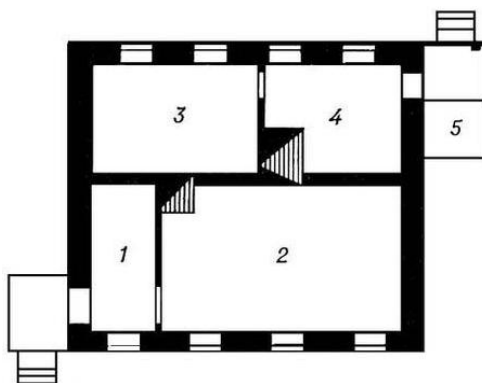


Рисунок 5 – Проект здания монастырской школы Евтихеев, Енисейского Иверского девичьего монастыря, 1887 г.

Объемно планировочное решение министерских школ (земских школ или училищ) практически не отличалось от решений церковно-приходских школ. В конце XIX века создаются рекомендуемые к постройке проекты земских школ (рисунок 6).



*Рисунок 6 – План однокомплектной земской школы, разработанный Курским губернским земством, 1900-е гг.
(1 – раздевальня, 2 – класс на 40 учеников, 3 – квартира учителя, 4 – кухня, 5 – кладовая)*

С 1864 г. в качестве основной школы вводились гимназии (классические и реальные) и прогимназии. Классические гимназии давали светское образование. Школьные здания гимназий и прогимназий вначале были преимущественно одноэтажными с общим залом, объединявшим несколько классов. В гимназии имелись библиотека, физический кабинет, гербарий; в реальных гимназиях также проектировался алтарь, отгороженный иконостасом. Затем возникли двухэтажные учебные заведения с проходящим по продольной оси коридором, по обеим сторонам которого располагались классы. Обычно это монументальное двух-трехэтажное здание с фасадом, украшенным портиком или пилястрами, вестибюлем и парадной лестницей по поперечной оси, актовым залом на 2-м этаже и коридорами с двусторонним расположением классов. Характерным представителем классической гимназии является Таганрогская гимназия, построенная в 1824 г., архитектор Ф.К. Боффо (рисунок 7). В гимназии имелись библиотека, физический кабинет, гербарий. Ученики вели метеорологические наблюдения, результаты которых поступали в Академию наук. В 1878 г. в гимназии был учрежден первый в городе Историко-географический музей [3].

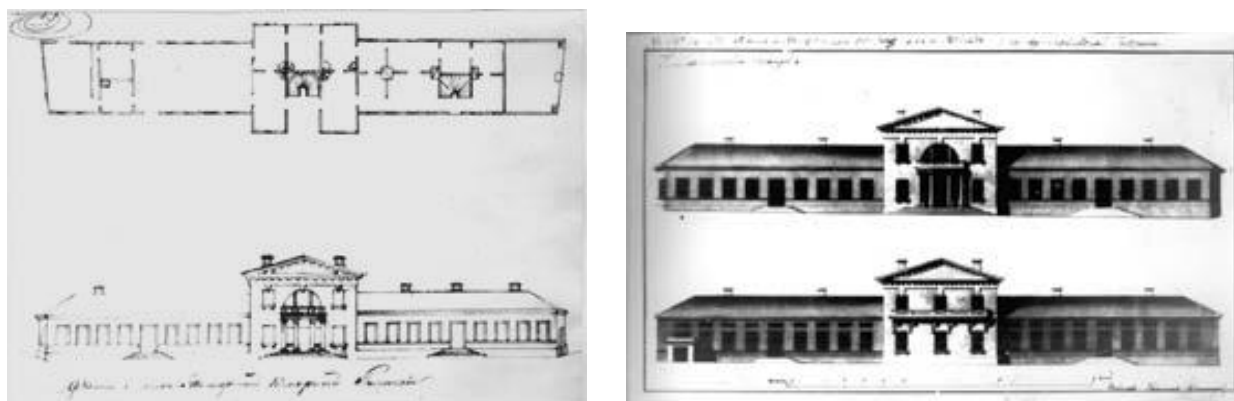


Рисунок 7 – Таганрогская гимназия (классическая) 1824 г.

Реальные гимназии, преобразованные в 1872 году в реальные училища, делают упор на религиозное образование. Характерным представителем такой гимназии является построенное в 1912 г. Реальное училище (реальная гимназия) в Новониколаевске, архитектор А.Д. Крячков (рисунок 8). Все восемь классных помещений училища были ориентированы на восток и выходили в широкий односторонне освещенный коридор-рекреацию. В крыльях здания, уходящих в глубину квартала, размещались библиотека, учительская комната, кабинет врача, гимнастический зал, душевые помещения, физический и естественно-исторический кабинеты, рисовальный и чертежный классы, обсерватория с башней

для метеорологических наблюдений, столовая с буфетом. К южному крылу здания примыкал трехэтажный с полуподвалом жилой корпус. Объем церкви был маленьким и по сути дела свелся лишь к устройству алтаря, отгороженного невысоким иконостасом на низенькой солее и клиросах в зале-«столовой для завтраков», где напротив иконостаса к залу примыкал еще и буфет с окном выдачи завтраков ученикам. Причем внешне церковь на правой стороне фасада, выходящего на Николаевский проспект, была выделена тремя ложными закомарами, где в среднем, повышенном, оставалась открытой арка для колокола, а над аттиком закомара, над средней открытой аркой, возвышался каменный равносторонний крест. За аттиком и крестом находился маленький купол, почти невидимый снаружи, видимо, над чердачным помещением при колокольной арке. А.Д. Крячков разместил актовый зал над вестибюлем и главным входом в здание училища. Пять высоких арочных оконных проемов составили основу композиции этой объемной части сооружения, которая завершалась классицистическим карнизом и аттиком, а первый этаж которого был декорирован линейным рустом [4].

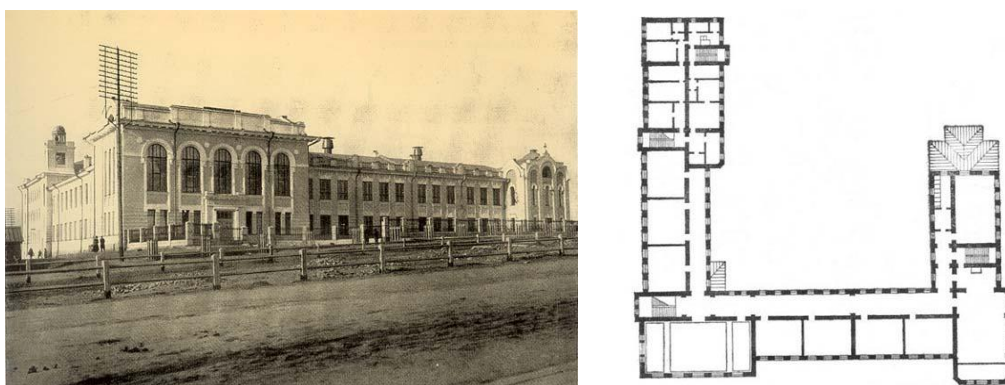


Рисунок 8 – Реальное училище (реальная гимназия) в Новониколаевске, 1912 г.

Затем возникли одно-двухэтажные учебные заведения с проходящим по продольной оси коридором, по обеим сторонам которого располагались классы. Наиболее развитым типом учебного заведения была гимназия: обычно монументальное двух-трехэтажное здание с фасадом, украшенное портиком или пилястрами, вестибюлем и парадной лестницей по поперечной оси, актовым залом на 2-м этаже и коридорами с двусторонним расположением классов.

Небольшие гимназии первоначально состояли из помещений учебных классов, расположенных на втором этаже, вестибюля и квартир учителей на первом.

В XIX веке состав помещений пополнился гимнастическими залами, кабинетами физики, химии, истории и рисунка.

В начале XX века проектировались классы пения, библиотеки, актовые залы и медицинские кабинеты. Но все эти проекты не имели отношения к учреждениям общедоступного образования. Дети бедных слоев населения по-прежнему занимались в плохо приспособленных для этого помещениях. Развитие основного помещения (класса) началось с класса приходского училища площадью 120 кв. м, который служил единым и многофункциональным помещением, где обучались дети разных возрастов. С появлением науки об охране здоровья учащихся – школьной гигиены – площадь класса ограничилась 60-72 кв. м при глубине до 6-7,2 м с наполнением в 30 учащихся, предлагалась предпочтительная схема зонирования здания с ориентацией учебных помещений на юг и юго-восток.

Интенсивная разработка типовых проектов школьных зданий, учитывающих как функциональные требования, так и требования школьной гигиены, началась главным образом с 1920-х г., когда было введено всеобщее начальное образование. До 1935 г. школьные здания в основном строились по индивидуальным проектам; в 1935-1955 гг. типовые здания на 280, 400, 880 мест с классными помещениями и сокращенным числом лабораторий; 1960-

1963 гг. – типовые здания на 320, 480, 536, 640, 960, 964 мест, добавляются мастерские, спортивный зал и актовый зал-столовая; 1964-1970 гг. – типовые здания на 320, 480, 640, 960, 1280 мест, актовый зал и столовая имеют собственные помещения; 1971-1980 гг. – типовые здания восьмилетние школы 192 и 320 мест, средние общеобразовательные школы на 392, 464, 624, 784, 1176, 1568 мест, добавляются помещения для продленного дня [5].

Современные проекты отличаются от проектов прошлых лет большим разнообразием архитектурно-планировочных решений, усложнением планов, вводом дополнительных помещений для факультативных занятий и делением зданий школ на функциональные блоки, выходящие в центральную общешкольную группу.

Таким образом, анализ эволюции архитектуры зданий учебно-воспитательного назначения позволяет выявить ряд этапов, каждый из которых отмечен последовательным совершенствованием и усложнением объемно-пространственной структуры данных зданий. Проектированием учебно-воспитательных зданий занимались ведущие архитекторы России, при этом многие их решения современны и в наше время.

Какой должна быть архитектура школьных зданий на современном этапе? Вопрос открыт. Одни считают, что оптимальный подход к проектированию – это модульный подход, где школьное здание – это своеобразный конструктор, который собирается и разбирается, достраивается по необходимости отдельными модулями. Другие считают, что каждое здание, особенно школа, должно отличаться от другого, быть уникальным.

Но главное, помимо вышесказанного, по мнению автора необходимо сформировать последовательную и логичную социально-ориентированную сеть учреждений воспитания, образования и трудового обучения, где главными составляющими на современном этапе являются:

- равная доступность образовательных учреждений в поселениях всех видов – городских и сельских, крупных и малых путем совершенствования типологического ряда учреждений учебно-воспитательного назначения, в т.ч. интегрированного типа.

- развитие групп помещений факультативных занятий, в т.ч. на платной основе, что обеспечит развитие способностей и занятость школьников во 2-ую половину дня при одновременном освобождении времени родителей.

Школьные здания, которые сейчас проектируются, будут функционировать не меньше пятидесяти лет, поэтому при проектировании надо ориентироваться на тенденции развития образования на длительный период времени. Так как никто не в состоянии сказать, какие идеи появятся через 10-15 лет, проектирование должно обеспечивать возможность трансформации планировочных структур уже построенных школьных зданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джуринский, А.Н. История педагогики [Текст]: Учеб. пособие для студ. педвузов / А.Н. Джуринский. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2000. – 432 с.
2. Дрегуляс, Г. Основание Смольного института благородных девиц [Текст] / Г. Дрегуляс // Санкт-Петербург: все, что важно знать о Санкт-Петербурге: [сайт]. URL: http://www.opeterburge.ru/history_144_180.html.
3. Из истории основания гимназии в Таганроге // Таганрогский государственный литературный и историко-архитектурный музей-заповедник: [сайт]. URL: <http://bit.tsure.ru/chechov/rus/museum/gymn/gymn1.html>.
4. Баландин, С.Н. Сибирский архитектор А.Д. Крячков [Текст] / С.Н. Баландин, О.П. Ваганова. – Новосибирск, 1973. – 55 с.
5. Степанов, В.И. Проблемы архитектуры школьных зданий [Текст]: Дис. ... докт. арх. наук. – М., 1983. – 376 с.

Ленченко Анастасия Олеговна

Орловский государственный технический университет, г. Орел

Студент гр. 11-ПЗ(м), кафедра «Архитектура»

Тел.: +7 (4862) 41-17-80

E-mail: asik85@list.ru

НАДУТКИН В.А., АРАКЧЕЕВА Н.Т.,
ДАНИЛЕВИЧ Д.В.

О ТРАНСПОРТНЫХ РАЗВЯЗКАХ Г. ОРЛА (КРАТКИЙ АНАЛИЗ НА НАГЛЯДНОМ ПРИМЕРЕ)

В статье приводится критический анализ проектных предложений развития транспортной инфраструктуры города Орла на примере одного из важных участков – ул. Раздольная в Северном районе.

Ключевые слова: магистральная улично-дорожная сеть, транспортные развязки, искусственные сооружения, тоннели, эстакада.

The article provides a critical analysis of project proposals for the development of transport infrastructure of the city of Oryol on the example of one of the important areas – street Razdol'naya in the Northern District.

Keywords: backbone of the road network, transport time-matings, artificial structures, tunnels, trestles.

Генеральным планом г. Орла, утвержденным в феврале 2008 года [1], в составе магистральной улично-дорожной сети (МУДС) предусмотрено строительство около трех десятков транспортных развязок в разных уровнях (рисунок 1). Технические категории пересекающихся улиц и дорог, конфигурации пересечений, существующая и планируемая застройка, рельеф местности создают сложные условия проектирования, в некоторых случаях для решения поставленной задачи количество уровней движения автотранспорта должно быть не менее трех.

При весьма высокой стоимости строительства автомобильных дорог в Российской Федерации и дефиците бюджета (особенно в условиях экономического кризиса) транспортные развязки, являющиеся средоточием дорогостоящих искусственных сооружений (путепроводов, тоннелей, подпорных стенок), берут на себя львиную долю затрат, что еще более усиливается в условиях существующей городской среды. Не требует доказательства утверждение о том, что решения о строительстве конкретных объектов должны быть тщательно экономически взвешенными и безукоризненно технически подготовленными. Эти факторы становятся особенно актуальными в свете решения Правительства РФ о создании бюджетного фонда по строительству и ремонту дорог (май 2010 г.) и критики премьер-министром В.В. Путиным практики непомерного раздувания смет на строительство дорог, а также в связи с приближающимся юбилеем г. Орла, к встрече которого хорошо бы решить проблемы в нескольких наиболее напряженных узлах транспортной сети города. При должной организации труда проектировщиков и строителей это вполне выполнимая задача. Необходимое условие появления в нашем городе современных, красивых и экономичных транспортных развязок – наличие проектно-сметной документации (ПСД), отвечающей требованиям генплана и сложившимся реалиям.

Проделанный авторами статьи выборочный анализ схемы развития транспортной инфраструктуры в части МУДС позволяет говорить о наличии серьезных противоречий и недоработок как внутри самой схемы, так и между этой схемой и уже разработанной проектной документацией.

Иллюстрацией названной проблемы в полной мере может послужить ситуация, сложившаяся в настоящее время вокруг строительства одной из важнейших частей МУДС – улицы Раздольной в Северном районе города на участке от улицы Михалицына до улицы Metallургов (рисунки 2, 3).



Рисунок 1 – Транспортные развязки в разных уровнях на схеме развития транспортной инфраструктуры

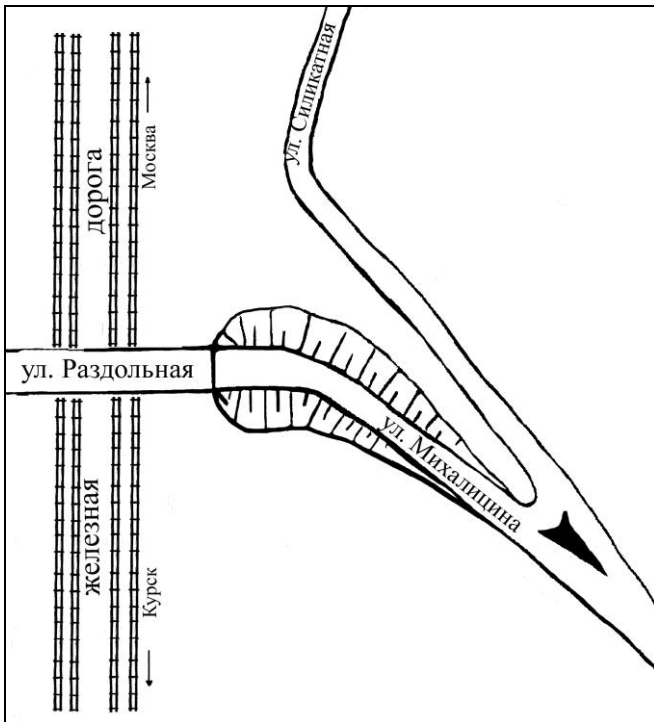


Рисунок 2 – Существующая ситуация

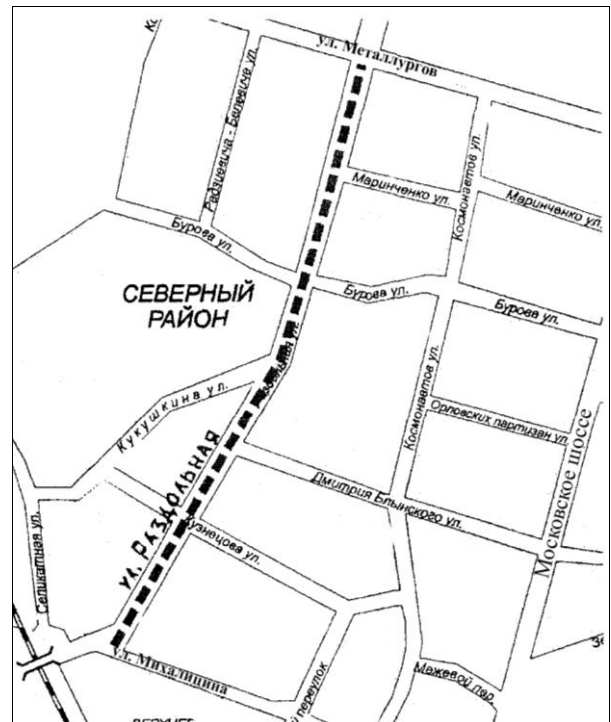
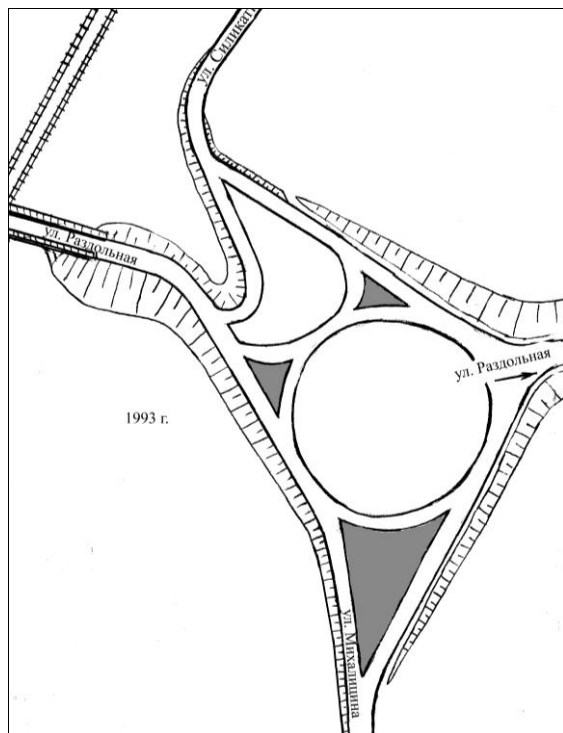
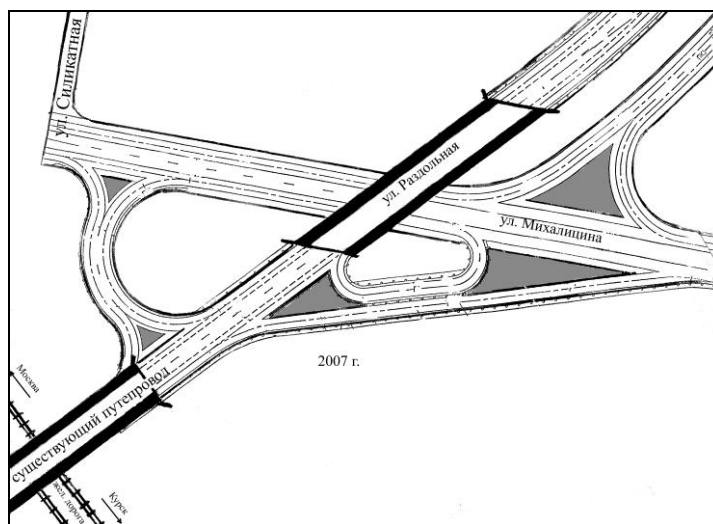


Рисунок 3 – Расположение проектируемого участка ул. Раздольной и прилегающих улиц

Проектно-изыскательские работы на этом участке велись со значительными перерывами с начала 90-х годов разными проектными организациями. Последний (неокончателный) этап был завершен в мае 2007 года, а в июне того же года распоряжением администрации г. Орла документация была утверждена в стадии «Проект» (П), предусматривающей в дальнейшем вторую стадию – «Рабочую документацию» (РД), к разработке которой, за истекшие три года Заказчик так и не приступил (рисунки 4, 5).



*Рисунок 4 – Предложение
ТОО «Орелкоммундортранс»*



*Рисунок 5 – Предложение Воронежского филиала
ОАО «ГипродорНИИ»*

Учитывая, что в утвержденной сводной смете стоимость проектно-изыскательских работ для стадии «РД» втрое превышает аналогичный показатель для стадии «П», на осуществление которого ушло около трех лет, можно с большой вероятностью ожидать, что к 20-летию принятия решения о строительстве этого участка ул. Раздольной не только не будет самой дороги, но под большим вопросом и готовность проектно-сметной документации (ПСД).

Здесь уместно сделать важную оговорку, необходимость в которой станет понятна ниже. Согласно утвержденному проекту категория проектируемого участка – магистральная четырехполосная улица регулируемого движения автотранспорта без разделительной полосы, на всех пересечениях ул. Раздольной с улицами Кукушкина, Блынского, Кузнецова, Бурова, Маринченко, Metallургов запроектировано устройство светофорного регулирования. Исключение составляет пересечение с ул. Михалицына, где предусмотрена транспортная развязка в 2-х уровнях, при этом сама пересекаемая улица назначается также 4-х полосной и без разделительной полосы.

Согласно генеральному плану категории улиц Раздольной и Михалицына значительно повышаются, они становятся частью обходной скоростной городской дороги, при этом только что запроектированный участок улицы Раздольной переводится в категорию магистрали общегородского значения непрерывного движения. Кроме того, в узле пересечения появляется еще одна важная артерия – магистраль общегородского значения регулируемого движения, проходящая вдоль существующей железной дороги и являющаяся продолжением трассы, состоящей из улиц Новосильское шоссе, Паровозной, Северный парк. Заканчивается эта магистраль, согласно генплану, у станции Стальной Конь, вновь примыкая к ул. Раздольной.

Приведенные в генплане принципиальные поперечные профили улиц и дорог обязывают построить обходную скоростную городскую дорогу и магистральную улицу непрерывного движения с шестью полосами движения и разделительной полосой шириной от 4 до 6 м, а магистральную улицу регулируемого движения – с четырьмя полосами движения и разделенной полосой шириной 2 метра. Таким образом, ширина основного проезда увеличивается в 1,7 раза по сравнению с утвержденной в проекте. Более того, указанный узел пересечения переходит в более высокую категорию – от пересечения двух магистралей регулируемого движения, для которого не обязательно устройство развязки в 2-х уровнях, к пересечению трех артерий – скоростной дороги, магистрали непрерывного движения и магистрали регулируемого движения. При этом уже обязательны разные уровни движения, и в рассматриваемом случае необходимо 3-уровневое пересечение. Вполне очевидно, что стоимости строительства рассматриваемого транспортного узла по каждому из вариантов будут отличаться в несколько раз, а при усовершенствовании утвержденного проекта этот разрыв может быть значительно увеличен.

Другая проблема строительства дороги по ул. Раздольной возникает на участке перехода ее через овраг в районе ул. Кукушкина и пересечения с ул. Бурова. В проекте этот переход осуществляется эстакадой, необходимость которой никак не обоснована. При этом 120-метровая эстакада высотой до 15 метров «забирает» на себя четверть стоимости всего трехкилометрового участка дороги. Пересечение же с ул. Бурова предусмотрено в одном уровне посредством устройства перекрестка со светофором. На генплане это пересечение предусмотрено также в одном уровне, что противоречит статусу ул. Раздольной, по которой должно осуществляться непрерывное движение. Необходимо будет либо разорвать в этом месте сквозное движение по ул. Бурова (что крайне нежелательно для 4-полосной районной магистрали, имеющей в этой зоне важное значение), либо выполнить развязку движения в 2-х уровнях. Второй вариант явно предпочтительнее, т.к. рельеф местности, существующая и перспективная застройка однозначно говорят в пользу тоннельной развязки с проходом всех 6-ти полос ул. Раздольной под ул. Бурова. Строительство этого тоннеля длиной 150 м можно выполнить открытым способом, а въезд в него осуществить посредством рампы общей длиной около 200 м. Таким образом, общая протяженность тоннельного перехода будет составлять 350 м.

В километре от рассмотренного пересечения дорога подходит к ул. Metallургов и возникает новая проблема. В утвержденном проекте предусмотрен обычный светофорный перекресток 4-полосной ул. Раздольной и 2-полосной ул. Metallургов (обе улицы регулируемого движения, без разделительных полос). По генплану здесь пересекаются две магистрали общегородского значения – 6-типолосная непрерывного движения и 4-полосная регулируемого движения (обе с разделительной полосой), т.е. согласно статусу пересекающихся дорог вновь требуется 2-уровневая развязка. Но она и здесь не предусмотрена. Кроме того, и по рельефу местности, и по существующей, и перспективной застройке прилегающего района задача представляется как технически, так и экономически сложнее, чем на пересечениях с улицами Михалицына и Бурова.

С учетом того, что описанный участок ул. Раздольной, судя по генплану, является одновременно и западным обходом г. Орла, который остро необходим городу, значимость перечисленных проблем возрастает.

Интересна экономическая составляющая проведенного анализа (таблица 1). Выполненный авторами статьи сметный расчет с точностью, достаточной для ТЭО, позволяет сравнить и в базисных и в текущих ценах стоимости строительно-монтажных работ на основные сооружения по проекту, разработанному Воронежским филиалом ОАО «ГипродорНИИ», и комплексному дипломному проекту кафедры «Строительство автомобильных дорог» Орел ГТУ, выполненному в 2010 году с учетом требований генплана г. Орла. Дипломный проект выполнен в объеме, близком к эскизному проекту, и позволяет с достаточной точностью использовать его при обсуждении рассматриваемого вопроса (рисунок б).

Таблица № 1 – Сравнение технико-экономических показателей

Показатели	Проект ОАО «ВоронежГИПРОДОРНИИ» по заказу УКСа г. Орла	Дипломный проект Орел ГТУ по генплану, заказанному УАиГ г. Орла
Период разработки документации	08.2004 г. ... 05.2007 г.	03.2010 г. ... 06.2010 г.
Протяженность участка, км	3,1	3,5
Стоимость СМР в базисных ценах, тыс. руб., (%)		
Всего	67674 (100)	193599 (100)
в том числе:		
дорога	17398 (40)	41097 (21)
развязка с ул. Михалицына, в т.ч. путепроводы	23528 (35) 14704 (22)	120170 (62) 111491 (58)
эстакада	16748 (25)	---
развязка с ул. Бурова	–	32332 (17)
СМР на I кв. 2010 г. с индексом изменения стоимости 5,36	362733	1037691
Объем железобетона на мосты и тоннели, м ³	~ 6500	~ 28000

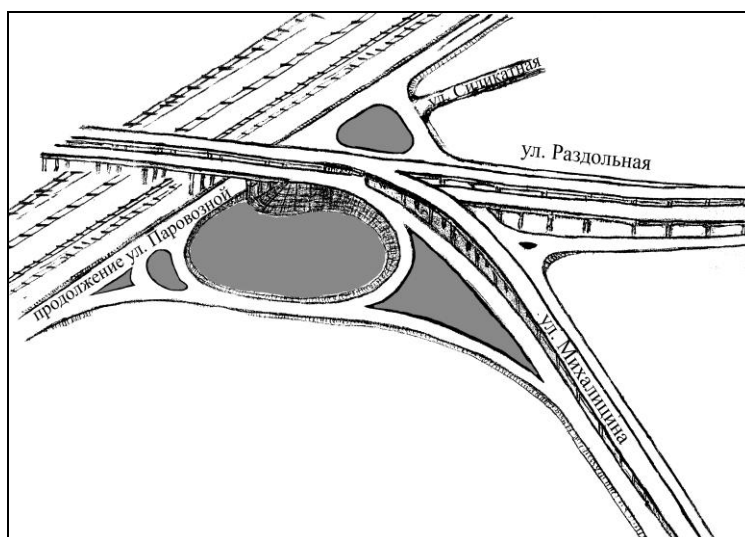


Рисунок 6 – Дипломный проект ОрелГТУ

Основными сооружениями являются:

– по проекту Воронежского филиала ОАО «ГипродорНИИ» – 2-хуровневая транспортная развязка с ул. Михалицына, эстакада через овраг между ул. Кукушкина и Бурова, соединительные участки дороги;

– по дипломному проекту – 3-х уровневая транспортная развязка с ул. Михалицына, 2-хуровневая тоннельная развязка с ул. Бурова, соединительные участки дороги.

Результаты, приведенные в таблице 1, убедительно подтверждают изложенные выше аргументы о проблемах и противоречиях городского дорожного строительства в г. Орле.

Принимая во внимание информацию орловских СМИ о средствах, выделенных в текущем году на дорожное строительство (около 600 млн. руб. всего на область, в том числе около 150 млн. руб. на улично-дорожную городскую сеть), можно представить масштабы обсуждаемой в статье проблемы. Доля затрат, приходящаяся на рассмотренный в статье участок дорожной сети, является лишь каплей в море от всех проблем, связанных с реконструкцией дорожной сети г. Орла. Конечно, на эти цели будут выделены федеральные средства в

виде ежегодных субвенций, субсидий, дотаций и в виде средств, обещанных Президентом Российской Федерации Д.А. Медведевым к подготовке юбилея, но дорожные проблемы города столь велики, а выделяемые средства на эти цели столь малы, что положительные перспективы на ближайшее десятилетие не просматриваются.

Можно констатировать, что городские власти в вопросе строительства ул. Раздольной оказались перед трудно разрешимой дилеммой.

1. Строить по утвержденному (и при этом дорогом) проекту, имеющему существенные изъяны, в большей части непреодолимые:

- а) кардинальные противоречия с генпланом города;
- б) отсутствие рабочей документации;
- в) непомерно «раздутые» сметы на строительство;
- г) необоснованные и небезопасные в эксплуатации технические решения.

2. Строить, опираясь на генплан, который весьма далек от реальности (в части «Схемы развития транспортной инфраструктуры»). Поэтому и с градостроительной, и с технической, и с экономической точек зрения видно, что его нужно немедленно отменить. Поднятые в статье проблемы только по одному участку МУДС убедительно свидетельствуют в пользу этого утверждения.

Ответ на вопрос «кто виноват?» очевиден и не интересен. Весьма актуален вопрос «что делать?». Для ответа на второй вопрос следует объявить конкурс идей. Именно это подразумевало постановление мэра г. Орла Уварова В.И. №3820 от 11.10.04 г., давшее старт очередным проектно-изыскательским работам по ул. Раздольной. И окажись это постановление исполненным, целый набор интересных вариантов решений имелся бы 5 лет назад. Вернуться в те времена невозможно, а вот безотлагательно начать решение этой проблемы со срочного открытого сопровождаемого рекламой конкурса идей с привлечением архитекторов, дорожников, дизайнеров и транспортников города Орла было бы целесообразно. И что обязательно – специалисты должны быть местные. В этом залог успеха. Результаты работы чужих «мастеров» представлены выше.

Принципиальное решение вопроса авторам представляется следующим образом: Имеющиеся возможности.

1. В 2008-2009 гг. с разницей в полгода в соседних городах Курске и Белгороде построенные и успешно себя зарекомендовали в эксплуатации тоннели для автомобильного движения, выполненные из сборных металлических гофрированных конструкций. В г. Курске построен тоннель из двух расположенных рядом «ниток», каждая из которых под одну полосу движения всех видов автомобильного транспорта с размерами по ширине $\Gamma-5+2 \times 1,0$ м и высоте $\Gamma - 5$ м. Тоннель расположен под железной дорогой по ул. Чайковского. В г. Белгороде построен тоннель под магистралью «Спутник – Сумская – Чичерина – Ротонда» (проспект Б. Хмельницкого) под две полосы движения с размерами по ширине $\Gamma-8+2 \times 1,0$ м и высоте $\Gamma - 5$ м.

Первичный анализ доступной проектно-сметной документации и наглядной информации, а также осмотр сооружений в натуре позволяют утверждать, что успешный опыт соседей можно применить и у нас. При этом стоимость строительства оказывается в разы меньше, чем при возведении сооружений из традиционного материала – железобетона.

2. Внимательное изучение участка пересечения ул. Раздольной с ул. Михалицына выявило возможность использовать для пропуска движения транспорта свободный 18-метровый пролет существующего путепровода через железную дорогу. При этом рельеф местности, дорожная обстановка и взаимное расположение существующих и будущих частей сооружений позволяют обеспечить это движение в обоих направлениях без ограничения габарита как по ширине, так и по высоте (рисунок 7).

3. В утвержденном проекте строительства, как уже отмечалось, на всех перекрестках ул. Раздольной, за исключением ул. Михалицына, предусмотрено светофорное регулирование движения. Совершенно логично этот способ управления транспортными потоками применить и на описываемом перекрестке, совместив его с 2-хуровневым движением.

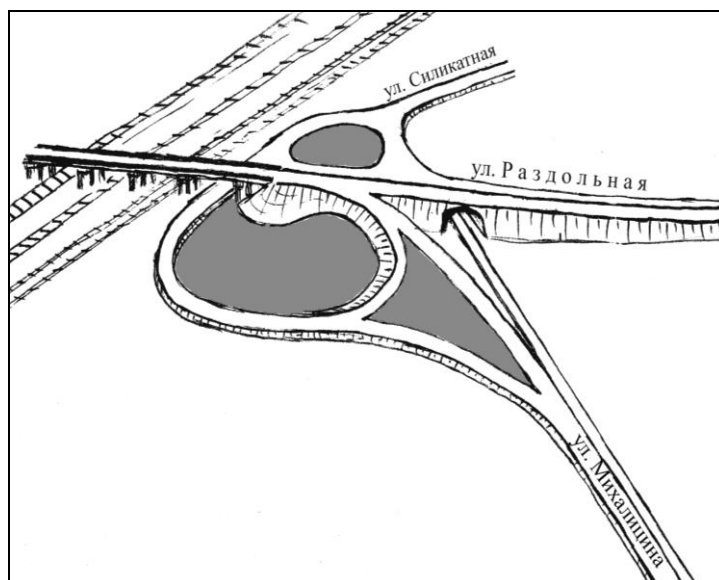


Рисунок 7 – Предложение авторов

4. Рельеф местности на участке прохода дороги через овраг и ул. Бурова таков, что позволяет, применив способ проектирования продольного профиля «по секущей», пройти овраг насыпью высотой около 10 метров, т.е. в 1,5 раза ниже расположения эстакады, необходимость строительства которой никоим образом не обоснована и никакими исходными данными (заданием на проектировании, архитектурно-планировочным заданием, актом выбора трассы) не предусмотрена. В пользу этого говорит и тот факт, что в натуре за истекшие 3 года после утверждения проекта в овраге возводится насыпь, формируемая из боковых резервов и выемки на подходе к ул. Бурова. В результате между ул. Бурова и ул. Кузнецова существует грунтовая дорога, проходящая через овраг. В сухую погоду по ней иногда проходит и легковой, и грузовой автотранспорт. К началу официального строительства насыпь и выемка обретут, вероятно, еще более внушительные размеры и совершенно нелепо будет все это разрушать.

Предлагаемое решение

Техническая составляющая

1. Категории улиц и дорог принять по генплану города 1987 года:
 - ул. Раздольная – магистральная улица общегородского значения регулируемого движения;
 - улицы Михалицына, Бурова, Metallургов – магистральные улицы районного значения;
 - продолжение ул. Паровозной – дорога грузового движения.
2. Транспортную развязку в районе ул. Михалицына существенно упростить:
 - использовать свободный пролет существующего путепровода;
 - заменить запроектированный 100-метровый путепровод из 4-х железобетонных пролетов на однопутный тоннель с оболочкой из гофрированного металла, проведя детальные расчеты конструкций;
 - обеспечить безопасность движения в разы, уменьшив количество и крутизну съездов и введя светофорное регулирование.
3. Эстакаду через овраг не сооружать (она была бы нужна при проходе дороги через пруд, что отражено в акте выбора трассы).
4. Овраг пройти насыпью высотой около 10 метров, срезав плавно сегмент на перекрестке с ул. Бурова, с крутизной «пляжного» откоса, распространив эту срезку во всех направлениях.

Юридическая составляющая

1. Отменить распоряжение мэра города Касьянова А.В. №448 от 07.06.2007 г. об утверждении проекта.

Строительство и реконструкция

2. Вернуться к исполнению по существу постановления мэра города В.И. Уварова №3820 от 11.10.204 г., откорректировав его под сложившиеся реалии.

Организационная составляющая

1. Определить на конкурсной основе организацию заказчика.
2. Подключить к проектированию преподавателей, аспирантов и студентов архитектурно-строительного института ОрелГТУ, создав из их числа творческую мастерскую.

Вероятные результаты

В таблице 2 приводятся в относительных величинах (с достаточной точностью для подобного анализа) главные экономические показатели, отражающие предложения авторов.

Таблица 2 – Экономические показатели, отражающие предложения авторов

№ п/п	Показатели	Ед. измерения	Кол-во
1	Стоимость СМР на развязке с ул. Михалицына	% к утвержденному проекту	50-60
2	Стоимость СМР на участке оврага	- “ -	40-50
3	Объем железобетона на мостовые сооружения	- “ -	0
4	Трудозатраты на строительство всего участка.	- “ -	30
5	Безопасность движения автотранспорта	< или >	>>>

Заключение

Иллюстрацию основной идеи статьи можно продолжить на примерах многих других «болевых» точках города, таких как:

- возобновление строительства Семинарских путепроводов;
- транспортная развязка в разных уровнях в районе женского монастыря;
- решение проблемы «узкого горлышка» при проходе под железной дорогой ул. Московской у гипсового комбината и ул. Комсомольской у Южного рынка;
- транспортная развязка в разных уровнях на пересечении Московского шоссе и ул. Михалицына.

Это далеко не исчерпывающий перечень проблем, которые при всей своей индивидуальности имеют общую природу – далекий от совершенства и от реальности план развития транспортной инфраструктуры города, вызывающий столь много противоречивых вопросов, что его статус утвержденного плана действий по развитию МУДС может приниматься во внимание только в учебных целях (что и было успешно сделано в текущем году в дипломных проектах кафедры «Строительство автомобильных дорог» ОрелГТУ).

Транспортные развязки, обладая свойствами, перечисленными в начале статьи, позволяют наиболее полно продемонстрировать сложность стоящей перед городом задачи, решение которой возможно только объединенными усилиями.

Ярким подтверждением актуальности положений статьи служит прошедший в середине августа конкурс на разработку «РД» части рассматриваемого участка ул. Раздольной на отрезке «ул. Михалицына – ул. Бурова», объявленный администрацией города.

Поверхностного ознакомления с конкурсной документацией достаточно, что бы почувствовать сюрреализм происходящего. Если события 5-летней давности, когда УКС и УАиГ одновременно, параллельно разрабатывали вступающие во взаимное противоречие объекты транспортной инфраструктуры, можно еще как-то объяснить (хотя это и очень сложно), то происходящие в настоящее время не поддаются здравому смыслу.

Имея новый, утвержденный 2 года назад, генплан города, УКС «запускает» в разработку «РД», основываясь на утвержденном в 2007 году проекте, идущем и тогда, и особен-

Архитектура и градостроительство

но теперь, вразрез с генпланом и действующими строительными нормами по основным характеристикам.

Подробный анализ конкурсной документации – это тема отдельной статьи, но то, что документация не выдерживает критики даже на студенческом уровне – неоспоримый факт для кафедры.

Показательно, что в конкурсе не участвовала ни одна из организаций дорожно-строительного профиля города Орла, что не может не вызывать тревогу, как и то, что конкурс был признан несостоявшимся и решение о заключении контракта было принято для единственного иногороднего участника.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуализация генерального плана городского округа «Город Орел» [Текст] / Муниципальная газета «Город Орел». – №10(176). – 21.03.2008.

Надуткин Вячеслав Афанасьевич

Орловский государственный технический университет, г. Орел

Доцент кафедры «Строительство автомобильных дорог»

Тел.: +7 (4862) 73-43-67

E-mail: van250710@yandex.ru

Аракчеева Надежда Тимофеевна

Орловский государственный технический университет, г. Орел

Доцент кафедры «Строительство автомобильных дорог»

Тел.: +7 (4862) 73-43-67

E-mail: oantc@ostu.ru

Данилевич Денис Владимирович

Орловский государственный технический университет, г. Орел

Кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Строительство автомобильных дорог»

Тел.: +7 (4862) 73-43-67

E-mail: ddanilevich@yandex.ru

УДК 691.421-431.002.3

ВДОВИНА Е.В., АБДРАХИМОВ В.З.

**ТЕРМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ
МАСС НА ОСНОВЕ БЕЙДЕЛЛИТОВОЙ ГЛИНЫ И ОТХОДОВ
ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНОЙ ВАТЫ**

Термические исследования позволяют регулировать процесс обжига керамических материалов с применением техногенного сырья и определять его рациональные режимы с учетом эндотермического и экзотермического эффектов в интервале температур физико-химических превращений.

Ключевые слова: керамическая масса, бейделлитовая глина, продукт очистки отходящих дымовых газов, дифференциальные кривые, эндотермический эффект, экзотермический эффект, жидкая фаза, муллит.

Thermal researches allow to regulate process of burning ceramic materials using technogenic basic materials and to know its rational modes with the account endothermal and exothermic effects within the range of temperatures of physical and chemical transformations.

Keywords: ceramic mixture, beidellite clay, purgings of outgoing furnace gases, differential curves, endothermal effect, exothermic effect, a liquid phase, mullite.

Нами была изучена [1-3] принципиальная возможность использования в производстве керамического кирпича в Самарской области бейделлитовой глины Образцовского месторождения и отходов производства минеральной ваты. Влияние продукта очистки отходящих дымовых газов ВПР минваты (от вагранки при получении расплава при производстве минеральной ваты) на термические особенности обжига кирпича исследовано не было.

Для изучения влияния продукта очистки отходящих дымовых газов ВПР минваты на термические свойства кирпича подвергли испытанию составы, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Составы керамических масс

Компонент	Содержание компонентов, мас. %		
	1	2	3
Бейделлитовая глина	100	65	0
Продукт очистки отходящих дымовых газов ВПР минваты	0	35	98
ССБ (сульфитно-спиртовая барда)	0	0	2

Анализ полученных дифференциальных кривых нагрева и потери массы показал, что исследуемые образцы состава 1 имеют пять эндотермических и один экзотермический эффект соответственно при температурах 140, 280, 425, 580, 820 и 950°C (рисунок 1, кривая 1).

На термограмме наблюдается эндотермический эффект, присущий каолиниту, с максимумом при 580°C и эффект монтмориллонита (бейделлит относится к группе монтмориллонита) при 140°C (рисунок 1, кривая 1).

Первый отрицательный эффект на дифференциальной кривой 1 при температурах 130-140°C также показывает испарение из глинистого минерала адсорбционно-связанной воды.

В интервале 550-580°C отмечается второй отрицательный эффект, который соответствует отщеплению и удалению из глинистого минерала химически связанной воды.

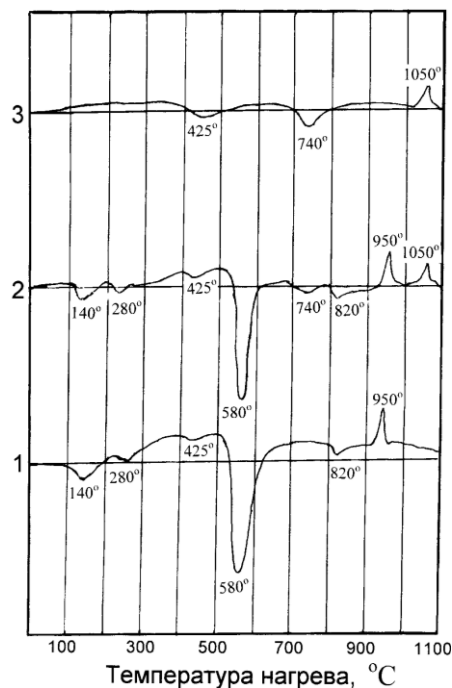


Рисунок 1 – Дифференциальные кривые нагрева составов 1-3:
1 – состав 1; 2 – состав 2; 3 – состав 3

Эндотермический эффект с максимумом при температуре 425°С объясняется процессами окисления и сгорания органических примесей (содержание гумусовых веществ в бейделлитовой глине 1,5-2,0%), а с эндотермическим максимумом при 820°С связана диссоциация кальцита.

Экзотермический эффект при 950°С соответствует процессам возникновения новообразований, появляющихся при этой температуре в бейделлитовой глине [3].

На дифференциальной кривой нагрева продукта очистки отходящих дымовых газов от вагранки при получении расплава при производстве минеральной ваты (рисунок 1, состав 3, кривая 3) около 425°С наблюдается эндотермический эффект, связанный с выгоранием органики и добавки ССБ. Это очевидно, учитывая, что содержание несгоревших частиц в продукте очистки отходящих дымовых газов ВПР минваты составляет 19,3%.

При температуре 740°С отмечается относительная интенсификация процессов выгорания органики, что объясняется ускорением перемещения зоны горения внутрь образца с началом вторичной реакции: $C + CO_2 \rightarrow 2CO$. При этом тепловой поток направлен из центра керамического кирпича к его поверхности ($t_{п} < t_{ц}$).

На дифференциальной кривой нагрева керамического образца состава 2 наблюдаются тепловые эффекты, характерные для состава 1, на которые происходит наложение тепловых эффектов техногенного отхода. На кривой 2 при температурах 700-800°С резко искажается эндотермический эффект, связанный с выгоранием органики. Наложение этих процессов по кинетике массообмена происходит за счет содержания органики в составе продукта очистки отходящих дымовых газов ВПР минваты. Показания дифференциальной кривой нагрева относительно механизма горения углерода в теле (постепенное углубление зоны горения внутрь образца) подтверждаются при осмотре и сравнении обожженных образцов в поперечном разрезе.

В составе 2 на термограмме (рисунок 1, кривая 2) при температурах 100-140°С наблюдается незначительный эндотермический эффект, связанный с удалением гигроскопической воды.

При температурах 425-600°С на термограмме смеси фиксируется большой экзотермический эффект, связанный с удалением химически связанной воды.

С воспламенением и горением коксовых и полукоксовых остатков, содержащихся в продукте очистки отходящих дымовых газов ВПР минваты, связан эндотермический эффект при температуре 740°С. Эти особенности смеси, отраженные на термограмме, способствуют интенсификации процессов при обжиге.

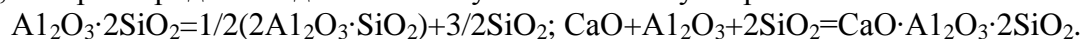
При температуре обжига 550°C в образцах состава 2 кварц, карбонаты, обломки полевых шпатов (микроклин с решетчатой структурой), оксиды и гидрослюды железа, цементированные глинистой составляющей, сохраняются неизменными. Очень редко (до 1%) встречаются иголки муллита, образовавшегося в продукте очистки отходящих дымовых газов ВПР при получении минеральной ваты. В глинистой массе выделяются шарики диаметром до $2 \cdot 10^{-5}$ м, состоящие из стекла или слабоанизотропной фазы, представленной полевым шпатом, с показателем преломления около $N_0 = 1,516$.

Микроскопический анализ образцов при обжиге в интервале температур 650-850°C существенных изменений не показал.

При температуре обжига 850°C под микроскопом наблюдается кварц, претерпевший изменения, его зерна оплавлены. Карбонаты разрушены и перешли в тонкодисперсные агрегаты, сохраняющие показатели преломления $N_0 = 1,658$. Полевые шпаты становятся мутными, слабо действующими на поляризованный свет, но очертания их сохраняются довольно хорошо. Шарики стекла представлены двумя разновидностями с показателями преломления $N_0=1,516$ и 1,540. Встречаются сильно измененные, остеклованные прозрачные зерна полевого шпата с показателями преломления $N_0=1,516$. Они имеют слабую анизотропию. В интервале температур 700-800°C продолжается выгорание углерода.

Разложение метакаолинита на первичные оксиды с образованием γ -глинозема и кремнезема в интервале температур 580-820°C на рассматриваемой термограмме не отражено.

В интервале температур 950-1050°C на термограмме отмечаются два экзотермических пика (рисунок 1, кривая 2), что соответствует появлению новообразований в материале. При повышении температуры обжига до 1050°C происходит образование более сложных соединений, которые придадут изделию высокую механическую прочность:



Особо сложные условия обжига образцов наблюдаются в интервале температур 960-1050°C. В этом интервале температур начинается самое интенсивное уплотнение черепка, появляется жидкая фаза и муллит.

Вывод

Выявлено, что термические исследования позволяют регулировать процесс обжига керамических материалов с применением отходов производства минеральной ваты и определять его рациональные режимы с учетом эндотермического и экзотермического эффектов в интервале температур физико-химических превращений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вдовина, Е.В. Исследование структурных превращений железа при различных температурах обжига кирпича из бейделлитовой глины и продукта сгорания базальтовой шихты методом ядерной гамма-резонансной спектроскопии [Текст] / Е.В. Вдовина, Е.С. Абдрахимова, В.З. Абдрахимов // Башкирский химический журнал. – 2007. – Т. 14. – №2. – С. 96-99.
2. Вдовина, Е.В. Определение черной сердцевины при обжиге кирпича из бейделлитовой глины и продукта сгорания базальтовой шихты [Текст] / Е.В. Вдовина, Е.С. Абдрахимова, В.З. Абдрахимов // Башкирский химический журнал. – 2007. – Т. 14. – №2. – С. 102-104.
3. Вдовина, Е.В. Исследование тепломассообменных процессов при обжиге керамических материалов [Текст] / Е.В. Вдовина, Е.С. Абдрахимова // Башкирский химический журнал. – 2007. – Т. 14. – №5. – С. 110-112.

Вдовина Елена Васильевна

Самарский государственный архитектурно-строительный университет, г. Самара
Соискатель кафедры «Производство строительных материалов, изделий и конструкций»
Тел.: +7 (846) 952-76-89
E-mail: elvdovina@bk.ru

Абдрахимов Владимир Закирович

Самарский государственный архитектурно-строительный университет, г. Самара
Доктор технических наук, профессор кафедры «Производство строительных материалов, изделий и конструкций»
Тел.: +7 960 816 26 65

ОЦЕНКА БИТУМОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК ДЛЯ ЩЕБЕНОЧНО- МАСТИЧНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА В АСФАЛЬТОВЯЖУЩЕМ

Получены зависимости физико-механических свойств асфальтовяжущего со стабилизирующими добавками, Viator 66, Хризотоп, СД-1, Topcel, Antrocel и РТЭП от количества битума в асфальтовяжущем. Приведено сравнение свойств асфальтовяжущего оптимальной структуры с этими добавками. Охарактеризована микроструктура асфальтобетона.

Ключевые слова: стабилизирующие добавки; модификация; асфальтобетон.

Dependence of physical and mechanical properties asphalt binder with stabilizing additives, Viator 66, Hrizotop, SD-1, Topcel, Antrocel RTEP and the number of bitumen in asphalt binder. The comparison of the properties asphalt binder optimal structure of these additives. Characterized the microstructure of asphalt concrete.

Keywords: stabilizing additives, modification, asphalt.

При взаимодействии битума с минеральными частицами менее 0,071 мм в процессе получения асфальтобетонных смесей формируется микроструктура асфальтобетонной смеси и в дальнейшем асфальтобетона. Для изучения микроструктуры традиционно используется модельная система «битум + минеральный порошок», т.е. асфальтовяжущее вещество [1]. Исследуя зависимости физико-механических свойств асфальтовяжущего от количества битума в нем, сравнивая между собой свойства асфальтовяжущего оптимальной структуры с различными модифицирующими добавками, можно предварительно оценить, в каком направлении будут изменяться свойства микроструктуры асфальтобетона и как это будет влиять на свойства асфальтобетона.

В качестве модифицирующих добавок были взяты стабилизирующие добавки для щебеночно-мастичного асфальтобетона: Viator 66, СД-1, ANTROCEL-G, TOPCEL, РТЭП, Хризотоп (таблица 1). Viator 66 представляет собой гранулированную смесь из примерно 67% технической целлюлозы и 33% битума [2]. Добавка СД-1 отечественного производителя представляет собой гранулы диаметром 6-7 мм светло-коричневого цвета, изготовленные из волокон сульфатной небеленой целлюлозы [3]. Стабилизирующая добавка ANTROCEL-G – гранулированное целлюлозное волокно, содержащее 20% битума, с диаметром гранул 5-7 мм. Добавка TOPCEL представляет собой спрессованные гранулы из волокон целлюлозы, которые не содержат битум, но включают от 10 до 15% парафиновых углеводородов [4]. Резиновый термоэластопласт РТЭП представляет собой гранулы темного цвета резинопolyмерного материала, битумного вяжущего и антиоксидантов [5]. Хризотоп производится из природного материала хризотил-асбеста, диаметр гранул до 5,5 мм [6].

Для приготовления асфальтовяжущего использовался битум БНД 60/90 Московского НПЗ и доломитовый минеральный порошок Витебского ОАО «Доломит» Республики Беларусь. Приготовление асфальтовяжущего производилось в 10-литровом лабораторном смесителе с подогревом смесительной камеры. Добавки вводились в разогретый до 150-160°C битум и перемешивались в нем до однородного распределения. Минеральный порошок нагревался до 160°C и засыпался в смеситель, затем вводился битум и проводилось перемешивание в течение 40-60 секунд до однородного распределения битума в минеральном порошке. Образцы асфальтовяжущего изготавливались с использованием форм для асфальтобетона $d=50,5$ мм по технологии приготовления асфальтобетонных образцов [7]. Далее определяли физико-механические свойства асфальтовяжущего.

Строительство и реконструкция

Таблица 1 – Свойства стабилизирующих добавок

№ п/п	Название добавки	Фирма производитель	Характеристика добавки	Наименование показателя	Значение
1	VIATOR 66	Концерн «JRS GmbH + Co», поставщик «Растом»	Целлюлозные волокна с битумом, на 66,6% состоящая из ARBOCEL ZZ 8-1 и на 33,3% из битума	Содержание ARBOCEL ZZ 8-1	65-70%
				Средняя длина гранулы	2-10 мм
				Средняя толщина гранулы	5+-1мм
				Объемная плотность	480-530 г/л
				Термическое разрушение	Около 200
				Температура возгорания	Около 500
				Средняя длина волокон	1100 мк
				Средняя толщина волокон	45 мк
2	ХРИЗОТОП	Компания «Хризотоп»	Минеральные волокна хризотиласбеста	Насыпная плотность, г/дм ³ , не более	950
				Влажность, %, не более	3
				Термостойкость хризотилового волокна при температуре 220°C по изменению массы при прогреве, %, не более	2,0
				Диаметр гранул, мм, не более	5,5
				Содержание технологической мелочи, %, не более	3,5
3	РТЭП	Разработчик «ДорТрансНИИ РГСУ»	Резиновый термоэластопласт	РТЭП (резиновый термоэластопласт) – гранулы темного цвета неправильной сферовидной формы, диаметром около 3 мм. Представлен РТЭП резинопolyмерным материалом, битумным вяжущим и антиоксидантами.	
4	СД-1	Компания «ГБЦ»	Целлюлозные волокна	Диаметр гранул	6-7 мм
				Длина гранул	4-7 мм
				Насыпная плотность, г/см ³	550-650
				Влажность, % по массе, не более	8,0
				Теплостойкость при t 220 по изменению массы при прогреве, не более	7,0
5	TOPCEL	Компания «СФФ»	Целлюлозные волокна с воском	Внешний вид	Серые гранулы
				Остаток при сжигании, %	15
				Влажность, %	6
				Водородный показатель рН	7±1
				Рекомендуемая дозировка, %	0,3-0,4
6	ANTROCEL-G	ЗАО «Antrocelas»	Целлюлозные волокна на основе битума	Влажность, % по массе, не более	5
				Средняя длина волокна, мм	1,0-1,1
				Средний диаметр волокна, мм	0,045-0,05
				Средняя длина гранул, мм	5-7
				Средняя длина волокна в составе гранулы, мм	1,0-1,1
				Средний диаметр гранулы, мм	5-6
				Средний диаметр волокна в составе гранулы, мм	0,045-0,05
				Количество битума, % по массе	20
				Количество поверхностно-активного вещества, % по массе	-
				Содержание альфа-целлюлозы, % по массе, не менее	70

Были изготовлены семь партий образцов асфальтовяжущего с различным количеством битума в смеси: без модифицирующих добавок, с добавками VIATOR 66, СД-1, ANTROCEL, TOPCEL, РТЭП, Хризотоп при процентном соотношении по массе добавка / минеральный порошок равном 3/97. Это соотношение соответствует рекомендуемым норма-

тивными документами расходам стабилизирующих добавок для производства щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей [8]. В каждой партии требовалось выбрать асфальтовязующее с оптимальным количеством битума, которое имело бы оптимальную структуру и максимальное количество ориентированного битума в битумных пленках. Готовая смесь асфальтовязующего с недостаточным количеством битума для обволакивания минеральных зерен во всех семи партиях представляла собой рыхлый порошок серого цвета, а свойства асфальтовязующего характеризовались повышенным водонасыщением и пониженной средней плотностью и прочностью, что показано на рисунках 1-3.

Готовая смесь асфальтовязующего с избыточным количеством битума представляла собой подвижную массу с черным жирным блеском, поэтому образцы асфальтовязующего имели низкое водонасыщение и пониженную среднюю плотность и прочность. В асфальтовязующем с оптимальным количеством битума соотношение битум / минеральный порошок является оптимальным, при этом средняя плотность и прочность асфальтовязующего достигает максимально возможных значений. Для асфальтовязующего без добавок оптимальное количество битума, т.е. битумоемкость смеси составляет 12,4% от массы минеральной части, для асфальтовязующего с добавками Хризотоп – 12%, РТЭП – 12,5%, VIATOR 66 – 14%, СД-1 – 14%, ANTROCEL – 13%, TOPCEL – 13%.

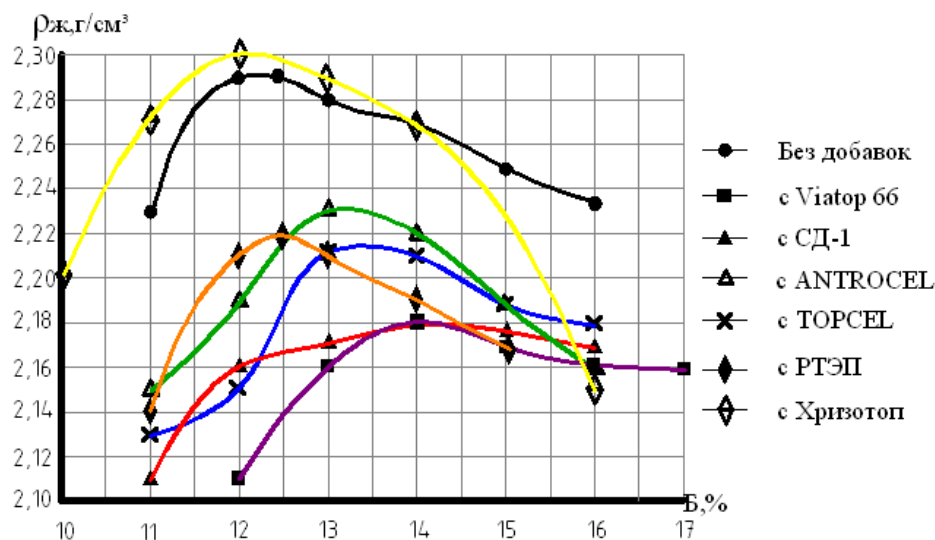


Рисунок 1 – Зависимость средней плотности асфальтовязующего от количества битума

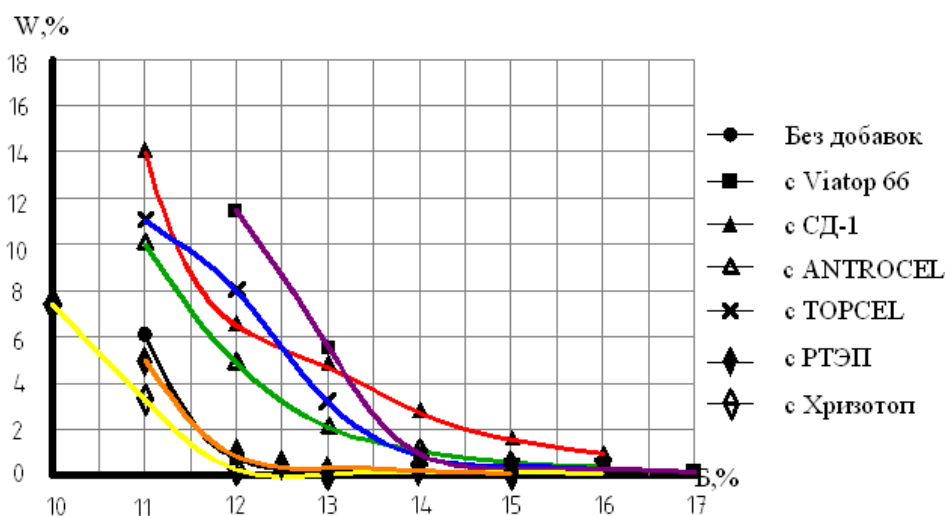
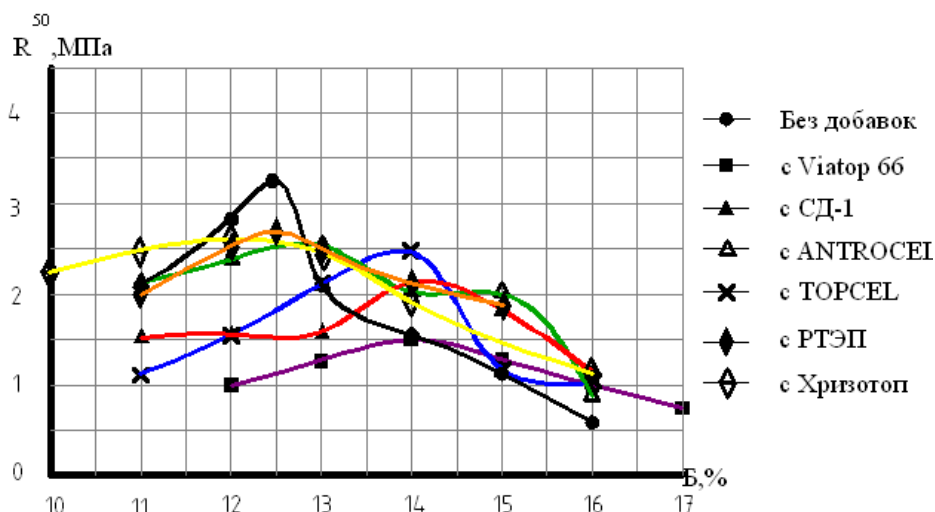


Рисунок 2 – Зависимость водонасыщения асфальтовязующего от количества битума

Строительство и реконструкция



**Рисунок 3 – Зависимость прочности при сжатии при 50°С
Асфальтовяжущего от количества битума**

Результаты определения физико-механических свойств асфальтовяжущего оптимальной структуры со стабилизирующими добавками представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели физико-механических свойств асфальтовяжущего оптимальной структуры со стабилизирующими добавками

№ п/п	Состав асфальтовяжущего, %	Физико-механические показатели						Водостойкость
		Средняя плотность, г/см ³	Водонасыщение, в % по объему	Предел прочности при сжатии, (МПа)				
				при 20°С в водонасыщенном состоянии	при 20°С	при 50°С	при 0°С	
1	Мин. порошок – 87,6%, битум - 12,4% от массы мин. части	2,29	0,09	4,36	6,68	1,97	9,94	0,65
2	Мин. порошок – 97%, VIATOR 66 – 3%, битум – 14% от массы мин. части	2,18	0,63	3,13	3,65	1,47	6,37	0,86
3	Мин. порошок – 97%, СД-1 – 3%, битум – 14% от массы мин. части	2,18	2,58	3,42	4,46	2,28	6,23	0,77
4	Мин. порошок – 97%, ANTROCEL – 3%, битум – 13% от массы мин. части	2,23	2,05	5,12	5,38	2,54	5,68	0,95
5	Мин. Порошок – 97%, TOPCEL – 3%, битум – 13% от массы мин. части	2,21	1,82	4,79	4,57	2,49	5,42	1,05
6	Мин. порошок – 97%, Хризотоп – 3%, битум – 12% от массы мин. части	2,30	0,16	3,86	3,84	1,65	5,88	1,01
7	Мин. порошок – 97%, РТЭП – 3%, битум – 12,5% от массы мин. части	2,22	0,08	4,97	6,59	2,67	9,88	0,75

Асфальтовяжущее без добавок имеет среднюю плотность – 2,29 г/см³. При введении 3% добавки ANTROCEL средняя плотность снижается до 2,23 г/см³, при введении 3% РТЭП средняя плотность снижается до 2,22 г/см³, с добавкой TOPCEL – до 2,21 г/см³, а с добавкой Viator 66 и СД-1 – до 2,18 г/см³. При введении 3% добавки Хризотоп средняя плотность повышается до 2,30 г/см³. Прочность при сжатии при 20°С и 0°С для асфальтовяжущего без добавок выше по сравнению с асфальтовяжущим со стабилизирующими добавками, а при 50°С примерно одинакова. Асфальтовяжущее с добавкой Viator 66 отличается пониженной прочностью при 20°С и 0°С, прочность при 50°С соизмерима с прочностью асфальтовяжущего без добавок, водостойкость выше, чем у асфальтовяжущего без добавок, но ниже чем у асфальтовяжущего с добавками ANTROCEL, TOPCEL, Хризотоп.

Добавка РТЭП в асфальтовяжущем повышает его теплостойкость, не увеличивая прочность на сжатие при 0°С, т.е. не изменяет температуру трещинообразования при пониженных температурах. Добавка технической целлюлозы Viator 66 в асфальтовяжущем снижает его жесткость, т.к. почти в 2 раза уменьшается прочность на сжатие при 20°С. Почти на 30% снижается прочность асфальтовяжущего при 0°С, т.е. понижается температура трещинообразования при пониженных температурах. Несмотря на то, что в асфальтовяжущем с добавкой VIATOR 66 оптимальное количество битума на 1,5% выше, теплостойкость его незначительно ниже по сравнению с асфальтовяжущем без добавок, что видно по прочности на сжатие при 50°С. Асфальтовяжущее с добавками СД-1, ANTROCEL, TOPCEL, Хризотоп по сравнению с асфальтовяжущим без добавок имеет пониженную жесткость, т.к. уменьшается прочность на сжатие при 20°С. Также снижается прочность асфальтовяжущего при 0°С, т.е. понижается температура трещинообразования при пониженных температурах. По прочности на сжатие при 50°С видно, что теплостойкость асфальтовяжущего с добавками СД-1, ANTROCEL, TOPCEL выше по сравнению с асфальтовяжущим без добавок и с добавкой VIATOR 66.

Следует сказать о характере распределения добавок в битуме и влиянии их на свойства битума. При распределении гранул Viator 66 и СД-1 в битуме при температуре 150-160°С за 10-15 минут основная масса гранул расплавляется, через 30 минут происходит существенное набухание целлюлозных волокон, смесь превращается в кашеподобную однородную подвижную массу. При добавлении в битум гранул ANTROCEL, TOPCEL, Хризотоп часть гранул осаждается на дно. При перемешивании гранул с битумом волокна из гранул частично переходят в объемный битум. Распределение гранул в горячем битуме в течение часа приводит к тому, что основная масса гранул распушается на волокна в битуме, вязкость смеси повышается.

Особенность формирования микроструктуры асфальтобетонной смеси в производственных условиях заключается в том, что рассматриваемые модифицирующие добавки вводятся непосредственно в асфальтобетонную смесь. Целлюлозные волокна, распределяясь в объеме вяжущего, формируют пространственную армирующую сетку, которая обладает повышенной адсорбционной способностью, т.к. волокнистое вещество технической целлюлозы имеет фибриллярную капиллярно-пористую структуру. Исходя из наблюдений, сделанных во время лабораторного получения битума с добавками: СД-1, ANTROCEL, TOPCEL Viator 66, Хризотоп и РТЭП, можно сделать вывод, что ANTROCEL, TOPCEL, Хризотоп труднее однородно распределять в асфальтобетонной смеси ввиду более сильных структурных связей между волокнами в гранулах и за счет сильной спрессованности гранул по сравнению с добавками СД-1, VIATOR 66, РТЭП.

Из анализа полученных данных можно сделать вывод, что наибольшей адсорбционной способностью, битумоемкостью и битумоудерживающей способностью обладают добавки СД-1, VIATOR 66.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Королев, И.В. Дорожный теплый асфальтобетон [Текст] / И.В. Королев. – Киев: Вища школа, 1975. – 156 с.
2. ТУ 5718-001-18268513-01. Стабилизирующая добавка VIATOR 66. Технические условия [Текст].

Строительство и реконструкция

3. СТО 77142208-001-2007. Стабилизирующая добавка СД-1 ГБЦ для щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей. Стандарт организации [Текст].
4. ТУ 5711-001-38956563-2003. Добавки стабилизирующие «TECHNOCEL 1004» и «TOPCEL» для смесей щебеночно-мастичных асфальтовых. Технические условия [Текст].
5. ОДМ 218.3.001-2006. Методические рекомендации по применению полимерно-дисперсного армирования асфальтобетонов с использованием резинового термоэластопласта (РТЭП) [Текст]. – М.: Росавтодор, 2006. – 30 с.
6. ТУ 5718-011-0281476-2004. Гранулированный стабилизатор «Хризотоп». Технические условия [Текст].
7. ГОСТ 12801-98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний [Текст]. – Взамен ГОСТ 12801-84; Введен 01.01.1999. – М.: Госстрой России, 1999. – 39 с.
8. ГОСТ 31015-2002. Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Технические условия [Текст]. – М.: Госстрой России, 2003. – 13 с.

Соломенцев Александр Борисович

Орловский государственный технический университет

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительство автомобильных дорог»

Тел.: +7 (4862) 73-43-48

E-mail: oantc@ostu.ru

Баранов Игорь Александрович

Орловский государственный технический университет

Ассистент кафедры «Строительство автомобильных дорог»

Тел.: +7 (4862) 41-98-77

E-mail: tmsi@ostu.ru

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НЕЖЕСТКОГО ТИПА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОМАТЕРИАЛОВ С УЧЕТОМ ПРИНЦИПОВ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ (НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ РИСКА)

Произведен анализ документов ОДН 218.046-01 и ОДМ 218.5.001-2009. Предлагается методика расчета вероятности возникновения трещин в монолитном слое при изгибе. Произведен сравнительный анализ риска нарушения монолитного слоя при изгибе на примере конструкций без геосетки и при ее наличии.

Ключевые слова: теория риска, прочность материала монолитного слоя, растягивающее напряжение, геосетка, риск нарушения монолитного слоя при изгибе.

The analysis of documents ОДН 218.046-01 and ОДМ 218.5.001-2009 is made. The design procedure of probability of occurrence of cracks in a monolithic layer is offered at a bend. The comparative analysis of risk of infringement of a monolithic layer is made at a bend on an example of designs without a geogrid and at its presence.

Keywords: the theory of risk, durability of a material of a monolithic layer, stretching pressure, geogrid, risk of infringement of a monolithic layer at a bend.

Известно, что отказ дорожной одежды, связанный с недостаточной прочностью, может возникнуть по многим причинам и, в частности, в результате усталостных разрушений монолитных слоев под воздействием растягивающих напряжений от многократного приложения транспортной нагрузки. И как следствие этого – последующее интенсивное ухудшение транспортно-эксплуатационных свойств дорожной одежды до истечения ее срока службы. В соответствии с этим расчет на прочность выполняют по трем критериям, в том числе и по допускаемым напряжениям на растяжение при изгибе в монолитных слоях.

Для повышения трещиностойкости покрытия могут быть предусмотрены специальные трещинопрепреывающие прослойки, в том числе на основе геосеток и геотекстиля.

В настоящее время разработан отраслевой дорожный методический документ «Методические рекомендации по применению геосеток и плоских георешеток для армирования асфальтобетонных слоев усовершенствованных видов покрытий при капитальном ремонте и ремонте автомобильных дорог» ОДМ 218.5.001-2009 [2]. Данные методические рекомендации носят рекомендательный характер и могут быть использованы при армировании (усилении) дорожных одежд городских улиц и дорог, автомобильных дорог промышленных и сельскохозяйственных предприятий, при проектировании дорожных одежд на участках строительства и реконструкции. Особый интерес в ОДМ 218.5.001-2009 представляет расчет дорожных одежд нежесткого типа с армированным асфальтобетонным покрытием. На сегодняшний день при проектировании нежестких дорожных одежд на вновь сооружаемых дорогах и на новых участках реконструируемых дорог руководствуются ОДН 218.046-01 [1]. Анализ данных документов показал, что при выполнении расчета конструкции на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе по ОДН 218.046-01 внесены дополнения в ОДМ 218.5.001-2009 [2], касающиеся особенностей расчета на прочность дорожных одежд с асфальтобетонным покрытием, армированным геоматериалами. При этом наличие армирующей прослойки в асфальтобетонном покрытии рекомендуют учитывать за счет введения в базовые расчетные формулы двух специальных коэффициентов, величина которых зависит от прочности и деформативности геосетки (таблица 1):

- коэффициент k_a учитывает повышение сопротивления растягивающим температурным напряжениям и сопротивления растяжению при изгибе;
- коэффициент k_{Np} учитывает уменьшение влияния усталостных процессов на прочность вследствие армирования асфальтобетонного покрытия.

Как отмечается в ОДМ 218.5.001-2009 [2], эти дополнения получены в результате комплексных испытаний геосеток, плоских георешеток и асфальтобетона, армированного этими геоматериалами, с учетом условий работ, повреждаемости и длительной прочности геосеток и плоских георешеток.

Таким образом, ОДМ 218.5.001-2009 [2] рекомендует прочность материала монолитного слоя при многократном растяжении при изгибе R_N определять по формуле:

$$R_N = R_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_a (1 - \nu_R \cdot t), \quad (1)$$

где R_0 – нормативное значение предельного сопротивления растяжению (прочность) при изгибе при расчетной низкой весенней температуре при однократном приложении нагрузки (см. таблицу П.3.1, ОДН 218.046-01); k_1 – коэффициент, учитывающий снижение прочности вследствие усталостных явлений при многократном приложении нагрузки; k_2 – коэффициент, учитывающий снижение прочности во времени от воздействия погодных-климатических факторов (см. таблицу 3.6, ОДН 218.046-01); ν_R – коэффициент вариации прочности на растяжение (см. прил. 4, ОДН 218.046-01); t – коэффициент нормативного отклонения (см. прил. 4, ОДН 218.046-01).

Коэффициент k_1 , отражающий влияние на прочность усталостных процессов, предложено вычислять по выражению:

$$k_1 = \frac{\alpha}{\sqrt[m]{\sum N_p \cdot k_{N_p}}}, \quad (2)$$

где $\sum N_p$ – расчетное суммарное число приложений расчетной нагрузки за срок службы монолитного покрытия, определяемое по формуле (3.6) ОДН 218.046-01 или (3.7) ОДН 218.046-01 с учетом числа расчетных суток за срок службы (см. прил. 6, ОДН 218.046-01); m – показатель степени, зависящий от свойств материала рассчитываемого монолитного слоя (см. таблицу П.3.1, ОДН 218.046-01); α – коэффициент, учитывающий различие в реальном и лабораторном режимах растяжения повторной нагрузкой, а также вероятность совпадения по времени расчетной (низкой) температуры покрытия и расчетного состояния грунта рабочего слоя по влажности, определяемый по табл. П.3.1, ОДН 218.046-01; k_{N_p} – коэффициент, учитывающий уменьшение влияния усталостных процессов на прочность, вследствие армирования асфальтобетонного покрытия геосеткой (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Значения коэффициентов армирования

Прочность геосетки (плоской георешетки) R_{LR} (R_{TR}), кН/м	Относительная деформация при разрыве ε_{LRmax} (ε_{TRmax}), %	k_a	k_{N_p}
менее 50	не более 4	1,00	1,00
	более 4	1,00	1,00
50	не более 4	1,05-1,10	0,80-0,90
	более 4	1,00-1,05	0,90-1,00
100	не более 4	1,10-1,20	0,50-0,75
	более 4	1,05-1,10	0,75-0,90
150 и более	не более 4	1,20-1,50	0,25-0,50
	более 4	1,10-1,20	0,60-0,75

Как отмечено в ОДМ 218.5.001-2009 [2], такой подход позволит увеличить межремонтные сроки проведения капитального ремонта и ремонта дорожных одежд, предусмотренные приказом Минтранса России от 01.11.2007 №157. Это увеличение обосновано замедлением темпов трещинообразования, колееобразования и образованием выбоин на армированном покрытии, что в свою очередь способствует сохранению ровности покрытия и его распределяющей способности. Уменьшается количество влаги, проникающей через покрытие и снижающей несущую способность земляного полотна.

Однако предложенный материал не в полной мере обеспечивает выполнение законов №184-ФЗ «О техническом регулировании» и №257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации», требующих эксплуатационные характеристики оценивать с учетом технических регламентов на основе оценки степени риска и оценки степени причинения ущерба. Поэтому необходима разработка нормативно-методического обеспечения (сводов правил, отраслевых норм и рекомендаций, стандартов организаций), которое бы учитывало обозначенную законами проблему.

Настоящая статья затрагивает с научной точки зрения подобные задачи, решения которых основаны на деятельности научной школы проф. В.В. Столярова, который является руководителем нового научного направления: «Проектирование, строительство и эксплуатация автомобильных дорог по условию обеспечения безопасности движения с учетом теории риска» в Саратовском государственном техническом университете (СГТУ).

Данное направление является продолжением ранее выполненных исследований, представленных в работах [3, 4, 5], и позволяет определять вероятность возникновения трещин в монолитном слое при изгибе дорожных одежд с асфальтобетонным покрытием, не армированным и армированным геоматериалами.

Последовательность расчета вероятности возникновения трещин в монолитном слое при изгибе

1. Устанавливают наибольшее растягивающее напряжение в рассматриваемом слое

$$\sigma_r = \bar{\sigma}_r \cdot p \cdot k_g, \quad (3)$$

где $\bar{\sigma}_r$ – растягивающее напряжение от единичной нагрузки при расчетных диаметрах площадки, передающей нагрузку, определяемое по номограмме (рисунки 3, 4 ОДН 218.046-01); k_g – коэффициент, учитывающий особенности напряженного состояния покрытия конструкции под спаренным баллоном, принимают равным 0,85 (при расчете на однобаллонное колесо $k_g=1,00$); p – расчетное давление, принимаемое по табл. П.1.1 Приложения 1 [1].

2. Определяют с учетом теории риска [3, 4, 5] значение коэффициента вариации растягивающих напряжений при изгибе в монолитном слое

$$C_V^{\sigma_r} = 0,35 \left(C_V^{E_B} - 0,15 \right) + 0,40 \left(C_V^{E_H} - 0,2 \right) + 0,75 \left(C_V^h - 0,15 \right) + 4,79 \cdot 10^{-5} \cdot E_B - 1,05 \cdot 10^{-3} \cdot E_H + 1,64 \cdot 10^{-2} \cdot h \quad (4)$$

где E_H – общий модуль упругости на поверхности основания, МПа; E_B – средний модуль упругости слоев асфальтобетона, МПа; h – суммарная толщина слоев асфальтобетона, см.

Уравнение (4) справедливо при $\frac{h}{D} = 0,32 \div 0,51$, D – расчетный диаметр следа колеса

движущегося автомобиля, см; $C_V^{E_H}$ – коэффициента вариации общего модуля упругости на поверхности основания; $C_V^{E_B}$ – коэффициента вариации среднего модуля упругости; C_V^h – коэффициента вариации суммарной толщины асфальтобетонных слоев.

3. Определяют среднее квадратическое отклонение наибольшего растягивающего напряжения в рассматриваемом слое

$$m_r = C_V^{\sigma_r} \cdot \sigma_r. \quad (5)$$

4. Вычисляют предельное растягивающее напряжение материала слоя с учетом усталостных явлений (R_N).

Для этого при использовании в дорожной конструкции геоматериала используют вышеприведенные формулы (1) и (2). В случае отсутствия в дорожной конструкции геоматериала руководствуются ОДН 218.046-01 [см. формулы (3.17) и (3.18)].

5. Определяют среднее квадратическое отклонение допустимого растягивающего напряжения материала

$$m_N = 0,1 \cdot R_N, \quad (6)$$

где 0,1 – коэффициент вариации прочности асфальтобетона на растяжение при изгибе. Величина этого параметра определяется по табл. П. 4.1. приложения 4 ОДН 218.046-01.

6. Устанавливают с учетом [3, 4, 5] критическое растягивающее напряжение в монолитном слое, при котором вероятность появления трещин равна 50%

$$\text{- при } C_V^{\sigma_{KP}} \neq 0,2; \sigma_{KP} = 2R_N - \frac{\sqrt{R_N^2 + \left[5 \left(C_V^{\sigma_{KP}} \right)^2 - 1 \right] \left(R_N^2 - 25m_N^2 \right)}}{25 \left(C_V^{\sigma_{KP}} \right)^2 - 1} R_N; \quad (7)$$

$$\text{- при } C_V^{\sigma_{KP}} = 0,2; \sigma_{KP} = 2R_N - \frac{R_N^2 - 25m_N^2}{2R_N}, \quad (8)$$

где $C_V^{\sigma_{KP}}$ – коэффициент вариации критического растягивающего напряжения (σ_{KP}), определяют из условия:

$$C_V^{\sigma_{KP}} = C_V^{\sigma_r}. \quad (9)$$

7. Определяют с учетом теории риска [3, 4, 5] среднее квадратическое отклонение критического растягивающегося напряжения

$$m_{KP} = C_V^{\sigma_{KP}} \cdot \sigma_{KP}. \quad (10)$$

8. Вычисляют с учетом теории риска [3, 4, 5] вероятность возникновения трещин в монолитном слое при изгибе на момент пуска автомобильной дороги в эксплуатацию

$$r = 0,5 - \Phi \left(\frac{\sigma_{KP} - \sigma_r}{\sqrt{m_{KP}^2 + m_r^2}} \right). \quad (11)$$

По предложенной методике выполнялся анализ оценки нарушения сплошности монолитных слоев при изгибе для дорожных одежд капитального типа с усовершенствованным покрытием. Анализу подлежало требуемое количество конструкций дорожных одежд, определяемое методами математической статистики. В качестве примеров в таблице 2 приведены расчетные характеристики и результаты анализа двух конструкций дорожных одежд с применением геосетки и без нее.

Конструкции были рассчитаны по трем критериям в соответствии с рекомендациями ОДН 218.046-01 и ОДМ 218.5.001-2009: по допускаемому упругому прогибу; по условию сдвигоустойчивости подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоев; по условию сопротивления монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе.

Установлено, что выбранные конструкции удовлетворяют всем критериям прочности.

Следует отметить, что конструкция дорожной одежды №2 имеет такую же общую толщину слоев (77 см), как и дорожная одежда в конструкции №1. Это достигнуто за счет увеличения толщин слоев асфальтобетона в конструкции №2. При этом слой из высокопористого асфальтобетона в конструкции дорожной одежды №2 отсутствует в отличие от конструкции №1. При расчете дорожных одежд по критерию упругого прогиба был установлен общий модуль упругости на поверхности покрытия равный 416 МПа для обеих конструкций.

Уровень надежности конструкций дорожных одежд №1 и №2, представленных в таблице 2, составляет $K_H = 0,95$. Следовательно, допустимая вероятность нарушения монолитных слоев при изгибе (образование трещин) к концу срока службы дорожной одежды должна составить $r_{доп} = 1 - 0,95 = 0,05$ (т.е. из каждых 100 м² покрытия будет подвержено образованию трещин 5 м² покрытия).

Конструкции дорожных одежд из таблицы 2 были рассчитаны при различных значениях коэффициентов вариации входящих параметров (см. таблицу 3 и рисунок 1), а именно коэффициента вариации общего модуля упругости на поверхности основания ($C_V^{E_H}$), коэффициента вариации среднего модуля упругости слоев асфальтобетона ($C_V^{E_B}$), коэффициента вариации суммарной толщины асфальтобетонных слоев (C_V^h). При этом учитывая исследо-

Строительные технологии и материалы

вания проф. В.А. Семенова [6], необходимо иметь ввиду, что $C_V^{E_B} = C_V^{E_H} = C_V^h = 0,1$ соответствует отличному качеству строительства, $C_V^{E_B} = C_V^{E_H} = C_V^h = 0,2$ – хорошему, $C_V^{E_B} = C_V^{E_H} = C_V^h = 0,3$ – удовлетворительному.

Таблица 2 – Расчетные характеристики материалов дорожных одежд

Материал	h слоя, см	E, МПа, при расчете по допустимому упругому прогибу	Общий модуль упругости на поверхности слоя,	Расчет на растяжение при изгибе			
				E, МПа	R ₀ , МПа	α	m
1 конструкция (с геосеткой)							
Асфальтобетон горячий плотный тип Б на битуме марки БНД 60/90	5	3200	416	4500	9,80	5,9	5,5
Асфальтобетон горячий пористый крупнозернистый на битуме марки БНД 60/90	7	2000	340	2800	8,00	7,1	4,3
Геосетка 100/100-25	-	-	-	-	-	-	-
Асфальтобетон горячий высокопористый крупнозернистый на битуме марки БНД 60/90	8	2000	260	2100	5,65	7,6	4,0
Оптимальная ЩГПС, обработанная цементом, марки 40	20	600	174	600	-	-	-
Песок средней крупности содержание пылевато-глинистых фракций 0%	37	120	85,2	120	-	-	-
Суглинок легкий $W_p=0,644W_m$	-	52,6	52,6	52,6	-	-	-
1 конструкция (без геосетки)							
Асфальтобетон горячий плотный тип Б на битуме марки БНД 60/90	5	3200	416	4500	9,80	5,9	5,5
Асфальтобетон горячий пористый крупнозернистый на битуме марки БНД 60/90	7	2000	340	2800	8,00	7,1	4,3
Асфальтобетон горячий высокопористый крупнозернистый на битуме марки БНД 60/90	8	2000	260	2100	5,65	7,6	4,0
Оптимальная ЩГПС, обработанная цементом, марки 40	20	600	174	600	-	-	-
Песок средней крупности содержание пылевато-глинистых фракций 0%	37	120	85,2	120	-	-	-
Суглинок легкий $W_p=0,644W_m$	-	52,6	52,6	52,6	-	-	-
2 конструкция (с геосеткой)							
Асфальтобетон горячий плотный тип Б на битуме марки БНД 60/90	6	3200	416	4500	9,80	5,9	5,5
Геосетка 100/100-25	-	-	-	-	-	-	-
Асфальтобетон горячий пористый крупнозернистый на битуме марки БНД 60/90	14	2000	330	2800	8,00	7,1	4,3
Оптимальная ЩГПС, обработанная цементом, марки 40	20	600	174	600	-	-	-
Песок средней крупности содержание пылевато-глинистых фракций 0%	37	120	85,2	120	-	-	-
Суглинок легкий $W_p=0,644W_m$	-	52,6	52,6	52,6	-	-	-
2 конструкция (без геосетки)							
Асфальтобетон горячий плотный тип Б на битуме марки БНД 60/90	6	3200	416	4500	9,80	5,9	5,5
Асфальтобетон горячий пористый крупнозернистый на битуме марки БНД 60/90	14	2000	330	2800	8,00	7,1	4,3
Оптимальная ЩГПС, обработанная цементом, марки 40	20	600	174	600	-	-	-
Песок средней крупности содержание пылевато-глинистых фракций 0%	37	120	85,2	120	-	-	-
Суглинок легкий $W_p=0,644W_m$	-	52,6	52,6	52,6	-	-	-

Таблица 3 – Результаты расчета

E_B	E_H	h	σ_r	$C_V^{E_B}$	$C_V^{E_H}$	C_V^h	$C_V^{\sigma_r}$	m_r	R_N	m_N	σ_{KP}	m_{KP}	r
1 конструкция													
2945	174	20	0,765	0,1	0,1	0,1	$\frac{0,191}{0,191}$	$\frac{0,146}{0,146}$	1,17	0,117	$\frac{1,89}{1,32}$	$\frac{0,361}{0,252}$	$\frac{0,0019}{0,0281}$
				0,2	0,2	0,2	$\frac{0,341}{0,341}$	$\frac{0,261}{0,261}$			$\frac{1,997}{1,4}$	$\frac{0,681}{0,477}$	$\frac{0,0455}{0,121}$
				0,3	0,3	0,3	$\frac{0,491}{0,491}$	$\frac{0,376}{0,376}$			$\frac{2,06}{1,45}$	$\frac{1,01}{0,59}$	$\frac{0,1151}{0,164}$
2 конструкция													
3310	174	20	0,791	0,1	0,1	0,1	$\frac{0,209}{0,209}$	$\frac{0,165}{0,165}$	1,97	0,197	$\frac{3,21}{2,25}$	$\frac{0,67}{0,47}$	$\frac{0,0002}{0,0017}$
				0,2	0,2	0,2	$\frac{0,359}{0,359}$	$\frac{0,284}{0,284}$			$\frac{3,34}{2,37}$	$\frac{1,2}{0,85}$	$\frac{0,0192}{0,0398}$
				0,3	0,3	0,3	$\frac{0,509}{0,509}$	$\frac{0,403}{0,403}$			$\frac{3,49}{2,44}$	$\frac{1,78}{1,24}$	$\frac{0,0694}{0,1038}$

Примечание: В числителе приведены данные для дорожной одежды с применением геосетки, в знаменателе – для дорожной одежды без использования геосетки.

Кроме этого на примере конструкции дорожной одежды №1 был произведен анализ степени влияния каждого в отдельности коэффициента вариации $C_V^{E_B}$, $C_V^{E_H}$, C_V^h на вероятность нарушения сплошности монолитных слоев при изгибе. Результаты сведены в таблицу 4 и представлены на рисунке 2.

Таблица 4 – Результаты расчета

E_B	E_H	h	σ_r	$C_V^{E_B}$	$C_V^{E_H}$	C_V^h	$C_V^{\sigma_r}$	m_r	R_N	m_N	σ_{KP}	m_{KP}	r
1 конструкция													
2945	174	20	0,765	0,05	0,05	0,3	$\frac{0,304}{0,304}$	$\frac{0,233}{0,233}$	1,17	0,117	$\frac{1,98}{1,39}$	$\frac{0,60}{0,42}$	$\frac{0,029}{0,097}$
				0,05	0,3	0,05	$\frac{0,216}{0,216}$	$\frac{0,165}{0,165}$			$\frac{1,91}{1,34}$	$\frac{0,41}{0,29}$	$\frac{0,0048}{0,0427}$
				0,3	0,05	0,05	$\frac{0,20}{0,20}$	$\frac{0,153}{0,153}$			$\frac{1,9}{1,33}$	$\frac{0,38}{0,266}$	$\frac{0,0028}{0,0329}$

Примечание: В числителе приведены данные для дорожной одежды с применением геосетки, в знаменателе – для дорожной одежды без использования геосетки.

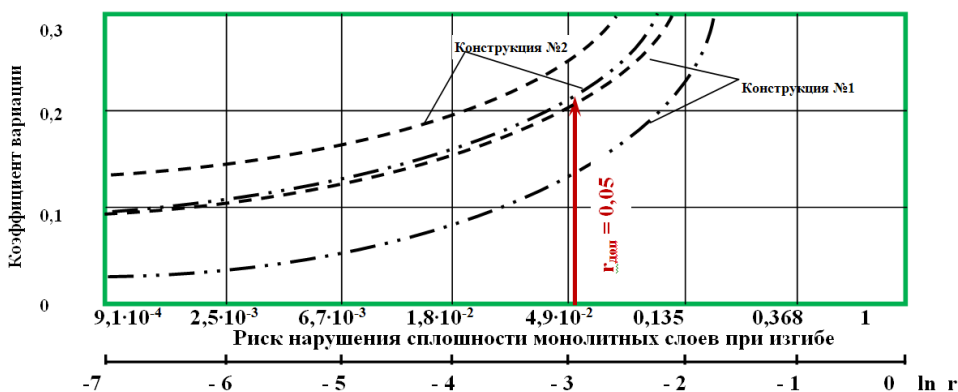


Рисунок 1 – Влияние коэффициентов вариации $C_V^{E_B}$, $C_V^{E_H}$, C_V^h на вероятность нарушения сплошности монолитных слоев при изгибе
 – дорожная одежда с применением геосетки;
 – дорожная одежда без применения геосетки

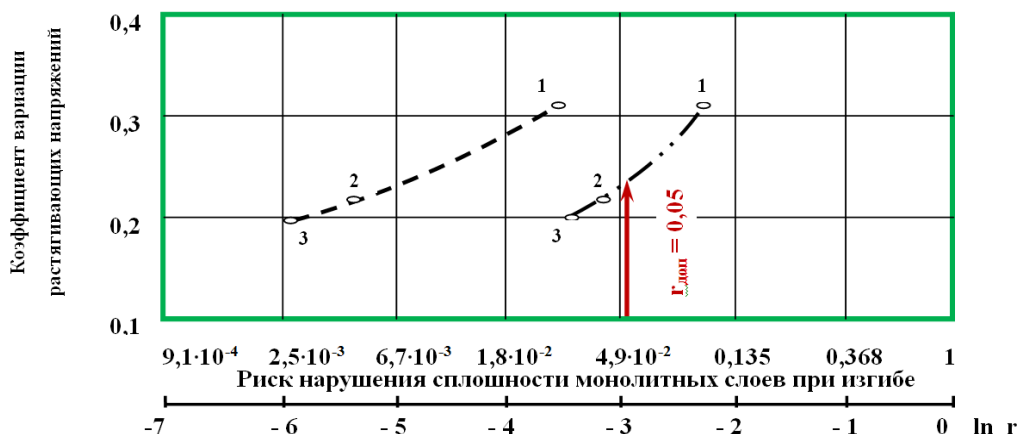


Рисунок 2 – Влияние коэффициентов вариации растягивающих напряжений $C_V^{\sigma_r}$ на вероятность нарушения сплошности монолитных слоев при изгибе

точка 1 соответствует $C_V^{E_B} = C_V^{E_H} = 0,05$ и $C_V^h = 0,30$;

точка 2 – $C_V^{E_B} = C_V^h = 0,05$ и $C_V^{E_H} = 0,30$;

точка 3 – $C_V^{E_H} = C_V^h = 0,05$ и $C_V^{E_B} = 0,30$.

- дорожная одежда с применением геосетки;
- дорожная одежда без применения геосетки

Анализ полученных данных в таблицах 3, 4 и рисунках 1, 2 позволяет сделать следующие выводы:

- значительное увеличение вероятностей нарушения сплошности монолитных слоев (r) при изгибе в конструкции дорожной одежды №1 обуславливается содержанием в ней высокопористого асфальтобетона на битуме БНД 60/90. Как известно, высокопористый асфальтобетон характеризуется значительной остаточной пористостью от 10% до 18%, что в свою очередь оказывает влияние на снижение водостойкости и меньшую плотность высокопористого асфальтобетона в отличие от пористого асфальтобетона. Кроме этого нормативное сопротивление для высокопористого асфальтобетона соответствует 5,65 МПа, что ниже величины 8,00 МПа, характерной для пористого асфальтобетона. А это отражается на величине предельного сопротивления R_N . Таким образом, замена слоев из менее качественного асфальтобетона на более прочный асфальтобетон (при условии сохранения общей толщины всех слоев асфальтобетона и общей толщины дорожной одежды) приводит к снижению вероятности нарушения сплошности монолитных слоев при изгибе в первые годы эксплуатации автомобильной дороги;

- с увеличением коэффициента вариации общего модуля упругости на поверхности основания ($C_V^{E_H}$), коэффициента вариации среднего модуля упругости слоев асфальтобетона ($C_V^{E_B}$), коэффициента вариации суммарной толщины асфальтобетонных слоев (C_V^h) наблюдается значительный рост вероятности нарушения монолитных слоев при изгибе. В случае использования геосетки в конструкции дорожной одежды №1 (при использовании высокопористого асфальтобетона) риск нарушения монолитных слоев при изгибе превышает величину допустимого риска, равного $r_{дон} = 0,05$, при $C_V^{E_B} = C_V^{E_H} = C_V^h = 0,21$, а в конструкции дорожной одежды №2 (без применения высокопористого асфальтобетона) риск нарушения монолитных слоев при изгибе превышает величину допустимого риска, равного $r_{дон} = 0,05$, при $C_V^{E_B} = C_V^{E_H} = C_V^h = 0,25$ (см. рис. 1). Без применения геосетки в конструкции дорожной одежды №1 (при использовании высокопористого асфальтобетона) риск нарушения монолитных

слоев при изгибе превышает величину допустимого риска, равного $r_{дон} = 0,05$, уже при $C_V^{E_B} = C_V^{E_H} = C_V^h = 0,14$, а в конструкции дорожной одежды №2 (без применения высокопористого асфальтобетона) риск нарушения монолитных слоев при изгибе превышает величину допустимого риска, равного $r_{дон} = 0,05$, при $C_V^{E_B} = C_V^{E_H} = C_V^h = 0,22$ (см. рис. 1).

- увеличение вероятности нарушения монолитных слоев при изгибе в большей степени вызвано ростом коэффициента вариации суммарной толщины асфальтобетонных слоев (C_V^h) нежели коэффициента вариации общего модуля упругости на поверхности основания ($C_V^{E_H}$) и коэффициента вариации среднего модуля упругости слоев асфальтобетона ($C_V^{E_B}$) (см. рис. 2). В этом случае использование в конструкции дорожной одежды геосетки сопровождается снижением риска нарушения монолитных слоев при изгибе до допустимых значений;

- использование в конструкции дорожной одежды высокопористого асфальтобетона приводит к увеличению риска нарушения сплошности монолитных слоев при изгибе примерно на 60% на момент пуска автомобильной дороги в эксплуатацию.

Выполненный анализ рассмотренных конструкций дорожных одежд хорошо иллюстрируют результаты выполненных исследований. Установлено, что от качества выполненных работ (т.е. от значений коэффициентов вариации геометрических и прочностных показателей) в значительной степени зависит вероятность нарушения монолитных слоев при изгибе. Кроме этого математически подтверждено, что использование в дорожной одежде геосетки для армирования асфальтобетонных слоев приводит к снижению величины вероятности нарушения монолитных слоев при изгибе при одной и той же величине коэффициентов вариации $C_V^{E_B}$, $C_V^{E_H}$, C_V^h .

Таким образом, использование данной модели позволяет устанавливать и предлагать критерии в соответствии с принципами технического регулирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проектирование нежестких дорожных одежд (ОДН 218.046-01) [Текст] / Гос. служба дор. хоз. Министерства транспорта РФ. – М.: Транспорт, 2001. – 145 с.
2. Методические рекомендации по применению геосеток и плоских георешеток для армирования асфальтобетонных слоев усовершенствованных видов покрытий при капитальном ремонте и ремонте автомобильных дорог (ОДМ 218.5.001-2009) [Текст] / Федеральное дорожное агентство (Росавтодор). – М., 2010. – 85 с.
3. Столяров, В.В. Проектирование автомобильных дорог с учетом теории риска [Текст] / В.В. Столяров. – Саратов: СГТУ, 1994. – Ч. 1, 2. – 184 с., – 232 с.
4. Кокодеева, Н.Е. Влияние влажности подстилающего слоя грунта на вероятности нарушения сплошности монолитного слоя при изгибе [Текст] / Н.Е. Кокодеева // Актуальные проблемы эксплуатации транспорта: межвуз. науч. сб. – Саратов: СГТУ, 2000. – С. 139-144.
5. Кокодеева, Н.Е. Оценка качества существующих дорожных одежд нежесткого типа с учетом вариации влажности (с позиции теории риска) [Текст] / Н. Е. Кокодеева // Дорожная держава. – 2009. – №19. – С. 72-75.
6. Семенов, В.А. Качество и однородность автомобильных дорог [Текст] / В.А. Семенов. – М.: Транспорт, 1989. – 125 с.

Столяров Виктор Васильевич

Саратовский государственный технический университет, г. Саратов
Доктор технических наук, профессор кафедры «Строительство дорог и организация движения»

Кокодеева Наталия Евсегнеевна

Саратовский государственный технический университет, г. Саратов
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительство дорог и организация движения»
Тел.: +7 (8452) 56-05-44, 52-63-21, +7 909 330 6508
E-mail: natali_1974_1111@mail.ru

ВЛИЯНИЕ НЕИОНОГЕННОГО ПАВ-МОДИФИКАТОРА ОКСИПАВ-А.30 НА ДИСПЕРСНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИ ХРАНЕНИИ КАТИОННЫХ БИТУМНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

С помощью лазерного анализатора микрочастиц Микросайзер-201 исследована кинетика изменения размеров частиц дисперсной фазы битумных эмульсий, полученных на основе эмульгатора Эмульзол-4. Применение неионогенного ПАВ-модификатора Оксипав-А.30 позволило улучшить дисперсность и устойчивость при хранении разработанных катионных битумных эмульсий.

Ключевые слова: битумная эмульсия, дисперсная фаза, устойчивость при хранении, дисперсность, неионогенное поверхностно-активное вещество, эмульгатор.

With the help of laser analyzer micro particles Mikrosayzer-201 kinetics change the particle size of the dispersed phase of bitumen emulsions derived emulsifier Emulzol-4. Application of nonionic surfactant-modifier Oksipav-A.30 improved the dispersion and stability during storage developed cationic bitumen emulsions.

Keywords: bitumen emulsion, the dispersed phase, the stability during storage, dispersion, non-ionic surface-active agent, emulsifier.

В настоящее время одним из приоритетных направлений в работе многих исследователей являются разработка и совершенствование материалов для низкотемпературных технологий строительства слоев оснований и покрытий автомобильных дорог. Такие технологии подразумевают использование разжиженных или эмульгированных органических вяжущих в составе минеральных смесей и позволяют осуществлять укладку дорожно-строительного материала в холодном виде. Преимущества такого рода технологий особенно ярко проявляются в холодный период ремонтно-строительного сезона, когда температура воздуха не позволяет поддерживать температуру необходимую для укладки горячей асфальтобетонной смеси в ходе осуществления ремонтных работ. Все большее распространение в качестве вяжущего для такого типа материала получает битумная эмульсия. Необходимым технологическим свойством данного материала является устойчивость при хранении, т.е. неизменность свойств эмульсии в промежутке времени между производством и внедрением [1].

Слабая устойчивость эмульсионных систем обусловлена протеканием различных химических реакций в их фазах, приводящих к необратимому разрушению всего вещества. В структуре эмульсии частицы битума находятся на очень маленьком расстоянии друг от друга и подвержены притяжению межмолекулярных Ван-дер-Ваальсовых сил. С течением времени глобулы битума, сумевшие преодолеть максимальный энергетический барьер, необратимо соединяются, что приводит к разрушению всей системы [2]. Выделяют два наиболее характерных процесса расслоения битумных эмульсий: седиментация и коагуляция. В первом случае расслоение эмульсии протекает с образованием осадка или битумной корки, во втором взаимное сближение и фиксация битумных глобул приводит к необратимому процессу разделения фаз.

По классификации поверхностно-активных веществ, предложенной академиком П.А. Ребиндером [1], неионогенные ПАВ относятся к III-ей группе и являются хорошими стабилизаторами. Такие соединения создают достаточно сильный стабилизирующий барьер в структуре эмульсионных систем, за счет образования адсорбционных слоев и связанных с ними сольватных оболочек высокой вязкости и упругости. С целью повышения устойчивости при хранении битумных эмульсий нами предложено использовать неионогенный реагент Оксипав-А.30, который является 30типроцентным водным раствором окисей алкилдиметиламинов. Физико-химические характеристики стабилизатора Оксипав-А.30, использованного в работе, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические характеристики стабилизатора Оксипав-А.30

Наименование показателей	Норма по ТУ	Установлено анализом
Внешний вид	Прозрачная жидкость бесцветная или светло-желтого цвета без посторонних включений	Бесцветная жидкость
Массовая доля активной части, %	28-32	30
Массовая доля воды, %	68-72	70
Плотность при 20°С, г/см ³	0,98-1,1	0,99
Вязкость, мм ² /с(сст),	60-100	83
Температура застывания, °С	0	0

Особенно сложно проследить процесс расслоения битумных эмульсий на начальной стадии. Для изучения влияния предложенного неионогенного ПАВ-модификатора Оксипав-А.30 на дисперсность и стабильность во времени битумных эмульсий в данной работе предложен метод, основанный на применении лазерного анализатора частиц «Микросайзер-201». Этот прибор позволяет определить диаметр глобул дисперсной фазы эмульсий, а также процентное содержание частиц заданного размера в общем объеме исследуемой пробы. Исследования проводились на эмульсиях ЭБК-II 60-типроцентной концентрации, приготовленных на битуме БНД 90/130, с применением 0,5% эмульгатора Эмульзол-4. Данный реагент является смесью амидоаминов и имидазолинов, полученных на основе полиаминов. Физико-химические показатели эмульгатора представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-химические свойства использованного в работе эмульгатора Эмульзол-4

№ п/п	Наименование показателя	Значение показателя	Методы испытаний
1	Внешний вид при 20°С	Пастообразная паста	Визуально
2	Цвет	Коричневый	Визуально
3	Аминное число, мгНС1/г	125	По п. 3.4. ТУ 2482-009-04706205-03
4	Кислотное число мгКОН/г	2,37	по ГОСТ 18995.1-73
5	Плотность, г/см ³ при 20°С при 50°С	0,95 0,94	по ГОСТ 18995.1-73
6	Вязкость, мм ² /с(сст), при 50°С	520	по ГОСТ 33-82

Для проведения сравнительного анализа были приготовлены две пробы эмульсии: контрольный образец (без Оксипав-А.30) и с содержанием 0,5% Оксипав-А.30. В кювету прибора помещалась проба объемом 5 мл. На первом этапе работы определялось влияние модифицирующего агента на дисперсность битумной эмульсии. Дисперсностью принято считать степень раздробленности частиц битума в водной фазе. Исследования показали, что около 90% частиц дисперсной фазы эмульсии, содержащей указанный реагент, на начальной стадии хранения имеют размеры от 2 до 45 мкм (таблица 3, 4). В отличие от модифицированной эмульсии диаметр 90% битумных частиц контрольной эмульсии изменялся в диапазоне от 2 до 63 мкм (таблица 5, 6). Это свидетельствует о том, что данный модификатор уси-

ливают эмульгирующее действие катионного эмульгатора, уменьшая межфазное поверхностное натяжение битумной эмульсии, что в значительной степени облегчает процесс диспергирования битума в водной фазе (рисунок 1, 2). Л.А. Кирилова и Ю.М. Фролов утверждают, что смесь ПАВ может оказаться гораздо эффективнее при эмульгировании, чем каждое из них в отдельности [3, 4]. Такое явление называют синергизмом ПАВ.

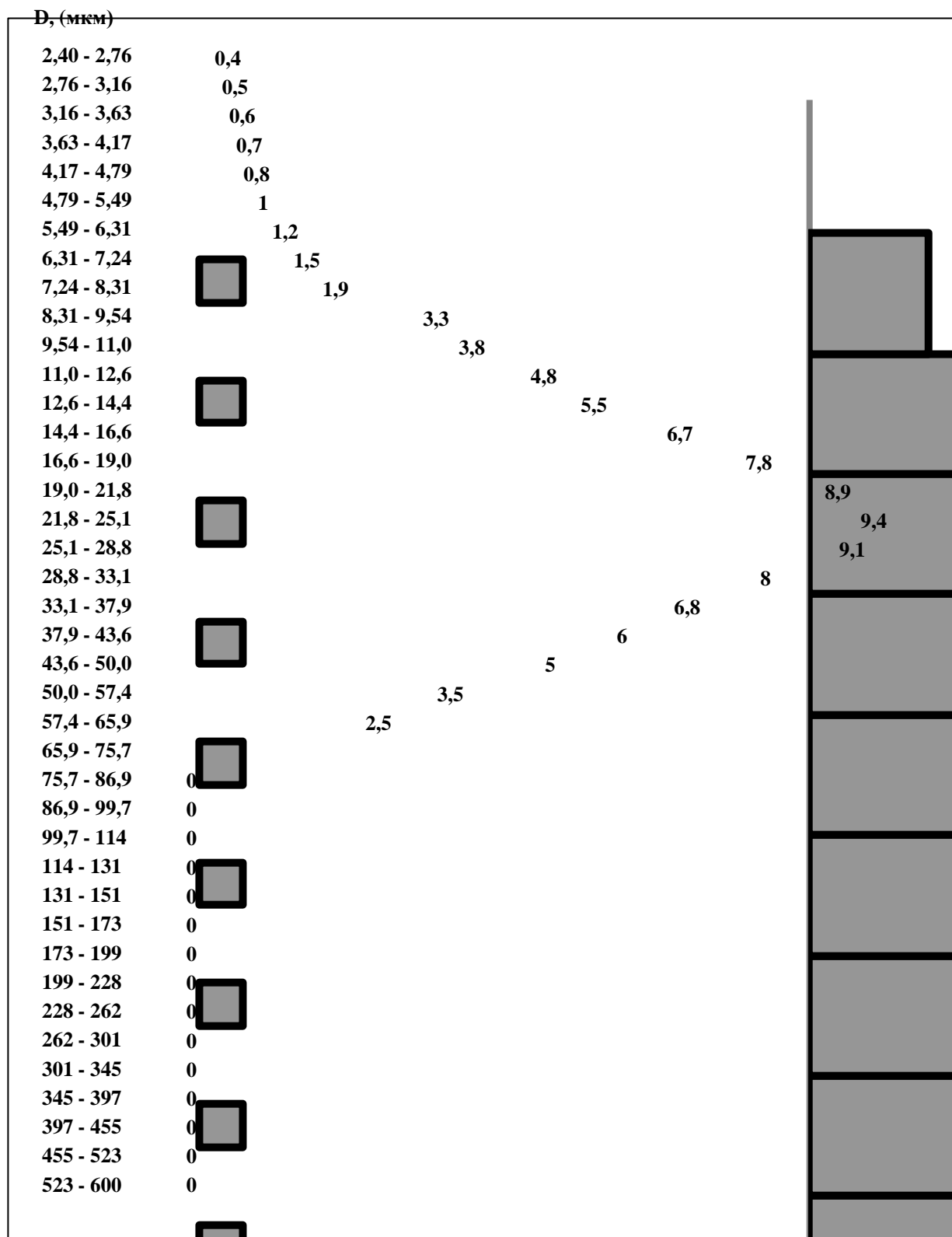


Рисунок 1 – Размерное распределение частиц дисперсной фазы эмульсии, содержащей 0,5% Эмульзол-4 и 0,3% Оксипав-А.30

Строительство и реконструкция

Таблица 3 – Соответствие размеров частиц (D , мкм) заданным значениям весовой доли

	9,2	12,3	14,9	18,8	22,1	26,6	30,5	35,7	45,2	600
P , %	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Таблица 4 – Весовая доля частиц (P , %), соответствующая заданным значениям размеров частиц

	12,1	50,3	93,7	98,9	100	100	100	100	100	100
D , (мкм)	10	20	50	63	71	100	200	300	400	500

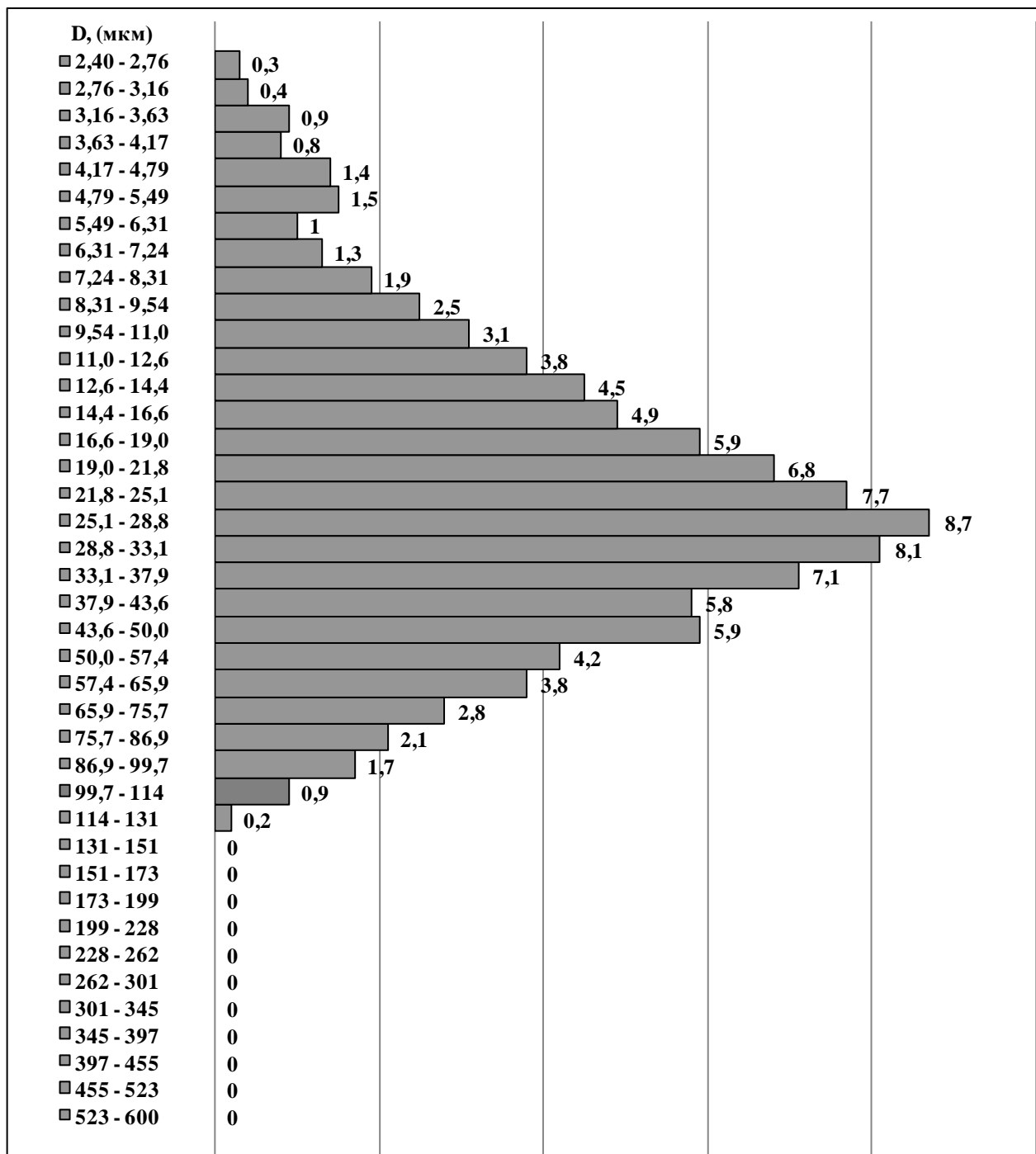


Рисунок 2 – Размерное распределение частиц дисперсной фазы эмульсии, содержащей 0,5% Эмульзол-4

Строительные технологии и материалы

Таблица 5 – Соответствие размеров частиц (D , мкм) заданным значениям весовой доли

	8,9	13,3	17,5	21,1	26,2	31,4	35,5	44,9	62,1	600
P , %	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Таблица 6 – Весовая доля частиц (P , %), соответствующая заданным значениям размеров частиц

	13,9	39,3	84,3	90,7	93,6	99,1	100	100	100	100
D , (мкм)	10	20	50	63	71	100	200	300	400	500

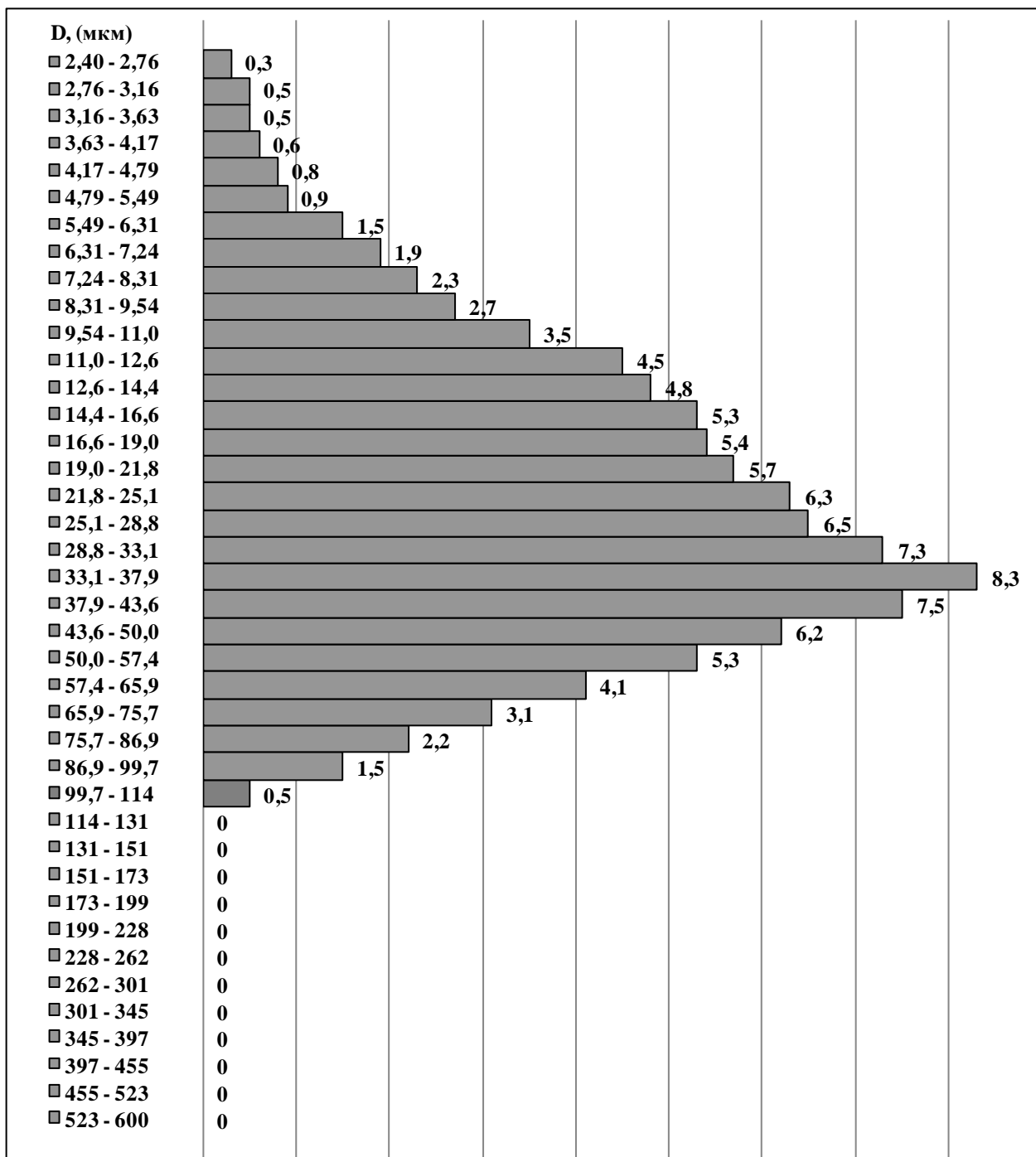


Рисунок 3 – Размерное распределение частиц дисперсной фазы эмульсии, содержащей 0,5% Эмульзол-4 и 0,3% Оксипав-А.30 спустя 14 суток

Строительство и реконструкция

Таблица 7 – Соответствие размеров частиц (D , мкм) заданным значениям весовой доли

	9,3	12,6	16,4	20,7	26,7	32,4	38,3	47,2	63,1	600
P , %	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Таблица 8 – Весовая доля частиц (P , %), соответствующая заданным значениям размеров частиц

	14,1	40,3	83,3	90,4	93,2	99,8	100	100	100	100
D , (мкм)	10	20	50	63	71	100	200	300	400	500

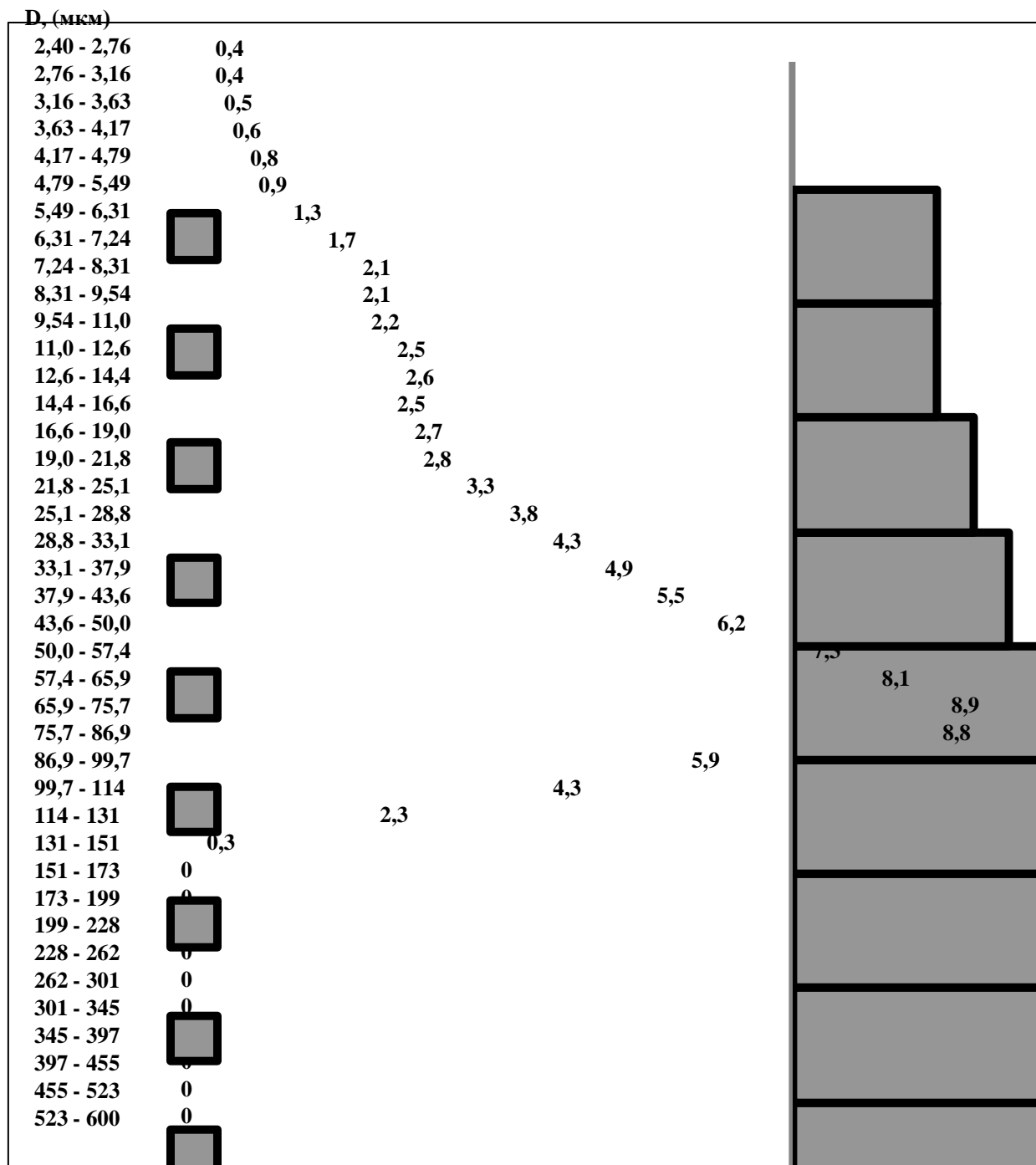


Рисунок 4 – Размерное распределение частиц дисперсной фазы эмульсии, содержащей 0,5% Эмульзол-4 спустя 14 суток

Таблица 9 – Соответствие размеров частиц (D , мкм) заданным значениям весовой доли

	9,1	15,7	25,3	35,4	47,7	56,3	67,1	79,2	94,5	600
P , %	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Таблица 10 – Весовая доля частиц (P , %), соответствующая заданным значениям размеров частиц

	11,7	24,7	18	54,1	73,3	93,9	100	100	100	100
D , (мкм)	10	20	50	63	71	100	200	300	400	500

По истечении 14 суток были проведены повторные испытания данных образцов, которые свидетельствуют о значительном укрупнении глобул дисперсной фазы исходной эмульсии, размеры которых достигали 151 мкм (рисунок 4).

При этом порядка 90% всех частиц контрольной эмульсии имели диаметр от 2 до 94,5 мкм, что говорит об активном протекании процесса коалесценции, т.е. агрегации мелких битумных капель в более крупные (таблицы 9, 10).

В случае использования стабилизатора Оксипав-А.30 объединение битумных частиц протекало менее интенсивно, т.к. около 90% весовой доли частиц соответствовали диаметру 63,1 мкм (таблицы 7, 8), а их максимальный размер не превышал 114 мкм (рисунок 3).

В своей работе [5] Л.А. Горельшева утверждает, что определяющим фактором стабильности эмульсий является дисперсность и распределение битумных частиц по размерам. Принимая во внимание это утверждение, можно предположить, что замедляя процесс изменения гранулометрического состава эмульсионных систем во времени, мы повышаем их устойчивость к расслоению.

Проведенные исследования позволяют утверждать, что применение неионогенного модификатора Оксипав-А.30 позволит не только улучшить дисперсность битумных эмульсий, но и заметно повысить их устойчивость к расслоению с течением времени.

Выводы

При изготовлении катионных битумных эмульсий использовали новый аминный эмульгатор Эмульзол-4 и неионогенный ПАВ-модификатор Оксипав-А.30. С помощью лазерного анализа частиц дисперсной фазы выявлено положительное влияние неионогенного модификатора на дисперсность и кинетику расслоения битумных эмульсий в процессе хранения. Полученные эмульсионные системы обладают повышенной устойчивостью и отвечают требованиям ГОСТ-52128 2003.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кучма, М.И. Поверхностно-активные вещества в дорожном строительстве [Текст] / М.И. Кучма. – М: Транспорт, 1980. – 180 с.
2. Золотарев, В.А. Адаптивный перевод. Les emulsions de bitume (глава 1), Paris: SFERD-RGRA-USIRF. (Routes de FRANCE), 2007. – P. 26-59.
3. Кириллова, Л.А. Исследование битумных эмульсий как вяжущего для дорожных бетонов [Текст] / Л.А. Кириллова: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Харьков, 1974. – 25 с.
4. Фролов, Ю.М. Зависимость дисперсности битумных эмульсий от добавок поверхностно-активных веществ [Текст] / Ю.М. Фролов // Автомобильные дороги. – 1967. – №2. – С. 14-15.
5. Горельшева, Л.А. Битумные эмульсии в дорожном строительстве [Текст] / Л.А. Горельшева // Автомобильные дороги и мосты. Обзорная информация. – М.: Информавтодор, 2003. – Вып. 7. – 132 с.

Строев Дмитрий Александрович

Ростовский государственный строительный университет, г. Ростов-на-Дону
Аспирант кафедры «Автомобильные дороги и аэродромы»
Тел.: +7 918 534 39 93

Мардиросова Изабелла Варгановна

Ростовский государственный строительный университет, г. Ростов-на-Дону
Кандидат химических наук, доцент кафедры «Автомобильные дороги и аэродромы»
Тел.: +7 (863) 263-77-76

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЖИДКОСТНОЙ КОРРОЗИИ ВТОРОГО ВИДА ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ

В статье рассматриваются физико-химические процессы, протекающие при коррозии бетона второго вида. Изложена разработанная авторами математическая модель массообменных процессов для коррозии бетонов второго вида в неограниченной пластине с гидроизолированной стороной с учетом химических реакций. Представлены результаты некоторых расчетов по данной модели.

Ключевые слова: бетон, коррозия, химические реакции.

Physical and chemical processes proceeding at the second type corrosion of concrete are considered in the article. The authors have developed and presented the mathematical model of mass exchange processes for the second type corrosion of concrete in unlimited plate with the moisture-proof side, taking into account chemical reactions. Results of some calculations on the given model are presented.

Keywords: concrete, corrosion, chemical reactions.

Прогнозирование стойкости и долговечности бетонных и железобетонных конструкций является важной задачей для современного строительства. Оценка скорости протекания коррозионных процессов в бетоне сводится к исследованию особенностей взаимодействия агрессивной среды с бетоном, определению параметров критического состояния бетона, получению эмпирических характеристик, разработке математических моделей процессов коррозии бетона.

Математические модели должны учитывать все особенности процессов на различных стадиях их протекания, определяя в каждом конкретном случае факторы, лимитирующие эти процессы [1].

В работах [2-4] представлены результаты по разработке математической модели процессов коррозии бетона по механизму второго вида и рассмотрены случаи, когда процесс лимитируется смешанной кинетикой внешней, внутренней диффузией и химической реакцией.

Настоящая работа является продолжением исследований, представленных в этих работах.

С физико-химической точки зрения коррозия второго вида включает в себя следующие процессы:

1. Химическое взаимодействие агрессивного вещества со свободным гидроксидом кальция на поверхности бетона.

2. Диффузия гидроксида кальция через пористую структуру бетона к поверхности реагирования до момента достижения концентрации начала разложения высокоосновных соединений.

3. Продвижение зоны фронта реакции гидроксида кальция внутрь бетона с появлением продукта реакции (по терминологии автора [5] – наружный отработанный слой).

4. Проникновение агрессивного компонента из раствора в пористую структуру бетона через слой продукта реакции.

5. Химические реакции разложения высокоосновных соединений цементного камня с образованием растворимых или аморфных продуктов.

6. Диффузия растворимых продуктов реакции к поверхности раздела «жидкость – бетон» и массоперенос в жидкую среду.

Растворимые продукты взаимодействия среды и цементного камня частично уносятся агрессивной средой, а частично проникают в более глубокие слои бетона и там образуют соответствующие соединения. Одновременно значительная часть растворенных веществ будет за счет диффузии выходить через наружный разрушенный слой в окружающую среду. Соотно-

шение количества вещества, проникающего вглубь бетона и выходящего наружу, зависит от градиентов концентрации и сопротивления диффузии вещества в том и другом направлениях.

Во многих случаях [5] скорость коррозии второго вида лимитируется скоростью диффузии агрессивного вещества в тело бетона через наружный отработанный слой. Проницаемость этого слоя зависит от растворимости образующихся продуктов коррозии. Большая скорость коррозии наблюдается в соляной кислоте, образующей с гидроксидом кальция хорошо растворимый хлорид кальция. При определенных концентрациях его в растворе вследствие взаимодействия с гидроксидом кальция и алюминатами могут образовываться гидрохлоралюминаты и оксихлориды кальция. Кристаллизация их может уплотнять глубокие слои бетона.

При воздействии растворов веществ, образующих с компонентами цементного камня практически нерастворимые аморфные продукты (например, гидроксид магния), в начальной стадии коррозионного процесса происходит уплотнение бетона, замедление скорости процесса. Затем по мере разрушения гидратированных соединений цементного камня происходят снижение прочности и увеличение проницаемости наружного слоя. При увеличении толщины разрушенного слоя на поверхности бетона сопротивление диффузии агрессивного вещества уменьшается и скорость коррозионного процесса возрастает.

С точки зрения физического представления процесса можно сказать, что при коррозии бетона второго вида на начальных стадиях, когда основным «фигурантом» является гидроксид кальция, все основные химические превращения происходят в достаточно узкой поверхностной зоне бетонной конструкции. В работе [6] достаточно подробно описана подобная схема, которая представлена на рисунке 1.

Диффузия гидроксида кальция в твердой фазе бетона – достаточно медленный процесс, поэтому и коррозионные явления развиваются в бетоне годами, а порой и десятилетиями.

Тем не менее, на определенной стадии развития коррозии наступает момент, когда концентрация переносимого компонента на границе с агрессивной средой становится равной нулю. При этом задача массопереноса из диффузионно-кинетической, контролируемой внешней и внутренней диффузией, переходит в задачу массопереноса, контролируемого внутренней диффузией и химической кинетикой [6].

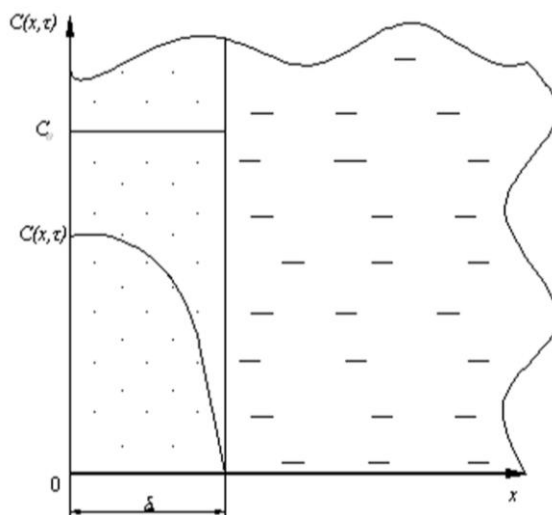


Рисунок 1 – К иллюстрации пленочной модели массопереноса с химической реакцией, δ – толщина изделия

Для этого случая краевая задача массопроводности может быть представлена в виде системы уравнений:

$$\frac{\partial \theta(\bar{x}, Fo_m)}{\partial Fo_m} = \frac{\partial^2 \theta(\bar{x}, Fo_m)}{\partial \bar{x}^2} + Po_m^*(\bar{x}); \quad Fo_m > 0; \quad 0 \leq \bar{x} \leq 1; \quad (1)$$

$$\theta(\bar{x}, Fo_m) = \theta_0(\bar{x}); \quad (2)$$

$$\left. \frac{\partial \theta(\bar{x}, Fo_m)}{\partial \bar{x}} \right|_{\bar{x}=0} = 0; \quad (3)$$

$$\theta(\bar{x}, Fo_m) \Big|_{\bar{x}=1} = 0. \quad (4)$$

Здесь $\theta(\bar{x}, Fo_m) = \frac{C(x, \tau)}{C_0}$ – безразмерная концентрация переносимого компонента; δ – толщина стенки конструкции, м; $C(x, \tau)$ – концентрация свободного СаО в бетоне в момент времени τ в произвольной точке с координатой x , кг СаО/кг бетона; C_0 – начальная концентрация свободного СаО, кг СаО/кг бетона; $\bar{x} = x/\delta$ – относительная координата;

$Po_m^* = \frac{q_v(x) \cdot \delta^2}{k \cdot C_0 \cdot \rho_b}$ – модифицированный критерий Померанцева; $Fo_m = k \cdot \tau / \delta^2$ – массообменный критерий Фурье; $q_v(x)$ – мощность источника массы, обусловленная химическими превращениями, кг СаО/(м³·с); k – коэффициент массопроводности (эффективный коэффициент диффузии), м²/с; ρ_b – плотность бетона, кг/м³;

Выполнив ряд преобразований, получаем окончательное общее решение задачи массопроводности, контролируемой внутридиффузным сопротивлением и химической кинетикой (1)-(4):

$$\begin{aligned} \theta(\bar{x}, Fo_m) = & 2 \int_0^1 \theta_0(\xi) d\xi - 2 \int_0^1 \theta_0(\xi) \xi d\xi + \int_0^1 Po_m^*(\xi) d\xi - \int_0^1 Po_m^*(\xi) \xi d\xi + \\ & + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \cos \left[\frac{\pi}{2} (2n-1) \bar{x} \right] \exp \left[-\frac{\pi^2}{4} (2n-1)^2 Fo_m \right] \int_0^1 \theta_0(\xi) \cos \left[\frac{\pi}{2} (2n-1) \xi \right] d\xi - \\ & - 4 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos \left[\frac{\pi}{2} (2n-1) \bar{x} \right]}{\pi (2n-1)} \exp \left[-\frac{\pi^2}{4} (2n-1)^2 Fo_m \right] \int_0^1 Po_m^*(\xi) \cos \left[\frac{\pi}{2} (2n-1) \xi \right] d\xi. \end{aligned} \quad (5)$$

В качестве примера рассмотрим частный случай, когда источник массы отсутствует, а начальное распределение концентраций равномерное. Тогда уравнение (5) примет вид:

$$\theta(\bar{x}, Fo_m) = 2 \sum_{n=1}^{\infty} \cos \left[\frac{\pi}{2} (2n-1) \bar{x} \right] \exp \left[-\frac{\pi^2}{4} (2n-1)^2 Fo_m \right] \int_0^1 \theta_0(\xi) \cos \left[\frac{\pi}{2} (2n-1) \xi \right] d\xi. \quad (6)$$

На рисунке 2 представлены некоторые результаты расчетов по выражению (6).

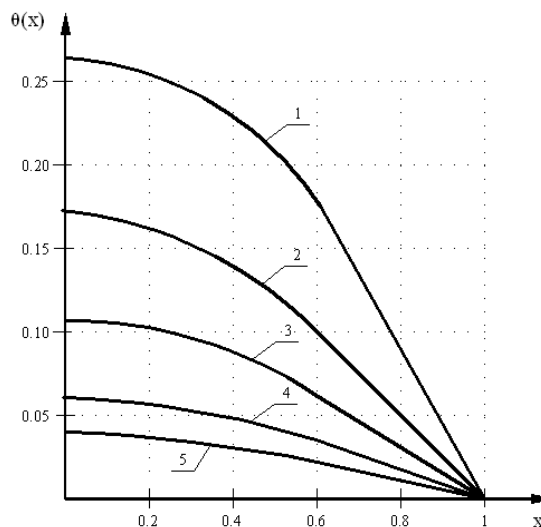


Рисунок 2 – Профили безразмерных концентраций по безразмерной координате; Fo_m : 1 – 0,2; 2 – 0,4; 3 – 0,6; 4 – 0,8; 5 – 1

Полученные решения позволяют совместно с уравнениями химической кинетики производить расчеты профилей концентраций гидроксида кальция в бетоне и находить условия, при которых эта концентрация достигает значений начала разложения высокоосновных соединений бетона: алита, белита, трехкальциевого алюмината и четырехкальциевого алюмоферрита, а значит, и переходить к дальнейшим этапам изучения и моделирования развития коррозионных процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федосов, С.В. О некоторых проблемах теории и математического моделирования процессов коррозии бетона [Текст] / С.В. Федосов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2005. – №5. – С. 20-21.
2. Федосов, С.В. Математическое моделирование массопереноса в процессах коррозии бетона второго вида [Текст] / С.В. Федосов, В.Е. Румянцева, Н.С. Касьяненко // Строительные материалы. – 2008. – №7. – С. 35-39.
3. Федосов, С.В. О некоторых проблемах математического моделирования жидкостной коррозии бетона второго вида [Текст] / С.В. Федосов, В.Е. Румянцева, Н.С. Касьяненко // Вестник отделения строительных наук. – 2009. – №13. – С. 93-101.
4. Румянцева, В.Е. О некоторых проблемах математического моделирования массообменных процессов жидкостной коррозии бетонов второго вида [Текст] / В.Е. Румянцева, С.В. Федосов, Н.Л. Федосова, Н.С. Касьяненко // Информационная среда вуза: сборник материалов XVI международн. научн.-техн. конф. – Иваново: ИГАСУ, 2009. – С. 432-436.
5. Розенталь, Н.К. Коррозионная стойкость цементных бетонов низкой и особо низкой проницаемости [Текст] / Н.К. Розенталь. – М.: ФГУП ЦПП, 2006. – 520 с.
6. Левеншпиль, О. Инженерное оформление химических процессов [Текст]: пер. с англ. / О. Левеншпиль. – М.: Химия, 1963. – 621 с.

Федосов Сергей Викторович

Ивановский государственный архитектурно-строительный университет, г. Иваново
Академик РААСН, доктор технических наук, профессор, ректор ИГАСУ
Тел.: +7 (4932) 32-85-40

Румянцева Варвара Евгеньевна

Ивановский государственный архитектурно-строительный университет, г. Иваново
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Химия и охрана окружающей среды»
Тел.: +7 (4932) 37-34-36

Касьяненко Наталья Сергеевна

Ивановский государственный архитектурно-строительный университет, г. Иваново
Аспирант кафедры «Строительные материалы и специальные технологии»
Тел.: +7 920 344 76 64

МОДИФИКАЦИЯ ШИХТЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИКИ

Предложена модель для расчета уравнений регрессии для подбора оптимального состава при производстве высокопрочной строительной керамики на основе сырья с низким содержанием оксида алюминия (менее 14%) путем ее модификации такими добавками как стеклобой и поверхностно активные вещества.

Ключевые слова: *стеклобой, поверхностно активные вещества, уравнение регрессии, поверхность отклика, плотность, пористость, водопоглощение, прочность при сжатии.*

In the article suggest the model for calculation of the equations to regressions for selecting the optimum composition at production very strong building ceramics on base cheese with low contents of the oxides aluminum (less 14%) by way of her modification such additive as waste of glass and superficially active substances.

Keywords: *waste of glass, superficially active substances, equation to regressions, surface of the response, density, porosity, absorption of water, toughness at compression.*

Данная работа заключалась в исследовании физико-механических зависимостей в системе «свойства образцов – состав композиции». На основе полученных данных были определены области варьирования ингредиентов, выступающих в роли модифицирующих добавок, а также выведены уравнения регрессии для расчета физико-механических свойств керамики.

Исследуемые составы шихты были получены на основе глины Суворотского месторождения Владимирской области. Глина содержит следующие оксиды (содержание в масс. %): 64,0-71,0 – SiO₂; 8,7-13,75 – Al₂O₃; 4,9-6,8 – Fe₂O₃; 0,7-4,9 – CaO; 0,7-2,7 – MgO; 1,9-2,9 – K₂O; 0,2-1,2 – Na₂O. Карьерная влажность глины составляет 19-21,5%. Предусмотрена предварительная сушка глины до влажности не более 1%.

Модификация шихты осуществлялась путем добавления в шихту модификаторов: стеклобой и смесь натриевых солей жирных кислот (поверхностно активное вещество – ПАВ). При проведении исследований применялся бой тарного зеленого стекла следующего состава (содержание в масс. %): 66,7-68,7 – SiO₂; 4,5-5,5 – Al₂O₃; 1,3-1,5 – Fe₂O₃; 5,75-6,25 – CaO; 3,75-4,25 – MgO; 14,25-14,75 – Na₂O.

Содержание глины и модифицирующих добавок в составе шихты принимались за три композиционных параметра, влияющих на свойства получаемой керамики, для дальнейшей математико-статической обработки. Технологические параметры производства керамического материала стабилизируются для исключения их влияния на физико-механические характеристики керамики. К таким параметрам относятся режимы сушки и обжига, удельное давление прессования [1].

Для придания отформованным изделиям прочности, достаточной для сохранения формы при перевозке, и выдерживания нагрузки при садке в печь необходимо удалить из них механически примешанную воду. Для достижения этих целей производилась сушка образцов при температуре 70-80°C в течение 3 часов.

Обжиг образцов производился при температуре 1000°C в течение 4 часов со скоростью нагрева 5°C/мин. и выдержкой при 1000°C в течение 30 минут. Охлаждали образцы в течение 18 часов.

При проведении исследований были изучены композиции, в которых содержание ингредиентов шихты не выходило за пределы областей их варьирования в кодированных значениях переменных (+1...-1) для расчета уравнений регрессии математической модели.

Образцы для определения свойств получали в соответствии с технологической схемой производства строительной керамики по методу полусухого прессования. При этом в композицию вводилось 8 масс. % воды.

Перед приготовлением шихты глина и стеклобой подвергались просеиванию для выделения фракции 0,32-0,63 мм. Смешивание ингредиентов шихты с водой происходило в лопастном смесителе.

Прессование образцов осуществлялось на гидравлическом прессе одноступенчатым статическим прессованием. Удельное давление прессования составляло 15 МПа. В качестве образцов были отформованы кубики размером 50×50×50 мм.

В следующей части работы определялись следующие физико-механические свойства образцов: водопоглощение (W^n , %), плотность (ρ , кг/м³), пористость (W , %), предел прочности при сжатии ($\sigma_{сж}$, МПа). За оптимальный для данного исследования принимался состав, обладающий максимальной прочностью при сжатии.

Исследуемые свойства определялись стандартными методами для стеновых материалов в соответствии с ГОСТ 7025-91 «Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости», ГОСТ 8462-75 «Прочность на сжатие стеновых и облицовочных материалов» и ГОСТ 2409-80 «Методы определения пористости стеновых и облицовочных материалов».

Для расчета коэффициентов в уравнениях регрессии к реализации принимался план Бокса-Бенкина размерности $K = 3$, позволяющий провести математико-статистическую обработку данных при варьировании трех параметров на трех уровнях. После проверки рассчитанных коэффициентов на значимость были получены уравнения регрессии в конечном виде:

$$\rho = 1767 - 54,625x_1 + 35,75x_2 + 11x_{11} + 23,25x_{22} + 48x_{33} - 80,75x_{12} + 79x_{13}; \quad (1)$$

$$W^n = 8,2 - 0,388x_1 + 0,313x_3 + 0,738x_{11} - 0,538x_{22} - 0,25x_{23}; \quad (2)$$

$$W = 7,6 - 0,325x_1 + 0,213x_3 + 0,675x_{11} - 0,5x_{22} - 0,35x_{23}; \quad (3)$$

$$\sigma_{сж} = 18,9 - 2,588x_1 + 3,1x_2 + 1,763x_3 + 3,95x_{11} + 2,425x_{22} + 4,85x_{33} - 3,375x_{12} + 7,1x_{13} - 0,925x_{23}. \quad (4)$$

где x_1 – коэффициент, учитывающий содержание глины в шихте; x_2 – коэффициент, учитывающий содержание стеклобоя в шихте; x_3 – коэффициент, учитывающий содержание ПАВ в шихте; x_{ij} – коэффициент, учитывающий взаимодействие факторов i и j ; x_{ii} и x_{jj} – коэффициенты квадратичных взаимодействий.

Для оптимизации свойств керамического кирпича по каждому уравнению рассчитываем массив данных с заданным шагом изменения переменных ингредиентов x_i . Расчет массивов проведен с использованием прикладных программ на ПЭВМ [1].

С помощью методов математического моделирования на основании уравнений регрессии были получены поверхности отклика, характеризующие комплекс свойства получаемого кирпича в широком интервале изменения композиций и определен оптимальный состав с максимальным пределом прочности при сжатии $\sigma_{сж} = 45,5$ МПа. При указанном значении прочности остальные физико-механические свойства строительной керамики обладают следующими значениями: плотность – 2099,4 кг/м³; водопоглощение – 8,7%; пористость – 8,1%.

Таким образом, оптимальный состав в кодированных значениях факторов: глина (x_1) = -1; стеклобой (x_2) = +1; ПАВ (x_3) = -1.

Поверхности отклика, отображающие зависимость свойств керамики для оптимального состава, представлены на рисунке 1.

На рисунке 1, а представлена зависимость плотности строительной керамики от содержания стеклобоя и ПАВ при постоянном содержании глины на уровне (-1). Как следует из представленных данных, плотность достигает максимального значения при максимальном содержании стеклобоя на уровне (+1) и минимальном содержании ПАВ (-1).

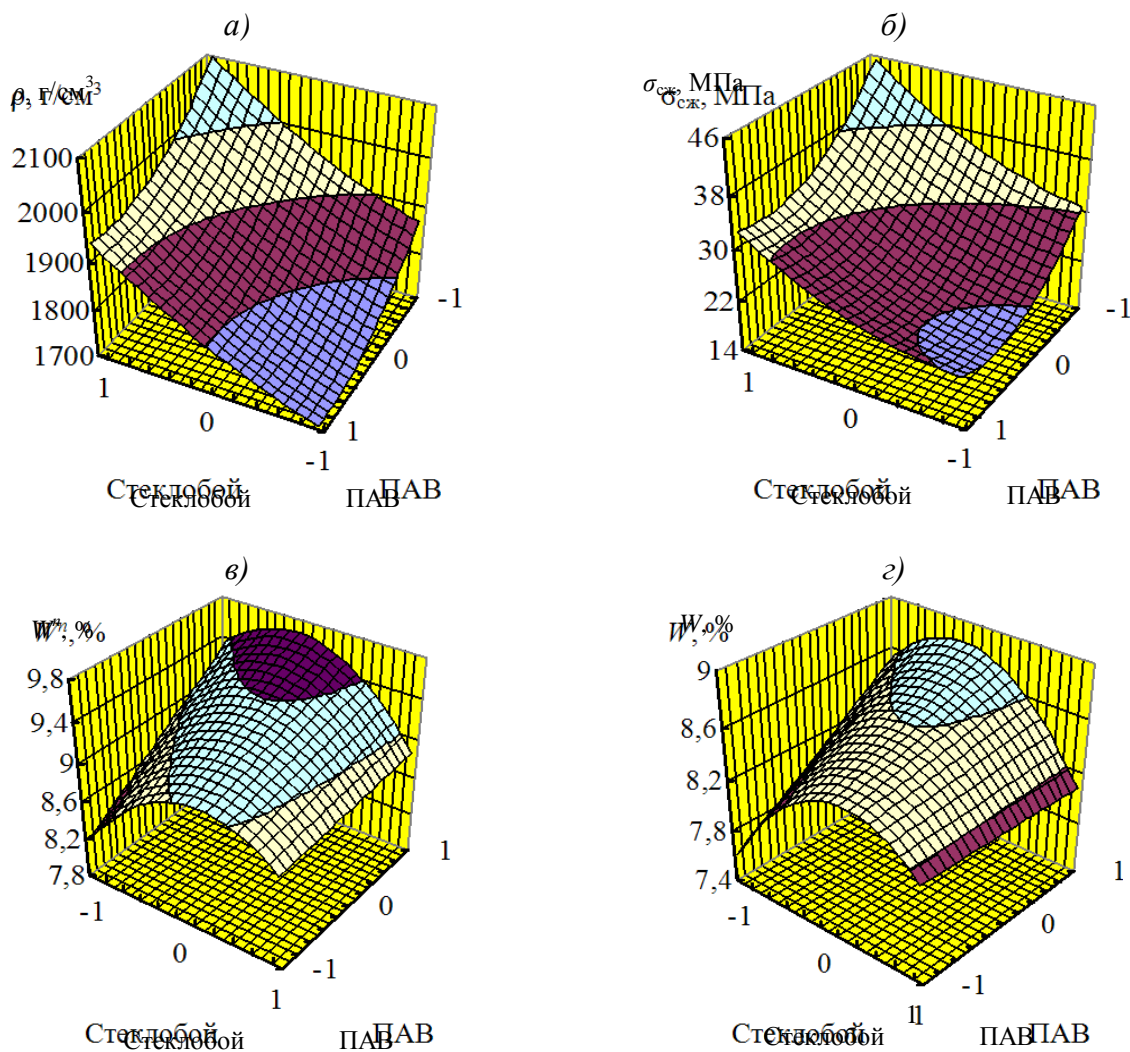


Рисунок 1 – Зависимость свойств от содержания ПАВ и стеклобоя при постоянном содержании глины на уровне (-1): а – плотность (ρ , $\text{кг}/\text{м}^3$); б – предел прочности при сжатии ($\sigma_{сж}$, МПа); в – водопоглощение ($W^н$, %); г – пористость (W , %)

Зависимость предела прочности при сжатии от состава шихты представлена на рисунке 1, б. Характер рассматриваемой зависимости аналогичен зависимости плотности от содержания стеклобоя и ПАВ, а значит максимально соответствует целям исследования, т.е. обладать наибольшей прочностью при сжатии, будут составы, содержание стеклобоя в которых будет максимальным (уровень +1), а ПАВ – минимальным (уровень -1).

На рисунке 1, в, г показаны зависимости водопоглощения и пористости стеновой керамики от соотношения содержания ингредиентов в шихте. Как видно из рассматриваемых данных, зависимости имеют схожий характер. Анализируемые свойства достигают своих максимальных значений с ростом содержания ПАВ и при содержании стеклобоя близких к нулевому уровню. Минимальное значение водопоглощения и пористости можно обеспечить минимальными содержаниями модифицирующих добавок, близкими к уровню (-1).

Такой характер зависимости физико-механических характеристик можно объяснить тем, что присутствие в шихте ПАВ повышает ее гомогенность, благодаря чему происходит равномерное распределение компонентов по всему объему материала и улучшается его пластичность. При обжиге происходит деструкция ПАВ с выгоранием органической составляющей и образованием стеклофазы. С ростом содержания в шихте ПАВ увеличивается доля стеклофазы, что способствует увеличению количества дефектов в объеме материала.

ла и уменьшению прочности связей между частицами керамики. Кроме того, прочностные характеристики стеклофазы ниже, чем у керамической составляющей кирпича. Значительное понижение пористости и водопоглощения в рассматриваемой системе связано не только с улучшенной гомогенизацией шихты, но и с тем, что образующаяся в процессе обжига стеклофаза заполняет большинство пор в материале. Водопоглощение обладает несколько большим значением по сравнению с пористостью за счет поглощения влаги самой поверхностью керамики.

Следовательно, исследуемые ингредиенты могут быть рассмотрены в качестве параметров математического моделирования с целью оптимизации состава шихты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Христофорова, И.А. Математическое моделирование композиций для получения высокопрочной пористой керамики / И.А. Христофорова // Тез. докл. 4 МНТК «Производственные технологии и качество продукции». – М.: Новые технологии, 2001. – С. 177-180.

Христофоров Александр Иванович

Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, г. Владимир
Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Химическая технология стекла и керамики»
Тел.: +7 (492) 33-63-33
E-mail: khristoforov@mail.ru

Пикалов Евгений Сергеевич

Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, г. Владимир
Аспирант кафедры «Химическая технология стекла и керамики»
Тел.: +7 (492) 35-33-81

ШАМШУРОВ А.В.

ПРИМЕНЕНИЕ ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА И АЛЮМИНИЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ЭФФЕКТИВНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Установлены возможности применения оксидов железа и алюминия при получении эффективных строительных материалов на основе обжигового и безобжигового синтеза. Были проведены исследования по определению влияния оксидов железа и алюминия на микроструктурные особенности композитов. Определено влияние оксида железа на кристаллизацию минералов при получении обжиговых строительных материалов.

Ключевые слова: обжиговые композиты, микроструктура, кристаллизация.

Are established the possibilities of applying the oxides of iron and aluminum with obtaining of effective building materials on the basis of calcining and unfired synthesis. Studies regarding the influence of the oxide of iron and aluminum on the microstructural special features of composites. Gland on crystallization of minerals at reception calcining building materials is defined influences oxide.

Keywords: calcining composites, microstructure, crystallization.

Активное развитие промышленности в нашей стране и во всем мире способствует освоению огромного количества невозобновляемого природного минерального сырья. В связи с чем перед строительной индустрией встают вопросы об изыскании новых источников сырья и проблеме, связанной с утилизацией техногенных месторождений, занимающих полезные площади плодородных земель [1, 2].

Перспективными направлениями являются обжиговые и безобжиговые технологии получения материалов на основе широко распространенных кварцевых пород [3]. Предварительные исследования позволяют говорить о возможности использования оксидов железа и алюминия при производстве безобжиговых эффективных строительных материалов. Так, оксиды алюминия и железа при добавлении к ним реакционно-активных компонентов способствуют образованию прочного контактного слоя (рисунок 1), что возможно использовать при получении эффективных безобжиговых строительных материалов.

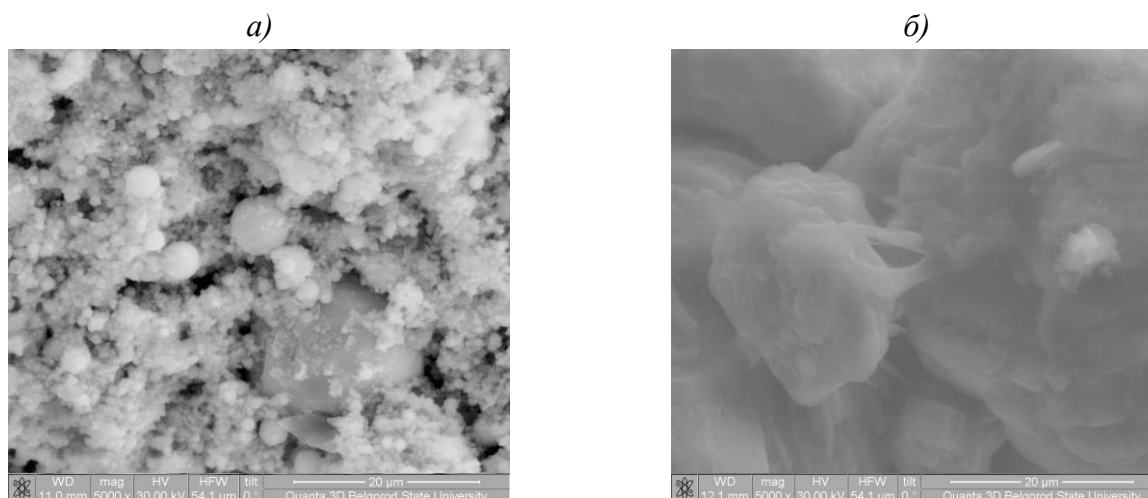


Рисунок 1 – Микроструктура безобжиговых материалов в присутствии: а – железосодержащего отхода ЭСПЦ; б – оксида алюминия (съемка образцов производилась на растрово-электронном микроскопе Quanta 200 3D, в центре коллективного пользования БелГУ)

В проводимых ранее исследованиях при получении низкообжиговых материалов была установлена возможность использования в качестве корректирующей добавки тонкодисперсного железосодержащего отхода электросталеплавильных цехов Оскольского электрометаллургического комбината (ЭСЦ ОЭМК), который преимущественно состоит из оксидов железа. Были получены низкообжиговые материалы, не уступающие по своим декоративным и физико-механическим характеристикам аналогам [4]. Основными компонентами являлись отход дробления кварцитопесчанников, как техногенный сырьевой материал, не находящий широкого практического применения, и кварцевый песок Нижнее-Ольшанского месторождения естественной крупности и молотый до $S_{уд} - 240 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Прецизионные исследования были направлены на изучение влияния железосодержащей добавки на фазообразование и линейное расширение образцов различных составов и ее влияние на особенности микроструктуры образцов (рисунок 2), для этого в качестве основного компонента использовали кварцевый песок, а в качестве спекающей добавки применяли раствор NaOH, в качестве корректирующей добавки – тонкодисперсный железосодержащий отход ЭСЦ ОЭМК.

Определение значения линейного расширения различных составов смесей проводили в диапазоне температур от 20 до 1000°C, по результатам исследований и обработки данных линейных деформаций образцов высотой 100 мм, сформованных из кварцевого песка, как в чистом виде, так и в присутствии добавок, установили, что самые значительные изменения линейных эффектов происходили в интервале температур от 550 до 600°C, что было связано с переходом β - в α -кварц в образцах из молотого и немолотого песка, и фиксировались наиболее резкие и значительные скачки изменения линейных размеров.

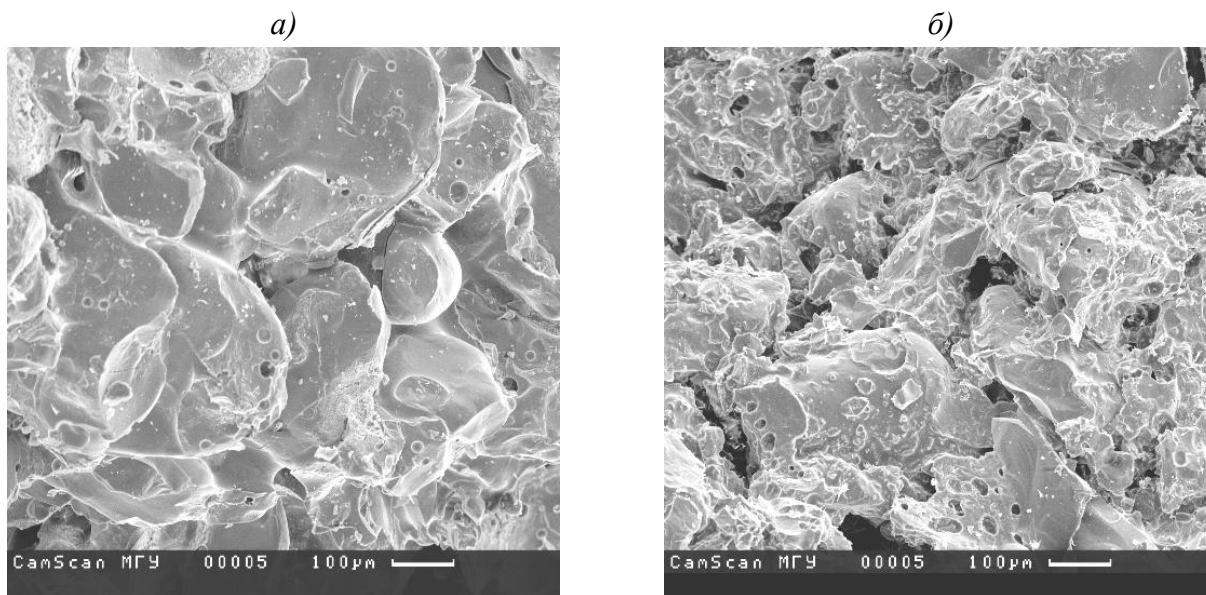


Рисунок 2 – Микроструктура обжиговых материалов на основе кварцевого песка: а – без добавок; б – с 5% железосодержащего отхода ЭСЦ

Наиболее удовлетворительные результаты получены на образце из тонкомолотого песка с добавкой 2% KOH. В нем был отмечен наиболее плавный и растянутый полиморфный переход, что является важным фактом при получении обжиговых строительных материалов. Как показали исследования, добавка железосодержащих отходов ОЭМК также дает сглаживание этих эффектов, хотя не столь значительное, как с добавкой 2% KOH.

При исследовании кинетических зависимостей изменения линейных размеров тех же образцов в процессе охлаждения было установлено, что резкий импульс скачка перехода α - в β -кварц показал только образец из бездобавочного тонкомолотого кварцевого песка, что

также подтверждает эффективность положительного воздействия щелочесодержащей добавки. В охлажденных образцах с добавкой 2% КОН и железосодержащих отходов ОЭМК было отмечено некоторое уменьшение линейных размеров, что вызвано их спеканием и частичным образованием в них новых фаз.

Изучение фазообразований системы « $\text{SiO}_2\text{-NaOH-Fe}_3\text{O}_4$ » до температуры 1100°C методом высокотемпературного рентгенофазового анализа в процессе подъема температуры позволило установить наличие в сырьевой шихте при 750°C андрадита ($\text{Ca}_3\text{Fe}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$), получающегося вследствие наличия в железосодержащей пыли ОЭМК CaCO_3 , при 1000°C – клиноферросилита (FeSiO_3), а также низкотемпературного (450°C) модификационного перехода $\beta \leftrightarrow \alpha\text{-SiO}_2$. Все это обеспечивает повышенную спекаемость и прочность изделий за счет плавного полиморфизма кварца и образования силикатов железа.

Исследование влияния железосодержащей добавки ОЭМК позволило установить, что большая удельная поверхность пыли и присутствие некоторого количества мелкодисперсных частиц песка, которые неизбежно содержатся в природном кварцевом песке, в ходе подъема температуры способствуют интенсивному образованию андрадита ($\text{Ca}_3\text{Fe}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$) и клиноферросилита (FeSiO_3). Это позволяет создать обволакивающее монолитное тело с заполнением пор и микротрещин в крупных зернах кварца (см. рис. 2).

Результаты исследований позволяют говорить о возможности использования оксидов железа и алюминия при производстве обжиговых и безобжиговых эффективных строительных материалов. Причем данные оксиды способствуют получению более совершенной микроструктуры синтезируемых композитов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шамшуrow, А.В. Аспекты применения отходов ОЭМК в производстве обжиговых дорожно-строительных материалов [Текст] / А.В. Шамшуrow // Экология: образование, наука, промышленность и здоровье: Материалы Международного конгресса. – Белгород, 2004. – Ч. 6. – С. 320-322.
2. Шамшуrow, А.В. Предпосылки использования техногенных песков КМА в производстве обжиговых строительных материалов [Текст] / В.В. Строкова, Р.В. Лесовик // Наука и технология строительных материалов: состояние и перспективы развития: Материалы докладов Международной научно-технической конференции. – Минск: БГТУ, 2005. – С. 29-31.
3. Стрелов, К.К. Технология огнеупоров [Текст] / П.С. Мамыкин. – М.: Металлургия, 1978. – 376 с.
4. Шамшуrow, А.В. Дорожно-строительные материалы на основе кварцевого сырья [Текст] / В.В. Строкова. – Известия вузов. Строительство. – Новосибирск: НГАСА. – 2004. – №3. – С. 78-81.

Шамшуrow Алексей Владимирович

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород

Кандидат технических наук, доцент, заведующий «Межкафедральной лабораторией рентгенофазового анализа»

Тел.: + 7 (4722) 30-99-43

E-mail: rfaavs@rambler.ru

Уважаемые коллеги!

В Орловском государственном техническом университете издается научный журнал «Строительство и реконструкция», в котором Вы можете опубликовать свои статьи по широкому спектру проблем в следующих областях:

Строительство

- эффективные архитектурно-конструктивные решения зданий и сооружений;
- энергосберегающие технологии в строительном комплексе;
- развитие теории расчета сооружений и элементов строительных конструкций, оснований и фундаментов;
- вопросы безопасности зданий и сооружений;
- строительные технологии, материалы и изделия;
- теория архитектуры и градостроительства;
- архитектурно-строительное проектирование;
- синтез искусств в архитектуре и др.

Журнал открыт для рекламы, оплата – на договорной основе.

Объем статьи, как правило, не должен превышать 7 стр., рекламного объявления – не более 1 стр. Материал принимается в файловом виде: по электронной почте, на дискетах 3,5 дюйма или на CD-диске, выполненный в любом из текстовых редакторов Word, с приложением распечатки. С аспирантов плата за публикацию не взимается.

ОБЯЗАТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ:

- Объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах формата А4 и содержит от 3 до 7 страниц (заполнение последней страницы – не менее 75 процентов; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию. Объем рекламного объявления не должен превышать 1 страницу).
- 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.
- Статьи должны быть набраны 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 сверху – 2 см.
- Название статьи, а также фамилии и инициалы авторов обязательно дублируются на английском языке.
- К статье прилагается перечень ключевых слов на русском и английском языке.
- В тексте статьи желательно:
 - не применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
 - не применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
 - не применять произвольные словообразования;
 - не применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими государственным стандартам.
- Сокращения и аббревиатуры должны расшифровываться по месту первого упоминания (вхождения) в тексте статьи.

ПОСТРОЕНИЕ СТАТЬИ

- УДК (сверху слева) с абзацным отступом.
- С пропуском одной строки – выровненные по центру страницы и набранные прописными буквами светлым шрифтом прямого начертания инициалы и фамилии авторов (ИВАНОВ И.И.).
- С пропуском одной строки – название статьи, набранное без абзацного отступа прописными буквами полужирным шрифтом 14 pt и расположенное по центру страницы.
- С пропуском одной строки – краткая (не более 10 строк) аннотация, набранная с абзацного отступа курсивным шрифтом 10 pt на русском языке.
- Краткая (не более 10 строк) аннотация, набранная с абзацного отступа курсивным шрифтом 10 pt на английском языке, отделенная от предыдущей аннотации одинарным интервалом.
- Основной текст статьи. Заголовки подразделов набирают с абзацным отступом полужирным шрифтом прописными буквами (размер 12 pt), выравнивание по левому краю. Заголовки и подзаголовки отделяют от основного текста одинарным интервалом сверху.

Пример оформления

УДК 539.4:620.179

МАЛИНИН В.Г.

ДВУХУРОВНЕВЫЙ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ГРАДИЕНТНЫЙ КРИТЕРИЙ РАЗРУШЕНИЯ

На основе системного подхода структурно-аналитической мезомеханики формулируется двухуровневый структурно-механический, градиентный критерий разрушения, позволяющий разработать методики оценки параметров трещиностойкости и учитывающий влияние зон структурных концентраторов на прочность в окрестности макроконцентратора напряжений.

Ключевые слова: критерий разрушения, напряжения, прочность.

On the basis of the system approach structural - analytical mezomechanic it is formed two-level structural - mechanical gradiental criterion of the destruction, allowing to develop techniques of an estimation of parameters crack of resistance and taking into account influence of zones of structural concentrators on durability in a vicinity of the macroconcentrator of stresses.

Keywords: criterion of destruction, a pressure, durability.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Прочностное состояние нагруженного твердого тела находится между хрупким и вязким, различие между которыми в механическом аспекте зависит от вида напряженно-деформированного состояния, истории нагружения, эволюции дефектной структуры и определяется соотношением энергетических затрат на обратимые и необратимые явления деформирования. В связи с этим возникает необходимость рассмотрения прочностного состояния материала в изделиях с макроконцентраторами с учетом влияния структурного состояния на микро- и мезомасштабном уровнях и влияния неоднородности макронапряженного состояния на локальные механические характеристики материала. Поставленную задачу можно решать в рамках градиентного подхода оценки локальной прочности в зоне концентрации напряжений, рассматривая состояние материала по двум критериям с непрерывным переходом из одного в другой.

Таблицы, рисунки, формулы

- Все таблицы, рисунки и основные формулы, приведенные в тексте статьи, должны быть пронумерованы.

- Формулы следует набирать в редакторе формул Microsoft Equation 3.0 с размерами: обычный шрифт – 12 pt, крупный индекс – 10 pt, мелкий индекс – 8 pt. Формулы, внедренные как изображение, не допускаются! Русские и греческие буквы, а также обозначения тригонометрических функций, набираются прямым шрифтом, латинские буквы – *курсивом*.

- Формулы выравнивают по левому краю страницы с абзацным отступом и нумеруют (только те, на которые приводят ссылки); порядковый номер формулы обозначается арабскими цифрами в круглых скобках около правого поля страницы.

- В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами. Описание начинается со слова «где» без двоеточия, без аб-

защного отступа; пояснение каждого символа дается в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Единицы измерения даются в соответствии с Международной системой единиц СИ.

• Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют.

Пример оформления формулы в тексте

$$q_1 = (\alpha - 1)^2 \left(1 + \frac{1}{2\alpha}\right) / d, \quad (11)$$

где $\alpha = 1 + 2a/b$ – коэффициент концентрации напряжений; $d=2a$ – размер эллиптического отверстия вдоль опасного сечения.

• Рисунки и другие иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые.

• Если рисунок небольшого размера, желательно его обтекание текстом.

• Подписи к рисункам выравнивают по центру страницы, в конце подписи точка не ставится:

• Пояснительные данные набираются шрифтом 10 pt (курсив, полужирный) и ставят после наименования рисунка.

Пример оформления рисунка в тексте

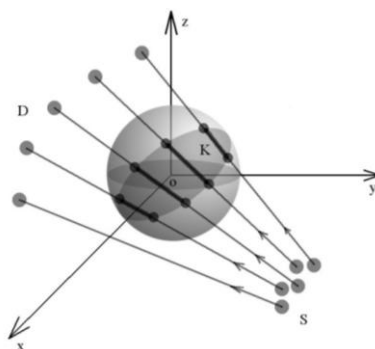


Рисунок 1 – Схема сканирования объекта: S – множество источников; D – множество детекторов; K – множество элементарных объемов тела, через которые прошел луч

• На все таблицы должны быть приведены ссылки в тексте, при ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

• Заголовки граф и строк таблицы пишутся с прописной буквы, а подзаголовки – со строчной, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставятся. Текст внутри таблицы в зависимости от объема размещаемого материала может быть набран шрифтом меньшего кегля, но не менее 8 pt. Текст в столбцах располагают от левого края либо центрируют.

• Слово «Таблица» размещается по левому краю, после него через тире располагается название таблицы:

Таблица 1 – Текст названия

• Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, нижнюю горизонтальную линию в первой части таблицы не проводят. При переносе части таблицы на другую страницу над ней пишут слово «Продолжение» и указывают номер таблицы: «Продолжение таблицы 1».

• Нумерация граф таблицы арабскими цифрами необходима только в тех случаях, когда в тексте документа имеются ссылки на них, при делении таблицы на части, а также при переносе части таблицы на следующую страницу.

Примеры оформления таблиц в тексте

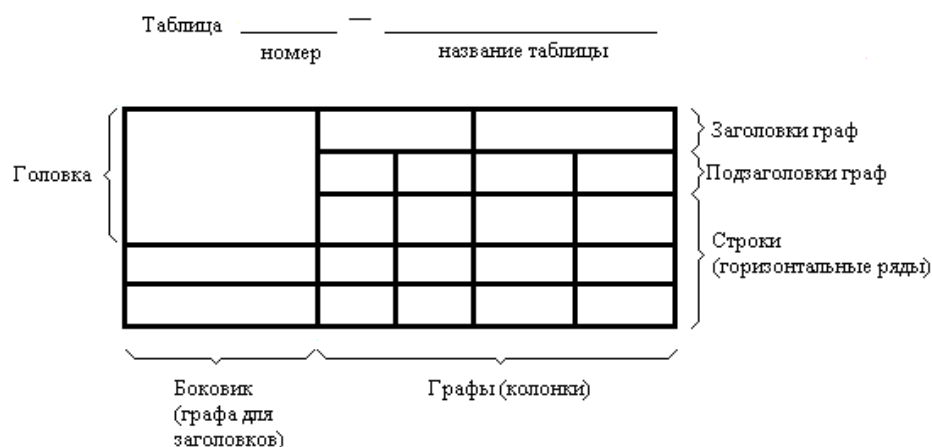


Таблица 1 – Название

Номинальный диаметр резьбы болта, винта, шпильки	Внутренний диаметр шайбы	Толщина шайбы					
		легкой		нормальной		тяжелой	
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
2,0	2,1	0,5	0,8	0,5	0,5	–	–

Список литературы

• Список литературы, набранный обычным шрифтом прямого начертания 10 pt, помещается в конце статьи. Заголовок «СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ» набирается жирным шрифтом 12 pt прописными буквами с выравниванием по центру без абзачного отступа. Литературные ссылки оформляются по ГОСТ 7.1 2003.

Пример оформления списка литературы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Валиев, Р.З. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией [Текст] / Р.З. Валиев, И.В. Александров. – М.: Логос, 2000. – 271 с.

Сведения об авторах

• В конце статьи приводятся набранные 10 pt сведения об авторах в такой последовательности: Фамилия, имя, отчество (полужирный шрифт); учреждение или организация, ученая степень, звание, должность, адрес, телефон, электронная почта (обычный шрифт).

Пример оформления сведений об авторах

Константинов И.С.

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные системы»
Тел.: +7 (4862) 40-96-14
E-mail: konstantinov@ostu.ru

Адрес учредителя журнала:

Государственное образовательное учреждение профессионального образования
«Орловский государственный технический университет»
302020, г. Орел, ул. Наугорское шоссе, 29
+7 (4862) 73-43-48
www.ostu.ru
E-mail: admin@ostu.ru

Адрес редакции:

Государственное образовательное учреждение профессионального образования
«Орловский государственный технический университет»
302020, г. Орел, ул. Московская, 77.
+7 (4862) 73-43-49
www.ostu.ru
E-mail: oantc@ostu.ru

Технический редактор С.В. Солопов
Компьютерная верстка С.В. Солопов

Подписано в печать 16.08.2010 г.
Формат 70x108 1/16. Печ. л. 3,75.
Тираж 300 экз.
Заказ № _____

Отпечатано с готового оригинал-макета на полиграфической базе ОрелГТУ
302030, г. Орел, ул. Московская, 65.