



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)

## 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., Пикалов Е.С.** Модификация шихты для производства керамики..... 78
- Шамиуров А.В.** Применение оксидов железа и алюминия при получении эффективных строительных материалов..... 82

#### 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.

#### Редакция:

**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

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 su-  
pervision in sphere of communication and  
mass communications

The certificate of registration:

ИИ № ФС77-35718 from 24.03.09

Index on the catalogue of the «Pressa Rossii»  
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

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

### Building and structure safety

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

### Architecture and town-planning

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

### Construction technologies and materials

<b>Vdovina E.V., Abdrakhimov V.Z.</b> Thermal researches of ceramic mixture on the beidellite clay basis and production wastes of mineral cotton.....	50
<b>Solomentsev A.B., Baranov I.A.</b> Estimation bitumen of keeping ability of stabilizing additives for shchebenochno-mastichnogo an asphalt concrete in asfaltovjazhu-shchem..	53
<b>Stolayrov V.V., Kokodeeva N.E.</b> 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
<b>Stroev D.A., Mardirosova I.V.</b> Effect of non-ionic surfactant modifiers OKSIPAV-A.30 at dispersion and stable on storage cationic bitumen emulsions.....	67
<b>Fedosov S.V., Roumyantseva V.E., Kasyanenko N.S.</b> Physical and chemical bases of the second type liquid corrosion of cement concrete.....	74
<b>Hristoforov A.I., Pikalov E.S.</b> Modification of the mix for production of ceramics.....	78
<b>Shamshurov A.V.</b> 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  $\Delta t_m$ , определяемых зависимостью:

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

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:

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

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

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