

УДК 624.075.235

Н.Н. ПАНТЕЛЕЕВ, В.М. МИТАСОВ, М.А. ЛОГУНОВА, В.Г. СЕБЕШЕВ

РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВЫХ ДЕФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Предложен альтернативный подход к расчету напряженно-деформированного состояния железобетонных балок в областях наибольших изгибающих моментов. Использована многослойная арочная модель, позволяющая определять напряжения в сечениях с трещинами с учетом депланации при сдвиге. Применена методика, аналогичная ранее разработанной для решения задач неупругого термомодеформирования многоярусных железобетонных конструкций.

Ключевые слова: железобетонные балки, траектории напряжений, многослойная модель, сдвиг, депланация, трещины.

В исследовании работы железобетона с трещинами большое значение имеют вопросы перераспределения усилий в элементах, использование новых расчетных моделей для уточнения значений параметров напряженно-деформированного состояния конструкций.

Ослабленная трещинами область растяжения бетона однопролетной шарнирно опертой балки может быть условно исключена из рассмотрения при оценке напряженного состояния конструкции от нагрузок, близких к предельной. В результате балка естественным образом трансформируется в арку с затяжкой — растянутой нижней арматурой. К такой же схеме приводит анализ траекторий главных сжимающих напряжений в балке. Подобный подход использован профессором Д. Кани в экспериментально-теоретических исследованиях, выполненных в Американском институте бетона (АСИ) [1]. Аналогичные опытные данные по полям напряжений и схемам трещинообразования в балках получены в Новосибирском государственном архитектурно-строительном университете (Сибстрин) [2].

Рассматривая область сжатия бетона балки как арку переменного сечения, представим ее в виде многослойного пакета условно «подвешенных» арок (рис. 1) с контактными поверхностями по траекториям глав-

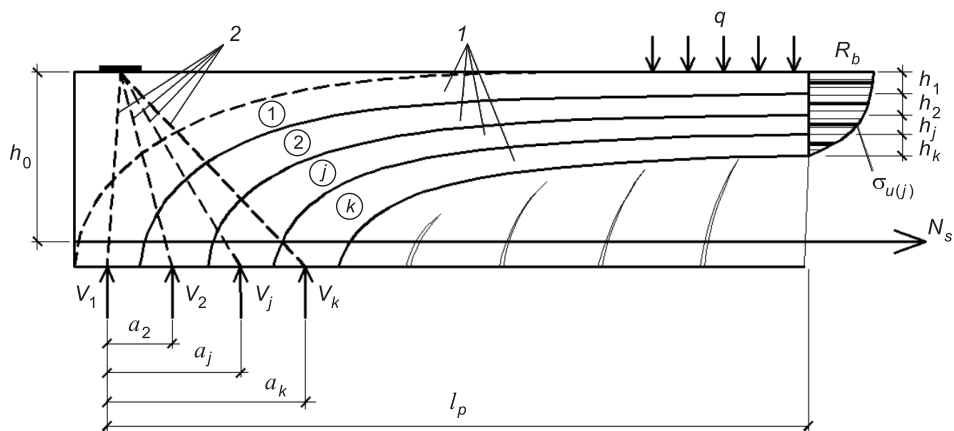


Рис. 1. Расчетная многослойная арочная модель железобетонной балки
1 — условные арки; 2 — нерастяжимые подвески арок (версия Д. Кани); $V_1, V_2, \dots, V_j, \dots, V_k$ — опорные реакции арок от условных нагрузок

ных сжимающих напряжений. Количество арок-слоев $k \geq 3$ может назначаться произвольно. Выделяя для некоторой j -й арки нагрузку q_j — долю от полной нагрузки q ($q_j = \alpha_{qj} q$, при этом $\sum_{j=1}^k q_j = q$) обычным расчетом арки, в пренебрежении касательными усилиями по поверхностям контакта слоев, находим равнодействующую нормальных напряжений в сечении j -го слоя в месте наибольшего изгибающего момента в исходной балке. Средние напряжения $\sigma_{(j)}$ ($j = 1, k$) в слоях различные, но должны соответствовать диаграмме сжатия бетона, причем $\sigma_{(1)} = R_b$ (см. рис. 1). Это позволяет при заданной схеме нагрузки q определить коэффициенты α_{qj} , например, при равномерно распределенной по всей длине балки нагрузке

$$\alpha_{qj} = \alpha_{q1} \cdot \frac{\sigma_{u(j)}}{R_b} \cdot \frac{h_j}{h_1} \cdot \frac{1 - \left(\sum_{s=1}^{s=j} h_s - 0,5h_j \right) / h_0}{(1 - a_j / l_p)^2 (1 - 0,5h_1 / h_0)}, \quad (1)$$

где $\sigma_{u(j)}$ — по диаграмме сжатия (не зависит от высоты x_m сжатой зоны);

α_{q1} — из условия $\sum_{j=1}^k \alpha_{qj} = 1$;

$l_p = L/2$ (L — длина пролета балки);

в случае непрямоугольного сечения множитель h_j/h_1 заменяется на отношение площадей сечений j -го и 1-го слоев-арок A_j/A_1 .

При найденных таким образом напряжениях $\sigma_{(j)}$ на контактных поверхностях арок имеют место разрывы (скачки) $\Delta\sigma_{(j)}$ вследствие неучета тангенциальных условий совместности деформаций смежных слоев. Используя эти условия для уточнения распределения нормальных напряжений, учтем влияние сдвига, введя модель сосредоточенных сдвигов по поверхностям контакта слоев, аналогичную схеме проф. А.Р. Ржаницына для многослойных стержней со связями сдвига. Данная модель при конечной сдвиговой жесткости слоев дает зигзагообразную результирующую эпюру нормальных напряжений в сечении с трещиной (рис. 2, в).

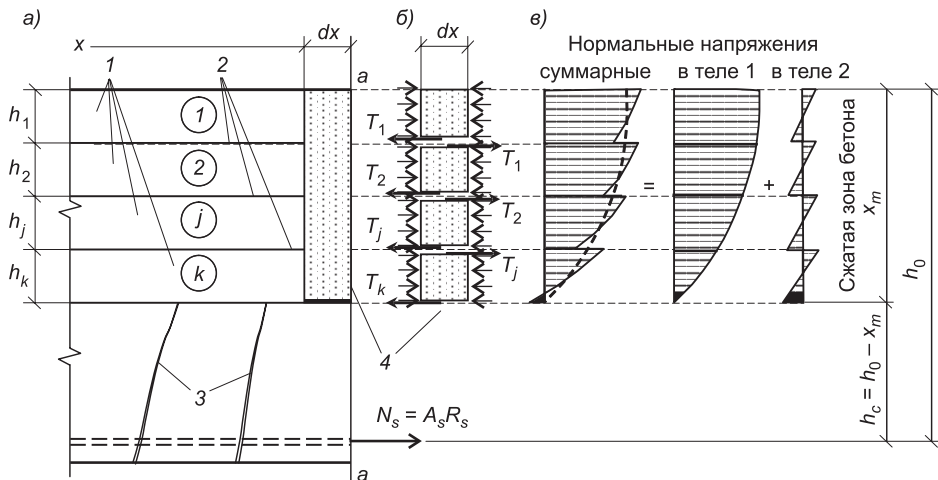


Рис. 2. Расчетная схема и напряжения в области наибольших изгибающих моментов в балке a — фрагмент арочной модели арки: 1 — арки; 2 — контактные поверхности слоев; 3 — трещины; 4 — М-образец; б — послойно-элементная модель М-образца; в — эпюры напряжений в сжатой зоне бетона

С увеличением числа слоев k скачки эпюры становятся меньше, а при $k \rightarrow \infty$ исчезают. При любом k выявленное окончательное распределение нормальных напряжений σ учитывает вызванную сдвигом деформацию сечения сжатой зоны бетона. Заметим, что при бесконечно большой жесткости при сдвиге (влияние сдвига игнорируется) разрывы в найденных напряжениях σ отсутствуют — это решение отвечает гипотезе Бернулли. Такой же результат получается для областей чистого изгиба балки — при отсутствии (или пренебрежимой малости) поперечных сил.

Характеристики сдвиговой податливости контактных поверхностей определяются по параметрам слоев — для решения этой задачи воспользуемся методикой, разработанной ранее для расчетов неупругого термодеформирования многоярусных железобетонных конструкций [3, 4] и основанной на модели многослойного М-образца (в декартовых координатах — в виде многослойной призмы по рис. 2, а, б). Применение М-образца для рассматриваемой балки требует корректировки условий в соответствии с моделью силовых воздействий.

Примем следующие положения формирования М-образца:

1. Стороны М-образца ограничены линиями ортогональной сети, параллельными направлениям координатных осей.

2. Поверхности М-образцов системы, примыкающих друг к другу, обладают признаками совместности.

3. Симметричная обобщенная физическая модель М-образца — элементарная многослойная призма, состоящая из блоков $dx \times dy \times h_j$ (или $dx \times b \times h_j$, где b — ширина прямоугольного сечения балки). В объеме конструктивного элемента (балки) блоки М-образца соединены посредством континуальных связей, наделенных определенными механическими свойствами.

4. Предельное состояние М-образца формулируется в соответствии с принципами механики твердого деформируемого тела.

5. В окрестности сечения «а-а» (см. рис. 2) сжатая область расчетной арки представляется как система двух тел: 1-е — без учета взаимодействия по контактным поверхностям слоев-арок (см. рис. 1) и 2-е — из слоев, связанных друг с другом условиями совместности перемещений на поверхностях контакта. Аналогичные составляющие выделяются и в М-образце. Компоненты тензоров напряжений 1-го и 2-го тел должны удовлетворять уравнениям равновесия, совместности деформаций и граничным условиям на поверхности М-образца.

Считается, что пластические деформации возникают только в контактных связях элементов 2-го тела М-образца, тогда как в самих элементах предельное состояние может не наступить.

6. Расчленение М-образца на два тела преследует следующие цели:

— сформулировать граничные условия на поверхностях контакта достаточно простыми средствами;

— образовать эквивалентные системы из элементов 1-го и 2-го тел;

— упростить решение краевой задачи, используя принцип суперпозиции НДС составляющих тел.

Применяя подход, разработанный для решения задач термодеформирования двумерных систем [2, 3], к расчету одномерной конструкции (балки) при силовом воздействии — нагрузке q (разделяемой на компо-

ненты q_1 и q_2 , приложенные к 1-му и 2-му телам), функцию температуры T рассматриваем как фиктивную. Уравнения изгиба для 1-го и 2-го тел:

$$\omega_\alpha^{IV} = -\frac{q_\alpha}{D_\alpha}, \quad \alpha = 1, 2. \quad (2)$$

Действительные жесткости для двух тел D_1, D_2 определяются обычным образом после появления трещин в растянутой зоне:

$$\text{для 1-го тела} \quad D_1 = \frac{h_0 - h_c}{\beta_1}, \quad (3)$$

$$\text{где } \beta_1 = \frac{\Psi_b}{E_b W_b}; \quad W_b = \frac{b(h_0 - h_c)^2}{6};$$

$$\text{для 2-го тела} \quad D_2 = \frac{\sum_{j=1}^k h_j}{\beta_2}, \quad (4)$$

$$\text{где } \beta_2 = \frac{\Psi_b}{E_b \sum_{j=1}^k W_{bj}}, \quad \sum_{j=1}^k W_{bj} = \frac{b \sum_{j=1}^k h_j^2}{6}.$$

В монографии [3] для двумерной задачи получены зависимости фиктивных температур T_1 и T_2 для 1-го и 2-го тел от соответствующих составляющих q_1 и q_2 фактической нагрузки

$$-\alpha_t \nabla^2 T_1 = \frac{q_1}{D_1}; \quad -\alpha_t \nabla^2 T_2 = \frac{q_2}{D_2}, \quad (5)$$

$$\text{а также уравнение} \quad \nabla^2 \omega_2 \cdot \frac{G_{cp}(1+\nu)}{E \cdot \Omega} = \nabla^4 \omega_2, \quad (6)$$

где $G_{cp} = (G_x + G_y)/2$; Ω — коэффициент, определенный в [3] (формула (3.20)).

Компоненты q_1 и q_2 нагрузки q пропорциональны жесткостям 1-го и 2-го тел:

$$q_\alpha = q \cdot \frac{D_\alpha}{(D_1 + D_2)}, \quad \alpha = 1, 2. \quad (7)$$

Из соотношений (2)–(7) получено дифференциальное уравнение относительно фиктивного прогиба ω_2 балки как одномерной системы:

$$\omega_2^{IV} \cdot \frac{G_{cp}(1+\nu)}{E_q \Omega} - \frac{q \left(\frac{D_2}{(D_1 + D_2)} - 1 \right)}{D_1} = 0. \quad (8)$$

В [3] показано, что функция ω_2 фиктивных прогибов дает напряжения в элементах 2-го тела.

Напряжения, действующие на противоположных гранях М-образца, не равны между собой и имеют приращения. Эпюра нормальных напря-

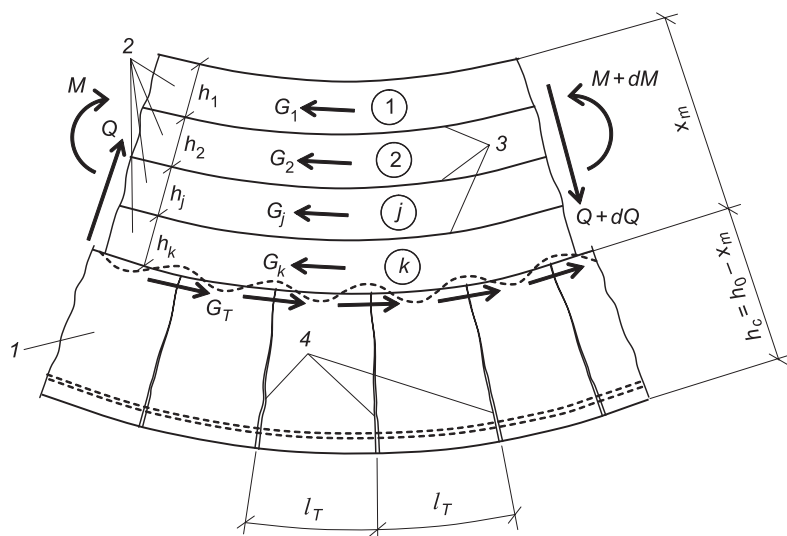


Рис. 3. Сдвигающие усилия в слоях G_1, G_2, \dots, G_k и в нейтральном слое G_T после образования трещин

1 — зона растяжения в изгибаемом элементе; 2 — сжатые элементы арки; 3 — контактные поверхности арок; 4 — трещины

жений имеет «пилообразный» характер (см. рис. 2, в) вследствие наличия сдвигов в связевых слоях. На основании принципа суперпозиции эпюра представлена как сумма двух эпюр.

На рис. 3 показано распределение сдвигающих усилий G_1, G_2, \dots, G_k в слоях по высоте сжатой зоны бетона и в растянутой зоне G_T после образования трещин.

Условие равновесия сдвигающих усилий (см. рис. 3):

$$\sum_{j=1}^k G_j = G_T. \quad (9)$$

Усилие G_T можно выразить через жесткость слоя высотой $h_c = h_0 - x_m$:

$$G_T = \frac{4}{h_c^2 l_T} \cdot \frac{1}{\left(\frac{h_c}{3B_T}\right)}, \quad (10)$$

где $B_T = \frac{E_s}{\psi_s W_s h_c}$ — жесткость в растянутой зоне железобетонного сечения при изгибе; l_T — шаг трещин.

Из (9) и (10) следует

$$\sum_{j=1}^k G_j \cdot h_c^3 l_T = 12 B_T, \quad (11)$$

откуда находится искомое значение высоты сжатой зоны бетона $x_m = h_0 - h_c$ с учетом трещин и жесткости в сечениях балки:

$$x_m = h_0 - \sqrt{\frac{12 B_T}{l_T \sum_{j=1}^k G_j}} \quad (12)$$

при условии, что $\frac{x_m}{h_0} \leq \xi_R$.

Выводы. 1. Получена уточненная эпюра сжимающих напряжений изгибаемого железобетонного элемента с учетом деформаций сдвигов при трещинах в растянутой зоне.

2. Использование представлений о распределении главных сжимающих напряжений по схеме условных арок в балочных железобетонных конструкциях позволяет найти высоту сжатой зоны бетона с учетом действительной эпюры сжатия бетона, не прибегая к условным прямоугольным эпюрам напряжений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kani, G.N.J. A rational theory for the function of web reinforcement [Текст] / G.N.J. Kani // ACI journal. — 1969. — N 66–18. — P. 185–197.
2. Митасов, В.М. Напряженно-деформированное состояние железобетонных балок с организованными трещинами [Текст] / В.М. Митасов, В.В. Адищев, Н.С. Пичкурова // Вестник РААСН. — 2008. — Т. 1, № 13. — С. 222–227.
3. Пантелеев, Н.Н. Нелинейные расчетные модели термдеформирования многоярусных систем зданий и сооружений [Текст] / Н.Н. Пантелеев. — Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2003. — 164 с.
4. Пантелеев, Н.Н. Расчетные модели термдеформирования многоярусных систем зданий и сооружений при строительстве без температурно-усадочных швов : автореф. дис. ... д-ра техн. наук [Текст] / Н.Н. Пантелеев. — Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 1995. — 50 с.

*ПАНТЕЛЕЕВ Николай Николаевич, д-р техн. наук, проф.; E-mail: 170-171@mail.ru
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет
(Сибстрин)*

*МИТАСОВ Валерий Михайлович, д-р техн. наук, проф.; E-mail: mitassov@mail.ru
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет
(Сибстрин)*

*ЛОГУНОВА Мария Александровна, канд. техн. наук; E-mail: m-nblack@yandex.ru
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет
(Сибстрин)*

*СЕБЕШЕВ Владимир Григорьевич, канд. техн. наук, проф.; E-mail: sebeshev@sibstrin.ru
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет
(Сибстрин)*

Получено 17.08.13

Panteleyev Nikolay Nikolayevich, doctor of technical sciences, professor; E-mail: 170-171@mail.ru, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Russia

Mitasov Valery Mikhailovich, doctor of technical sciences, professor; E-mail: mitassov@mail.ru, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Russia

Logunova Mariya Alexandrovna, candidate of technical sciences; E-mail: m-nblack@yandex.ru, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Russia

Sebeshev Vladimir Grigorievich, candidate of technical sciences, professor; E-mail: sebeshev@sibstrin.ru, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Russia

ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE BEAMS WITH APPLICATION OF NEW DEFORMATION MODELS

The alternative approach to analysis of the stress-strain state of reinforced concrete beams in areas of the greatest bending moments is offered. The multilayered arch model is used,

allowing to define stresses in cross sections with cracks with the account of the deviations from plane sections, caused by shear. The technique similar before developed for decision the problems of non-elastic thermodeformation of many-tier reinforced concrete structures is applied.

Key words: reinforced concrete beams, trajectories of stresses, multilayered model, shear, deviation from plane section, cracks.

REFERENCES

1. Kani, G.N.J. A rational theory for the function of web reinforcement [Text] / G.N.J. Kani // ACI journal. — 1969. — N 66-18. — P. 185-197.
2. Mitasov, V.M. Stress-strain state of reinforced concrete beams with organized cracks [Text] / V.M. Mitasov, V.V. Adishchev, N.S. Pichkurova // Bulletin of RAASN. — 2008. — Vol. 1, N 13. — P. 222-227.
3. Panteleyev, N.N. Nonlinear design models of thermodeformation of many-tier systems of buildings and constructions [Text] / N.N. Panteleyev. — Novosibirsk : NSUACE (Sibstrin), 2003. — 164 p.
4. Panteleyev, N.N. Design model of thermodeformation of many-tier systems of buildings and constructions at building without temperature-shrinkable seams : Dr. Sci. Eng. thesis' abstract [Text] / N.N. Panteleyev. — Novosibirsk : NSUACE (Sibstrin), 1995. — 50 p.

ГИДРОФОБНАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ, КОНСТРУКЦИЙ И ИЗДЕЛИЙ

Гидрофобизация — один из наиболее эффективных способов предотвращения поглощения материалом воды.

В НГАСУ (Сибстрин) на кафедре строительных материалов и спецтехнологий разработаны новые виды гидрофобизаторов на основе кремнийорганических соединений (силанов, силоксанов), обладающих способностью химически взаимодействовать с поверхностью покрываемых изделий благодаря наличию активных функциональных групп и технологии гидрофобной обработки различных строительных материалов.

В РЕЗУЛЬТАТЕ ГИДРОФОБНОЙ ОБРАБОТКИ ОБЕСПЕЧИВАЕТСЯ:

- снижение поглощения воды поверхностью материала в 5–20 раз;
- повышение водо-, воздухо-, морозостойкости материалов в 5–10 раз;
- увеличение срока эксплуатации материалов, конструкций и в целом зданий и сооружений;
- увеличение сроков между ремонтами в 2–10 раз;
- сохранение и улучшение на 10–30 % теплотехнических характеристик ограждающих конструкций;
- улучшение внешнего вида зданий за счет устранения мокрых пятен, высолов, отслоения защитно-отделочных покрытий;
- предотвращение промокания и промерзания стыков, образования плесени;
- уменьшение капиллярного подсоса грунтовых вод.

При этом на длительный срок обеспечиваются гидрофобные свойства, не изменяется внешний вид и сохраняется воздухопроницаемость материалов стеновых конструкций.

Применение гидрофобизаторов требует соблюдения технологии. Оптимальные расход гидрофобизатора, концентрация рабочего раствора и способ обработки должны подбираться для конкретного материала индивидуально. По этим вопросам на кафедре можно получить исчерпывающую информацию.

На современном этапе развития строительной отрасли эти передовые технологии должны быть в арсенале любой строительной и ремонтно-строительной организации.

Разработчик ЕРШОВА Светлана Георгиевна

630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

E-mail: ntio@sibstrin.ru

Internet: www.sibstrin.ru

Тел./факс: (383) 266-28-89

ПРАВИЛА ПОДГОТОВКИ РУКОПИСИ¹

1. К рукописи, представляемой в редакцию на русском языке, необходимо приложить:
— *сопроводительное письмо* руководства организации, откуда исходит рукопись;

к сопроводительному письму должна быть приложена гарантия оплаты публикации статьи² за подписью автора или руководителя представляющей статью организации. Плата за публикацию статей аспирантов не взимается. Гарантийное письмо не требуется, если статья представляется организацией, осуществляющей целевые взносы на издание нашего журнала;

— *рекомендацию* соответствующей кафедры вуза (заверенную выписку из протокола заседания кафедры);

— *экспертное заключение* о возможности опубликования, оформленное в организации, откуда исходит рукопись;

— *разрешение* Роспатента на открытую публикацию материалов по заявке на изобретение.

2. Рукопись должна готовиться на компьютере в программе Microsoft Word и представляться в редакцию распечатанной в двух экземплярах, с приложением ее записи на CD (3", 5").

Текст рукописи набирают шрифтом Times New Roman Cyr размером 14 пт. с межстрочным интервалом 1,5. Объем рукописи — до 10 страниц. Обязательна нумерация страниц.

3. Порядок оформления статьи (см. макет статьи на Internet-сайте журнала):

— индекс УДК;

— инициалы, фамилии авторов;

— название статьи;

— аннотация (объемом до 0,3 страницы текста);

— ключевые слова;

— текст статьи;

— библиографический список не более четырех ссылок (при большем количестве их следует оформлять по ГОСТ Р 7.0.5–2008);

— сведения об авторах: *фамилии, имена, отчества (полностью), ученые степени, звания* (звания в негосударственных академиях наук и почетные звания не указывать); наименование учреждений, в которых работают авторы, на русском и *английском языках*;

— почтовые адреса, телефоны и *e-mail авторов*;

— *название статьи на английском языке*;

— *аннотация на английском языке*;

— *ключевые слова на английском языке*;

— *библиографический список на английском языке*.

4. На полях рукописи указываются места рисунков и таблиц (вставлять их в текст не нужно — это делается при верстке).

Статья должна быть тщательно отредактирована и подписана всеми авторами (с указанием даты отправки статьи).

5. Иллюстрации представляются в редакцию в виде файлов, созданных в программах CorelDraw или Microsoft Word, записанных с расширением *.cdr (предпочтительно) или *.doc, фотографий — TIFF или JPEG. Надписи и цифры набирать шрифтом Arial. Линии чертежа — не тоньше 1 пт. Иллюстрации, в том числе фотографии, должны быть черно-белыми с хорошей проработкой деталей.

Рисунки должны быть выполнены так, чтобы их можно было отредактировать (внести изменения, исправления, т.е. изменить шрифт, исправить возможные орфографические ошибки).

Иллюстрации должны быть распечатаны в двух экземплярах, с подписями к ним. Размер иллюстрации не должен превышать 20×30 см, их общее число, как правило, не более 4.

6. Таблицы печатаются каждая на отдельном листе. Все наименования в них даются полностью, без сокращения слов.

7. Формулы следует набирать на компьютере шрифтом Times New Roman размером 14 пт. Русские и греческие буквы и индексы, а также цифры, аббревиатуры и стандартные функции (Re, cos и др.) набираются прямым шрифтом. Латинские буквы набирать курсивом. Во избежание смешения сходных изображений прописных и строчных букв (*V* и *v*, *S* и *s*, *O* и *o*, *K* и *k* и др., а также трудноразличимых букв и символов: *l*, *e* и *1* (цифра), *n* и *п*, *I* и *J* и т.п.) пояснения в необходимых случаях выполняются простым карандашом на полях. В статье должен быть необходимый минимум формул. Все второстепенные и промежуточные математические преобразования выносятся в приложение к статье (для рецензента).

¹ С дополнениями в соответствии с требованиями ВАК (выделены п/ж курсивом).

² На 2013 г. — из расчета 750 р. за 1 журнальную страницу.

(Окончание правил)

8. Следует применять физические величины, обозначения и единицы измерения в системе СИ(SI).

9. В библиографический список включаются только те работы, которые опубликованы в печати, составленные в соответствии с ГОСТ 7.80–2000, ГОСТ 7.1–03.

Примеры оформления можно найти на Internet-сайте НГАСУ (Сибстрин) по адресу www.sibstrin.ru и www.izvuzstr.sibstrin.ru

10. Если статья была или будет направлена в другое издание, или же была ранее опубликована, необходимо обязательно сообщить об этом редакции. Материалы уже публиковавшихся работ к рассмотрению не принимаются.

11. Рецензентов для статей редакция назначает по своему усмотрению. При доработке статьи после рецензии на первой странице указываются ее редакционный номер, число, месяц, год и пометка «рукопись после доработки». Доработанную статью необходимо присылать в двух экземплярах с приложением ее записи в электронном виде. К доработанной рукописи обязательно прикладывать ответы на все замечания рецензента. Датой поступления статьи считается получение редакцией ее окончательного текста.

12. Рукописи, не принятые к опубликованию, авторам не высылаются. Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения текста рукописей. *Корректурa статей авторам не представляется.*

13. Гонорар за опубликованные статьи не выплачивается.

14. Рукописи, не удовлетворяющие изложенным требованиям, отправляются авторам на доработку, что замедляет срок их опубликования.

ПРИНИМАЕТСЯ ПОДПИСКА

на 2-е полугодие 2013 г.

НА НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

«СТРОИТЕЛЬСТВО»

Журнал имеет разделы

Строительные конструкции
Теория инженерных сооружений
Строительные материалы и изделия
Экономика и организация строительства
Автоматизация и технология строительного производства
Гидротехническое строительство
Санитарная техника

Строительство автомобильных дорог и мостов
Строительные и дорожные машины
Научные проблемы архитектуры и экологии
Научно-методический
В лабораториях вузов
Внедрение научных достижений в производство
Научная информация

Каталожная цена за 6 месяцев — 2100 р.

Цена отдельного номера — 350 р.

Подписка принимается с любого месяца без ограничения всеми агентствами Роспечати и отделениями связи. Индекс 70377.

ББК 38
И 33
УДК 69

Научное издание

**Известия вузов
СТРОИТЕЛЬСТВО**

№ 10 (658) 2013

Научно-теоретический журнал

Редакторы: *С.М. Погудина, Н.И. Коновалова*

Технический редактор *Н.М. Макаренко*

Компьютерная верстка *Р.Г. Усова*

Корректор *Г.И. Шведкина*