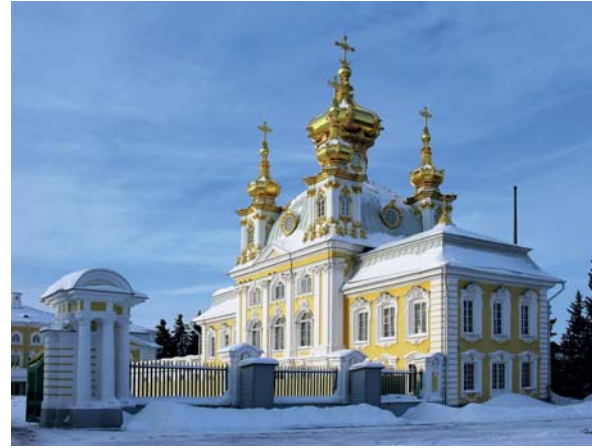


СОБЫТИЯ И ФАКТЫ 4**ФАСАДЫ***Асаматдинов М. О., Пятаев Е. Р., Румянцев Г. Б., Сазонова Ю. В.***ИННОВАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ПОКРЫТИЙ 10***Показано, что с помощью известковых красок на подходящей подложке при правильно подобранной рецептуре и правильной покраске можно получить достаточно долговечное фасадное покрытие.***РАСЧЕТЫ***Кирсанов М. Н.***ФОРМУЛЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЖЕСТКОСТИ, ПРОЧНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ШПРЕНГЕЛЬНОЙ ФЕРМЫ 16***Получены аналитические зависимости прогиба и усилий в наиболее сжатых и растянутых элементах плоской статически определимой фермы. Для определения усилий в стержнях использована программа, написанная на языке символьной математики Maple. Найдена асимптота решения, доказывающая наличие экстремальной точки на кривой прогиба.***РЕНОВАЦИЯ***Марков С. В., Старостин А. Р., Курбатов В. Л.***К ВОПРОСУ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА КИРПИЧНЫХ МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ В ГОРОДЕ МОСКВЕ 21***Рассмотрены и проанализированы технические процессы, выявленные при обследовании девятиэтажного жилого дома в городе Москве. Даны предложения для устранения выявленных дефектов.***СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ***Фоменко Н. А., Бурлаченко О. В., Алексиков С. В., Фетисов Ю. М.***ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ЗАТВОР ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ГИДРОПРИВОДА СТРОИТЕЛЬНО-ДОРОЖНЫХ МАШИН 26***Предлагается конструкция гидравлического затвора исполнительного механизма системы защиты гидропривода строительно-дорожных машин. Основой технического решения является разработка механизма блокировки утечки рабочей жидкости в пространство между упором и мембраной газовой камеры исполнительного механизма системы защиты гидропривода строительно-дорожных машин. Газовая камера выполняет функцию гасителя энергии гидравлического удара, возникающего при срабатывании запорного устройства.**Богачев А. П.***ИННОВАЦИОННЫЙ СМЕСИТЕЛЬ ДЛЯ СМЕШИВАНИЯ ЖИДКИХ И ВЯЗКИХ МАТЕРИАЛОВ 33***Описано изобретение, которое может быть использовано для смешивания жидких и вязких материалов.***ФУНДАМЕНТЫ***Шмидт О. А.***АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ НАТУРНЫХ БУРОВЫХ СВАЙ В ГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ ПРИ ПОВТОРНОМ НАГРУЖЕНИИ 36***В настоящей статье проведен анализ результатов статических испытаний 16 натуральных буровых свай при их повторном нагружении. В результате статистической обработки результатов установлено увеличение приведенного модуля деформации основания свай при повторном и третьем нагружениях.***ОБЩИЕ ВОПРОСЫ***Попова М.Б.***ТИПОВОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО 41***История развития типового проектирования при строительстве жилых зданий в России.*

ПРОЕКТ НОМЕРА

Ушатюк Г. Д.

ПАРОМНЫЙ ТЕРМИНАЛ В СЕУЛЕ..... 46

Бельгийский архитектор Винсент Каллебо, вдохновленный гиперболическими формами скала манты, представил новый проект для Сеула – эко-ориентированный паромный терминал на воде. Терминал планируется построить над водой, поддерживаемый серией опор на сваях. Вокруг комплекса и на его крыше обустраивают традиционные для Винсента зеленые сады и газоны. Посетители комплекса смогут любоваться видом на реку Хан и остров Yeouido.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

Ковалева А. С.

ПРОЕКТНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ С СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКОЙ
ПРИ РАЗРАБОТКЕ 25-ЭТАЖНОГО ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА
ДЛЯ КРЫМСКОГО РАЙОНА ГОРОДА СЕВАСТОПОЛЯ 58

В научно-проектном исследовании рассмотрены вопросы энергоэффективности, возобновляемых источников энергии, а также экологии. В современном мире вопрос экологии стоит как никогда остро. Приведены проектные расчеты и сравнение вариантов проектных решений по использованию полученной фотоэлектрическими элементами энергии для освещения подземной автостоянки жилого высотного комплекса.

ГОРОД БУДУЩЕГО 66

Сегодня для одного из новейших российских наукоградов под Казанью – Иннополиса, создается современная интеллектуальная система электроснабжения. Она обеспечит прозрачность и экономию энергопотребления, повысит надежность и удобство эксплуатации сети. Поставщиком «умного» оборудования для реализации проекта стала компания Schneider Electric.

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ

Гаши Е. Г.

ЛАБИРИНТЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ..... 70

Прошло почти девять лет со времени разворота новейшей государственной политики на путь повышения энергоэффективности. Все началось с установления целевых показателей и принятия требований, способствующих переходу энергоемких отраслей экономики к энергосбережению. Однако просчитанные на бумаге проекты не всегда воплощаются в действительность без изменений. Реальность вносит свои коррективы. Попытаемся проанализировать, чего мы достигли за этот период и какие совершили ошибки.

ИНФОРМАЦИЯ О ПОДПИСКЕ 76



ЛАУРЕАТ ПРЕМИИ
РОССИЙСКИЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ
ОЛИМП

Всероссийский ежемесячный
отраслевой журнал
**«Строительство:
новые технологии –
новое оборудование»**
№ 8 (163) 2017

Журнал зарегистрирован Министерством
Российской Федерации по делам печати,
телерадиовещания и средств массовых
коммуникаций.

Свидетельство о регистрации
ПИ № 77–15422 от 15.05.2003

Учредитель:

Региональная благотворительная
общественная организация инвалидов
и пенсионеров «Просвещение» (109180,
г. Москва, ул. Малая Полянка, д. 8)
Журнал издается под эгидой Международной
академии строительства, архитектуры
и дизайна

Журнал является членом Комитета ТПП РФ
по предпринимательству в сфере
строительства.

Издатель:

© Издательский Дом «Панорама»
127015, г. Москва, Бумажный проезд,
д. 14, стр. 2, подъезд 3, а/я 27
<http://www.panor.ru>

Генеральный директор ИД «Панорама» —
Председатель Некоммерческого фонда
содействия развитию национальной культуры
и искусства

К. А. Москаленко

Издательство «СТРОЙИЗДАТ»

Почтовый адрес: 125040, Москва, а/я 1
www.stroyizdat.com, e-mail: bukin@panor.ru

Главный редактор
Д. Воскресенский

Редакция журнала выражает надежду,
что читатели, специалисты строительства
и промышленности строительных
материалов продолжат или
оформят вновь подписку на наш
журнал, а также установят или
разовьют взаимовыгодное деловое
сотрудничество с организациями
и фирмами, любезно предоставившими
свои материалы для публикации
в этом номере журнала.

Журнал распространяется
через каталог ОАО «Агентство „Роспечать“»,
Объединенный каталог «Пресса России»,
«Каталог периодических изданий». Газеты и журналы» агентства «Урал-Пресс»
(индекс на полугодие — 82769)
и «Каталог российской прессы»
(индекс на полугодие — 16611),
а также путем прямой редакционной подписки.

Отдел подписки

Тел./факс: 8 (495) 274-2222 (многоканальный)
E-mail: podpiska@panor.ru

Отдел рекламы

Тел.: 8 (495) 274-2222 (многоканальный)
E-mail: reklama@panor.ru

Подписано в печать 9.06.2017 г.

Отпечатано в типографии
ООО «Вива-Стар», 107023, Москва,
ул. Электровзводская, д. 20, стр. 3

Установочный тираж 5100 экз.

Цена свободная.

**Приглашаем авторов к сотрудничеству.
Статьи, консультации и комментарии
в журнале публикуются
на безвозмездной основе.**

УДК 624.041.1

ФОРМУЛЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЖЕСТКОСТИ, ПРОЧНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ШПРЕНГЕЛЬНОЙ ФЕРМЫ

М. Н. Кирсанов,*д-р физ.-мат. наук, профессор, НИУ «МЭИ», г. Москва*

Получены аналитические зависимости прогиба и усилий в наиболее сжатых и растянутых элементах плоской статически определимой фермы. Для определения усилий в стержнях использована программа, написанная на языке символической математики Maple. Найдена асимптота решения, доказывающая наличие экстремальной точки на кривой прогиба.

Ключевые слова: ферма, прогиб, точная формула, асимптота, усилия в стержнях, индукция.

Расчет и проектирование ферменных конструкций с большим числом элементов, как правило, обычно производят в специализированных пакетах, основанных на методе конечных элементов. Несмотря на сравнительную простоту работы с этими пакетами и их универсальность, отметим, что в последнее время для расчетов строительных конструкций все больше используются аналитические (формульные) решения. Это связано в основном с развитием систем компьютерной математики (Mathematica, Maple, Maxima). Имеются расчеты плоских [1–15] и пространственных [16] ферм с использованием метода индукции, позволяющего получать решения, зависящие от числа панелей. Последнее открывает широкие возможности для точного (в пределах модели) расчета больших и сверхбольших проектируемых пролетов, именно тех, где стандартные и, вроде бы хорошо апробированные, численные пакеты дают погрешности, связанные с накоплением ошибок округления. Наиболее эффективны задачи о прогибе регулярных конструкций, решение

которых зависит от одного (или более [17]) натурального параметра – числа ячеек периодичности. Именно такая ферма шпренгельного типа рассматривается ниже.

ПРОГИБ

Ферма на рис. 1 представляет собой плоскую балочную ферму, усиленную шпренгельными элементами. Нагрузка равномерно распределена по узлам нижнего пояса. В первом приближении стержни принимаются одинаковой площади сечения, узлы – идеальными шарнирами. В ферме, имеющей n ячеек периодичности, содержится $10n - 2$ узел и $m = 20n - 4$ стержень.

Ставя конечной целью получение общей формулы зависимости прогиба от числа панелей, необходимо получить сначала расчет усилий в стержнях в аналитической (символьной) форме. В программе [18] предлагается общий алгоритм такого решения в системе Maple. Для этого необходимо пронумеровать стержни и узлы (рис. 2), определить координаты всех узлов и структуру соединения стержней и узлов.

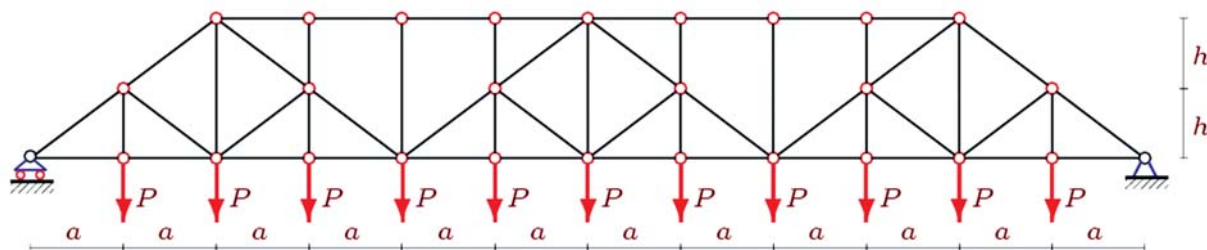


Рис. 1. Ферма с тремя ячейками периодичности, $n = 3$

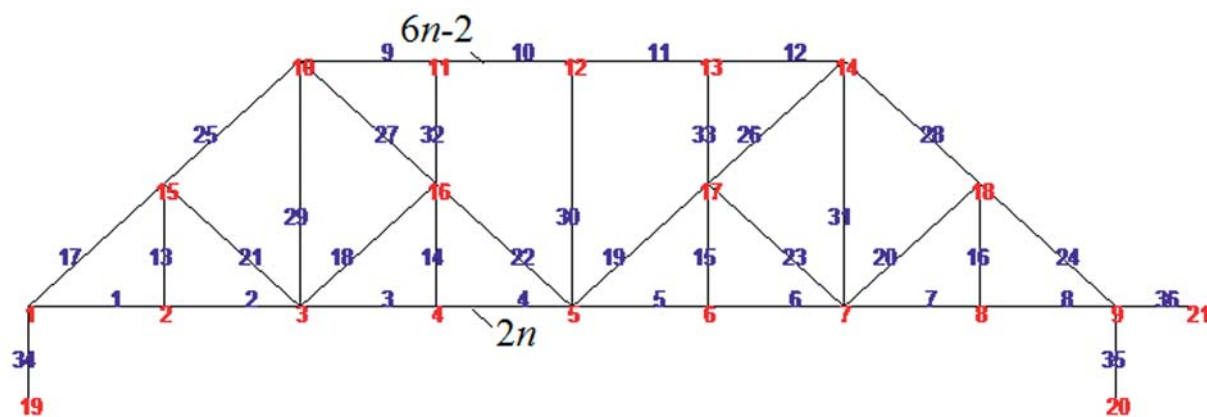


Рис. 2. Нумерация стержней и узлов, $n = 2$

Приведем фрагмент программы, задающей координаты шарниров. Начало координат располагается в левой подвижной опоре:

```
> for i to 4*n+1 do
> x[i]:=a*(i-1); y[i]:=0;
> od:
> for i to 4*n-3 do
> x[i+4*n+1]:=a*i+a; y[i+4*n+1]:=2*h;
> od:
> for i to 2*n do
> x[i+8*n-2]:=2*a*i-a; y[i+8*n-2]:=h;
> od:
```

В программу также вводится структура решетки в виде условных векторов **N**, содержащих номера концов стержней. Так кодируются, например, нижний пояс, а затем прямолинейная часть верхнего:

```
> for i to 4*n do N[i]:=[i,i+1];od:
> for i to 4*n-4 do N[i+4*n]:=
    [i+4*n+1,i+4*n+2];od:
```

Матрица системы уравнений равновесия узлов (всех кроме трех на «земле») состоит из направляющих косинусов усилий, вычисляемых по данным координат узлов и векторам структуры. Решение системы уравнений в символьной форме требует значительно больших вычислительных ресурсов и времени, особенно для больших чисел панелей. Именно поэтому для получения конечной формулы применяется метод индукции, дающий возможность по ряду решений задачи о прогибе ферм с малым числом панелей обобщить решение на произвольное их число. Для вычисления прогиба используется формула Максвелла – Мора в виде

$$\Delta = \sum_{i=1}^{m-3} \frac{S_i s_i l_i}{EF},$$

где S_i – усилия в стержнях фермы от действия распределенной нагрузки; s_i – усилия от единичной вертикальной нагрузки в среднем узле с номером $2n + 1$ нижнего пояса; l_i – длины стержней; E – модуль упругости; F – площадь сечения стержней. Три опорных стержня, ко-

торые приняты жесткими, в сумму не входят. Показано, что общий вид формулы для прогиба ферм с разным числом панелей отличается только значениями коэффициентов и имеет следующий вид:

$$EF\Delta = P \frac{Aa^3 + Cc^3 + Dh^3}{2h^2}, \quad (1)$$

где $c = \sqrt{a^2 + h^2}$. Методом индукции с использованием оператора **rgf_findrecur** пакета **genfunc** системы Maple для вывода рекуррентного уравнения, которому удовлетворяют члены последовательностей коэффициентов, и оператора **rsolve** для нахождения решений этих уравнений получены следующие выражения для коэффициентов

$$A = \frac{20n^4 + 10n^3 - 3(-1)^n + 3}{6};$$

$$C = \frac{8n^2 + 1 - (-1)^n}{2};$$

$$D = 4(1 - (-1)^n).$$

Проверку решений, найденных по конечному и небольшому числу решений, можно выполнить численно. Малое число аналитических решений, по которым строятся анализируемые последовательности, связано с ограниченностью ресурсов компьютера и низкой скоростью символьных преобразований. Численные же решения выполняются практически мгновенно, поэтому их можно использовать при весьма большом числе панелей и одновременно проверить погрешность этих вычислений.

Построим зависимость (1) для случая фермы с фиксированной длиной пролета $L = 4an$ и фиксированной нагрузкой $P_{sum} = (4n - 1)P$. На рис. 3 представлены кривые безразмерного прогиба

$$\bar{\Delta} = \frac{\Delta EF}{(LP_{sum})}.$$

при $L = 120$ м и трех значениях высоты фермы. С ростом числа панелей в пролете L (и одновременно с уменьшением длины панели a) прогиб

падает. Однако это падение не бесконечно. Об этом свидетельствует предел

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\bar{\Delta}}{n} = \frac{h}{2L} > 0,$$

указывающий, что кривые имеют асимптотический рост. Длина панели a на графике (рис. 3) меняется от нереально большой величины 30 м, до почти стандартного размера 3 м. Минимум прогиба, теоретически существующий в данной задаче, весьма не выразителен и практического смысла почти не имеет. На меньших пролетах ($L = 30$ м) экстремум выражается заметно ярче (рис. 4). Более того, на кривой $h = 3$ м при $4 < n < 6$ можно рассмотреть небольшой всплеск, дающий локальный экстремум. Такие всплески и скачки, более свойственные решетчатым фермам, есть следствие «мигающих» слагаемых с множителем $(-1)^n$ в коэффициентах A, B, C формулы (1).

УСИЛИЯ В КРИТИЧЕСКИХ СТЕРЖНЯХ

Найденное аналитическое решение для усилий во всех стержнях позволяет выявить наиболее сжатые и растянутые стержни и методом индукции получить соответствующие формулы. Очевидно, самый растянутый (усилие больше нуля) будет стержень с номером $2n$ в середине нижнего пояса (см. рис. 2), а самый сжатый при такой нагрузке располагается в верхнем поясе и имеет номер $6n - 2$. Опуская выкладки, выпишем формулы для усилий в этих стержнях:

$$S_{2n} = \frac{Pa(2n^2 - (-1)^n)}{2h};$$

$$S_{6n-2} = \frac{-Pa(2n^2 + (-1)^n - 1)}{2h}.$$

Для расчета устойчивости и прочности конструкции эти формулы будут необходимы.

ВЫВОДЫ

Рассмотренная схема фермы допускает точные решения для прогиба и усилий в от-

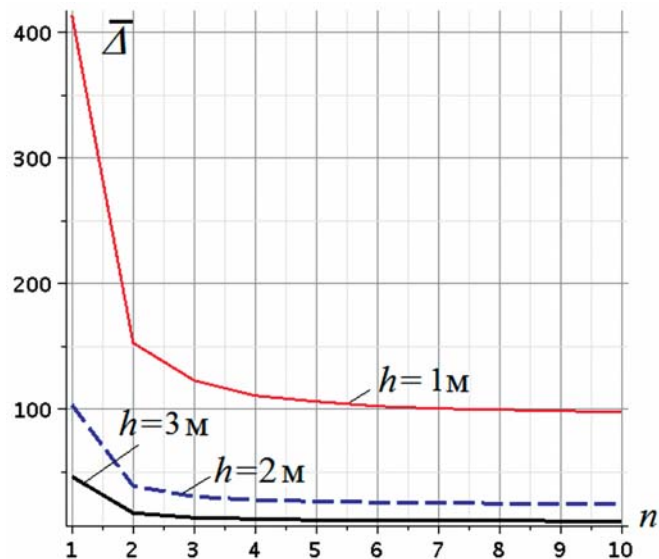


Рис. 3. Зависимость прогиба от числа панелей $L = 120$ м

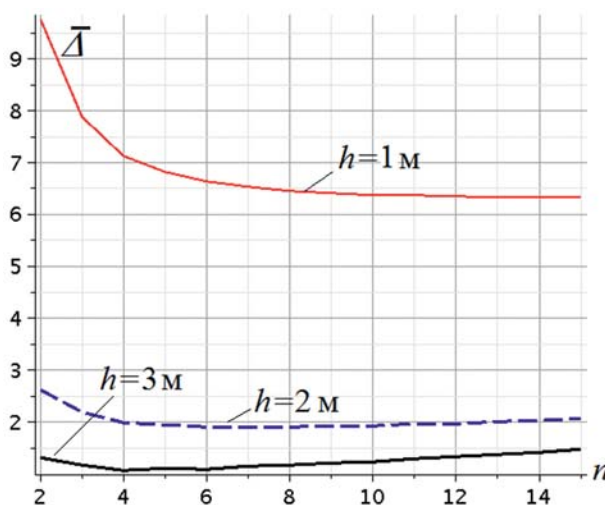


Рис. 4. Зависимость прогиба от числа панелей $L = 30$ м

дельных стержнях. Кривые полученной зависимости прогиба от числа панелей при фиксированном пролете и общей нагрузке показывают наличие минимума, который дает возможность оптимизировать конструкцию по жесткости и весу. Примененный алгоритм может быть использован в аналогичных задачах о прогибе других регулярных ферм.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Salimov M.S. The formula for deflection of a composite truss, loaded on the bottom flange // Science almanac. – 2017. – № 2–3(28). – С. 272–274. DOI: 10.17117/na.2017.02.03.272.
2. Smirnova A.A., Rakhmatulina A.R. Analytical calculation of the displacement of the truss support // Science almanac. – 2017. – № 2–3(28). – С. 275–278. DOI: 10.17117/na.2017.02.03.275.
3. Rakhmatulina A.R., Smirnova A.A. The dependence of the deflection of the arched truss loaded on the upper belt, on the number of panels // Science almanac. – 2017. – № 2–3(28). – С. 268–271. DOI: 10.17117/na.2017.02.03.268.
4. Кирсанов М.Н. К выбору решетки балочной фермы // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2017. – № 3. – С. 23–27.
5. Гриднев С.Ю., Кирсанов М.Н., Овчинников И.Г. Статический расчет двухраскосной балочной фермы // Научное издание. – 2016. – Т. 8. – № 6. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/99TVN616.pdf> (доступ свободный).
6. Кирсанов М.Н. Формулы для расчета прогиба и усилий в стержнях симметричной балочной фермы // Строительство и реконструкция. – 2017. – № 1 (69). – С. 19–23.
7. Кирсанов М.Н. Индуктивный вывод формул для деформаций плоской решетчатой фермы // Строительство и реконструкция. – 2017. – № 2 (70). – С. 17–22.
8. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет прогиба распорной фермы с произвольным числом панелей // Механизация строительства. – 2017. – № 3 (873). – С. 26–29.
9. Кирсанов М.Н. Формулы для расчета прогиба и усилий в решетчатой ферме // Механизация строительства. – 2017. – № 4 (874). – С. 20–23.
10. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет прогиба двухпролетной плоской фермы // Механизация строительства. – 2017. – № 5. – С. 35–38.
11. Кирсанов М.Н. Аналитическое исследование жесткости пространственной статически определимой фермы // Вестник МГСУ. – 2017. – Т. 12. – Вып. 2 (101). – С. 165–171.
12. Кирсанов М.Н., Маслов А.Н. Формулы для расчета прогиба балочной многорешетчатой фермы // Строительная механика и расчет сооружений. – 2017. – № 2 (271). – С. 4–10.
13. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет плоской регулярной фермы с растянутыми раскосами // Строительная механика и расчет сооружений. – 2017. – № 3 (272). – С. 31–35.
14. Кирсанов М.Н. Точное решение задачи о прогибе балочной фермы с произвольным числом панелей в системе Maple // Строительство: наука и образование. – 2017. – Т. 7. – № 1 (22). – Ст. 1. – Режим доступа: <http://nso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2017.1.1.
15. Кирсанов М.Н., Заборская Н.В. Деформации периодической фермы с раскосной решеткой // Инженерно-строительный журнал. – 2017. – № 3 (71). – С. 61–67.
16. Kirsanov M.N. Analysis of the buckling of spatial truss with cross lattice // Magazine of Civil Engineering. – 2016. – № 4. – P. 52–58. DOI: 10.5862/MCE.64.5.
17. Kirsanov M.N., Lafickova M.G., Nikitina A.S. An inductive derivation of the dependence of the arched truss deflection on the number of panels // Научный альманах. – 2017. – № 4–3(30). – С. 205–208. DOI: 10.17117/na.2017.04.03.205.
18. Кирсанов М.Н. Maple и Maplet. Решения задач механики. – СПб.: Изд-во Лань, 2012. – 512 с.

ПОДПИСКА-2017

www.panor.ru

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «ПАНОРАМА»

ЖУРНАЛ «ПРОЕКТНЫЕ И ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»

**БЕЗ ИЗЫСКАНИЙ — НЕТ ПРОЕКТА,
А БЕЗ ПРОЕКТА — НЕТ ОБЪЕКТА**

Это журнал для тех, кто занимается вопросами современной архитектуры, градостроительством, особенностями строительного проектирования различных объектов: от загородного коттеджа до крупного торгового центра и здания аэропорта. Ведущие эксперты анализируют на его страницах возможности и сферы применения технологий информационного проектирования объектов, рассказывают о новых строительных материалах и конструкциях, представляют

наиболее успешные проекты зданий и сооружений.

Немало полезной информации для специалистов в области инженерных изысканий. Для них: новинки геодезического, геофизического, ультразвукового и бурового оборудования, программные комплексы для обработки данных инженерно-геологических исследований.

Редакция журнала успешно сотрудничает с пресс-службой Минстроя России, Национальными объединениями строителей (НОСТРОЙ), проектировщиков (НОП), изыскателей (НОИЗ).



Подробнее о журнале смотрите на сайтах <http://panor.ru/pirs> или www.panor.ru
Тел. редакции: (495) 274-2222