

ности, базирующаяся на принципах максимизации опасности, минимизации суммарных потерь, сбалансированного учета потерь, минимизации суммарной народно-хозяйственной стоимости функционирования объекта и обязательной оперативной контрольной оценке аварийной эффективности, и на новой научно-методической системе повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности, включающая методику очагового анализа аварийности, методику определения расчетной социально-экономической стоимости аварий, авторский метод «Конфликтных зон» прогнозирования аварийности по потенциальной опасности, методики прогнозирования аварийности по методу «Конфликтных зон» в основных видах конфликтов на регулируемых перекрестках и искусственных неровностях, методики расчета аварийных, экономических и экологических потерь, усовершенствованный метод прогнозирования аварийности по конфликтным ситуациям, оценкой качества принимаемых решений по критерию минимизации суммарных потерь, оценкой качества разработанных мероприятий по критерию минимизации суммарной народнохозяйственной стоимости функционирования исследуемого объекта и обязательной оперативной контрольной оценкой аварийной эффективности внедряемых мероприятий, позволяющая снизить аварийность. Это в совокупности обеспечило разработку и внедрение высокоэффективных мероприятий по повышению безопасности дорожного движения с учетом аварийности, экономичности и экологичности еще на стадии их

принятия и позволило теоретически обосновать и практически апробировать пути решения важнейшей социально-экономической и научно-технической проблемы – снижение аварийности на автомобильном транспорте и повышение качества дорожного движения в Республике.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочно-информационные материалы «Состояние безопасности дорожного движения в Республике Беларусь в 1999–2006 годах и наметившиеся тенденции»: аналитический сб. / Под общ. ред. В.Л. Филистовича. – Минск: Полиграфический центр МВД Республики Беларусь, 2007. – 124 с.
2. Аналитический сборник по аварийности. – Минск: ГУ «Полиграфический Центр МВД Респ. Беларусь», 2008. – 81 с.
3. Состояние безопасности дорожного движения в Республике Беларусь в 1999–2008 годах и наметившиеся тенденции: аналитический сб. / Сост.: В.В. Бульбенков, А.А. Сушко, О.Г. Ливанский; под общ. ред. А.Н. Кулешова. – Минск: Полиграфический Центр МВД Респ. Беларусь, 2009. – 144 с.
4. Сведения о состоянии дорожно-транспортной аварийности в Республике Беларусь в 2010 году: аналитический сб. / Сост.: В.В. Бульбенков, О.Г. Ливанский; под общ. ред. Е.Е. Полудня. – Минск: МВД Респ. Беларусь, 2011. – 89 с.

Материал поступил в редакцию 28.11.12

KAPSKY D.V., RYABCHINSKY A.I. Improvement of road safety through an integrated view of losses

Found that the road accident – the most socially significant distribution cost of the road traffic. To reduce the severity and number of road accidents, the methodology of improving road safety, based on new methodological principles and methodological system. Design introduced in practice road traffic management.

УДК 624.04:519.3

Веренич А.А., Игнатюк В.И.

К РАСЧЁТУ ИЗГИБАЕМЫХ ПЛИТ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ

Введение. Решения задач строительной механики и теории упругости часто являются решениями некоторых дифференциальных уравнений или систем дифференциальных уравнений. Точное решение таких уравнений возможно в отдельных простых случаях при специально подобранных физических характеристиках и граничных условиях рассматриваемой конструкции. Практика располагает огромным числом разнообразных конструкций, для которых во многих случаях точного решения в замкнутом виде не существует. В этих случаях численные методы дают богатые возможности для получения решения. Метод конечных разностей (МКР) – классический образец метода этого направления.

Применение МКР характеризуется следующими особенностями и преимуществами [1, 2]:

- решение задачи сводится к решению системы алгебраических уравнений относительно значений искомой функции на заданном множестве точек;
- в решениях МКР используются и получаются достаточно простые выражения;
- МКР более прост в реализации, чем, например, метод конечных элементов (МКЭ);
- всегда возможно составить систему уравнений с симметричной ленточной матрицей, являющейся основой решения;
- возможно применение разностных уравнений повышенной точности [2].

В работе рассматривается расчёт методом конечных разностей изгибаемых плит, опертых по контуру, с промежуточными опорами при действии вертикальных нагрузок.

Основная идея метода конечных разностей состоит в следующем. На объекте располагается система узловых точек. Задача считается решённой, если известны значения участвующих в решении функций в этих точках $f(x, y)$. Для того, чтобы определить значения функций в узловых точках, производные в дифференциальных уравнениях заменяются конечными разностями. Полученные таким образом разностные уравнения (уравнения в конечных разностях) представляют собой алгебраические уравнения, содержащие только значения рассматриваемых функций в известном числе узловых точек, умноженные на константы.

Для каждой узловой точки записывается столько разностных уравнений, сколько значений неизвестных функций в узле. Если количество искомого функций – m , для их определения записывается m дифференциальных уравнений, которым соответствует m разностных уравнений. Вместе с граничными условиями, которые записываются также в разностной форме, эти уравнения образуют систему алгебраических уравнений, решение которой даёт нам узловые значения неизвестных функций, что и является решением данной задачи. Если кроме значений участвующих в решении функций, нас интересуют ещё и их производные, то для их определения снова используют разностные выражения.

Выражения второй и четвертой производных, которые используются в расчетах изгибаемых плит, в конечных разностях в точке i имеют вид [1]:

$$f_i'' = \frac{f_{i+1} - 2f_i + f_{i-1}}{\lambda^2} \quad (1)$$

Веренич А.А., студент строительного факультета Брестского государственного технического университета.

Игнатюк Валерий Иванович, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой строительной механики Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

$$f_i^{IV} = \frac{f_{i+2} - 4f_{i+1} + 6f_i - 4f_{i-1} + f_{i-2}}{\lambda^4}, \quad (2)$$

где λ – шаг вычисления функций.

Особенности расчета методом конечных разностей изгибаемых плит. Основной задачей расчёта плит является определение функции прогибов $w(x, y)$ как интеграла дифференциального уравнения Софи Жермен–Лагранжа:

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{q(x, y)}{D}, \quad (3)$$

где $D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$, h – толщина плиты, E – модуль упругости, ν – коэффициент Пуассона, $q(x, y)$ – функция заданной нагрузки.

Изгибающие моменты M_x и M_y определяются выражениями:

$$M_x = -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right), \quad M_y = -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right). \quad (4)$$

Уравнение Софи Жермен–Лагранжа (3) в разностной форме с учётом (1.1–2.2) для i -ой точки примет вид:

$$20w_i - 8(w_a + w_b + w_c + w_d) + 2(w_e + w_f + w_g + w_h) + (w_k + w_l + w_m + w_n) = \frac{q\lambda^4}{D}, \quad (5)$$

где $a, b, c, d, e, f, g, h, k, l, m, n$ – узлы сетки, λ – шаг сетки (рис. 1).

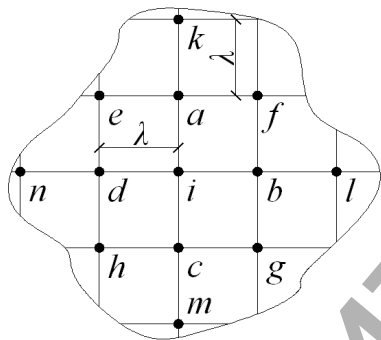


Рис. 1.

Изгибающие моменты (4) в разностной форме примут вид:

$$M_{x,i} = \frac{D}{\lambda^2} [(2 + 2\nu)w_i - \nu(w_a + w_c) - (w_b + w_d)]; \quad (6)$$

$$M_{y,i} = \frac{D}{\lambda^2} [(2 + 2\nu)w_i - \nu(w_b + w_d) - (w_a + w_c)]. \quad (7)$$

Плита является двумерной системой, поэтому для удобства составления разностных уравнений вида (5, 6, 7) их можно представить в матрично-операторной форме:

$$\begin{matrix} & & 1 & & \\ & 2 & -8 & 2 & \\ 1 & -8 & 20 & -8 & 1 \\ & 2 & -8 & 2 & \\ & & 1 & & \end{matrix} w_i - \frac{q\lambda^4}{D} = 0; \quad (8)$$

$$M_{x,i} = \frac{D}{\lambda^2} \cdot \begin{matrix} & & -\nu & & \\ & -1 & 2+2\nu & -1 & \\ & & -\nu & & \end{matrix} w_i;$$

$$M_{y,i} = \frac{D}{\lambda^2} \cdot \begin{matrix} & & -1 & & \\ & -\nu & 2+2\nu & -\nu & \\ & & -1 & & \end{matrix} w_i \quad (9)$$

где каждая клеточка оператора отвечает соответствующему узлу сетки (рис. 1) по месту её положения относительно средней клеточки (i -й узел), а её содержание указывает, на какой коэффициент в разностном уравнении следует умножить перемещение w соответствующего узла.

Для каждой точки сетки, в которой имеется неизвестное перемещение w , записывается уравнение вида (8). При записи этих уравнений приходится использовать контурные узлы и один ряд внеконтурных узлов (рис. 2). Значения функции w в этих узлах выражаются через её значения во внутренних узлах, используя граничные условия.

Для защемлённого края граничные условия имеют вид:

- а) прогиб на опоре равен нулю – $w_{\text{конт.}} = 0$;
- б) угол поворота на опоре равен нулю – $\frac{\partial w}{\partial x} = \frac{w_{\text{законт.}} - w_{\text{внутр.}}}{2\lambda} = 0$.

Из этих условий получим:

$$\text{а) } w_{\text{конт.}} = 0; \quad \text{б) } w_{\text{законт.}} = w_{\text{внутр.}}. \quad (10)$$

Для шарнирноопёртого края будем иметь:

- а) прогиб на опоре равен нулю – $w_{\text{конт.}} = 0$;
- б) изгибающий момент равен нулю – $\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = \frac{w_{\text{законт.}} + w_{\text{внутр.}}}{\lambda^2} = 0$,

$$\text{откуда: а) } w_{\text{конт.}} = 0; \quad \text{б) } w_{\text{законт.}} = -w_{\text{внутр.}}. \quad (11)$$

Соответственно для плиты, представленной на рисунке 2, будем иметь:

$$w_{01} = w_1, \quad w_{02} = w_2, \quad w_{03} = w_3 \quad \text{и} \quad w_{001} = -w_1, \\ w_{08} = -w_8, \quad w_{015} = -w_{15} \quad \text{и т. д.} \quad (12)$$

В результате получаем систему линейных алгебраических уравнений, состоящую из уравнений вида (8) для узловых точек, в которых прогибы неизвестны, и уравнений вида 12, учитывающих граничные условия рассматриваемой системы. Решая полученную систему уравнений, найдем значения прогибов плиты w в узловых точках, после чего по выражениям (9) могут быть вычислены и изгибающие моменты в соответствующих узловых точках.

На основе изложенной методики составлена MathCad-программа, которая позволяет выполнить расчёт плит с различными условиями опирания.

Далее рассмотрим железобетонную плиту размером $l = 7 \text{ м}$, $b = 6 \text{ м}$, $b = 0,22 \text{ м}$, жестко защемленную с двух противоположных сторон и шарнирно опертую с двух других сторон, нагруженную по всей плоскости равномерно распределённой нагрузкой $q = 1 \text{ кН/м}^2$. Приведенные характеристики материала плиты прием равными: $E = 1 \cdot 10^9 \text{ кПа}$, $\nu = 0,2$.

Плиту разобьём сеткой на 14×12 частей с одинаковым шагом в обоих направлениях, равным $\lambda = 0,5 \text{ м}$ (рис. 2). Плита симметрична относительно обеих осей x и y , поэтому расчёт можно и достаточно провести для четверти плиты.

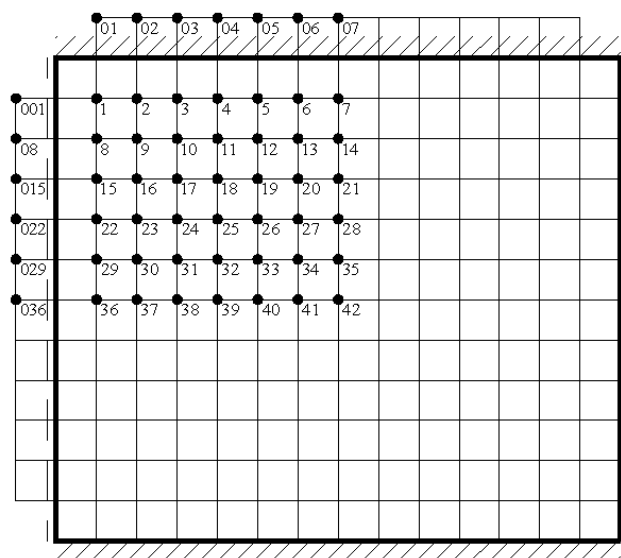


Рис. 2.

Расчет изгибаемой плиты, опертой по контуру. Рассмотрим плиту, представленную на рисунке 2. Для каждого узла сетки составляем разностные уравнения вида (8) с учётом граничных условий (12). Решая систему уравнений, составленную в конечно-разностной форме, в среде компьютерной математики MathCad [3], получим величины перемещений (прогибов) плиты, согласно которым на рисунке 3 изображён деформированный вид и на основании которых по выражениям (7) вычисляются изгибающие моменты в узловых сечениях плиты. Эпюры изгибающих моментов M_x и M_y для рассматриваемой плиты представлены на рисунках 4 и 5.

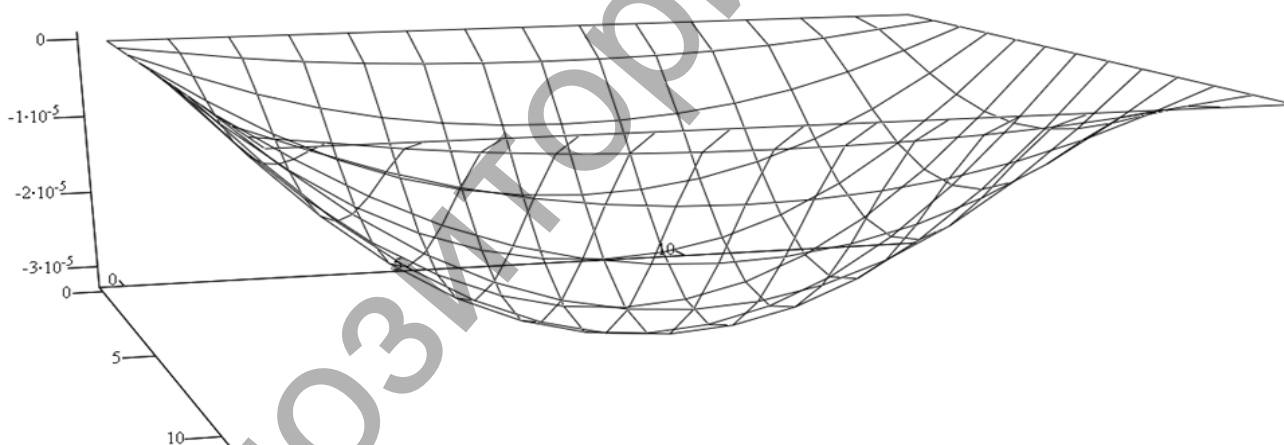


Рис. 3. Деформированный вид плиты

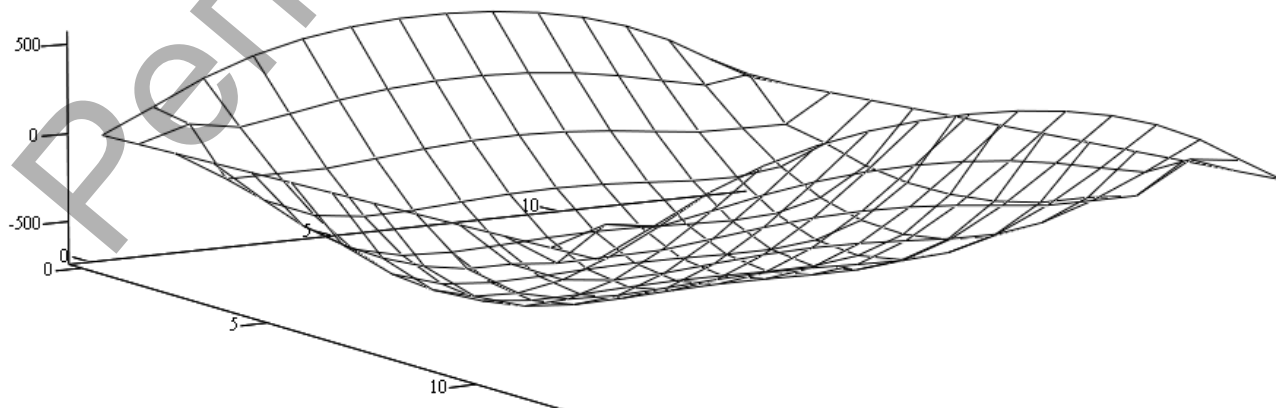


Рис. 4. Эпюра изгибающего момента M_x

Расчет изгибаемой плиты с одной промежуточной опорой. Рассмотрим плиту, (рис. 2), опирающуюся в центральной точке (в узле 42) на колонну. Поэтому в системе уравнений для узла 42 вместо уравнения (8) записываем граничное условие $W_{42} = 0$. Решая полученную систему уравнений, найдем величины прогибов узлов. Деформированный вид плиты представлен на рисунке 6. По полученным результатам прогибов по выражениям (2, 3) вычисляем изгибающие моменты в узловых сечениях и строим эпюры изгибающих моментов M_x и M_y (рис. 7 и 8).

Расчет изгибаемой плиты с двумя промежуточными опорами. Рассмотрим плиту, представленную на рисунке 2, в которой установим две промежуточные опоры, расположенными на оси x на расстояниях 1,5 м от левого и правого краев. Таким образом левая точка опирания в расчетной четверти будет совпадать с узлом 38. Поэтому в системе уравнений для узла 38 вместо уравнения (1) записываем граничное условие $W_{38} = 0$. Решая полученную систему уравнений, найдем величины прогибов узлов. Используя выражения (2) и (3), вычислим изгибающие моменты в узловых сечениях и построим эпюры изгибающих моментов в обоих направлениях (рис. 6 и 7).

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Масленников, А.М. Расчет строительных конструкций численными методами: учебное пособие. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1987. – 224 с.
2. Караманский, Т.Д. Численные методы строительной механики / Пер с болг.; под ред. Г.К. Клейна. – М.: Стройиздат, 1981. – 436 с.
3. Макаров, Е.Г. Инженерные расчеты в MathCad: учебный курс. – СПб.: Питер, 2005. – 448 с.

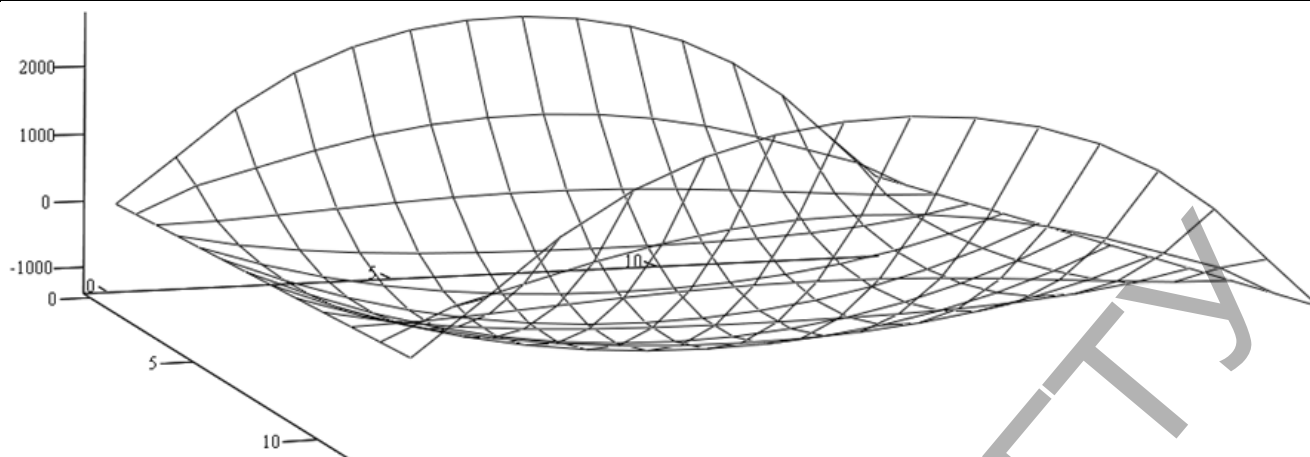


Рис. 5. Эпюра изгибающего момента M_y

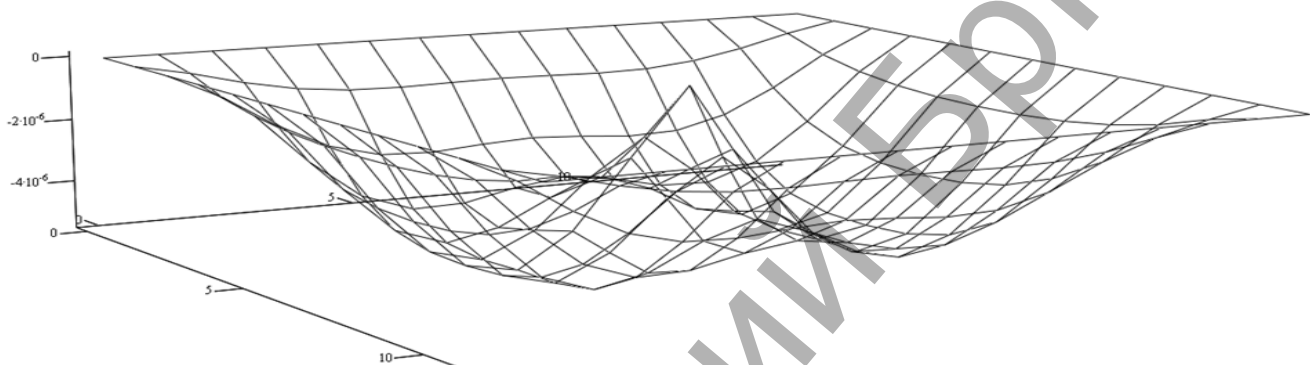


Рис. 6. Деформированный вид плиты

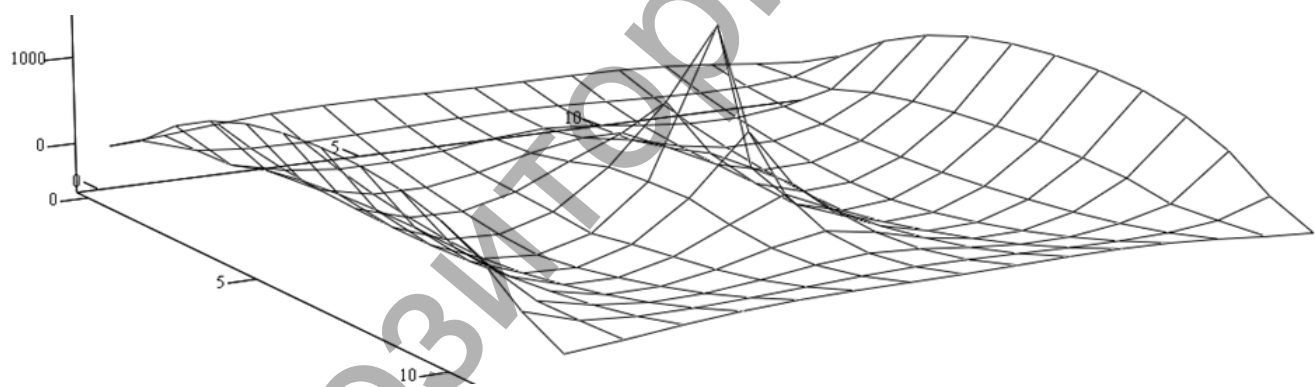


Рис. 7. Эпюра изгибающего момента M_x

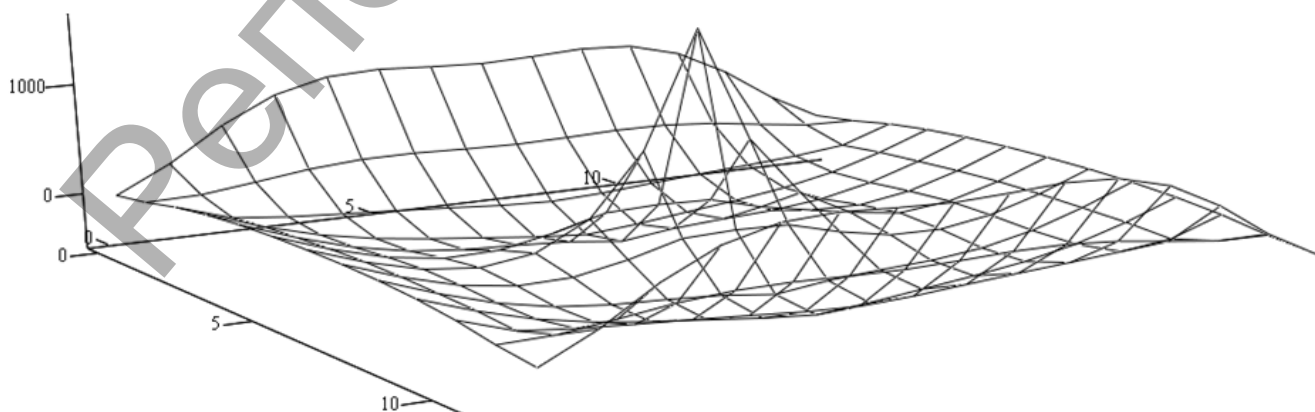


Рис. 8. Эпюра изгибающего момента M_y

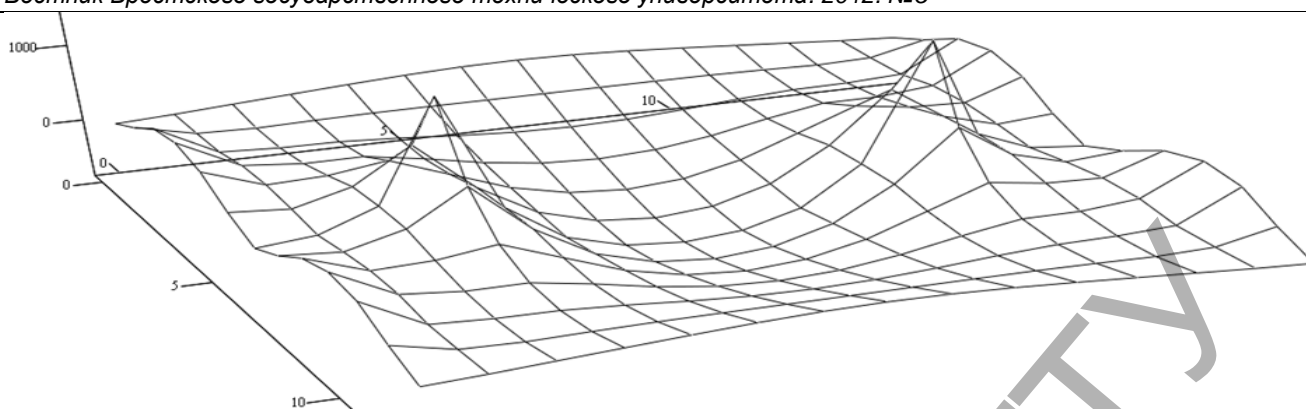


Рис. 9. Эпюра изгибающего момента M_x

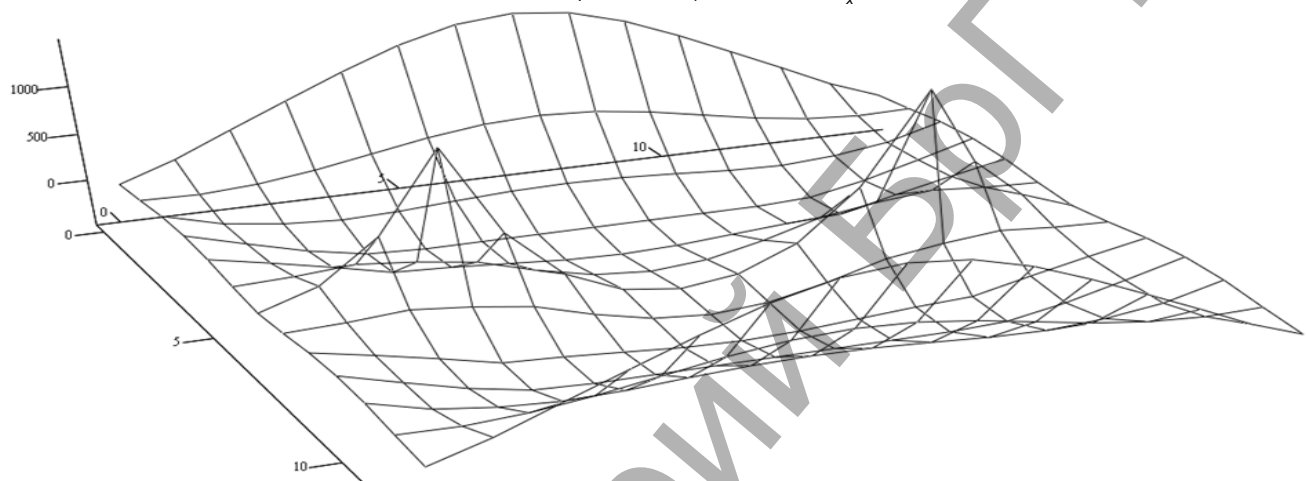


Рис. 10. Эпюра изгибающего момента M_y

Материал поступил в редакцию 11.04.13

VIERENICH A.A., IGNATIUK V.I. On the calculation of bent plates using the finite difference method

In this article, the principles of bent plate calculation using the finite difference method are discussed. Examples of calculating plates with intermediate supports are shown.

УДК 656.13.05

Шуть В.Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЗАТОРА НА РЕГУЛИРУЕМОМ ПЕРЕКРЕСТКЕ ПОСРЕДСТВОМ РЕГУЛЯРНЫХ ГРАФОВ

Введение. Граф называется *регулярным* (или *однородным*), если степени всех его вершин равны; *степенью* регулярного графа называется степень его вершин.

Регулярные (однородные) графы применяются в разнообразных областях. Например, при идентификации молекул веществ, при разработке баз знаний интеллектуальных систем, в моделях механического вращения, в пиринговых сетях (некоторые из которых базируются на **связных регулярных неориентированных графах**). Графы также применяются в информационных системах, развитие которых привело к их объединению в локальные и глобальные компьютерные сети. Это потребовало оптимизации топологии соединений. К примеру, когда необходимо наилучшим образом связать большое количество однородных элементов, например, концентраторов. Для такой оптимизации регулярные графы являются наилучшим инструментом.

В природе регулярность положения молекул и связей между ними прослеживается в кристаллах. Регулярные структуры широко используются в технике построения программируемых логических матриц (ПЛМ), в однородных вычислительных средах (ОВС), при

построении и настройке цифровых интегрирующих структур, при проектировании нейронных сетей и т.д.

Регулярные графы являются математической моделью систем, где прослеживаются регулярные бинарные отношения между частями системы. К таким объектам можно отнести регулируемый с использованием светофорного объекта перекресток. Здесь в качестве единиц, вступающих во взаимодействие (отношение), выступают транспортные потоки, поступающие к перекрестку с различных направлений.

Постановка задачи. *Дорожный затор, или автомобильная пробка* – скопление транспортных средств на дороге, существенно снижающее её пропускную способность. Пробки возникают, когда количество транспортных средств на дороге превышает её максимальную пропускную способность. Транспортный поток уплотняется, снижаются интервалы между автомобилями, и водители вынуждены снижать скорость своих автомобилей. Пробка в улично-дорожной сети (УДС) города приводит к плохому использованию инфраструктуры сети с увеличением времени прохождения через неё транспортных средств (АТС) и плохой эффективностью использова-