

Таблица 1. Содержание ионов хлора в водных вытяжках из армированных цементно-песчаных образцов после двух лет их испытания

Вид цемента образцов	Содержание ионов хлора в водных вытяжках (мг/г) в образцах с добавкой CaCl_2 (в %от массы цемента)		
	3	7	12
Портландцемент	36,9	64,6	85,2
Напрягающий цемент	29,8	44,0	79,5

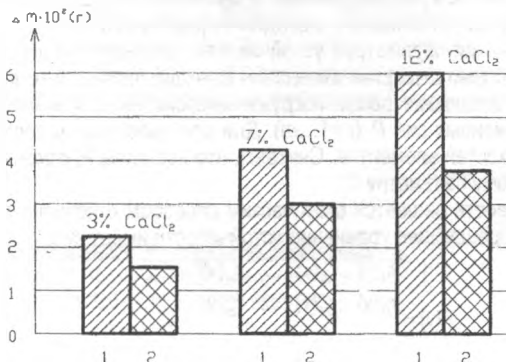


Рис. 1. Гистограмма снижения массы арматурных стержней образцов на портландцементе (1) и напрягающем цементе (2) с добавкой хлористого кальция после 2-х лет испытания.

Степень коррозии арматурной стали в образцах на напрягающем цементе с добавкой 7% и даже 12% хлористого кальция незначительно превышает коррозионное поражение стали на обычном портландцементе с добавкой 3%. Необходимо также отметить, что при визуальном осмотре стержней, извлеченных через два года испытания из образцов на напрягающем цементе имели чистую, не пораженную коррозией поверхность и только в зоне, прилегающей к торцам образцов, имели незначительное поражение, которое можно объяснить недостаточной толщиной защитного слоя. На образцах же на обычном портландцементе коррозионное поражение стержней распределено по длине более равномерно.

Таким образом, результаты исследований показали, что бетон на напрягающем цементе ввиду повышенной плотности его структуры и связывания ионов хлора алюмосодержащими компонентами в нерастворимые комплексные соединения обеспечивают большую коррозионную стойкость арматурной стали по сравнению с бетонами на обычном портландцементе.

УДК 681.3:624.04

ЛЕВЧУК А.А.

Научный руководитель: Игнатюк В.И., доцент, к.т.н.

УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ УСТОЙЧИВОСТИ НА ПЭВМ В РАСЧЕТАХ РАМ НА УСТОЙЧИВОСТЬ МЕТОДОМ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Задача определения критических нагрузок для плоских рам при их расчете на устойчивость методом перемещений сводится, как известно [1], к решению достаточно сложных нелинейных трансцендентных уравнений, имеющих бесконечное множество решений. Критическим нагрузкам соответствуют минимальные значения корней этих уравнений, отыскание которых в большинстве случаев производится путем подбора, когда выполняется ряд последовательных попыток с учетом анализа результатов предыдущих

шагов подбора. Число попыток при этом часто бывает достаточно большим, а вычисления объемны и трудоемки. При этом ввиду сложности нелинейных трансцендентных уравнений устойчивости часто нет уверенности в том, что найден минимальный корень уравнения. Облегчить процесс решения уравнений устойчивости и решить их строго позволяет применение ЭВМ.

В работе рассматривается разработанная авторами учебная компьютерная программа решения нелинейных трансцендентных уравнений устойчивости, получаемых в расчетах плоских рам на устойчивость методом перемещений, позволяющая определять минимальные значения параметров устойчивости, соответствующих общей потере устойчивости рам, и строить графики изменения функций (определителя) устойчивости.

Рассматриваются плоские рамы, нагруженные системой взаимосвязанных узловых центрально приложенных сил P_i ($i=1...m$). Для рам известны их геометрия, размеры и соотношения жесткостей элементов. Считаем, что все силы P_i изменяются (растут) пропорционально одному параметру P .

Задача устойчивости решается статическим способом с использованием метода перемещений [1]. Разрешающее уравнение устойчивости имеет вид

$$R(v) = \begin{vmatrix} r_{11}(v) & r_{12}(v) & \dots & r_{1n}(v) \\ r_{21}(v) & r_{22}(v) & \dots & r_{2n}(v) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1}(v) & r_{n2}(v) & \dots & r_{nn}(v) \end{vmatrix} = 0, \quad (1)$$

где v – параметр устойчивости, определяемый для сжатых стержней выражением

$$v_i = l_i \sqrt{\frac{N_i}{EJ_i}} \quad (2)$$

Здесь: l_i – длина рассматриваемого i -го стержня; N_i – продольная сжимающая сила в этом стержне; EJ_i – жесткость i -го стержня.

Коэффициенты r_{ik} для сжатых стержней выражаются через трансцендентные функции [1]

$$\varphi_1(v), \varphi_2(v), \varphi_3(v), \varphi_4(v), \eta_1(v), \eta_2(v), \quad (3)$$

вид которых можно представить на примере нескольких из них:

$$\varphi_1(v) = \frac{v^2 \operatorname{tg} v}{3(\operatorname{tg} v - v)}; \quad \varphi_2(v) = \frac{v(\operatorname{tg} v - v)}{8 \operatorname{tg} v \left(\operatorname{tg} \frac{v}{2} - \frac{v}{2} \right)}; \quad \varphi_3(v) = \frac{v(v - \sin v)}{8 \sin v \left(\operatorname{tg} \frac{v}{2} - \frac{v}{2} \right)}; \quad (4)$$

Уравнение (1), таким образом, является нелинейным трансцендентным, представляет собой достаточно сложную зависимость и его решение представляет непростую задачу.

Решению уравнения (1) соответствует пересечение функцией $R(v)$, которую назовем функцией устойчивости. оси v и соответственно смена знака функции $R(v)$, то есть корень уравнения $R(v) = 0$ будет находиться в пределах такого участка изменения параметра v , для которого произведение значений значений функции $R(v)$ в его крайних точках будет отрицательным. При этом следует иметь в виду, что нас интересует участок, содержащий наименьший корень уравнения $R(v) = 0$. Для определения такого участка в составленной вычислительной программе для ЭВМ используется процедура последовательного вычисления значений функции $R(v)$ при возрастающих с нуля с некоторым достаточно малым шагом Δv значениях параметра v с проверкой на каждом шаге знака произведения $R(v) \times R(v+\Delta v)$. Участок, на котором это произведение станет отрицательным, и будет тем участком, который мы ищем. Шаг при этом должен быть таким, чтобы, с одной стороны, исключалась возможность пропуска искомого участка, а с другой стороны, чтобы время счета на ЭВМ было небольшим. Величина шага Δv в составленной программе принята равной 0,01, однако может быть принята и меньшей. После нахождения указан-

ного участка определение корня уравнения (6) выполняется методом деления отрезка пополам (методом бисекции) [2]. Итерационный процесс продолжается до тех пор, пока значение функции $R(v)$ не станет меньше по модулю некоторого заданного малого числа ε (в программе принято $\varepsilon = 0,00001$).

В соответствии с изложенным алгоритмом расчета составлена учебная компьютерная программа «Parust» для решения уравнений устойчивости, получаемых при расчете рамы на устойчивость методом перемещений. Рассчитывать по программе можно рамы, степень кинематической неопределенности которых не больше четырех ($n \leq 4$) и имеющие не более пяти отличающихся друг от друга параметров устойчивости v_i . Ввод исходных данных выполняется в основном окне программы, представленном на рис. 1.

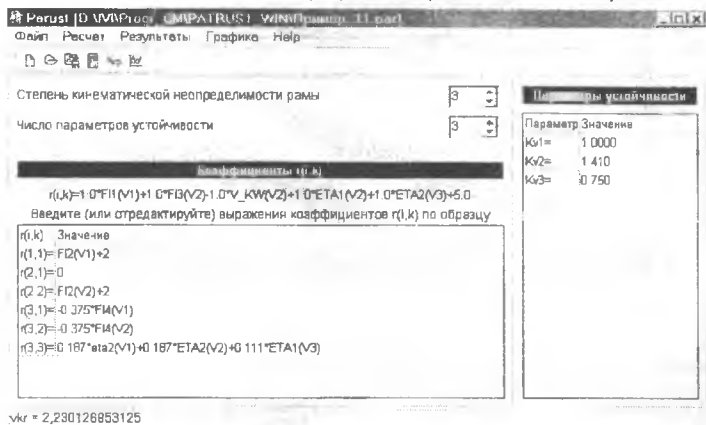


Рис. 1. Основное окно программы «Parust»

По результатам счета получаем критические значения параметров устойчивости $v_{кр}$, соответствующие общей потере устойчивости рамы, а также отвечающие им величины коэффициентов l_{ik} , которые могут использоваться для определения формы потери устойчивости рамы. Результаты расчета представляются в окне, показанном на рис. 2. Получаем также график изменения функции устойчивости (рис. 3).

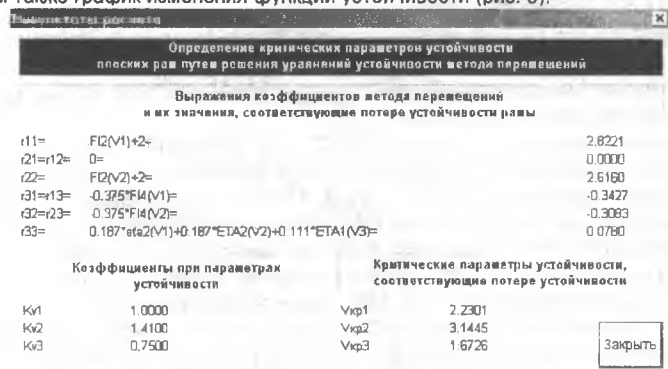


Рис. 2. Окно результатов расчета

Программа «Parust» имеет объем 560 Кбт, составлена в среде программирования Delphi 7 работает под управлением Windows 98 и выше, не требует специальной уста-

новки, может работать в сети, имеет удобный интерфейс, «Help», возможность масштабирования графики.

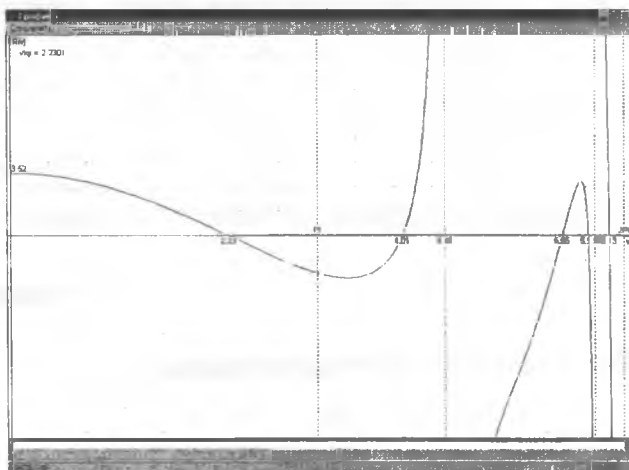


Рис. 3. Окно графика изменения функции устойчивости

ЛИТЕРАТУРА

1. Дарков А.В., Шалошников Н.Н. Строительная механика. – М.: Высш. шк., 1986. – 607 с.
2. Турчак Л.И. Основы численных методов. – М.: Наука, 1987. – 320 с.

УДК 681.3:624.04

ИГНАТОВ А.Ю.

Научный руководитель: Игнатюк В.И., доцент, к.т.н.

РАСЧЕТ ТРЕХШАРНИРНЫХ АРОК НА СТАТИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ С ПОМОЩЬЮ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ НА ПЭВМ

В задачах расчета сооружений можно выделить две стороны, одна из которых представляет суть и физические основы методов расчета и работы сооружений, а вторая связана с математической реализацией расчетных зависимостей и большими (в той или иной степени) объемами вычислений.

Учебные компьютерные программы (УКП) должны уменьшать объем ручных вычислений, облегчать трудоемкие и повторяющиеся вычислительные процессы, не скрывая при этом сущности и принципов расчета, а, наоборот, способствуя изучению методов расчета и физических основ работы сооружений. УКП должны представлять также возможности исследования поведения и работы сооружений при изменении их характеристик и параметров, то есть должны представлять собой обучающе-исследовательскую систему. Главная сложность при составлении таких программ – найти то соотношение двух сторон в задаче и методе ее решения, которое позволяло бы, с одной стороны, максимально облегчить математические вычисления и уменьшить объем ручного счета, а, с другой стороны, максимально сохранить сущностно-физическую сторону задач и методов расчета [2, 3].

На основе таких подходов и позиций составлялась рассматриваемая учебная компьютерная программа «Арка3».