

Выводы: Поставлена и численно решена задача теории упругости для массивной оболочки с отверстиями. В результате получены поля напряжений и деформаций в любых сечениях тела.

Достоверность полученных результатов подтверждена экспериментальным методом.

В результате разработана эффективная методика определения напряженно-деформированного состояния узловых соединений структур, которая позволяет проектировать такие элементы с максимальной прочностью, жесткостью и минимальной материалоемкостью.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Трущев А.Г. Пространственные металлические конструкции
2. Драган В.И., Шалобыта Н.Н. К вопросу эффективности узлового соединения структурных конструкций / Вестник БрГТУ. – 2006. №1: Строительство и архитектура – с.127-129
3. Шимкович Д.Г. Расчет конструкций в MSC/Nastran/ - М 2001

УДК 681.3:624.04

Игнатов А.Ю.

Научный руководитель: доц. Игнатьюк В.И.

УЧЕБНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА РАСЧЕТА ДВУХШАРНИРНЫХ АРОК НА СТАТИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ

Учебные компьютерные программы в строительной механике должны способствовать эффективному изучению методов расчета и работы сооружений, облегчая трудоемкие вычислительные процессы, уменьшая объем ручных вычислений и представляя при этом необходимые условия и возможности для закрепления принципов методов расчета, для более глубокого познания физической сути этих методов, физических основ работы сооружений, а также возможности для выполнения исследований работы и поведения сооружений при различных их параметрах и характеристиках [1].

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 методов расчета и большими (в той или иной степени) объемами вычислений.

При создании учебных компьютерных программ самым сложным является нахождение наиболее оптимального соотношения двух сторон в методе расчета, которое позволяло бы с одной стороны, максимально облегчить математические вычисления и уменьшить их объем, а с другой стороны, максимально сохранить его сущность физическую сторону. Решение этой проблемы требует глубокого анализа метода расчета, в результате которого метод разделяется на две части. Одна из этих частей, менее трудоемкая с вычислительной точки зрения, но несущая в себе большой физический смысл, раскрывающая сущность метода и способствующая его глубокому познанию, должна выполняться вручную. Другая же, менее информативная, но более трудоемкая, содержащая большие объемы трудоемких вычислений, передается программе и ПЭВМ.

С другой стороны, современная компьютерная техника и системы программирования представляют большие возможности для создания эффективных учебных программ, включая возможности создания диалогового режима ввода исходной информации, обработки и анализа промежуточных и окончательных результатов решения задачи: широкие возможности графического представления данных и результатов расчета на всех этапах решения задачи; возможности создания удобного интерфейса работы с программой и разветвленной помощи.

Для создания программы «Arka2» использована современная система визуального программирования Delphi 7, позволяющая в полной мере использовать возможности и ресурсы современных ПЭВМ, создавать качественные и надежные Windows-приложения.

На основе таких подходов и позиций составлена учебная компьютерная программа «Arka2».

Расчет двухшарнирных арок на статические нагрузки [2] заключается в определении внутренних усилий в сечениях арок и их перемещений. Эти расчеты представляют собой однородные повторяющиеся для каждого из сечений вычисления, являющиеся достаточно трудоемкими. Поэтому естественной является передача этих вычисления компьютеру.

В программе «Арка2», которая является учебной программой, выполнено следующее разделение процедуры расчета на две части.

Вручную предлагается выполнить вычисление для одного (заданного) сечения арки x_0 следующих величин:

- 1) геометрических характеристик $-y_0, \sin \varphi_0, \cos \varphi_0$;
- 2) ординаты единичной эпюры M_{1x} ;
- 3) ординат грузовых эпюр M_{px}, Q_{px}, N_{px} ;

после ввода полученных значений для сечения x_0 и их проверки программа вычисляет величины $y, \sin \varphi, \cos \varphi, M_p, Q_p, N_p$ во всех расчетных сечениях, определяет коэффициент δ_{11} и свободный член Δ_{1p} канонического уравнения и неизвестное метода сил X_1 , после чего вручную необходимо еще вычислить:

- 4) ординаты окончательных эпюр M, Q, N в заданном сечении x_0 .

После ввода и проверки этих значений программа выполняет полный расчет арки с представлением всех расчетных величин и эпюр усилий. Выполняются расчеты усилий и перемещений во всех заданных сечениях арки. При этом появляется также возможность получить значения усилий в любом интересующем нас сечении арки.

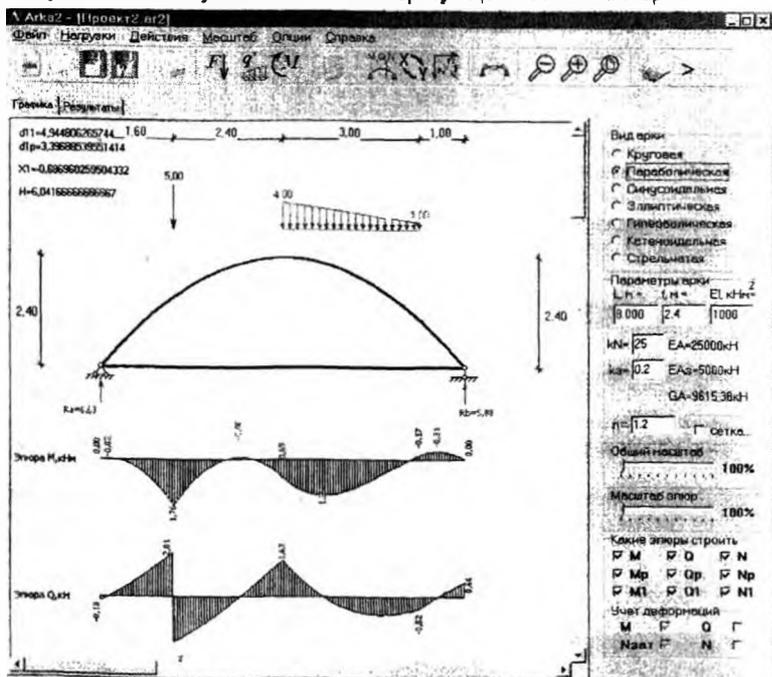


Рис. 1. Основное окно программы «Арка2»

Заметим, что контроль указанных величин в заданном сечении программа производит только при наличии в нагрузке горизонтальной силы на уровне затяжки. Расчет арки на которую не действует такая горизонтальная нагрузка, будет проходить без контроля. Программа позволяет выполнять исследование влияния на напряженно-деформированное состояние арки ряда параметров, так как после прохождения контроля расчеты при изменении этих параметров проходят уже без контроля. К этим параметрам арки относятся:

- зависимости изменения оси арки (круговая арка, параболическая, синусоидальная, катеноидальная, эллиптическая, гиперболическая);
- относительный подъем арок (f/l), характеризующий пологость (крутизну) арок;
- учет-неучет различных видов деформаций в арке (изгибной, продольной, поперечной);
- число участков разбиения пролетов арок

Ввод исходных данных осуществляется в основном окне программы (рис. 1), в котором задаются:

- пролет арки l (на панели окна обозначен буквой L);
- стрела подъема арки f (f);
- изгибная жесткость сечения арки EJ (EI);
- закон изменения оси арки (круговой, параболический, синусоидальный, катеноидальный, эллиптический, гиперболический, стрельчатый);
- внешние нагрузки: сосредоточенные силы (кнопка F), сосредоточенные моменты (кнопка M) и распределенные нагрузки (кнопка q); для ввода нагрузок необходимо нажать одну из кнопок F , M , q на панели инструментов, или выбрать пункт «Нагрузки» в меню программы, после чего откроется окно ввода нагрузок;
- учитываемые в расчете деформации (изгибные, поперечные, продольные в арке и продольные в затяжке);
- число участков, на которое разбивается пролет арки.

После ввода исходных данных программа может быть запущена на расчет арки, что может быть сделано несколькими способами: нажатием кнопки с изображением калькулятора, выбором пунктов меню «Действия», «Расчет», или нажатием клавиши F5. Программа начинает расчет и выводит на экран окно ввода контрольных величин, в которое необходимо ввести вычисленные вручную величины геометрических характеристик и усилий M , Q и N для контрольного сечения.

Если какая-то из величин вычислена неверно, то выдается сообщение об ошибке, и необходимо выполнить перерасчет указанной величины (величин). Если контрольные величины верны, то программа выполняет полный расчет арки.

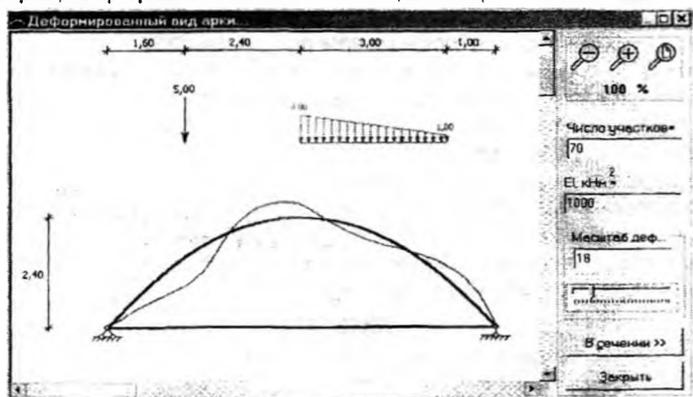


Рис. 2. Окно деформированного вида арки

Результаты расчета арки представляются в графическом и в табличном видах – показываются эпюры внутренних усилий M , Q и N в арке (рис. 1), ее деформированный вид (рис. 2) и таблица внутренних усилий для всех сечений, включая характерные (рис. 3). Внутренние усилия и перемещения при необходимости могут быть вычислены для любого заданного сечения, что осуществляется вызовом соответствующих процедур.

А Арка2 - [Проект2.ar2]

Файл Настройки Действия Масштаб Опции Справка

Графика Результаты

| X, м | Y, м | sin(ϕ) | | | | | | | | | | | | |
|--------|--------|---------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|--|
| 0.0000 | 0.0000 | 0.7652 | 0.6402 | 0.0000 | -0.1701 | -8.7656 | -0.0000 | -6.7652 | -0.6402 | 0.0000 | -3.4001 | -5.9572 | | |
| 0.2000 | 0.2340 | 0.7518 | 0.6594 | -0.0187 | 0.0519 | -8.7671 | -0.2340 | -0.7518 | -0.6594 | -0.0887 | -0.1731 | -8.9645 | | |
| 0.4000 | 0.6660 | 0.7141 | 0.7001 | 0.1506 | 0.5375 | -8.7508 | -0.6660 | -0.7141 | -0.7001 | -0.4487 | 0.3238 | -8.9603 | | |
| 0.6000 | 1.0500 | 0.6690 | 0.7433 | 0.5956 | 1.0829 | -8.7001 | -1.0500 | -0.6690 | -0.7433 | 0.2612 | 0.8827 | -8.9226 | | |
| 0.8000 | 1.3960 | 0.6150 | 0.7885 | 1.3162 | 1.6921 | -8.6024 | -1.3960 | -0.6150 | -0.7885 | 0.9012 | 1.5080 | -8.8305 | | |
| 1.0000 | 1.6740 | 0.5508 | 0.8346 | 1.3124 | -1.8069 | -5.6877 | -1.6740 | -0.5508 | -0.8346 | 0.8113 | -1.9719 | -5.9376 | | |
| 1.2000 | 1.9140 | 0.4751 | 0.8799 | 0.5842 | -1.2986 | -5.8248 | -1.9140 | -0.4751 | -0.8799 | 0.0113 | -1.4408 | -6.0882 | | |
| 1.4000 | 2.1060 | 0.3972 | 0.9220 | 0.1317 | -0.7254 | -5.9236 | -2.1060 | -0.3972 | -0.9220 | -0.4988 | -0.8413 | -6.1956 | | |
| 1.6000 | 2.2500 | 0.2873 | 0.9578 | -0.0452 | -0.0936 | -5.9671 | -2.2500 | -0.2873 | -0.9578 | -0.7188 | -0.1796 | -6.2538 | | |
| 1.8000 | 2.3460 | 0.1772 | 0.9842 | 0.0536 | 0.5820 | -5.9394 | -2.3460 | -0.1772 | -0.9842 | -0.6487 | 0.5290 | -6.2340 | | |
| 2.0000 | 2.3940 | 0.0599 | 0.9982 | 0.4279 | 1.2782 | -5.8293 | -2.3940 | -0.0599 | -0.9982 | -0.2887 | 1.2602 | -6.1281 | | |

Вид арки

- Круговая
- Параболическая
- Синусоидальная
- Эллиптическая
- Гиперболическая
- Катеноидальная
- Стрельчатая

Параметры арки

L, м = 2.000

f, м = 2.4

E, кН/м² = 1000

Рис. 3. Таблица результатов расчета

Программа «Арка2» имеет объем 1,9 Мбт, составлена в среде программирования Delphi 7, работает под управлением Windows 98 и выше, не требует специальной установки, может работать в сети, имеет удобный интерфейс для работы в ней, развитый и подробный «Help», графическое представление о исходных данных и результатах расчета. Имеются возможности ряда настроек вида программы и изображений в ней, включая масштабирование графических объектов, изображение (удаление) вертикальной сетки. Удобными являются возможности вычисления y -ой ординаты для любого заданного сечения x , автоматического разложения наклонных сил на горизонтальные и вертикальные составляющие.

После расчета программа позволяет студенту выполнить исследование влияния на напряженно-деформированное состояние состояния арок ряда параметров:

- законов изменения оси арки (круговой, параболического, синусоидального, катеноидального, эллиптического, гиперболического, стрельчатого);
- относительного подъема арок (f/l), характеризующего их крутизну;
- числа участков разбивки арок.

Изложенные подходы в создании учебной программы «Арка2», с нашей точки зрения, создают условия и базу для более глубокого изучения методов расчета и понимания физических основ работы сооружений, способствуют интенсификации и активизации учебного процесса, индивидуализации познавательной деятельности, развитию творческого и инженерного мышления будущих специалистов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Игнатюк В.И. Создание учебных компьютерных программ для курса строительной механики // Вышэйшая школа. – 2001. – № 6. – С. 35–38.
2. Игнатюк А.Ю., Игнатюк В.И. К расчету двухшарнирных арок на неподвижные нагрузки // Сборник конкурсных работ студентов и магистрантов – 2006 / БрГТУ. – Брест, 2006.