УДК 622.28.042.4:518.5

***М.А.НИКИТИН, К.М.ПАВЛЕНКО****
Факультет освоения подземного пространства,
студенты группы ГС-98-1, *ассистент профессора

# ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦ EXCEL В РАСЧЕТЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ИЗГИБ

Эпюры основных механических характеристик строительных конструкций являются общепризнанным способом наглядного изображения распределения этих характеристик в конструкции. При изучении курса строительной механики выполняются задачи расчета различных конструкций на изгиб. Одним из известных современных Windows-приложений являются разные версии Microsoft Excel, реализованные в программном пакете Microsoft Office, который изучают на первом курсе. Широкий спектр математических функций, содержащихся в Microsoft Excel, реализация процессов «Автозаполнение», «Автосуммирование» позволяет значительно увеличить скорость выполнения расчета и избежать случайных вычислительных ошибок. Приведены выполненные средствами пакета Microsoft Excel таблицы с расчетом изгибающего момента, продольных и перерезывающих сил криволинейной арки, типичной формы выработок подземных сооружений, нагруженной равномерно распределенными вертикальной и горизонтальной нагрузками. Для построения эпюр рассчитанных величин использовался программный пакет MatLab, предоставляющий возможность на одном графике изображать произвольное количество зависимостей по заданным наборам аргументов и функций. Проведены вспомогательные расчеты для преобразования полученных значений эпюр в систему координат пакета и получены эпюры изгибающего момента, поперечных и перерезывающих сил.

The diagrams of main mechanical parameters of engineering structures are considered to be a universally recognized way of graphic representation of distribution of these parameters in the structure. While learning the engineering mechanics the problems of calculation of different structures on bend are solved. Different versions of Microsoft EXCEL, realized in the program package Microsoft Office, are the known modern Windows-supplements learned in the first course of study. The wide range of mathematical functions in Microsoft Excel, "Automatic filling" " Automatic summing" process realization make it possible to increase greatly the speed of calculation as well as to avoid accidental calculation errors. Drawn with the help of the package Microsoft Excel the tables with bend moment calculations, longitudinal and cutting forces of curvilinear arch, typical shape of underground workings with equally distributed vertical and horizontal loads are given.

To draw the diagrams of calculated values the program package MathLab has been used. It makes possible to plot on one chart the arbitrarily quantities of dependencies on set arguments and junctions. Auxiliary calculations for transforming the diagram parameters obtained into the system of package coordinates are made and bend moment diagrams, longitudinal and cutting forces are obtained.

Активное внедрение вычислительной техники в инженерную практику и повсеместное распространение персональных компьютеров со стандартным программным обеспечением стимулируют выполнение всевозможных инженерных расчетов на компьютере. Для этих целей разрабатываются различные программные продукты. Одним из известных современных Windows-приложений являются разные версии Microsoft Excel, реализованные в программном пакете Microsoft Office, который изучают на первом курсе. Широкий спектр математических функций, содержащихся в Microsoft Excel, реализация процессов «Автозаполнение», «Автосуммирование» позволяют значительно увеличить скорость выполнения расчета и избежать случайных вычислительных ошибок. Получаемые таблицы редактируются общепринятыми приемами пакета Microsoft Office и могут быть вставлены в любой документ.

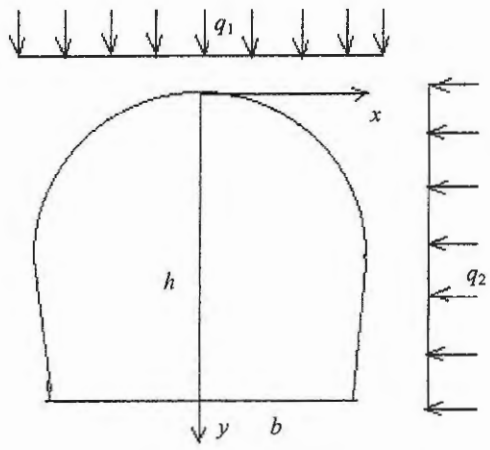



Рис.1. Расчетная схема

При использовании пакета Microsoft Excel создается шаблон, по которому реализуется расчет для любого набора исходных данных.

Эпюры основных механических характеристик строительных конструкций являются общепризнанным способом наглядного изображения распределения этих характеристик в конструкции. Расчет производится для отдельных точек, по значению которых изображается эпюра. Приведена выполненная средствами пакета Microsoft Excel таблица с шаблоном расчета изгибающего момента, продольных и перерезывающих сил криволинейной арки, нагруженной равномерно распределенными вертикальной и горизонтальной нагрузками. При изучении курса строительной механики выполняются задачи расчета различных конструкций на изгиб.

Приводим расчет для криволинейной рамы арочного очертания, типичной для формы выработок подземных сооружений. Требуется определить изгибающие моменты, продольные и перерезывающие силы в отдельных точках оси криволинейной рамы, нагруженной равномерно распределенными вертикальной и горизонтальной нагрузками (рис.1). Нижние концы рамы свободно оперты на жесткие опоры. В силу наличия вертикальной оси симметрии расчет выполняется для половины арки. Изгибающий момент в любом сечении арки (как функция дуги s, отсчитываемой от вертикального сечения) вычисляется по формуле

$$M(s) = M_0 m_1(s) + m_2(s),$$

где

$$M_0 = \frac{\int_0^s m_s(s) m_2(s) ds}{\int_0^s m_1^2 ds} \quad m_1(s) = 1 - \frac{y(s)}{h};$$

$$m_2(s) = \frac{q_1 x^2(s)}{2} + \frac{q_2 y^2(s)}{2} - y(s)\left(\frac{q_1 b^2}{2h} + \frac{q_2 h}{2}\right),$$

$h$ – высота арки, м; $b$ – полуширина арки, м.

Интегралы вычисляются по формуле трапеций, для чего определяются значения подынтегральных функций в разных точках арки ($x_i$, $y_i$) (см. таблицу). В той же таблице вычисляются значения вспомогательных величин $m_1(s)$, $m_2(s)$ в рассматриваемых точках арки.

Следующие два столбца таблицы отводятся для вычисления подынтегральных функций. Значения интегралов получаются автосуммированием соответствующих столбцов. Далее в таблице реализуется вычисление изгибающего момента в точках ($x_i$, $y_i$). Вычисление продольной и поперечной силы выполняется в двух следующих столбцах таблицы. На вертикальной оси перерезывающая сила равняется нулю, а продольная

$$N(0) = q_1 \frac{b^2}{2h^2} + \frac{q_2}{2} + \frac{M_0}{h}.$$

В остальных точках арки расчет ведется по формулам

$$N_i(s) = -q_1 x_i \frac{y_i - y_{i-1}}{\sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2}} +$$

$$+ N(0) y_i \frac{x_i - x_{i-1}}{\sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2}};$$

$$T_i(s) = q_1 x_i \frac{x_i - x_{i-1}}{\sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2}} +$$

$$+ N(0) y_i \frac{y_i - y_{i-1}}{\sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2}}.$$

**Таблица расчета с использованием пакета Microsoft Excel**

| | |
|---|---|
| Высота арки ($h$) | 3,335 |
| Полуширина арки по нейтральному слою ($b$) | 1,9 |
| Интенсивность вертикальной нагрузки ($q_1$) | 1 |
| Интенсивность горизонтальной нагрузки ($q_2$) | 0,3 |

| | | $x$ | $y$ | $m1$ | $m2$ | $m1*m2$ | $m1^2$ | $M(s)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0.205 |
| 5 | 0,087 | 0,174 | 0,030 | 0,991 | -0,02 | -0,016 | 0,982 | 0,187 |
| 10 | 0,175 | 0,347 | 0,119 | 0,964 | -0,06 | -0,060 | 0,929 | 0,136 |
| … | … | … | … | … | … | … | … | … |
| 80 | 1,396 | 1,970 | 2,777 | 0,159 | 0,203 | 0,032 | 0,025 | 0,236 |
| 85 | 1,484 | 1,992 | 2,818 | 0,146 | 0,24 | 0,035 | 0,021 | 0,270 |
| 90 | 1,571 | 2,000 | 2,832 | 0,142 | 0,252 | 0,036 | 0,020 | 0,281 |
| | | 1,95 | 2,9 | 0,121 | 0,141 | 0,017 | 0,015 | 0,166 |
| | | 1,9 | 3 | 0,091 | 0,029 | 0,003 | 0,008 | 0,048 |
| | | | | | | -1,49 | 7,244 | |
| | | | | | | Интеграл | -0,21 | |

При построении эпюры полученные значения в точках арки откладываются от точек по нормали к арке в принятом масштабе. Обозначим через $E_i$ значение характеристики, эпюру которой получаем, в точке арки с координатами $(x_i, y_i)$, а через $E_x$, $E_y$ – координаты точек эпюры. Так как арочная крепь состоит из дуги окружности и прямолинейной стойки, то положение $E_x$, $E_y$ будет определяться по-разному. На прямолинейной части очевидно, что $E_y = y_i$, $E_x = x_i - E/z$, где $z$ – масштабирующий коэффициент. На круговой части крепи для определения положения $E_x$, $E_y$ нужно использовать два соотношения, первое - точка с координатами $(E_x, E_y)$ удалена от точки крепи $(x_i, y_i)$ на расстояние $E/z$: $(x_i - E_x)^2 + (y_i - E_y)^2 = (E/z)^2$, и второе – эпюра откладывается по нормали в точке, а нормаль точки окружности лежит на линии, соединяющей центр окружности с точкой на окружности, и можем записать уравнение прямой, проходящей через три точки – центр окружности $(0, b)$, точка эпюры $(E_x, E_y)$ и точка крепи $(x_i, y_i)$: $x_i - 0/(x_i - E_x) = y_i - b/(y_i - E_y)$. Решив эти два уравнения относительно $E_x$, $E_y$, получаем зависимости для вычисления положения точек эпюр на круговой части арочной крепи:

$$E_x = x_i\left(1 - \frac{E/z}{\sqrt{x_i^2 + (h - y_i - b)^2}}\right);$$

$$E_y = y_i\left(1 - \frac{E/z}{\sqrt{x_i^2 + (h - y_i - b)^2}}\right) + b\frac{E/z}{\sqrt{x_i^2 + (h - y_i - b)^2}}.$$

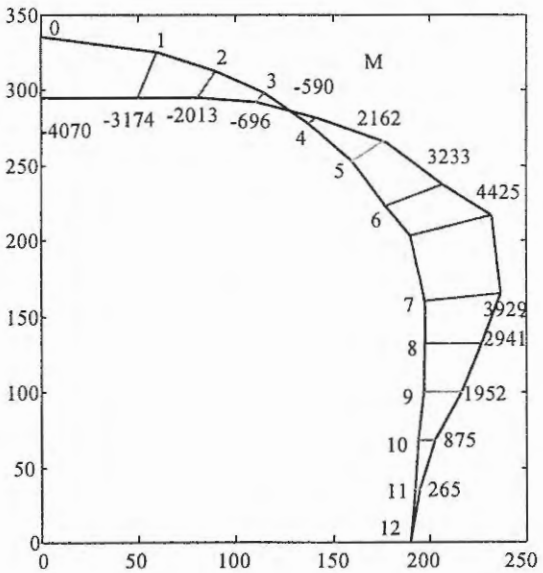



Рис. 2. Эпюра изгибающего момента, построенная средствами MatLab

Построить эпюры на основе рассчитанных значений средствами пакета Microsoft Excel не представляется возможным из-за криволинейного очертания арки. Программный пакет MatLab предоставляет пользователю возможность на одном графике изображать произвольное количество зависимостей по заданным наборам аргументов и функций. Нужно учесть, что принятые как в пакете MatLab, так и в других программных пакетах направления координатных осей не совпадают с принятыми в данном расчете. Поэтому перед построением эпюр нужно преобразовать значения характеристик по оси ординат по правилу: $y_{изобр} = h - y_{расч}$. На рис.2 приведена эпюра изгибающего момента, построенная функцией plot программного пакета MatLab.

Разработанный шаблон расчета изгибающего момента, продольной и перерезывающей сил криволинейной рамы, нагруженной равномерно распределенными вертикальной и горизонтальной силами, в пакете Microsoft Excel позволяет получать значения этих параметров в точках оси рамы для любых нагрузок. После ввода исходных данных производится автоматический перерасчет. Для построения эпюр использована программа MatLab.

Научный руководитель доцент, к.т.н. *О.Г.Быкова*

УДК 518.5:622.28.042.4

***Т.А.ЯКОВЛЕВА***
Факультет освоения подземного пространства, студентка группы ГС-98-2,
ассистент профессора

# КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДОКЛАДА «ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦ EXCEL В РАСЧЕТЕ БАЛОК НА ПРОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ» СРЕДСТВАМИ ПРОГРАММЫ POWERPOINT

Компьютерное представление докладов повсеместно принято на конференциях разного уровня. Возможность создания компьютерной версии представления доклада предоставляет программа PowerPoint. Средства программы PowerPoint и программный пакет Microsoft Excel были применены к расчету методом начальных параметров призматической балки, выполненной из одного материала. В подготовке презентации не использованы встроенные шаблоны, а создан авторский вариант. Для большей наглядности презентации к отдельным элементам каждого из листов применены эффекты анимации. Смена листов на экране осуществляется автором по ходу презентации. Презентация содержит девять листов, подробно освещающих ход расчета балки средствами Microsoft Excel. Первый лист является титульным, на остальных приведены вид исходного уравнения изгиба балки, граничные условия, решение уравнения, таблички с формулами, по которым проводился расчет, и полученными результатами. Отдельный лист посвящен этапам форматирования эпюр прогибов, перерезывающих сил и изгибающих моментов, построенных средствами Microsoft Excel.

Computerized report presentation is widely used at different conferences. Power program gives the possibility of creating a computerizing version of report presentation. The ability of Power Point and Microsoft EXCEL package were applied to calculating prismatic beam made of one material by initial parameters method. The built-in patterns were not used in preparing the presentation. The author's version was created. To make the presentation more vivid, an animation effect was used in some elements of every site. The change of the sites on the display is done by the author during the presentation. The presentation consists of nine sites showing in details how the beam is calculated with Microsoft Excel. The first site is a title one. The rest sites give the initial equation of beam bend, boundary conditions, solution of the equation, tables with formula for calculation and the results obtained. The separate site is devoted to the stages of bend formation diagrams, cutting forces and bend moments plotted with Microsoft Excel.