

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СТУДЕНТАМИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ДИСЦИПЛИН

**А. А. Федченко, В. Ю. Федченко,
С. Е. Маскайкина, И. В. Бурьянов**

В статье рассматривается возможность применения программного комплекса MathCAD, изучаемого в курсе информатики, студентами-старшекурсниками машиностроительных специальностей для решения конкретных проблем, связанных непосредственно с их будущей специальностью; в качестве примера приводится расчет центра масс металлорежущего станка с помощью матриц. Каждый узел станка аппроксимирован простыми геометрическими фигурами, при этом точность расчета зависит от степени детализации станка. Рекомендуемый алгоритм позволяет создать шаблон для расчета центра масс станков с подобной компоновкой. Для развития конструкторских навыков является полезным исследование изменения положения центра масс в зависимости от компоновки станка и коэффициента заполнения узла.

Ключевые слова: программный комплекс, металлорежущий станок, центр масс, узел станка, координата, аппроксимация, матрица, вектор.

USE OF SOFTWARE SYSTEMS IN THE STUDY OF STUDENTS OF SPECIAL SUBJECTS

**A. A. Fedchenko, V. Yu. Fedchenko,
S. E. Maskaykina, I. V. Buryanov**

The article considers the opportunity of implementation of MathCAD software package in course of computer science for students of engineering disciplines for solution to specific problems in their area of expertise. Calculation of the center of mass of the machine tool by using matrices is shown on an example. Each node of the machine approximated by simple geometrical figures, the accuracy of the calculation is dependent upon the level of detail of the machine. Recommended procedure makes possible to create a template for the calculation of the center of mass of machines with a similar layout. For the development of engineering skills it is useful to study the variation of the position of the center of mass, depending on the layout of the machine and node filling factor.

Keywords: software package, machine tool, center of mass, unit of machine tool, coordinate, approximation, matrix, vector.

Программа обучения студентов инженерных специальностей включает в себя обязательное изучение таких дисциплин, как «Информатика», «Программирование» и др. Как правило, эти предметы рассчитаны на 1-й и 2-й годы обучения. Без их регулярного использования в учебной деятельности многие полученные знания теряются безвозвратно. Это вызывает сожаление,

поскольку в работе, например инженера-машиностроителя, значительное количество времени занимают рутинные расчеты, которые с успехом можно автоматизировать с помощью известных программных комплексов.

В этой связи актуальной является задача применения полученных знаний студентами-старшекурсниками для решения конкретных проблем, связанных

непосредственно с их будущей специализацией. Например, одной из важнейших задач, требующей решения при проектировании металлорежущего станка, является определение центра масс. Точное определение положения центра масс позволяет рационально спроектировать фундамент станка и осуществить безопасную и удобную его транспортировку. Программный комплекс MathCAD позволяет с успехом решить эту проблему, а вместе с тем вспомнить навыки работы с комплексом, увидеть возможность его конкретного технического применения.

Методика расчета центра масс состоит в следующем:

- выбирается система координат (обычно рекомендуется за точку отсчета принять один из нижних углов основания станка);

- узлы станка аппроксимируются простыми пространственными телами (блоками) типа «цилиндр», «параллелепипед», «призма» и др.;

- указываются координаты аппроксимирующих тел относительно осей X , Y , Z (начальные и конечные точки) и координаты центров масс каждого блока;

- принимаются приблизительные коэффициенты заполнения блока α для каждого узла ($0,1 < \alpha \leq 1$) (принято считать блоки заполненными равномерно).

- рассчитываются объемы аппроксимирующих тел с учетом коэффициента заполнения;

- рассчитываются массы тел;

- рассчитываются координаты центра масс станка по формулам:

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \times x_i}{\sum_{i=1}^n m_i},$$

$$y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \times y_i}{\sum_{i=1}^n m_i},$$

$$z_0 = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \times z_i}{\sum_{i=1}^n m_i},$$

где m_i – масса i -го блока;

x_i , y_i , z_i – координаты центра масс i -го блока.

Объемы аппроксимирующих тел с учетом коэффициента заполнения блока и их массы рассчитываются по классическим формулам. Точность расчета, разумеется, зависит от степени детализации станка, т. е. от количества аппроксимирующих элементов.

Расчеты по определению центра масс станка, несмотря на их относительную простоту, являются весьма громоздкими и требуют значительных затрат времени (известны системы автоматизированного проектирования, которые позволяют автоматически определить центр масс детали или узла, но нашей задачей является повторение полученных по информатике знаний и изучение возможности их использования для прикладных технических задач).

При расчете центра масс с применением MathCAD алгоритм расчета состоит в следующем:

- ввести значения координат отдельных узлов станка;

- вычислить координаты центра масс каждого узла;

- рассчитать объем каждого узла;

- рассчитать массу каждого узла;

- рассчитать центр масс станка.

Удобным является использование матриц (векторов), размерность которых соответствует количеству отдельных элементов (блоков), на которые разбивается металлорежущий станок (при этом студентам очень полезным будет вспомнить матричную алгебру).

Рассмотрим особенности каждого этапа расчета центра масс станка.

На первом этапе следует ввести значения координат отдельных узлов станка. Так как система станка рассматривается в трех измерениях, следует ввести 3 координаты: X , Y и Z .

Каждый узел (или блок) имеет начальную и конечную координаты. Примем обозначение HX и KX для начальной и конечной координат узла по оси X соответственно, HY и KY – для начальной и конечной координат узла по оси Y , HZ и KZ – для начальной и конечной координат узла по оси Z . При этом обозначения могут быть произвольными.

Расположение конкретных значений координат в матрице соответствует номеру соответствующего блока.

На следующем этапе нужно определить координаты центра масс каждого узла.

Координата центра масс узла находится как половина суммы начальной и конечной координат:

$$X = \frac{HX + KX}{2},$$

$$Y = \frac{HY + KY}{2},$$

$$Z = \frac{HZ + KZ}{2}.$$

В результате расчета создается матрица (вектор) для каждой переменной X , Y и Z , включающая столько элементов, сколько имеется узлов (или блоков).

На третьем этапе следует определить объем каждого блока, чтобы затем вычислить его массу.

Как известно, для тел в форме параллелепипеда, что характерно для большинства аппроксимирующих тел узлов металлорежущего станка, объем определяется как произведение длин всех сторон.

Длину каждой стороны можно вычислить как разность начальной и конечной координат:

$$A = KX - HX,$$

$$B = KY - HY,$$

$$C = KZ - HZ.$$

В итоге получаем новые матрицы A , B и C , которые характеризуют длины сторон каждого блока.

Коэффициенты заполнения для каждого блока также записываем в виде отдельного вектора. Обозначим его, например, как F .

Для попарного перемножения каждого элемента полученных матриц используем значок векторного произведения на соответствующей панели инструментов. Однако, если блок имеет форму цилиндра, а не параллелепипеда, то значение конкретного элемента матрицы следует ввести отдельно, а уже затем рассчитать объем каждого блока. Нумерация элементов матрицы начинается с нуля.

На четвертом этапе необходимо определить массу каждого узла. Для этого используется известная формула произведения плотности (удельной массы) узла на его объем.

Так как считаем, что узлы станка выполнены из стали, принимаем удельную массу, равную $7\ 800\ \text{кг/м}^3$. Используем эту величину в качестве константы, на которую необходимо умножить вектор объема $V0$.

Однако, если в конструкции используются другие материалы, то не представляет особой сложности ввести соответствующую величину удельной массы. В этом случае следует предусмотреть для нее отдельную переменную.

Объем с учетом коэффициентов заполнения блоков обозначим, например, как VV , вектор масс блоков – M .

На последнем этапе расчета нужно определить центр масс станка по отдельным координатам X , Y и Z .

Обозначаем координаты центра масс станка как $X0$, $Y0$ и $Z0$. Для расчета используем известные формулы и соответствующие значки на панели инструментов MathCAD:

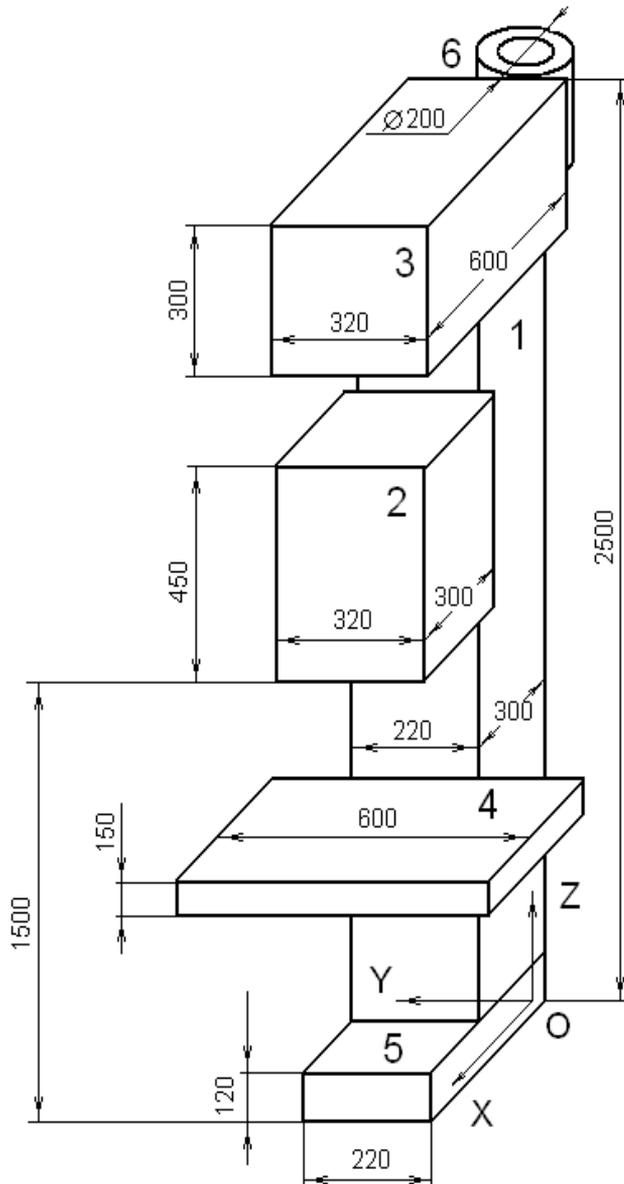
$$X0 = \frac{\Sigma(\overline{M \times X})}{\Sigma M},$$

$$Y0 = \frac{\Sigma(\overline{M \times Y})}{\Sigma M},$$

$$Z0 = \frac{\Sigma(\overline{M \times Z})}{\Sigma M}.$$

Рассмотрим расчет центра масс с применением MathCAD сверлильного станка с конкретными размерами (рис. 1).

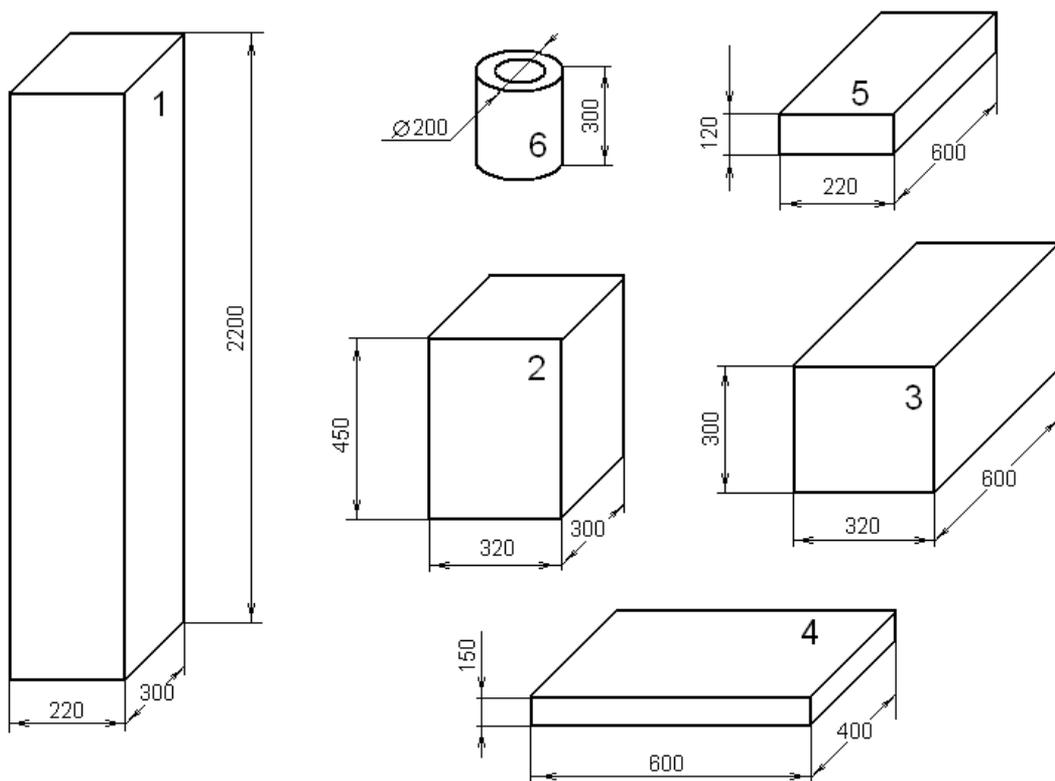
Станок состоит из следующих узлов: 1 – колонна; 2 – шпиндельная бабка; 3 – коробка скоростей; 4 – стол; 5 – основание; 6 – электродвигатель.



Р и с. 1. Сверлильный станок

Аппроксимируемыми телами узлов станка являются параллелепипеды, за исключением электродвигате-

ля. За аппроксимирующее тело электродвигателя принимаем цилиндр (рис. 2).



Р и с. 2. Узлы станка

Матрицы начальной и конечной координат будут состоять из 6 элементов. В MathCAD они имеют следующий вид:

– для координат X:

$$HX := \begin{pmatrix} 0,0 \\ 0,3 \\ 0,0 \\ 0,0 \\ 0,0 \\ 0,0 \\ 0,0 \end{pmatrix} \quad KX := \begin{pmatrix} 0,0 \\ 0,62 \\ 0,6 \\ 0,7 \\ 0,6 \\ 0,6 \\ -0,2 \end{pmatrix};$$

– для координат Y:

$$HY := \begin{pmatrix} 0,0 \\ -0,05 \\ -0,05 \\ -0,19 \\ 0,0 \\ 0,01 \end{pmatrix} \quad KY := \begin{pmatrix} 0,22 \\ 0,27 \\ 0,27 \\ 0,41 \\ 0,22 \\ 0,21 \end{pmatrix};$$

– для координат Z:

$$HZ := \begin{pmatrix} 0,0 \\ 1,5 \\ 2,2 \\ 1,0 \\ 0,0 \\ 2,2 \end{pmatrix} \quad KZ := \begin{pmatrix} 2,08 \\ 1,95 \\ 2,5 \\ 1,15 \\ 0,12 \\ 2,5 \end{pmatrix}.$$

Затем рассчитываются координаты центра масс каждого отдельного узла.

Результаты расчета центра масс отдельных узлов сверлильного станка:

$$X := \begin{pmatrix} 0,15 \\ 0,46 \\ 0,3 \\ 0,35 \\ 0,3 \\ -0,1 \end{pmatrix}, Y := \begin{pmatrix} 0,11 \\ 0,11 \\ 0,11 \\ 0,11 \\ 0,11 \\ 0,11 \end{pmatrix}, Z := \begin{pmatrix} 1,04 \\ 1,725 \\ 2,35 \\ 1,075 \\ 0,06 \\ 2,35 \end{pmatrix}.$$

Результаты расчета размеров сторон аппроксимирующих тел:

$$A := \begin{pmatrix} 0,3 \\ 0,32 \\ 0,6 \\ 0,7 \\ 0,6 \\ -0,2 \end{pmatrix}, B := \begin{pmatrix} 0,22 \\ 0,32 \\ 0,32 \\ 0,6 \\ 0,22 \\ 0,2 \end{pmatrix}, C := \begin{pmatrix} 2,08 \\ 0,45 \\ 0,3 \\ 0,15 \\ 0,12 \\ 0,3 \end{pmatrix}.$$

Значения объемов тел параллелепипедов получены попарным умножением элементов матриц, характеризующих размеры сторон, а для элементов, характеризующих размеры цилиндра, вводим следующие значения:

– для 6-го элемента матрицы А – значение $\frac{\pi}{4} \times h$ (h – высота аппроксимирующего цилиндра);

– для 6-го элемента матрицы В – значение диаметра цилиндра (электродвигателя);

– для 6-го элемента матрицы С – значение диаметра цилиндра (электродвигателя).

В результате перемножения этих элементов матриц получается формула для расчета объема цилиндра.

Рассчитанные объемы аппроксимирующих тел для сверлильного станка в MathCAD:

$$V0 := \begin{pmatrix} 0,137 \\ 0,046 \\ 0,058 \\ 0,063 \\ 0,016 \\ 9,44 \times 10^{-3} \end{pmatrix}.$$

Коэффициенты заполнения блоков сверлильного станка:

$$F := \begin{pmatrix} 0,2 \\ 0,6 \\ 0,6 \\ 0,7 \\ 0,8 \\ 0,85 \end{pmatrix}.$$

Рассчитанные объемы с учетом коэффициента заполнения:

$$VV := \begin{pmatrix} 0,027 \\ 0,028 \\ 0,035 \\ 0,044 \\ 0,013 \\ 8,024 \times 10^{-3} \end{pmatrix}.$$

Массы аппроксимирующих тел:

$$M := \begin{pmatrix} 214,157 \\ 215,654 \\ 269,568 \\ 343,98 \\ 98,842 \\ 62,587 \end{pmatrix}.$$

Результаты расчета центра масс сверлильного станка с применением MathCAD (координаты в метрах):

$$X0=0,295$$

$$Y0=0,11$$

$$Z0=1,453.$$

Результатом расчета является не только получение конкретных координат центра масс, но и создание шаблона в системе MathCAD, который можно использовать для расчета центра масс станков с подобной компоновкой.

Значительным преимуществом использования данного программного комплекса является его совместимость с простыми графическими редакторами, что позволяет изобразить станок и сделать выполненные расчеты более наглядными. Кроме того, существует возможность теоретического исследования изменения центра масс в зависимости от изменения геометрии и коэффициента заполнения узла.

Поступила 01.09.2014 г.

Об авторах:

Федченко Александр Андреевич, старший преподаватель кафедры общеобразовательных и профессиональных дисциплин Рузаевского института машиностроения (филиала) ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Рузаевка, ул. Ленина, д. 93), кандидат физико-математических наук, alexfdwork@gmail.com

Федченко Валентина Юрьевна, доцент кафедры металлообрабатывающих станков и комплексов Рузаевского института машиностроения (филиала) ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Рузаевка, ул. Ленина, д. 93), кандидат технических наук, WalentinaFed@yandex.ru

Маскайкина Светлана Егоровна, доцент кафедры металлообрабатывающих станков и комплексов Рузаевского института машиностроения (филиала) ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Рузаевка, ул. Ленина, д. 93), smaska63@mail.ru

Бурьянов Игорь Валерьевич, студент 5-го курса специальности «Металлообрабатывающие станки и комплексы» Рузаевского института машиностроения (филиала) ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Рузаевка, ул. Ленина, д. 93), i.v.buryanov@gmail.com

Для цитирования: Федченко, А. А. Использование программных комплексов при изучении студентами специальных дисциплин / А. А. Федченко [и др.] // Вестник Мордовского университета. – 2015. – Т. 25, № 1. – С. 52–58. DOI: 10.15507/VMU.025.201501.052

About the authors:

Fedchenko Aleksandr Andreyevich, senior lecturer of General Educational and Professional Disciplines chair of Ruzaevka Machine Engineering Institute, branch of Ogarev Mordovia State University (93, Lenin Str., Ruzaevka, Russia), Candidate of Sciences (PhD) degree holder in Physico-Mathematical sciences, alexfdwork@gmail.com

Fedchenko Valentina Yuryevna, associate professor (docent) of Machine Tools and Systems chair of Ruzaevka Machine Engineering Institute, branch of Ogarev Mordovia State University (93, Lenin Str., Ruzaevka, Russia), Candidate of Sciences (PhD) degree holder in Engineering sciences, WalentinaFed@yandex.ru

Maskaykina Svetlana Egorovna, associate professor (docent) of Machine Tools and Systems chair of Ruzaevka Machine Engineering Institute, branch of Ogarev Mordovia State University (93, Lenin Str., Ruzaevka, Russia), smaska63@mail.ru

Buryanov Igor Valeryevich, 5th year student of specialty “Machine Tools and Systems” of Ruzaevka Machine Engineering Institute, branch of Ogarev Mordovia State University (93, Lenin Str., Ruzaevka, Russia), i.v.buryanov@gmail.com

For citation: Fedchenko A. A., Fedchenko V. Yu., Maskaykina S. E., Buryanov I. V. Ispolzovanie programmnykh kompleksov pri izuchenii studentami spetsialnykh distsiplin [Use of software systems in the study of students of special subjects]. *Vestnik Mordovskogo Universiteta* – Mordovia University Bulletin. 2015, vol. 25, no. 1, pp. 52–58. DOI: 10.15507/VMU.025.201501.052