

<https://doi.org/10.48081/UBTG9553>

**В. В. Рындин¹, А. А. Олейник²,
Ш. Г. Гасымов³, Ю. П. Макушев⁴**

^{1,2,3}Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар;

⁴Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет
(СибАДИ), Российская Федерация, г. Омск

ВНЕДРЕНИЕ ПРОГРАММЫ MATHCAD В СИСТЕМУ ОБРАЗОВАНИЯ КАЗАХСТАНА

В статье рассмотрены преимущества и основные отличия системы (пакета) Mathcad фирмы MathSoft от аналогов. Использование Mathcad позволяет писать примечания к расчётам вдвое быстрее, но реальная ценность этого приложения – в возможности проверки и отладки любых программ за меньший промежуток времени. Всё это позволяет считать MathCAD одной из лучших расчётных программ для образовательной сферы. Внедрение системы MathCAD в учебный процесс так же актуально, как использование калькулятора в расчётах, редактора формул MathType – для оформления статей и дипломных проектов, AutoCAD – при выполнении графических работ. Основной идеей статьи является внедрение программного блока MathCAD в систему образования Казахстана. Дается обоснование необходимости внедрения этой программы в учебный процесс. Предлагается в стандарт образования ввести обязательное изучение программы MathCAD на третьем курсе в первом семестре, а во втором семестре студенты должны получать проекты на закрепление знаний по использованию расчётной системы MathCAD. На четвёртом курсе все расчёты в курсовых и дипломных работах должны строго выполняться с применением MathCAD, что позволит ввести контроль правильности выполнения расчётов.

Ключевые слова: MathCAD 14, MathCAD 15, внедрение в систему образования, актуальность расчётных программ.

Введение

С ростом объёма знаний возникает потребность в совершенствовании устройств для их получения, обработки, анализа, визуализации, накопления и

т. п. Для ускорения расчётов применялись счёты, логарифмические линейки, арифмометры, а сейчас применяются электронные калькуляторы. Для увеличения скорости набора текста применялись механические и электрические клавишные машинки с одним шрифтом. Сейчас используется компьютерный набор текста в программе Word с множеством шрифтов (порядка 100) и математических символов. Если раньше чертежи выполнялись вручную, то сейчас для этого используются специальные программы AutoCAD, NanoCAD, КОМПАС и др. Что набор формул в Word, что разработка чертежей с использованием САПР, требуют специального изучения этих программ в специальных учебных курсах, вводимых типовыми или специальными учебными программами. Дипломные проекты проходят нормоконтроль с учётом выполнения записки в Word, а чертежей с использованием САПР, и это безоговорочно принимается и студентами, и преподавателями.

Что касается расчётов, то их требуется проводить с использованием калькуляторов. Однако во многих случаях требуется многократный (для составления таблиц и построения графиков) расчёт для совокупности сложных формул. Что затруднительно и мало пригодно для практики, сам преподаватель не в состоянии проверить такие расчёты с помощью калькулятора. В результате расчётная часть проекта фактически не проверяется и нет никакой гарантии, что расчёты выполнены верно, без подгонки.

Для сложных расчётов составляются специальные программы путём программирования в средах Fortran, Excel, Turbo Pascal, Delphi и др. Не представляется возможным для каждой курсовой работы, а тем более диплома, составить такие программы. Нужна такая программа (математический пакет), которая позволяла бы просто и наглядно вводить формулы с теми же символами, что и в исходных выражениях. Такой программой является новая математическая программа, входящая в математический пакет MathCAD. Таким образом, задача внедрения этой программы в учебный процесс актуальна. Литература по использованию системы MathCAD обширна (сотни изданий). В качестве примера можно отметить работы [1–3].

В статье представлена идея внедрения системы MathCAD в систему образования Казахстана, как в своё время были внедрены Word и САПР. Программа MathCAD широко внедряется на кафедре «Механика и нефтегазовое дело» НАО «Торайгыров университет»: выполняются курсовые и дипломные проекты, получено 7 актов внедрения расчётов в системе MathCAD в дипломное проектирование. По результатам расчётов опубликованы статьи и монография [4–14].

Материалы и методы

Mathcad содержит текстовый и формульный редактор, вычислитель, средства научной и деловой графики, а также огромную базу справочной

информации, как математической, так и инженерной, оформленной в виде встраиваемого в MathCAD справочника, комплекта электронных книг и обычных «бумажных» книг, в том числе и на русском языке. Для практического ознакомления с работой в системе MathCAD ниже приведён пример выполнения задания по дисциплине «Статистические методы обработки экспериментальных данных».

Задание: по результатам измерения толщины фильтрационной корки глинистого раствора определить: среднее арифметическое значение толщины корки; доверительный интервал, в котором лежит среднее значение; построить гистограмму и полигон относительных частот.

Согласно серии измерений, толщина b_i фильтрационной корки глинистого раствора составляет, мм:

4.5 4 3.3 3.3 4.7 2.6 4.9 4.6 2.1 4.7 4.7 3.4 2.1 2.4 2.8 4 2.7

Число членов выборки (число опытных данных) $N := 34$

(здесь использован знак присваивания «:=» двосточие равно, который автоматически появляется при нажатии клавиши с двосточием «:=»).

Расставляем члены выборки в порядке возрастания их значений, присваивая им соответствующие индексы (все индексы матричные и набираются при нажатии клавиши с символом «[» – открывающаяся квадратная скобка)

$b_1 := 2.1$ $b_2 := 2.1$ $b_3 := 2.1$ $b_4 := 2.1$ $b_5 := 2.2$ $b_6 := 2.2$
 $b_7 := 2.3$ $b_8 := 2.4$ $b_9 := 2.4$ $b_{10} := 2.5$ $b_{11} := 2.5$ $b_{12} := 2.6$
 $b_{13} := 2.7$ $b_{14} := 2.8$ $b_{15} := 3.2$ $b_{16} := 3.3$ $b_{17} := 3.3$ $b_{18} := 3.3$
 $b_{19} := 3.4$ $b_{20} := 3.4$ $b_{21} := 3.7$ $b_{22} := 3.7$ $b_{23} := 3.8$ $b_{24} := 4$
 $b_{25} := 4$ $b_{26} := 4$ $b_{27} := 4.2$ $b_{28} := 4.5$ $b_{29} := 4.6$ $b_{30} := 4.7$
 $b_{31} := 4.7$ $b_{32} := 4.7$ $b_{33} := 4.8$ $b_{34} := 4.9$.

Из этого ряда выбираем максимальное и минимальное значения:

$b_{\max} := 4.9$ $b_{\min} := 2.1$.

Размах варьирования $R := b_{\max} - b_{\min} = 2.8$.

Выбираем число частичных интервалов, на которое удобно делить R (в диапазоне 4–8) $k := 7$.

Длина частичного интервала $\Delta := \frac{R}{k} = 0.4$.

Задаём номера членов в выборке от 1 до 34: $i := 1..34$.

Знак множества двосточие «..» набирается при нажатии клавиши с символом «;» (точка с запятой).

Для нумерации 1-й ячейки матрицы (таблицы) с единицы (по умолчанию с нуля) необходимо написать **ORIGIN := 1**.

Проверяем (автоматически) максимальное и минимальное значения толщины корки с помощью встраиваемых функций:

$b_{\max} := \max(b) = 4.9$ $b_{\min} := \min(b) = 2.1$.

(следует отметить, что Mathcad позволяет постоянно контролировать правильность набора формул и вычислений путём вывода на экран каждого промежуточного результата расчёта, что важно при расчётах).

В статистике для большого числа измерений для облегчения расчётов весь диапазон чисел разбивают на ряд интервалов (в нашем случае число таких интервалов принято $k = 7$), для каждого из которых определяют средние значения, и далее работают не со всеми вариантами ($N = 34$), а с числом $k = 7$ (выделенное относится к Mathcad, а не к тексту).

Присваиваем каждому интервалу номера от 1 до 7: $j := 1..7$.

Определяем середины интервалов bcp_j и подсчитываем число членов n_j в каждом интервале длиной $\Delta = 0.4$ (здесь индекс j набирается после нажатия клавиши с символом «[»).

Первый интервал (2.1–2.5) охватывает все величины со значениями от 2.1 до значения $2.1 + \Delta = 2.1 + 0.4 = 2.5$

$b_1 := 2.1$ $b_2 := 2.1$ $b_3 := 2.1$ $b_4 := 2.1$ $b_5 := 2.2$ $b_6 := 2.2$
 $b_7 := 2.3$ $b_8 := 2.4$ $b_9 := 2.4$ $b_{10} := 2.5$ $b_{11} := 2.5$.

В первом интервале оказывается 11 членов $n_1 := 11$.

Среднее значение интервала находим по первому и последнему члену интервала $bcp_1 := 0.5 \cdot (2.1 + 2.5) = 2.3$ (знак умножения перед скобкой набирается одновременным нажатием клавиш Shift+8)

Проверяем $bcp_1 = 2.3$.

Второй интервал (2.5–2.9) $\Delta = 0.4$

$bcp_2 := 0.5 \cdot (2.5 + 2.9) = 2.7$ или $bcp_2 := bcp_1 + \Delta = 2.7$.

Число членов интервала $b_{12} := 2.6$ $b_{13} := 2.7$ $b_{14} := 2.8$ $n_2 := 3$.

Третий интервал (2.9–3.3) $bcp_3 := bcp_2 + \Delta = 3.1$.

$b_{15} := 3.2$ $b_{16} := 3.3$ $b_{17} := 3.3$ $b_{18} := 3.3$ $n_3 := 4$.

Четвёртый интервал (3.3–3.7) $bcp_4 := bcp_3 + \Delta = 3.5$.

$b_{19} := 3.4$ $b_{20} := 3.4$ $b_{21} := 3.7$ $b_{22} := 3.7$ $n_4 := 4$.

Пятый интервал (3.7–4.1) $bcp_5 := bcp_4 + \Delta = 3.9$.

$b_{23} := 3.8$ $b_{24} := 4$ $b_{25} := 4$ $b_{26} := 4$ $n_5 := 4$.

Шестой интервал (4.1–4.5) $bcp_6 := bcp_5 + \Delta = 4.3$

$b_{27} := 4.2$ $b_{28} := 4.5$ $n_6 := 2$.

Седьмой интервал (4.5–4.9) $bcp_7 := bcp_6 + \Delta = 4.7$

$b_{29} := 4.6$ $b_{30} := 4.7$ $b_{31} := 4.7$ $b_{32} := 4.7$ $b_{33} := 4.8$ $b_{34} := 4.9$ $n_7 := 6$.

Проверка расчёта числа инвариант в каждом интервале ($N = 34$)

$$\sum_{j=1}^7 n_j = 34$$

Относительные частоты для каждого интервала $h_j := \frac{n_j}{N}$.

j =	$b_{cpj} =$	$n_j =$	$h_j =$
1	2.3	11	0.324
2	2.7	3	0.088
3	3.1	4	0.118
4	3.5	4	0.118
5	3.9	4	0.118
6	4.3	2	0.059
7	4.7	6	0.176

Вывод результатов расчёта в виде таблиц (просто пишем равно)

На рисунках 1 и 2 приведены результаты расчёта в виде полигона и гистограммы относительных частот.

Примечание. Для того чтобы назначить двумерному графику тип гистограммы, щёлкнуть два раза левой клавишей по рисунку и в диалоговом окне Formatting (форматирование) установить на вкладке Trace (Графики) тип списка solidbar – сплошные столбики – спл.

Полигон относительных частот в координатах (b_{cp} , h)

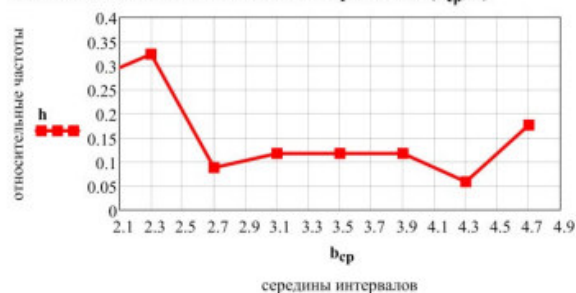


Рисунок 1 – Полигон относительности частот в координатах (h , b_{cp})

Среднее арифметическое значение толщины корки при дискретном

задании толщин $b_{cp, дис} := \frac{\sum_{j=1}^7 b_{cpj}}{7} = 3.50 \text{ мм.}$

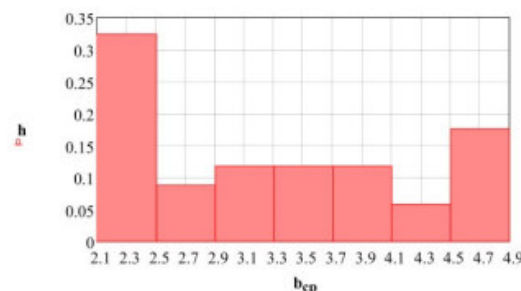


Рисунок 2 – Гистограмма относительных частот

Mathcad позволяет работать с большими массивами чисел. При учёте всех опытных данных среднее арифметическое значение толщины фильтрационной корки

$$b_{cp} := \frac{\sum_{i=1}^N b_i}{N} = 3.329 \text{ мм.}$$

Как видим, среднее значение при дискретном задании является менее точным (нематричные индексы типа «ср» набираются после нажатия клавиши с точкой «.»).

Среднее квадратичное отклонение среднего арифметического значения выборки, мм

$$\sigma_{ср.кв} := \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (b_i - b_{cp})^2}{N \cdot (N - 1)}} = 0.163110$$

Вводим обозначение $\sigma := \sigma_{ср.кв} = 0.16311$. В прикладных исследованиях доверительная вероятность $P = 0.95$. В этом случае стандартные границы определяются правилом двух сигм.

Доверительное отклонение от среднего $\varepsilon := 2\sigma = 0.326$.

Это значение необходимо округлить. Правило округления:

1 погрешность ΔA (доверительное отклонение ε) необходимо округлять до двух значащих цифр, если первая значащая цифра единица, и до одной значащей цифры во всех остальных случаях;

2 при записи значения A необходимо учитывать все цифры вплоть до последнего десятичного разряда, использованного для записи погрешности.

Согласно пункту 1) округление проводим до первой значащей цифры $\varepsilon := 0.3$. Согласно пункту 2) среднее значение $b_{cp} = 3.329$ также округляем до первой значащей цифры $b_{cp} := 3.3$ мм.

Границы доверительного интервала

$$b_{cp} - \varepsilon = 3.0 \quad b_{cp} + \varepsilon = 3.6.$$

Доверительный интервал, в котором лежит истинное значение b ,

$$b_{cp} - \varepsilon \leq b \leq b_{cp} + \varepsilon; \quad 3.0 \leq b \leq 3.6.$$

Итак, истинное значение измерения толщины b фильтрационной корки глинистого раствора составляет:

$$b = b_{cp} \pm 2\sigma = b_{cp} \pm \varepsilon = (3.3 \pm 0.3) \text{ мм}.$$

Результаты и обсуждение

На рассмотренном примере показана эффективность использования системы Mathcad. Как видно, запись команд в этой системе осуществляется на языке, очень близком к стандартному языку математических расчётов, что упрощает постановку и решение задач. Наряду с этим, MathCAD позволяет легко строить графики с результатами расчётов в виде таблиц, а также ввод исходных данных и вывод результатов в текстовые файлы или файлы с базами данных в других форматах.

В качестве обсуждения преимуществ MathCAD рассмотрим запись программ решения квадратного уравнения в Turbo Pascal [15] и MathCAD.

В Turbo Pascal: **var** a, b, c : real (коэффициенты уравнения);

x1, x2; real (корни уравнения); d : real (дискриминант);

begin

writeln ('*Решение квадратного уравнения*');

write ('Введите значения коэффициентов');

writeln ('в одной строке и нажмите <Enter> ');

readln (a, b, c); (ввод коэффициентов)

d:=b*b-4*a*c; (вычисление дискриминанта)

if d >= 0 **then begin**

x1 := (-b + sqrt (d)) / (2*a);

x2 := (-b - sqrt (d)) / (2*a);

writeln ('корни уравнения') writeln ('x1 =', x1, 'x2 =', x2);

end else writeln ('корней нет'); **end.**

В MathCAD: Решение квадратного уравнения. Задаём значения коэффициентов: a:=1; b:=2; c:=3. Вычисляем дискриминант

d:= b² - 4 a·c = - 8. Поскольку d < 0, уравнение с такими коэффициентами не имеет решения. Если a:=1; b:=4; c:=3, то d:= b² - 4 a·c = 4. Следовательно, уравнение имеет решения:

$$x_1 := \frac{-b + \sqrt{d}}{2a} = -1 \quad x_2 := \frac{-b - \sqrt{d}}{2a} = -3$$

Как видим, преимущества MathCAD доказывать не надо, а надо его внедрять в учебный процесс.

Выводы

В статье раскрыты преимущества использования системы MathCAD в учебном процессе. Однако до настоящего времени эта система не нашла повсеместного применения в учебной практике вузов при выполнении различных расчётов. Это обусловлено отсутствием как опыта работы преподавателей в системе MathCAD, так и соответствующих примеров расчёта в этой системе, а также отсутствием министерских требований обязательного использования Mathcad при выполнении курсовых и дипломных работ. В качестве некоторых примеров применения системы MathCAD в учебном процессе ПГУ им. С. Торайгырова можно привести работы [4–14]. К сожалению, популярный во всем мире пакет MathCAD фирмы MathSoft, в Казахстане распространён ещё слабо, как и все программные продукты подобного рода.

Внедрение системы MathCAD в учебный процесс так же актуально, как использование калькулятора в расчётах, редактора формул MathType – для оформления статей и дипломных проектов, AutoCAD – при выполнении графических работ. Использование калькулятора для расчёта сложных формул и в их большом количестве – это вчерашний день, как и ручное выполнение чертёжных проектов. И, если все осознают, что чертить красиво и быстро можно только в автоматических системах, то не многие понимают, что «красиво» считать и проверять результаты расчётов можно только в системе Mathcad, а не с помощью калькуляторов.

В связи с выше изложенным предлагается узаконить выполнение всех расчётных работ (самостоятельных, курсовых и дипломных) в системе Mathcad, хотя бы решением Совета университета.

Список использованных источников

- 1 Макаров, Е. Г. Инженерные расчёты в Mathcad 15 [Текст]. – СПб. : Питер, 2011. – 400 с.
- 2 Гриншкун, В. В. Сотникова, О. А. Особенности информатизации образовательного процесса в инновационном техническом вузе [Текст] // Вестник РУДН. Серия «Информатизация образования». 2012. №3 С. 24–30.
- 3 Шушкевич, Г. Ч., Шушкевич, С. В. Компьютерные технологии в математике. Система Mathcad 14. В 2-х частях [Текст]. – М. : Издательство Гревцова, 2010. – 288 с.
- 4 Хайбулина, Р. Ф., Рындин В. В. Автоматизированный расчёт гидропривода с использованием системы MathCAD [Текст] // Наука и техника Казахстана. – 2010. – № 4. – С. 109–118.
- 5 Косынтаева, А. К., Рындин, В. В. Модернизация ГНПС «Атасу» на нефтепроводе «Атасу» [Текст] // Вестник ПГУ. Энергетическая серия. – 2015. – № 2. – С. 140–148.
- 6 Мажимова, Д. Ж., Рындин, В. В. Применение математической системы Mathcad для расчёта трубопровода Ескене-Курык [Текст] // Вестник ПГУ. Энергетическая серия. – 2015. – № 1. – С. 114–119.
- 7 Рындин, В. В., Абитова, Д. М. Расчёт магистрального нефтепровода по четырём вариантам в системе Mathcad [Текст] // Вестник ПГУ. Энергетическая серия. – 2016. – № 2. – С. 153–162.
- 8 Рындин, В. В., Сиюннич, Р. Н. Исследование и расчёт магистрального нефтепровода в системе Mathcad [Текст] // Наука и техника Казахстана. – 2017. – № 3–4. – С. 72–84.
- 9 Рындин, В. В. Технологический расчёт магистрального газопровода в системе Mathcad [Текст] // Наука и техника Казахстана. – 2018. – № 1. – С. 83–95.
- 10 Рындин, В. В., Волкова, Л. Ю. Применение системы Mathcad при статистическом анализе экспериментальных данных [Текст] // Наука и техника Казахстана. – 2018. – № 4. – С. 6–17.
- 11 Рындин, В. В., Шалай, В. В., Макушев, Ю. П. Расчёт цикла бензинового двигателя в системе Mathcad [Текст] // Вестник СибАДИ. – 2013 – № 6(34). – С. 91–98.
- 12 Рындин, В. В., Шалай, В. В., Макушев, Ю. П. Расчётные исследования кинематики и динамики рядного бензинового двигателя в системе Mathcad [Текст] // Вестник СибАДИ. – 2014 – № 1(35). – С. 97–103.
- 13 Макушев, Ю. П., Полякова, Т. А., Рындин, В. В., Токтаганов, Т. Т. Интегральное и дифференциальное исчисление в приложении к технике [Текст]: Монография. Павлодар, Кереку, 2013, – 330 с. : ил. ISBN 978-601-238-300-3.

- 14 Рындин, В. В., Гребенкин, В. В. Типовой расчёт магистрального нефтепровода в системе Mathcad [Текст] // Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства : Материалы 10-й Междунар. науч.-техн. конф. (Россия, Омск, 26–29 февр. 2020 г.) – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2020. – С. 103–104.
- 15 Культин, Н. Б. Программирование в Turbo Pascal 7.0 и Delphi [Текст]. – СПб : БХВ-Петербург, 2003. – 416 с.

References

- 1 Makarov, Ye. G. Inzhenernyye raschoty v Mathcad 15. [Makarov, E. G. Engineering Calculations in Mathcad 15] [Текст]. – SPb Peter, 2011. – 400 P.
- 2 Grinshkun, V. V. Sotnikova, O. A. Osobennosti informatizatsii obrazovatel'nogo protsessa v innovatsionnom tekhnicheskoy vuz. [Grinshkun, V. V. Sotnikova, O. A. Peculiarities of informatization of the educational process in an innovative technical university] [Text] // RUDN Bulletin. Series "Informatization of Education". – 2012. – No. 3. – P. 24–30.
- 3 Shushkevich, G. Ch., Shushkevich, S.V. Komp'yuternyye tekhnologii v matematike. Sistema Mathcad 14. V 2-kh chastyakh. [Shushkevich, G. Ch., Shushkevich, S. V. Computer technologies in mathematics. System Mathcad 14. In 2 parts] [Text]. – M. : Grevtsov Publishing House, 2010. – 288 P.
- 4 Khaybulina, R. F., Ryndin, V. V. Avtomatizirovannyi raschot gidroprivoda s ispol'zovaniyem sistemy MathCAD. [Khaibulina, R. F., Ryndin, V. V. Automated calculation of a hydraulic drive using the MathCAD system] [Text] // Science and technology of Kazakhstan. – 2010. – No. 4. – P. 109–118.
- 5 Kosyntayeva, A. K., Ryndin, V. V. Modernizatsiya GNPS «Atasu» na nefteprovode «Atasu». [Kosyntayeva, A. K., Ryndin, V. V. Modernization of the Atasu oil pumping station at the Atasu oil pipeline] [Text] // Bulletin of PSU. Energy series. – 2015. – No. 2. – P. 140–148.
- 6 Mazhimova, D. Zh., Ryndin, V. V. Primeneniye matematicheskoy sistemy Mathcad dlya raschota truboprovoda Yeskene-Kuryk. [Mazhimova D. Zh., Ryndin, V. V. Application of the Mathcad mathematical system for the calculation of the Eskene-Kuryk pipeline] [Text] // PSU Bulletin. Energy series. – 2015. – No. 1. – P. 114–119.
- 7 Ryndin, V. V., Abitova, D. M. Raschot magistral'nogo nefteprovoda po chetyrom variantam v sisteme Mathcad. [Ryndin V. V., Abitova D. M. Calculation of the main oil pipeline according to four options in the Mathcad system] [Text] // PSU Bulletin. Energy series. – 2016. – No. 2. – P. 153–162.
- 8 Ryndin, V. V., Siyunich, R. N. Issledovaniye i raschot magistral'nogo nefteprovoda v sisteme Mathcad. [Ryndin, V. V., Siyunich, R. N. Research and calculation of the main oil pipeline in the Mathcad system] [Text] // Science and technology of Kazakhstan. – 2017. – No. 3–4. – P. 72–84.

