

Егоров Петр Николаевич,

кандидат технических наук, доцент кафедры теории корабля и гидромеханики, доцент кафедры теоретической и прикладной механики ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. П. Е. Алексеева», г. Нижний Новгород
egorov-50@inbox.ru

Использование вычислительного пакета «Mathcad» в учебном процессе вуза

Аннотация. Статья посвящена вопросам автоматизации расчетов и оформления для трудоемких вычислительных задач учащихся средствами математического пакета «Mathcad». Автор предлагает также методику создания и структуру расчетно-обучающих программ, основанных на особенности вывода «Mathcad» на печать своих файлов.

Ключевые слова: детали машин, теория корабля, информатика, маткад-программа.

Математический пакет «Mathcad» (далее Маткад) [1] предоставляет широкие возможности в автоматизации многих трудоемких вычислительных задач, встречающихся в учебном процессе: курсовом и дипломном проектировании, выполнении контрольных домашних заданий и т. п. Однако еще одним его неоспоримым преимуществом является возможность создания расчетно-обучающих программ, основанных на особенности вывода Маткадом на печать своих файлов. Она проиллюстрирована рис. 1 и 2.

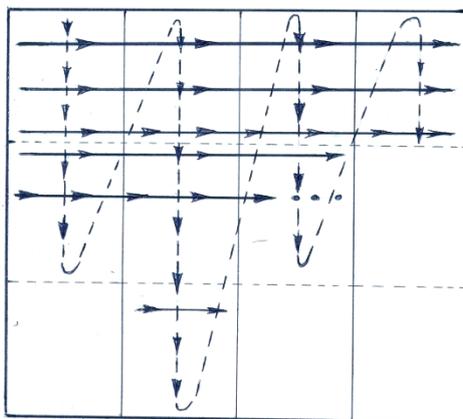


Рис. 1. Порядок работы Маткада:

→ последовательность выполнения операторов в программе;
--> последовательность вывода страниц программы на печать

На рис. 1 показана схема представления Маткадом своей программы (маткад-файла) на экране монитора компьютера. Пользователю предоставляется возможность иметь экран, состоящий из множества страниц, число которых может быть до 6–8 – по ширине экрана; до 60–70 – по высоте экрана (практика составления программ показывает, что эти цифры могут варьироваться).

При этом Маткад выполняет вычисление своих операторов так же, как и человек при чтении книги: во-первых, слева направо (вплоть до самого последнего правого оператора в горизонтальной строке экрана), и, во-вторых, сверху вниз по экрану монитора. На рис. 1 этот порядок показан сплошными стрелками. Однако вывод файла на печать Маткад выполняет в другой последовательности. Сначала распечатываются все страницы первого вертикального ряда экрана вплоть до самого

нижнего правого оператора (и даже отдельного символа) программы в самой нижней странице этого первого ряда. Затем Маткад переходит к печати страниц второго вертикального ряда так же вплоть до самого нижнего правого символа программы в самой нижней странице уже второго ряда. И так далее печать происходит вертикальными рядами страниц вплоть до самого нижнего правого символа программы в самой нижней странице самого последнего правого ряда экрана. На рис. 1 порядок вывода на печать показан штрихпунктирными стрелками. В этом же порядке Маткад нумерует страницы при печати.

Маткад разграничивает экран программы на страницы вспомогательными пунктирными линиями и строго выдерживает эти границы при выводе информации на печать. Это позволяет пользователю при управлении принтером задавать только нужные номера распечатываемых страниц. Например, указав номера 5–10, пользователь получит печать страниц с номерами:

– 5–10 первого вертикального ряда страниц (если маткад-программа имеет в этом ряду по вертикали не менее 10 заполненных страниц);

– 5–7 первого вертикального ряда страниц и 1–3 второго вертикального ряда страниц (если маткад-программа имеет в первом вертикальном лишь 7 заполненных хоть одним символом страниц и не менее трех заполненных страниц во втором вертикальном ряду). При этом пустые (совершенно не содержащие каких-либо символов) страницы 1-го ряда также входят в эту нумерацию и выводятся на печать.

Поскольку Пользователя маткад-программы в первую очередь интересует лишь регламентируемый объем учебного задания, подлежащий представлению преподавателю, расчетно-обучающая маткад-программа может быть создана по схеме, показанной на рис. 2.

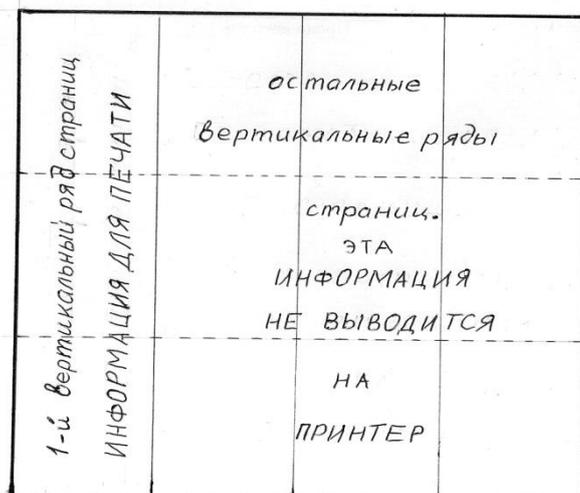


Рис. 2. Структура расчетно-информационно-обучающей маткад-программы

В первом вертикальном ряду страниц экрана располагается лишь информация, подлежащая выводу на печать (например, текст пояснительной записки курсового или дипломного проекта). Благодаря возможностям текстового и математического редакторов Маткада такой текст может практически полностью воспроизводить требования стандартного оформления технической документации: написание формул со сложной как латинской, так и русскоязычной индексацией; организацию несложных таблиц; построение графиков; вставку блоковрисунков и т. п. Во втором и по-

следующих вертикальных рядах страниц располагается информация, не подлежащая выводу на печать:

- математические операторы вычислительной программы, не включенные в текст пояснительной записки, сопровождаемые учебными текстовыми комментариями;
- указания диалогового характера, руководящие действиями Пользователя маткад-программой;
- всевозможные сканированные блоки рисунков и схем, поясняющие Пользователю алгоритм программы;
- вспомогательные графики, на которых можно воспроизвести не только характер изменения исследуемых параметров, но и отметить расположение «точки», конкретной именно для данного варианта расчета и т. п.

В случае, если объем такой, не выводимой на печать информации, не согласуется с текстом ПЗ, в последней могут быть организованы «пустые» страницы, которые при печати просто прокручиваются принтером без изменений. Точно также может быть изменена и нумерация страниц пояснительной записки по условиям составления алгоритма: прежде, чем быть выведенной в тексте пояснительной записки, всякая величина должна быть предварительно вычислена соответствующим оператором, который в маткад-программе должен быть расположен чуть выше по расположению на экране. Однако для Пользователя здесь нет большого неудобства, так как после печати на принтере пустые страницы изымаются, а остальные раскладываются строго в порядке изложения текста.

Рассмотрим некоторые примеры использования Маткада в программе ДМ-01_ХХ-02_31_00.mcdx, выполняющей формирование в полном объеме (около 45 страниц) текста пояснительно записки курсового проекта по дисциплине «Детали машин и основы конструирования». На рис. 3 показан пример экрана монитора с формированием слева страницы пояснительной записки с графиком циклограммы процесса нагружения привода. Справа, в странице 2-го ряда экрана видны операторы вычисления базы данных электродвигателей. Они в тексте пояснительной записки не распечатываются.

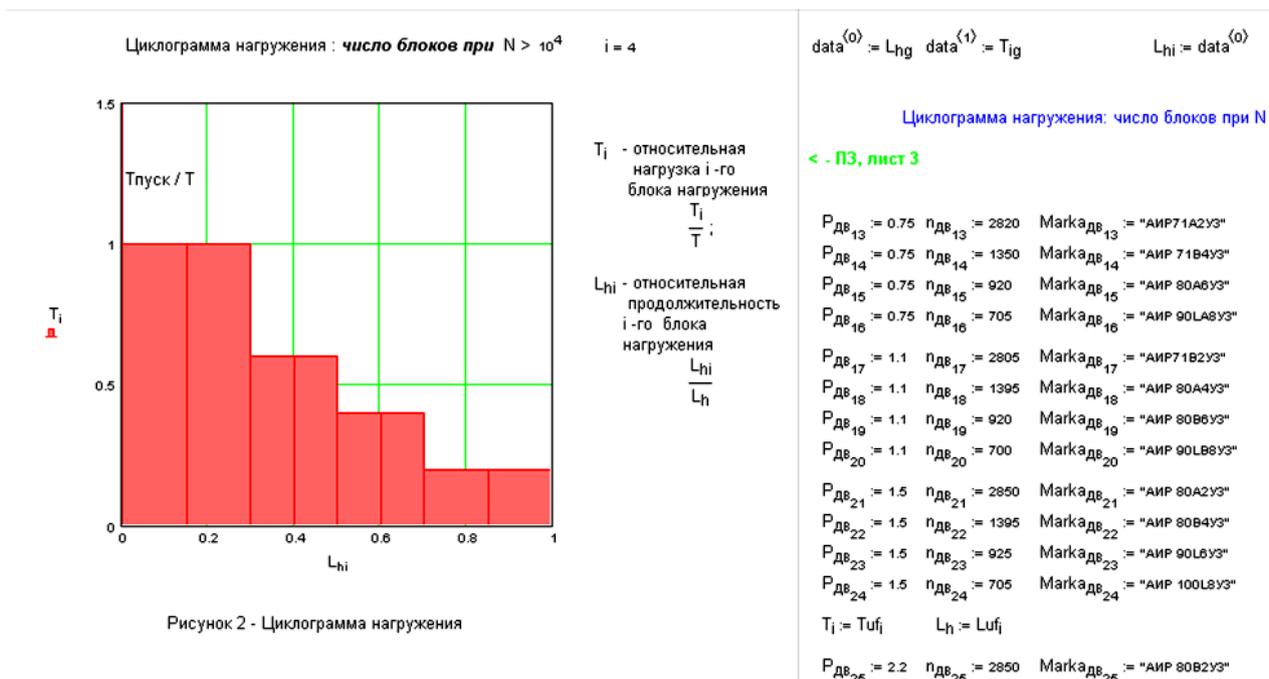


Рис. 3. Пример страницы пояснительной записки с графиком

На рис. 4 показан пример экрана монитора с графиком из учебника, на котором также проставлены отметки значений конкретного варианта расчета. Программа ДМ-01_XX-02_31_00.mcdx включает в себя все необходимые базы данных и освобождает пользователя от «блуждания» по бесконечным справочникам.

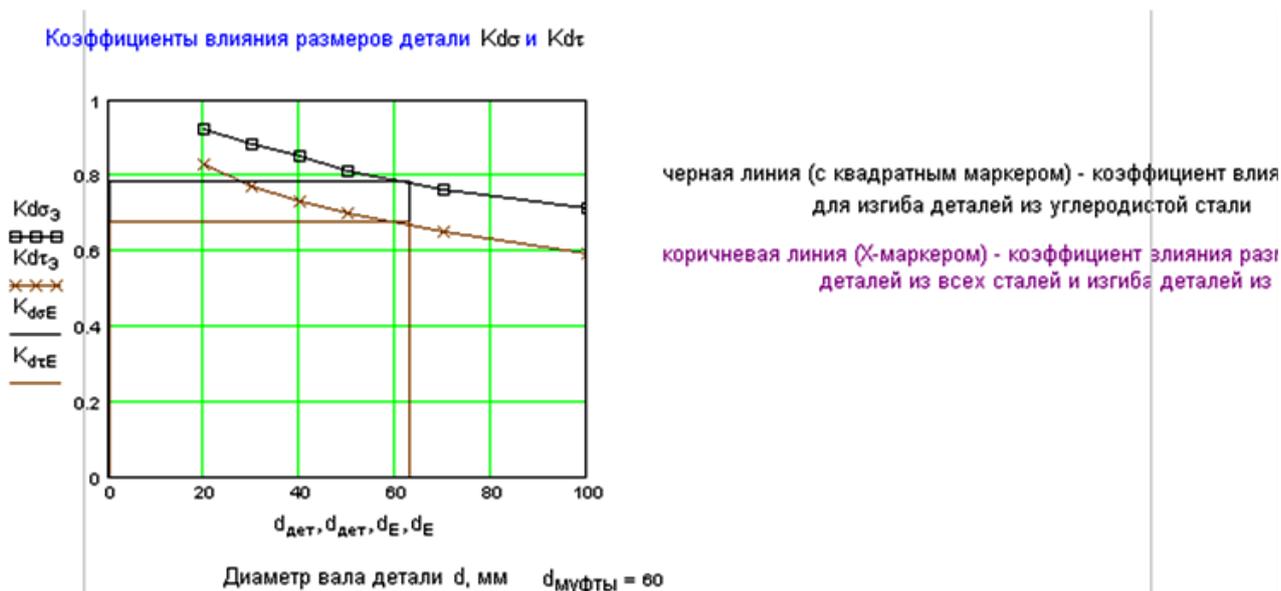


Рис. 4. Пример графика из учебника, на котором проставлены отметки значений конкретного варианта расчета

На рис. 5 показан пример диалогового фрагмента программы с предупреждающим сообщением типа «<<- ZASADA», появление которого говорит о невыполнении какого-либо условия проектирования (в данном случае о некотором превышении предельно допустимого усилия затяжки рабочих болтов крепления редуктора к раме). Использование латиницы здесь связано с трудностями русификации символьных переменных в Маткаде. В таких случаях программа предлагает пользователю подсказку – руководство о внесении изменений в ход расчета для удовлетворения условий проектирования. На экране монитора эти диалоговые указания выделены различными цветами.

Потребное усилие рабочего при затяжке гаек стандартным ключом:

$$F_{раб} = F_{зат} / 70 = F_{рабп} = 316 \text{ Н,}$$

что в пределах допустимого $[F_{раб}] = 200...300 \text{ Н.}$

Основание под редуктор изготавливается в виде рамы из швеллера № $n_{рамы} = 24$
 с размерами поперечного сечения: высота профиля $h = h_{рамы} = 240 \text{ мм};$
 ширина полки профиля $b = b_{рамы} = 90 \text{ мм};$
 толщина полки профиля $t = t_{рамы} = 5.6 \text{ мм};$

Таким образом, назначаем [7, с.437] следующие болты крепления корпуса редуктора к раме:

БОЛТ $O_{БОЛТ} = "м24" - b_г \times l_{болт} = 60 \text{ . Класс}_{БОЛТ} = "48" \text{ .016 ГОСТ 7796-70 .}$

<- проверка класса прочнос
 ;
 $q :=$
 warning1 = "<<- ZASADA !!!"
 <- проверка допустимого уси
 < - ПЗ, лист 48 $t(i)$
Вставить блоки рисунков !
 - не выходя из Маткада, откр
 "Блоки_рис_для_ДМ-01_XX-
 глядя на указанные места

Рис. 5. Пример фрагмента программы с предупреждающим сообщением «<<-ZASADA!!!»

На рис. 6 показан пример фрагмента программы, образующего лист пояснительной записки с блоком рисунка. Программа ДМ-01_XX-02_31_00.mscdx позволяет вставить в текст пояснительной записки все необходимые рисунки.

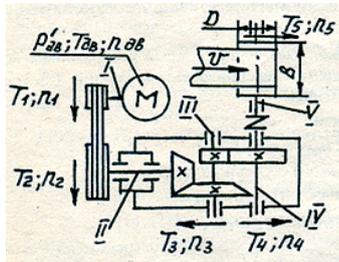


Рисунок 1.2 - Кинематическая схема привода

Частота вращения i -го ($i = 1, 2 \dots 5$) вала [1, с.14]:

$$n_i = \frac{n_1}{U_{1_i}} \quad (1.5)$$

где U_{1_i} - передаточное число между валом двигателя ($i = 1$) и i -м валом привода (рисунок 1.2).

Направления вращения валов на рисунке 1.2 показаны стрелками.

Вращающий момент на j -м ($j = 5, 4 \dots 1$) валу:

$$T_j = \frac{T_5}{U_{5_j} \cdot \eta_{5_j}} \quad (1.6)$$

где U_{5_j} , η_{5_j} - соответственно передаточное число и КПД между валом двигателя ($i = 5$) и j -м валом привода.

Задать механические характеристики материала зубчатых колес:
 (при использовании стали 40X ГОСТ 4543-71 эти цифры не меняются)

$\sigma_B := 900$ <- предел прочности, МПа
 $\sigma_T := 750$ <- предел текучести, МПа
 $H_{1m} := 480$ <- твердость шестерни по Бринеллю, HB
 $H_{2m} := 285$ <- твердость колеса по Бринеллю, HB. **Далее перейти к под**
 HRC13 := 60 HRC23 := 50 HV1 := 500 HV2 := 500 <- если найденные по подпрограмме Бринеллю и Виккерсу Вас не удовлетворяют, то введите значения твердости и опустить эту строку >
 $U_{1_I} := 1$ $U_{1_{II}} := U_{PEM}$ $U_{1_{III}} := U_{PEM} \cdot U_B$ $U_{1_{IV}} := U_{PEM} \cdot U_B \cdot U_T$ $U_{1_V} := U_{1_{IV}}$
 $n_I := n_{дв, j=1}$ $n_{II} := \frac{n_I}{U_{1_{II}}}$ $n_{III} := \frac{n_I}{U_{1_{III}}}$ $n_{IV} := \frac{n_I}{U_{1_{IV}}}$ $n_V := \frac{n_I}{U_{1_V}}$
 $U_{5_I} := U_{PEM} \cdot U_B \cdot U_T$ $U_{5_{II}} := U_B \cdot U_T$ $U_{5_{III}} := U_T$ $U_{5_{IV}} := 1$ $U_{5_V} := 1$

Рис. 6. Пример фрагмента программы, образующего лист пояснительной записки с блоком рисунка

Еще одни учебные программы (Расчеты редукторов.mscdx), которые позволяют определять основные параметры и размеры различных типов редукторов на стадии эскизного их проектирования и компоновки, организованы так, что в крайнем левом вертикальном ряду страниц программы представлен весь алгоритм расчета. В остальных, более правых вертикальных рядах экрана представлена всевозможная справочная и учебная информация, иллюстрирующая ход расчета (наподобие субтитров в DVD-фильме):

- справочные каталоги, таблицы и блоки рисунков из ГОСТов;
- различные схемы и рисунки из учебников;
- различные текстовые комментарии, указания диалога программы и т. п.

Пример такого фрагмента учебной маткад-программы представлен на рис. 7.

Выбран электродвигатель: "Двигатель АИР 180S2 ТУ 16-525.564-84"

1. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА
 кинематического и динамического анализа привода механизма

Расчетная частота вращения ВЭД $n_{0д} := \frac{n}{60}$ $n_{0д} = 48.65$ об / с

Общий кпд привода как передачи с последовательным числом ступеней (2 пары колес, 2 пары подшипников и соединительная муфта)
 $\eta_{п} := \eta_{ц} \cdot \eta_{ц} \cdot \eta_{под} \cdot \eta_{под} \cdot \eta_{муф} \cdot \eta_{пер}$ $\eta_{п} = 0.903$

Кпд тихоходной ступени редуктора (1 пара колес, 1 пара подшипников и соединительная муфта)
 $\eta_{34} := \eta_{ц} \cdot \eta_{под} \cdot \eta_{муф} \cdot \eta_{пер}$ $\eta_{34} = 0.95$

Кпд быстроходной ступени редуктора (1 пара колес и 1 пара подшипников)
 $\eta_{12} := \eta_{ц} \cdot \eta_{под}$ $\eta_{12} = 0.95$

Потребная мощность двигателя равна $N_{ед} := \frac{N_{ем}}{\eta_{п}}$ $N_{ед} = 18.267$ кВт

Завышение мощности ВЭД составляет: $\Delta_N := \left(\frac{N_{е0д} - N_{ед}}{N_{ед}} \right) \cdot 100$ $\Delta_N = 20.435$ % **должно быть выполнено, т.е. Δ_N должно быть > 0.**

<- Корректировка марки выбранного электродвигателя (По каталогу заменить только красные символы) !!!

Мощность выбранного электродвигателя (ВЭД) определяется по каталогу асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором серии А основного исполнения (закрытые, обдуваемые).
 Если частота вращения $n_{д}$ механизма < 2.0 об/с, то частота вращения ВЭД $n \leq 1500$ об/с.

19.28. Технические данные двигателей серии АИР (числитель – тип, знаменатель – асинхронная частота вращения, мин⁻¹)

Мощность P, кВт	Синхронная частота, мин ⁻¹			
	3000	1500	1000	750
0,37	–	–	71A6/915	–
0,55	–	71A4/1357	71B6/915	–
0,75	71A2/2820	71B4/1350	80A6/920	90L48/705
1,1	71B2/2805	80A4/1395	80B6/920	90LB8/715
1,5	80A2/2850	80B4/1395	90L6/925	100L8/702

Рис. 7. Пример фрагмента учебно-информационной маткад-программы

Еще одним удобством Маткад-программ является возможность быстрой обработки результатов учебных опытов. На рис. 8 показано начало программы формирования титульного листа протокола и отчета по лабораторным работам по дисциплине «Основы кораблестроения».

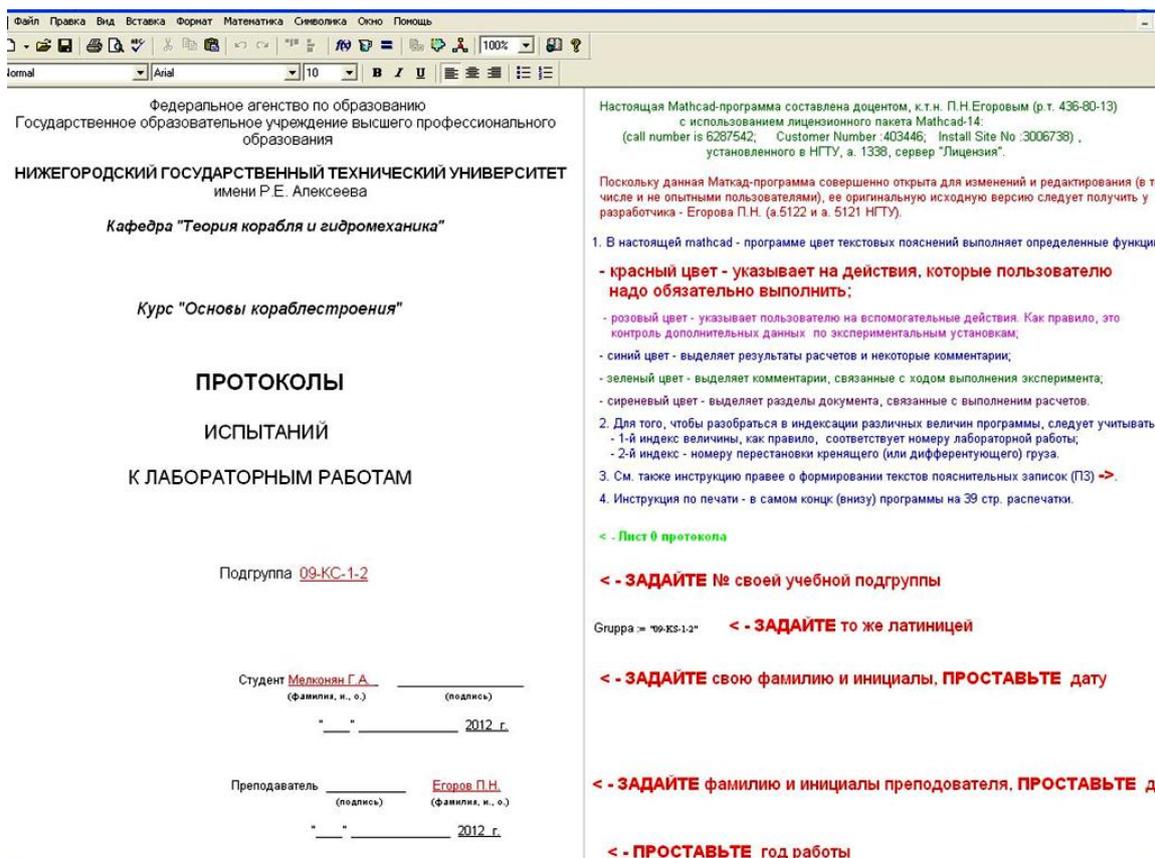


Рис. 8. Протокол и отчет по лабораторным работам, формируемый с помощью учебно-информационной маткад-программы

Связанные между собой опытные данные весьма сложных, продолжительных (на весь семестр) и трудоемких в обработке лабораторных работ заносятся в эту общую расчетно-информационно-обучающую маткад-программу постепенно и последовательно на каждом занятии. На основе полученных опытных данных в заключительной части программы учащиеся сами выполняют индивидуальное расчетное задание (например, пересчет с модели на натуру заданного масштаба). Распечатав эту индивидуальную часть на принтере, они получают стандартно оформленный отчет по лабораторным работам.

Эта же программа позволяет анализировать результаты получаемых опытных данных непосредственно в ходе занятия. На рис. 9 показан фрагмент программы, где заносимые в нее результаты буксировочных испытаний сопротивления воды движению модели судна тут же отображаются на графике получаемой кривой буксировочного сопротивления.

Если в опыте произошла какая-либо ошибка – это тут же проявляется на иллюстрирующем графике в виде «выпадающей» точки. Такой неудачный опыт можно тут же повторить и откорректировать данные. Последующие блоки этой программы позволяют тут же получить и опытные графики всех составляющих сопротивления модели в виде коэффициентов:

- полного в зависимости от числа Фруда;
- трения эквивалентной пластины в зависимости от числа Рейнольдса;
- остаточного и волнового в зависимости от числа Фруда.

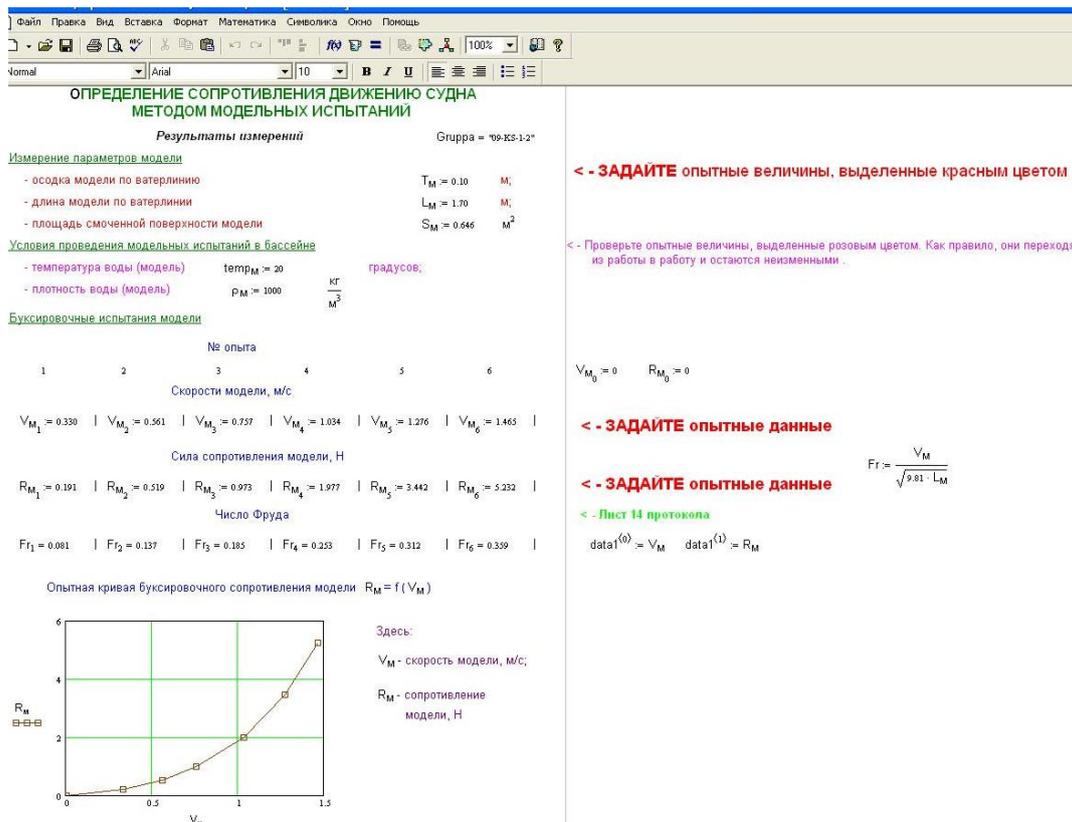


Рис. 9. Фрагмент программы, где опытные данные тут же отображаются на графике

Представление результатов опытов в виде графиков гораздо более информативно и позволяет обсудить их с учащимися непосредственно в ходе занятия.

Таким образом, пакет Маткад следует рассматривать не только как чисто вычислительную математическую лабораторию, но и как оболочку, удобную для составления всевозможных учебно-информационных программ. Это открывает широкие возможности для учебного процесса вуза:

- оптимизацию самостоятельной работы студентов;
- использование опыта предыдущей учебно-методической работы путем включения ее результатов в справочные базы данных расчетно-информационно-обучающих маткад-программ;
- улучшение наглядности при выполнении лабораторных работ: например, получение графиков изучаемого процесса непосредственно в процессе выполнения лабораторных опытов, а не через какой-то период времени после вычислительной обработки.

Ссылки на источники

1. Математическая лаборатория Mathcad. – URL: <http://www.ptc.com/go/mathsoft/support>.

EgorovPetr,

Candidate of Technical Sciences, associate professor at the chair of ship's theory and hydromechanics of the Nizhny Novgorod State Technical University, Nizhny Novgorod
egorov-50@inbox.ru

The Using of Mathcad for teaching in university

Abstract. Paper is devoted to the improvement of the teaching process in technical university by using of the Mathcad software. The author offers a structure of a calculation-learning-reference-guide-Mathcad program for students, which can be used in the different learning courses.

Keywords: informatics, machine parts, the ship's theory, program is Mathcad.