

## **Разработка автоматизированной системы подготовки и проверки домашних заданий по курсу «Сопротивление материалов»**

**77-48211/574305**

**# 06, июнь 2013**

**Горбатовский А. А., Даниленко К. Б., Одинцов О. А.**

УДК 378.146+004.65

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

[alagory@yandex.ru](mailto:alagory@yandex.ru)

[poorjew@yandex.ru](mailto:poorjew@yandex.ru)

[odintsov@bmstu.ru](mailto:odintsov@bmstu.ru)

### **Введение**

Быстрый рост мощности вычислительных систем и телекоммуникационных сетей с каждым годом все сильнее оказывают свое влияние даже на вполне устоявшиеся и общепризнанные области высшего образования. С одной стороны, в сфере образования появляются новые технические средства, такие как электронные доски, проекторы, специализированные программные пакеты, позволяющие повысить наглядность изложения материала и в целом эффективность процесса обучения. С другой стороны, с каждым годом все острее встает проблема обеспечения самостоятельности выполнения студентом учебной программы. В то время как при применении аудиторных методов работы (семинары, лабораторные работы, экзамены и т.п.) указанная проблема может быть относительно легко решена организационными методами (запрет на использование электронных средств связи, распределение студентов по аудитории, визуальный контроль со стороны преподавателя), то решение аналогичной проблемы при внеаудиторной работе требует применения дополнительных средств контроля (например, организации защиты работ), эффективность которых падает с каждым годом.

В работе предлагается современный подход к решению указанной проблемы, возникающей при выдаче домашних заданий (ДЗ) по курсу «Сопротивление материалов». Основу его составляет использование вычислительных систем с применением системы управления базой данных (СУБД), а также компьютерных сетей. Данный подход позволяет в автоматическом режиме организовать формирование индивидуальных домашних заданий для

каждого из студентов, изучающих курс «Сопротивление материалов» (или другие предметы технического цикла), с учетом возможных различий в программах курса для разных специальностей, а также предоставить преподавателю удобные средства автоматизации процесса проверки домашних заданий, включающие возможность удаленного доступа к системе через Интернет.

## 1. Описание структуры системы

Для решения указанных выше задач была разработана компьютерная программа, использующая возможности СУБД Postgresql [1] в среде ОС Linux. Функционально, программа разделена на несколько блоков, схема взаимодействия которых представлена на рис. 1.

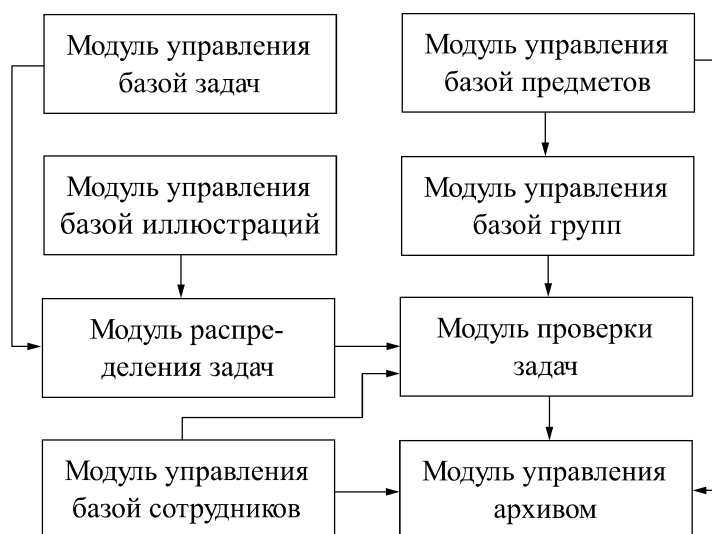
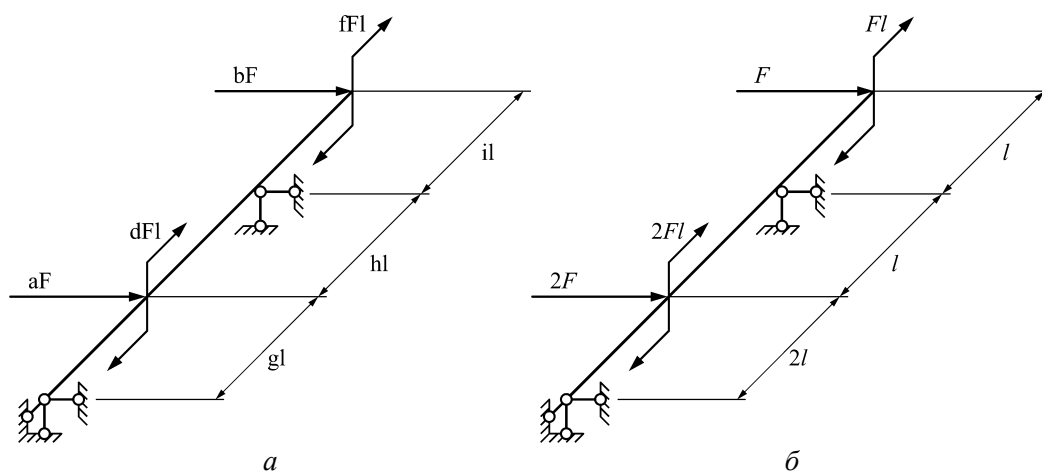


Рис. 1. Общая структура системы

Основу работы системы составляет база задач, разрабатываемых заранее преподавателями в соответствии с принятой учебной программой. Задачи группируются в темы с использованием отношения «многие ко многим», т.е. каждая задача может относиться к одной или большему числу тем. Структурно хранящаяся в базе задача состоит из следующих элементов:

- 1) список тем;
- 2) название задачи;
- 3) коэффициент сложности задачи;
- 4) идентификатор расчетной схемы;
- 5) информация об авторе задачи;
- 6) условие задачи;
- 7) одна или несколько иллюстраций;
- 8) обозначения, принятые на иллюстрациях;
- 9) список контрольных параметров и их значений для проверки.

Вся текстовая информация, относящаяся к задаче, описывается в отдельном информационном файле. Также в этом файле указываются имена иллюстраций, предварительно зарегистрированных в системе. Условие задачи, а также список обозначений, формируются с использованием синтаксиса системы  $\text{\LaTeX}$  [2]. Особенностью данного подхода является то, что с его помощью появляется возможность использования одной и той же иллюстрации (например, описывающей отдельную расчетную схему) в условиях различных задач, отличающихся параметрами (соотношениями длин, величинами нагрузок и т.д.) или искомыми характеристиками. Для подготовки иллюстраций используется свободно-распространяемый пакет IPE [3]. Пример использования такого подхода приведен на рис. 2.



**Рис. 2.** Формирование иллюстраций: *a* — исходный вариант; *б* — вариант с заменой обозначений

При формировании текста отдельной задачи также используются средства системы  $\text{\LaTeX}$ , что позволяет без дополнительных затрат получать качество оформления текста, близкое к полиграфическому.

Общая структура базы данных системы в нотации IDEF1X представлена на рис. 3.

## 2. Формирование условий домашних заданий

Для обеспечения уникальности выдаваемых домашних заданий, составляемых из постоянного набора задач, в начале каждого семестра система выполняет процедуру распределения задач по заданиям. Результатом выполнения процедуры является формирование отображения множества задач выдаваемых домашних заданий в множество хранящихся в базе задач. При этом, результат такого отображения должен удовлетворять набору критериев уникальности:

- $K_1$  — условие задачи является уникальным в пределах всей группы;
- $K_2$  — расчетная схема задачи является уникальной в пределах всех ДЗ для данного варианта за текущий семестр;
- $K_3$  — расчетная схема задачи является уникальной в пределах всей группы;
- $K_4$  — расчетная схема является уникальной в пределах всей группы, а условие задачи — уникальным в пределах всех групп данной специальности.



Введем параметр уникальности  $k_p$  отдельной задачи  $p$  следующим образом:

$$k_p = \max_i : \forall j \leq i : K_j(p),$$

т.е. как максимальное число выполняемых критериев уникальности, начиная с первого. Уникальность всего отображения условий задач  $k_U$  определим как минимальное значения параметра уникальности отдельной задачи:

$$k_U = \min_{p \in U} k_p.$$

Это позволяет сформулировать цель процедуры распределения задач как максимизацию уникальности отображения множества выдаваемых задач в множество хранимых задач. Алгоритм решения указанной задачи является итерационным, с ограничением максимального числа итераций. Это позволяет получать практически значимое приближение к точному результату за конечное время с использованием ограниченного числа ресурсов.

Результаты выполнения процедуры распределения задач сохраняются в базе данных и используются для формирования текстов условий домашних заданий. Формирование текстов условий выполняется в несколько этапов:

- 1) выборка из базы данных условия задачи, списка иллюстраций и списка обозначений;
- 2) формирование синтаксически корректного исходного текста условия задачи для системы L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X;
- 3) сборка условий отдельных задач в единый исходный файл с дополнительным форматированием (заголовки заданий, разбиение на страницы, формирование оглавления для формата PDF);
- 4) компиляция исходного файла в промежуточный файл в формате .dvi с сохранением списка обозначений в иллюстрациях;
- 5) формирование файла в формате PostScript с подстановкой обозначений;
- 6) формирование файла в формате PDF с оглавлением.

В зависимости от выбора преподавателя, домашнее задание может быть сформировано как для отдельного номера варианта, так и для всей выбранной группы студентов. Полученный файл, как правило, имеет небольшой размер (порядка 1 мегабайта) и может быть передан студентам любым удобным способом. Пример сформированного условия домашнего задания приведен на рис. 4.

### 3. Интерфейс пользователя системы

Для удобства проверки домашних заданий, в системе реализован графический интерфейс пользователя, основанный на технологиях Web. Доступ к функциям системы, реализованным на базе виртуального сервера, может производиться с любого компьютера, имеющего доступ либо в Интернет, либо во внутреннюю сеть МГТУ им. Н.Э. Баумана, с помощью

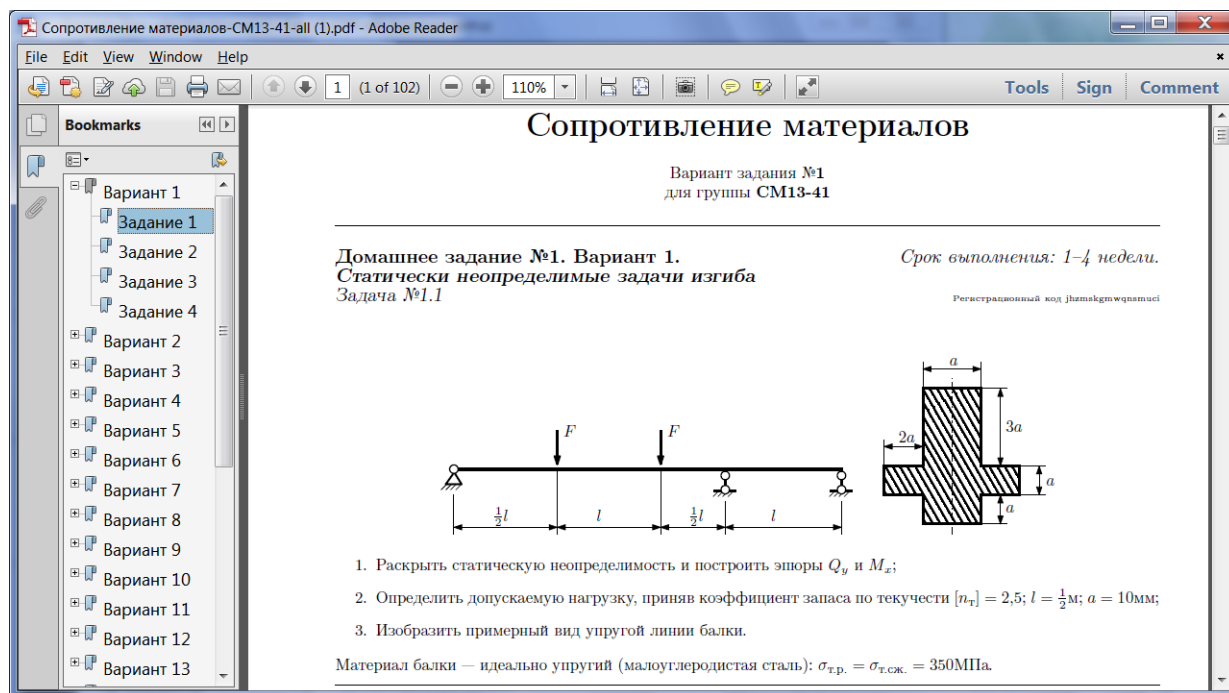


Рис. 4. Пример сформированного условия домашнего задания

штатного Web-обозревателя. Для удобства оперативного доступа преподавателя к системе, разработано специализированное ПО, устанавливаемое на мобильные телефоны или планшетные компьютеры под управлением ОС Android (рис. 5). Разработанное ПО позволяет использовать возможности сенсорного дисплея для упрощения навигации по меню системы. Ввод значений контрольных параметров осуществляется с использованием либо экранной, либо внешней клавиатуры (если устройство оборудовано ей).

Контроль знаний

**Проверка задач**

| Группа | Предмет                  | Всего задач | Осталось задач | Действия      |
|--------|--------------------------|-------------|----------------|---------------|
| MT8-42 | Сопротивление материалов | 408         | 94             | Список группы |
| MT8-62 | Сопротивление материалов | 214         | 52             | Список группы |
| RK5-61 | Вычислительная механика  | 60          | 60             | Список группы |
| RK5-62 | Вычислительная механика  | 60          | 60             | Список группы |
| RK5-81 | Вычислительная механика  | 48          | —              | Список группы |
| RK5-82 | Вычислительная механика  | 36          | —              | Список группы |

В меню проверки задач      В главное меню

а

Контроль знаний

**Система контроля знаний. Главное меню**

Сотрудник: Одинцов О.А.

|                   |                      |                 |
|-------------------|----------------------|-----------------|
| Учебные программы | Редактирование задач | Специальности   |
| Генерация задач   | Проверка задач       | Архив           |
| Сотрудники        | Выход из системы     | Журнал операций |

**Группы для проверки задач**

| Группа | Предмет                  | Всего задач | Осталось задач | Действия                        |
|--------|--------------------------|-------------|----------------|---------------------------------|
| MT8-42 | Сопротивление материалов | 102         | 94             | Текущий семестр    Все семестры |
| MT8-62 | Сопротивление материалов | 52          | 52             | Текущий семестр    Все семестры |

б

Рис. 5. Внешний вид интерфейса системы для ОС Android:

а — мобильный телефон; б — планшетный компьютер

При проверке задачи преподавателю выводится условие задачи, выданной студенту, а также список контрольных параметров с указанием имени параметра (например, «Реакция в левой опоре»), рекомендуемого обозначения (« $R_1$ »), единиц измерения (например, «Н», «мм», «F» или «q») и заданной точности вводимых результатов. Ввод значений возможен как в виде десятичных чисел, так и в виде дробей. Также в системе реализована возможность задания нескольких альтернативных способов решения (например, с использованием различных основных систем или математических формулировок, если это допускается условием задачи). В этом случае преподавателю предлагается полный список допустимых способов решения с последующим выбором того способа, который был использован студентом.

После ввода одного или нескольких значений контрольных параметров, преподаватель имеет возможность проверить соответствие введенных значений эталонным, заданным автором задачи. Проверка выполняется автоматически, после чего на экран выдается полный список контрольных параметров с указанием тех значений, которые являются корректными. Корректные значения параметров сохраняются в базе данных системы и используются при формировании статистики успеваемости студентов. При совпадении всех контрольных параметров, либо при подаче соответствующей команды преподавателем, задача считается принятой. Аналогично, при выполнении студентом всех задач домашнего задания, задание считается выполненным.

#### 4. Дополнительные функции системы

Кроме функций, связанных с непосредственным обслуживанием учебного процесса, разработанная система содержит ряд дополнительных функций, используемых для получения статистической информации и организации долговременного хранения данных:

- получение информации о числе выданных и принятых задач в отдельных группах, информации по принятым задачам и домашним заданиям для отдельных студентов;
- вычисление успеваемости студентов заданной группы в заданный период времени по указанному предмету. Успеваемость вычисляется на основании информации о проверках домашних заданий преподавателем. При этом учитываются не только полностью решенные задачи, но и задачи, выполненные частично, с учетом весов отдельных контрольных параметров (рис. 6). Данная операция может быть выполнена по запросу и отражает актуальное состояние успеваемости на текущий момент;
- сохранение основных результатов проверки задач в архиве после завершения курса обучения студента в ВУЗе и организация доступа к архиву;
- возможность отправки замечаний автору задачи преподавателем, выполняющим проверку домашнего задания. При этом система автоматически, на основании содержимого БД формирует информационный блок сообщения, содержащий всю информацию, необходимую для однозначной идентификации задачи автором, и обеспечивает доставку сообщения пользователю системы, указанному как автор рассматриваемой задачи;

Статистика успеваемости группы МТ8-42  
Предмет: Сопротивление материалов, 3-й семестр

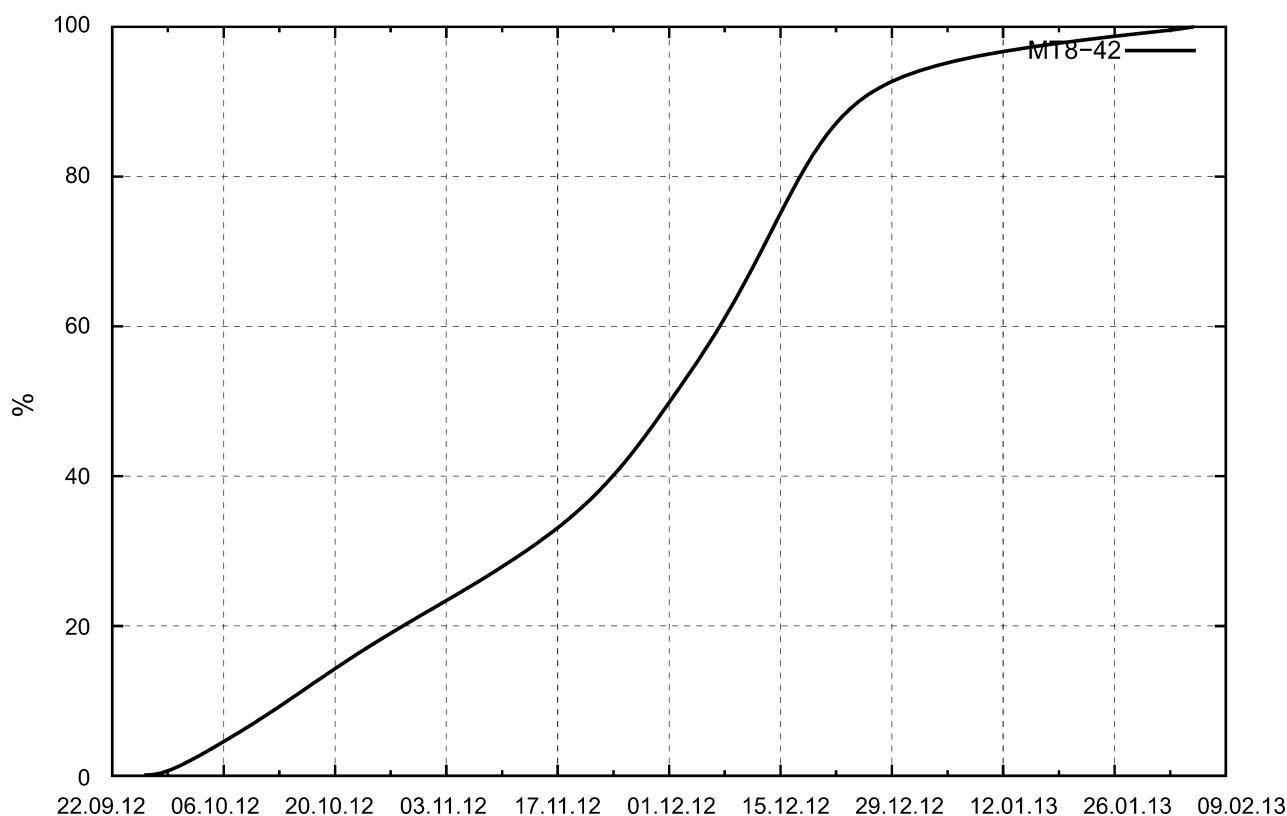


Рис. 6. График успеваемости отдельной группы

- распределение полномочий пользователей в системе согласно списку ролей (составитель задач, учебных программ, преподаватель, администратор системы и т.п.);
- управление специальностями, группами студентов и учебными программами, используемыми для формирования домашних заданий. Для обеспечения соответствия системы требованиям Федерального закона №152-ФЗ «О персональных данных», в системе не хранятся персональные данные отдельных студентов. Соответствие между номером варианта и конкретным студентом устанавливается обычным способом, с помощью журнала группы.

## 5. Подготовка условий задач

Для реализации возможностей системы, необходимо наличие достаточно большого набора тщательно отобранных и проверенных задач, представленных в специальном виде. Для минимизации объемов ручного труда при подготовки условий задач, данная проблема также должна решаться с использованием вычислительных средств.

При формировании базы задач системы использовались средства символьной математики, представленные комплексами MathCAD и Maple. В целом процедура решения задачи в указанных пакетах представима в виде последовательности следующих этапов:

- 1) формирование набора расчетных схем;
- 2) формирование набора параметров расчетных схем;

- 3) формирование набора контрольных значений задачи;
- 4) построение общего решения задачи для выбранной расчетной схемы;
- 5) формирование результатов решения задач для всего набор расчетных схем и параметров;
- 6) формирование информационных файлов, подготовка иллюстраций и ввод параметров в систему.

На шаге 2 под параметрами расчетной схемы понимаются значения (или отношения) длин, упругих постоянных материалов, нагрузок и т.п. При этом возможно использование как ручных, так и автоматических методов формирования набора параметров. Во втором случае необходима реализация следующих дополнительных этапов решения:

- 1) формирование наборов допускаемых параметров расчетных схем по каждому из параметров;
- 2) формирование критериев корректности выбранного набора параметров (допустимость соотношения длин, физическая корректность результатов решения и т.п.).

На текущий момент база данных задач системы содержит следующее количество задач:

- всего тем задач: 40;
- всего расчетных схем: 732;
- всего задач в базе: 7520;
- всего иллюстраций в базе: 636.

Таким образом, получается, что в среднем одна иллюстрация, выступающая в роли расчетной схемы, используется примерно в 10 задачах, что на порядок сокращает количество усилий, необходимых для формирования базы данных.

## 6. Использование комплекса MathCAD для подготовки условий задач

При подготовке условий задач, в качестве основы были взяты существующие задачи общего курса «Сопротивление материалов» [4], для которых была выполнена параметризация (например, вместо конкретных длин участков расчетной схемы  $l$ ,  $2l$  и т.д. вводятся параметры  $l_1$ ,  $l_2$  и т.д.). Далее строится общее решение задачи, из которого в виде векторов-столбцов выделяются контрольные параметры, затем использующиеся для формирования информационных файлов.

В качестве примера рассмотрим задачу домашнего задания «Растяжение-сжатие в пределах упругости», постановка и основные соотношения которой представлены на рис. 7.

Как видно, конструкция состоит из трех участков: 1) левый и 2) правый участки стержня, и 3) трубка. Векторы  $\alpha$ ,  $E$ ,  $A$  и  $\sigma_T$  содержат размерные коэффициенты температурного расширения, модули Юнга, площади поперечных сечений и пределы текучести соответственно для трех участков. То есть можно задать, что три участка изготовлены из одного, двух или трех материалов. Для этого необходимо синхронно изменять компоненты векторов  $\alpha$ ,  $E$  и  $\sigma_T$ . Таким образом, не выводя новых формул, а лишь меняя исходные данные, можно

$$\Delta t := 120^\circ \quad nT := 2$$

$$\alpha := \begin{pmatrix} 1.2 \\ 1.2 \\ 0 \end{pmatrix} 10^{-5} \cdot \frac{1}{^\circ} \quad l := \begin{pmatrix} 200 \\ 100 \end{pmatrix} mm \quad E := \begin{pmatrix} 2 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix} 10^5 MPa \quad A := \begin{pmatrix} 100 \\ 200 \\ 200 \end{pmatrix} mm^2 \quad \sigma_T := \begin{pmatrix} 300 \\ 300 \\ 200 \end{pmatrix} MPa$$

#### Общая постановка задачи:

Стержень и трубка заделаны с одного торца, а с другого скреплены абсолютно жесткой плитой.

#### Варианты продолжения постановки задачи

А. Найти допускаемую температуру нагрева стержня и построить эпюры нормальных сил, нормальных напряжений и осевых перемещений отдельно для трубки и стержня;

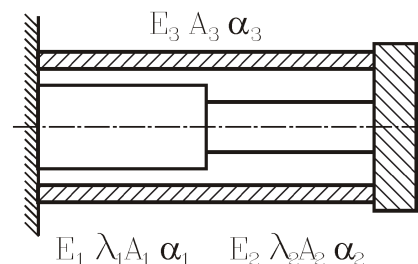
В. Найти допускаемую температуру нагрева трубки и построить эпюры нормальных сил, нормальных напряжений и осевых перемещений отдельно для трубки и стержня;

С. Построить эпюры нормальных сил, нормальных напряжений и осевых перемещений отдельно для трубки и стержня после нагрева стержня.

Найти коэффициент запаса конструкции;

Д. Построить эпюры нормальных сил, нормальных напряжений и осевых перемещений отдельно для трубки и стержня после нагрева трубки.

Найти коэффициент запаса конструкции;



$$N(\Delta t) := \frac{-(\alpha_1 \cdot l_1 + \alpha_2 \cdot l_2) + \alpha_3 \cdot (l_1 + l_2)}{\frac{l_1}{E_1 \cdot A_1} + \frac{l_2}{E_2 \cdot A_2} + \frac{l_1 + l_2}{E_3 \cdot A_3}} \cdot \Delta t \quad N(\Delta t) = -15.709 kN$$

$$\Delta l_T(\Delta t) := -\frac{N(\Delta t) \cdot (l_1 + l_2)}{E_3 \cdot A_3} + \alpha_3 \cdot (l_1 + l_2) \cdot \Delta t \quad \Delta l_T(\Delta t) = 0.236 mm$$

$$\Delta l_C(\Delta t) := \frac{N(\Delta t) \cdot l_1}{E_1 \cdot A_1} + \frac{N(\Delta t) \cdot l_2}{E_2 \cdot A_2} + (\alpha_1 \cdot l_1 + \alpha_2 \cdot l_2) \cdot \Delta t \quad \Delta l_C(\Delta t) = 0.236 mm$$

Рис. 7. Пример решения задачи в комплексе MathCAD

варьировать трудоемкость задачи от весьма низкой (1 материал) до довольно высокой (3 материала). В текущие варианты домашних заданий включены задачи промежуточной трудоемкости: стержень изготовлен из одного материала, а трубка из другого (в приведенном примере это сталь и бронза соответственно).

Кроме того, механические свойства  $E$  и  $\sigma_T$  условно заданы так, чтобы можно было выразить одно из них в долях другого, например, положить  $E_B = E$ ,  $E_C = 2E$ , где индексы «С» и «Б» обозначают сталь и бронзу соответственно. Это несколько упрощает студенту решение задачи. То же относится к длинам участков  $l_i$  и площадям поперечных сечений  $A_i$ . Если потребуется усложнение задачи, то достаточно будет включить в исходные данные истинные характеристики металлов ( $E$  и  $\sigma_T$ ) из соответствующих справочников.

Представлены четыре различных постановки задачи. В постановках «А» и «С» нагревается только стержень, «В» и «Д» — трубка. В первом случае обнуляется третий компонент вектора  $\alpha$ , во втором — первые два. Вообще говоря, можно задать нагрев только первого или только второго участка стержня, но в данную версию домашних заданий такие постановки задачи не включены.

Далее приводится функция нормальной силы (единой для всей конструкции) в зависимости от заданной разности температур  $\Delta t$ . Коэффициент запаса (вторая скалярная исходная величина) используется только в постановках задачи «А» и «В». В примере, как видно, рассмотрена постановка «С».

Последние две формулы — функции суммарных удлинений трубки и стержня, соответственно. Удлинения получились равными, что отражает выполнение условия совместности перемещений.

После опущенных промежуточных расчетов результаты также представляются в векторном обезразмеренном виде, как это приведено на рис. 8.

$$ResC := \begin{pmatrix} \frac{N(\Delta t)}{kN} \\ \frac{\Delta l_T(\Delta t)}{mm} \\ \frac{\sigma(\Delta t)_1}{MPa} \\ \frac{\sigma(\Delta t)_2}{MPa} \\ \frac{\sigma(\Delta t)_3}{MPa} \\ n(\Delta t)_1 \\ n(\Delta t)_2 \\ n(\Delta t)_3 \\ n_T(\Delta t) \end{pmatrix} \quad ResC = \begin{array}{|c|c|} \hline & 1 \\ \hline 1 & -15.709 \\ \hline 2 & 0.236 \\ \hline 3 & -157.091 \\ \hline 4 & -78.545 \\ \hline 5 & 78.545 \\ \hline 6 & 1.91 \\ \hline 7 & 3.819 \\ \hline 8 & 2.546 \\ \hline 9 & 1.91 \\ \hline \end{array}$$

**Рис. 8.** Результаты решения задачи в комплексе MathCAD

Полученные результаты решения задачи формируют таблицу контрольных параметров, в которую собирается полная информация о конкретной постановке задачи, включающая вектор исходных параметров, идентификатор расчетной схемы и варианта решения, а также вектор результирующих контрольных параметров. На основании подготовленных таблиц в автоматическом режиме производится формирование информационных файлов для внесения в базу данных системы.

## 7. Использование комплекса Maple для подготовки условий задач

Использование комплекса Maple для подготовки условий задач в целом аналогично комплексу MathCAD. Однако, возможности комплекса Maple позволяют произвести более глубокую автоматизацию процесса решения задачи. Это достигается за счет следующих возможностей комплекса:

- возможность организации чтения исходных данных из файлов в произвольной форме, включающей дробные числа и имена процедур, а также их запись в аналогичном виде;

- возможность организовать выбор процедуры решения задачи (определяемой типом расчетной схемы) по имени расчетной схемы, считанной из файла, с использованием средств  $\lambda$ -исчисления;

- удобство построения алгоритма решения задачи в виде mpl-файла, синтаксис которого приближен к синтаксису большинства общепринятых языков программирования.

Исходные данные для решения задач могут быть заданы в двух формах:

- 1) в виде таблицы входных параметров с идентификаторами расчетных схем;
- 2) в виде таблиц возможных значения параметров и критериев оценки корректности получаемых решений;

В первом случае для организации ввода/вывода используется следующая процедура, реализованная на языке Maple:

```
read ( 'common.mpl' ) ;
read ( 'problem.mpl' ) ;
fin:=fopen ( 'input.txt' ,READ) ;
fout:=fopen ( 'output.txt' ,WRITE) ;
while true do
    vals:=readvec ( fin ) ;
    if vals=[] then break ; fi ;
    res:=cat ( 'problem_' , vals [1] ) ( subsop (1=NULL , vals ) ) ;
    printvec ( fout , [ op ( vals ) , op ( res ) ] ) ;
od ;
fclose ( fin ) ;
fclose ( fout ) ;
```

В этой процедуре выполняется подключение из файла problem.mpl процедур решения задач, открытие входного и выходного файлов и построчное чтение входной таблицы исходных данных. Для каждого считанного вектора данных определяется имя процедуры выполнения решения, после чего данная процедура выполняется, возвращая вектор контрольных параметров. В выходной файл выводится итоговая строка, составленная из вектора входных данных и результатов решения задачи. Полученный выходной файл используется для построения информационных файлов задач.

Для второго случая в качестве входных данных используются таблицы возможных значений параметров, в качестве которых могут выступать как коэффициенты длин, нагрузок, значения упругих постоянных материала, так и, например, характеристики сечений по ГОСТ.

Далее выполняется построение таблицы исходных данных, состоящей из уникальных наборов параметров, выбираемых из допустимых диапазонов. По результатам решения задачи выполняется «отсев» тех наборов исходных параметров, которые не формируют корректного условия задачи.

Пример такой процедуры приводится ниже:

```
gen_full:=proc()
  global coefs;
  forces:=[100, 150, 200, 250];
  lengths:=[1,2,3,4];
  materials:=[140,160,180,200];
  vars:=genrandvec(500,[rand(1..8),rand(1..6),
    rand(1..6),rand(1..4),rand(1..4),rand(1..4)]);
  i:=1;
  fout:=fopen('problems.txt',WRITE);
  for v in vars do
    print(v);
    params:=[v[1], v[2], v[3], forces[v[4]]*1e3,
      lengths[v[5]]*1e3, materials[v[6]]];
    sol2:=solve_stab_en(params);
    if sol2[4]<40 or sol2[4]>130 then next; fi;
    sol1:=solve_stab(params);
    if sol1[4]<40 or sol1[4]>130 then next; fi;
    printvec(fout,[i,v[1],v[2],coefs[v[3]],forces[v[4]],
      lengths[v[5]],materials[v[6]],op(sol1),op(sol2)]);
    i:=i+1;
  od;
  fclose(fout);
end;
```

В качестве примера реализации непосредственно процедуры расчета, можно привести процедуру решения той же задачи, что была рассмотрена в предыдущем разделе:

```
problem_2C:=proc(vals)
  Nl:=3;
  T:=vals[1];
  l:=[vals[2], vals[3], vals[2]+vals[3]];
  E:=[vals[4], vals[5], vals[6]];
  A:=[vals[7], vals[8], vals[9]];
  alpha:=[vals[10], vals[10], 0];
  sigma_t:=[vals[11], vals[12], vals[13]];
  steq := {(dl[i]=N[i]*l[i]/E[i]/A[i]+l[i]*alpha[i]*T)$i=1..Nl};
  geomeq := {dl[1]+dl[2]=dl[3]};
  baleq := {N[2]-N[1], N[3]+N[2]};
```

```

sigmeq := {(sigm[i]=N[i]/A[i]) $ i=1..Nl};
ne := {(nt[i]=sigma_t[i]/abs(sigm[i])) $ i=1..Nl,
                                             ntmin=min(nt[i] $ i=1..Nl)};
idt:={N[i] $ i=1..Nl, dl[i] $ i=1..Nl, sigm[i] $ i=1..Nl,
                                             nt[i] $ i=1..Nl, ntmin};
eqs0:=steq union geomeq union baleq union sigmeq union ne;
sol:=solve(eqs0, idt);
assign(sol);
[N[3]/1e3, dl[3], sigm[i] $ i=1..Nl, nt[i] $ i=1..Nl, ntmin];
end;

```

### Заключение

Разработанная автоматизированная система подготовки и проверки домашних заданий в течение двух лет использовалась в учебном процессе в нескольких выбранных группах МГТУ им. Н.Э. Баумана при изучении курса «Сопротивление материалов». По результатам опытной эксплуатации система позволила решить несколько задач:

- заметно увеличить успеваемость в группах за счет возможности оперативной проверки и исправления ошибок в домашних заданиях через Интернет;
- повысить объем самостоятельной работы студентов вне аудитории;
- исключить использование готовых решений, что заставило студентов работать самостоятельно и ритмично, поскольку отставания от учебного графика часто оказываются связаны с надеждой сдать «списанные» задания в конце семестра;
- повысить интерес студентов к учебному процессу за счет применения современных средств индивидуализации домашних заданий;
- сократить время разработки и модернизации условий задач.

Представленная автоматизированная система может быть использована и для других дисциплин, использующих внеаудиторные формы работы со студентами.

### Список литературы

1. Momjian B. PostgreSQL: Introduction and Concepts. Addison-Wesley, 2001. 389 p.
2. Гуссенс М., Миттельбах Ф., Самарин А. Путеводитель по пакету L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X и его расширению L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 2<sub>ε</sub>. М.: Мир, 1999. 606 с.
3. Cheong O. The Ipe manual. Режим доступа: <http://ipe7.sourceforge.net/manual/manual.pdf> (дата обращения 16.03.2013).
4. Лихарев К.К., Сухова Н.А. Сборник задач по курсу «Сопротивление материалов». М.: Машиностроение, 1980. 224 с.