

А. А. Андрижиевский, д-р техн. наук, профессор; А. Г. Трифонов, д-р техн. наук, профессор

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ MATLAB В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

In job the methodology of teaching of a specialty disciplines by use of multifunctional system MATLAB and its applications FEMLAB and SIMULINK is submitted. In a basis of this methodology the teaching methodical complex «Modeling and optimization of heat and mass exchange processes» is fixed.

В работе представлена методология преподавания дисциплин специальности с использованием многофункциональной системы MATLAB и ее приложений FEMLAB и SIMULINK.

В основу этой методологии положен учебно-методический комплекс «Моделирование и оптимизация тепломассообменных процессов», который включает:

– учебно-методическое пособие «Использование системы MATLAB в задачах моделирования и оптимизации» [1];

– учебное пособие с грифом Министерства образования «Моделирование и оптимизация тепломассообменных процессов» [2].

Учебно-методический комплекс предназначен для изучения методов создания математических аналогов физических явлений и технологических устройств, а также методов их исследования и оптимизации.

Обучение проводится на доступных, адаптированных к учебному процессу в высших учебных заведениях примерах.

Данный учебно-методический комплекс используется в рамках изучения одноименной дисциплины «Моделирование и оптимизация тепломассообменных процессов», а также (наряду с электронными сопровождающими материалами) дисциплин «Основы гидрогазодинамики» и «Термодинамика и теплопередача».

Логическая последовательность преподавания указанных дисциплин предполагает:

1) изучение физических основ процессов тепломассопереноса, кинетики и динамики

движения жидкостей и газа, основных принципов и методов физического и математического моделирования;

2) последующее их использование при составлении вычислительных алгоритмов;

3) изучение операционной среды, пользовательских функций и графических операторов системы MATLAB [3–5];

4) ознакомление с представлением систем уравнений сохранения в рамках системы MATLAB и формализованных шаблонов приложений FEMLAB и SIMULINK;

5) проведение численных исследований на основе составленных программных кодов и формализованных шаблонов системы MATLAB и ее приложений;

6) внедрение результатов практических приложений систем MATLAB, FEMLAB и SIMULINK в учебный процесс с целью повышения его информативности и иллюстративности.

Таким образом, изучение и внедрение системы MATLAB и ее приложений является заключительным элементом метода «сквозного» преподавания специальных дисциплин энергетического профиля (рис. 1), включая его использование в рамках дипломных и научно-исследовательских работ и магистерских диссертаций.

Что же рассматривается и что не рассматривается в базовом курсе «Моделирование и оптимизация тепломассообменных процессов»?

*Не рассматривается:*

– вывод уравнений сохранения;

– решение уравнений (т. е. задачи математической физики).

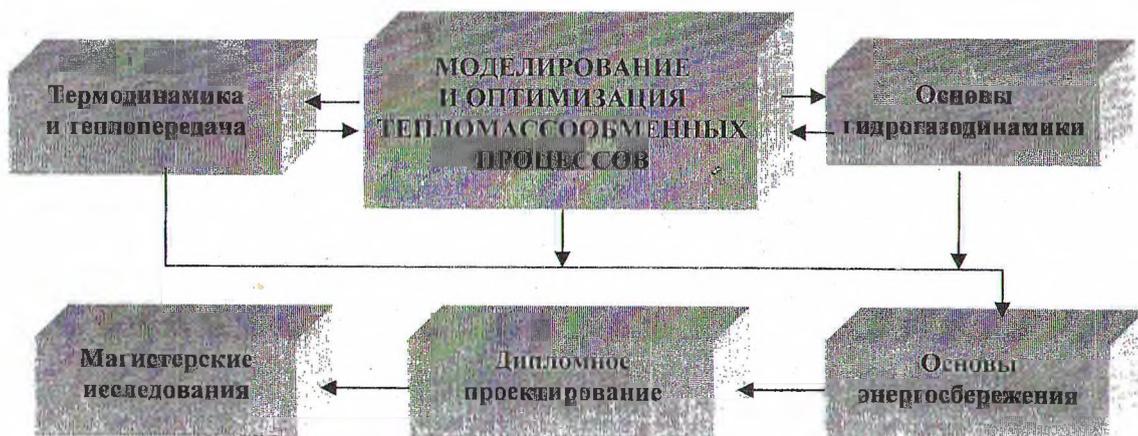


Рис. 1. Метод «сквозного» преподавания специальных дисциплин энергетического профиля

Этим целям служат тематические дисциплины «Термодинамика и теплопередача» и «Основы гидрогазодинамики».

Рассматривается:

- методология программирования;
- структурное оформление разрабатываемых программных пакетов;
- готовые программные пакеты;
- методика проведения численных экспериментов.

Практическое использование системы MATLAB и ее приложений в рамках метода «сквозного» преподавания специальных дисциплин иллюстрируется на конкретных задачах моделирования, расчета и оптимизации термодинамических параметров:

- 1) системы параллельных каналов переменного диаметра;
- 2) кожухотрубного теплообменного аппарата;
- 3) барабанной сушильной установки;
- 4) газонагревателя в системах утилизации ВЭР избыточного давления с турбодетандером.

Данные практически задачи решены на этапах дипломного проектирования и магистерских исследований.

На рис. 2 приведен один из элементов интерфейса учебной программы по оптимизации массогабаритных характеристик теплообменной поверхности кожухотрубного теплообменного аппарата.

Выбор оптимальной конструкции теплообменника является задачей, разрешаемой технико-экономическим сравнением нескольких типоразмеров аппаратов применительно к задан-

ным условиям или на основании критерия оптимизации.

В качестве критерия оптимизации рассматривается целевая функция  $F_{ц}$  в виде суммы приведенных затрат, т. е. показателей удельных капитальных и эксплуатационных затрат:

$$F_{ц} = (S_{\text{кап}} / T_{\text{н.о}}) + S_{\text{э}}$$

где  $S_{\text{кап}}$  – капитальные затраты;  $T_{\text{н.о}}$  – нормативный срок окупаемости капитальных затрат;  $S_{\text{э}}$  – эксплуатационные затраты.

Данный вычислительный эксперимент выполнен с использованием формализованных шаблонов системы MATLAB в рамках программного продукта, составленного на базе интерфейса и управляющего модуля учебной программы.

Аналогичные задачи решены применительно к оптимизации параметров барабанной сушилки (рис. 3–4).

Рис. 5–6 иллюстрируют приложение системы MATLAB к задаче оптимизации параметров газонагревателя системы газораспределения с турбодетандером.

Данная задача решена в рамках магистерского исследования.

Рассматриваются два варианта подогрева газа в теплообменном аппарате:

- подогрев сетевой водой из котельной;
- нагревание природного газа отходящими дымовыми газами газотурбинной установки.

В качестве варьируемых параметров приняты:

- габаритные размеры аппарата;
- расход греющего теплоносителя, соответственно сетевой воды и дымовых газов.

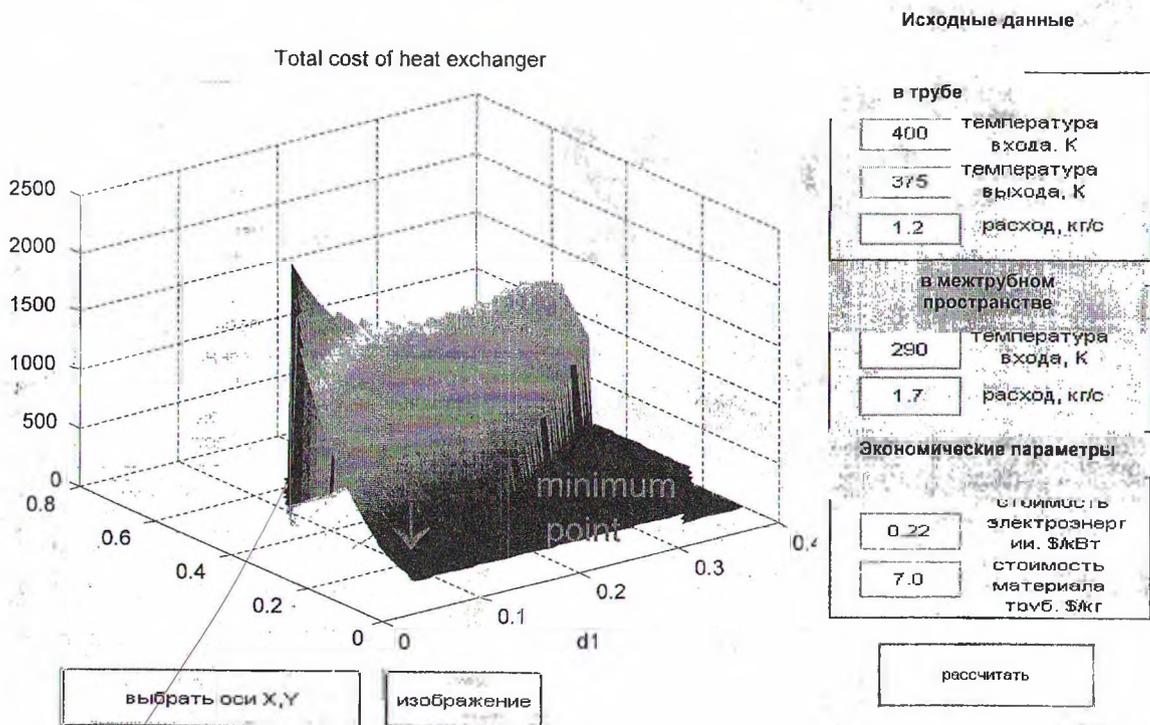


Рис. 2. Интерфейс пользователя учебной программы

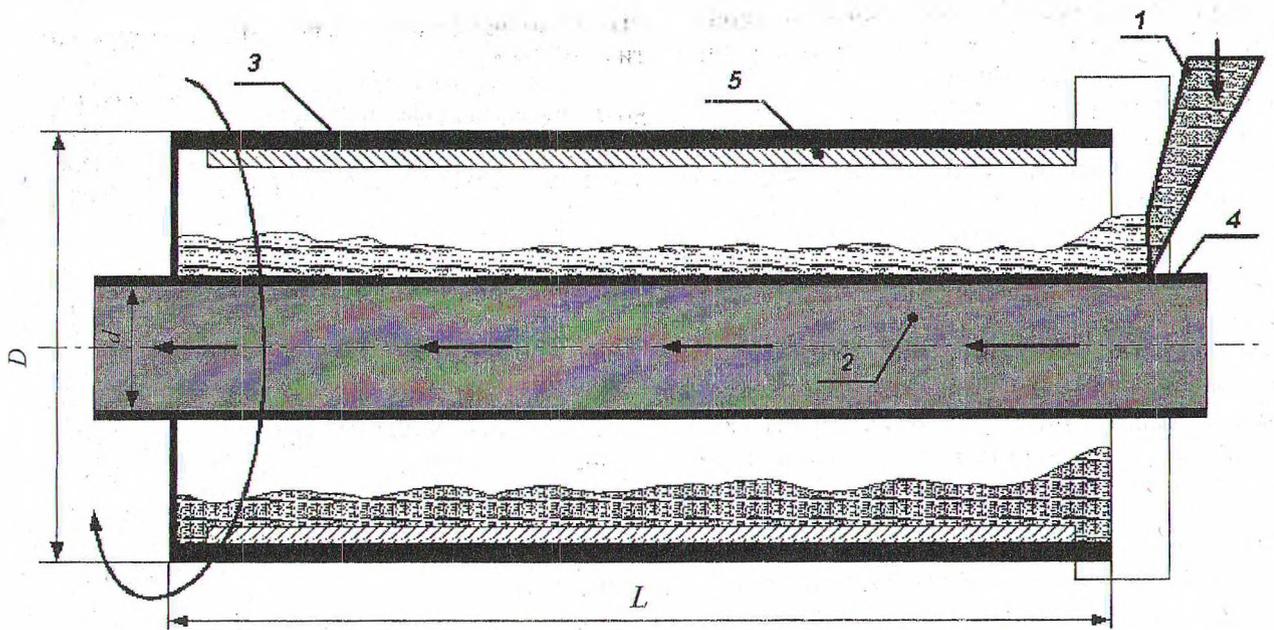


Рис. 3. Формализованный шаблон расчетной схемы барабанной сушилки:  
 1 – подача влажного материала; 2 – проточный нагреватель; 3 – вращающийся барабан;  
 4 – внутренняя труба; 5 – упаковка

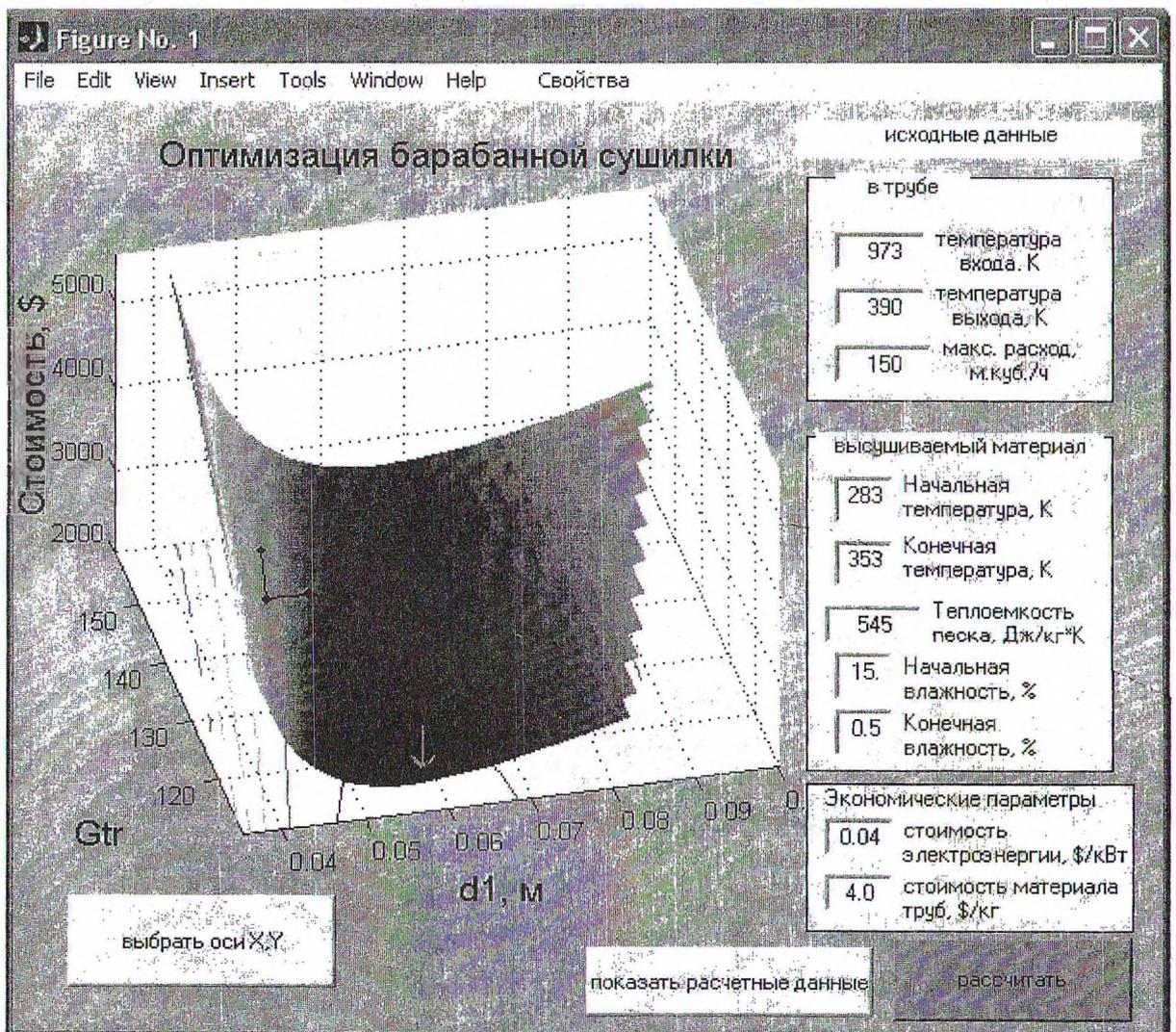


Рис. 4. Интерфейс пользователя программы оптимизации параметров барабанной сушилки

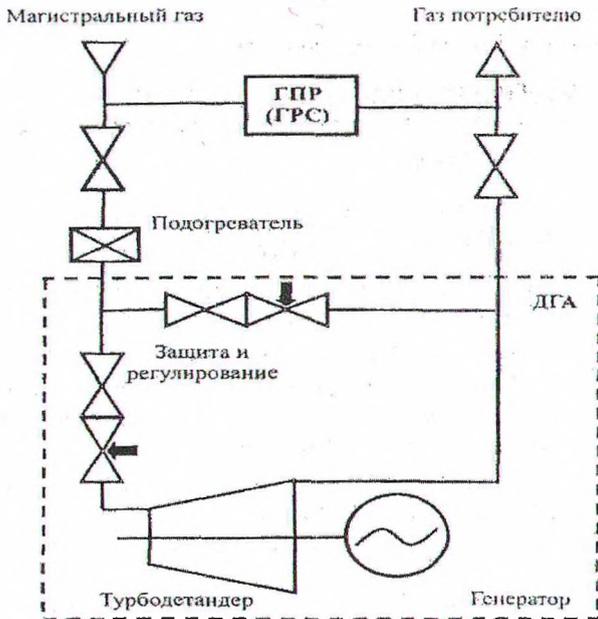


Рис. 5. Схема утилизации избыточного давления природного газа в системах газораспределения с турбодетандером

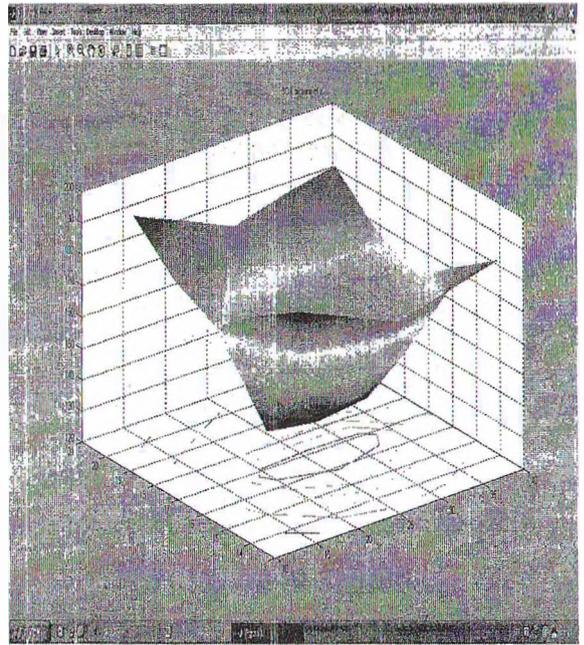


Рис. 6. Оптимизация параметров газонагревателя системы газораспределения с турбодетандером

В качестве составляющих двухпараметрической целевой функции выбраны массогабаритные характеристики теплообменника и энергетические затраты на продвижение теплоносителя.

Опыт использования в учебном процессе многофункциональной системы MATLAB показал, что она:

- 1) систематизирует базовую информацию по дисциплинам специальности;
- 2) развивает навыки практического использования дифференциальных форм законов сохранения при построении вычислительных алгоритмов и программ;
- 3) является эффективным инструментом достижения оптимальности параметров технических устройств.

Кроме того, предлагаемые данной системой (включая приложения FEMLAB и SIMULINK) формализованные модельные шаблоны могут включаться в системы автоматизированного проектирования процессов и аппаратов.

### Литература

1. Андрижиевский, А. А. Использование системы MATLAB в задачах моделирования и оптимизации / А. А. Андрижиевский, А. Г. Трифонов. – Минск: БГТУ, 2004. – 125 с.
2. Андрижиевский, А. А. Моделирование и оптимизация тепломассообменных процессов / А. А. Андрижиевский, А. Г. Трифонов. – Минск: БГТУ, 2005. – 320 с.
3. Гультяев, А. К. Визуальное моделирование в среде МАТЛАБ: учеб. курс / А. К. Гультяев. – СПб.: Питер, 2000. – 432 с.
4. Дьяконов, В. П. Математические пакеты расширения MATLAB. Специальный справочник / В. П. Дьяконов, В. И. Круглов. – СПб.: Питер, 2001. – 480 с.
5. Бояринов, А. И. Методы оптимизации в химической технологии / А. И. Бояринов, В. В. Кафаров. – М.: Химия, 1975. – 378 с.