

УДК 629. 7.036.3

В.В. КОРЖОВ

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского “ХАИ”, Украина***МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТКАЧИВАЮЩЕГО КОНТУРА МАСЛОСИСТЕМЫ ГТД**

Рассмотрен расчетно-теоретический подход для решения системы уравнений контура откачки маслосистемы ГТД. Для решения этой задачи предлагается использовать разработанный программный комплекс “Matlab Ассистент. Решение уравнений”. Данный комплекс решает эту задачу наиболее точным, прямым методом. По результатам вычислений проводится анализ и коррекция входных параметров, задаваемых при расчете системы уравнений.

математическая модель маслосистемы, система уравнений, Matlab Ассистент, решение уравнений, контур откачки маслосистемы, диагностика маслосистемы, элементы маслосистемы, проектирование маслосистемы двигателя

Введение

Маслосистема (МС) различного назначения ГТД представляет собой совокупность специальных устройств и агрегатов, обеспечивающих откачку масла от узлов трения двигателя для снижения потерь мощности в них, уменьшения износа деталей, отвода тепловой энергии, выделяющейся при трении, защиты трущихся поверхностей от наклепа и коррозии, а также удаления твердых включений из зоны трения (рис. 1).

Условия длительной эксплуатации ГТД обуславливают особые требования к отдельным элементам и их маслосистем. Эффективная разработка нового поколения газотурбинных двигателей в значительной мере обеспечивается внедрением автоматизированных систем проектирования маслосистемы двигателя.

Предлагаемая работа направлена на решение и анализ уравнений контура откачки маслосистемы [1] посредством вычислительного комплекса MATLAB.

Предлагается прямое решение сложной системы контура откачки маслосистемы.

Анализ публикаций по данной проблеме [2 – 4], позволяет сделать вывод о том, что в них не рассматривается решение системы уравнений, отсутствует анализ результатов решения системы.

Целью данной работы является формирование программного комплекса для проектирования и решения сложной системы уравнений контура откачки МС и получения точного решения системы.

Ниже представлена система уравнений контура откачки МС, которая решается в программном пакете:

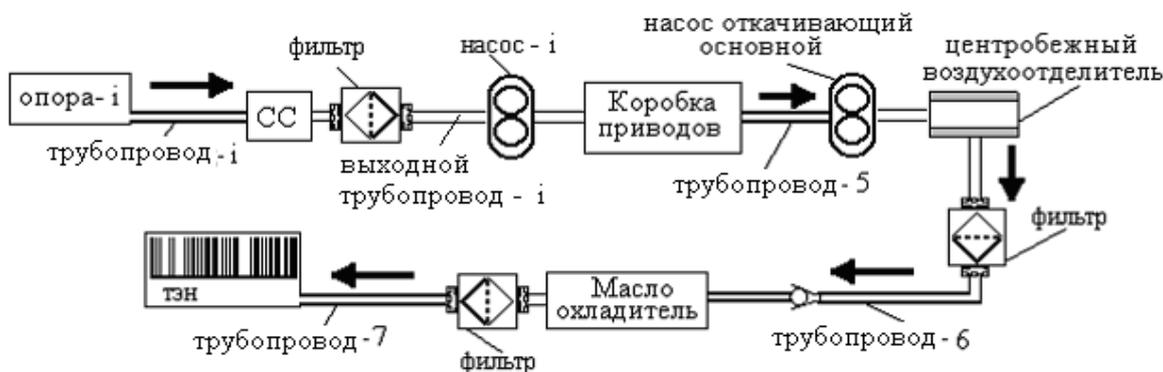


Рис. 1. Схема контура откачки маслосистемы

$$P_{mp} = P_{сyф} - \beta_{mp} \rho (Q_{но} + \Delta Q_{\phi 1} + \Delta Q_{cc} + \Delta Q_{mp})^2; \quad (1)$$

$$P_{cc} = P_{mp} - \beta_{cc} \rho (Q_{но} + \Delta Q_{\phi 1} + \Delta Q_{cc})^2; \quad (2)$$

$$P_{\phi 1} = P_{cc} - \beta_{\phi 1} \rho (Q_{но} + \Delta Q_{\phi 1})^2; \quad (3)$$

$$P_{но} = P_{сyф} + \beta_{вых} \rho (Q_{но} - \Delta Q_{\phi 1} + \Delta Q_{вых. mp})^2, \quad (4)$$

где P_{mp} – давление в трубе; $P_{\phi 20}$ – давление за стружкосигнализатором; $P_{\phi 1}$ – давление за фильтром; $P_{но}$ – давление за откачивающим насосом.

Пакет MATLAB – один из наиболее популярных продуктов фирмы MathWorks [5 – 6]. Основное назначение данного пакета – моделирование, анализ и визуализация динамических процессов, имеющих отношение к разнообразным сферам человеческой деятельности.

Проектирование маслосистемы – это трудоемкий процесс, в котором совмещается создание и анализ схемы системы, расчет системы уравнений, анализ полученных результатов и корректировка узлов системы для получения требуемых параметров работы.

Сложность использования пакета MATLAB состоит в том, что работа в нем осуществляется посредством весьма сложного встроенного языка программирования и сложного встроенного интерфейса, что в свою очередь исключает возможность написания программного кода на языке MATLAB для решения системы уравнений непосредственно в нем.

Для облегчения данной работы был разработан программный комплекс “Matlab Ассистент. Решение уравнений”, который позволяет решать сложную систему уравнений в среде Microsoft Windows.

Решение системы сводится занесению уравнений системы в программный комплекс. Передача системы уравнений в MATLAB (по технологии COM), решение и получение результата выполняется системой “Matlab Ассистент. Решение уравнений”, что в значительной мере упрощает процесс проектирования и решения такого рода систем.

Основные возможности программного комплекса “Matlab Ассистент. Решение уравнений”

Программный комплекс имеет следующие возможности:

- неограниченное количество уравнений в системе;
- настраиваемые параметры оптимизации уравнений (точность вычислений, методы решения);
- сохранение системы в файл;
- загрузка системы из файла;
- временное исключение уравнений в системе при расчете;
- встроенный анализатор формул;
- интеграция с MATLAB посредством технологии COM.

Главную форму (рис. 2) можно разделить на две области:

- 1) пространство для ввода/изменения уравнения системы;
- 2) список уравнений, входящих в систему.

Например, первое уравнение в списке представляет давление в трубе:

$$P_{mp} = P_{сyф} - \beta_{mp} \rho (Q_{но} + \Delta Q_{\phi 1} + \Delta Q_{cc} + \Delta Q_{mp})^2, \quad (5)$$

где P_{mp} – давление в трубе; $P_{мб}$ – давление в полости суфлирования; ρ – плотность масла; β_{mp} – эффективный коэффициент гидравлического сопротивления; $Q_{но}$ – производительность насоса; $\Delta Q_{\phi 1}$ – утечки на фильтре; ΔQ_{cc} – утечки на стружкосигнализаторе; ΔQ_{mp} – утечки в трубе.

Концепция решения системы уравнений сводится к описанию уравнений системы, задания начальных значений искомых величин, а также задания значений параметров.

Решение базируется на минимизации суммы квадратов компонент системы методами Гаусса-Ньютона и Левенберга-Марквардта.

Форма ввода параметров программы представлена на рис. 3.

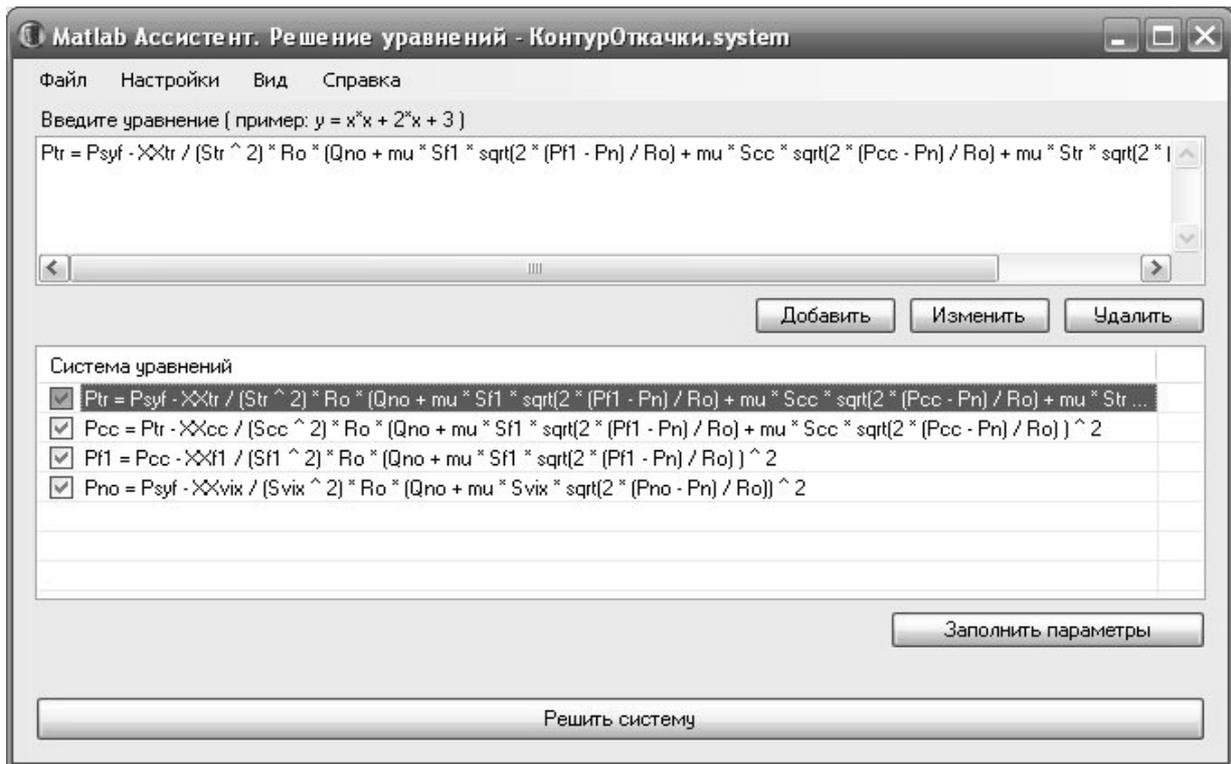


Рис. 2. Главная форма программы

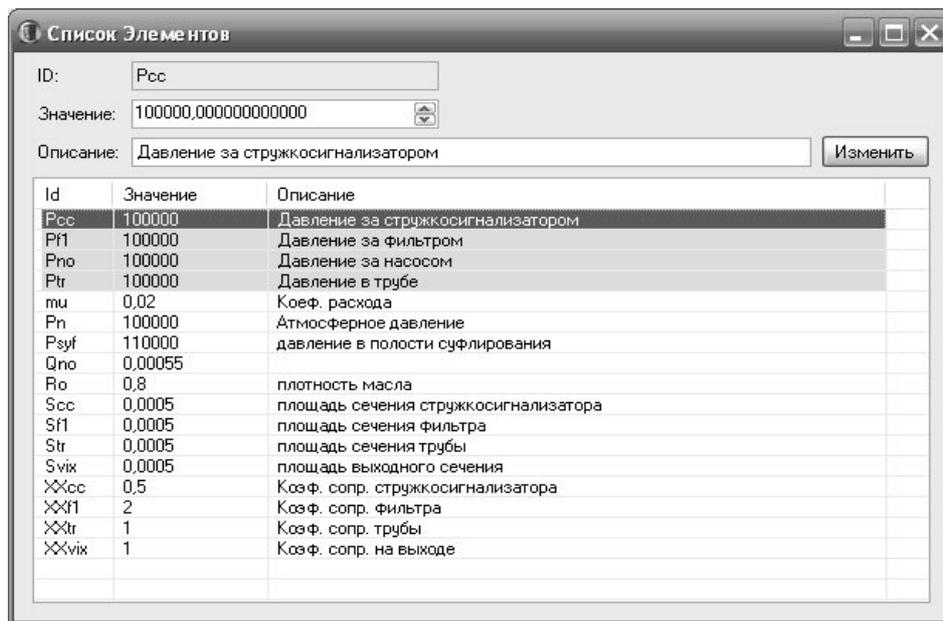


Рис. 3. Форма ввода параметров системы

Встроенный анализатор формул создает список элементов уравнений для заполнения и исключает возникновение ошибок и опечаток при проектировании и расчете системы уравнений в программном комплексе “Matlab Ассистент. Решение уравнений”.

Фоном на рис. 3 выделены элементы, для которых значения являются начальными и они изменяются в процессе решения системы. Столбец ‘Описа-

ние’ позволяет идентифицировать заданные элементы уравнений и позволяет хранить тип параметров и дополнительную информацию.

Результат решения системы уравнений представлен на рис. 4, где:

$$P_{mp} = 109911\text{Па}; \quad P_{no} = 109985\text{Па};$$

$$P_{cc} = 109889\text{Па}; \quad P_{\phi 1} = 109860\text{Па}.$$

ID	Значение	Описание
P _{сс}	109889,4277892	Давление за стружкосигнализатором
P _{ф1}	109860,6613362	Давление за фильтром
P _{но}	109985,4820472	Давление за насосом
P _{тр}	109911,2425774	Давление в трубе

Рис. 4. Результат решения системы уравнений

Заключение

В заключении можно сделать следующие выводы о проделанной работе.

Произведен анализ составных частей контура откачки маслосистемы, рассмотрены особенности работы узлов и агрегатов системы.

Проанализированы составные части системы уравнений контура откачки маслосистемы.

Для решения системы уравнений откачивающего контура маслосистемы был разработан программный комплекс, взаимодействующий с ядром системы математических вычислений программного пакета MATLAB, посредством которого значительно облегчается работа по проектированию узлов, агрегатов и решению системы уравнений контура откачки маслосистемы ГТД.

Разработанный программный комплекс позволяет решить систему уравнений прямым методом, что позволяет достигнуть высокой точности вычислений.

В дальнейшем планируется разработка модели, обеспечивающей расчет параметров маслосистем, собранных их типовых элементов в заданной пользователем конфигурации.

Данный комплекс рекомендуется использовать при решении сложных систем уравнений на этапе проектирования узлов и агрегатов ГТД.

Литература

1. Моделирование маслосистем приводных ГТД для решения задач оперативного диагностирования / Ширков В.Т., Елифанов С.В., Гусев Ю.А., Чигрин В.С. // Авиационно-космическая техника и технология. – Х.: ХАИ, 2002. – Вып. 30. Двигатели и энергоустановки. – С. 197-303.
2. Ширков В.Т., Елифанов С.В., Гусев Ю.А. Диагностическая модель маслосистемы газотурбинного привода для газоперекачивающего агрегата // Авиационно-космическая техника и технология. – Х.: ХАИ, 2000. – Вып. 19. Тепловые двигатели и установки. – С. 407-414.
3. Вакина В.В., Денисенко И.Д., Столяров А.Л. Машиностроительная гидравлика. – М.: Машиностроение, 1986. – 160 с.
4. Бич М.М., Вейнберг Е.В., Сурнов Д.Н. Смазка авиационных газотурбинных двигателей. – М.: Машиностроение, 1979. – 300 с.
5. Иглин С.П. Математические расчеты на базе MATLAB. – С.-Пб.: ВНУ, 2004. – 640 с.
6. Потемкин В.Г. Вычисления в среде MATLAB. – М.: Диалог-МИФИ, 2004. – 714 с.

Поступила в редакцию 1.11.2006

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Е. Вель, Национальный технический университет «ХПИ», Харьков.