

Компьютерное моделирование работы гидросистемы самолета при эксплуатации в различных природно-климатических условиях

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

С помощью разрабатываемого в «ХАИ» программного комплекса GydroSys исследованы особенности функционирования одной из подсистем гидросистемы транспортного самолета при различных природно-климатических условиях. Предложены проектно-конструкторские методы снижения времени срабатывания исполнительного механизма при низких температурах, эффективность которых может быть определена с помощью разработанного и отестированного программного комплекса.

Ключевые слова: гидравлическая система, время срабатывания, графоаналитический метод, уравнение баланса давлений, экстремальные природно-климатические условия.

Гидравлические системы получили самое широкое применение на современных самолетах практически всех категорий. Их проектирование составляет неотъемлемое звено процесса создания ЛА и представляет собой сложный итерационный процесс, состоящий из решения ряда взаимосвязанных задач. Для качественного его осуществления в заданные сроки необходимо выполнение многократных расчетов при самых разнообразных вариантах параметров системы и условиях ее эксплуатации. Поэтому разработка и апробация программного обеспечения для автоматизации таких расчетов, компьютерное моделирование работы гидросистемы при эксплуатации самолета в различных условиях — сложная и актуальная задача.

Исследование особенностей работы гидросистемы самолета в экстремальных условиях осуществляется как методом прямого эксперимента на натурной системе или ее физической модели, так и методами математического моделирования. Эти способы исследования не исключают, а взаимодополняют друг друга. Неоспоримые преимущества компьютерного моделирования — оперативность и низкая стоимость, как следствие — возможность многократных повторений и широких параметрических исследований. Достоверность получаемых результатов подтверждается сопоставлением с результатами выборочных экспериментов исследований наиболее характерных режимов.

В целях сокращения объема выкладок особенности используемого метода рационально рассмотреть на примере анализа режимов работы одноконтурной гидравлической системы с потребителем компенсированного расхода и постоянной внешней нагрузкой. Обычно для этого используется графоаналитический метод [1], основанный на уравнении баланса давлений

$$\Delta p_H(Q) = \Delta p_\Sigma(Q) = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \dots + \Delta p_n + \frac{R}{F}, \quad (1)$$

где $\Delta p_H(Q)$ — давление, развиваемое насосом, которое зависит от расхода в сети Q ;

$\Delta p_1 + \dots + \Delta p_n$ — потери давления на всех элементах сети;

$\frac{R}{F}$ – изменение давления в исполнительном механизме как частное развиваемого им усилия и площади поршня.

Левая часть уравнения (1) – это характеристика источника питания, а правая – суммарная характеристика системы [1]. Сущность данного метода решения состоит в определении точки совместной работы источника питания и гидравлической сети.

Графическое построение, соответствующее уравнению (1), приведено на рис.1. Точка пересечения характеристики насоса $\Delta p_H(Q)$ и суммарной характеристики сети $\Delta p_\Sigma(Q)$ позволяет определить [2] как давление p_I , развиваемое насосом на рассматриваемом режиме, так и расход в сети Q_i .

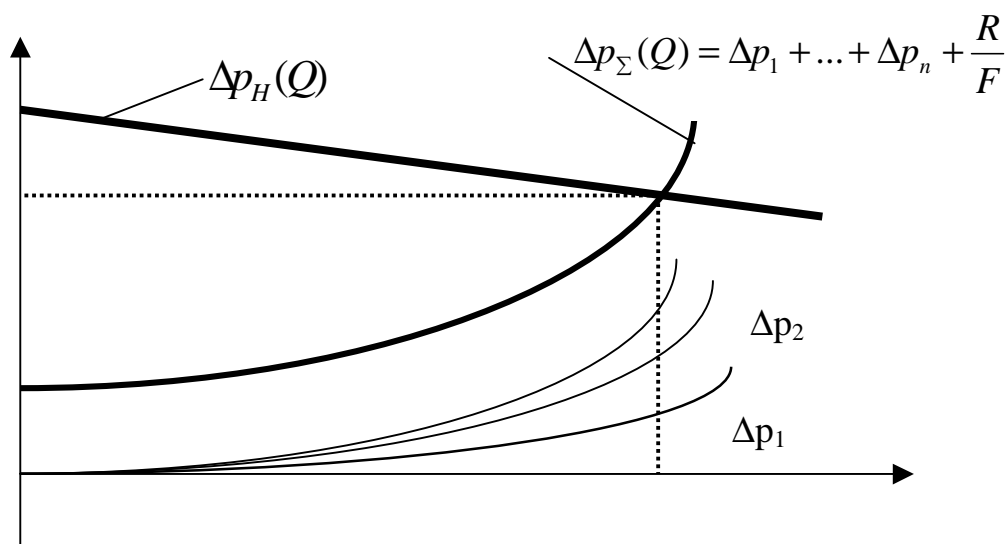


Рис. 1. Расходные характеристики элементов одноконтурной системы при постоянной внешней нагрузке:

1, 2, ..., n – расчетные участки рассматриваемого контура гидросистемы

При проектировании самолета необходимо провести компьютерное моделирование всех режимов работы гидросистемы при всех возможных параметрах окружающей среды. В качестве примера рассмотрим функционирование реальной одноконтурной гидравлической системы управления стеклоочистителями транспортного самолета. Расчет проведен с помощью разработанного в ХАИ программного обеспечения GydroSys. Геометрия системы представлена на рис. 2. В расчете использованы реальные значения параметров конфигурации участков трубопровода, местных сопротивлений, а также исполнительного механизма.

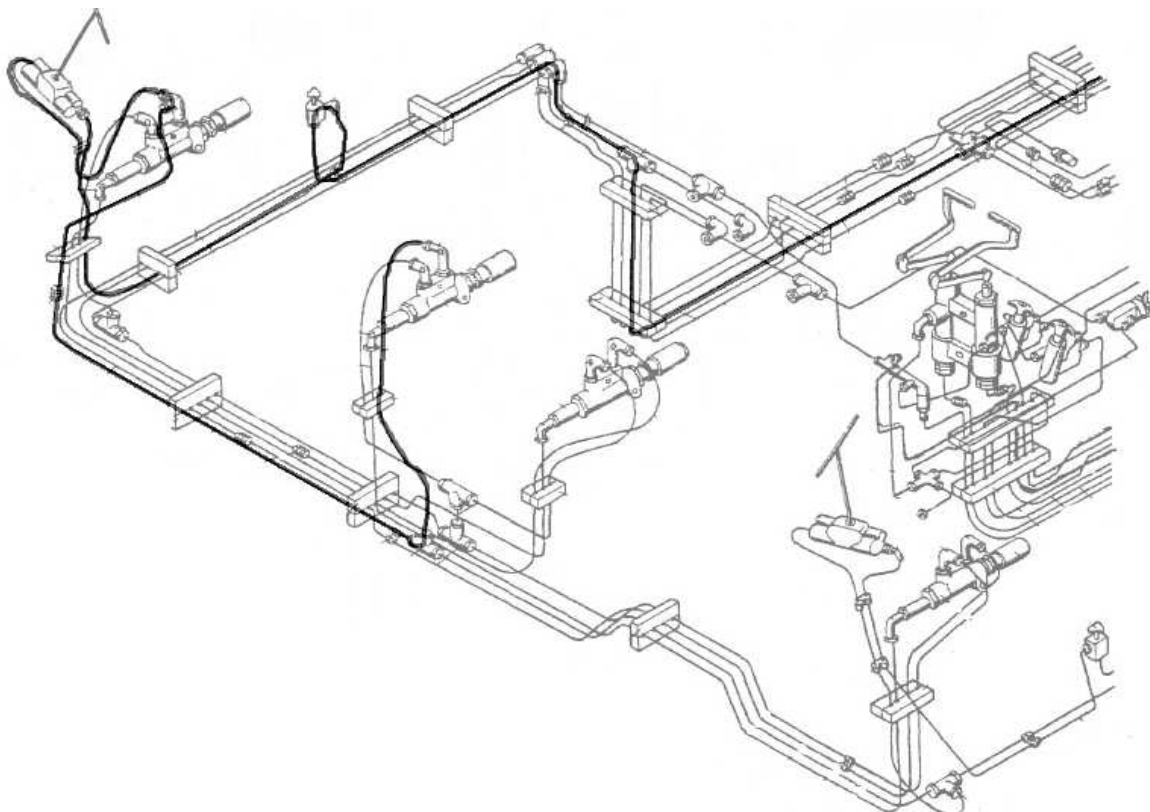


Рис. 2. Гидравлическая система в кабине экипажа

Расчеты выполнены с помощью программного комплекса GydroSys в режиме “Автоматизированная подсистема анализа режимов работы одноконтурной системы с потребителем компенсированного расхода и постоянной внешней нагрузкой”. Для контроля один из режимов рассчитан вручную. Сопоставление результатов ручного счета (рис. 3) и компьютерного моделирования работы рассматриваемой реальной подсистемы (рис. 4) позволяют сделать вывод о правильной работе программного обеспечения. На рис. 3 и 4 точка пересечения двух кривых (характеристики источника питания и суммарных потерь давления системы) является точкой баланса давлений в гидравлической системе.

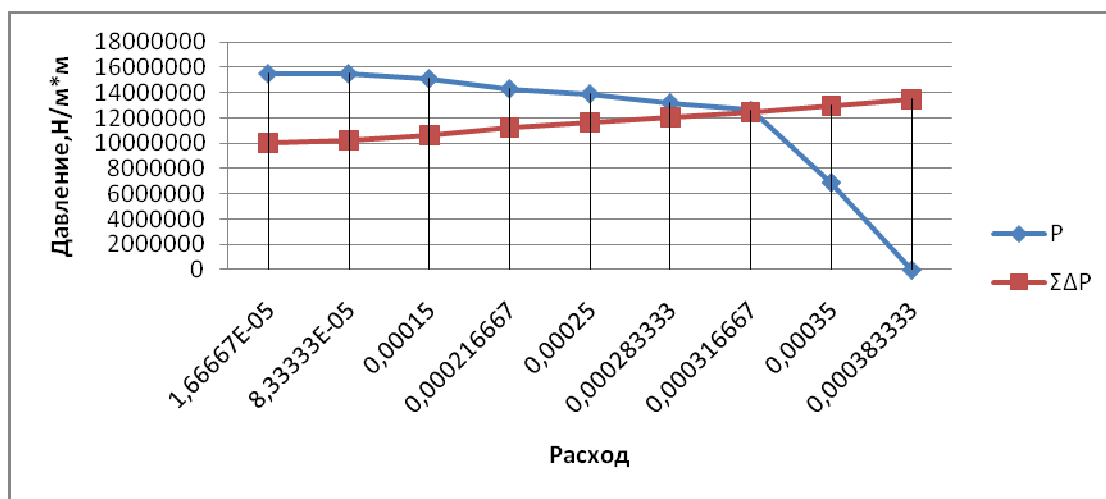


Рис. 3. Работа подсистемы управления стеклоочистителями

Проведенные расчеты позволяют определить главный параметр – время срабатывания исполнительного механизма ($T=0,094$ с), а также все остальные параметры работы рассматриваемой подсистемы на исследуемом режиме. Основным выводом проведенных расчетов: время срабатывания гидравлической подсистемы управления стеклоочистителями меньше регламентированного времени (1,5 с):

$$0,094 < 1,5.$$

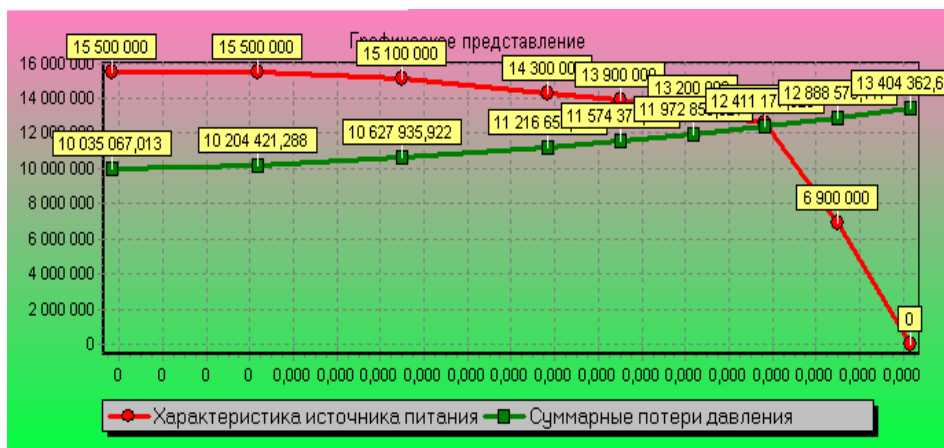


Рис. 4. Компьютерное моделирование работы подсистемы управления стеклоочистителями

После проверки правильности работы программного обеспечения проведено исследование работы гидравлической подсистемы управления стеклоочистителями транспортного самолета при различных природно-климатических условиях. Например, вязкость используемой гидравлической жидкости АМГ-10 существенно зависит от ее температуры (рис. 5) [1], которая, в свою очередь, зависит от температуры воздуха за бортом (таблица).

Исследованные температурные режимы

Регион		Африка	Украина	Якутия
Температура воздуха за бортом	на земле	50	25	-50
	в полете (H=6 км)	14	-11	-86
Температура гидрожидкости	на земле	65	40	-60
	в полете (H=6 км)	29	4	-76

С помощью программного обеспечения исследовано изменение времени срабатывания исполнительного механизма при варьировании величины коэффициента кинематической вязкости. Полученная зависимость представлена на рис. 5. Из графика видно, что вязкость гидрожидкости существенно влияет на время срабатывания исполнительного механизма. При температуре -40 и ниже время срабатывания превышает регламентированное, что недопустимо.



Рис. 5. Зависимость времени срабатывания исполнительного механизма от вязкости гидрожидкости

Итак, вязкость гидрожидкости существенно влияет на время срабатывания исполнительного механизма гидросистемы самолета. Полученное время больше регламентируемого: $3,5 \text{ с} > 1,5 \text{ с}$, что недопустимо.

Учитывая результаты проведенного математического моделирования, предложены конструктивные меры устранения выявленного недостатка системы:

- 1) подогрев гидрожидкости до требуемой величины, что позволяет уменьшить ее вязкость, а значит и время срабатывания (см. рис. 5);
- 2) изменение диаметра трубок;
- 3) изменение мощности насоса;
- 4) замена типа гидрожидкости;
- 5) теплоизоляция трубопроводов.

Разработанное и оттестированное программное обеспечение позволяет определить время срабатывания исполнительного механизма в случае реализации этих мер. В частности, увеличение диаметра трубопровода до 10 и 12 мм обеспечивает существенное снижение времени срабатывания системы. Сопоставление изменения времени срабатывания исполнительного механизма с затратами массы позволяет принять обоснованное решение о наиболее эффективном варианте усовершенствования системы. Аналогичным образом может быть промоделирована работа других подсистем сложной гидравлической системы самолета.

Выводы

1. Осуществлено компьютерное моделирование работы гидросистемы самолета при эксплуатации в различных природно-климатических условиях на основе графоаналитического метода расчета гидравлических систем.

2. В результате тестирования определено, что разработанный программный продукт дает достоверные результаты и может быть использован при проведении многократных расчетов первых этапов создания гидросистемы самолета.

3. Программное обеспечение позволяет провести исследование влияния различных параметров гидросистемы ЛА на характеристики ее работы при малых затратах ручного труда и времени.

4. Проведено исследование особенностей функционирования гидросисте-

мы в различных природно-климатических условиях. Предложены конструктивные меры для снижения времени срабатывания системы при низких температурах, эффективность которых позволяет оценить разработанное программное обеспечение.

Список литературы

1. Матвеевко, А.М. Проектирование гидравлических систем летательных аппаратов [Текст]: учебник для вузов / А.М. Матвеевко, И.И. Зверев – М.: Машиностроение, 1982. – 296 с.
2. Системы оборудования летательных аппаратов [Текст]: учебник для студентов вузов / М.Г. Акопов, В.И. Бекасов, А.С. Евсеев и др.; Под ред. А.М. Матвеевко и В.И. Бекасова – М.: Машиностроение, 1986. – 368 с.
3. Авиационные силовые установки [Текст] / Н.Т. Домотенко, А.С. Кравец, А.И.Пугачев, Т.И. Сивашенко – М.: Транспорт, 1970. – 352 с.

Рецензент: д-р. тех. наук проф. А.В. Бетин, НИИ ПФМ, Харьков

Поступила в редакцию 17.06.2013

Комп'ютерне моделювання роботи гідросистеми літака при експлуатації в різних природно-кліматичних умовах

За допомогою розробленого в «ХАІ» програмного комплексу GydroSys досліджено особливості функціонування однієї з підсистем гідросистеми транспортного літака при різних природно-кліматичних умовах. Запропоновано проектно-конструкторські методи зниження часу спрацьовування виконавчого механізму при низьких температурах, ефективність яких може бути визначена за допомогою розробленого і відтестованого програмного комплексу.

Ключові слова: гідравлічна система, час спрацьовування, графоаналітичний метод, рівняння балансу тисків, екстремальні природно-кліматичні умови.

Computer simulation of the hydraulic system of the aircraft when operating in different climatic conditions

With developed in the "HAI" software system GydroSys investigate the features of the functioning of one of the subsystems of the hydraulic system of the transport aircraft that under different climatic conditions. Proposed design and construction methods to reduce the response time of the actuator at low temperatures, the effectiveness of which can be determined by using have developed tested and robust software package.

Keywords: hydraulic system, the response time, graphical-analytical method, the equation of pressure balance, extreme climatic conditions.