электронный журнал
МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51038.

УДК 62-553.4

Моделирование статических и динамических процессов регулятора подачи топлива

 # 06, июнь 2012

Шульц И.И.

Студент,
кафедра «Аэрокосмические системы»

Научный руководитель: Реш Г.Ф.,
к.т.н., доцент кафедры «Аэрокосмические системы»

МГТУ им. Н.Э. Баумана
ilya_shulc@mail.ru

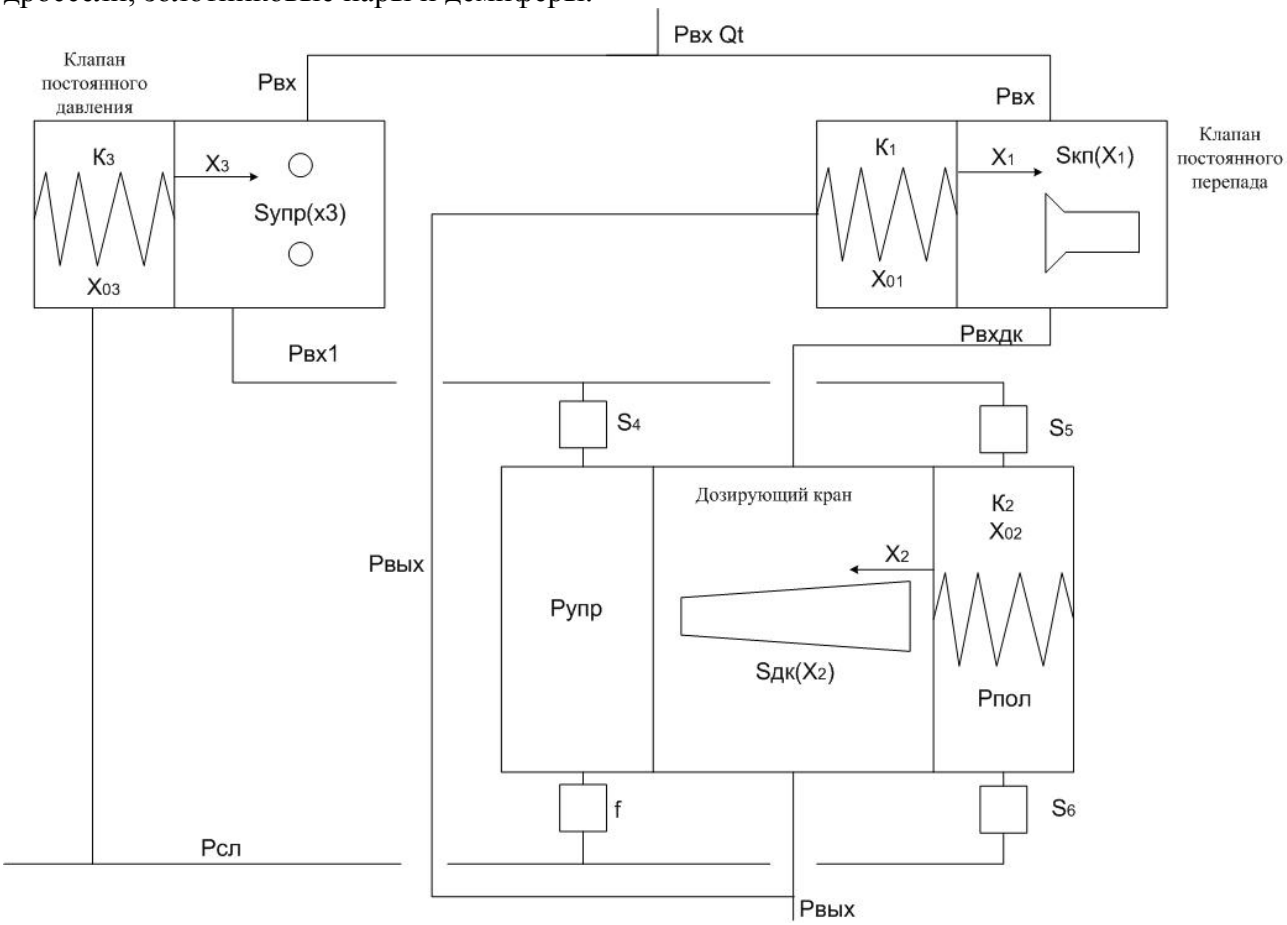
На нынешнем этапе развития эксперименты на реальных объектах заменяются компьютерным моделированием. Цена экспериментальных работ не сравнима с затратами на моделирование. Данные с испытаний не всегда полностью характеризуют объект.

Математическое моделирование - это метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, с достаточной точностью описывающей реальную систему и с ней проводятся эксперименты с целью получения информации об этой системе. Такую модель можно «проиграть» во времени как для одного испытания, так и заданного их множества, с различными параметрами.

Рассмотрим задачу математического моделирования применительно к регулятору подачи топлива. Актуальность данной задачи высока, так как результаты моделирования используются на предприятии ОАО «ВПК «НПО Машиностроения» в подразделении 08-80, «Комплексный конструкторский отдел воздушно-реактивных силовых установок», в котором я стажируюсь.

Регулятор подачи топлива (РПТ) предназначен для дозирования расхода топлива, подаваемого в камеру сгорания двигателя, в соответствии с электрическими командами, поступающими от электронного регулятора двигателя (ЭРД). Принцип работы РПТ состоит в следующем: топливо, подаваемое на вход в РПТ под высоким давлением от турбонасосного агрегата (ТНА), проходит через клапаны постоянного перепада и поступает к дозирующему крану (клапаны постоянного перепада поддерживают постоянным перепад давлений топлива $\Delta P = (P_1 - P_2)$ на окне дозирующего крана). Площадь проходного сечения окна дозирующего крана устанавливается по командам ЭРД, который управляя скважностью электромагнитного клапана (ЭМК), создает перепад давлений в полостях дозирующего крана. Топливо прежде чем попасть в полости дозирующего крана, проходит через клапан постоянного давления, который поддерживает необходимый уровень давления. После дозирующего крана топливо поступает по трубопроводам

на форсунки топливных коллекторов. Основными компонентами РПТ являются дроссели, золотниковые пары и демпферы.



На рисунке представлена расчетная схема регулятора. По ней составляется расчетная модель.

Предметом исследования являются статическая и динамическая модель регулятора, которая в первом случае описывает стационарный процесс, и не стационарный процесс во втором.

Основу статической модели составляют уравнения расхода через окно дозатора и уравнения равновесия золотника клапана, для клапана постоянного перепада:

$$Q_t = \mu S_{КП}(x_1)\sqrt{\frac{2\times(P_{ВХ} - P_{ВХДК})g}{\rho}}$$

$$P_{ВЫХ} + k_1(x_{01} + x_1)/S_1 = P_{ВХДК},$$

где x_1-перемещение золотника, $P_{ВХ}, P_{ВЫХ}$-давления на входе (выходе) в (из) регулятор, $P_{ВХДК}$-давление на входе в дозирующий кран, ρ-плотность топлива, $S_{КП}(x_1)$-площадь входного окна, Q_t-расход в регуляторе, S_1 – площадь торца золотника.

Для дозирующего крана:

$$Q_t = \mu S_{ДК}(x_2)\sqrt{\frac{2\times(P_{ВХДК} - P_{ВЫХ})g}{\rho}}$$

$$P_{УПР} = P_{ПОЛ} + k_2(x_{02} + x_2)/S_2,$$

где x_2-перемещение золотника, $P_{вых}$-давления на выходе из регулятор,

$P_{вхдк}$-давление на входе в дозирующий кран, ρ-плотность топлива,

$S_{ДК}(x_2)$-площадь входного окна, Q_t-расход в регуляторе, μ-коэффициент расхода,

$P_{УПР}, P_{ПОЛ}$-давление в управляемой и не управляемой полости,

k_2, x_{02}-жесткость и начальная затяжка пружины, S_2 – площадь торца золотника.

Для клапана постоянного давления:

$$Q_t = \mu S_{УПР}(x_3)\sqrt{\frac{2\times(P_{вх}-P_{пол1})g}{\rho}}$$

$$P_{СЛ}+k_3(x_{03}+x_3)/S_3=P_{пол1}$$

$$Q_t = \mu\, S_{упр2}\sqrt{\frac{2\times(P_{пол1}-P_{вх1})g}{\rho}},$$

где x_3-перемещение золотника, $P_{вх}$-давления на входе в регулятор,

$P_{вхдк}$-давление на входе в дозирующий кран, ρ-плотность топлива,

$S_{УПР}(x_3)$-площадь входного окна, Q_t-расход в регуляторе, μ-коэффициент расхода,

$P_{ПОЛ1}$-давление в полости клапана, $P_{СЛ}$-давление слива, $P_{вх1}$-давление на выходе клапана,

k_3, x_{03}-жесткость и начальная затяжка пружины, S_3-площадь торца золотника.

Уравнения расхода через управляемую и не управляемую полость дозирующего крана замыкают систему уравнений:

$$S_5^2(P_{ВХ1}-P_{ПОЛ})=S_6^2(P_{ПОЛ}-P_{СЛ})$$

$$\mu S_4\sqrt{\frac{(P_{ВХ1}-P_{УПР})g}{\rho}}=\sqrt{\frac{P_{УПР}-P_{СЛ}}{\Delta P_{10}}}(26.34f+0.1958),$$

где f-скважность ЭМК, $P_{СЛ}$-давления слива из регулятор,

S_4, S_5, S_6-площади золотников, ρ-плотность топлива,

$P_{ВХ1}$-давление на выходе из клапана постоянного давления, μ-коэффициент расхода,

$P_{УПР}, P_{ПОЛ}$-давление в управляемой и не управляемой полости,

ΔP_{10}-характеристика ЭМК, ΔP_{10}=10 кгс/см^2

Составим динамические уравнения регулятора, в которые входят три уравнения описывающие движение золотников трех клапанов: клапана постоянного перепад, дозирующего крана, клапана постоянного давления.

$$m_1\ddot{x}_1 = f_1(x_1) - g_1(\dot{x}_1)$$

$$m_2\ddot{x}_2 = f_2(x_2) - g_2(\dot{x}_2)$$

$$m_3\ddot{x}_3 = f_3(x_3) - g_1(\dot{x}_3)$$

,где m_1, m_2, m_3-массы золотников, $f_1(x_1),\ f_2(x_2),\ f_3(x_3)$-гидродинамические силы, $g_1(\dot{x}_1), g_2(\dot{x}_2), g_3(\dot{x}_3)$-демпферы соответствующих клапанов.

На первым этапом решим статическую модель методом итераций, получим расходно-перепадные характеристики во всех каналах регулятора, перемещения золотников, скважности удержания. Данные статической модели являются основой для решения динамической модели. Полученные перепадные характеристики выступают в роли гидродинамической силы.

Вторым этапом является численное решение динамической модели. Рассмотрим два варианта задания входного давление в регулятор, синусоидальное, скачкообразное (ступенчатое).

В результате моделирования, найденные расходно-перепадные характеристики, перемещения золотников, скважности удержания соответствуют эксперименту. Эта модель послужила толчком к изменению конструкцию, так как итоговая расходная характеристика была экспоненциальной, а не линейной. Изменив форму окна дозирующего крана характеристика была исправлена. Из результатов динамической анализа модели стало ясно, что система является устойчивой, автоколебательные режимы не наступают, когда система находится на скважности удержания. Отклик системы на скачкообразное (ступенчатое) воздействие находится в районе допуска, оговоренного техническим заданием по данному регулятору.

Литература

1. Попов Д.Н. Динамика и регулирование пневмогидросистем. М.: «Машиностроение», 1976.-424 с.: ил.
2. Чегодаев Д.Е., Мулюкин О.П. Элементы клапанных устройств авиационных агрегатов и их надежность. М.: Изд-во МАИ, 1994.-208 с.: ил.