

УДК 629.735.062

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАПАЗОНА ИЗМЕНЕНИЯ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОДСИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

М.А. БОБРИН

Статья представлена доктором технических наук, профессором Кублановым М.С.

Для оценки эксплуатационного поля допуска выходных параметров функциональной подсистемы управления гидравлической системы при различных условиях работы и этапах полета приведены математические зависимости и представлены результаты, полученные в среде Mathcad в графической форме.

Ключевые слова: гидравлическая система летательных аппаратов, контроль, система управления, диапазон изменения выходных параметров.

Исполнительным элементом функциональной подсистемы управления гидравлической системы является гидравлический привод, дифференциальное уравнение движения которого имеет следующий вид

$$m_{np} \frac{d^2x}{dt^2} + b \frac{dx}{dt} + c_{ш}x = S_{эф}(P_{п} - \Delta P), \quad (1)$$

где m_{np} – масса нагрузки, подвижных элементов и жидкости, приведенная к оси гидравлического цилиндра; x – величина перемещения поршня; b – коэффициент вязкого трения; $c_{ш}$ – коэффициент шарнирного момента (позиционной нагрузки от аэродинамических сил); $S_{эф}$ – эффективная площадь поршня; $P_{п}$ – давление на выходе из блока питания; ΔP – падение энергии давления в трубопроводе гидравлической системы.

Разница $(P_{п} - \Delta P)$ равна перепаду давлений между полостями гидравлического цилиндра. Давление в полостях измеряется с помощью манометров, устанавливаемых до и после гидравлического цилиндра.

В этом уравнении $\frac{dx}{dt}$ – скорость перемещения поршня, шток которого через качалку или элементы конструкции связан с рулями. Как известно, она изменяется по выражению [1]

$$\frac{v^2}{v_{max}^2} + \frac{(c_{ш}x)^2}{\Delta F_{max}^2} = 1, \quad (2)$$

называемому эллипсом нагрузки. Здесь v_{max} – максимальная скорость привода; ΔF_{max} – максимальное приращение нагрузки на привод при его отклонении. Отсюда можно получить

$$v = v_{max} \sqrt{1 - \frac{(c_{ш}x)^2}{\Delta F_{max}^2}}. \quad (3)$$

Затем, подставив это выражение в (1), будем иметь

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{S_{эф}(P_{п} - \Delta P) - bv_{max} \sqrt{1 - \frac{(c_{ш}x)^2}{\Delta F_{max}^2}} - c_{ш}x}{m_{np}}. \quad (4)$$

Поскольку из-за значительной величины массы m_{np} уравнение движения привода представляет собой дифференциальное уравнение второго порядка, движение его определяется скоро-

стью v и ускорением $\frac{d^2x}{dt^2}$. Для оценки эксплуатационного поля допусков этих параметров должны использоваться уравнения (3) и (4).

В равенстве (3) диапазон изменения скорости $v_{\max} = \frac{Q_A}{S}$ определяется колебаниями расхода Q_A (S – площадь поперечного сечения в сети), которые определяются потерями давления в гидравлической сети, а они зависят от этапа полета, условий работы системы и характеристик рабочей жидкости.

Из уравнения (4) следует, что и диапазон изменения ускорения также зависит от перечисленных факторов, и, пользуясь последними двумя зависимостями, можно найти эксплуатационные поля допусков для скорости и ускорения перемещения поршня привода, то есть выходных параметров функциональной подсистемы гидравлической системы.

Для системы управления Q_A определяется пересечением прямых потребного напора с верхней наклонной прямой характеристики насоса, поэтому разброс Q_A будет большим (рис. 1) [2].

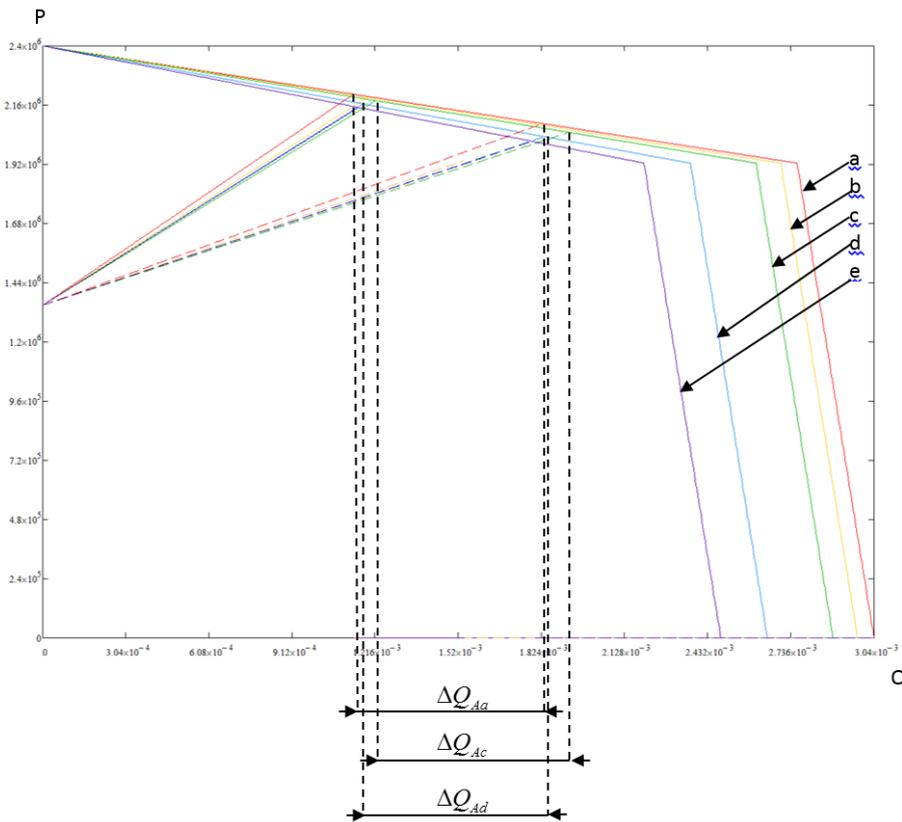


Рис. 1

Здесь также представлены диапазоны изменения расхода в системе ΔQ_A для различных этапов полета: $\Delta Q_{Aa} = 1,237 \times 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$; $\Delta Q_{Ab} = 1,153 \times 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$; $\Delta Q_{Ac} = 1,076 \times 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$; $\Delta Q_{Ad} = 9,996 \times 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$; $\Delta Q_{Ae} = 9,237 \times 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$ [2].

В [3] получено выражение для Q_A , а по (3) построены графики изменения перемещения штока поршня (рис. 2) для взлета и крейсерского полета с учетом изменения Q_A .

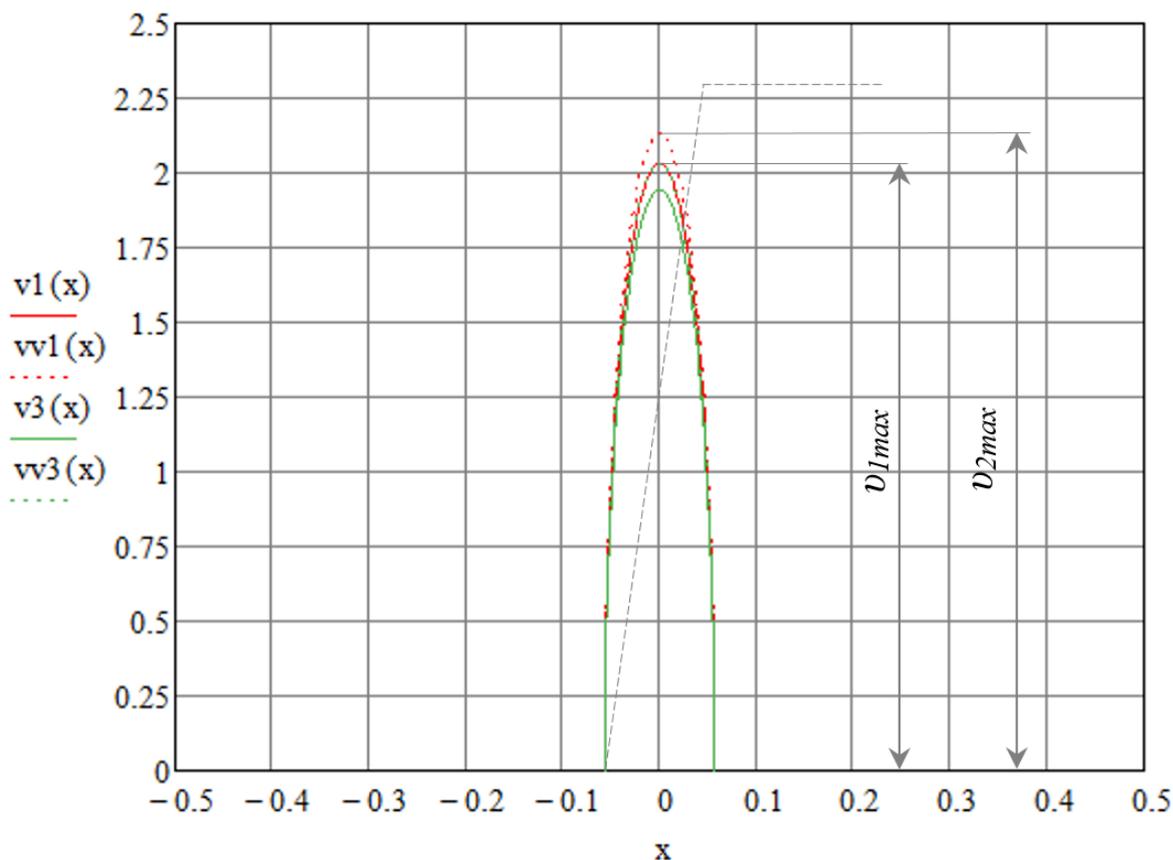


Рис. 2

Здесь пунктирная ломанная представляет отклонения руля. Максимальное значение скорости имеет место на середине хода поршня (отклонения руля). На рис. 2 указан диапазон изменения максимальной скорости при имеющих место значениях скорости v_{1max} и v_{2max} .

Штоки поршней рулевых приводов элементами конструкции связаны с рулевыми поверхностями, имеющими на ЛА нового поколения датчики угловых перемещений (ДСК – датчик системы контроля трансформаторного типа). Сигналы с них поступают в вычислительный комплекс вместе с сигналами с таймера, счетчика времени. По ним нетрудно получить скорость и ускорение, с которыми перемещаются рулевые поверхности (поршни приводов), и сравнить их значения с заданным интервалом (допуском) в процессе контроля.

Во время полета функциональные подсистемы будут подключаться последовательно в соответствии с графиком работы гидравлической системы.

В гидравлических системах ЛА используется дроссельный способ регулирования скорости, поэтому при прохождении жидкости через элементы систем температура ее повышается, и для корректности расчета это необходимо учитывать. Но в приводимых расчетах используются данные по температуре жидкости на выходе из насоса в реальной системе, в которых косвенно это учтено.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гониодский В.И., Склянский Ф.И., Шумилов И.С. *Привод рулевых поверхностей самолетов*. М.: Машиностроение, 1974. 320 с.
2. Матвиенко А.М., Зверев И.И. *Проектирование гидравлических систем летательных аппаратов*. М.: Машиностроение, 1982. 296 с.

3. Бобрин М.А., Клемина Л.Г., Козлов А.Н. Определение эксплуатационного диапазона изменения выходных параметров функциональных подсистем гидравлических систем летательных аппаратов // *Научный Вестник МГТУ ГА*. 2011. № 200. С. 16-19.

DETERMINE THE RANGE OF VARIATION OF THE CONTROL SUBSYSTEM OUTPUT PARAMETERS

Bobrin M.A.

For the evaluation of the tolerance of output parameters of the controls functional subsystem the hydraulic system under different operating conditions and phases of flight are given mathematical relationships and the results obtained in Mathcad are given in graphical form.

Keywords: hydraulic system of aircraft, control, control system, the range of output parameters.

REFERENCES

- 1. Goniodskiy V.I., Sklyanskiy F.I., Shumilov I.S.** *Privod rulevikhk poverkhnostey samoletov*. M.: Mashinostroenie. 1974. 320 p. (In Russian).
- 2. Matvienko A.M., Zverev I.I.** *Proektirovanie gidravlicheskih sistem letatel'nykh apparatov*. M.: Mashinostroenie. 1982. 296 p. (In Russian).
- 3. Bobrin M.A., Klemina L.G., Kozlov A.N.** *Opredelenie jekspluatacionnogo diapazona izmenenija vyhodnykh parametrov funkcional'nykh podsystem gidravlicheskih sistem letatel'nykh apparatov*. *Nauchniyj Vestnik MGTU GA*. 2011. № 200. Pp. 16-19. (In Russian).

Сведения об авторе

Бобрин Михаил Арчилович, 1985 г.р., окончил МГТУ ГА (2008), аспирант МГТУ ГА, инженер 2-й категории кафедры аэродинамики, конструкций и прочности летательных аппаратов МГТУ ГА, автор 4 научных работ, область научных интересов – контроль и диагностика гидравлических систем летательных аппаратов.