

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЕГУЛЯТОРА ОБОРОТОВ СИЛОВОЙ ТУРБИНЫ ВЕРТОЛЕТНОГО ГТД

Качанов П.А.<sup>1)</sup>, Литвяк А.Н.<sup>2)</sup>, Комар С.В.<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> *Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова 2, Харків, Україна, 61002*

<sup>2)</sup> *Национальный университет гражданской защиты Украины, ул. Чернышевская, 94, г. Харьков, Украина, 61023, E-mail: lom744@ua.ru*

<sup>3)</sup> *Харьковский национальный университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, ул. Сумская, 77/79, г. Харьков, Украина, 61023 E-mail: sergey.komar.kh@gmail.com*

При наземных и летных испытаниях вертолетных турбовальных газотурбинных двигателей часто развиваются автоколебания параметров двигателя. Причиной автоколебаний являются неудовлетворительные статические характеристики регуляторов [1]: избыточный коэффициент усиления, отклонение статических характеристик от линейных зависимостей, несоответствие объекта регулирования регулятору [2]. Экспериментально установлено, что реальные статические характеристики регулятора оборотов силовой турбины вертолетного турбовального ГТД типа ТВЗ-117 (Украина) имеют нелинейные особенности: разрывы и изломы [2], которые могут приводить к развитию автоколебаний параметров двигателя.

В статье предложена математическая модель динамики регулятора оборотов силовой турбины (РОСТ) вертолетного ГТД с учетом реальных статических характеристик насоса-регулятора типа НР-3 (Украина).

Как правило, динамическую модель РОСТ представляют простейшим динамическим звеном первого порядка:

$$W_{\text{РЕГ}} = \frac{K_{\text{РЕГ}}}{T_{\text{РЕГ}}p + 1}, \quad (1)$$

где  $K_{\text{РЕГ}}$  – коэффициент усиления регулятора;

$T_{\text{РЕГ}}$  – постоянная времени регулятора;

$p$  – оператор Лапласа.

Статическая характеристика реального регулятора сложнее, так как содержит явно выраженный гистерезис, обусловленный наличием сил трения в гидроприводе исполнительного механизма, а также может содержать разрывы и изломы, обусловленные скрытыми дефектами элементов насоса-регулятора.

Гистерезис в математической модели учитывается звеном с зоной нечувствительности. Относительную величину зоны нечувствительности можно рассчитать по формуле:

$$(\overline{\Delta y})_{\text{ГИС.Д}} = \frac{\Delta y_{\text{ГИС.Д}}}{y_{\text{баз}}}, \quad (2)$$

где  $\Delta y_{ГИС.Д}$  – действительная величина гистерезиса регулятора;

$y_{баз}$  – базисное значение регулируемого параметра.

Разрыв характеристики РОСТ и «бросок» топлива моделируется формированием ступенчатой динамической добавкой к ошибке регулирования:

$$\bar{\varepsilon}_Д = K_{РЕГ} \cdot \frac{(\Delta y)_{ГИС.Р} - (\Delta y)_{ГИС.Д}}{y_{баз}}, \quad (3)$$

где  $(\Delta y)_{ГИС.Р}$  – относительный расчетный гистерезис регулятора;

$K_{РЕГ}$  – коэффициент усиления регулятора.

Окончательно, структурно-динамическая схема регулятора оборотов силовой турбины ГТД с учетом сил трения и разрывов первого рода будет иметь вид, показанный на рис. 1.

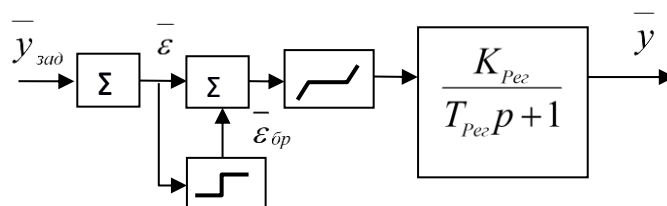


Рисунок 1 – Структурно-динамическая схема РОСТ

**Выводы.** Разработана математическая модель для исследования динамики систем автоматического регулирования с учетом особенностей (дефектов) реальных регуляторов. Данная модель может быть использована для исследования устойчивости и склонности к автоколебаниям реальных САР.

### Список литературы

1. Self-Oscillations in Dynamic Systems / L. Aguilar, I. Boiko, L. Fridman, R. Iriarte. – Basel: Birkhäuser, 2015. – 163 p.
2. Литвяк О.М. Експериментальне дослідження характеристик регулятора оборотів вільної турбіни насосу-регулятора типу НР-3 / О. М. Литвяк, В. О. Дурєєв, М. В. Маляров, В. С. Чигрин // Матеріали доповідей міжнарод. науково-практ. конф. «Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering». Харків. Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут». – 2019. – Том. 2. – С. 76–79.
3. Development of an automated hydraulic brake control system for testing aircraft turboshaft gas turbine engines / P. Kachanov, O. Lytviak, O. Derevyanko, S. Komar // Eastern European Journal of Enterprise Technologies. – 6/2(102). – 2019. – p.52-57.