

## ОСОБЕННОСТИ И РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В СРЕДЕ SIMULINK ГИДРОУДАРНОЙ ОЧИСТКИ АГРЕГАТОВ

Решетов В.М.

Самарский государственный аэрокосмический университет

### PECUIARITYSE AND RESULTS OF SIMULINK MODELING HYDRO-PERCUSSION RINSING OF UNITS

*Reshetov V.M. Describe rinsing technology of hydro-fuel units bodies by oscillations' flow. Present simulink model of rinsing schematic with dual-channel fluid generators and results of research.*

По данным статистических материалов отечественных и зарубежных исследований, 13 % отказов самолётов происходит из-за неисправностей гидравлических систем и 5% топливных, при этом до 50% их обусловлено наличием в рабочей жидкости загрязнений. Повышение лишь в 1,5-2 раза чистоты гидравлической системы позволяет в 5-7 раз увеличить её ресурс и в 2-3 раза сократить расходы на эксплуатацию.

Для очистки непроточных агрегатов разработана схема возбуждения свободных колебаний в резонансной системе при ступенчатом возмущении. Принцип действия данной схемы заключается в том, что если на входе в заполненный жидкостью агрегат давление повышается скачкообразно на величину  $\Delta P = P_2 - P_1$ , то процесс изменения давления в агрегате определяется динамическими свойствами агрегата и стендовой системы.

Реализация рассматриваемого процесса в гидравлической системе может быть обеспечена размещением в подводящей магистрали двухканального генератора колебаний, периодически сообщаемого полость агрегата с источником высокого давления жидкости и со сливом.

С целью достижения максимальной скорости течения жидкости во входном канале агрегата (объект очистки О.О.) очистка проводится по схеме (рис. 1), включающей в себя баллоны высокого БВД и низкого БНД давления, генератор колебания ГКЖ, резонансный трубопровод, регулировочный вентиль ВН.

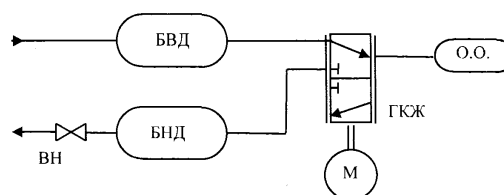


Рис. 1 Схема очистки полости непроточного агрегата с использованием свободных колебаний

После подключения генератором колебаний полости агрегата к баллону высокого давления БВД давление в агрегате увеличивается до максимального значения, превышающего давление в баллоне высокого давления, и далее колеблется с частотой, равной собственной частоте резонансного трубопровода и полости агрегата. При этом в полости агрегата развивается интенсивное струйно-вихревое течение жидкости, обеспечивающее отрыв частиц загрязнений от стенок.

Для повышения эффективности выноса частиц загрязнений из внутренней полости агрегата за счет увеличения расхода моющей жидкости подключение гидролинии слива осуществляется в момент достижения максимума давления в очищаемой полости. Тогда под действием избыточного давления в агрегате жидкость, содержащая частицы загрязнений, поступает в сливную магистраль, а давление в агрегате снижается до давления в баллоне низкого давления. При дальнейшем срабатывании генератора процесс очистки повторяется.

Для определения влияния параметров агрегата и стендовой системы на уровень колебаний давления и расхода в агрегате и основных участках стендовой системы раз-

работана расчетная модель в программном комплексе Simulink.

Модель, представленная на рис. 2, состоит из трех переключателей Switch1 Switch2 и Switch3 имитирующих работу генератора колебаний и реализующих поочередное подключение полости О.О. к линиям нагнетания и слива. В качестве управляющего источника используется блок синусоидальных сигналов Sine Wave, в подменю которого задается круговая частота исследуемых колебаний и время выборки.

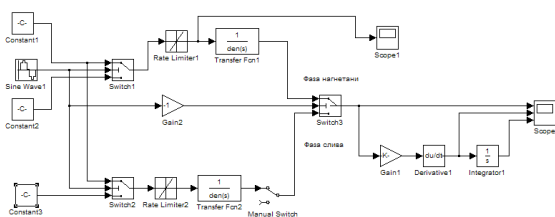


Рис. 2 Модель исследования фазы нагнетания и слива при возбуждении свободных колебаний

Блок акустической развязки (баллон высокого давления БВД), обеспечивающий независимость статических параметров по линии нагнетания, рассматривается как идеальный источник давления, что позволяет при исследованиях учитывать только магистраль между БВД и полостью О.О. При этом данная магистраль имеет длину значительно меньшую длины волны  $\lambda$  колебаний ( $l_{тр} < \lambda / (8\pi)$ , где  $\lambda = a/f$ ,  $a$  - скорость распространения звука,  $f$  - частота колебаний), что позволяет рассматривать магистраль как элемент с сосредоточенными параметрами и значительно упрощает исследования.

Участок, состоящий из трубопровода между БВД и очищаемой полостью агрегата, может рассматриваться как колебательная система с одной степенью свободы, которая описывается дифференциальным уравнением второго порядка:

$$LC \frac{d^2 P_{вых}}{dt^2} + RC \left( \frac{dP_{вых}}{dt} \right) + P_{вых} = P_{ex}$$

где  $L = \rho \ell / S$  - индуктивность канала;  $C = V_{np} / \rho a^2$  - емкость;  $R$  - активное сопротивление канала;  $\rho$  - плотность жидкости;  $a$  - скорость звука в жидкости;

$\ell, S$  - длина и площадь поперечного сечения соединительного трубопровода;

$V_{np}$  - приведенный объем полости О.О.

Данное уравнение, записанное в операторной форме, имеет вид

$$(LCs^2 + RCs + 1)P_{вых} = P_{ex}$$

Передаточная функция, используемая в разработанной модели в блоке «Transfer Fcn», определяется соотношением

$$W(s) = \frac{1}{LCs^2 + RCs + 1}$$

В модели для определения значения мгновенного расхода жидкости в полости О.О. и объема жидкости, поступившего в полость О.О., введена дополнительная линия с соответствующими блоками дифференцирования и последующего интегрирования.

$$Q_{вых} = P_{вых} Cs; \quad V_{вых} = Q_{вых} / s$$

Проверка адекватности расчетной модели по среднему значению приращения объема жидкости в полости О.О., а также сопоставление результатов физических экспериментов с результатами моделирования показала удовлетворительную сходимость получаемых результатов.

В результате исследований процесса очистки с использованием разработанной модели установлено:

- Увеличение объема внутренней полости объекта очистки О.О. приводит к значительному возрастанию расходов моющей жидкости на входе в полость агрегата и снижению уровня колебаний давления.
- Увеличение относительного геометрического параметра резонансного трубопровода  $K_{mp} = d_y^2 / \ell_{mp}$  влечет за собой снижение колебаний давления и расхода в полости О.О.

Таким образом, расчеты с использованием созданной математической модели позволяют определить параметры стендовой системы, обеспечивающие максимальную скорость потока моющей жидкости и, следовательно, эффективность процесса очистки.