

3. Чарный И.А. Неустановившееся движение реальной жидкости в трубах. М.: Недра, 1975. 296 с.

4. Шорин В.П. Устранение колебаний в авиационных трубопроводах. М.: Машиностроение, 1980. 150 с.

УДК 621.452

А.Е.Жуковский, А.Ф.Малеев, К.А.Нападов,
В.А.Нечаев, О.И.Сауленко

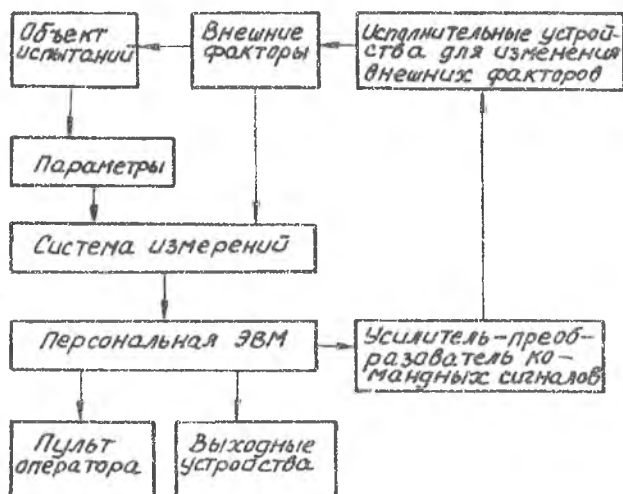
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА
ИСПЫТАНИЙ И ДИАГНОСТИКИ
АГРЕГАТОВ ТОПЛИВНОЙ АВТОМАТИКИ

Предлагается вариант решения задач по автоматизации процесса настройки и регулировке агрегатов при контрольно-сдаточных испытаниях на стендах, а также диагностике агрегатов, поступающих в ремонт, при входном контроле с целью сокращения объема ремонтных операций. Возрастающие требования по топливной экономичности авиационной техники, снижению затрат на проектирование, эксплуатацию и ремонт, по удешевлению стоимости перевозок выдвигают ряд задач по сокращению сроков проектирования, изготовления и ремонта, повышению точности настройки и улучшению экологических условий работы на предприятиях, занимающихся производством и ремонтом агрегатов топливной автоматики авиационных двигателей.

Традиционные технологии настройки сложных агрегатов типа дозаторов топлива основаны на непосредственных измерениях давлений и перепадов давлений на настроечных элементах, времени переключения исполнительных элементов регуляторов и измерениях расходов по топливному тракту в статическом режиме. В результате приходится обрабатывать (как правило, вручную) большой объем избыточной информации, что неизбежно приводит к снижению точности настройки даже без учета субъективных факторов при снятии показаний приборов и проведении расчетов.

Главным требованием к дозатору топлива в соответствии с ТЗ является обеспечение необходимого расхода при заданных внешних воздействиях. Динамические процессы в установках ЛА. Самара, 1994.

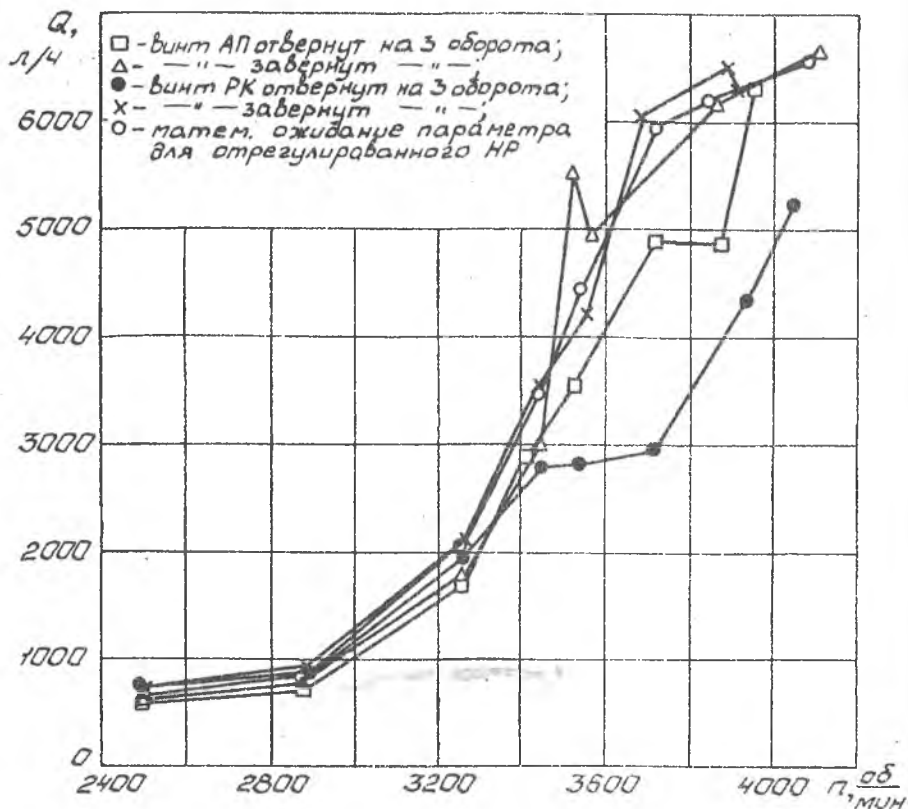
ствиях (положение РУД, частота вращения привода и т.д.) и необходимого темпа изменения расхода на режимах запуска, приемистости и сброса. Следовательно, вся информация о состоянии агрегата может быть получена при измерении расхода и давления топлива на выходе из агрегата (т.е. на входе в авиадвигатель).



Р и с. 2. Функциональная блок-схема системы для стендовых испытаний и настройки агрегатов

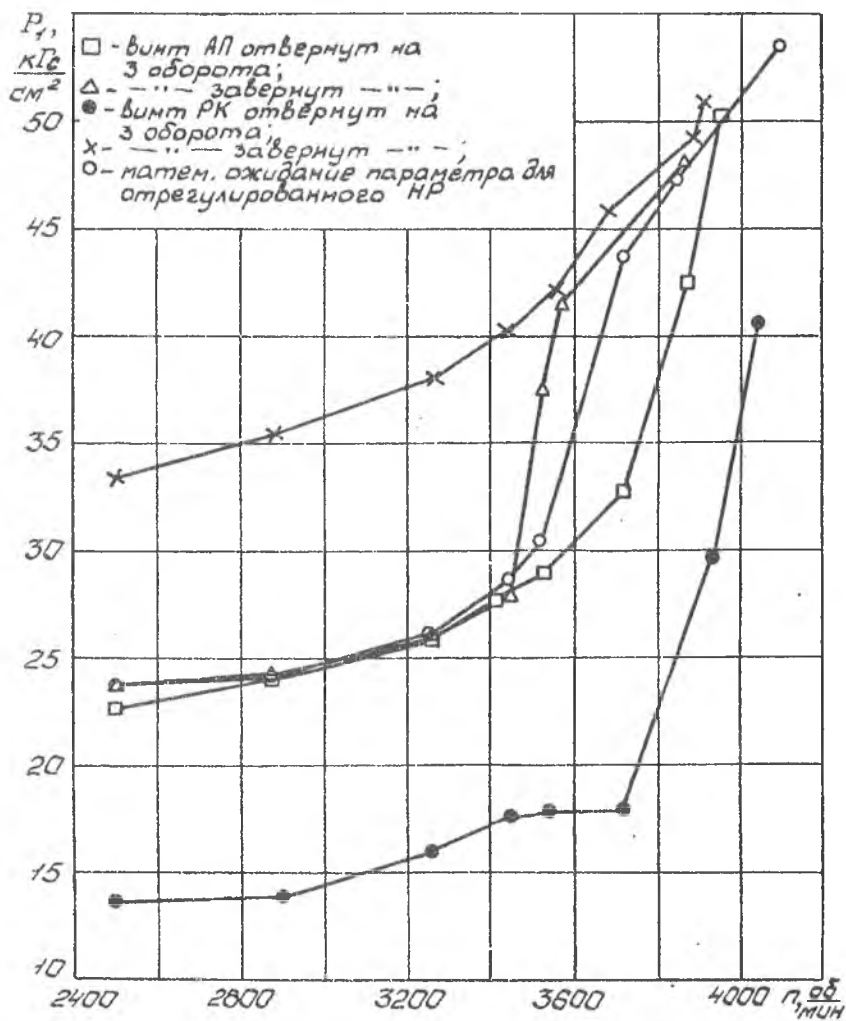
На рис. 1 представлена функциональная блок-схема автоматизированной системы испытаний агрегатов, реализованная на стенде завода № 402 ГА для испытаний насоса-регулятора НР-30АР. В составе системы – серийно выпускаемые первичные преобразователи давления, расхода, температуры типа ДАТ, ИКИ, ТДР, ДС, ДТЭ, термометры сопротивления и т.д., связанные через блок обработки сигналов ЭВМ. Усилитель-преобразователь командных сигналов с исполнительными устройствами для изменения внешних факторов позволяет автоматически устанавливать режим испытаний как в статическом режиме, фиксируя их в соответствии с заданной программой, так и в динамическом режиме (приемистость – сброс), изменяя их по заданному закону в реальном масштабе времени с одновременной регистрацией на ЭВМ выходных параметров агрегата.

Ясно, что с ЭВМ можно получить объективные результаты испытаний в любой форме. Повышенная точность измерений достигается индивидуальной тарировкой датчиков в составе системы.

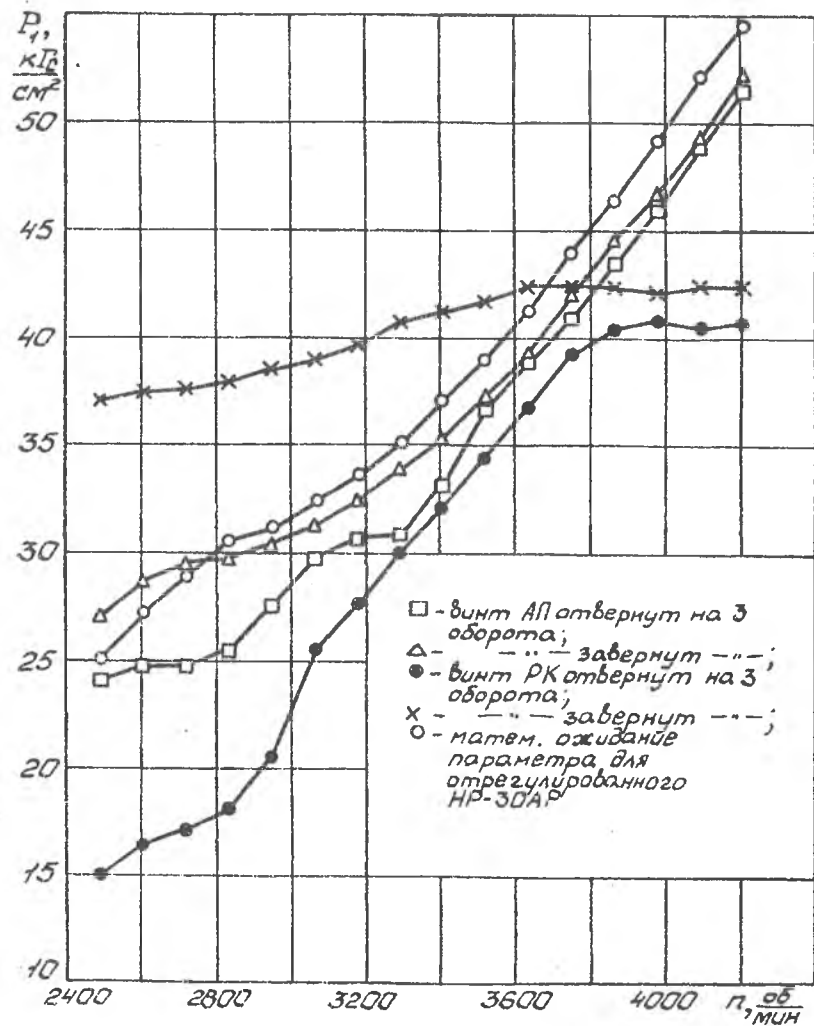


Р и с. 2. Влияние разрегулировок на статическую характеристику насоса-регулятора

Диагностика состояния агрегата осуществляется путем сравнения результатов испытания с ранее полученными оценками чувствительности выходных параметров к разрегулировкам элементов агрегата и дефектам в нем (рис. 2-5). Эта информация может быть получена путем набора статистики, проведения серии специальных испытаний на заведомо



Р и с. 3. Влияние разрегулировок на статическую характеристику насоса-регулятора



Р и с. 5. Влияние разрегулировок на динамическую характеристику насоса-регулятора

Автоматизация измерений параметров агрегата при испытаниях позволила выделить наиболее информативные параметрические и функциональные связи, устранить информационную избыточность и субъективные ошибки. Все это сделало возможным реализовать принципы контроля, основанные на приемах статистического моделирования, полученных при анализе отклонений контролируемых функциональных зависимостей от их математического ожидания для эталона (нормы). Такой прием целесообразен для систем и агрегатов, находящихся в эксплуатации уже длительный период, в условиях известных генеральных статистик по неисправностям, отказам и т.п.

В случае же параллельной разработки и создания технологий испытаний целесообразно использовать традиционные способы диагностики и контроля, основанные на использовании в структурах автоматизированных испытаний адекватных адаптированных моделей (статических и динамических), реализованных на ЭВМ.

Краткая характеристика объекта испытания, необходимая для последующего восприятия материала: насос-регулятор НР-30АР является основным элементом топливно-регулирующей системы двигателя Д-30 и выполняет следующие функции:

подачу в двигатель необходимого количества топлива на всех режимах работы;

поддержание заданной частоты вращения ротора компрессора второго каскада на всех режимах выше начала автоматической работы (НАР) до режима ограничения;

поддержание постоянной подачи топлива на режиме ниже НАР;

регулирование подачи топлива в двигатель при запуске и на переходных режимах;

распределение топлива по коллекторам форсунок;

ограничение давления во втором контуре $P_{2\max}$ и т.д.

Статистическая модель агрегата предполагает формирование по результатам серий испытаний исправных агрегатов (в норме) функциональной зависимости в виде

$$[Y]_{m \times 1} = [A_0]_{m \times 1} + [A_1]_{m \times 1} N + [A_2]_{m \times 1} N^2 + \dots + [A_k]_{m \times 1} N^k,$$

где Y - матрица-столбец „ m ” значений выходных параметров исправного агрегата; N - частота вращения привода регулятора; $A_0; A_1; \dots A_k$ - матрицы неизвестных коэффициентов в модели.

Величина „ κ ” определяется потребной степенью приближения и, по крайней мере, $\kappa \geq 2$. Уравнение регрессии может быть составлено и для производных Y_i и N в случае, когда рассматриваются параметры динамических процессов.

Для решения задачи настройки используется статистическая модель чувствительности к регулировкам $r_1; r_2; \dots; r_n$ вида

$$[Y_r]_{m \times 1} \equiv [Y]_{m \times 1} + [B]_{m \times n} [r]_{n \times 1},$$

где Y_r - матрица-столбец „ m ” значений выходных параметров агрегата, соответствующих фиксированному значению частоты вращения привода „ N ”;

r - матрица-столбец „ n ” регулировок агрегата; B - матрица неизвестных коэффициентов модели, зависящая от N и аппроксимируемая полиномами вида

$$[B]_{m \times n} \equiv [C_0]_{m \times n} + [C_1]_{m \times n} N + \dots + [C_k]_{m \times n} N^k.$$

Здесь C_0, C_1, \dots, C_k - матрицы неизвестных коэффициентов модели.

Раскрыть численные эквиваленты A_j и C_j позволяет целенаправленный факторный эксперимент при известных приближениях, определяемых весовыми оценками влияния внутренних факторов на выходные параметры. В этой связи эксперимент должен быть направлен на раскрытие функциональной зависимости между Y_j и N в условиях внутренней разрегулировки (неисправности) и оценки ее на фоне нормы.

Ниже приведены эти оценки для статических и динамических испытаний. Последние имитировали пробу приспосабливаемости при перемещении РУД (α РУД) за I-2 с от положения площадки малого газа (МГ) до полного газа (ПГ).

Разрегулировки по автомату приспосабливаемости (АП) и распределительному клапану (РК) характеризуются значительной и дифференцированной чувствительностью, что позволяет успешно решить задачу автоматизированной настройки диагностики агрегата.

Таким образом, сформулирована концепция по созданию современных технологий испытаний агрегатов, обладающих следующими преимуществами: информационная достаточность; объективность контроля; высокая производительность; универсальность представления результатов и хранения информации; комфортность рабочего места оператора, улучшение условий труда.