

2. Методы динамической тарировки датчиков давления / Швеппе Дж. Л., Эйхбергер Л., Мустер Д.Ф. и др. - Техн. пер. №1655, Гол. отд. НТИ № 8, Москва, 1975.-248 с.
3. Газодинамические явления, сопутствующие кольцевому поверхностному разряду / Бережецкая Н.К., Большаков Е.Ф., Голубев С.К. и др.//ЖЭТФ.- 1984.-Т.87, №6.- с.1926-1931.
4. Патент № 2012860 (РФ) Генератор импульсов давления для динамической калибровки датчиков давления / Быстров Н.Д., Винокуров И.П., Журавлев О.А. и др.-Опубл. в Бюл., 1994, №9.
5. Кравцов А.И. Генератор для тарировки датчиков быстропеременных давлений.//Тез. докл. Всес. НТК "Проблемы динамики пневмогидравлических и топливных систем летательных аппаратов".-Куйбышев, 1990.-С.72-73.
6. Датчики акустических давлений /П.Г. Михайлов, В.И. Бутов, И.П. Винокуров, И.И. Кузьмич - Приборы и системы управления, №10,1990.- С.13-14.
7. Дж. Бендат, А. Пирсол. Прикладной анализ случайных данных.-М.: Мир, 1989.-540 с.
8. Коробейников В.П. Задачи теории точечного взрыва.-М.:Наука,1985.-400 с.
9. Журавлев О.А., Некрасов В.В., Шорин В.П. Исследование процессов формирования плазменных электродов импульсных и импульсно-периодических СО<sub>2</sub>-лазеров атмосферного давления - Самара: НПО "Импульс", 1997.-140 с.

## **СТРАТЕГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО КОРРЕКТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

**Прокофьев А.Б., Шестаков Г.В., Шахматов Е.В.**

Самарский государственный аэрокосмический университет, г.Самара

Развитие современной авиационной техники неизбежно связано с ростом мощности, экономичности и надежности энергетических установок. В ходе этого процесс проявляется значительное расширение функциональных задач гидромеханических систем, что приводит к усложнению их структур, интенсификации гидравлических и механических связей. Одним из факторов, снижающих функциональную и параметрическую надежность гидромеханических систем, являются вибрации их эле-

ментов, порождаемые колебаниями давления рабочей жидкости. Анализ пульсационного состояния топливных систем и виброакустических характеристик агрегатов и узлов авиационных ГТД показывает, что спектры колебаний взаимодействующих между собой гидравлических и механических элементов пересекаются.

Одним из известных способов борьбы с пульсациями давления рабочей среды является применение специальных корректирующих устройств - гидравлических гасителей колебаний. Вопросы проектирования гасителей колебаний тщательно разработаны в научной школе В.П. Шорина и широко освещены в литературе. В настоящее время активно обсуждается возможность применения гидравлических гасителей колебаний для снижения в трубопроводной гидроаппаратуре вибрационных нагрузок, порождаемых пульсациями давления рабочей среды. Перспективность этого направления очевидна и тесно связана с повышением функциональной и параметрической надежности гидромеханических систем. Однако, нельзя однозначно утверждать, что гаситель колебаний (корректирующее устройство), обеспечивающий максимальное вносимое затухание, будет столь же эффективно снижать и вибрационные нагрузки.

В данной работе предпринимается попытка разработки основных принципов стратегии автоматизированного проектирования корректирующего устройства, предназначенного для решения как задачи гашения колебаний давления рабочей среды, так и задачи снижения вибрационных нагрузок. Выработка основных принципов стратегии проектирования позволит в дальнейшем перейти к формированию программно-технического комплекса автоматизированного проектирования оптимального корректирующего устройства.

Не детализируя отдельных этапов расчета, рассмотрим возможные подходы к автоматизированному проектированию оптимального корректирующего устройства для гидромеханических систем энергетических установок.

Начнем с представления технического задания на проектирование в виде совокупности исходных данных и критериев оптимальности.

Условные исходные данные можно разделить в соответствии с типом подсистем, которые они представляют:

исходные данные гидравлической подсистемы:

- а) сведения о динамических характеристиках источника колебаний давления рабочей среды, оцениваемые комплексным частотно-зависимым импедансом источника  $Z_u$ ;
- б) сведения о динамических характеристиках гидравлической нагрузки, оцениваемые комплексным частотно-зависимым импедансом нагрузки  $Z_n$ ;

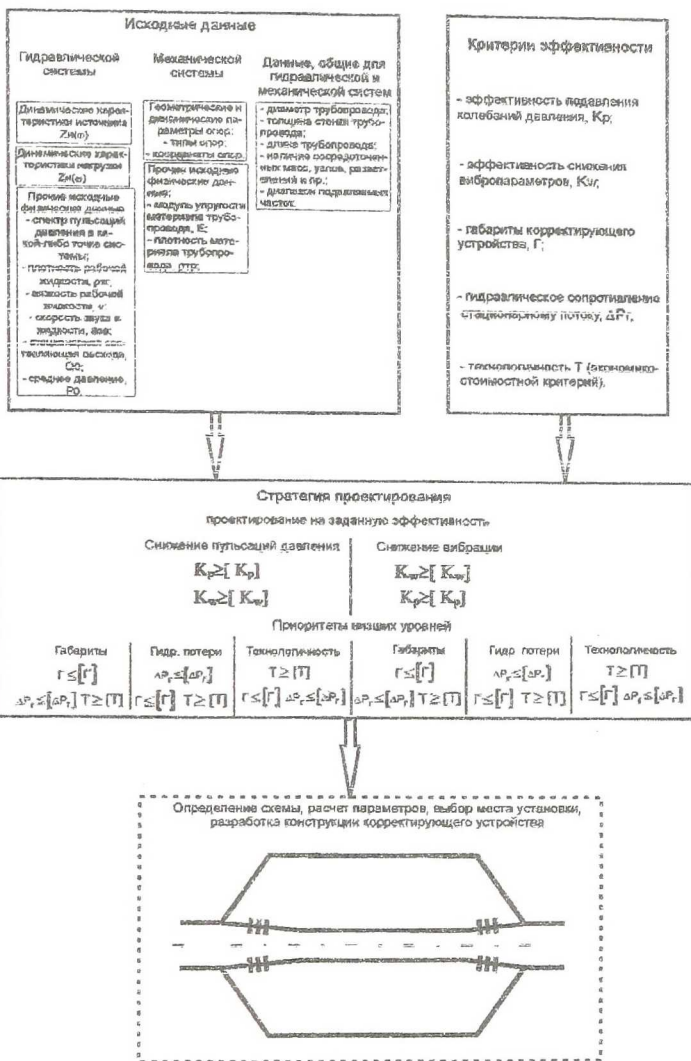


Рисунок 1- Стратегия проектирования корректирующего устройства.

в) сведения об амплитудном и фазовом спектре пульсаций давления в какой-либо точке системы, о свойствах рабочей жидкости ( ее плотности, вязкости, скорости звука в ней), о режимах ее течения ( стационарная составляющая расхода, среднее давление);

- исходные данные механической подсистемы;

- а) сведения о геометрических и динамических параметрах опор - типы опор, условные координаты их расположения, жесткости опор;
- б) сведения о свойствах материала трубопровода - модуль упругости и плотность;
- исходные данные общие для обеих подсистем - длина трубопровода, диаметр и толщина стенки, наличие сосредоточенных сопротивлений, масс, узлов, разветвлений и пр., диапазон рабочих и подавляемых частот.

Оптимальность корректирующего устройства оценивается по следующим основным типам критериев:

- критериям, характеризующим эффективность подавления колебаний,  $K_p$ ;
- критериям, оценивающим эффективность снижения вибрационных нагрузок,  $K_w$ ;
- критериям, оценивающим габариты устройства,  $G$ ;
- критериям, характеризующим гидравлическое сопротивление корректирующего устройства стационарному потоку рабочей жидкости,  $\Delta P$ ;
- критериям, оценивающим технологичность устройства,  $T$  (сюда же можно включить и экономико-стоимостные характеристики).

В наиболее общей постановке при создании оптимального корректирующего устройства должна решаться задача многокритериальной оптимизации. Существует несколько подходов к решению подобных задач. Наиболее простым и надежным является приведение многокритериальной задачи к однокритериальной. При этом выделяется одна из характеристик, которая используется в качестве критерия. Остальные требования задаются в виде ограничений. Такой подход правомерен в тех ситуациях, когда на критерии «второго уровня» наложены какие-либо ограничения, либо требования к ним вообще не оговорены.

Следующим методом многокритериальной оптимизации можно назвать метод, базирующийся на принципе строгого предпочтения. В этом случае задается отношение строгого предпочтения целевых функций:

$$W_1 > W_2 > \dots > W_i \quad (1)$$

где  $W_i$  - критерии оптимизации.

Выражение (1) означает, что любое улучшение критерия  $W_1$  всегда безусловно важнее изменения всех других критериев. Критерий  $W_2$  играет второстепенную роль по сравнению с  $W_1$ , но безусловно важнее  $W_i$ . В этом случае оптимизация проводится последовательно, начиная с важнейших целевых функций, и проблема сводится к решению нескольких однокритериальных задач.

Наибольший приоритет, практически во всех задачах по расчету корректирующих устройств, имеет критерий  $K_p$ , характеризующий эффективность подавления колебаний. Хотя, с другой стороны, возможны и задачи, когда к корректирующему устройству предъявляется требование максимального снижения вибропараметров. В последнем случае наибольший приоритет приобретает критерий  $K_v$ .

Однако оптимизация по основному критерию отнюдь не отрицает поиска лучших вариантов по другим показателям. Так, для первого случая предыдущего абзаца, среди корректирующих устройств, удовлетворяющих заданным требованиям по эффективности подавления колебаний давления, будет отыскиваться устройство, приводящее к максимальному снижению вибрационных нагрузок. И наоборот, для второго случая предыдущего абзаца по снижению вибропараметров, будет отыскиваться устройство, обеспечивающее максимальное подавление пульсационных нагрузок.

Проведение этих двух шагов оптимизации соответствует решению задачи нахождения корректирующих устройств, являющихся оптимальными с точки зрения критериев высшего приоритета. Далее переходим ко второму этапу оптимизации - поиску КУ, удовлетворяющих требованиям критериев, относящихся к приоритетам низших уровней. Для формализации задачи среди критериев также расставляются приоритеты (см. рис. 1). В случае приоритета среди вспомогательных критериев критерия, оценивающего габариты устройства, следующим шагом последовательной оптимизации будет:

$$G \rightarrow \min \text{ или } G \leq [G_{mp}] \quad (2)$$

После отыскания группы устройств, удовлетворяющих условию (2), среди них производится последующая оптимизация конструктивных параметров по критериям  $\Delta P_2$  и  $T$ .

Аналогично производится ранжирование целевых функций и при других возможных приоритетах.

Таким образом, применение принципа строгого предпочтения при расчете корректирующих устройств позволяет достаточно просто формализовать решаемую задачу и на этой базе оптимизировать выбранные критерии. Как уже отмечалось, при этом последовательно решается несколько задач однокритериальной оптимизации, которые в свою очередь могут быть одномерными (один варьируемый параметр) или многомерными. Из литературы [1,2] известны регулярные и прямые методы их решения. Первые предусматривают поиск оптимума с помощью дифференциального исчисления и опираются на точную формулировку необходимых и достаточных условий экстремума. Это обстоятельство затрудняет

ет их использование для оптимизации корректирующих устройств, так как не на всех стадиях расчета можно получить аналитическое выражение для критерия оптимальности. Вторые - прямые методы - предполагают определение величины критерия оптимальности при заданной комбинации варьируемых параметров. Эта особенность приводит к минимальным требованиям к математической модели.

Таким образом, в настоящей работе выделены некоторые моменты стратегии автоматизированного проектирования оптимального корректирующего устройства для гидромеханических систем энергетических установок.

#### Список литературы

1. Егер С. М., Лисейцев Н. К., Самойлович О. С. Основы автоматизированного проектирования самолетов: Учебное пособие для студентов авиационных специальностей Вузов. - М.: Машиностроение, 1986. - 232 с.
2. Чуян Р. К. Методы математического моделирования двигателей летательных аппаратов: Учебное пособие для студентов авиадвигателестроительных специальностей Вузов. - М., Машиностроение, 1988. - 288 с.

### НОВЫЕ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДЕТАЛЕЙ ГТД

Будилов В.В., Мухин В.С., Шехтман С.Р., Измайлова Н.Ф.

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа

Использование новых ионно-плазменных технологий в первую очередь целесообразно для создания специальных поверхностей на лопатках компрессора и лопатках турбин [1,2]. Одним из перспективных способов обеспечения эксплуатационных свойств является создание на поверхностях лопаток многослойных многофункциональных поверхностей.

В общем случае поверхность лопаток турбины может включать в себя следующие слои:

- теплоизоляционный керамический слой толщиной 100-150 мкм;
- металлический слой толщиной 5-10 мкм;
- диффузионный жаростойкий слой толщиной 50-100 мкм;