

моторным маслам при различном влиянии электрического ветра;

- предотвращение осадкообразования на рабочей пластине происходит в зоне прохождения силовых линий электростатических полей;

- при импульсном включении электростатических полей (без смены и со сменой полярности на соосных рабочих иглах) с интервалом (0,5–5,0) секунд увеличения коэффициента теплоотдачи не наблюдалось, т.к. электрический ветер не успевал выходить на режим релаксации, а осадок успевал осесть на всей пластине, включая зону прохождения силовых линий;

- существуют зоны насыщения электростатическими полями, в которых дальнейшее увеличение подаваемого высоковольтного электростатического напряжения на отдаю-

щую иглу не приводит к ожидаемому увеличению коэффициента теплоотдачи к моторному маслу, т.е. в этой зоне относительный коэффициент теплоотдачи к моторному маслу остается постоянным.

На основе экспериментальных исследований разработаны методики расчёта влияния электрического ветра на тепловые процессы в авиационных моторных маслах, пути их применения при проектировании, создании и эксплуатации новой техники повышенных характеристик по ресурсу, надёжности, безопасности, экономичности и экологичности.

Доклад сопровождается запатентованными конструктивными схемами масляных каналов, форсунок, фильтров, теплообменных аппаратов.

УДК 519.245

МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИОННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

©2016 Д.Н. Галдин, А.В. Иванов, А.В. Кретинин

Воронежский государственный технический университет

OPTIMIZATION METHOD OF FLOW PATH DESIGN OF THE CENTRIFUGAL PUMP

Galdin D.N., Ivanov A.V., Kretinin A.V. (Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation)

The work shows the opportunities of mathematical modeling of hydrodynamic processes in centrifugal pump flow path by means of the package of finite element analysis ANSYS in conjunction with methods of nonlinear programming allows to the optimized geometry of flow path, which provides maximum power efficiency of the pump.

Существующая на данный момент задача улучшения показателей эффективности центробежных насосов (ЦН) заключается в повышении качества проектирования составных частей, таких как подводящее устройство, рабочее колесо и отвод. Эта задача является общей для всех лопаточных машин, однако особенно актуальна она для насосных агрегатов двигателей летательных аппаратов. Для них, в первую очередь для турбонасосных агрегатов жидкостных ракетных двигателей, необходимо обеспечение минимальных массы и габаритов при максимальной экономичности. При этом необходимо учитывать, что в жидкостном ракетном двигателе, как минимум два насоса, которые могут

быть многоступенчатыми, как, например, в двигателе РД0120.

Предлагаемая в данной работе методика с использованием возможностей математического моделирования гидродинамических процессов в проточной части центробежного насоса с применением системы конечно-элементного анализа ANSYS совместно с различными методами нелинейного программирования позволяет получить оптимизированную геометрию проточной части насоса, обеспечивающую максимальную гидродинамическую эффективность.

Основными структурными составляющими данной методики являются:

1. Параметризованные 3D модели элементов проточной части ЦН.

Геометрия проточной части центробежного насоса в описываемой методике может состоять из следующих элементов: подводящее и отводящее устройства, рабочее колесо. Под параметризованной 3D моделью принимается совокупность ряда параметров, основных геометрических ограничений и набора алгоритмов моделирования, которые позволяют при изменении в определённых заданных диапазонах значений некоторых параметров автоматически перестроить модель элемента. Алгоритм построения геометрии создаётся, основываясь на возможностях модуля ANSYS Design Modeler с возможностью применения дополнительных макросов.

2. Поверочный расчёт.

В ходе поверочного расчёта на основе исходных параметрических моделей элементов проточной части строятся сеточные модели, формируются граничные условия, задаются параметры моделирования и происходит решение в модуле ANSYS CFX.

3. Параметры идентификации расчётных блоков.

При проведении идентификационного расчёта проводится анализ влияния задаваемых в препроцессоре CFX установок на показатель сходимости результата решения (значения невязок). В результате анализа полученных результатов для достижения оптимального баланса между точностью расчёта и временем необходимого на его выполнения выполняется уточнение необходимых параметров расчёта.

4. Формирование области поиска и назначение ограничений.

После настройки проекта исследования назначаются независимые и зависимые переменные, диапазоны изменения независимых переменных, критерии оптимизации и ограничиваемые параметры. Для одного проекта исследования может быть сформулирована и настроена целая совокупность задач оптимизации, различающихся варьируемыми переменными, критериями и ограничениями. В зависимости от выбранной задачи оптимизации в параметрические 3D модели элементов проточной части центробежного насоса необходимо внести дополнительные коррективы таким образом, чтобы

исключить отклонение геометрических размеров за пределы сверх заданных ограничений.

5. Оптимизационный алгоритм.

Заключительным этапом в описываемой модели оптимизации является выбор подходящего алгоритма построения метамодели или модели регрессионного анализа. Решение задачи оптимизации может осуществляться согласно идеологии "оптимизации по поверхности отклика" либо "прямой оптимизации" с подключением градиентных (NLPQL), структурно-параметрических (IOSO) или эволюционных (GA) методов нелинейного программирования.

Основными задачами, решаемыми с помощью данной методики, являются повышение точности, снижение трудоёмкости и продолжительности расчёта, исключение влияния «человеческого» фактора и общее технологическое совершенствование существующих инженерных методик расчёта и оптимизации гидравлических и геометрических параметров проточной части центробежных насосов.

Разработанная методика может применяться для любых насосных агрегатов, включая насосы турбонасосных агрегатов жидкостных ракетных двигателей как для низко-, так и для высококипящих компонентов топлива.

Библиографический список

1. Иванов А.В., Белоусов А.И., Дмитренко А.И. Турбонасосные агрегаты кислородно-водородных ЖРД: монография. -Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2011. 284 с.

2. Валухов С.Г., Булыгин Ю.А., Кретинин А.В. Численное моделирование гидродинамических процессов в проточной части магистрального нефтяного насоса // Разработка, производство и эксплуатация турбо-, электронасосных агрегатов и систем на их основе: Труды VI Международной научно-технической конференции «СИНТ'11». – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2011. С.61-65.

3. Кретинин А.В., Галдин Д.Н., Шматов Д.П. Недетерминированное моделирование гидродинамических процессов с использова-

нием модуля ANSYS DESIGNXPLORER / Вестник ВГТУ 2015. т.11. №5. С. 37-41.

4. Валюхов С.Г., Кретинин А.В. Математическое моделирование гидродинамических процессов в проточной части центробежного насоса с использованием нейросетевых алгоритмов / Насосы. Турбины. Системы. 2011. № 1. С. 53-60.

5. Валюхов С.Г., Кретинин А.В. Оптимизация геометрии рабочего колеса центробежного нефтяного насоса с использованием инструментов ANSYS // Материалы международной конференции "Воронежская зимняя математическая школа С.Г. Крейна - 2014". - Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2014. С. 76-83.

УДК 621.96/98(075.8)

ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ РАЗЛИЧНЫХ НАЗНАЧЕНИЙ

©2016 И.Т. Коптев, С.С. Юхневич, Л.Д. Гладкова, И.А. Лозоцева, Г.В. Тюрин

«Воронежский механический завод» - филиал федерального государственного унитарного предприятия «Государственный научно-производственный центр имени М.В. Хруничева»

ADVANCED TECHNOLOGIES OF STOCKPILING PRODUCTION OF ENERGY PLANT FOR THE SPACE-ROCKET EQUIPMENT OF DIFFERENT APPLICATION

Koptev I.T., Yukhnevich S.S., Gladkova L.D., Lozotseva I.A., Tyurin G.V.

(Voronezh Mechanical Plant" – branch of Federal State Unitary Enterprise "Khrunichev Space Research and Production Space Center", Voronezh, Russian Federation)

In article described science-intensive, effective ways of production ultra-precise intricate details made of rolled sheet without welding joint.

Особо эффективные современные технологии, применяемые в заготовительном производстве для изготовления самых напряжённых агрегатов жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) – это технологии, позволяющие изготавливать листовые детали сложной формы без сварных швов. Государство ставит задачу расходовать выделенные на космос ресурсы разумно и экономно. Поэтому новые технологии должны снижать себестоимость, технологии, не основанные на экономике, в конкурентной среде немногие стоят.

Наиболее прогрессивными технологиями в производстве ЖРД являются:

- технология изготовления бесшовных цельнотянутых оболочек сопел нижних для камер сгорания с габаритами по большому диаметру до 2 300 мм и высотой до 2000 мм;

- технология обеспечения эквидистантных профилей с обеспечением минимальных зазоров под пайку между оболочками внутренней и наружной;

- формообразование крутоизогнутых бесшовных газопроводов, патрубков.

Изготовление бесшовных цельнотянутых сопел нижних для КС возможно только методом ротационного выдавливания.

Преимущество данной технологии:

- возможность интенсивной обработки металлов. За один переход достигается степень деформации 25-70%, что сокращает количество переходов по сравнению с вытяжкой в 3÷5 раз;

- кинематика процесса обеспечивает тонкое регулирование толщины и получение детали с разнотолщиной $\pm 0,1$ мм;

- возможность получить изделие с механическими свойствами по прочности больше, чем у исходного материала;

- получение толстостенных крупногабаритных деталей без преднамеренного утонения на одной оправе за несколько постановок;