



Рис. 1 – Механизм согласованного экономического взаимодействия авиаперевозчика, аэропорта и обслуживающей компании

УДК 628.438

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ГТД ПО КРИТЕРИЯМ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

© 2012 Ткаченко А.Ю., Кузьмичев В.С.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), Самара

USE OF THE DYNAMIC PROGRAMMING METHOD FOR SOLVING TASKS OF GTE MANAGEMENT OPTIMIZATION USING THE AIRCRAFT EFFICIENCY CRITERIA

© 2012 Tkachenko A.Yu., Kuzmichev V.S.

Constraint-driven method of GTE management optimization based on aircraft efficiency criteria is described. The method is based on dynamic programming and minimax principle of optimality for objective function.

При изменении внешних условий и режима работы в процессе полета летательного аппарата (ЛА) параметры рабочего процесса газотурбинного двигателя (ГТД) меняются в соответствии с программой управления двигателя и общими закономерностями совместной работы его узлов. От программы

управления силовой установкой в значительной степени зависит характер изменения параметров движения ЛА в процессе полета, время полета, потребный запас топлива и, в конечном итоге, значения критериев, характеризующих эффективность эксплуатации ЛА при выполнении конкретной задачи.

Значения критериев эффективности ЛА на этапе концептуального проектирования газотурбинного двигателя могут быть рассчитаны путем численного интегрирования системы дифференциальных уравнения движения летательного аппарата. В этом случае, параметры, характеризующие эффективность ЛА, являются функционалами, а их значения зависят от выбора функции управления двигателями.

Задача оптимизации управления ГТД с использованием математической модели полета ЛА не разрешима традиционными аналитическими методами вариационного исчисления. Поэтому ее решение возможно только численными методами динамического программирования.

Метод динамического программирования основан на принципе оптимальности Беллмана, сформулированного для решения широкого круга задач управления, распадающихся на ряд последовательных этапов (шагов). Функция управления складывается из совокупности шаговых управлений, то есть значений параметров управлений на каждом шаге дискретного процесса. Если задано начальное состояние системы, то последовательность шаговых управлений однозначно определяет последовательность переходов системы из одного состояния в другое.

Задача оптимизации управления заключается в поиске такой последовательности шаговых управлений, при которой значение целевой функции в конце процесса достигает оптимума.

Состояние, в которое перейдет система на очередном шаге, зависит только от предыдущего состояния и управления на этом шаге. В соответствии с принципом Беллмана для текущего состояния оптимум целевой функции является условием оптимальности управления на последующих этапах. Следовательно, на последнем шаге легко найти оптимальный переход в конечное состояние одним из численных методов параметрической оптимизации. Для предпоследнего шага выполняется аналогичная операция, но при проверке каждого

варианта управления выполняется оптимизация управления на последнем шаге. Аналогично, при изменении управления на текущем шаге повторяется рекуррентная оптимизация управления на последующих шагах, поскольку вывод об оптимальности управления на каждом из шагов можно сделать только после того, как будет определено оптимальное управление на всех последующих этапах и рассчитано значение целевой функции. Таким образом, задача поиска оптимальной функции управления, может быть сведена к n вложенным задачам параметрической оптимизации.

На основании описанного метода можно сформулировать следующий алгоритм решения задачи оптимизации управления ГТД:

1. Полет рассматривается как дискретный процесс, то есть вся траектория полета разбивается на небольшие участки, а изменение параметров состояния ЛА описывается значениями на границах этих участков.

2. Задаются начальные значения параметров управления ГТД на каждом участке траектории и значения параметров состояния ЛА в начальной точке. Оптимизация начинается с расчета первого участка траектории.

2. В зависимости от состояния ЛА в начале участка и значений параметров управления ГТД рассчитываются значения параметров состояния в конце участка.

3. Если текущий участок траектории не является последним, то осуществляется переход к расчету следующего участка траектории. Если текущий участок траектории является последним, то рассчитываются значения критериев эффективности ЛА и целевой функции.

4. Проверяется выполнение условия сходимости решения при текущих значениях параметров регулирования ГТД на данном участке траектории. Если условие сходимости решения не выполняется, то определяются новые значения параметров регулирования и расчет повторяется с пункта 3. Если условие сходимости решения выполняется и текущий участок траектории является

первым, то расчет останавливается. В ином случае осуществляется возврат к оптимизации управления на предыдущем участке траектории, начиная с пункта 4.

Каждая из вложенных задач оптимизации управления ГТД на отдельном участке траектории может быть решена с помощью одного из широко используемых численных методов параметрической оптимизации.

При исследовании различных вариантов управления ГТД необходимо учитывать совокупность ограничений на режимы полета ЛА и работы его силовой установки, к которым относятся ограничения по скорости полета, углу атаки планера, частотам вращения роторов, температуре рабочего тела перед турбиной двигателя.

Кроме того, следует учитывать тот факт, что не при любом варианте управления возможно выполнение заданного процесса полета ЛА (например, горизонтальный полет ЛА с постоянной скоростью и максимальной коммерческой

нагрузкой при работе двигателей на режиме «малого газа»). А поскольку не всегда возможно рассчитать такой процесс до конца и определить значение целевой функции, то при оптимизации функций управления с учетом ограничений невозможно воспользоваться стандартными методами штрафных и барьерных функций. При нарушении ограничений необходимо корректировать значение целевой функции таким образом, чтобы движение в сторону нарушения ограничений было невыгодным.

Таким образом, разработан метод оптимизации управления ГТД по критериям эффективности ЛА основанный на методе динамического программирования и выполняется путем разбиения непрерывного процесса на совокупность дискретных шагов и решения вложенных задач параметрической оптимизации значений функции управления на каждом шаге с учетом ограничений.

УДК 669.295; 621.415

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ СВОЙСТВ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

© 2012 С.Ф. Тлустенко

Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева
(национальный исследовательский университет), Самара

Представлены результаты формирования структуры сортамента из титана технической чистоты в зависимости от крупнозернистого или наноструктурного остояния для обеспечения механических свойств получаемых различными способами деталей сборок. Изучена структура титана в зависимости от условий и характера наводораживания при механической обработке. Установлено влияние отдельных режимов нагрева и технологической деформации заготовок на формирование текстуры и на колебания механических свойств металла по его площади и толщине.

Ключевые слова: деформация, структура, прочность, пластичность, вязкость, обрабатываемость, формообразование. Results of formation of structure of an assortment from the titan of those-nicheskoj of cleanliness depending on coarse-grained or наноструктурного остояния for maintenance of mechanical properties получаемых are presented by various ways of details of assemblages. The structure of the titan depending on услоий and character navodorazhiva-nija is studied at machining. It is established that modes on character of technological deformation of preparations render proskating rinks of strips and sheets hereditary vlija-nie on fluctuations of mechanical properties of metal on its area and a thickness.

Keywords: deformation, structure, durability, plasticity, viscosity, about-rabatyvaemost