

УДК 62-539.1

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРИВОДА РУЛЕВОГО АГРЕГАТА ЖИДКОСТНО-РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ (ЖРД)

Балякин В.Б., Косенок Б.Б.

Самарский университет, г. Самара, Россия, borkos@yandex.ru

Ключевые слова: вектор, контур, модель, модули, механизм, жидкостно-реактивный двигатель, сопло, кинематика, динамика.

Для управления полётом ракетносителя в ряде случаев используется рулевой агрегат ЖРД, который за счёт изменения вектора тяги корректирует отклонение летательного аппарата от траектории полёта. В качестве привода рулевого агрегата используется рулевая машина с системой рычажных механизмов с демпфером, трансформирующих вращательное движение вала рулевой машины в угловое перемещение сопла рулевого агрегата. Крутящий момент рулевой машины подбирается таким образом, чтобы посредством рычажного механизма с пружинным демпфером, передающего усилия на узел качания сопла, преодолевать моменты сопротивления, и моментов асимметрии и неуравновешенности сопла рулевого агрегата, обеспечивая заданное быстродействие. Авторами проводились работы по оптимизации моментных характеристик узла качания рулевого агрегата, с целью обеспечения заданных максимальных параметров. Однако предложенных мероприятий по снижению моментных характеристик оказалось недостаточно для решения проблемы. В данной работе предлагается оптимизировать параметры привода рулевого агрегата с целью уменьшения моментных и силовых нагрузок, на рулевом агрегате.

Для решения поставленной задачи используется метод модульного векторного моделирования [1], реализованный в программе «Кинематический и динамический анализ механизмов» (КДАМ), созданной на кафедре основ конструирования машин Самарского университета. Программа позволяет решать задачи кинематического и динамического анализа и синтеза с плоскими и пространственными механизмами, путём моделирования механизмов стандартными векторными замкнутыми контурами - модулями, позволяющих получать однозначные решения нахождения неизвестных параметров.

Была создана кинематическая векторная модель, дополненная массовыми характеристиками каждого звена, координатами центров масс, а также значениями и координатами приложения активных нагрузок, которая позволяет провести динамический анализ рычажного механизма с пружинным демпфером. На основе проведённого анализа, было предложено дополнение существующего механизма, компенсационным устройством, для уменьшения влияния неуравновешивающего и ассиметричного моментов. В работе были проведены кинематический и динамический анализ влияния предложенного компенсационного механизма в зависимости от различных вариантов установки его параметров на получаемую моментную характеристику рулевого агрегата. Также был проведён динамический синтез кинематических параметров механизма с целью увеличения крутящего и уравновешивающего моментов механизма поворота сопла. Синтез проводился двумя методами: методом ручного подбора, с выдерживанием максимальных углов передачи между передающими звеньями и с использованием блока автоматизированного параметрического синтеза в КДАМ-е

путём многопараметрического перебора длин плеч качалки рулевой машинки, силовой тяги, и рычага рулевого агрегата, а также установочного угла плеч качалки рулевой машинки, исходя из критерия, что уравнивающий момент на оси поворота сопла должен вырасти по сравнению с исходным, как минимум на 10 процентов. При этом изменение кинематических параметров от исходных не должно было отличаться более, чем на 5 процентов в сторону уменьшения или увеличения для длин и 20 процентов для установочного угла.

Полученные обоими методами кривые крутящего момента и значения уравнивающего момента показывают, что, даже простейший автоматизированный параметрический синтез параметров механизма управления соплом позволяет увеличить максимальные значения крутящего момента и уравнивающего момента по сравнению, как с изначальными, так и полученными методом ручного подбора. Проведение параметрического синтеза кинематических параметров ещё на стадии эскизного проектирования рулевого агрегата позволяет или снизить энергетические затраты на управление соплом, или увеличить скорость поворота сопла двигателя при тех же характеристиках привода, а введение компенсационного устройства, позволяет снизить влияние неуравновешенности и асимметрии, полученных при изготовлении сопла.

Список литературы

1. Семенов, Б.П. Методы и средства динамического синтеза механизмов авиационных энергоустановок / Б.П. Семенов, Б.Б. Косенок. – Самара: Самарский научный центр РАН. – 2010. – ISSN 1990-5318. – С. 281.

2. Косенок, Б.Б. Программа КДАМ (Кинематический и динамический анализ механизмов) / Б.Б. Косенок, В.П. Тукмаков // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2010616342 по заявке № 2010614593 от 29 июля 2010 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 24 сентября 2010 г.

Сведения об авторах

Балякин Валерий Борисович, д.т.н., профессор, заведующий каф. ОКМ. Область научных интересов: динамика машин, вибрация, трение и износ.

Косенок Борис Борисович, к.т.н., доцент каф. ОКМ. Область научных интересов: теория механизмов и машин, компьютерные технологии, двигатели, математическое моделирование, динамика машин.

OPTIMIZATION OF THE PARAMETERS OF THE STEERING UNIT OF LIQUID ROCKET ENGINES (LRE)

Balyakin V.B., Kosenok B.B.

Samara University, Samara, Russia, borkos@yandex.ru

Keywords: vector, contour, model, modules, mechanism, rocket engine, nozzle, kinematics, dynamics.

In many cases, the launch vehicle is controlled using a steering unit of a liquid rocket engine (LRE), which by changing its thrust vector, adjusts deviations of the spacecraft from its trajectory of flight. As a steering unit drive, a steering machine with a system of lever mechanisms with a damper is used, which transforms the rotational movement of the steering machine shaft into the angular

movement of the steering unit nozzle. This paper proposes to optimize the drive parameters of the steering unit in order to reduce torque and power loads on the steering unit.

Carrying out parametric synthesis of kinematic parameters even at the stage of preliminary design of the steering unit allows either to reduce the energy costs for controlling the nozzle, or to increase the speed of rotation of the engine nozzle with the same drive characteristics. Also, the introduction of a compensation device makes it possible to reduce the effect of unbalance and asymmetry obtained during manufacture of nozzles.