

полнительным ИМ поверхности, что позволит реализовать дополнительный рост прочности при одновременном сохранении характеристик пластичности материала.

#### Библиографический список

1. Сафин Э.В., Смыслов А.М. и др. Перспективы промышленного применения титановых сплавов с нанокристаллической структурой в авиационной промышленности. /Физикохимия ультрадисперсных систем. Сборник трудов VIII Всероссийской конференции – М.: МИФИ, 2009. – 284 с., - С.269

2. Лутфуллин Р.Я., Мухаметрахимов М.Х. /Влияние исходной структуры на механические свойства соединенных в сверхпластическом состоянии образцов титанового сплава

ВТ6. Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallor. 2006г. № 2 с.11-13

3. R. Filip, J.Sieniawski, K. Kubiak and W. Szkliniarz. Effect of heat treatment on strength properties of the two-phase titanium alloys with lamellar microstructure. TITANIUM 99: SCIENCE AND TECHNOLOGY 2006. p. 431

4. Малыгин Г.А. Пластичность и прочность микро- и нанокристаллических материалов // Физика твердого тела, 2007, том. 49, вып. 6, с. 961-982

5. Жеребцов С.В. Влияние субмикроструктуры на усталостную прочность титанового сплава ВТ6 / С.В. Жеребцов, Г.А. Салищев, Р.М. Галеев и др. // Перспективные материалы. -1999.-№ 6.- С. 16-23.

## СОВРЕМЕННЫЕ ЖИДКОСТНЫЕ РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ РД-171М, РД-180 и РД-191: СОСТОЯНИЕ ПРОГРАММ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Чванов В.К., Судаков В.С. Рахманин В.Ф.

ОАО «НПО Энергомаш имени академика В.П.Глушко», г. Химки

### MODERN RD-171M, RD-180 and RD-191 LIQUID PROPELLANT ROCKET ENGINES: PROGRAM STATUS AND PERSPECTIVES

*V.Chvanov, V.Sudakov, V.Rakhmanin, RD-171M, RD-180 and RD-191 are engines of family of liquid rocket engines of NPO Energomash development, which were developed on the base of RD-170/171 engines developed for Energia/Zenit programs in 1976-87. Brief information about main phases of development history of base engines as well as about status and perspectives of current programs are presented in paper*

Жидкостные ракетные двигатели РД-171М, РД-180 и РД-191 относятся к семейству кислородно-керосиновых ЖРД с дожиганием окислительного газа, созданному на базе ЖРД РД-170/171. ЖРД РД-170/171 были разработаны в 1976-1987 гг для РН «Энергия» и «Зенит» соответственно. Их разработка стала качественно новым шагом в создании ЖРД. Самый мощный в мире четырехкамерный ЖРД обладает наивысшим уровнем параметров и характеристик для двигателей данного класса, работает на жидком кислороде и керосине. Двигатель для РН «Энергия» предназначен для многократного использования и аттестован для 10-кратного использования. Один из экземпляров двигателя был испытан на огневом стенде до 20

раз. Двигатель характеризуется высокой надежностью функционирования, ремонтно- и контролепригодностью и имеет большой запас по ресурсу (не менее 5). Управление вектором тяги двигателя осуществляется благодаря созданию уникального сифонного узла качания камер, работающего в зоне высокотемпературного газового потока. Двигатели прошли около 900 огневых испытаний с общей наработкой свыше 100000 сек.

Первый запуск РН «Зенит» с двигателем РД-171 был осуществлен в апреле 1985 г. В 1987г и 1988г состоялись запуски РН «Энергия» с двигателями РД-170. С 1999 г. эксплуатация двигателей РД-171 продолжается и в составе РН «Зенит 3SL» по про-

грамме «Морской старт», а в последние годы и по программе «Наземный старт».

Работы по модернизации двигателя РД-171 были продолжены в 2003-2004 гг. Сертификация двигателя РД-171М завершена 5 июля 2004 г – на сертификационном двигателе проведено 8 испытаний продолжительностью 1093,6 сек, причем последнее испытание (сверх плана) – на режиме 105%. Первый товарный двигатель РД-171М поставлен в Украину 25 марта 2004г после проведения КТИ продолжительностью 140 сек.

Серийное производство двигателя РД-171М осуществляется на заводе НПО Энергомаш в Химках.

В начале 1996г проект двигателя РД-180 НПО Энергомаш был признан победителем конкурса на разработку и поставку двигателя первой степени для модернизированной РН «Атлас» американской компании Локхид Мартин. Это двухкамерный двигатель с дожиганием окислительного генераторного газа, с управлением вектором тяги благодаря качания каждой камеры в двух плоскостях, с возможностью обеспечения глубокого дросселирования тяги двигателя в полете. Данная конструкция базируется на хорошо проверенных конструкциях узлов и элементов двигателей РД-170/171. Создание мощного двигателя первой степени осуществлено в сжатые сроки, а отработка – на малом количестве материальной части. Подписав контракт на разработку двигателя летом 1996г, уже в ноябре 1996г было проведено первое огневое испытание двигателя-прототипа, а в апреле 1997г – огневое испытание штатного двигателя. Весной 1999г завершена сертификация двигателя для использования в составе РН «Атлас 3». Первый запуск РН «Атлас 3» с двигателем РД-180 состоялся в мае 2000г. Летом 2001г была завершена сертификация двигателя для использования в составе РН «Атлас 5». Первый полет РН «Атлас 5» с двигателем РД-180 состоялся в августе 2002г.

Компания Локхид Мартин заявила о намерении заказать не менее 101 двигателя РД-180 для использования в составе РН «Атлас 3» и «Атлас 5». Маркетингом и реализацией данного двигателя заказчику – компании ULA – занимается совместное предприятие РД АМРОСС, созданное НПО

Энергомаш и Пратт-Уитни (США). В США уже поставлено свыше 50 товарных двигателей, выполнено 32 запуска РН «Атлас 3» и «Атлас 5» с двигателями РД-180 на первой ступени.

Разработка двигателя РД-191 началась в конце 1998 г. Этот двигатель с дожиганием окислительного газа предназначен для семейства отечественных РН «Ангара». Конструкция этого двигателя также основана на конструкции двигателей РД-170/171. Двигатель РД-191 представляет собой однокамерный ЖРД с вертикально расположенным ТНА. В течение 1999 г. была выпущена конструкторская документация, в 2000 г. начата автономная отработка агрегатов двигателя РД-191, завершена подготовка производства. В мае 2001г собран первый доводочный двигатель РД-191. Первое огневое испытание двигателя РД-191 проведено в июле 2001г. Основной принцип программы огневых доводочных испытаний – малое число двигателей и большая наработка на каждом экземпляре с максимальным количеством измерений.

В период отработки проводились ремонтные работы, а также переборки двигателя, в процессе которых вносились конструктивные изменения, позволявшие устранить причины возникавших дефектов. Отработка РД-191 завершена в октябре 2008 года. Его характеристики полностью соответствуют требованиям технического задания. Все агрегаты имеют наработку, превышающую ресурсную.

30 июля 2009 г в НИЦ РКП было успешно проведено первое огневое испытание универсального ракетного модуля УРМ-1 с ЖРД РД-191 разработки ОАО «НПО Энергомаш имени академика В.П.Глушко» в рамках программы создания РН «Ангара». Двигатель отработал в соответствии с циклограммой около 233 сек, выйдя на режим 100% номинальной тяги (196 тс), а затем был дросселирован до 37,6% (73,7 тс). Осенью 2009г было успешно проведено еще 2 огневых испытания УРМ-1 с РД-191 в НИЦ РКП.

В мае 2011г успешно завершились межведомственные испытания двигателя РД-191.

В НПО Энергомаш уже ведется изготовление двигателей для летно-конструкторских испытаний РН семейства

«Ангара», которые начнутся с полета РН «Ангара 1.2» легкого класса в 2011 году, а затем полетит РН «Ангара 5» тяжелого класса.

Кратко сообщается о возможностях использования указанных двигателей в перспективных программах:

- РД-171М по программе «Наземный старт»;

- РД-180 в качестве двигателя первой ступени для перспективной РН России, запускаемой с нового космодрома Восточный, а также в качестве двигателя для пилотируемых полетов РН «Атлас 5»;

- РД-191 по программе эксплуатации семейства РН «Ангара» с космодрома Плесецк, а также по российско-казахстанской программе «Байтерек» с космодрома Байконур.

УДК 628.517.2

## АКУСТО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ГЕНЕРАТОРЫ ЗВУКА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЗВУКОВОГО ИМИДЖА ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Старобинский Р.Н., Краснов А.В., Ковалева А.А., Вильч Н.В.

Тольяттинский Государственный Университет, г. Тольятти

### ACOUSTICAL-MECHANICAL SOUND GENERATORS FOR CREATING AN ACOUSTICAL IMPRESSION OF A CAR

*Starobinski R., Krasnov A., Kovaleva A., Vilch N.. The technical devices for creating of sportive and informative sound in car passenger compartment are considered. It is shown that the controlled sound transmission from engine intake system into the salon is one of the most perspective ways of sportive and informative sound generation. The acoustical-mechanical devices (impressors), methods of their synthesis and development and are also considered.*

Одной из тенденций современного автомобилестроения для легковых автомобилей высокого класса является создание в пассажирском пространстве автомобиля динамического звука, улучшающего адекватное восприятие водителем транспортного средства в потоке движения и повышающего за счёт этого безопасность вождения автомобиля. Покупатели, как правило, хотят видеть транспортные средства, характер шума которых соответствует типу транспортного средства и их персональному восприятию. Для многих клиентов «акустический имидж» и звуковой комфорт представляют принимаемый всерьез мотив покупки. Удовольствие от езды должно повышаться совершенствованием внутренней акустики транспортного средства, созданием специфического, неповторимого характера звука, типичного для выбираемой марки транспортного средства и удовлетворяющего личным ожиданиям клиентов.

В предлагаемом сообщении обсуждаются возможные пути генерации такого звука и устройства для их реализации и, в частности, акусто-механические генераторы спортивного информационного звука и системы передачи «моторного» информационного звука в пас-

сажирское пространство автомобиля, улучшающие возможности непрерывного акустического мониторинга водителем режима работы двигателя.

Особое внимание уделяется устройствам (импрессорам), использующим для этих целей колебания давления в системе впуска двигателя. Рассмотрены методы поэлементного синтеза устройств и, в частности, синтез по полюсам передаточных функций акустических и механических элементов и их комбинаций. Предложены акусто-механические модели для анализа и расчётной доводки систем.

Результаты работы могут быть востребованы предприятиями, научно-исследовательскими учреждениями, научно-образовательными центрами, занимающимися разработкой и производством автотранспортных средств класса люкс, с повышенными требованиями к звуковому комфорту и безопасности эксплуатации.

Работа выполнена в рамках реализации федеральной целевой программы «Научные и научно-образовательные кадры инновационной России» на 2009-2013 гг.