Научная статья
Original article
УДК 629.7

СБОРКА ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПО ТИПУ РД И ЖРД ДЛЯ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ

ASSEMBLY OF AIRCRAFT ENGINES BY THE TYPE OF RD AND LRE FOR LAUNCH ROCKETS

Халилов Адилхан Сабирович, слесарь-сборщик 5 разряда агрегатов автоматики 221цеха, в "АО НПО Энергомаш имени академика В.П.Глушко". Студент 3 курса группы ТМбд-1901бс института машиностроения, заочной формы обучения Тольяттинского государственного университета(ТГУ)

Халилов Радихан Сабирович, токарь-универсал 5 разряда 115 цеха, в "АО НПО Энергомаш имени академика В.П.Глушко". Студент 1 курса группы ТМбд-2101а института машиностроения, заочной формы обучения Тольяттинского государственного университета(ТГУ)

Khalilov Adilkhan Sabirovich, assembler of the 5th category of automation units of the 221st workshop, JSC NPO Energomash named after academician V.P. Glushko. 3rd year student of the TMbd-1901bs group of the Institute of Mechanical Engineering, correspondence course of Togliatti State University (TSU)

Khalilov Radikhan Sabirovich, turner-generalist of the 5th category of the 115th shop, in JSC NPO Energomash named after academician V.P. Glushko. 1st year student of the TMbd-2101a group of the Institute of Mechanical Engineering, correspondence course of Togliatti State University (TSU)

Аннотация: В статье анализируются особенности сборки двигателей летательных аппаратов для ракет-носителей. Рассматриваются разновидности двигателей летательных аппаратов для ракет-носителей, приводится краткое описание жидкостных, твёрдотопливных и гибридных двигателей. Выявляются задачи проектирования и специфика производства летательных аппаратов для ракет-носителей, отмечается важность этапа сборки ракетных двигателей и роль слесаря-сборщика в эффективности функционирования готового аппарата.

Annotation: The article analyzes the features of the assembly of aircraft engines for launch vehicles. Varieties of aircraft engines for launch vehicles are considered, a brief description of liquid, solid fuel and hybrid engines is given. The tasks of designing and the specifics of the production of aircraft for launch vehicles are identified, the importance of the stage of assembly of rocket engines and the role of the fitter in the efficiency of the functioning of the finished vehicle are noted.

Ключевые слова: космические аппараты, летательные аппараты для ракет-носителей, ракетный двигатель, сборка ракетных двигателей, слесарь-сборщик.

Keywords: spacecraft, aircraft for launch vehicles, rocket engine, assembly of rocket engines, assembly fitter.

Введение

В современной космической промышленности практически полностью исчерпан потенциал классических технологий и подходов проектирования и изготовления изделий и их элементов, в частности двигателей [1]. В этой ситуации для повышения конкурентоспособности выпускаемых летательных аппаратов производители всё чаще используют различные инженерные методы управления качеством, позволяющие не только повысить эффективность производства, но и снизить его стоимость. Одним из ключевых этапов процесса производства двигателей летательных аппаратов для ракет-носителей является их сборка, от точности которой зависят основные показатели качества получаемых изделий, такие как надёжность, долговечность и безопасность [2]. Ответственным за сборочный процесс является слесарь-сборщик, от уровня компетентности и

грамотности которого зависят итоговые показатели как самих собираемых двигателей, так и летательных аппаратов для ракет-носителей в целом. В связи с этим актуальным представляется исследование роли слесаря-сборщика в процессе производства ракетных двигателей.

Целью работы является изучение особенностей сборки двигателей летательных аппаратов для ракет-носителей. Для её достижения были использованы методы анализа и синтеза научных публикаций и литературных источников по рассматриваемой теме.

Двигатели летательных аппаратов для ракет-носителей

В современной космической отрасли используются ракетные двигатели, работающие на химическом топливе, горючем смешанного агрегатного состояния, а также нехимические двигатели [3]. Они делятся на следующие основные группы:

1. Жидкостные ракетные двигатели (ЖРД). Работают на жидком ракетном топливе [4]. Основным направлением их совершенствования является максимально полное расходование химической энергии топлива, заключающееся в получении максимально возможного удельного импульса одновременно с обеспечением высокой надёжности двигателей.
2. Твёрдотопливные ракетные двигатели (РДТТ). Работают на твёрдом топливе, обладающем непостоянством параметров плотности, температуры и скорости горения [5]. Помимо этого, измерение температуры и давления в камере сгорания РДТТ отличается высокой сложностью, как и проектирование и расчёт сопла, формы и размеров топливного заряда, что ограничивает возможности применения этого типа двигателей.
3. Гибридные ракетные двигатели (ГРД). Используют компоненты топлива, находящиеся в жидком и твёрдом агрегатных состояниях, причём в последнем может находиться как горючее, так и окислитель [6]. ГРД являются одними из наиболее перспективных, простых и надёжных типов ракетных двигателей.

Наиболее обширным и развитым классом двигателей являются ЖРД, выступающие в качестве основного типа двигательных установок ракет-носителей [7]. В зависимости от использования вышедшего из турбины турбонасосного агрегата рабочего тела ЖРД делятся на работающие по открытой и замкнутой схемам. Последняя является наиболее перспективной, поскольку в двигателях такого типа химическая энергия топлива используется максимально эффективно.

Обеспечение надёжной работы ракетных двигателей является задачей колоссальной сложности, поэтому при их проектировании и модификации активно внедряются цифровые технологии, способные снизить временные и финансовые затраты [8]. Задействование систем математического моделирования работы двигателей, применение новейших материалов, производство высокоточных деталей и агрегатов, разработка систем регулирования, совершенствование способов защиты от возгорания и наиболее эффективное использование ресурсов позволяют обеспечивать высокое качество двигателей летательных аппаратов для ракет-носителей. Однако, несмотря на цифровизацию значительной части производственных процессов, один из наиболее значимых этапов ракетного производства – сборка ракетных двигателей – во многом остаётся ручным.

Специфика сборки двигателей летательных аппаратов

Успешность и скорость производства ракетных двигателей зависят от правильности выбора состава и величин ключевых проектных параметров, поскольку их изменение напрямую сопряжено с дополнительными экспериментальными работами и перестройкой всего производства [9]. Основными задачами проектирования летательных аппаратов для ракет-носителей являются:

1. Всесторонне обоснованный выбор ключевых проектных параметров, которые удовлетворяли бы техническому заданию и отвечали критерию эффективности, состоящему в наилучшем выполнении заданных функций.

2. Согласование состава и характеристик наземных и бортовых обслуживающих систем, разработка технических заданий на создание или, в случае целесообразности использования существующих конструкций, доработку отдельных агрегатов и систем, двигателей и наземных комплексов.
3. Разработка технологий проектирования, сборки и транспортировки, а также программы экспериментальной отработки с целью обеспечения заданной надёжности.

Чтобы летательный аппарат в целом и все его составляющие отвечали критерию эффективности, необходимо непрерывное сотрудничество персонала на всех технологических этапах. Системная работа по обеспечению новых функциональных характеристик космических аппаратов, осуществляемая на долгосрочную перспективу, в первую очередь опирается на высокие показатели компетенций сотрудников [10]. С целью повышения результативности их деятельности предприятия космической отрасли внедряют системы непрерывного профессионального образования, отвечающие профильным профессиональным стандартам.

Согласно общероссийскому профессиональному стандарту, в компетенцию слесаря-сборщика космических аппаратов входят следующие трудовые функции [11]:

- слесарно-сборочное сопровождение операций при сборке сборочных единиц аппаратов, изготовление, обработка и последующее соединение отдельных деталей общего и специального назначения [12];
- сборка сборочных единиц аппаратов, их металлизация и заземление, соединение отдельных деталей в сборочные единицы;
- сборка узлов аппаратов и проверка их параметров;
- сборка систем аппаратов и проверка их функционирования, крепление плат и переходных кронштейнов по итогам балансировки и юстировки

узлов и сборочных единиц, определение их массоцентровочных характеристик;

- окончательная сборка аппаратов, регулировка их массы и положения центра масс, юстировка, транспортировка готовых элементов между рабочими местами и испытательными стендами.

Поскольку слесарь-сборщик работает непосредственно с элементами механизмов, напрямую осуществляя создание двигателей летательных аппаратов для ракет-носителей, от уровня его компетентности во многом зависит работоспособность и эффективность всей конструкции. Однако компетентность слесаря не ограничивается точным следованием техническому заданию и установленным техническим процессам, а подразумевает доработку и совершенствование ракетных двигателей, опирающуюся на практические наблюдения и умения.

Заключение

На современном этапе развития космической промышленности осуществляется преодоление глобальной кризисной тенденции процесса стратегического целеполагания и выбора перспективных приоритетов развития. Активное освоение космического пространства и переход к новым космическим технологиям требуют стабильно высокого качества проектирования, конструирования и сборки космических аппаратов в целом и их двигателей в частности. Для достижения максимальной эффективности при производстве двигателей летательных аппаратов для ракет-носителей необходимо тесное сотрудничество конструкторов, технологов и слесарей-сборщиков, опыт и знания которых при взаимодействии дают синергический эффект, что ускоряет общее техническое развитие всей отрасли.

Список литературы

1. Загидуллин Р.С. Разработка модели обеспечения качества при проектировании, изготовлении, испытании изделий авиационно-космической техники / Р.С. Загидуллин, Т.А. Митрошкина, О.Ф. Садыков, М.В. Высоцкая, И.О. Нагурный, А.В. Горшков // Известия Тульского

государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 12. – С. 27-33.

2. Примак Д.Д. Определение изменений геометрических параметров точек контура геометрических моделей деталей при наличии отклонения расположения поверхностей / Д.Д. Примак, И.А. Волков, В.Б. Масягин, Ю.Г. Загвоздин // Проблемы разработки, изготовления и эксплуатации ракетно-космической техники и подготовки инженерных кадров для авиакосмической отрасли: материалы XII Всероссийской научной конференции, посвящённой памяти главного конструктора ПО «Полёт» А.С. Клинышкова. – 2018. – С. 81-85.
3. Завирюха Б.О., Тимохович А.С. Перспективы применения гибридных ракетных двигателей // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, посвящённой Дню космонавтики. В 3-х томах / под общ. ред. Ю.Ю. Логинова. – 2020. – С. 161-163.
4. Чванов В.К., Судаков В.С., Лёвочкин П.С. Современные жидкостные ракетные двигатели АО «НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко». Состояние программ и перспективы (к 110-летию со дня рождения академика В.П. Глушко) // Космическая техника и технологии. – 2018. – № 3 (22). – С. 5-16.
5. Пикулин С.А. Метод измерения характеристик твердотопливных ракетных двигателей / С.А. Пикулин, А.В. Андрусов, Д.Е. Галактионов, В.О. Шевчугов, А.П. Кравчуновский // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2018. – Т. 1, № 14. – С. 127-129.
6. Муравьев Р.В., Курлыков П.С. Преимущество и недостатки использования гибридных двигателей перед жидкостными // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, посвящённой Дню космонавтики. В 3-х томах / под общ. ред. Ю.Ю. Логинова. – 2020. – С. 129-131.

7. Соловьев А.К., Потреба А.П. Анализ конструкций жидкостных ракетных двигателей // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, посвящённой Дню космонавтики. В 3-х томах / под общ. ред. Ю.Ю. Логинова. – 2020. – С. 177-178.
8. Бурцева Н.Л. Ракетный двигатель РД-171МВ – мощь, побеждающая гравитацию // Воздушно-космическая сфера. 2019. № 2 (99). С. 20-25.
9. Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов: методические указания для самостоятельной работы аспирантов. – Красноярск: СибГУ имени М.Ф. Решетнева, 2019. – 101 с.
10. Арефина О.В., Кукушкин С.Г., Рудько Ю.С. Система непрерывного образования как фактор развития инновационных компетенций персонала предприятия ракетно-космической отрасли // Решетневские чтения. – 2018. – Т. 2. – С. 470-472.
11. Приказ Минтруда России от 02.08.2021 N 533н «Об утверждении профессионального стандарта «Слесарь-сборщик автоматических космических аппаратов» (Зарегистрировано в Минюсте России 20.08.2021 N 64719) [Электронный ресурс] // СПС КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_393670/ (дата обращения: 16.03.2022).
12. Детали машин и основы конструирования: учеб. и практ. для СПО / Е.А. Самойлов [и др.]; под ред. Е.А. Самойлова, В.В. Джамая. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2022. – 419 с.

Bibliography

1. Zagidullin R.S. Development of a model for quality assurance in the design, manufacture, testing of products of aerospace equipment / R.S. Zagidullin, T.A. Mitroshkina, O.F. Sadykov, M.V. Vysotskaya, I.O. Nagurny, A.V. Gorshkov // Proceedings of the Tula State University. Technical science. - 2019. - No. 12. - S. 27-33.

2. Primak D.D. Determination of changes in the geometric parameters of the points of the contour of geometric models of parts in the presence of deviations in the location of surfaces / D.D. Primak, I.A. Volkov, V.B. Masyagin, Yu.G. Zagvozdin // Problems of development, manufacture and operation of rocket and space technology and training of engineering personnel for the aerospace industry: materials of the XII All-Russian scientific conference dedicated to the memory of the chief designer of the Polet software A.S. Klinyshkov. - 2018. - S. 81-85.
3. Zaviryukha B.O., Timokhovich A.S. Prospects for the use of hybrid rocket engines // Actual problems of aviation and astronautics: collection of materials of the VI International scientific and practical conference dedicated to the Day of Cosmonautics. In 3 volumes / ed. ed. Yu.Yu. Loginova. - 2020. - S. 161-163.
4. Chvanov V.K., Sudakov V.S., Lyovochkin P.S. Modern liquid rocket engines JSC "NPO Energomash named after Academician V.P. Glushko. State of programs and prospects (to the 110th anniversary of the birth of academician V.P. Glushko) // Space technics and technologies. - 2018. - No. 3 (22). - P. 5-16.
5. Pikulin S.A. Method for measuring the characteristics of solid rocket engines / S.A. Pikulin, A.V. Andrusov, D.E. Galaktionov, V.O. Shevchugov, A.P. Kravchunovsky // Actual problems of aviation and cosmonautics. - 2018. - V. 1, No. 14. - S. 127-129.
6. Murav'ev R.V., Kurlykov P.S. Advantages and disadvantages of using hybrid engines over liquid ones // Actual problems of aviation and astronautics: collection of materials of the VI International scientific and practical conference dedicated to the Day of Cosmonautics. In 3 volumes / ed. ed. Yu.Yu. Loginova. - 2020. - S. 129-131.
7. Soloviev A.K., Potreba A.P. Analysis of the designs of liquid rocket engines // Actual problems of aviation and cosmonautics: collection of materials of the VI International scientific and practical conference dedicated to the Day of Cosmonautics. In 3 volumes / ed. ed. Yu.Yu. Loginova. - 2020. - S. 177-178.
8. Burtseva N.L. Rocket engine RD-171MV - power that defeats gravity // Aerospace sphere. 2019. No. 2 (99). pp. 20-25.

9. Design, construction and production of aircraft: guidelines for independent work of graduate students. - Krasnoyarsk: Siberian State University named after M.F. Reshetneva, 2019. - 101 p.
10. Arefina O.V., Kukushkin S.G., Rudko Yu.S. The system of continuous education as a factor in the development of innovative competencies of the personnel of the enterprise of the rocket and space industry // Reshetnevskiye readings. - 2018. - T. 2. - S. 470-472.
11. Order of the Ministry of Labor of Russia dated 02.08.2021 N 533n “On approval of the professional standard “Assembler of automatic spacecraft” (Registered in the Ministry of Justice of Russia on 20.08.2021 N 64719) [Electronic resource] // SPS ConsultantPlus. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_393670/ (date of access: 03/16/2022).
12. Machine parts and design basics: textbook. and pract. for SPO / E.A. Samoilov [and others]; ed. E.A. Samoilova, V.V. Jamaya. - 2nd ed., revised. and additional - M.: Publishing house Yurait, 2022. - 419 p.

© Халилов А.С., Халилов Р.С., 2022 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №3/2022.

Для цитирования: Халилов А.С., Халилов Р.С. СБОРКА ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПО ТИПУ РД И ЖРД ДЛЯ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ// Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №3/2022.