ISSN 1992-6502 (Print) Вестник УГАТУ ISSN 2225-2789 (Online)
2019. Т. 23, № 3 (85). С. 55–61 http://journal.ugatu.ac.ru

УДК 621.454.2

АГРЕГАТЫ АВТОМАТИКИ В ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ (ЖРД) МНОГОКРАТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ. ВОЗМОЖНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

А. Ф. Ефимочкин[1], И. П. Лоскутов[2]

[1]rd-vgtu@mail.ru, [2]ivlosk@mail.ru

АО «Конструкторское бюро химической автоматики» (АО КБХА)

Поступила в редакцию 20.04.2019

Аннотация. Представлен анализ опыта эксплуатации агрегатов автоматики многократного срабатывания, в основном ЖРД, выполненный с целью выявления возможных причин отклонений или отказов агрегатов автоматики при их эксплуатации в составе ЖРД многократного использования. Перечислены причины отклонений или отказов агрегатов автоматики, которые могут возникать при эксплуатации агрегатов автоматики в составе ЖРД многократного использования. Даны некоторые рекомендации, в том числе конструктивные, по снижению вероятности появления отклонений или отказов в работе агрегатов автоматики при их эксплуатации в составе ЖРД многократного использования.

Ключевые слова: ЖРД многократного использования; агрегаты автоматики; ресурс; засорение; динамические нагрузки; гидроудар; уплотнения; пары трения.

ВВЕДЕНИЕ

На данный момент разработкой ракетносителей с ЖРД многократного использования активно занимаются ракетно-космические предприятия в разных странах мира, при этом одной из проблем, которая может возникнуть при эксплуатации ЖРД многократного использования, является обеспечение планируемой кратности его полетного использования [1]. Это подтверждается результатами эксплуатации двигателя SSME, который первоначально был спроектирован на 55 полетных циклов, но на практике оказалось, что уже после 10 циклов полетного использования двигателя замены требуют многие его узлы и агрегаты [2], в том числе и агрегаты автоматики, отклонения в работе которых отмечались при эксплуатации двигателя SSME [3].

Для обеспечения планируемой кратности полетного использования ЖРД в целом все агрегаты, входящие в его состав, должны с запасом обеспечивать требуемую кратность работы, в том числе и по количеству включений (срабатываний).

Число срабатываний агрегатов автоматики при эксплуатации в составе ЖРД многократного использования определяется не только исходя из количества полетных циклов двигателя, но и с учетом срабатываний агрегатов, выполняемых при контроле технического состояния и огневых стендовых испытаниях двигателя, предшествующих полетному использованию. В итоге требуемое гарантированное количество срабатываний агрегатов автоматики при эксплуатации в составе ЖРД многократного использования, с учетом необходимого запаса по срабатываниям, должно в несколько раз

превышать планируемую кратность многократного полетного использования ЖРД.

А поскольку в случае отклонений в работе агрегата автоматики, зафиксированных при проверках, подтверждающих возможность его повторного использования в составе ЖРД многократного полетного использования, его замена или ремонт будут связаны не только с временными, но и с финансовыми затратами, разработке надежной конструкции агрегатов автоматики ЖРД многократного использования необходимо уделять повышенное внимание.

ПРОБЛЕМЫ, КОТОРЫЕ МОГУТ ВОЗНИКНУТЬ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АГРЕГАТОВ АВТОМАТИКИ В СОСТАВЕ ЖРД МНОГОКРАТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

При разработке конструкции агрегатов автоматики для ЖРД многократного использования необходимо учитывать особенности эксплуатации агрегатов в составе данных ЖРД, влияющих на появление отклонений и отказов в их работе, вероятность появления которых повышается с ростом количества срабатываний агрегатов автоматики.

По результатам анализа информации из [4–16] и опыта проектирования и отработки агрегатов автоматики АО КБХА к особенностям эксплуатации, способным повлиять на появление отклонений и отказов в работе агрегатов автоматики в составе ЖРД многократного полетного использования, следует отнести:

- возможность засорения узлов агрегатов автоматики (подвижных элементов и уплотнений) посторонними частицами;
- воздействие динамических нагрузок, пульсаций давлений, вибраций на элементы конструкции;
- циклическое воздействия температуры, в том числе и криогенной.

Дополнительно к этому, агрегаты автоматики, предназначенные для эксплуатации в составе ЖРД многократного полетного использования, должны обеспечивать герметичность по местам уплотнений и надежное функционирование подвижных элементов при выполнении многократного количества срабатываний.

ЗАСОРЕНИЕ АГРЕГАТОВ АВТОМАТИКИ ПОСТОРОННИМИ ЧАСТИЦАМИ

Источники возможных засорений агрегатов автоматики ЖРД следующие: посторонние частицы, остающиеся в емкостях, в том числе в баках и трубопроводах ЖРД после их очистки, посторонние частицы, вносимые при продувках и контроле технического состояния, частицы, вносимые при монтаже (в том числе и из воздушной среды сборочного цеха), продукты коррозии сварных сборок, а также частицы, образовавшиеся в результате эксплуатации агрегатов [4].

Для снижения вероятности попадания посторонних частиц в двигатель и его агрегаты устанавливаются фильтры. Их могут устанавливать на входе в двигатель, на входе в агрегат или на входе в прецизионные пары, что характерно для агрегатов регулирования. Необходимо учитывать, что по истечении некоторого промежутка времени работы ЖРД перепад давлений на фильтре, вследствие увеличения загрязненности его поверхности, может возрастать до величины, приводящей к разрушению фильтрующего элемента или фильтра в целом, что может привести к аварии двигателя [5]. Для исключения подобных случаев перед каждым повторным использованием двигателя желательно контролировать состояние фильтрующего элемента.

Попадание посторонних частиц в полости агрегатов автоматики, в том числе и в прецизионные пары при их эксплуатации в составе ЖРД многократного использования, практически неизбежно, но не каждое попадание частицы, а также повреждение рабочей поверхности от него скажется на работоспособности агрегата [6]. Влияние посторонней частицы на работоспособность агрегата зависит от ее природы, размеров, твердости и места нахождения [4].

Опытом стендовой отработки агрегатов автоматики ЖРД АО КБХА и стендовых испытаний двигателей разработки АО КБХА подтверждается, что появление посторонних частиц в полостях агрегатов возможно, в том числе и при выполнении многократных срабатываний агрегатов с фильтрующим элементом, установленным в линии подачи компонента, при этом

при попадании посторонних частиц под затвор агрегата отмечается увеличение утечки по месту посадки затвора.

Одним из возможных вариантов решения проблемы попадания посторонних частиц под затворы агрегатов является введение в конструкцию агрегатов элементов, обеспечивающих автоматическую очистку уплотнительных мест от посторонних частиц за счет направленного движения потока рабочей среды.

ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК, ПУЛЬСАЦИЙ ДАВЛЕНИЙ И ВИБРАЦИЙ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ АГРЕГАТОВ АВТОМАТИКИ

Динамические нагрузки, пульсации давления и вибрации оказывают значительное влияние на работоспособность агрегатов автоматики. По статистике большинство отказов агрегатов автоматики возникает в результате двух типов воздействия внешних механических нагрузок (вибрационных и ударных), а также нагрузок, связанных с циклическим срабатыванием агрегатов [7, 8].

Действие больших вибронагрузок и срабатываний с ударом вызывают разгерметизацию клапанов, рассогласование элементов настройки и разрушение деталей (тарели, седла, элементов уплотнений, а также чувствительных элементов и толкателей регуляторов давлений), при этом оценка влияния указанных нагрузок на работоспособность агрегата расчетным путем представляет определенную сложность [8, 9].

Закрытие отсечных клапанов тарельчатого типа на расходе компонента, например при выключении ЖРД выполняется с ударом, за счет гидроударных явлений, возникающих в гидравлических магистралях двигателя при закрытии агрегата. Гидроударные явления могут приводить к опасным для конструкции агрегатов автоматики и двигателя динамическим нагрузкам.

Для снижения величины гидроудара в конструкцию агрегатов автоматики вводят устройства коррекции динамических процессов, обычно предусматривающие демпфирование при закрытии агрегата [7, 10, 11]. В агрегатах автоматики используют демпфирующие устройства как в виде различных элементов конструкции, установленных в проточную полость, так и в виде дроссельных шайб, установленных на входе в управляющую или на выходе из дренажной полости пневмопривода [7].

Опыт стендовой отработки двигателя РД0120 показывает, что под действием динамических нагрузок в составе двигателя отмечались отклонения в работе некоторых агрегатов автоматики (расклепывание места уплотнения и выкрашивание уплотнительной кромки плунжера). После внедрения мероприятий, снижающих динамические нагрузки, данные отклонения при эксплуатации агрегатов в составе двигателя не повторялись.

В процессе эксплуатации авиационной техники отмечались случаи разрушения сетчатых топливных фильтров, в местах контакта сетки и каркаса. Разрушение происходило под действием вибрации из-за недостаточной жесткости конструкции [6].

Вибрация интенсифицирует процесс схватывания трущихся деталей, так возникающие в результате вибраций относительные перемещения сопряженных, трущихся в процессе работы деталей агрегатов, являются распространенными условиями их износа, разрушения и схватывания.

ЦИКЛИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА КОНСТРУКЦИЮ АГРЕГАТОВ АВТОМАТИКИ

Циклическое воздействие температуры, в том числе и криогенной, способно оказать влияние как на элементы уплотнения, в части ресурса их работы, так и на металлические детали агрегатов автоматики ЖРД многократного использования.

В условиях циклического нагружения понижение температуры способствует переходу от вязких процессов к процессам скола (хрупкое разрушение), что приводит к резкому снижению несущей способности конструкции. К применению в данных условиях рекомендуются стали аустенитного класса, не имеющие склонности к охрупчиванию в широком диапазоне температур [8].

Согласно статистике отказов гидравлических систем самолетов и узлов ракетных двигателей, около 60 % из них связано

с уплотнениями агрегатов [12, 13], в связи с чем надежное обеспечение ресурса работоспособности уплотнений агрегатов автоматики ЖРД многократного использования, работающих, в том числе, в условиях высоких рабочих давлений и криогенных температур, может представлять определенную сложность.

Наибольшее число отказов агрегатов во время ресурсных испытаний проявляется на режимах, соответствующих границам температурного диапазона эксплуатации [11]. Данное явление объясняется изменением жесткости (твердости) уплотнительных материалов, что ведет к снижению плотности контакта в месте уплотнения и, как следствие, увеличению утечки [12].

В связи с этим для обеспечения герметичности в условиях криогенных температур удельные давления по местам уплотнений рекомендуется значительно увеличивать, по сравнению с удельными давлениями, необходимыми для обеспечения герметичности при нормальных температурах, так для уплотнительной пары с затвором из латуни ЛЖМц-59-1 и седлом из стали необходимо увеличение удельных давлений в среднем в 3,2 раза [14].

Увеличение удельных давлений может негативно отразиться на герметичности уплотнения в процессе наработки агрегатом ресурса, при этом работа затвора или регулирующего органа с повышенными утечками по месту уплотнения или регулирования при высоких перепадах давления и многократных срабатываниях вызывает ускоренную эрозию уплотняющих или дросселирующих поверхностей [6, 15].

Также необходимо отметить, что при использовании металлических материалов для уплотнений подвижных элементов и затворов агрегатов автоматики не всегда удается добиться высоких значений герметичности, особенно при смене температурных режимов работы, эксплуатации в криогенных компонентах и выполнении многократных срабатываний [4].

УПЛОТНЕНИЯ И ПАРЫ ТРЕНИЯ АГРЕГАТОВ АВТОМАТИКИ ЖРД МНОГОКРАТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

В качестве материалов для уплотнений агрегатов автоматики ЖРД многократного использования рассматриваются неметаллические материалы, нашедшие широкое применение в агрегатах автоматики существующих ЖРД, например – фторопласт-4. Фторопласт-4 химически-термоморозостоек, но при его применении в агрегатах автоматики ЖРД многократного использования необходимо учитывать следующее:

- фторопласт-4 уже при температуре -120 °С переходит в псевдокристалическое (стеклообразное состояние), при этом существенно увеличивается его усадка, возрастает прочность, снижается вязкость и повышается хрупкость;
- манжеты и кольца, выполненные из фторопласта-4, не всегда обеспечивают требуемые значения герметичности при низких рабочих давлениях [11], особенно при многократных срабатываниях агрегата, при этом в сочетании с упругими поджимными элементами герметичность на порядок повышается;
- согласно приведенным в [14] исследованиям при автономной проверке герметичности фторопластовых затворов с уплотнением типа «ласточкин хвост» утечка по затвору после 100 срабатываний на криогенном компоненте не превышала 120 $см^3$/с. При наработке ресурса в 500 срабатываний утечка для клапана с проходным сечением 100 мм достигла 2 л/мин, а с проходным сечением 50 мм – 114 $см^3$/мин. Наиболее вероятной причиной повышения утечки является ухудшение шероховатости уплотнительной поверхности затвора, связанное с множественным количеством отпечатков от седла, поскольку после отогрева и теплого обжатия герметичность иногда восстанавливалась, но затем утечка снова увеличивалась.

- применение фторопласта-4 в условиях ударного контактирования затвора с седлом при давлениях свыше 500 кг/см^2 представляет определенную сложность [4].

Для обеспечения стабильного значения герметичности агрегатов автоматики по месту уплотнения необходима точная центровка уплотняющегося элемента, например, затвора относительно седла. Смещение от центра отпечатка седла затвора даже на 0,05 мм при выполнении многократных срабатываний приводит к увеличению значения утечки по месту уплотнения. Обеспечивая точную центровку, необходимо учитывать, что слишком малые зазоры в направляющих парах могут привести к заклиниванию подвижных элементов при проведении многократных срабатываний агрегата [9]. Рекомендации по выбору зазоров в подвижных парах криогенной арматуры представлены в [12].

Одним из вариантов решения проблемы заклинивания подвижных элементов в агрегатах регулирования является введение элементов дублирования. Для двигателя РД0120 разработки АО КБХА в связи с большим первоначальным значением расхода рабочего тела был разработан шестиплунжерный регулятор расхода. Планировалось, что наличие шести плунжеров в конструкции агрегата будет обеспечивать нормальную работу двигателя даже при зависании трех плунжеров, но после снижения расхода рабочего тела данный регулятор был заменен на одноплунжерный, имеющий меньшую массу [16].

В процессе эксплуатации агрегатов регулирования в составе ЖРД многократного использования необходимо обеспечивать стабильность малых сил трения регулирующих устройств, следящих за изменениями давления. Их нестабильность возможна при схватывании контактирующих поверхностей. Подобные отказы носят внезапный характер и могут самоустраняться, но потом появляться снова [6].

Обеспечение ресурса пар трения шток-направляющая втулка в криогенной арматуре может представлять определенную сложность. При применении однородных материалов, даже при небольших скоростях движения, агрегаты имеют невысокие показатели ресурса по срабатыванию. В связи с чем при разработке пневмоклапанов блока Ц ракеты-носителя «Энергия» использовались пары трения со штоком из стали и направляющей втулкой из бронзы [7], а при разработке пневмоклапанов для двигателя РД0120 АО КБХА применялись штоки из стали и втулки из неметаллического материала, покрытые антифрикционным покрытием.

Проблема обеспечения ресурса подвижных элементов в агрегатах автоматики ЖРД многократного использования связана не только с обеспечением заданного количества перемещений в парах трения, но и с перемещением подвижных систем регуляторов давления, имеющих повышенную чувствительность. Такие системы подвержены воздействию внешних механических нагрузок и пульсаций давления рабочей среды, которые сравнительно легко возбуждают колебания подвижных систем, за счет этих колебаний фактическое число циклов перемещений подвижных систем регуляторов давления может многократно отличаться от планируемого числа перемещений, возникающих под действием изменений давления среды на входе в регулятор. Согласно данным, представленным в [6, 8], отказы регуляторов давления, связанные с данной проблемой, могут проявляться при эксплуатации после нескольких сотен циклов изменения давления среды на входе в регулятор.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ возможных проблем и особенностей эксплуатации (засорение посторонними частицами, воздействие динамических нагрузок, циклическое воздействие температуры, обеспечение ресурса уплотнений и подвижных элементов) агрегатов автоматики в составе ЖРД многократного использования показывает направления теоретических, а также экспериментальных исследований, с возможной автономной отработкой отдельных элементов конструкции агрегатов автоматики, которые позволят снизить вероятность возникновения отказов и отклонений в работе агрегатов автоматики при их эксплуатации в составе ЖРД многократного использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ефимочкин А. Ф., Рачук В. С., Шостак А. В**. Жидкостный ракетный двигатель для многоразовой ракетно-космической системы // Научно-технический журнал Авиакосмическая техника и технология. 2010. № 4. С. 26–36. **[** A. F. Efimochkin, V. S. Rachuk., A. V. Shostak, "Liquid rocket engine for reusable rocket and space system", (in Russian), in Nauchno-tekhnicheskij zhurnal Aviakosmicheskaya tekhnika i tekhnologiya, no. 4, pp. 26-36, 2010. **]**

2. **Клепиков И. А**. Выбор энергомассовых характеристик маршевых многоразовых ЖРД на сжиженном природном газе. Дисс. на соискание ученой степени доктора техн. наук: 05.07.05. Москва, 2005. 391 с. **[** I. A. Klepikov, "The choice of energy-mass characteristics of the main reusable rocket engines on liquefied natural gas", Thesis for the degree of doctor of technical sciences, p. 391, 2005. **]**

3. **Lessons** Learned from the Space Shuttle Engine Hydrogen Flow Control Valve Poppet Breakage / H. E. Martinez et. al. // American institute of aeronautics and astronautics journal. 2011. P. 26. **[** H. E. Martinez et. al., "Lessons Learned from the Space Shuttle Engine Hydrogen Flow Control Valve Poppet Breakage", in *American institute of aeronautics and astronautics journal,* p. 391, 2011. **]**

4. **Жуковский А. Е**. Основы создания агрегатов автоматики пневмогидравлических систем летательных аппаратов и двигателей. Часть II. Обеспечение качества динамических процессов и устойчивости систем с агрегатами управления и регулирования. Издательство НПО Импульс, 1995. 215 с. **[** A. E. Zhukovsky, *Basis for the creation of the control units for the pneumatic-hydraulic systems of aircraft and engines. Part II. Quality assurance of dynamic processes and stability of systems with control and regulation units,* (in Russian). Publishing house NPO Impulse, 1995. **]**

5. **Васильев В. А**. Исследование гидравлических характеристик фильтров различных конструктивных форм для пневмогидравлических систем жидкостных ракетных двигателей. Дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.07.05. Воронеж, 1991. 119 с. **[** V. A. Vasiliev, "Investigation of hydraulic characteristics of filters of various structural forms for pneumatic-hydraulic systems of liquid rocket engines", Thesis for the degree of candidate of technical Sciences, p. 119, 1991. **]**

6. **Аксенов А. Ф., Лозовский В. Н.** Износостойкость авиационных топливно-гидравлических агрегатов. М.: Транспорт, 1986. 240 с. **[** A. F. Aksenov, V. N. Lozovsky, *Wear resistance of aviation fuel-hydraulic units*, (in Russian). Moscow: Transport, 1986. **]**

7. **Сазанов В. П.** Обеспечение прочности и надежности функционирования криогенных пневмоклапанов сверхтяжелого ракетоносителя. Дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук: 01.02.06. Самара, 2010. 184 с. **[** V. P. Sazanov, "Ensuring the strength and reliability of cryogenic pneumatic valves of superheavy launch vehicle", Thesis for the degree of candidate of technical Sciences, p. 184, 2010. **]**

8. **Хильчевский В. В., Ситников А. Е., Ананьевский В. А.** Надежность трубопроводной пневмогидроарматуры. М.: Машиностроение, 1989. 205 с. **[** V. V. Khilchevsky, A. E. Sitnikov, V. A. Ananevsky, *Reliability of pipeline pneumatic-hydraulic fixture,* (in Russian). Moscow: Mechanical Engineering, 1989. **]**

9. **Бугаенко В. Ф.** Пневмоавтоматика ракетно-космических систем. М.: Машиностроение, 1979. 168 с. **[** V. F. Bugaenko, *Pneumoautomatic rocket–space systems,* (in Russian). Moscow: Mashinostroenie, 1979. **]**

10. **Математическое** моделирование гидроударных явлений в магистралях с отсечными клапанами / Б. М. Баринштейн и др. // Научно-технический юбилейный сборник 60 лет КБХА. Издательство НПФ. Воронеж, 2001. С. 202–206. **[** B. M. Barinstein et. al., *Mathematical modeling of hydraulic shock phenomena in pipelines with cut-off valves*, (in Russian). Nauchno-tekhnicheskij yubilejnyj sbornik 60 let KBHA. Izdatel'stvo NPF, 2001. **]**

11. **Эдельман А. И.** Топливные клапаны жидкостных ракетных двигателей. М.: Машиностроение, 1970. 240 с. **[** A. I. Edelman, *Fuel valves of liquid propellant rocket engines,* (in Russian). Moscow: Mechanical Engineering, 1970. **]**

12. **Чегодаев Д. Е., Мулюкин О. П**. Гидропневмотопливные агрегаты и их надежность. Куйбышевское книжное издательство, 1990. 104 с. **[** D. E. Chegodaev, O. P. Mulyukin, *Hydropneumatic fuel units and their reliability,* (in Russian). Kuibyshev book publisher, 1990. **]**

13. **Жуковский А. Е.** Основы создания агрегатов автоматики пневмогидравлических систем летательных аппаратов и двигателей. Часть I. Обеспечение конструкторской надежности и технологичности агрегатов. Издательство НПО Импульс, 1993. 375 с. **[** A. E. Zhukovsky, *The basis for the creation of the control units of pneumatic-hydraulic systems of aircraft and engines. Part I. Ensuring the design reliability and manufacturability of units,* (in Russian). Izdatel'stvo Impuls, 1993. **]**

14. **Романенко Н. Т., Куликов Ю. Ф.** Криогенная арматура. М.: Машиностроение, 1978. 110 с. **[** N. T. Romanenko, Yu. F. Kulikov, *Cryogenic valves*, (in Russian). Moscow: Mechanical Engineering, 1978. **]**

15. **Казинер Ю. Я., Слободкин М. С.** Арматура систем автоматического управления. М.: Машиностроение, 1977. 136 с. **[** Yu. Ya. Kaziner, M. S. Slobodkin, *Fittings of automatic control systems,* (in Russian). Moscow: Mechanical Engineering, 1977. **]**

16. **Терехов Н. Т.** Создание и совершенствование агрегатов регулирования. Научно-технический юбилейный сборник 60 лет КБХА, Издательство НПФ Воронеж 2001. С. 397–409. **[** N. T. Terekhov, *Creation and improvement of control units*, (in Russian). Nauchno-tekhnicheskij yubilejnyj sbornik 60 let KBHA. Izdatel'stvo NPF, 2001. **]**

ОБ АВТОРАХ

ЕФИМОЧКИН Александр Фролович, проф. каф. РД ВГТУ д-р техн. наук по ЖРД, ведущий конструктор темы АО КБХА. Иссл. в обл. разработки и испытаний ЖРД различного назначения, в том числе и многократного использования.

ЛОСКУТОВ Иван Павлович, асп. каф. РД ВГТУ, инж.-констр. АО КБХА, Дипл. ВГЛТУ инж.-механик 2007 г. Готовит дис. в обл. обеспечения ресурсных и функциональных характеристик агрегатов автоматики ЖРД многократного использования.

METADATA

Title: The control units in liquid rocket engines of multiple use. possible problems during operation and structural features

Authors: A. F. Efimochkin A. S.[1], I. P. Loskutov[2]

Affiliation:

Chemical Automatics Design Bureau (CADB), Russia.

Email: [1]rd-vgtu@mail.ru, [2]ivlosk@mail.ru

Language: Russian.

Source: Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 23, no. 3 (85), pp. 55-61, 2019. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

Abstract: The article presents the analysis of the operation experience of the units of automation of multiple action, mainly rocket engine, performed to identify the possible causes of deviations or failures of automation units during their operation in the rocket engine of multiple use. The article lists the causes of deviations or failures of automation units that may occur during their operation as part of the multiple-use rocket engine. The article gives some recommendations, including constructive ones, to reduce the probability of deviations or deviations in the work of automation units during their operation as part of the multiple-use rocket engine.

Key words: Rocket engine of repeated use, the control units; resource; blockage; dynamic loads; water hammer; seals; friction vapor.

About authors:

EFIMOCHKIN, Alexander Frolovich, Professor, Dr of Tech. Sci.of RD VSTU, the leading designer of rocket engine CADB.

LOSKUTOV, Ivan Pavlovich, post-graduate student RD VSTU., design engineer CADB, Dipl. mechanical engineer VSUFT 2007.