

2. А.с. № 191280 (СССР). Амортизатор /Бузицкий В.Н. и др.-Опубли. в Б.И., 1967, № 3.

3. Лазуткин Г.В., Трубин В.Н., Тройников А.А. О подобия диссипативных систем по упругофрикционным характеристикам. - В сб.: Вибрационная прочность и надежность двигателей и систем летательных аппаратов. - Куйбышев: КуАИ, 1975, вып. 4, с. 3-8.

4. Лазуткин Г.В., Трубин В.Н. Экспериментальные статические и динамические характеристики амортизаторов типа ДК. - В сб.: Вибрационная прочность и надежность двигателей и систем летательных аппаратов. - Куйбышев: КуАИ, 1976, вып. 3, с. 32-37.

5. Тройников А.А., Трубин В.Н., Лазуткин Г.В. К вопросу об упругодемпфирующих свойствах материала МР. - В сб.: Вибрационная прочность и надежность двигателей и систем летательных аппаратов. - Куйбышев: КуАИ, 1975, вып. 2, с. 60-65.

6. Бузицкий В.Н., Иванов В.П., Пичугин А.Д. Некоторые вопросы исследования амортизаторов. - Науч. тр. /Куйбыш. авиац. ин-т, 1967, вып.30. Вибрационная прочность и надежность двигателей и систем летательных аппаратов, с.206-214.

УДК 629.7.048.7-62

О.П.М у л ь к и н

РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ  
КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПРИЕМОВ  
ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ АГРЕГАТОВ АВТОМАТИКИ  
СИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ  
НА ЭТАПАХ ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ

Функциональная надежность и ресурс затворов автоматических клапанов определяются в первую очередь усилием герметизации в зоне уплотнения [1]. В автоматических клапанах, используемых в объектах с высокими параметрами рабочих сред, повышенные усилия герметизации достигаются при помощи силовых пружин, однако рост усилия герметизации в зоне уплотнения снижает ресурс затворов. Стремление разгрузить затворы автоматических клапанов от воздействия входного давления осуществляется разработчиками самыми разнообразными методами и устройствами [2, 3]. Однако следует отметить, что к настоящему времени в промышленности практически не ведется планомерной работы по разгрузке затворов автоматических клапанов от воздействия пружинных эле-

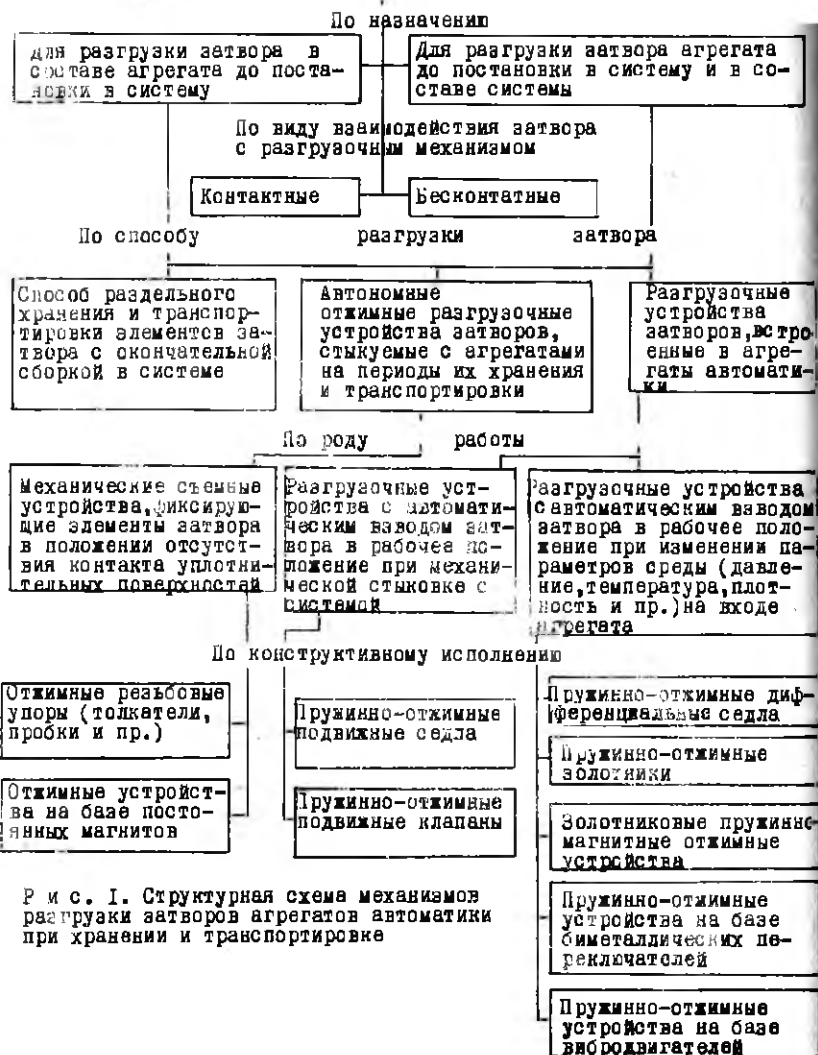
ментов в условиях хранения и транспортировки вне и в составе систем летательных аппаратов (ЛА). Необходимости подобной разгрузки особенно очевидна для высоконагруженных затворов со значительным удельным давлением в зоне контакта седла с клапаном. Очевидно также, что в нагруженном пружинной уплотнителе затвора ускоренно протекают релаксационные и адгезионные процессы, приводящие к преждевременному старению уплотнителя затвора при хранении. Кроме того, наличие знакопеременных нагрузок на затворе автоматического клапана вследствие транспортировки создает дополнительные силы, приложенные к уплотнительным поверхностям затвора. Эти силы способны вызвать "раскачку" затвора, сопровождающуюся, как правило, периодическими ударами клапана о седло, которые вызывают механический износ (повреждение) уплотняющих поверхностей затвора еще до работы в составе изделия [4]. В свете изложенного комплексное решение задачи повышения надежности работы автоматических клапанов невозможно без обеспечения сохранности заданной работоспособности затворов клапанов на этапах хранения и транспортировки вне и в составе систем ЛА.

В результате проведенного анализа нашедших применение, опробуемых и исследуемых методов и устройств разгрузки затворов агрегатов при хранении и транспортировке вне и в составе систем ЛА как в отечественной промышленности, так и за рубежом была разработана структурная схема классификации методов и разгрузочных устройств по основным признакам (рис. 1). Возможные конструкции механизмов разгрузки затворов агрегатов автоматики в соответствии с разработанной структурной схемой представлены на рис. 2.

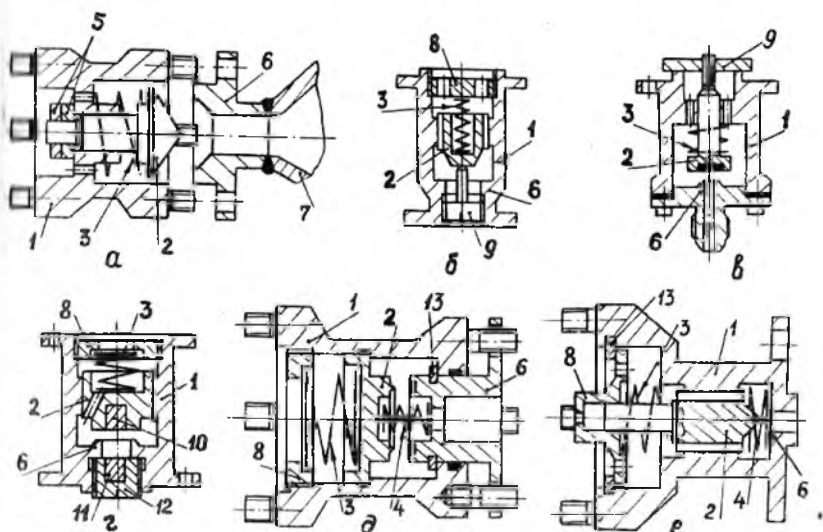
По виду взаимодействия затворов с разгрузочными механизмами последние следует подразделять на контактные (КМР) и бесконтактные (БМР) механизмы разгрузки. К КМР относятся механизмы, в которых разгрузка элементов затвора от воздействия пружин на периоды хранения и транспортировки осуществляется за счет механического контакта силового элемента механизма разгрузки с затвором. Другие типы механизмов, в которых отсутствует механический контакт затвора с разгрузочным элементом при хранении и транспортировке агрегатов, относятся к БМР.

Следует выделить три основных способа разгрузки затвора. Первый (наиболее известный) способ заключается в раздельном хранении и транспортировке элементов затвора с окончательной сборкой их в системе (рис. 2, а). Способ конструктивно несложен, но требует проведения конструкторско-технологических мероприятий по защите открытых уплотняющих поверхностей клапана и седла от повреждений при хранении и транспортировке. Указанная защита обычно осуществляется постановкой

Механизмы разгрузки уплотнительных поверхностей затворов агрегатов автоматики при хранении и транспортировке



Р и с. 1. Структурная схема механизмов разгрузки затворов агрегатов автоматики при хранении и транспортировке



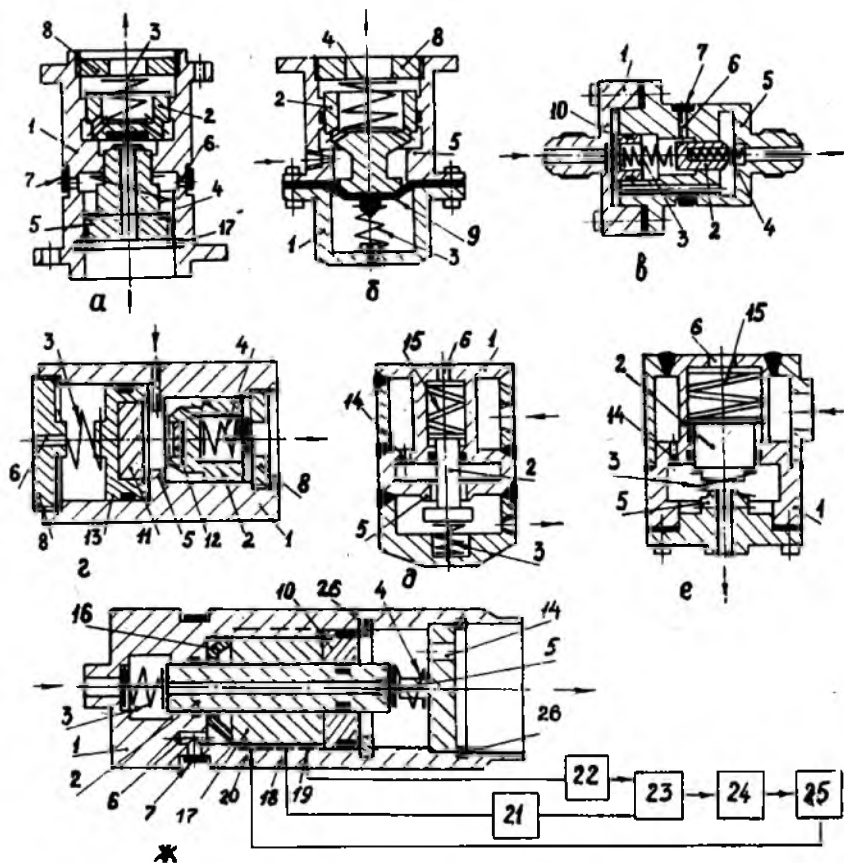
Р и с. 2. Механизмы разгрузки затворов при хранении и транспортировке агрегатов до постановки в систему: а - раздельное хранение и транспортировка элементов затвора с окончательной сборкой в системе; б, в - автономные контактные отжимные резьбовые упоры; г-автономное бесконтактное отжимное устройство на базе постоянных магнитов; д - встроенное бесконтактное разгрузочное устройство с пружинно-отжимным подвижным седлом; е - встроенное бесконтактное разгрузочное устройство с пружинно-отжимным подвижным клапаном: 1-корпус; 2-клапан; 3, 4 - пружина; 5-гайка; 6-седло; 7-магистраль системы; 8-пружинный подпятник; 9-съемный (резьбовой) толкатель; 10, 11 - постоянный магнит; 12-державка магнита; 13-упор

защитных заглушек, снимаемых при установке элементов затвора в систему. Второй способ разгрузки затвора основан на применении автономных отжимных разгрузочных устройств, которые стыкуются с агрегатами на периоды их хранения и транспортировки и демонтируются с агрегатов при постановке последних в систему. Принцип действия таких конструкций основан на наличии в них механических съемных элементов, фиксирующих седло и клапан в расстыкованном положении. Конструктивно это достигается применением либо съемных упорных колец, охватывающих седло и регулирующих нагрузку на уплотнительные поверхности затвора [5], либо отжимных резьбовых упоров в виде толкателей, пробок и других элементов (рис. 2, б, в), либо отжимных элементов на базе постоянных магнитов (рис. 2, г).

В последние годы опробуется новый способ разгрузки затворов, основанный на применении механизмов разгрузки, встроенных в агрега-

ты автоматики (ВМР). По роду работы ВМР можно подразделить на два типа. К первому типу относятся разгрузочные устройства с автоматическим переключением затвора в рабочее положение при механической стыковке с магистралью системы. Устройства данного типа предназначены для разгрузки затворов при хранении и транспортировке только в составе агрегата до их постановки в систему. Конструктивно это достигается применением пружинно-отжимных подвижных седел (рис. 2, а) [6] или пружинно-отжимных подвижных клапанов (рис. 2, б). В этих устройствах отсутствует механический контакт между уплотнительными поверхностями элементов затвора вследствие наличия между ними регламентированного зазора, устраняемого при стыковке агрегата с магистралью системы. Ко второму типу ВМР относятся разгрузочные устройства с автоматическим взводом разгруженного затвора в рабочее положение при изменении параметров среды (давления, температуры, плотности, электропроводности и пр.) на входе агрегата, предназначенные для разгрузки затвора агрегата до постановки в систему и в составе системы. Это прежде всего ВМР на базе пружинно-отжимных дифференциальных седел (рис. 3, а), включающие отжимное от клапана при помощи дополнительной пружины дифференциальное седло. При подаче на вход такого устройства давления на систему седло, в силу своей дифференциальности, переместится на заданный вперед ход, преодолевая усилие разгрузочной пружины, в рабочее положение. На этом принципе основана также работа пружинно-отжимных золотниковых устройств на базе поршневых (рис. 3, в) и мембранных (сильфонных) дополнительных элементов (рис. 3, б). Конструктивным многообразием обладают и золотниковые пружинно-магнитные устройства (рис. 3, г), принцип действия которых основан на эффекте "отталкивания" одноименных полюсов постоянных магнитов. Использование указанного эффекта позволяет исключить контакт седла с клапаном при хранении и транспортировке агрегата и в то же время обеспечить этот контакт за счет энергии входного давления, которое вызовет перемещение встроенного в золотник постоянного магнита на расстояние, исключаящее его воздействие на магнит, связанный с клапаном. Особую группу механизмов разгрузки образуют пружинно-отжимные устройства на базе биметаллических пружинных переключателей (рис. 3, д, е). Принцип их работы основан на использовании свойства биметаллов значительно изменять размеры и упругость при изменении температуры.

Конструктивное исполнение таких устройств основано на размещении биметаллических переключателей на входе агрегата и введении их в контакт с клапаном. Причем необходимо обеспечить, чтобы усилие пружинного элемента было противоположно по направлению усилию биметаллического переключателя и превышало последнее по величине при отсут-



Р и с. 3. Механизмы разгрузки затворов при хранении и транспортировке агрегатов до постановки в систему и в составе системы: а-встроенное бесконтактное разгрузочное устройство с пружинно-отжимным дифференциальным седлом; б, в-встроенные бесконтактные разгрузочные устройства на базе пружинно-отжимных золотников; г-встроенное бесконтактное золотниковое пружинно-магнитное отжимное устройство; д, е-встроенные бесконтактные разгрузочные устройства на базе биметаллических пружинных переключателей; ж-встроенное бесконтактное разгрузочное устройство на базе вибродвигателя: 1-корпус; 2-клапан; 3, 4-пружина; 5-седло; 6-дренажный канал; 7-пылеулавливающее кольцо; 8-пружинный подпятник; 9-мембрана; 10-поршень; 11, 12-постоянный магнит; 13-державка магнита поршневого типа; 14-соединительный канал; 15-пакет пружинных пластин из биметалла; 16-тарельчатая пружина; 17-пьезоэлектрический преобразователь; 18, 19-измерительные электроды; 20-рабочий электрод; 21, 22-усилители зарядов; 23-схема сравнения; 24-схема запуска генератора; 25-генератор высокочастотных электрических колебаний; 26-упор

ствии рабочей среды на входе (при температуре хранения и транспортировки), но было меньше усилия биметаллического переключателя при подводе среды с заданной рабочей температурой. Этот принцип разгрузки затворов может быть использован в конструкциях агрегатов автоматизации для высокотемпературных сред (см. рис. 3, е). Обратное соотношение усилий, развиваемых биметаллическим переключателем и пружинным элементом в исходном положении и при смене температуры, выбирается для конструкций разгрузочных устройств криогенных агрегатов (см. рис. 3, д [7]). На рис. 3, ж приведен схемный вариант использования в автоматическом клапане разгрузочного устройства затвора с вибродвигателем. Конструкция включает размещенный в корпусе I откатый от седла 5 при помощи пружин 3, 4 уплотненный уравнивающий клапан 2. Клапан размещен внутри пьезоэлектрического преобразователя I7, выполненного в виде полого цилиндра из пьезокерамики (например, типа ЦТС-19). Преобразователь поляризован в радиальном направлении и соединен соосно с корпусом и клапаном так, чтобы обеспечивался акустический контакт. Внутренний электрод преобразования заземлен, а внешний разделен на три кольцевых части: рабочий электрод 20, занимающий по площади 90% от внешнего электрода, и измерительные электроды 18 и 19, равные по площади друг другу. Электроды подсоединены через усилители зарядов 21, 22 к схеме сравнения 23; к ее выходу подключена схема запуска 24 генератора высокочастотных электрических колебаний 25, питающего преобразователь I7 через рабочий электрод 20. Работа устройства основана на том, что при появлении входного давления из системы происходит деформирование корпуса I и преобразователя I7, фиксируемое электродами 18, 19. После усиления зарядов на усилителе 21, 22 происходит сравнение величин зарядов в схеме сравнения 23, которая выдает командный сигнал на схему запуска 24. Схема запуска приводит в действие генератор 25, который через электрод 20 выдает генерируемые колебания на преобразователь I7. В местах контакта корпуса I и направляющей поверхности клапана 2 возбуждаются динамические смещения, приводящие к перемещению клапана 2. В результате клапан 2, преодолевая усилие пружины 4, занимает рабочее положение ("садится" на седло 5). При снятии входного давления происходит отход клапана от седла, чем достигается разгрузка уплотнительных поверхностей затвора в нефункционирующей системе. Принципы конструирования и расчета вибродвигателей обстоятельно освещены в работе [8].

Алгоритм выбора типа и конструкции механизма разгрузки затвора автоматического клапана системы ДА при хранении и транспортировке представлен на рис. 4. Следует отметить, что более универсальными являются разгрузочные устройства, обеспечивающие разгрузку затворов агрегатов

Анализ технического задания на проектирование агрегата автоматической системы ДА с заданными надежностью, ресурсом и быстродействием

Определение конструктивных параметров и потребного усилия герметизации элементов затвора, характера и степени динамического нагружения при заданных условиях хранения и транспортировки агрегата вне и в составе системы ДА

Анализ статического нагружения элементов затвора пружинным элементом при заданных условиях хранения агрегата вне и в составе системы ДА с учетом случайных динамических нагружений в процессе хранения /удары при погрузочных работах и пр./

Анализ динамического нагружения агрегата /вибрация, удар и иные механические воздействия с амплитудой ускорения, соответствующей виду используемого транспортного средства/при транспортировке вне и в составе системы ДА

Данные экспериментальных исследований работоспособности затвора спроектированного агрегата

Данные результатов эксплуатации аналогичных конструкций затворов серийных агрегатов

Анализ сохраняемости работоспособности принятой конструкции затвора агрегата при хранении вне и в составе системы ДА

Анализ сохраняемости работоспособности принятой конструкции затвора агрегата при транспортировке вне и в составе системы ДА

Принятие решения о выборе типа разгрузочного устройства затвора агрегата при хранении и транспортировке/разгрузка затвора в составе агрегата до постановки в систему ДА либо разгрузка затвора в составе агрегата до и после постановки в систему ДА/

Принятие решения о выборе конструкции принятого типа разгрузочного устройства с учетом конструктивного исполнения агрегата и условий его эксплуатации в составе системы ДА и обеспечения заданной надежности и минимальных массогабаритных характеристик агрегата автоматической системы

Р и с.4. Алгоритм выбора типа и конструкции механизма разгрузки затвора автоматического клапана системы ДА при хранении и транспортировке



как до их постановки в систему, так и в составе системы (см.рис.3). Необходимо отметить также, что конструктивной простотой и более высокой надежностью обладают устройства, обеспечивающие разгрузку затворов только в составе агрегата до постановки в систему (см.рис.2).

Представленные в работе рекомендации по выбору типа и конструкции разгрузочных устройств агрегатов автоматики систем ДА при хранении и транспортировке вне и в составе ДА, а также сведения об особенностях их эксплуатации в составе агрегатов и систем являются результатом обобщения и анализа накопленного к настоящему времени в промышленности опыта по проектированию и эксплуатации устройств такого рода [9].

### Л и т е р а т у р а

1. Кондрашов Ю.И., Квасов В.М., Мулюкин О.П. Исследование герметичности запорных пар конусного типа на основе поликарбонатных смол в прямоточной управляемой криогенной арматуре. - В кн: Бюллетень научно-технической информации. Физико-технические проблемы Севера. Якутск. Якутский филиал СО АН СССР, декабрь 1982, с. 36-43.

2. Башта Т.М. Гидравлические приводы летательных аппаратов. - М.: Машиностроение, 1967, с. 242-246.

3. А.с. 1000652 (СССР). Предохранительный клапан /О.П.Мулюкин, Ю.И.Кондрашов, Е.В.Затуловский. - Оpubл. в Б.И., 1983, № 8.

4. Ильинский В.С. Защита аппаратов от динамических воздействий. - М.: Энергия, 1970, с. 3-5.

5. Пат. США № 3945607. Клапан, кл. 25I-357, 1976.

6. Заявка № 3644888/25-08. Затвор с механизмом разгрузки при хранении и транспортировке. /Ю.И.Кондрашов, О.П.Мулюкин, И.Н.Рыжинский, П.Ю.Жидюкас, А.Е.Пацявичюс. - Положительное решение от 28.03.84.

7. Заявка № 3732411/24. Дренажно-предохранительное устройство для криогенной системы. /Ю.И.Кондрашов, О.П.Мулюкин, С.Д.Барас, Д.Е.Чегодаев, Н.И. Стенанов. - Положительное решение от 20.09.84.

8. Бансявичюс Р.Ю., Рагульскис К.М. Вибродвигатели. - Вильнюс: Моклас, 1981. - 245 с.

9. Чегодаев Д.Е., Кондрашов Ю.И., Мулюкин О.П. Конструирование и расчет механизмов разгрузки затворов автоматических клапанов при хранении и транспортировании. - В сб.: Проектирование и эксплуатация промышленных гидроприводов и систем гидропневмоавтоматики. Тез. докл. к зональной конференции. Пенза: ПДНТП, 1984, с. 39-40.