

## Раздел 3

### Системы автоматического регулирования давления в гермокабине самолёта

#### 1. Общие положения

Гермокабины самолётов надуваются от компрессоров двигателей, обеспечивающих необходимое количество воздуха для вентиляции и обогрева и давление воздуха, нужное для нормальной работы агрегатов системы кондиционирования (СКВ).

Наддув увеличивает давление в гермокабине. Оно регулируется изменением количества выпускаемого из кабины воздуха системой автоматического регулирования давления (САРД). Обе системы СКВ и САРД называются системами жизнеобеспечения.

В нормах лётной годности, исходя из физиологических возможностей человека, устанавливается минимальное абсолютное давление воздуха в кабине на высоте крейсерского полёта не ниже 567 мм. рт. ст., что соответствует высоте 2400 м; скорость изменения давления в кабине не должна превышать 0,18 мм рт. ст./с (24 Па/с). Большая скорость изменения давления вызывает болезненную реакцию среднего уха. При быстром снижении давления возникают боли в желудочно-кишечном тракте из-за расширения газов.

В нормах лётной годности АП-25 также сказано, что «Если запрашивается сертификат для полётов на высоте свыше 7600 м, в кабине самолёта должно поддерживаться давление, эквивалентное высоте не более 4500 м (~ 432 мм рт. ст.) в случае любого вероятного отказа или неисправности системы регулирования давления».

Скорость изменения давления в кабине  $\frac{dp_k}{d\tau}$  связана с вертикальной скоростью самолёта  $V_y$

$$\frac{dp_k}{d\tau} = \frac{\partial p_k}{\partial \tau} \frac{\partial H}{\partial H} = \frac{\partial p_k}{\partial H} \frac{\partial H}{\partial \tau} = \frac{\partial p_k}{\partial H} V_y,$$

где  $\partial p_k / \partial H$  отражает наклон кривой  $p_k = f(H)$ , а  $V_y$  – вертикальная скорость самолёта.

Или, если на больших высотах полёта  $\partial p_k / \partial H = \partial p_H / \partial H$ , то

$$\frac{dp_k}{d\tau} \frac{1}{dH} = \frac{dp_H}{dH}, \quad \frac{dp_k}{d\tau} = \frac{dp_H}{dH} V_y.$$

Так как  $\frac{dp_H}{dH}$  представляет собой объёмный вес  $\gamma_{вн}$  атмосферного воздуха на высоте  $H$ , получаем  $V_y = \frac{dp_k}{d\tau} / \gamma_{вн}$ .

При заданном  $\frac{dp_k}{d\tau} = 0,18 \text{ мм рт. ст./с} = D$  можно найти допустимую вертикальную скорость самолёта, обеспечивающую необходимую скорость изменения давления в кабине. Скороподъёмность самолёта уменьшается с увеличением высоты из-за уменьшения плотности воздуха.  $\frac{dp_k}{d\tau} = 0,18 \text{ мм рт. ст./с}$  достигается при вертикальной скорости у земли, равной 2 м/с.

У существующих самолётов  $V_y$  на небольших высотах больше, чем  $V_{y \text{ доп}}$ , а на больших меньше.

Из последнего выражения  $\frac{dp_k}{d\tau} = 0,18 \text{ мм рт. ст./с} = D$  можно получить минимальное время снижения, позволяющее экономить топливо

$$\tau_{\min} = \frac{P_{H=0} - P_{H=H_{кр}} - \Delta P_{\text{клизб}}}{D},$$

$$V_{y \text{ опт}} = \frac{H_{кр}}{\tau_{\min}} = \frac{H_{кр} D}{P_{H=0} - P_{H=H_{кр}} - \Delta P_k}.$$

## 2. Программа изменения давления в гермокабине самолёта

На большинстве пассажирских самолётов закон изменения давления в гермокабине (рис. 139) имеет зону АВ постоянного абсолютного давления и зону ВС - постоянного избыточного давления, т.е. расстояние по вертикали между кривой ВС и кривой 1, представляющей международную стандартную атмосферу, постоянно (они параллельны) и равно избыточному давлению в гермокабине  $\Delta p_{\text{клизб}}$ . Его нетрудно найти из условия: по нормам лётной годности на высоте крейсерского полёта  $H_{кр}$  давление в кабине не должно быть ниже 567 мм рт. ст., отсюда

$$\Delta p_{\text{клизб}} = 567 \text{ мм рт. ст.} - p_{H_{кр}},$$

где  $p_{H_{кр}}$  - атмосферное давление на высоте крейсерского полёта.

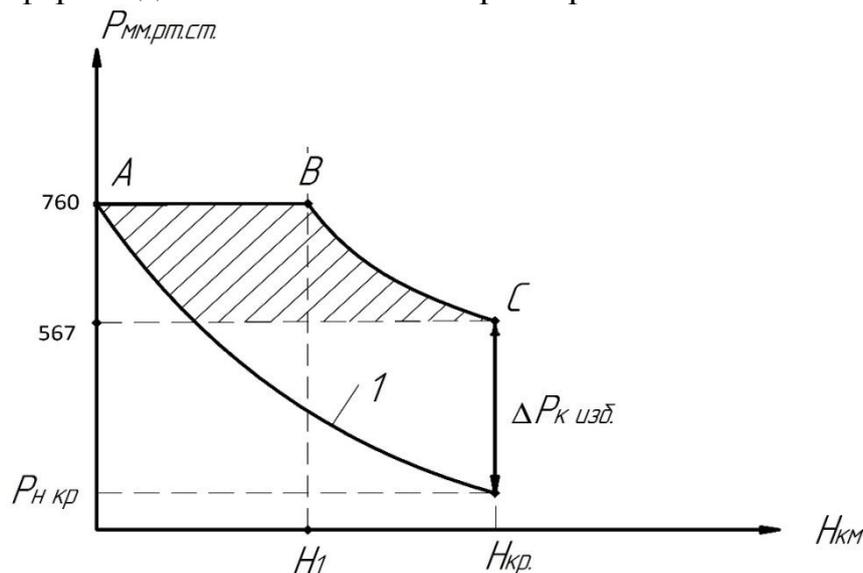


Рис. 139. Закон изменения давления в гермокабине

Увеличение  $\Delta p_{к\text{ изб}}$  приводит к увеличению прочности и массы фюзеляжа.

Абсолютное давление поддерживается до определённой высоты  $H$ . При её увеличении увеличивается опасность декомпрессионных расстройств в организме человека при аварийной разгерметизации на больших высотах и увеличивается масса конструкции.

На рис. 139 заштрихована область допустимых изменений давлений.

Так как вертикальная скорость самолёта при подъёме и снижении влияет на изменение давления в гермокабине, из-за инерционности системы при подъёме со скоростью  $V_y$  больше допустимой давление в кабине будет больше величины, определяемой законом изменения (рис.139), а при снижении со скоростью  $V_y$  выше допустимой давление в кабине будет ниже, чем должно быть по этому закону.

### 3. Типовая пневматическая система регулирования давления

Регуляторы давления могут быть пневматическими, сделанными с использованием элементов пневмоники, электропневматическими и электрическими.

Широкое распространение получили пневматические регуляторы. Они имеются на самолётах Ту-154, Ил-62, Ил-76 и в качестве аварийной системы на самолётах Ил-86 и Як-42.

Стремление к увеличению точности регулирования, быстродействия, автоматизации и уменьшению массы привело к созданию на самолётах Ил-86, Як-42 и Ил-96 основной электропневматической автоматической системы регулирования давления. На самолётах Ил-96 и Ту-204 используются устройства, сделанные из элементов пневмоники.

В пневматических системах достаточно просто конструктивно удовлетворяются требования программы изменения давления (рис.139). Такая система непрямого действия состоит из двух типов элементов: командных приборов 1 (рис. 140) и выпускных клапанов 2, связанных между собой трубопроводом 3. Обычно командных приборов два: основной и дублирующий. Количество выпускных клапанов определяется объёмом кабин, количеством подаваемого в кабину воздуха и другими факторами.

В соответствии с тем, что закон регулирования давления имеет две зоны: зону постоянного абсолютного давления (прямая АБ, рис. 139) и постоянного избыточного давления (кривая ВС), в командном приборе есть узлы абсолютного давления (обеспечивает первую зону) и избыточного давления (обеспечивает вторую зону). Узел абсолютного давления состоит из вакуумного сильфона 4, тяги 5, пружины 6, мембраны 7 и игольчатых клапанов 8 и 9. В узле избыточного давления также имеются сильфон 10, сообщающийся с атмосферой трубопроводом 11, тяга 12, пружина 13 и клапан 14. Как видно, узлы отличаются типами сильфонов: в узле абсолютного давления имеется вакуумный силь-

фон, внутри которого давление практически равно нулю и деформирующийся под действием абсолютного давления, а в узел избыточного давления входит сильфон, внутренняя полость которого соединена с атмосферой. Поэтому он деформируется под действием разницы давлений: давления, действующего на внешнюю поверхность (давления в кабине), минус атмосферное давление, находящееся внутри, то есть под действием избыточного давления (как известно, избыточное давление - это измеряемое давление минус атмосферное).

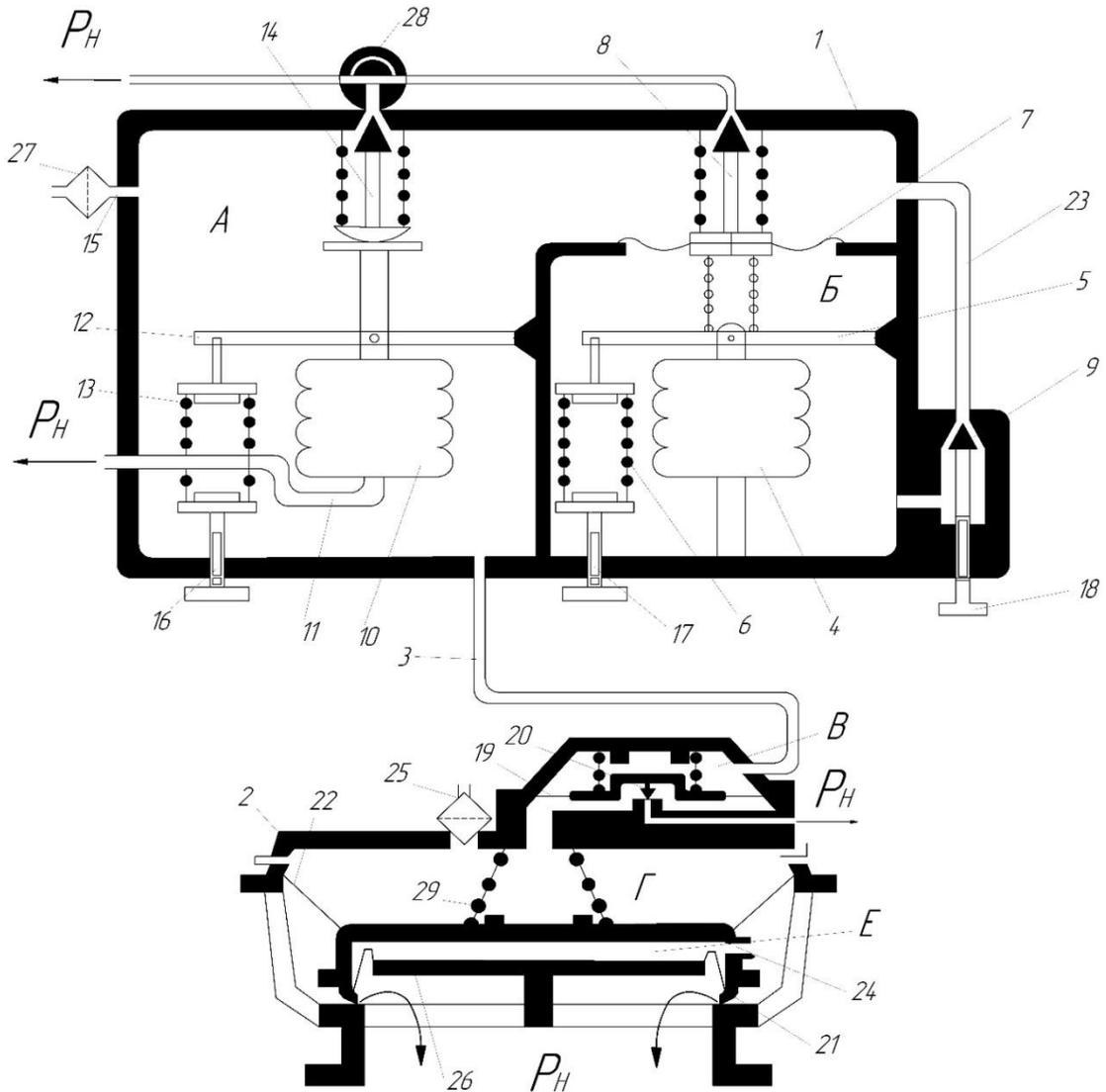


Рис. 140. Схема типовой пневматической системы

С помощью ручки 16 изменяется натяжение пружины 13 и прибор настраивается на заданное избыточное давление, а с помощью ручки 17 регулируется натяжение пружины 6 и задаётся давление начала герметизации. Рукояткой 18 перемещается игольчатый клапан 9, чем ограничивается скорость нарастания давления в кабине.

В выпускном клапане имеются мембрана 19 с игольчатым клапаном 20 и тарельчатый клапан 21 с мембраной 22.

Система регулирования давления работает совместно с системой кондиционирования воздуха: воздух, отбираемый от двигателя, пройдя через систему кондиционирования, поступает в гермокабину, из-за чего давление в кабине увеличивается. Внутренняя полость А командного прибора соединена с кабиной через дроссель 15, поэтому в ней давление практически равно кабинному, то есть тоже увеличивается. В начале подъёма самолёта давление в сильфоне 10 будет почти равно кабинному, он будет достаточно жестким и при повышении давления будет деформироваться вакуумный сильфон 4, давление к которому из полости А по трубопроводу 23 передаётся в полость Б. Если давление в кабине станет больше заданного (рис. 139, прямая АВ), усилие, создаваемое на сильфоне 4, станет больше усилий пружин, вакуумный сильфон сожмется, в результате чего клапан 8 переместится вниз и соединит полость А с атмосферой, то есть давление в этой полости падает. По трубопроводу 3 это давление передаётся в полость В повторителя, находящегося над выпускным клапаном. Это понижение давления приводит к перемещению вверх мембраны с игольчатым клапаном 20, который отходит от отверстия и соединяет таким образом с атмосферой полость Г, находящуюся над тарельчатым выпускным клапаном 21. Давление в связи с этим в полости Г понижается, а на мембрану 22 снизу действует кабинное давление, то есть снизу давление больше, чем сверху, поэтому клапан 21 поднимается и воздух из кабины начинает двигаться в атмосферу. Давление в кабине и в полости А при этом понижается, сильфон 4 разжимается и клапан 8 закрывается. Наддув воздуха приводит к увеличению давления в полостях А, Г (поскольку полость Г соединена с кабиной через дроссель) и закрытию клапанов 20 и 21.

Дальнейший наддув кабины приводит к увеличению в ней и в полости А давления, сжатию сильфона 4 и т.д. Набор высоты связан со снижением атмосферного давления, то есть давления в сильфоне 10. В результате этого, когда противодавление внутри сильфона станет малым, начнёт деформироваться сильфон 10, а сильфон 4 останется неподвижным. Это происходит с высоты  $H_1$  до максимальной высоты  $H_{кр}$ .

При повышении избыточного давления сверх нормы (кривая ВС, рис. 139) сжатие сильфона 10 приводит к открытию клапана 14, понижению давления в камерах А, Б и Г, как было описано ранее, и открытию клапана 21.

В случае резкого повышения расхода (подачи) воздуха и давления, если скорость изменения давления превышает 0,18 мм рт. ст., что может быть при изменении режима работы двигателя и снижении со скоростью более 3 м/с, возникают неприятные воздействия на слуховые аппараты людей. Для предотвращения этого в системе имеются мембраны 7 и игольчатый клапан 9. При повышении давления в кабине и в полости А командного прибора давление из полости А в полость Б передаётся по трубопроводу 23 через клапан 9. Если клапан полностью закрыт, передачи давления из полости А в полость Б естественно не будет. Если проходное сечение трубы и клапана велико, то скорость передачи будет весьма высокой. Уменьшая проходное сечение клапана 9 ручкой 18,

можно увеличивать время передачи импульса давления из одной полости в другую. Клапан регулируется таким образом, что если скорость нарастания давления в кабине превысит 0,18 мм рт. ст., давление в камере Б не успеет выровняться, повышение давления приводит к деформации мембраны 7, перемещение которой приводит к перемещению клапана 8 и соединению полости А с атмосферой. И весь описанный выше процесс повторится, в результате чего избыток  $dP/dt$  будет стравлен в атмосферу. Наличие мембраны обусловлено тем, что мембрана менее инерционна, чем сильфон

Кроме этого мембрана 7 работает в случае быстрого набора высоты, когда в полости А давление будет уменьшаться быстрее, чем в полости Б. При этом на мембране 7 образуется перепад, под действием которого она прогибается на закрытие клапана 8. Давление в полости А и, следовательно, в полости Б повысится. Выпуск воздуха из кабины через клапаны 21 уменьшится, что приводит к уменьшению скорости изменения давления в кабине.

В системе имеются дроссели 15 и 25 с фильтрами для обеспечения плавности и устойчивости работы.

Кроме командных приборов и выпускных клапанов в гермокабинах устанавливаются предохранительные клапаны, срабатывающие в случае перенаддува при отказе системы регулирования давления. Давление их срабатывания несколько выше  $\Delta P_{изб}$ .

В случае разгерметизации кабины, отсутствие подачи воздуха и экстренном снижении со скоростью 15-20 м/с давление в кабине становится меньше атмосферного, т.е. возникает обратный перепад давлений, действующий на фюзеляж. При этом атмосферное давление действует на выпускной клапан 21, пружина 29 сжимается и атмосферный воздух получает возможность двигаться в кабину, т.е. выпускной клапан в этом случае играет роль вакуумного клапана.

#### 4. Система автоматического регулирования давления в гермокабине самолета Ту-154

На этом самолёте установлена пневматическая САРД. Её программой задается  $\Delta p_{к\ изб} = 465$  мм рт. ст. (0,63 ат);  $H_{max} = 12000$  м;  $H_1 = 7200$  м (рис. 141).

В системе самолета Ту-154Б имеются два командных прибора-регулятора давления воздуха 2077 АТ. Один из них основной, другой дублёр, работающий при выходе из строя основного.

Для увеличения времени нарастания давления в кабине при наборе высоты узел абсолютного давления настраивают на давление меньшее, чем на аэродроме. При этом в полость А (рис. 140) поступает давление из кабины (из системы кондиционирования), оно действует на мембрану 7, что приводит к открытию клапана 8 с последующим подъёмом выпускных клапанов. В результате чего будет иметь место свободная вентиляция кабины.

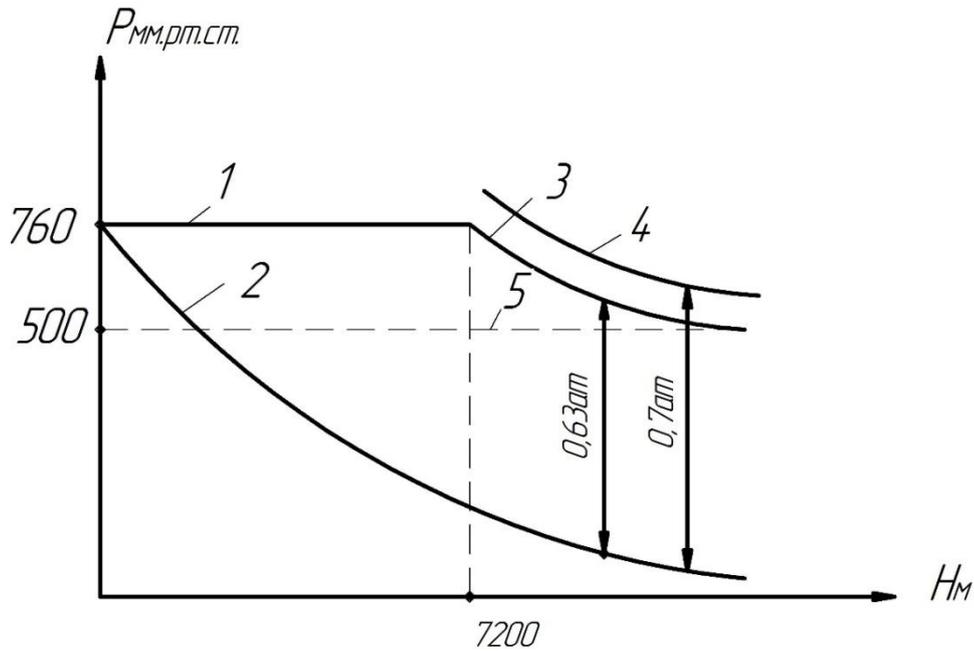


Рис. 141. График изменения давления в гермокабине самолёта Ту-154

С целью обеспечения хорошей вентиляции и исключения застойных зон на самолёте установлено четыре выпускных клапана по правому борту самолёта под полом между зашивкой багажника и бортом.

В конструкцию выпускного клапана кроме мембраны 19 с клапаном 20, образующих повторитель (рис. 140, 142, 143), входят также ограничитель избыточного давления 1, узел абсолютного давления 2 (рис. 141) и обратный клапан 3, расположенные сверху. Обратный клапан установлен для стравливания давления из полости Г, если оно превысит давление в кабине. Повторитель является усилителем мощности. Он необходим из-за того, что мощности командного прибора не достаточно для управления четырьмя выпускными клапанами.

Ограничитель избыточного давления вступает в работу, когда в полости Г (рис. 140, 143) в случае неисправности командных приборов и повторителей выпускных клапанов избыточное давление повышается до 0,7 ат. При этом пружина 4 (рис. 143, 142), рассчитанная на указанное давление, сжимается, мембрана 5 с жестким центром и клапаном 6 поднимается вверх, в результате чего полость Г соединяется с атмосферой и тарелка 7 выпускного клапана также поднимается.

На рис. 140 и 143 видно, что полость Г выпускного клапана соединена с гермокабиной через малое отверстие с фильтром 25 до него, поэтому в полости Г избыточное давление будет равно 0,7 ат. тогда, когда избыточное давление в кабине также равно 0,7 ат. На графике изменения давления в кабине самолёта это отражено кривой 4 (рис. 141).

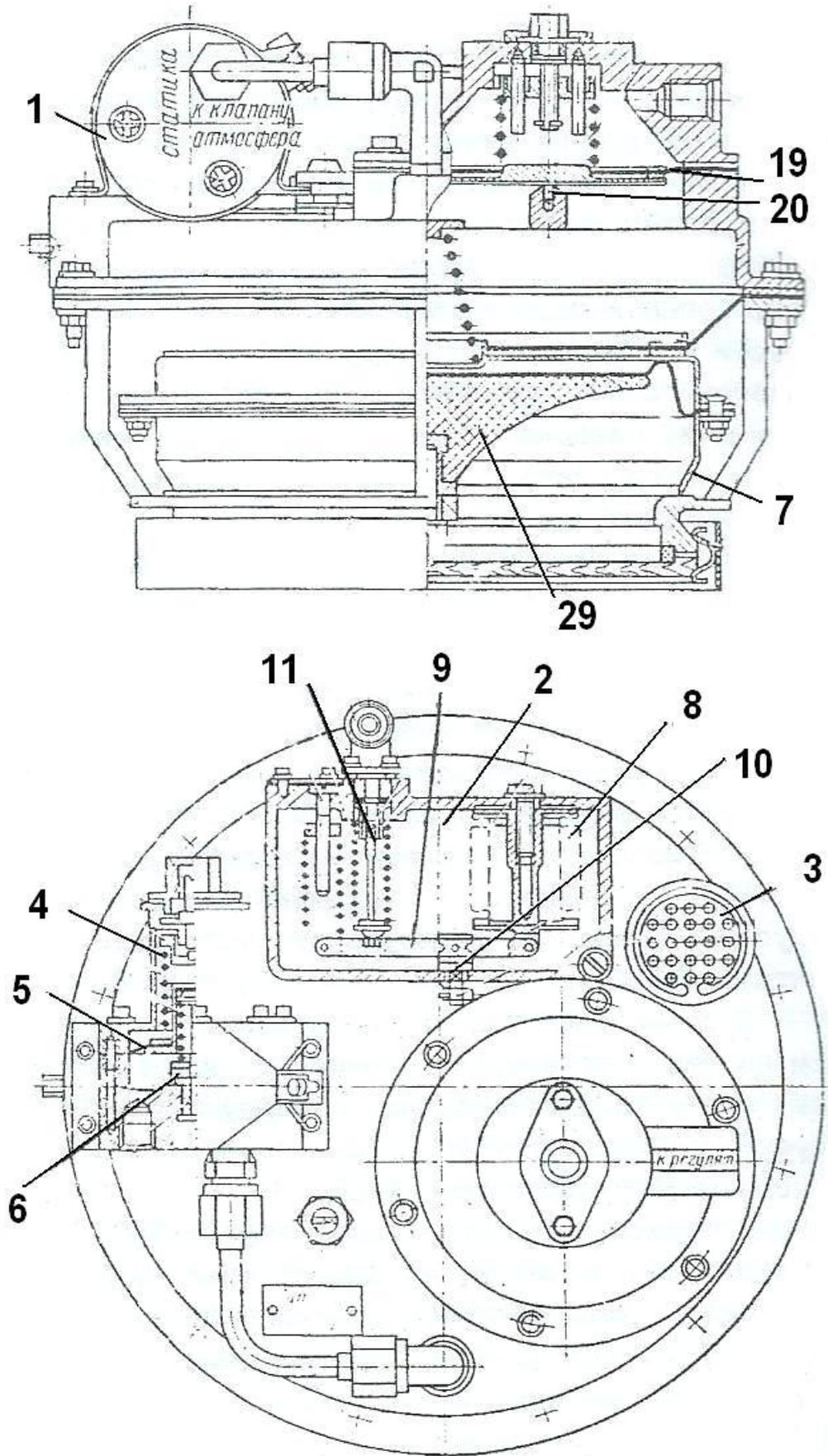


Рис. 142. Выпускной клапан самолёта Ту-154

При отказе узлов абсолютного давления основного командного прибора и дублира давления в кабине будет падать и в работу вступают узлы абсолютного давления 2 (рис. 141, 142) выпускных клапанов.

При давлении в гермокабине в полости Г, поскольку она соединена с кабиной через малое отверстие, и соответственно в полости Д (рис. 143), равной 500 мм рт. ст., разжимается вакуумный сильфон 8 (рис. 142, 143). Он перемещает вниз один конец рейки 9, вращающейся относительно оси подвески 10, и поднимает другой конец вместе с клапаном 11, который перекрывает линию, соединяющую полости Г и Д с атмосферой. Выпускной клапан при этом перестанет пропускать воздух из кабины в атмосферу. На графике изменения давления в кабине самолёта (рис. 141) это отражено прямой 5. Во время нормальной работы узлов абсолютного давления основного командного прибора и дублира клапаны 11 выпускных клапанов открыты (рис. 142).

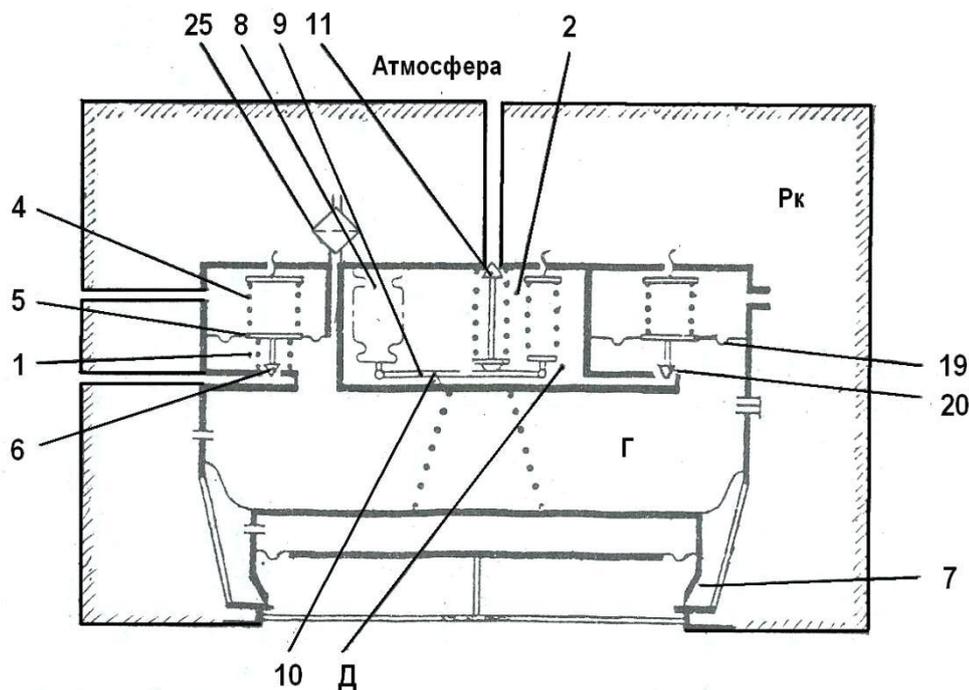


Рис. 143. Схема выпускного клапана самолёта Ту-154

Выпускной клапан может выполнять функции вакуумного клапана, т.е. пропускать атмосферный воздух в кабину в случае превышения атмосферного давления над давлением в кабине. Это может быть в полете при резком снижении самолета на высотах меньших, чем заданная высота герметизации кабины.

Мембрана 26 (рис. 140) выпускного клапана служит демпфирующим элементом, исключая влияние колебания давления воздуха на выходе из клапана на его работу. Для того, чтобы исключить влияние атмосферного давления на работу клапана, полость Е над мембраной 26 соединена с кабиной через отверстие 24 (рис. 140).

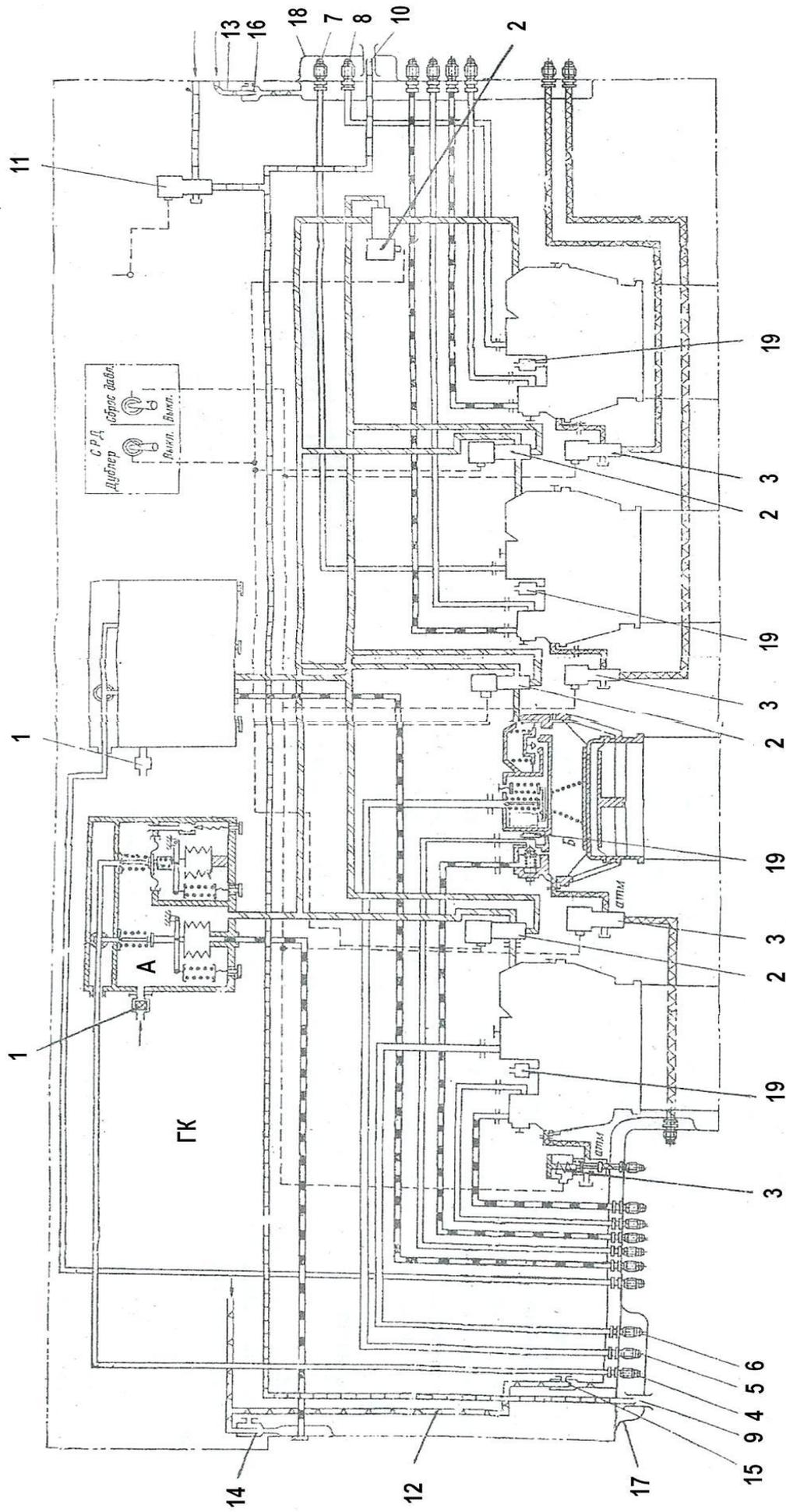


Рис. 144. Схема САРД самолета Ту-154

Обтекатель 29 клапана (рис. 142) необходим для плавного истечения потока воздуха и снижения уровня шума.

Кроме командных приборов и выпускных клапанов в состав системы регулирования давления входят фильтры и электрические пневматические клапаны.

Для предотвращения засорения дросселей механическими примесями и табачным дымом два фильтра 27 (рис. 140), I (рис. 144) стоят в линиях, соединяющих полости А командных приборов с кабиной, и четыре 25 (рис. 140, 143), I9 (рис. 144) в линиях, сообщающих полости Г выпускных клапанов с кабиной.

Эффективность и надёжность работы системы регулирования давления зависит от величины атмосферного давления, т.к. с атмосферой соединяются полости командных приборов и выпускных клапанов. Эффективность тем больше, чем больше разность между атмосферным и кабинным давлением и наоборот. Наименьшая разность имеет место при работе на земле, поэтому для повышения надёжности в этих условиях имеется система эжектирования, создающая разрежение у штуцеров 4, 5, 6, 7, 8 (рис. 144), которые заканчиваются трубопроводами, идущие от командного прибора и выпускных клапанов (от узлов абсолютного давления) в негерметичную полость. Разрежение создаётся с помощью эжекторов 9 и 10, воздух в которые подаётся из системы кондиционирования по трубопроводам, начинающимися за системой отбора воздуха от двигателей. Система эжектирования увеличивает подъём выпускных клапанов, из-за чего уменьшается скорость изменения давления при работе на земле.

Система регулирования давления имеет также систему обогрева штуцеров для предотвращения их замерзания, в состав которой входят два трубопровода 12 и 13 и три эжектора 14, 15 и 16 (рис. 144).

Система регулирования давления в гермокабине самолёта начинает работать одновременно с системой кондиционирования воздуха после того, как кабина загерметизирована, включены двигатели или ВСУ и наддув.

Система регулирования давления в гермокабине самолёта Ту-154М аналогична системе самолёта Ту-154Б, описанной выше, имеются лишь небольшие отличия. Программа изменения давления такая же, как в Ту-154Б, но начало герметизации, определяющее величину абсолютного давления, происходит при давлении, равном 650 мм рт. ст. Рабочий перепад давлений устанавливается равным  $0,59 \text{ кгс/см}^2$  (а не  $0,63$ ).

В состав САРД Ту-154 М входят командные приборы 6119, подобные командным приборам 2077АТ, но имеющие иную лицевую панель.

В случае аварийной посадки на воду выходы из выпускных клапанов располагаются выше свободной поверхности воды, поэтому в САРД самолёта Ту - 154 нет усложнений, имеющих в системах других самолётов, выпускные клапаны которых затапливаются при аварийной посадке, что будет рассмотрено далее.

## 5. Система автоматического регулирования давления в гермокабинах самолёта Ил-76

САРД самолёта Ил-76 спроектирована с учётом того, что на нём имеются две герметические кабины: экипажа и грузовая.

Эта пневматическая система регулирования давления обеспечивает программу изменения давления в обеих кабинах в зависимости от высоты полёта, представленную на рис. 145.

Здесь постоянное абсолютное давление 760 мм рт. ст. поддерживается до высоты 5200 м, а затем поддерживается постоянное избыточное давление, равное  $0,5 \text{ кг/см}^2$  (388 мм рт. ст., кривая 1). Предохранительными клапанами ограничивается перепад давления  $0,55 \text{ кг/см}$  (405 мм рт. ст., кривая 2).

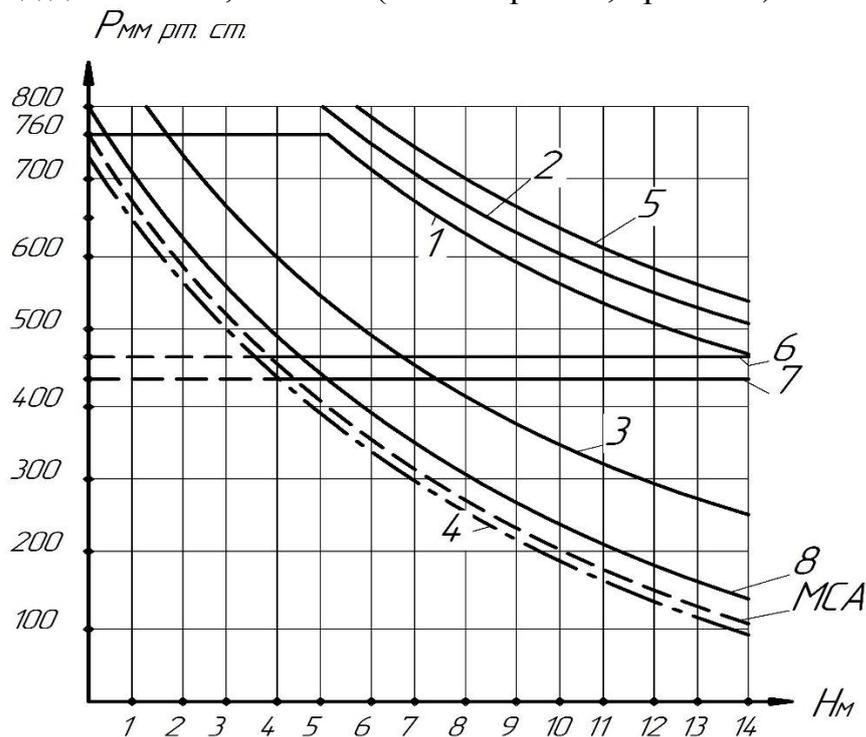


Рис. 145. График изменения давления в гермокабине самолёта Ил-76

Поскольку транспортный самолёт Ил-76 используется так же, как военный, в САРД может быть установлен боевой перепад, равный  $0,2 \text{ кг/см}$  (147 мм рт. ст., кривая 3).

Если при экстренном снижении давление в кабине становится ниже атмосферного, то атмосферное давление, действуя снизу на тарелки выпускных и предохранительных клапанов, поднимет их и атмосферное давление поступит в герметические кабины. Это на графике отражено кривой обратного перепада 4.

В кабинах имеется ряд датчиков, подающих сигналы на правую внешнюю панель приборной доски пилотов:

- «опасный перепад», что отражено на графике кривой 5;

- «повышенный перепад», кривая 2;
- «дыши кислородом», прямая 6;
- «высота в кабине 4,5 км, прямая 7;
- «перепад 0,2 включён», кривая 3;
- «кабина разгерметизирована», кривая 8.

Этот закон изменения давления обеспечивается системой, изображённой схематически на рис. 146.

В ней имеется два командных прибора, расположенных в кабине экипажа: 1' - для регулирования давления в кабине экипажа и 1<sup>2</sup>- для регулирования давления в грузовой кабине.

Каждый командный прибор управляет двумя выпускными клапанами (прибор 1' клапанами 2' и 2<sup>2</sup> через повторители 3' и 3<sup>2</sup>, а прибор 1<sup>2</sup> клапанами 2<sup>3</sup> и 2<sup>4</sup> через повторители 3<sup>3</sup> и 3<sup>4</sup>) и одним предохранительным клапаном (прибор 1' клапаном 4' через повторитель 3' и прибор 1<sup>2</sup> клапаном 4<sup>2</sup> через повторитель 3<sup>4</sup>).

Управление предохранительными клапанами командными приборами осуществляется при нарушении их регулировки путём ручного включения электромагнитных переключателей 6' для клапана 4' и 6<sup>2</sup> для клапана 4<sup>2</sup>.

В случае нормальной регулировки предохранительных клапанов они управляются ограничителями избыточного давления 5<sup>5</sup> для клапана 4' и 5<sup>6</sup> для клапана 4<sup>2</sup>.

Все клапаны имеют ограничители избыточного давления: выпускной клапан 2' – ограничитель 5<sup>1</sup>; 2<sup>2</sup> - 5<sup>2</sup>; 2<sup>3</sup>- 5<sup>3</sup> и 2<sup>4</sup> – 5<sup>4</sup>. Предохранительные клапаны 4' и 4<sup>2</sup> имеют соответственно ограничители 5<sup>5</sup> и 5<sup>6</sup>.

Расположение клапанов на самолёте отображено на рис. 147.

Если один из командных приборов откажет, его функции автоматически или вручную берёт на себя прибор, оставшийся работоспособным. Если, например, откажет прибор грузовой кабины 1<sup>2</sup>, то включением электромагнитных клапанов 7<sup>3</sup> и 7<sup>4</sup> командным прибором кабины экипажа 1' будут управляться выпускные клапаны грузовой кабины 2<sup>3</sup> и 2<sup>4</sup> с помощью дополнительно установленных для этого повторителей 3<sup>7</sup> и 3<sup>8</sup>. Если же откажет прибор 1', то его функции возьмёт на себя прибор 1<sup>2</sup>, который через включённые клапаны 7<sup>1</sup> и 7<sup>2</sup> и дополнительно установленные повторители 3<sup>5</sup> и 3<sup>6</sup> будет управлять выпускными клапанами кабины экипажа 2' и 2<sup>2</sup>. Если электромагнитные клапаны 7<sup>1</sup>, 7<sup>2</sup>, 7<sup>3</sup>, 7<sup>4</sup> обесточены, выпускные клапаны подключены к командному прибору соответствующей им кабины. Эти электромагнитные клапаны включаются автоматически по сигналу высотных сигнализаторов, срабатывающих при «высоте» в кабинах  $H \geq 3,87$  км в случае неисправностей кабины, приводящих к разгерметизации.

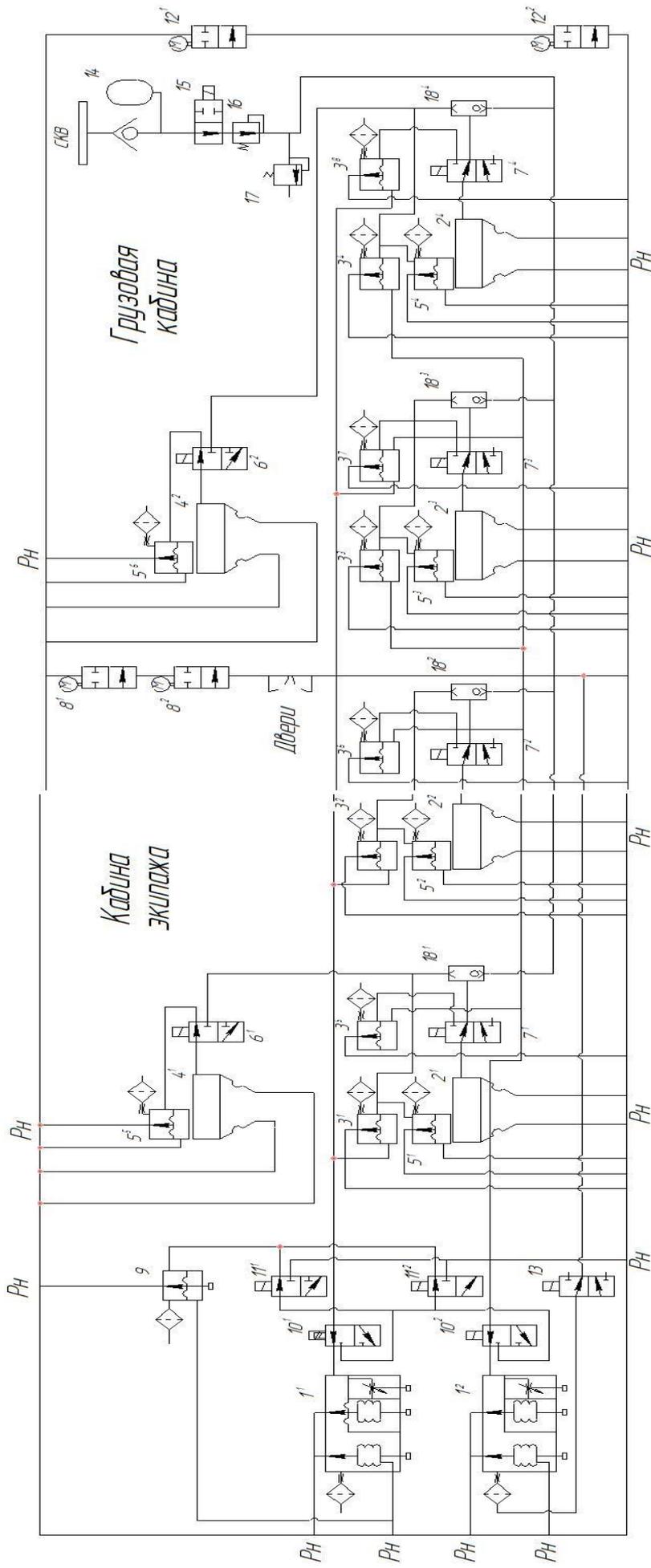


Рис. 146. Схема САРД самолета Ил-76

Кроме этого клапаны  $7^3$  и  $7^4$  грузовой кабины включаются автоматически и работают её выпускные клапаны  $2^3$  и  $2^4$  от командного прибора кабины экипажа, когда открыты межкабинные заслонки  $8^1$  и  $8^2$  или двери. В случае их закрытия автоматически управление клапанами  $2^3$  и  $2^4$  передается командному прибору грузовой кабины  $1^2$ .

В боевых условиях при необходимости избыточное давление может быть уменьшено до  $0,2 \text{ кг/см}^2$  с помощью регулятора избыточного давления 9 (регулятора боевого перепада давления), обслуживающего обе кабины. Для этого вручную включаются электромагнитные клапаны  $10^1$  и  $10^2$  одновременно. В результате четыре выпускных клапана подключаются к регулятору боевого перепада 9. Функции регуляторов боевого перепада могут взять на себя командные приборы. Для этого на них нужно установить избыточное давление  $0,2 \text{ кг/см}^2$ .

Разгерметизация кабин самолета Ил-76 имеет особенности, обусловленные наличием двух гермокабин и прочностью межкабинной герметической стенки на шпангоуте № 14, разделяющей кабины.

Возможна одновременная разгерметизация обоих гермокабин и их отдельная разгерметизация.

При совместной разгерметизации кабин для выравнивания давления в них должны быть открыты межкабинные заслонки  $8^1$  и  $8^2$ . Одновременно с этим автоматически включаются электрогидравлические переключатели  $7^3$  и  $7^4$  для перевода управления выпускными клапанами грузовой кабины  $2^3$  и  $2^4$  на работу с командным прибором кабины экипажа  $1^1$  для обеспечения одинаковых давлений в обеих кабинах.

Разгерметизация осуществляется одновременным открытием всех выпускных и предохранительных клапанов путем включения электромагнитных переключателей  $10^1, 10^2, 11^1, 11^2, 6^1$  и  $6^2$ . В результате в надтарельные полости клапанов подается атмосферное давление и под действием кабинного давления, действующего на мембраны, они открываются.

В случае основной разгерметизации только грузовой кабины должны быть открыты электроприводные заслонки  $12^1$  и  $12^2$ , находящиеся на гермостенке шпангоута № 67 над гермостворкой грузовой кабинки. Включается также клапан переключения 13, переводящий работу командного прибора грузовой кабины с давлением в нем, равном давлению в грузовой кабине, на давление в его полости, равном давлению в кабине экипажа. Подача воздуха в кабину при этом не отключается.

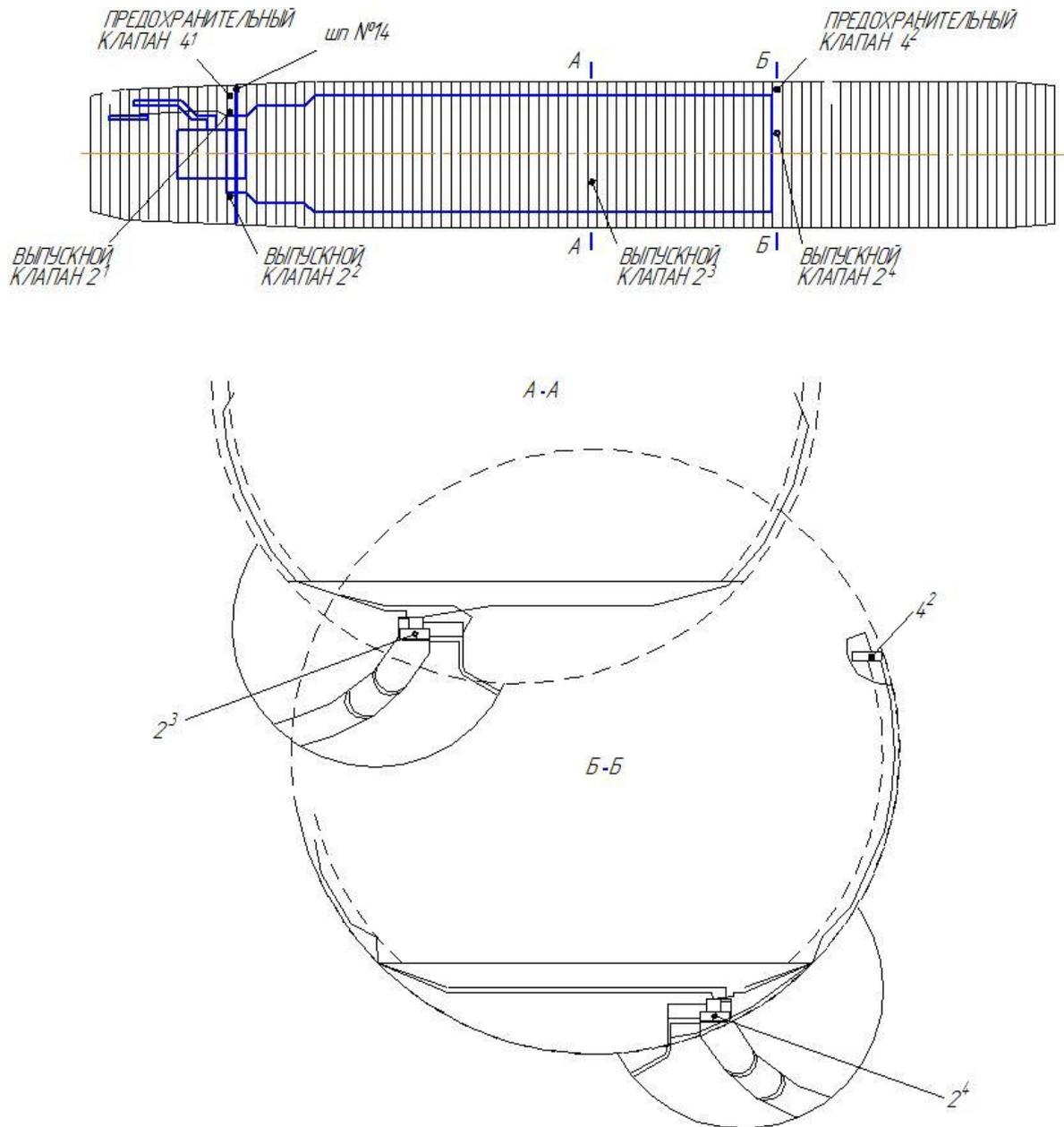


Рис. 147. Схема расположения выпускных и предохранительных клапанов на самолёте Ил-76

При аварийной разгерметизации грузовой кабины, кроме открытия заслонок 12<sup>1</sup>, 12<sup>2</sup> и включения электроклапана переключения 13, включаются также переключатели 11<sup>2</sup>, 10<sup>2</sup> и 6<sup>2</sup>, в результате чего открываются выпускные клапаны 2<sup>3</sup> и 2<sup>4</sup> и предохранительный клапан 4<sup>2</sup> грузовой кабины.

Для сброса грузов разгерметизация грузовой кабины может производиться на любой высоте.

Разгерметизация только кабины экипажа при загерметизированной грузовой для сохранения прочности герметической стенки на шпангоуте № 14 разрешается только в аварийных случаях. Для этого включаются электромагнитные переключатели 10<sup>1</sup>, 11<sup>1</sup> и 6<sup>1</sup>, в результате чего надтарельные полости вы-

пускных 2', 2<sup>2</sup> и предохранительного клапана 4' соединяются с атмосферой и они открываются.

Полёт самолёта с перепадом давлений  $\Delta p \leq 0,3$  кг/см<sup>2</sup> на стенку шпангоута № 14 со стороны грузовой кабины допускается без ограничения времени. Перепад давлений 0,5 кг/см<sup>2</sup> допускается кратковременно и одноразово. При перепаде 0,5 кг/см<sup>2</sup> прочность герметической стенки обеспечивает только время, необходимое экипажу для принятия мер по снижению перепада с 0,5 кг/см<sup>2</sup> до 0,3 кг/см<sup>2</sup> или разгерметизации грузовой кабины.

На гермостенке шпангоута № 14 расположены двери кабины экипажа и туалета. Для их открытия необходимо, чтобы давление в обеих кабинах было одинаковым. Это обеспечивается открытием заслонок 8' и 8<sup>2</sup> автоматически или вручную. Автоматически они открываются, если двери открыты, и закрываются, если закрыты. При открытии заслонок автоматически электромагнитные переключатели 7<sup>3</sup> и 7<sup>4</sup> переключают выпускные клапаны 2<sup>3</sup> и 2<sup>4</sup> грузовой кабины на работу с командным прибором 1<sup>1</sup> кабины экипажа.

В случае вынужденной посадки самолёта на воду каналы сброса воздуха, идущие от выпускных клапанов, затапливаются. Каналы предохранительных клапанов располагаются выше свободной поверхности воды (рис. 147).

Для улучшения плавучести и предотвращения попадания воды внутрь фюзеляжа на самолёте имеется система принудительного закрытия выпускных клапанов, состоящая из баллона 14 (рис. 146), избыточное давление воздуха в котором равно 7,5 кг/см<sup>2</sup>, электроклапана переключения 15, редуктора 16, понижающего давление до 0,4 кг/см<sup>2</sup> и предохранительного клапана 17, срабатывающего, если избыточное давление становится больше 0,9 кг/см<sup>2</sup>. Зарядка баллона производится через обратный клапан от трубопровода кольцевания системы кондиционирования воздуха.

В случае приведения после нажатия переключателя срабатывает электроклапан переключения 15 и воздух из баллона через редуктор поступает к челночным клапанам 18', 18<sup>2</sup>, 18<sup>3</sup> и 18<sup>4</sup> и выпускным клапанам 2', 2<sup>2</sup>, 2<sup>3</sup> и 2<sup>4</sup> в надтарельные полости, закрывая их. При включении клапана 15 выключаются электромагнитные переключатели 7', 7<sup>2</sup>, 7<sup>3</sup> и 7<sup>4</sup>, прекращается автоматическое регулирование давления в кабинах, включаются переключатели 10', 10<sup>2</sup>, 11' и 11<sup>2</sup>, 6<sup>1</sup> и 6<sup>2</sup> для разгерметизации обеих кабин открытием предохранительных клапанов. Открываются также заслонки 12<sup>1</sup> и 12<sup>2</sup> и межкабинные заслонки 8<sup>1</sup> и 8<sup>2</sup>. Подача воздуха от СКВ отключается.

Все повторители и ограничители избыточного давления имеют соединение внутренней полости (рис. 146) с кабиной через дроссель и фильтр.

## 6. Система автоматического регулирования давления в гермокабине самолёта Ил-62

САРД самолёта Ил-62 также пневматическая, имеющая некоторые осложнения в связи с тем, что при вынужденной посадке на воду каналы, по

которым воздух выходит из выпускных клапанов, затапливаются, т.к. они лежат ниже площади ватерлинии, т.е. линии по которой свободная поверхность воды пересекает поверхность самолёта.

В законе изменения давления в гермокабине самолёта Ил-62 постоянное абсолютное давление 760 мм рт. ст. держится до высот 7200 м, а затем поддерживается постоянное избыточное давление 0,63 кг/см<sup>2</sup> (463 мм рт. ст.). Предельно допустимая скорость изменения давления на этом самолёте, как и на всех других, равна 0,18 мм рт. ст./с. Предохранительные клапаны работают при давлении 500 мм рт. ст.

В САРД Ил-62 установлены два командных прибора (основной и дублирующий), четыре выпускных клапана и два предохранительных.

Оба командных прибора соединены с выпускными клапанами через пневматическое реле, которое сравнивает управляющие давления с обоих командных приборов и меньшее из них подаёт в надмембранные полости повторителей выпускных клапанов. Далее работа происходит таким же образом, как это было описано при рассмотрении типовой пневматической системы.

Здесь на выпускных клапанах, также как на клапанах самолёта Ту-154, имеется ограничители избыточного давления, срабатывающие, если избыточное давление становится равным 500 мм рт. ст. (0,68 кг/см<sup>2</sup>), в результате чего тарели выпускных клапанов поднимаются и воздух из кабины выходит в атмосферу.

Аналогичный ограничитель избыточного давления имеется на предохранительном клапане. Он срабатывает при избыточном давлении в кабине 500 мм рт. ст.

Если в обоих командных приборах откажут узлы абсолютного давления или нарушится герметичность трубопроводов, то в работу вступают установленные в системе ограничители абсолютного давления, аналогичные ограничителям выпускных клапанов самолёта Ту-154, которые начинают работать при давлении в кабине, равном 515 мм рт. ст.

В случае аварийного снижения и возникновения обратного перепада давления здесь, как и на других самолётах, под действием атмосферного давления все клапаны поднимаются, и воздух из атмосферы поступает в кабину.

В САРД самолёта Ил-62 имеется азотная система для разгерметизации кабины открытием всех выпускных и предохранительных клапанов и в случае вынужденной посадки на воду для открытия предохранительных и закрытия выпускных клапанов.

При вынужденной посадке на воду все клапаны оказываются ниже площади ватерлинии, но затапливаются лишь выпускные, т.к. предохранительные размещены в коробах, сообщающихся с кабиной значительно выше площади ватерлинии. Поэтому при посадке на воду выпускные клапаны необходимо закрыть, а предохранительные открыть. Последние открываются так же, как было описано выше, а выпускные закрываются путём подачи азота в их надтарель-

ные полости, в результате чего тарелки клапанов прижимаются вниз и закрываются.

### 7. Система автоматического регулирования давления в гермокабине самолёта Ил-86

САРД самолёта Ил-86 состоит из основной электропневматической системы и дублирующей пневматической, аналогичной типовой пневматической системе, рассмотренной ранее.

Эта система обеспечивает  $\Delta P_{\text{изб}} = 0,575 \text{ кг/см}^2$ . Перепад давлений, ограничиваемый предохранительными клапанами, равен  $0,63 \text{ кг/см}^2$ .

Закон изменения давления, обеспечиваемый САРД этого самолёта и самолёта Ил-96, изображается несколько иным способом: не в координатах  $P_{\text{мм рт. ст.}} = f(H)$  (рис. 139), а в координатах  $P_{\text{каб. мм рт. ст.}} = f(P_{\text{Н мм рт. ст.}})$  (рис. 148).

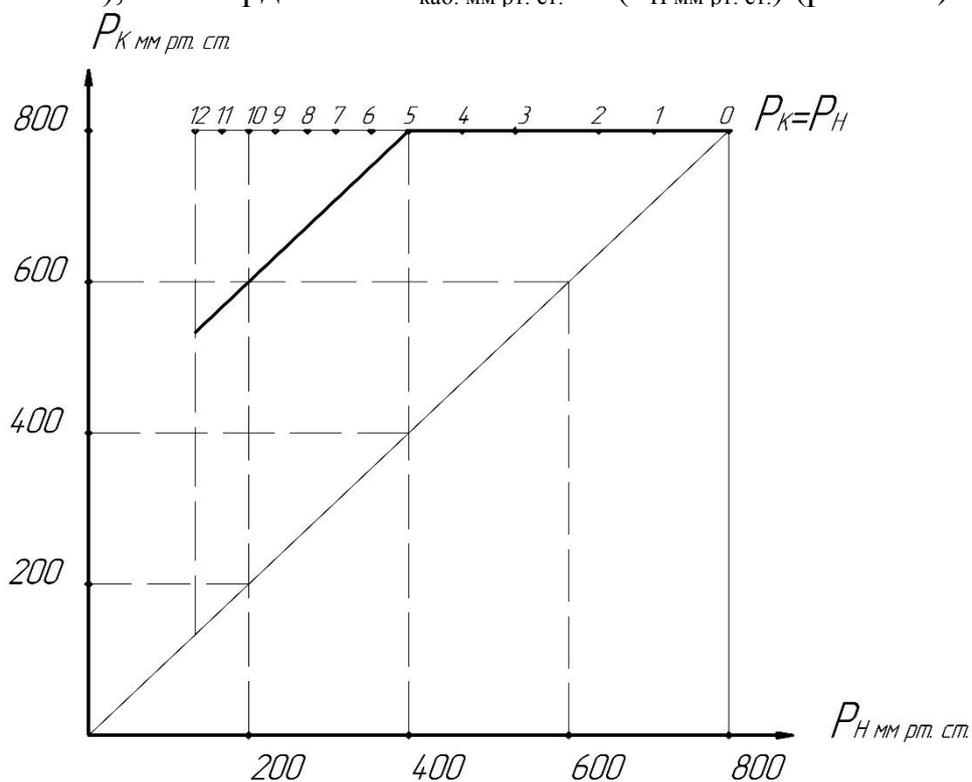


Рис. 148. График изменения давления в гермокабине самолёта Ил-86

Воздух из атмосферы поступает в гермокабину, пройдя через компрессор двигателя и трубопроводы СКВ. Поэтому при подъёме и снижении изменение давления в кабине будет несколько отставать от изменения давления за бортом. Если снижение аварийное, с большой скоростью, давление будет не успевать выравниваться и может возникнуть обратный перепад, т.е. давление в гермокабине будет меньше атмосферного. Под действием этого перепада как и на других самолётах переместятся вверх тарелки выпускных клапанов и откроются об-

ратные клапаны, если они установлены. Атмосферный воздух при этом войдёт в кабину и обратного перепада не будет.

Если изменение высоты будет происходить с допустимой скоростью, давление в кабине не должно быть ниже атмосферного и график зависимости  $P_{\text{каб. мм рт. ст.}} = f(P_{\text{Н мм. рт. ст.}})$  должен быть расположен выше прямой  $P_{\text{каб}} = P_{\text{Н}}$ , изображенной на рис. 148 в виде биссектрисы. От нее на высоте 800 мм рт. ст. идёт горизонтальная прямая до высоты полёта 5 км (400 мм рт. ст.). Это отражает постоянство абсолютного давления в гермокабине до 5 км. От этой точки вниз идёт наклонная прямая, параллельная прямой  $P_{\text{каб}} = P_{\text{Н}}$ , что, в свою очередь, отражает, что при подъёме на высоту более 5 км до высоты крейсерского полёта в кабине будет поддерживаться постоянное избыточное давление  $\Delta P_{\text{изб}} = 0,575 \text{ кг/см}^2$ . Здесь также при давлении 800 мм рт. ст. на горизонтальной прямой отложена высота в км, соответствующая давлению по оси  $P_{\text{Н}}$ . Она называется барометрической.

Основная система (рис. 150) состоит из электронных блоков управления, в состав которых входят датчики кабинного и атмосферного давлений, вычислитель скорости изменения давления, задатчик давления в кабине, регулятор давления и усилитель мощности, и пневматической части, включающей электропневмопреобразователь, выпускные и предохранительные клапаны.

В электронных блоках в зависимости от сигналов, поступающих с датчиков и задатчика, формируется сигнал, который, пройдя через усилитель, поступает в электропневмопреобразователь 1 (рис. 149).

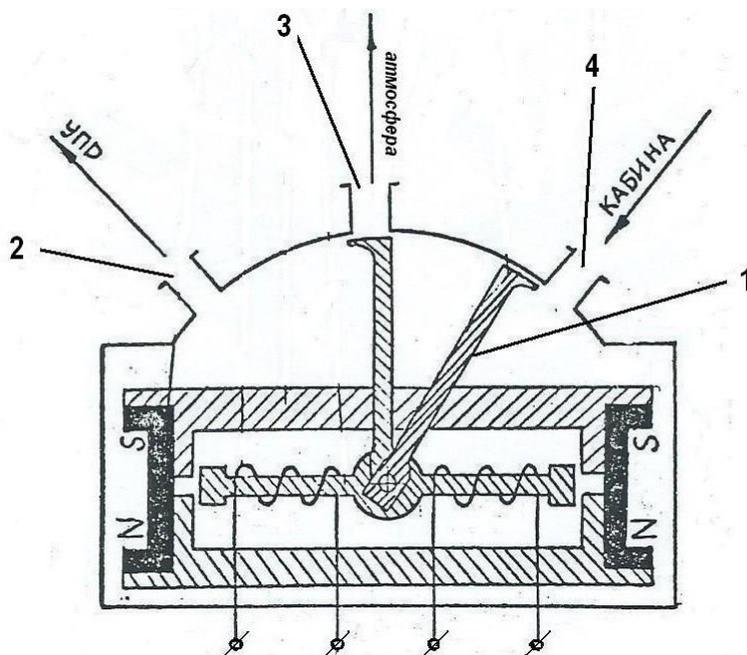


Рис. 149. Схема электропневмопреобразователя

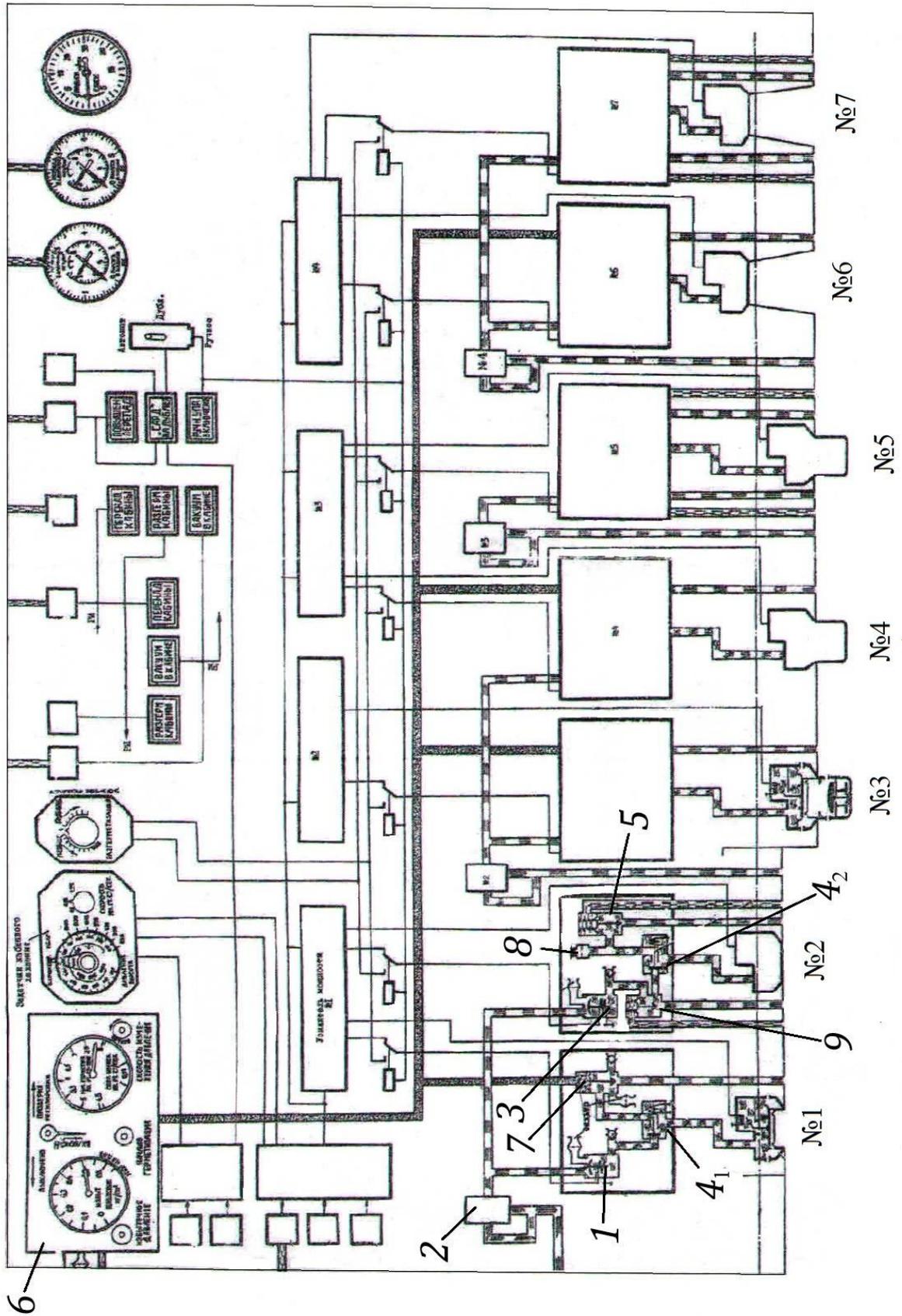


Рис. 150. Схема САРД самолёта Ил-86

В нём имеется электромагнит, шиберы 1, закреплённые на роторе, и штуцеры 2, 3 и 4. Штуцер 2 соединён с надтарельной полостью выпускного клапана, штуцер 3 соединён с атмосферой, а штуцер 4 с кабиной. В соответствии с сигналом пропорционально силе тока, поступающего на обмотку электромагнита от регулятора давления, шиберы одновременно поворачиваются и закрывают или штуцер с атмосферным давлением, или с кабинным. Канал 2 остаётся открытым. Если в электропневмопреобразователе открыт канал, соединённый с атмосферой, то в надтарельной полости будет атмосферное давление. При этом кабинное давление действует на мембрану клапана снизу, поэтому он поднимается и воздух из кабины сбрасывается в атмосферу. Если же в преобразователе открыт канал, соединённый с кабиной, то в надтарельном пространстве будет кабинное давление, поэтому под действием пружины, находящейся над тарелью, клапан закрывается, в результате чего давление в кабине будет увеличиваться.

В выпускных клапанах есть датчики положения тарелей клапана. Сигналы с датчиков положения поступают в усилители, где они суммируются с входным сигналом, поступающим с электронного регулятора давления. В результате на выходе усилителя сигнал пропорционален разности входного сигнала и сигнала обратной связи с датчика положения и каждому сигналу регулятора соответствует определённое положение тарели выпускного клапана.

Всего имеется четыре выпускных клапана (№ 1, 3, 4 и 6), четыре усилителя и три предохранительных клапана (№ 2, 5, 7).

Тарель выпускного клапана открывается под действием разности действующих на неё давлений: атмосферного и кабинного. На земле и малых высотах они почти одинаковы, поэтому для обеспечения быстрого и полного открытия клапанов и усиления вентиляции в линии, соединяющей электропневматический преобразователь с атмосферой, установлен вакуумный электроприводной шестерённый насос 2. Он включается на земле и работает до высоты 1,5 км.

К усилителям № 1, 3 и 4 подсоединяются также предохранительные клапаны со своими электропневмопреобразователями 3. Они подключаются к основной системе до высоты 1,5 км для усиления вентиляции.

Выпускные и предохранительные клапаны подсоединены усилителями таким образом, что скорости открытия выпускных и предохранительных клапанов разные: скорость перемещения тарелей предохранительных клапанов примерно в два раза выше скорости перемещения выпускных клапанов. При открытии сначала начинают перемещаться тарели выпускных клапанов. После того, как они откроются наполовину, начинают открываться предохранительные клапаны. В результате все клапаны открываются одновременно.

При увеличении высоты более 1,5 км предохранительные клапаны отключаются и регулирование давления в кабине электрической системой будет происходить с помощью выпускных клапанов.

Сначала системой поддерживаются постоянные абсолютные давления в гермокабине до высоты 5 км. Давление в кабине изменяется со скоростью,

установленной на задатчике скорости. Здесь, как и на других самолётах, скорость изменения давления ограничивается: 0,18 мм рт. ст./с. После высоты 5 км в соответствии с программой будет изменяться избыточное давление.

При больших скоростях набора высоты скорость изменения давления в кабине системой не ограничивается, поэтому для ограничения скорости уменьшается вертикальная скорость набора высоты. Аналогично при снижении для обеспечения нормальной скорости изменения давления должна быть уменьшена вертикальная скорость снижения.

В случае экстренного снижения давление в кабине может стать ниже атмосферного. Для защиты от этого обратного перепада давления выпускные и предохранительные клапаны под действием более высокого атмосферного давления, действующего снизу, открываются и пропускают атмосферный воздух в гермокабину, т.е. так же, как и на других самолётах.

При отказе основной системы происходит автоматическое переключение на работу с основной системы на дублирующую с помощью электроклапанов 4<sub>1</sub>.

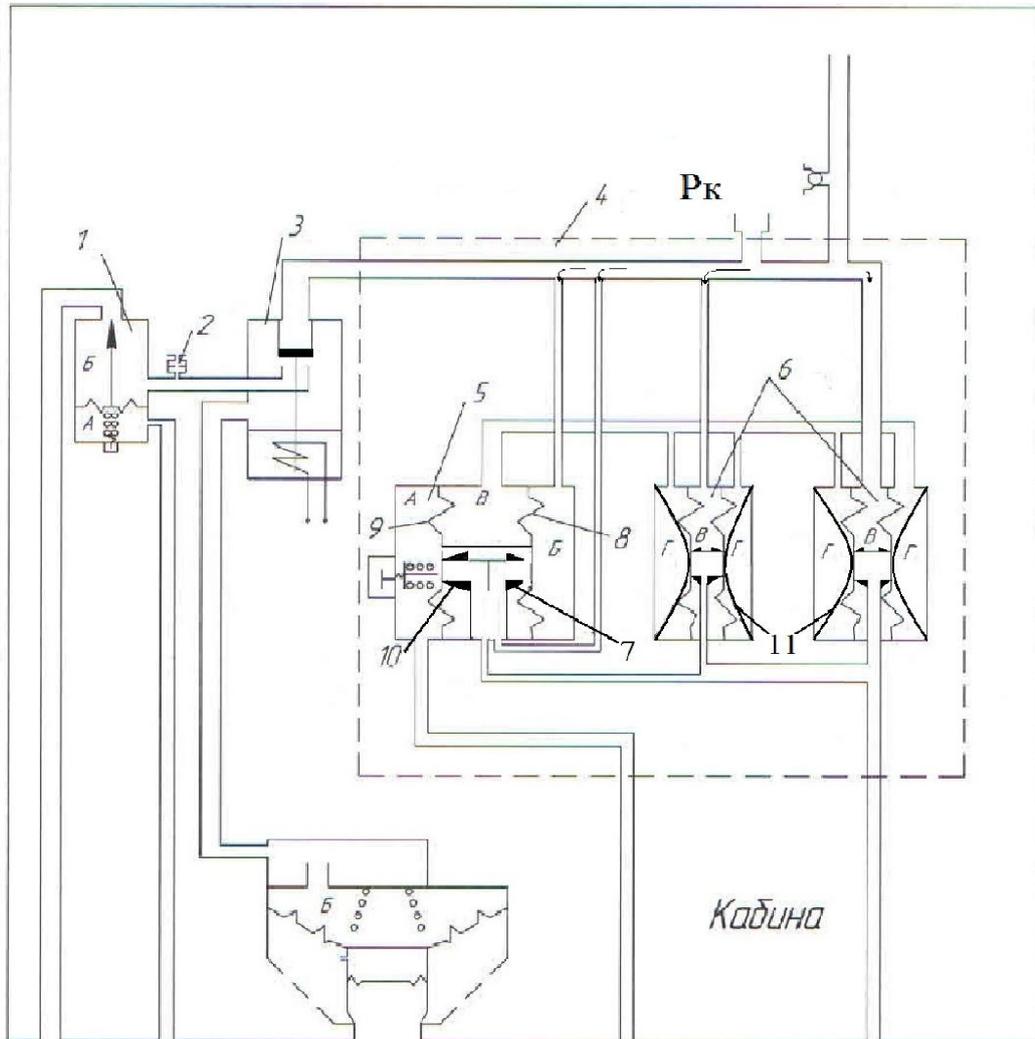
Дублирующая пневматическая система в своём составе имеет командный прибор 6 и четыре повторителя 7 для управления выпускными клапанами. Работа такой типовой пневматической системы была рассмотрена ранее.

Предохранительные клапаны основной системы при этом отключаются и работают от задатчика избыточного давления 5 (рис. 150). Их внутренняя полость через дроссель 8 соединена с гермокабиной. Если давление в ней становится равным 0,63 кг/см<sup>2</sup>, мембрана, сжимая пружину, перемещается вверх вместе со смонтированным на ней клапаном. В результате этот клапан открывается и через него и электроклапан 4<sub>2</sub> надтарельное пространство предохранительного клапана соединяется с атмосферой, в результате чего предохранительный клапан открывается и слишком высокое избыточное давление кабины стравливается в атмосферу.

В случае отказов, в результате которых электроклапан 4<sub>2</sub> не обесточивается, задатчик избыточного давления 5 будет отключён от предохранительного клапана и его надтарельная полость будет соединена с кабиной не через дроссель 8, а через электроклапан 4<sub>2</sub> (его клапан 3 на чертеже рис. 151 будет расположен внизу) и магистраль большего сечения, поэтому для открытия предохранительного клапана в этом случае требуется элемент системы большей мощности, чем задатчик избыточного давления. Таким элементом является предохранительное устройство 9 (4, рис. 151), сделанное из унифицированных элементов пневмоники: задатчика избыточного давления 5 и двух повторителей 6.

Каждый из этих элементов имеет по два сопла 7 и 10 и по две мембраны 8 и 9. Если давление в кабине невелико, оно будет таким и в их полости Б предохранительного клапана, через открытое сопло 7 в полости В задатчика 5, полостях В повторителей 6. Если же давление повышается сверх нормы, мембрана 9 задатчика 5 перемещается влево вместе с соединённой с ней мембраной 8, сжи-

мая пружину. При этом сопло 7 закрывается, а сопло 10 открывается, в результате чего в полости В задатчика и полостях Г повторителей давление будет атмосферным, поэтому под действием кабинного давления мембраны повторителей разжимаются, преодолевая сопротивление пружин 11, сопла повторителей открываются, а в полости В задатчика 5, повторителей 6 и Б предохранительного клапана давление становится равным атмосферному. Поэтому предохранительный клапан открывается и предотвращается рост давления в кабине.



### Атмосфера

Рис. 151. Схема предохранительного устройства

В случае вынужденной посадки на воду выпускные клапаны 1 и 2, установленные в коробке, края которой находятся выше ватерлинии, в течение времени, необходимого для эвакуации людей, не затапливаются. Верхние края патрубков клапанов 6 и 7 находятся выше ватерлинии, поэтому вода через них в кабину не поступает, а клапаны 3, 4 и 5 затапливаются, поэтому в них установлены поплавковые клапаны, которые при посадке на воду всплывают и давлением воды удерживаются в закрытом положении.

Для наземной проверки исправности САРД имеется система встроенного автоматического и ручного бортового контроля.

### 8. Элементы пневмоники, используемые в САРД

Большое количество элементов пневмоники используется в САРД самолётов Ил-96 и Ту-204. В них командные приборы дублирующих систем не такие, как изображены на рис. 140. В их состав входят датчики абсолютного и избыточного давления, повторители, усилители и элементы сравнения. Эти элементы прямоугольной формы. Внутри у них имеются по две резиновые мембраны с жёсткими центрами, между которыми находится стойка – втулка, в которую вворачиваются винты со стороны жёстких центров мембран (рис. 152, 153, 154, 155). Таким образом они соединены друг с другом, перемещаются вместе, образуя мембранный блок. Между мембранным блоком находятся сопла.

#### 1. Элемент сравнения (рис. 152).

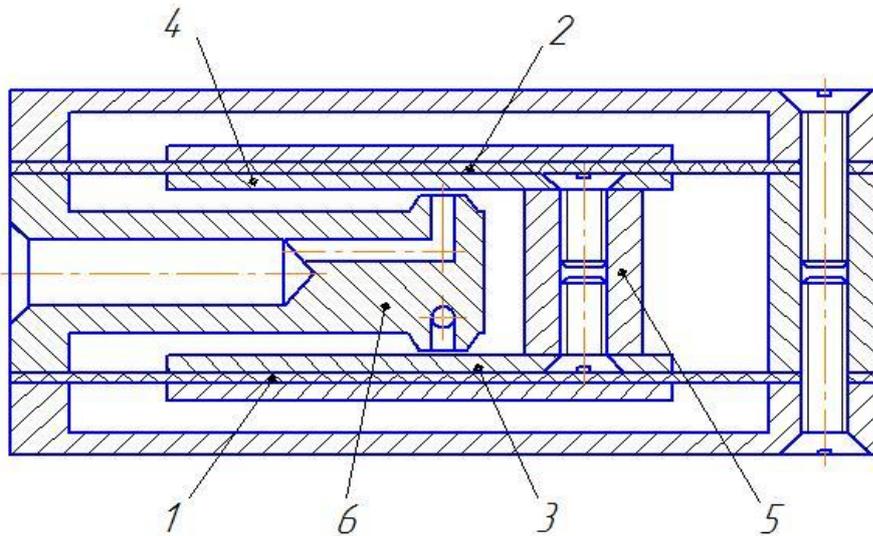


Рис. 152. Схема элемента сравнения

Здесь 1 и 2 мембраны; 3 и 4 – жёсткие центры; 5 – стойка. Между ними находятся два сопла 6, к которым подводятся разные давления (атмосферное и кабинное). Сверху мембраны 2 и снизу мембраны 1 подаются также разные давления, поэтому они перемещаются в сторону меньшего давления и закрывают сопло, которое находится со стороны большого давления. Сопло со стороны меньшего давления остаётся открытым, и воздух из него поступает в межмембранную полость и далее в систему. Таким образом, здесь сравнивается верхнее и нижнее давления и работает давление, подводимое к открытому соплу.

## 2. Повторитель (рис. 153).

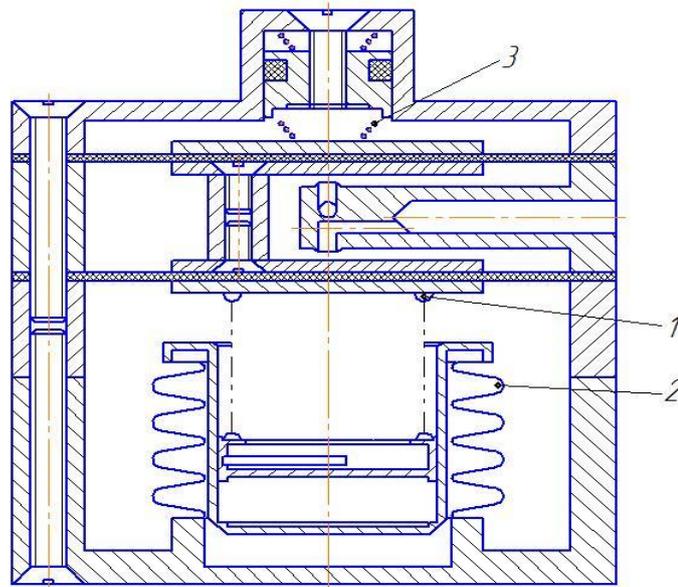


Рис. 153. Схема повторителя

В этом элементе, как и в других, имеется блок мембран и два сопла. На нижний жёсткий центр действует пружина 1 и сильфон 2, а на верхний - пружина 3. Между ними к верхнему соплу подводится кабинное давление, а к нижнему - атмосферное. В камеру под мембраной со стороны сильфона подаётся управляющее давление: если оно равно кабинному, то закрывается нижнее сопло с атмосферным давлением и далее из межмембранной камеры проходит кабинное давление и наоборот, т.е. на выходе из элемента повторяется управляющее давление, но усиленное.

## 3. Усилитель операционный (рис. 154).

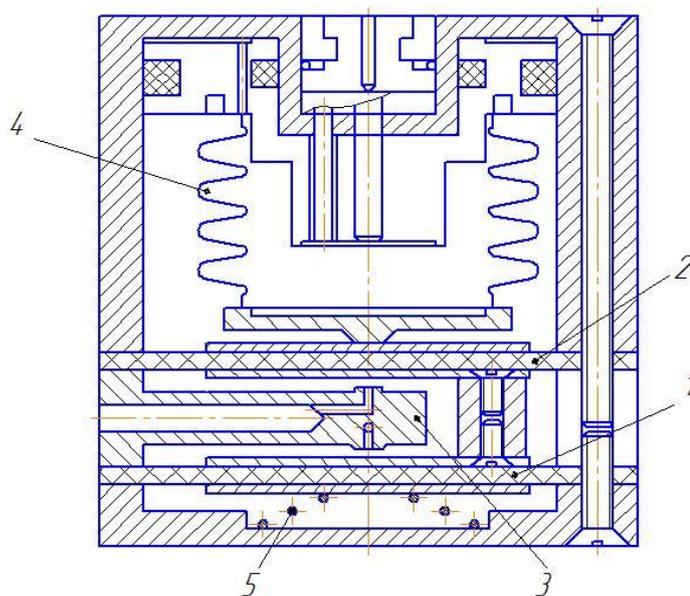


Рис. 154. Схема операционного усилителя

Здесь также имеются блок мембран 1 и 2, сопла 3, сильфон 4 и пружина 5. Если давление над мембраной 2 в сильфоне 4, становится меньше, пружина 5 перемещает блок мембран вверх, открывая верхнее сопло с кабинным давлением. При этом воздух через него поступает в межмембранную полость, которая через нижнее сопло была соединена до этого с атмосферой. Оно в этом случае прикрывается. В результате на выходе будет более высокое кабинное давление и воздух, находящийся под этим давлением, затем частично подаётся в магистраль с атмосферным давлением для компенсации его понижения с увеличением высоты полёта.

#### 4. Усилитель мощности пневматический (рис. 155).

В нём есть две несоединённые друг с другом мембраны 1 и 2. Мембрана 2 имеет жёсткий центр, упирающийся на шариковый клапан 3. Если давление над мембраной 2 становится больше нормы, жесткий центр давит на шарик, он отжимается и воздух, находящийся под кабинным давлением, имеющийся под мембраной 2, получает возможность двигаться в межмембранную камеру. При этом он смешивается с атмосферным, увеличивая давление на выходе.

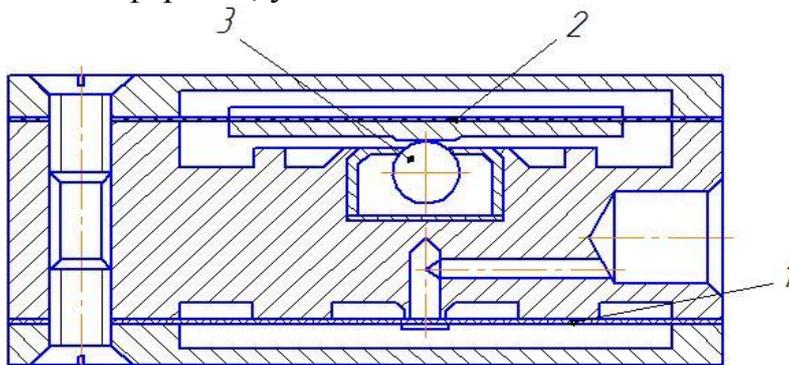


Рис. 155. Схема пневматического усилителя мощности

5. Задатчики абсолютного и избыточного давления по схеме аналогичны усилителю операционному (рис. 154), но в задатчике абсолютного давления в сильфоне давление практически равно нулю (вакуум), а в задатчике избыточного давления сильфон соединён со статическим атмосферным давлением, а снаружи сильфона на него действует кабинное давление и он деформируется под действием избыточного давления, имеющимся в кабине.

#### 9. Система автоматического регулирования давления в гермокабине самолёта Ил-96

Система самолёта Ил-96 аналогична системе самолёта Ил-86. Она состоит из основной электропневматической и дублирующей пневматической системы.

В состав электропневматической системы также входят задатчик кабинного давления, электронный регулятор давления, три электропневмопреобразователя, три основных выпускных клапана и два дополнительных. Предохранительных клапанов в этой системе нет. Их роль выполняют три предохранительных устройства, которые вместе с выпускными клапанами ограничивают избыточное давление в кабине, и три задатчика избыточного давления, ограничивающих давление при отказе дублирующей системы.

В системе также есть вакуумный насос, обеспечивающий эффективную работу выпускных клапанов на малых высотах.

Выпускные клапаны имеют поплавковые клапаны герметизации, предотвращающие попадание воды в кабину через них при аварийной посадке на воду.

Защита от недопустимого обратного перепада давления осуществляется всеми выпускными клапанами и ещё двумя обратными клапанами.

Наибольшие отличия имеются в дублирующей системе: здесь командный прибор 6119 не такой, какой рассматривался ранее (рис. 140); он выполнен из элементов пневмоники, описанных ранее (рис. 156).

В этом командном приборе есть задатчик абсолютного давления (1), задатчик избыточного давления (2), два повторителя (3 и 4, рис. 153), два элемента сравнения (5 и 6, рис. 152), усилитель операционный (7, рис. 154), усилитель мощности пневматический (8, рис. 155), ёмкость (9), дроссель регулируемый (10) и четыре штуцера: № 1 – «кабина», соединённый с кабиной; № 2 – «атмосфера», соединённый с атмосферой; № 3 – «статика», в который поступает статическое атмосферное давление; № 4 – «к клапану», соединённый с надтарельной полостью выпускного клапана.

Все элементы имеют входы (сопла) 1 – соединённые через усилители с атмосферой, 3 – соединённые с кабиной и выходы 2 из межмембранных камер.

Сопло 3 задатчика абсолютного давления соединено с кабиной через повторитель 3, являющийся усилителем, а его сопло 1 соединено с атмосферой через повторитель 4, также являющийся усилителем.

Атмосферное давление от штуцера № 2 поступает к соплам 1 пневматических элементов через операционный усилитель 7, установленный для устранения влияния изменения вакуума при подъёме самолёта на работу командного прибора. Это достигается соединением сильфона усилителя 7 с выходом из пневматического усилителя. Если давление на выходе уменьшается, давление в сильфоне также уменьшается и пружина, находящаяся под мембранами, перемещает их блок вверх, прикрывая сопло с атмосферным давлением и приоткрывая сопло с кабинным давлением, из-за чего давление на выходе операционного усилителя несколько увеличивается, компенсируя увеличение вакуума. При этом давление увеличивается и над верхней мембраной пневматического усилителя 8, которая, перемещаясь вниз, нажимает на шариковый клапан 3 (рис. 155), в результате чего воздух с кабинным давлением через верхнее сопло

проходит через шариковый клапан на выход усилителя 8 также компенсируя увеличения вакуума.

В начале взлёта должно поддерживаться постоянное абсолютное давление. При этом избыточное давление мало и статическое атмосферное давление, поступая в сильфон задатчика избыточного давления 2, расширяет его, закрывает верхнее сопло 1 с низким давлением и открывает нижнее 3, в результате давление с выхода из задатчика абсолютного давления 1 проходит через открытое нижнее сопло на выход задатчика избыточного давления 2.

Если в начале взлёта абсолютное давление в кабине станет больше нормы, оно поступает под сильфон задатчика абсолютного давления 1, сжимает его, в результате чего закрывается нижнее сопло 3 с кабинным давлением и открывается верхнее сопло 1 с атмосферным давлением, через которое и через открытое нижнее сопло 3 задатчика избыточного давления 2 оно проходит на его выход и далее через дроссель 8, обеспечивающий заданную скорость изменения давления в кабине, и через ёмкость 9 в верхние полости над блоками мембран в элементах сравнения 5 и 6. В результате низкое давление оказывается сверху мембранных блоков, а снизу на них действует давление из надтарельной полости выпускного клапана, которое в данном случае равно кабинному. Поэтому в элементах сравнения блоки мембран переместятся вверх, закрывая нижнее сопло 3 с кабинным давлением и открывая верхнее сопло 1, через которое низкое давление поступает в межмембранную полость, на выход из элементов сравнения и в надтарельную полость выпускного клапана в результате чего он открывается и абсолютное давление в кабине снижается.

Если после этого абсолютное давление в кабине станет ниже заданного, оно, поступая под сильфон задатчика абсолютного давления 1, приводит к его расширению, закрытию верхнего сопла с атмосферным давлением и открытию нижнего сопла с кабинным давлением. Это высокое давление описанным ранее путём передаётся в надтарельную полость выпускного клапана, в результате чего под действием пружины он закрывается. Наддув кабины воздухом из СКВ будет приводить к постепенному повышению давления в кабине.

Так будет работать система, отслеживая во время полета прямую постоянного абсолютного давления (рис. 148) до высоты 7 км. На этой высоте, поскольку давление в сильфоне регулятора избыточного давления станет достаточно низким, а снизу на сильфон действует подводимое кабинное давление и если оно станет больше нормы под действием пружины, находящейся снизу блока мембран, нижнее сопло закроется, а верхнее с атмосферным давлением откроется и регулирование давления в надтарельной полости выпускного клапана будет производиться задатчиком избыточного давления описанным ранее способом. В результате будет отслеживаться идущая вниз прямая закона изменения давления в гермокабине.

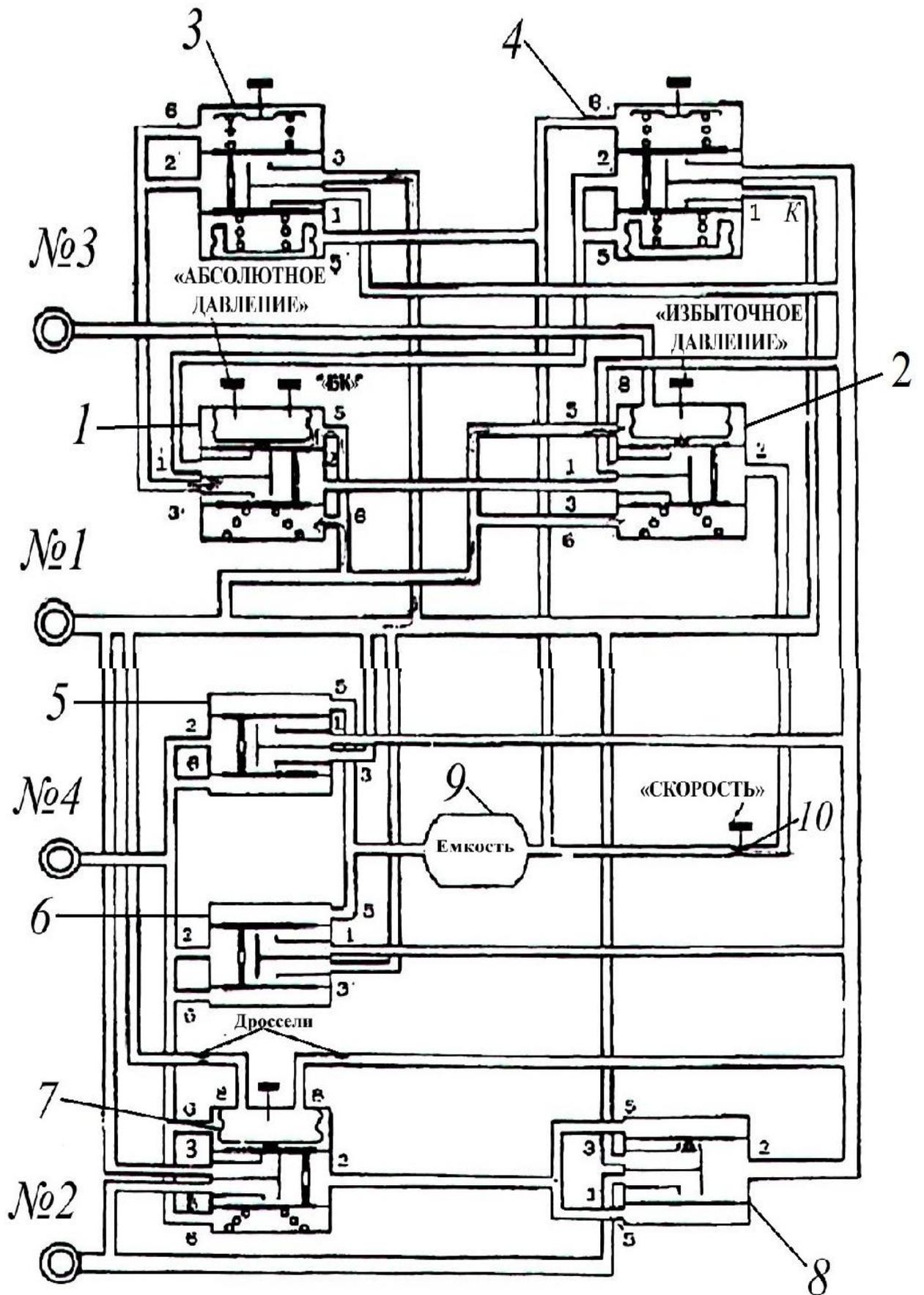


Рис. 156. Схема командного прибора, сделанного из элементов пневмоники

## 10. Система автоматического регулирования давления в гермокабине самолёта Як-42

САРД самолёта Як-42 подобна САРД самолёта Ил-86. Она также состоит из основной электропневматической системы и дублирующей пневматической.

Основная система также имеет электрический регулятор давления, получающий сигнал от датчика абсолютного давления, датчика атмосферного давления, датчика кабинного давления и вычислителя скорости изменения давления. На основе получаемых сигналов регулятор давления формирует управляющий сигнал, который затем усиливается в двух усилителях мощности и суммируется с сигналами обратной связи, получаемых от датчиков положения тарелок трёх выпускных клапанов. Сигнал, поступающий с усилителей, подаётся в три электропневмопреобразователя, формирующие пневматические сигналы, подаваемые в надтарельные полости трёх выпускных клапанов.

В линиях между электропневмопреобразователями и выпускными клапанами также находятся электроклапаны, перекрывающие эти линии при переходе на работу дублирующей системы.

Дублирующая пневматическая система, как было описано ранее, состоит из командного прибора, трёх повторителей и трёх выпускных клапанов.

Здесь, также как на самолёте Ту-154, рядом с каждым выпускным клапаном работает по ограничителю избыточного давления, защищающего кабину от повышения прямого перепада давления, и по ограничителю абсолютного давления, защищающего кабину от понижения давления ниже 515 мм рт. ст.

Ограничение обратного перепада давления осуществляется также выпускными клапанами.

## 11. САРД самолёта Ту-204

Эта система имеет два канала управления: основную электропневматическую систему и дублирующую пневматическую систему.

Программа изменения давления системы аналогична программе САРД самолёта Ил-86 (рис. 148). Здесь избыточное давление равно  $0,6 \text{ кгс/см}^2$ . Отрицательный перепад  $0,02 \text{ кгс/см}^2$  обеспечивается выпускными клапанами.

Исполнительными элементами системы являются два выпускных клапана и один предохранительный. Предохранительный клапан работает на малых высотах. Он закрывается на высоте более 1200 м.

В состав основной системы входят датчик абсолютного давления и электронный регулятор давления, выдающие на электропневмопреобразователь (рис. 150) электрический сигнал, в соответствии с которым в нём поворачивается ротор и шиберы закрывают или штуцер с атмосферным давлением или с кабинным. Если закрывается атмосферное давление, в надтарельную полость выпускного клапана подаётся кабинное давление, он закрывается и наоборот.

Электропневмопреобразователи находятся в двух блоках управления выпускными клапанами и в блоке управления предохранительным клапаном, состоящих из элементов пневмоники. На рис. 157 представлено размещение на самолёте выпускного клапана 1 и блока управления 2.

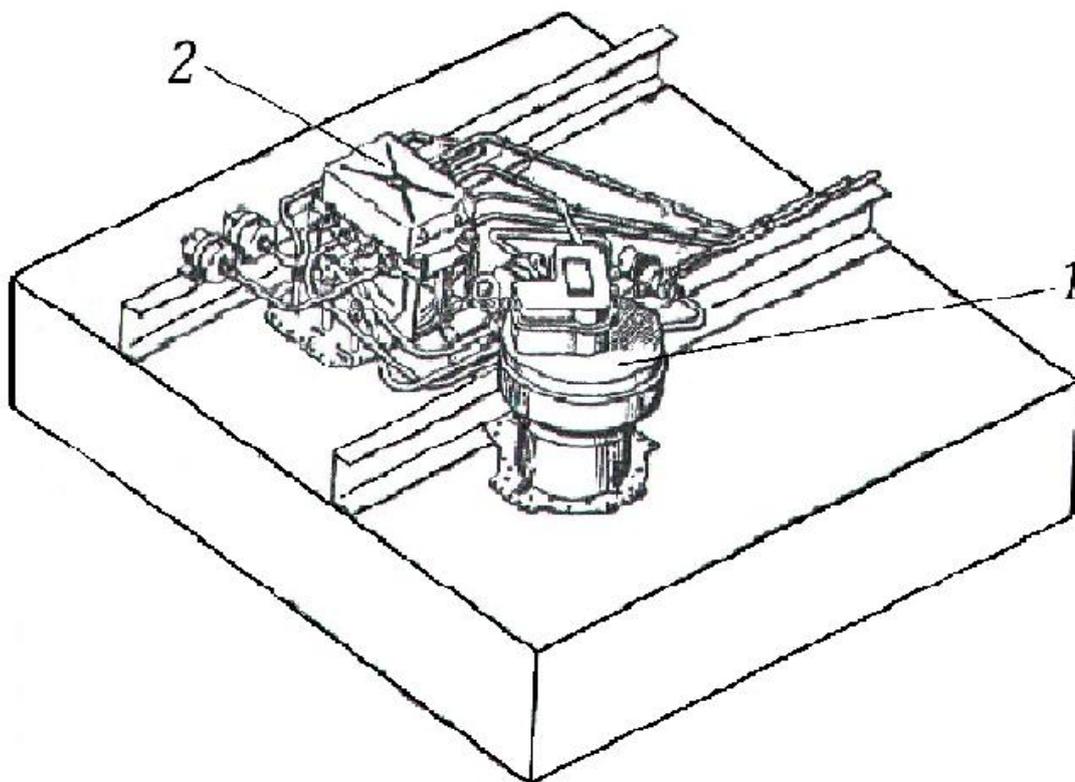


Рис. 157. Блок управления и выпускной клапан самолёта Ту-204

При отказе основной системы начинает работать дублирующая пневматическая система, в состав которой входит командный прибор 6119, описанный ранее (рис. 156). Сигнал с командного прибора также поступает в три блока управления.

Переключение с основной системы на дублирующую в блоке управления производится переключающим устройством, имеющим в своём составе электромагнит, при подаче в который электрического сигнала перемещается блок мембран с жёстким центром и закрывается сопло, соединяющее клапан с основной системой, и открывается сопло, соединяющееся с дублирующей системой. На выход в клапаны при этом подаётся воздух под давлением, определяемым командным прибором.

В блоках управления выпускными клапанами имеются блоки пневматических элементов, обеспечивающих минимальное абсолютное давление в кабине 550 мм рт. ст., в состав которых входит задатчики абсолютного давления с вакуумными сильфонами. По сигналу с них перекрываются каналы, соединяющие кабину с атмосферой для предотвращения дальнейшего понижения в ней

давления. В них также установлены блоки пневматических элементов, ограничивающих избыточное давление в кабине, которые при его превышении 0,64 мм рт. ст. сбрасывают давление в атмосферу.

Кроме этого в блоках управления существует узел принудительного закрытия клапанов при аварийной посадке на воду. Для этого имеются два баллончика со сжатой двуокисью углерода  $\text{CO}_2$ . На высоте 600-800 м сначала электрически вытягиваются пусковые головки одного баллончика; если от него закрытия не произошло, используется второй. Управление работой этого узла производится блоками выпускных клапанов.

В системе установлены два вакуумных насоса, на торцевой поверхности роторов которых находятся фрезерованные лопатки, при вращении которых возникает разрежение, необходимое для понижения давления в надтарельной полости клапанов и увеличения эффективности их работы на малых высотах.

Система имеет аппаратуру встроенного контроля, управления и сигнализации, информирующую экипаж о работе САРД четырьмя кадрами КИСС и речевыми сообщениями.

## 12. Система автоматического регулирования давления в гермокабине самолёта Суперджет

Система автоматического регулирования давления самолета предназначена для поддержания в гермокабине необходимого давления, обеспечивающего нормальную жизнедеятельность пассажиров и экипажа. Система обеспечивает поддержание «высоты» в кабине не выше 2400 м и эксплуатацию самолета во всех ожидаемых условиях эксплуатации.

Функциональная схема САРД самолета приведена на рис. 158. На этой схеме 1 и 2 - предохранительные клапаны.

САРД обеспечивает:

- автоматическое регулирование абсолютного давления в гермокабине по заданной программе в зависимости от внешнего барометрического давления;
- автоматическое ограничение скорости изменения давления в гермокабине;
- автоматическое ограничение эксплуатационного избыточного давления в гермокабине;
- ограничение предельного положительного и отрицательного перепада давлений между кабиной и атмосферой;
- ручное регулирование изменения давления в гермокабине;
- принудительную разгерметизацию гермокабины для выравнивания давления гермокабины с атмосферным давлением;
- герметизацию трактов сброса воздуха из гермокабины через выпускной клапан для сохранения плавучести самолёта при вынужденной посадке на воду;
- контроль параметров давления воздуха в гермокабине, сигнализацию о нормальных и опасных режимах работы системы;

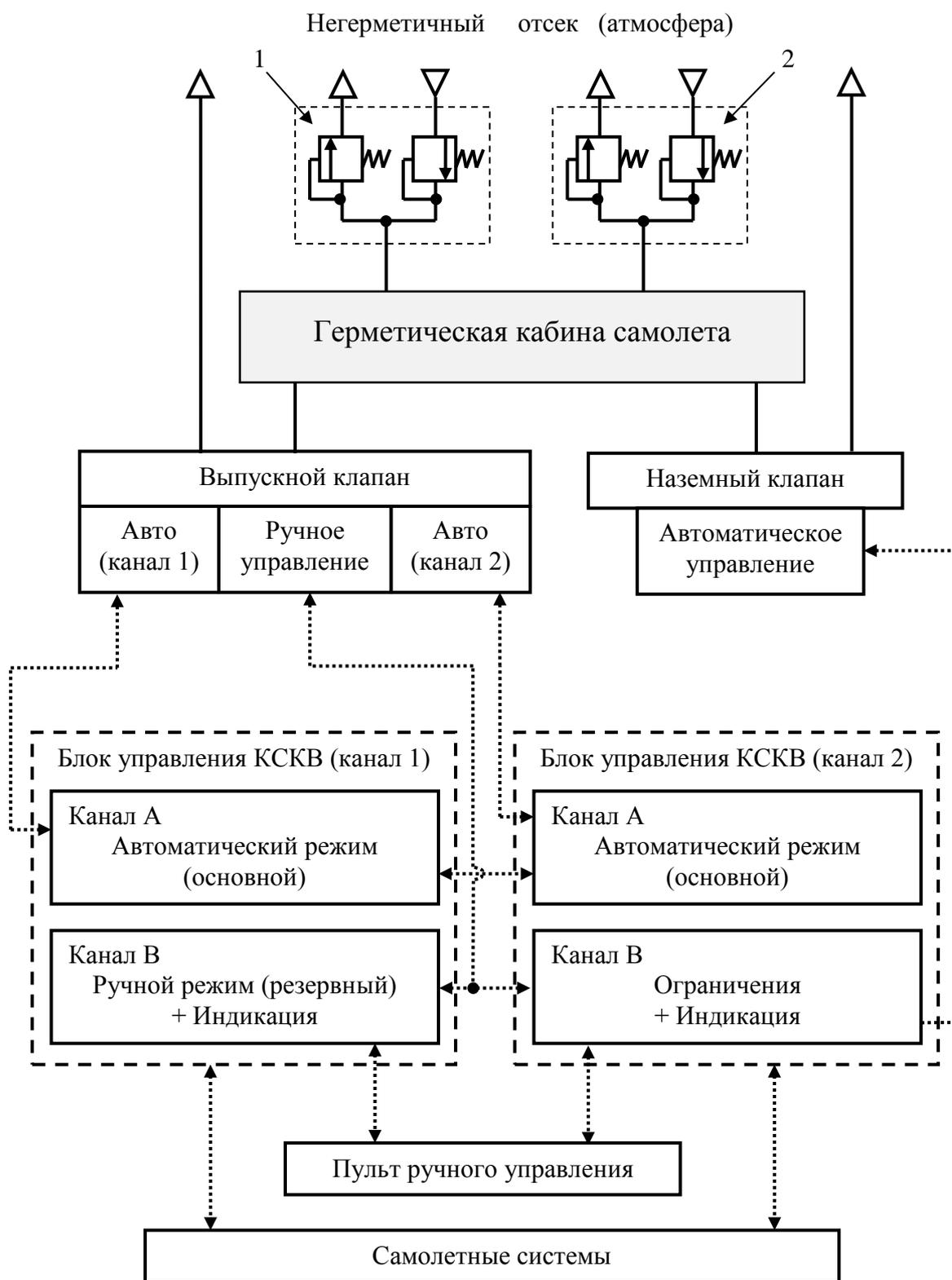


Рис. 158. Схема САРД самолёта Суперджет

- автоматическое ограничение перепада давления на земле;
- быстрое корректирование давления в гермокабине;

- устранение задымления в гермокабине (при необходимости);
- ограничение перепада давления в гермокабине соответствующего максимальной высоте 4500 м при неисправной работе или отказах системы;
- предотвращение герметизации гермокабины на аэродроме, если не закрыты и не заблокированы двери и люки.

При нормальной работе система управляется автоматически двумя блоками управления (канал 1 и канал 2) комплексной системы кондиционирования воздуха (КСКВ). Каждый блок управления КСКВ также имеет два канала — канал А (основной) и канал В (резервный). Канал А каждого блока КСКВ обеспечивает выполнение основных функций САРД:

- измерение давления в гермокабине;
- расчёт заданного давления гермокабины, заданных скоростей изменения давления, скорости открытия (закрытия) выпускного клапана;
- управление выпускным клапаном;
- предоставление информации о давлении в гермокабине системам самолёта;
- контроль компонентов системы автоматического регулирования давления.

В случае отказа основного режима используется канал В (ручной режим работы САРД). Он применяется для:

- регулирования давления в гермокабине и скорости изменения давления согласно выбору пилота;
- ограничения скорости изменения давления в гермокабине (регулирование блоком управления КСКВ (канал 1));
- обеспечения независимой индикации работы САРД;
- управление работой наземного клапана (блок управления КСКВ (канал 2)).

Сброс избыточного давления обеспечивается через два предохранительных клапана 1 и 2. Стравливание избыточного давления отменяет работу обоих режимов — автоматического и ручного.

Основными элементами этой системы являются выпускной и предохранительные клапаны.

#### А. Выпускной клапан (рис. 159)

Выпускной клапан САРД предназначен для поддержания в гермокабине избыточного давления и ограничения разряжения. Для обеспечения высокого уровня комфорта в пассажирском салоне выпускной клапан установлен в подпольном пространстве в районе центроплана на гермошпангоуте. Выпускной клапан имеет два режима работы: автоматический и ручной. Электропривод состоит из редуктора с тремя приводами – два автоматических (основных) и ручного (резервного) управления. Клапан изменяет расход воздуха согласно командам блоков управления КСКВ.



Рис.159. Выпускной клапан самолёта Суперджет

#### Б. Наземный клапан

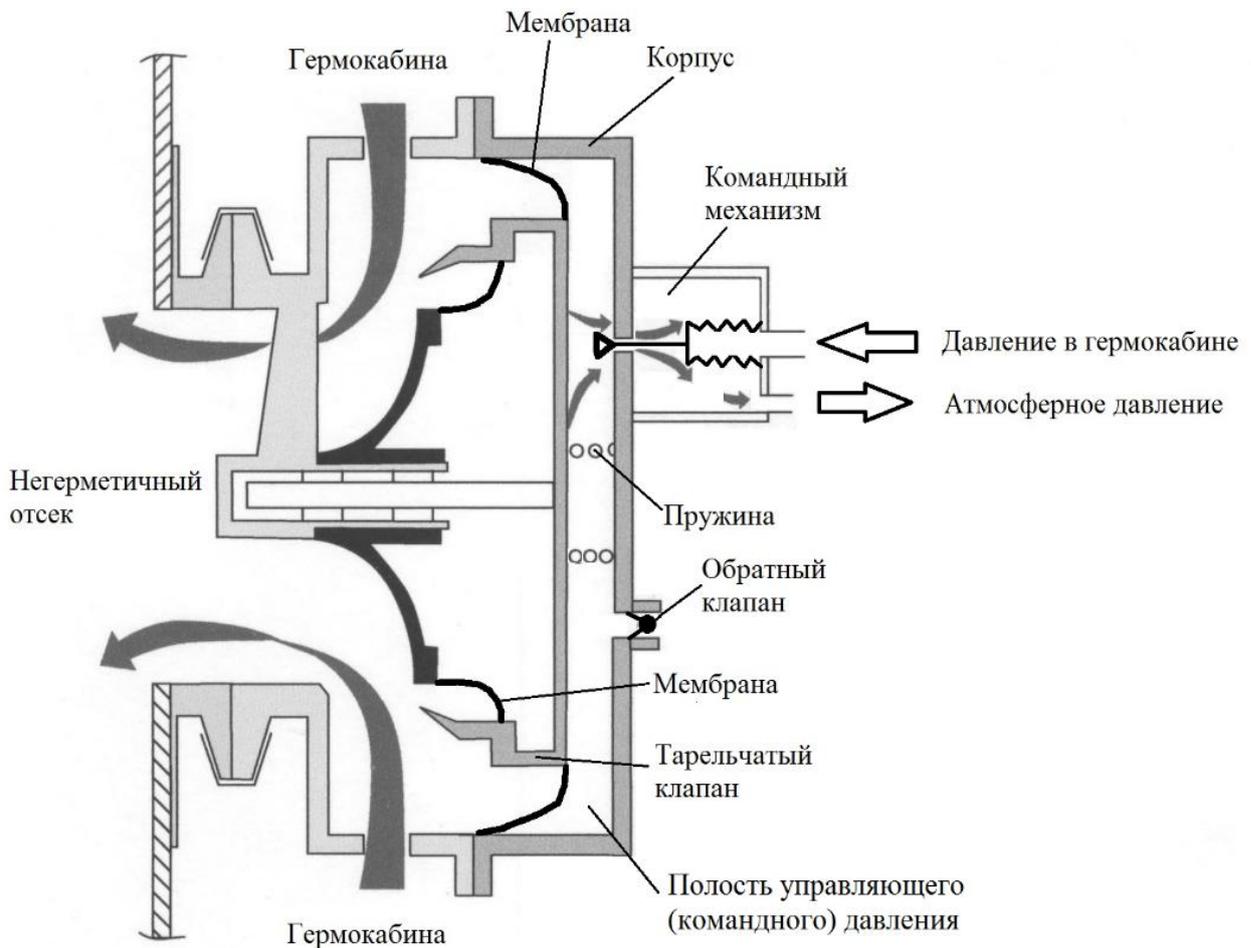
Наземный клапан (по конструкции подобен выпускному клапану) уменьшает перепад давления в гермокабине. На земле всегда открыт, во время полёта клапан закрыт. Расположен наземный клапан в подпольном пространстве на заднем гермошпангоуте гермокабины. Электропривод поворачивает заслонку. Исполнительный механизм наземного клапана оснащен принудительным ручным приводом.

#### В. Предохранительный клапан (рис. 160)

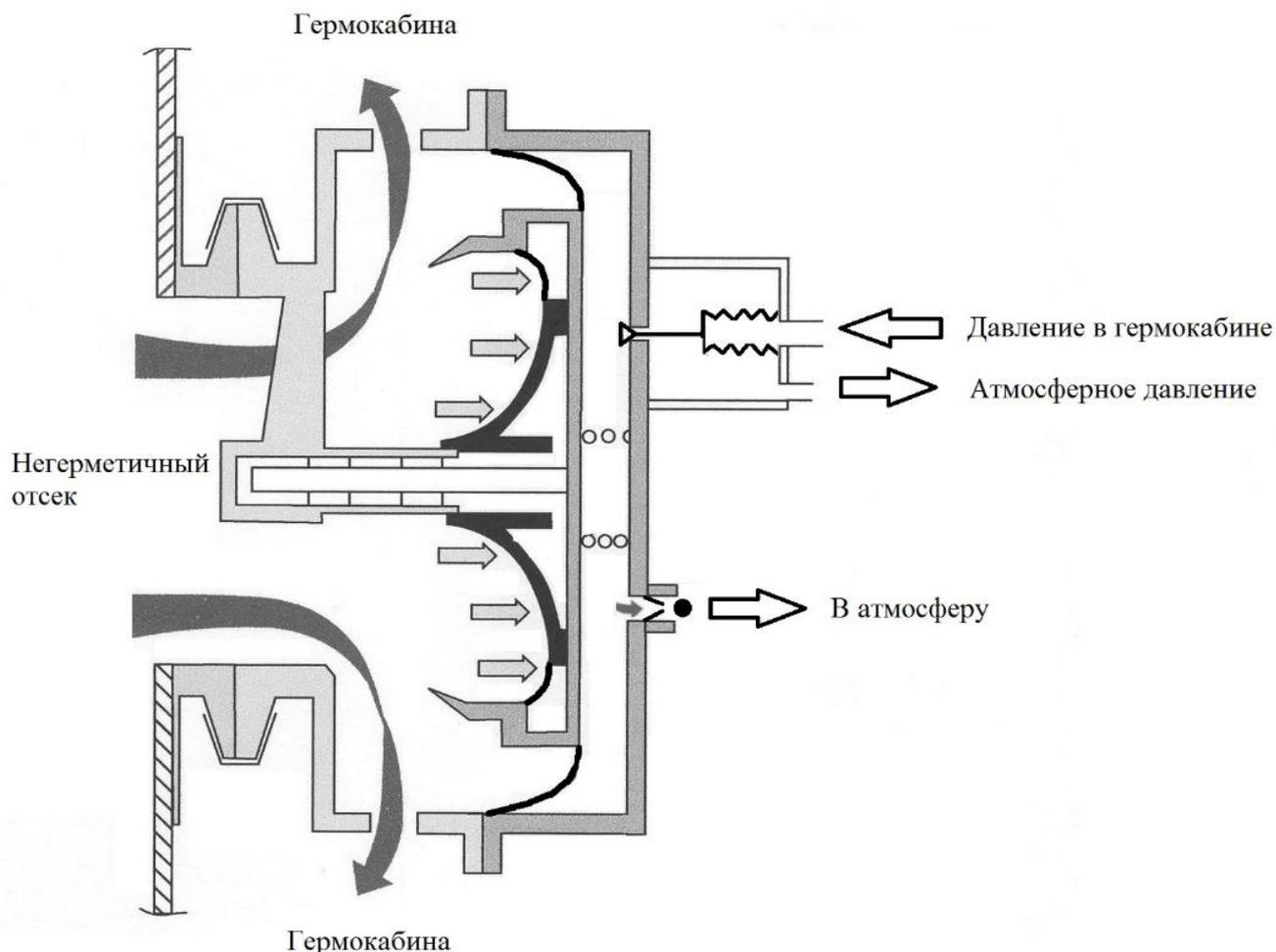
Предохранительный клапан предназначен для обеспечения безопасного перепада давления между гермокабиной и атмосферой путём перепуска воздуха в прямом или обратном направлении. Предохранительные клапаны размещены на заднем гермошпангоуте гермокабины. Основными элементами конструкции являются: корпус; командный механизм регулирования давления в

полости управляющего давления; подпружиненный тарельчатый клапан, связывающий гермокабину с негерметичным отсеком; упругие мембраны, разъединяющие полости.

Максимальный положительный перепад давления в гермокабине не должен превышать  $0,6 \text{ кгс/см}^2$ . Если величина перепада достигает  $0,608 \text{ кгс/см}^2$ , то предохранительные клапаны открываются для стравливания избыточного давления (рис. 160а). Максимальный отрицательный перепад давления в гермокабине поддерживается минус  $0,035 \text{ кгс/см}^2$ . Если во время аварийного снижения атмосферное давление превышает давление в гермокабине, то предохранительные клапаны открываются для притока воздуха из атмосферы (рис. 160б). Открытие предохранительных клапанов гарантирует необходимую величину перепада давления даже при одном неисправном клапане. Изменение положительного и отрицательного перепада давления отменяет работу автоматического и ручного режимов блоков управления КСКВ.



а) Давление в гермокабине выше максимально допустимого



б) Давление в гермокабине ниже атмосферного

Рис. 160. Схема работы предохранительного клапана самолёта Суперджет

Рассмотрим основные режимы работы САРД самолета Суперджет.

*А. Функционирование САРД в автоматическом (основном) режиме*

Канал А блоков управления КСКВ регулирует давление в гермокабине с помощью открытия выпускного клапана в соответствии с встроенными законами регулирования. Основной режим — это автоматическое регулирование (без участия экипажа) на земле и в полёте перепада давления в гермокабине и скорости изменения давления в зависимости от:

- высоты полёта самолёта, вертикальной скорости самолёта и барометрической коррекции изменения давления, полученной от систем самолёта;
- выбранной высоты аэродрома посадки (полученной автоматически от комплекса авионики или заданной лётчиком вручную);

- вынужденной посадки на воду или аварийной разгерметизации (выполняемой вручную лётчиком);
- сигнала обжатого состояния шасси;
- открытого положения дверей и люков (для начала наддува гермокабины);
- положения рычага управления двигателями (РУД);
- положения выпускного и наземного клапанов (полностью открытое или полностью закрытое);
- расхода воздуха в салоне.

Канал А блоков управления КСКВ регулирует давление в гермокабине в зависимости от полученной информации. Заданное значение давления сравнивается с давлением в салоне и блоки управления КСКВ изменяют положение заслонки выпускного клапана для устранения существующей разницы.

#### *Б. Функционирование САРД в ручном режиме*

Ручное регулирование давления в гермокабине осуществляется с пульта управления в случае отказа обоих автоматических каналов САРД или по желанию летчика. Ручной режим управления САРД осуществляется нажатием на кнопку «MODE». Скорость изменения давления в гермокабине устанавливается задатчиком и регулируется блоком управления КСКВ (канал 1) по резервному (ручному) каналу В с помощью открытия или закрытия выпускного клапана.

#### *В. Режимы работы САРД на земле и в полёте*

##### *1. Автоматическая разгерметизация на земле*

При приземлении самолёта, во избежание резких перепадов давления, блоки управления КСКВ поддерживают положительный перепад давления в гермокабине. Автоматический режим регулирует давление в салоне при приземлении, равное давлению на аэродроме приземления с заданным превышением, которое эквивалентно высоте приземления минус 91 м над уровнем моря. Автоматическая разгерметизация включается, когда шасси находится в обжатом положении, а РУД находится в положении МАЛЫЙ ГАЗ.

##### *2. Автоматическая предварительная герметизация на земле*

Автоматическая предварительная герметизация на земле предотвращает скачки давления в гермокабине во время разбега при взлёте (в момент отрыва самолёта). Режим автоматической предварительной герметизации включается, когда шасси находится в обжатом положении, а РУД в положении МАЛЫЙ ГАЗ. В случае взлёта с подачей кондиционированного воздуха, давление в гермокабине регулируется за счёт скорости повышения давления. В случае взлёта без подачи кондиционированного воздуха выпускной клапан закрывается.

### 3. Полёт в нормальном режиме

#### а) Взлёт

Для предотвращения резкого изменения давления в гермокабине во время разбега самолёта происходит автоматический наддув, пока давление в гермокабине не достигнет значения давления на высоте аэродрома взлёта минус 91 м. Автоматический наддув гермокабины начинается, когда шасси находится в обжатом положении, а РУД - в положении МАЛЫЙ ГАЗ.

#### б) Набор высоты

При отрыве самолёта от земли блоки управления КСКВ управляют скоростью изменения «высоты» в гермокабине пропорционально вертикальной скорости самолёта. Максимальная скорость набора высоты определяется для самолёта с минимальной массой и не может превышать 2,62 м/с.

#### в) Крейсерский полёт

«Высота» в гермокабине регулируется в соответствии с высотой полёта самолёта. Максимальный перепад давления составляет 0,6 атм при максимальной высоте полёта самолёта 12500 м, что обеспечивает давление в гермокабине соответствующей высоте 2400 м.

#### г) Снижение

При снижении самолёта «высота» в гермокабине понижается пропорционально скорости снижения самолёта. С учётом комфорта пассажиров выбрана номинальная скорость снижения минус 2,3 м/с. Если самолёт снижается в аварийном режиме, скорость снижения не может быть ниже минус 5,08 м/с. Блоки управления КСКВ автоматически обеспечивают изменение давления в гермокабине без участия экипажа.

#### д) Руление

После касания самолётом ВПП шасси находится в обжатом положении, а РУД в положении МАЛЫЙ ГАЗ. Начинается автоматическая разгерметизация гермокабины, полностью открываются выпускной и наземный клапаны.

### 4. Режим предотвращения наддува

Все двери и люки должны быть закрыты и заблокированы, без этого наддув гермокабины самолёта невозможен.

### 5. Режим вынужденной посадки на воду

Режим вынужденной посадки на воду активируется нажатием на кнопочный переключатель на пульте управления. Процедура выполняется автоматически.

При этом происходит:

- отключение обеих установок охлаждения воздуха (УОВ);
- разгерметизация гермокабины;
- закрытие выпускного и наземного клапанов.

## 6. Режим аварийной разгерметизации

Аварийная разгерметизация возможна при работе САРД в автоматическом и ручном режимах. Она используется при появлении дыма в гермокабине. Разгерметизация служит для удаления дыма из гермокабины за счёт быстрого сброса воздуха в атмосферу.

## 7. Режим ограничения «высоты» кабины

Давление в гермокабине измеряется датчиком давления, входящим в состав канала В блока управления КСКВ (канал 2). Когда «высота» в гермокабине превышает 4420 м по сигналу от блока управления КСКВ выпускной клапан закрывается. Клапан остаётся закрытым до тех пор, пока «высота в кабине не станет ниже 4270 м.

## 13. Системы автоматического регулирования давления в гермокабинах иностранных самолётов, эксплуатируемых на Российских авиалиниях

1. Самолёт А-310. На самолёте А-310 закон изменения давления в кабине подобен законам самолётов Ил-86, Ил-96 и Ту-204.

Здесь имеются две независимые, идентичные электрические системы регулирования давления в гермокабине самолёта и два выпускных клапана, аналогичные клапанам самолёта Суперджет. Работает одна система, другая при этом отключена. Клапаны управляются тремя электродвигателями: два получают сигналы от электрических систем, а третий управляется вручную.

Кроме этого установлены два предохранительные клапана такие же, как и на самолёте Суперджет, предохраняющие кабину от повышенного давления.

При отсутствии электричества на борту самолёта в случае необходимости вручную открывается клапан разгерметизации перемещением гибкой проводки, которая вращает винт и поднимает клапан, открывая его.

2. Самолёт А-320. В САРД самолёта А-320 также имеется две основные электрические независимые полностью автоматизированные системы управления, подающие сигналы в электрические двигатели с шестерёнными приводами, находящимися на одном выпускном клапане. В случае отказа обеих электрических систем работает канал с ручным управлением со своим мотором постоянного тока, также расположенном на выпускном клапане.

Клапан находится в задней части гермокабины. Он имеет две створки 1 и 2 (рис. 161), управляемые двигателем 3. Здесь: а – клапан открыт и б – клапан закрыт. Имеются также два предохранительных клапана, таких же, как на А-310.

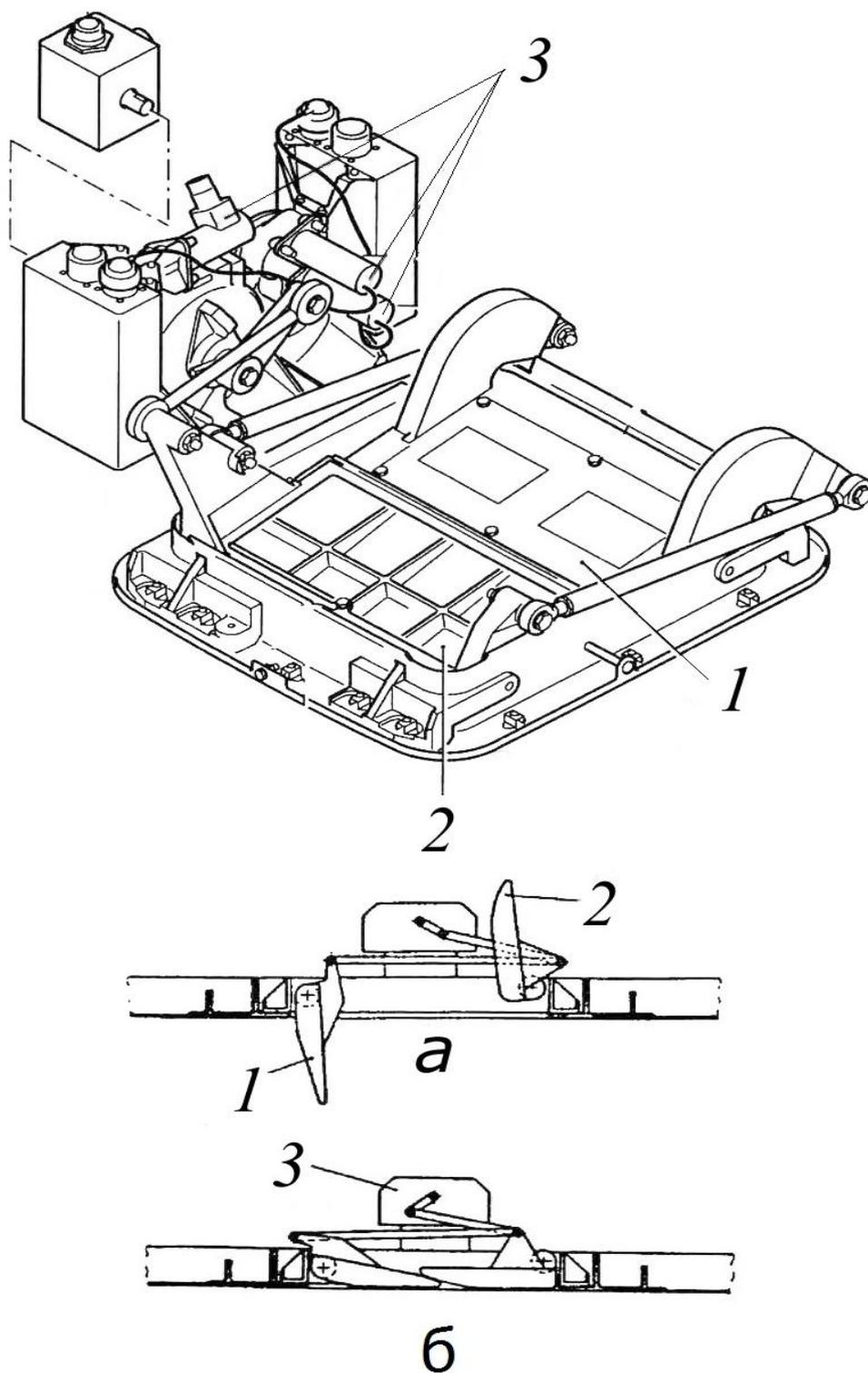


Рис. 161. Выпускной клапан и схема его работы

3. Самолёт Boeing-737. Система этого самолёта электрическая с полностью автоматизированным управлением открытия выпускных клапанов. Программа изменения давления в герметической кабине определяется профилем полёта: на каждой высоте задаётся своё заданное избыточное давление в ка-

бине, т.е. электрическим блоком программируется профиль изменения кабинного давления.

Вторым рабочим автоматическим режимом является резервный режим, дублирующим основной автоматический в случае отказов в последнем. В резервном режиме экипаж управляет избыточным давлением в кабине и скоростью изменения давления в ней.

Имеется также ручной режим, который обеспечивается двумя дублирующими электрическими системами, управляемыми вручную. Одна из них обеспечивает закрытие и открытие выпускного клапана при помощи мотора переменного тока, другая выполняет эти операции при помощи электромотора постоянного тока. В этом режиме требуемое давление в кабине, скорость его изменения и положение выпускного клапана с помощью тумблерного переключателя контролируется экипажем.

В системе имеются два выпускных клапана, расположенные впереди и в задней части гермокабины. В задней части кабины находятся также три предохранительных клапана: два защищают кабину от слишком большого избыточного давления, а третий от отрицательного, обратного перепада давления.

Тип выпускного клапана может меняться в зависимости от модификации самолёта. Он может быть таким, как и на самолёте А-320 (рис. 161). Предохранительные клапаны этого самолёта аналогичны предохранительным клапанам самолёта Суперджет (рис. 160). Клапан, предохраняющий кабину от обратного, отрицательного перепада давления, изображён на рис. 162.

Здесь 1 – клапан; 2 - ось, вокруг которой поворачивается клапан и вокруг которой расположена пружина 3. При положительном избыточном перепаде давления в кабине клапан пружиной и избыточным давлением прижимается к седлу. Если возникает обратный перепад при экстренном снижении, т. е. атмосферное давление будет больше кабинного, клапан под действием атмосферного давления откроется и пропустит в кабину атмосферный воздух.

4. Самолёт Boeing-747. На этом самолёте также имеется электрическая автоматическая система управления выпускными клапанами и резервная электрическая система, работающая в случае отказа основной системы. Есть также две ручных системы: левая и правая, включаемые в работу тумблерами.

Программа изменения давления здесь также определяется профилем полёта и это является основой работы автоматической системы управления.

В состав системы входят два выпускных клапана (рис. 161), два предохранительных, аналогичных рассмотренным ранее (рис. 160), и четыре клапана обратного перепада (рис. 162).

5. Самолёт Boeing-757. Система автоматического регулирования давления в гермокабине этого самолёта имеет две автоматических электрических системы и один ручной режим. Основой для их работы также является профиль полёта и избыточное давление, которое необходимо обеспечить в гермокабине для каждого этапа полёта.

Элементами этой системы являются один двухстворчатый выпускной клапан, один предохранительный клапан и два клапана обратного перепада (рис. 160, 161 и 162).

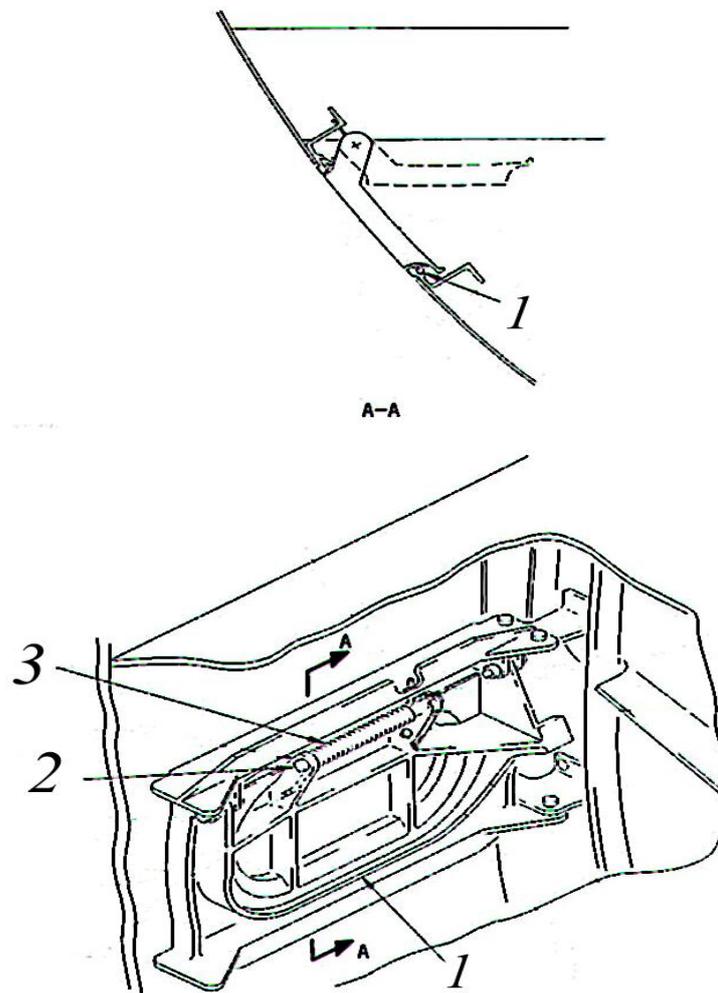


Рис. 162. Предохранительный клапан  
САРД самолётов Boeing

6. Самолёт Boeing-767. В САРД этого самолёта также есть две системы автоматического управления (основная и резервная) и система с ручным управлением. В состав САРД входят один двухстворчатый выпускной клапан, два предохранительных клапана и один клапан обратного перепада.

7. Самолёт Boeing-777. В системе этого самолёта есть автоматический канал управления и канал с ручным управлением. Установлены также два двухстворчатых выпускных клапана, два предохранительных и четыре клапана обратного перепада.

8. Самолёт DC-10. В САРД этого самолёта есть автоматическая система, резервная, сложный выпускной клапан и три предохранительных клапана.

Литература

1. Быков Л.Т., Ивлентиев В.С., Кузнецов В.И. Высотное оборудование пассажирских самолётов. - М.: Машиностроение, 1972.
2. Системы оборудования летательных аппаратов / под ред. А.М. Матвеевко и В.И. Бекасова - М.: Машиностроение, 1986.
3. Руководство по технической эксплуатации самолёта Як-42.
4. Пассажирский самолёт Ил-62 / под ред. Г.В. Новожилова - М.: Машиностроение, 1981.
5. Самолёт ТУ-154. - М.: Машиностроение, 1975. – Ч. 1, 2.
6. Руководство по технической эксплуатации самолёта Ил-76. 1978 г.
7. Руководство по технической эксплуатации самолёта Ил-86. 1978 г.
8. Руководство по технической эксплуатации самолёта Ил-96. 1990 г.
9. Руководство по технической эксплуатации самолёта Ту-204. 1988 г.
10. Aircraft maintenance manual A-310. 1985 г.
11. Course notes manual of A-310-300, Airbus industries. 1985 г.
12. Пассажирский самолёт А-310 - М.: ЦАГИ, 1990.
13. Aircraft maintenance manual A-320. 1994 г.
14. Пассажирский самолёт А-320- М.: ЦАГИ, 1993
15. Удалов К.Г. Комиссаров Д.С. Boeing 737.- Самара, 1994.
16. Boeing 737. Training manual. 1937 г.
17. Удалов К.Г., Комиссаров Д.С. Boeing 747. - М.: Авико-пресс, 1994.
18. Boeing 747. Training manual. 2005 г.
19. Удалов К.Г., Комиссаров Д.С. Boeing 757- Авико-пресс, 1994.
20. Boeing 757. Maintenance Training. 1994 г.
21. Удалов К.Г., Комиссаров Д.С. Boeing 767- М.: Авико- пресс, 1994.
22. Пассажирский самолёт Boeing 767- М.: ЦАГИ, 1987.
23. Boeing 767. Maintenance Training. 1993 г.
24. Boeing 777. Training manual. 1997 г.
25. DC-10. Maintenance manual. 1977 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| 1. Общие положения.....  | 3  |
| 2. Программа изменения давления в гермокабине самолёта .....   | 4  |
| 3. Типовая пневматическая система регулирования давления.....  | 5  |
| 4. Система автоматического регулирования давления в гермокабине самолёта Ту-154 .....  | 8  |
| 5. Система автоматического регулирования давления в гермокабинах самолёта ИЛ-76.....   | 14 |
| 6. Система автоматического регулирования давления в гермокабине самолёта Ил-62 .....   | 19 |
| 7. Система автоматического регулирования давления в гермокабине самолёта Ил-86 .....   | 21 |
| 8. Элементы пневмоники, используемые в САРД.....   | 27 |
| 9. Система автоматического регулирования давления в гермокабине самолёта ИЛ-96 .....   | 29 |
| 10. Система автоматического регулирования давления в гермокабине самолёта Як-42. ....  | 33 |
| 11. САРД самолёта ТУ-204.....  | 33 |
| 12. Система автоматического регулирования давления в гермокабине самолёта Суперджет.....   | 35 |
| 13. Системы автоматического регулирования давления в гермокабинах иностранных самолётов, эксплуатируемых на Российских авиалиниях..... | 43 |
| Литература.....  | 47 |