

doi: 10.32620/oikit.2021.93.03

УДК 629.7.01

А. Г. Гребеников², А. З. Двейрин¹, Д. С. Коньшев¹

Разработка схемы и структуры створочного отсека хвостовых грузовых люков самолетов транспортной категории

¹Государственное предприятие «АНТОНОВ»

²Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Разработаны схема и структура определения основных параметров хвостовых грузовых люков самолетов транспортной категории. Сформулирован перечень исходных данных и изложена методика их нахождения. Рассмотрен пример на базе существующего транспортного самолета. Такими исходными данными являются: основная номенклатура перевозимых грузов проектируемого самолета, их габариты и масса, способы погрузки и швартовки, дополнительное погрузочное оборудование, а также необходимые конструктивные, эксплуатационные и нормативные параметры – схема шасси, его система приседания, вылеты рельсов верхнего погрузочного оборудования для погрузки-выгрузки, траектории грузов при погрузке и десантировании, нормативная документация международных регулирующих органов FAR, CS, AP. На основе исходных данных описан принцип определения размеров грузовой кабины, размеров грузового пола и наездных площадок в виде рампы с гермотрапом, трапами. Приведена зависимость длины рампы от длины грузового пола с учетом выполнения погрузочно-разгрузочных работ и десантирования. Правильное формирование данных параметров является важнейшей задачей, от решения которой напрямую зависят эксплуатационные характеристики будущего транспортного самолета. Представлен метод проектирования створочного отсека грузового люка в хвостовой части фюзеляжа для самолетов транспортной категории. Определены основные признаки створочного отсека, его главные составляющие и их разновидности в зависимости от схемы грузового люка. На этапе эскизного проектирования изложены принципы определения основных параметров створочных отсеков исходя из их конструктивного предназначения. Приведена также информация о выборе параметров конструктивных элементов створочного отсека: осей навески створок, подборе цилиндров управления и их установке, параметров замков открытого и закрытого положения, уплотнения и герметизации створочного отсека. Рассмотрены особенности проектирования створочного отсека хвостовой части фюзеляжа, выполненного в сечении одним радиусом (по форме цилиндра) и заданным в сечении двумя радиусами (двухпалубный).

Ключевые слова: створочный отсек, герметичная створка, средняя створка, боковые створки, каретка, водило, ось вращения створки, замки закрытого положения створки, настил створки.

На начальном этапе выбора схемы и проектирования грузового люка необходимо иметь следующие данные: теоретические контуры фюзеляжа, габаритные размеры грузовой кабины, схему шасси, технические требования к грузовому люку, схему оперения самолёта, номенклатуру и конфигурацию техники и загружаемых грузов, схемы средств десантирования и их траектории сбрасывания, схемы размещения вытяжных парашютных систем сбрасываемой техники и грузов, схемы установки средств погрузки и выгрузки, схемы размещения десантников, ограждений, средств принудительных вытяжных парашютных систем и др.

Таким образом, для построения теоретического чертежа фюзеляжа транспортного самолета необходимы потребные габариты грузовой кабины, которые нужно определить на основе технических требований к разрабатываем-

тому самолёту в зависимости от его класса и назначения. Параметры, влияющие на грузовую кабину и, как следствие, на геометрию фюзеляжа, связаны с лётно-техническими и взлётно-посадочными характеристиками самолёта, схемами шасси, крыла, оперения и грузового люка. Поэтому определение параметров грузовой кабины и геометрической формы фюзеляжа на этапе эскизного проектирования выполняют совместно с разработкой компоновки самолёта, его крыла, оперения, шасси, обтекателя шасси, что согласуется с их конструктивно-силовыми схемами и теоретическими обводами. Результатом такой разработки является предварительный теоретический чертёж фюзеляжа.

Для определения параметров грузовой кабины и проема грузового люка необходимо иметь следующие данные:

1. Перечень перевозимых грузов:

- тип (на поддонах, в контейнерах авиационных или морских, колесная или гусеничная техника, грузы «навалом»);
- габариты (длина, высота, ширина);
- масса (с указанием центра тяжести (ц.т.));
- наличие груза на рампе, его масса, габариты и ц.т.

2. Перечень грузов, десантируемых в воздухе. Габариты и совмещенные контуры грузов.

3. Механизация погрузочно-разгрузочных работ: рольганговое оборудование, транспортер накладной или встроенный, верхнее погрузочное устройство (кран-балка с тельферами, бортовое погрузочное устройство (БПУ)).

4. Требования к шасси: «приседание» на основные опоры шасси (ООШ), увеличение длины амортистойки передней опоры шасси (ПОШ).

5. Требования соответствия нормативным документам CS, FAR, AP и т.п.

6. Траектории и габариты, совмещенный контур сбрасываемых грузов;

7. Минимальный «вылет» рельсов БПУ относительно порога грузовой кабины (или торцевой задней балки рампы) для обеспечения погрузки-выгрузки платформ и поддонов погрузчиком.

В качестве примера рассмотрим номенклатуру, компоновку, варианты погрузки грузов, перевозимых самолетом Ан-178 (рисунки 1, 2, 3, таблица 1).



Рисунок 1 – Схемы погрузки грузов в контейнерах и на стандартных авиационных поддонах

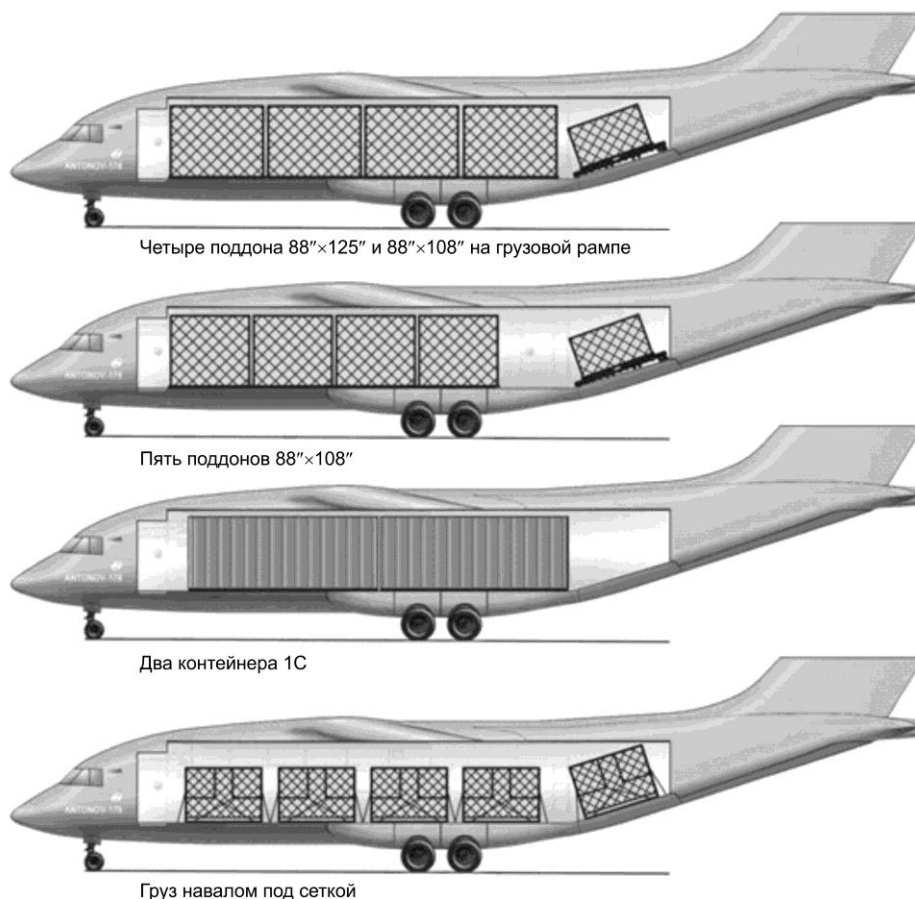


Рисунок 2 – Варианты компоновки грузов в грузовой кабине при перевозке в контейнерах и на стандартных авиационных поддонах

Таблица 1 – Номенклатура перевозимых грузов

Перевозимые грузы	Количество	Вес, т
Солдаты	90	10,8
Десантники	70	8,3
Раненные на носилках + креслах	48+15	6,0
Контейнеры, дюймы (м):		
M1 96" x 96" x 125" (2,438 x 2,438 x 3,175)	4	18,0*
M2 96" x 96" x 238,5" (2,438 x 2,438 x 6,058)	2	18,0
M3 88" x 96" x 125" (2,235 x 2,438 x 3,175)	4	18,0
1D 96" x 96" x 117,8" (2,438 x 2,438 x 2,991)	2	18,0
1C 96" x 96" x 238,5" (2,438 x 2,438 x 6,058)	2	18,0
Паллеты, дюймы (м):		
88" x 108" (2,235 x 2,743)	5	18,0
88" x 108" (2,235 x 3,175)	4	18,0
88" x 108" (2,438 x 3,175)	4	18,0
88" x 108" (2,438 x 6,058)	2	18,0

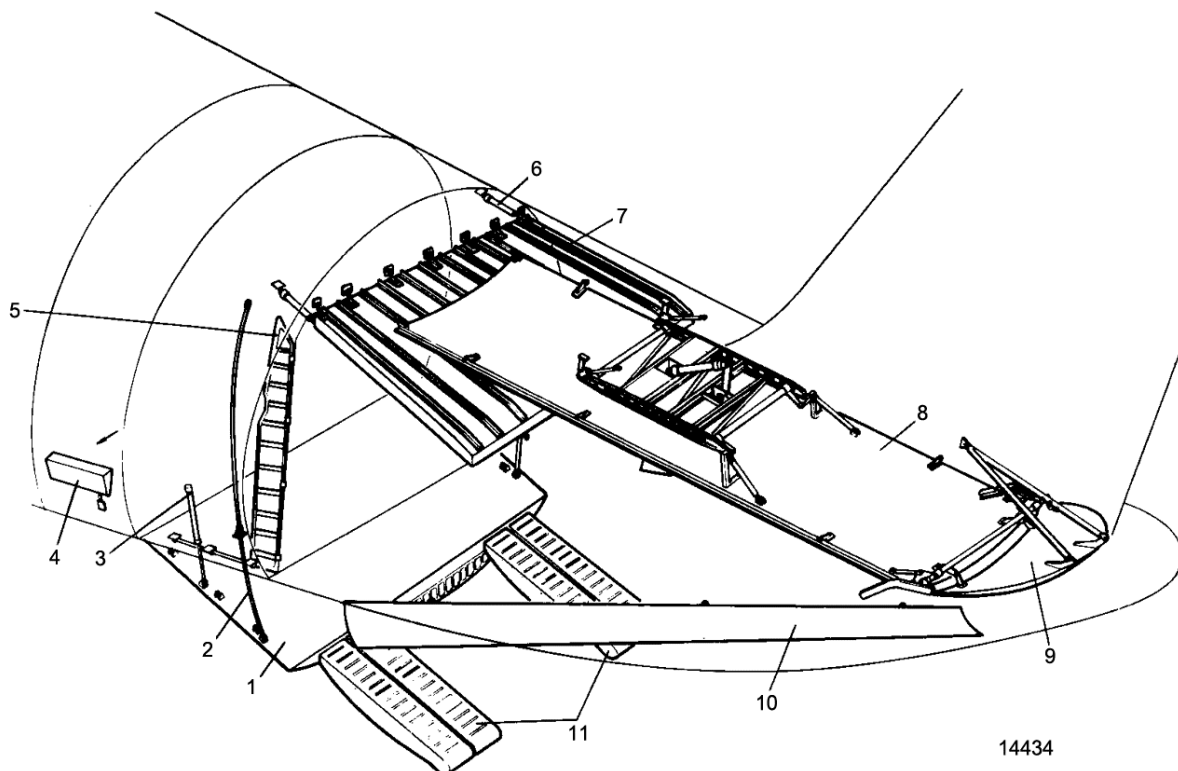


Рисунок 3 – Схема хвостової частини фюзеляжа з негерметичним створочним отсеком компоновки грузової кабіни при перевозці личного состава, парашютистів, ранених в медичному варіанті

Рассмотрим сечения в зоне одинарной кривизны фюзеляжа типовой конструкции и в месте установки центроплана (рис. 4 а, б). В данном случае это будут исходные сечения для определения размеров грузової кабіны проектируемого самолета. Их размеры будут зависеть от габаритных размеров перевозимых грузов.

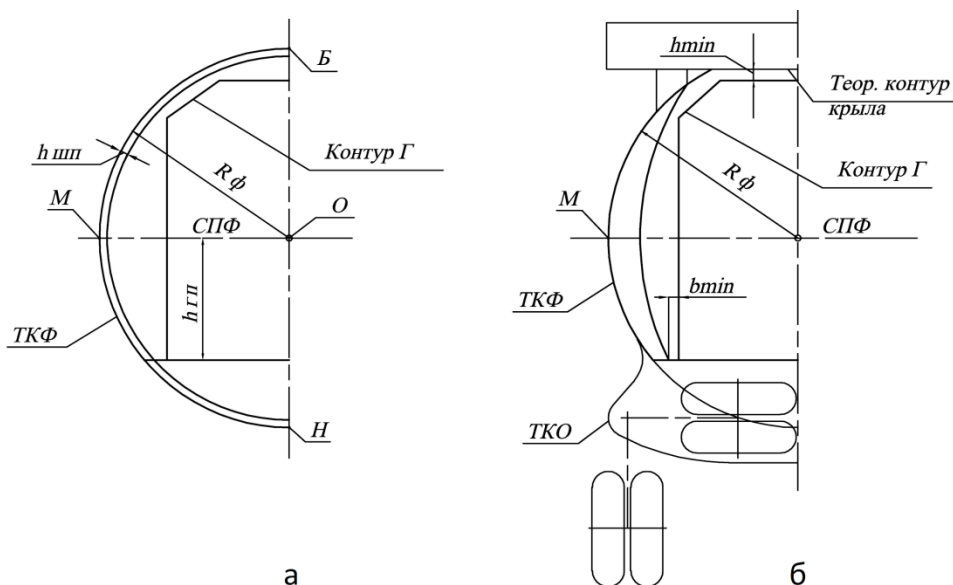


Рисунок 4 – Схема сечений грузової кабіни в зоне одинарной кривизны фюзеляжа

Итак, при определении длины грузовой кабины необходимо учитывать максимальную длину перевозимого груза или сумму величин длин, если грузов несколько. При этом размещение груза должно обеспечивать возможность проникновения через входные двери в кабину экипажа и аварийного покидания экипажем кабины через предусмотренные двери и люки в воздухе и на земле, а также сопровождающего персонала, если такой имеется. Поэтому, как правило, грузы в грузовой кабине по длине не должны находиться в передней части и перекрывать имеющиеся выходы (см. рис. 3). Из этого следует, что длина грузовой кабины будет зависеть от максимальной длины грузов или их сумм плюс зоны входных дверей и люков аварийного покидания, а также минимальных зазоров спереди и сзади, необходимых для швартовки груза:

$$L_{\text{ЭК}} = L_{\text{гр}} + b_{\text{дв}} + 2b_{\text{шв}}.$$

Для определения ширины и высоты грузовой кабины необходимо воспользоваться аналогичным алгоритмом. Для этого нужно иметь максимальную ширину и высоту груза $B_{\text{гр. max}}$ и $H_{\text{гр. max}}$. Таким образом ширина грузовой кабины $B_{\text{ЭК}}$ будет равна максимальной ширине груза $B_{\text{гр. max}}$ плюс минимальные допустимые зазоры b_{min} конструкции фюзеляжа (рис. 4, б).

$$B_{\text{ЭК}} = B_{\text{гр}} + 2b_{\text{min}}.$$

Следует учитывать, что в H_{max} необходимо закладывать дополнительно высоту накладного на пол оборудования (рольганг), если погрузка и транспортировка грузов (стандартных авиационных поддонов и контейнеров) предусмотрена с их использованием. Поэтому высота грузовой кабины будет равна максимальной высоте груза плюс минимальный допустимый зазор по высоте h_{min} к центроплану. В случае, если на самолете предусмотрена установка верхнего погрузочного оборудования, то зазор необходимо выдерживать с учетом рельс под центропланом, установленных вдоль всей грузовой кабины:

$$H_{\text{ЭК}} = H_{\text{гр}} + h_{\text{min}}.$$

Диаметр же фюзеляжа определяют не только габариты грузовой кабины в нормальном сечении Ф-2, но и также строительная высота нормальных шпангоутов $h_{\text{шп}}$ и силовых шпангоутов крепления центроплана (см. рис. 4, б). Однако функциональные возможности грузовой кабины самолёта по размещению в ней грузов зависят не только от ее габаритов, но и от схемы и конструктивного исполнения грузового люка, на который оказывает влияние множество факторов, начиная от формы хвостовой части фюзеляжа и заканчивая схемой и расположением шасси. В идеальном случае следует иметь проём грузового люка равным габаритам грузовой кабины, но в реальности это является как сложно выполнимой задачей, так и некритической, поскольку нужно учитывать не только габаритные размеры грузов, но и условия их погрузки-выгрузки, десантирования.

Для определения основных параметров грузового люка необходимо также разработать теоретический чертеж фюзеляжа в виде его теоретических обводов на виде сбоку и в плане с предварительной разбивкой дистанций между шпангоутами и эпюры сечений, совмещённых по оси симметрии самолёта, выполненных по этой разбивке. Материалы по созданию теории хвостовой части были рассмотрены в работах [5, 6].

В теоретическом чертеже фюзеляжа задают длину грузового пола, местоположение порога грузовой кабины, конфигурацию вертикального и горизонтального оперения и оси их лонжеронов, конфигурацию корневой нервюры го-

ризонтального оперення, местоположение основной стойки шасси и положение земли для пустого снаряжённого самолёта.

Как правило, теоретический чертеж обтекателя шасси самолёта выполняются отдельно, и он может быть необходимым при разработке грузового люка.

Теоретический чертеж фюзеляжа позволяет построить любое сечение, необходимое при разработке грузового люка. На начальном этапе проектирования теоретический чертеж фюзеляжа используется для определения геометрических параметров порога, ramпы, балки, выреза и проёма грузового люка.

Определение длины наклонного пола

Для входа в грузовую кабину самолёта и погрузки-выгрузки техники грузовой люк должен быть снабжён наклонным полом. Наклонный пол образуется при раскладке ramпы, трапов, подтрапников и других составных частей грузового люка на земле. Длина наклонного пола зависит от угла его наклона к земле α и высоты порога h_n . Угол α задаётся в технических требованиях к грузовому люку, h_n зависит от схемы шасси и компоновки грузовой кабины самолёта.

Известно, что диапазон центровок задаётся относительно носка средней аэродинамической хорды крыла в процентном соотношении, а основная стойка шасси находится от него на расстоянии e . Наиболее благоприятным для равномерного размещения грузов является соотношение участков длины грузовой кабины, равное сумме L_1 и L_2 , когда $L_1 = L_2$. Из рис. 5 видно, как соотношение L_1 и L_2 влияет на высоту порога h_n и длину наклонного пола.

Высота низа порогового шпангоута h_1 определяется конструктивно из условия навески ramпы грузового люка. Нижняя линия обвода фюзеляжа связана с линией земли при посадке самолёта и клиренсом K . Положение колеса основной стойки при деформации и амортизации пневматика, уровень земли при посадке и на стоянке задаются в схеме шасси самолёта. Определённому соотношению величин L_1 и L_2 соответствует величина h_n . При увеличении L_2 увеличивается h_n , так как h_1 остаётся неизменным и необходимо отодвигать вниз нижнюю линию Φ_3 , а значит удлинять стойку шасси для обеспечения клиренса K . При уменьшении L_2 уменьшается высота порога грузовой кабины, а значит и длина наклонного пола при заданном угле α .

Изменение L_2 оказывает существенное влияние на схему грузового люка и параметры его составных частей. При сбрасывании максимального груза с ramпы предельное значение $L_2 + L_p$ определяется аэродинамикой самолёта и является постоянной величиной для данного типа самолёта. Таким образом, при уменьшении L_2 увеличивается L_p , что приводит к уменьшению длины дополнительных элементов наклонного пола и упрощению схемы грузового люка.

Увеличение L_2 удлиняет наклонный пол и укорачивает ramпу, что приводит к усложнению грузового люка, так как трапы большой длины трудно компоновать в Φ_3 и обеспечить их работоспособность, а короткую ramпу необходимо снабжать управляемыми опорами. При компоновке грузовой кабины десантно-транспортного самолёта для улучшения исходных данных для проектирования грузового люка необходимо подбирать оптимальное соотношение величин L_1 и L_2 . При этом поверхность ramпы можно использовать для размещения и перевозки грузов.

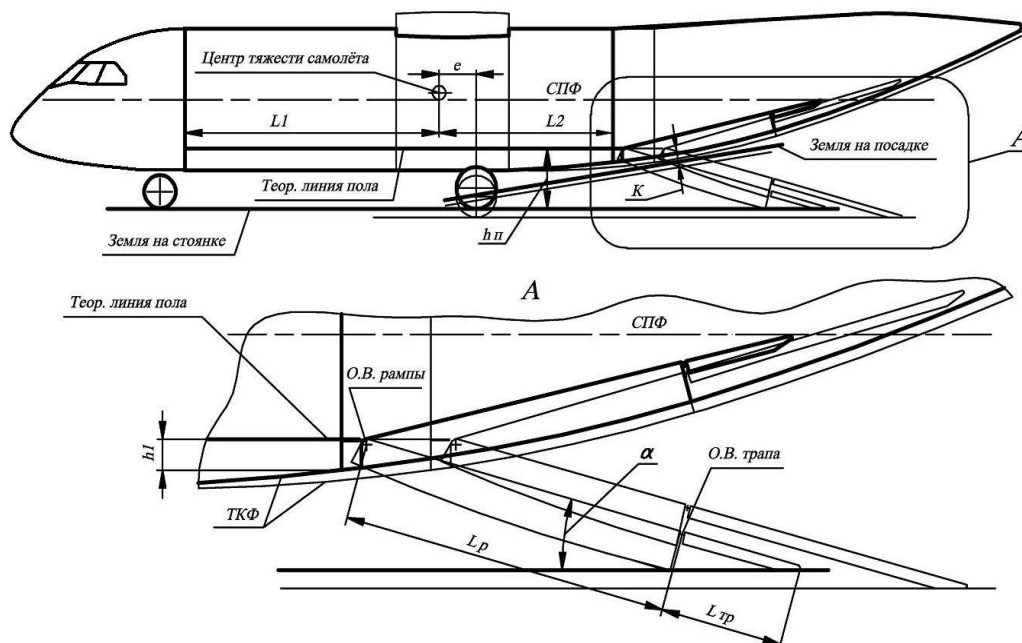


Рисунок 5 – Схема определение длины наклонного пола и узлов навески рампы

Створочный отсек грузового люка

Створочный отсек грузового люка – это подвижные части грузового люка, содержащие привод, замки и другие устройства, шарнирно или иным образом закреплённые на фюзеляже, образующие его форму в месте выреза грузового люка, воспринимающие действующие нагрузки и выполняющие функции согласно схеме грузового люка.

Створочный отсек имеет большое значение на формирование проема грузового люка и, как следствие, на транспортные возможности самолета в целом. Как правило, проем грузового люка имеет меньшее сечение, чем грузовая кабина и поэтому является определяющим в формировании транспортных возможностей самолета.

В зависимости от схемы грузового люка створки могут быть цельными, многозвенными, открывающимися внутрь или наружу фюзеляжа, воспринимающими или не воспринимающими нагрузки от наддува в грузовой кабине самолёта.

Конструктивно-силовая схема створок грузового люка, взаимосвязь, кинематика, способы фиксации и способы управления ими закладываются в схеме грузового люка и в его теоретическом чертеже, а также в теоретическом чертеже отсека створок при разделении грузового люка на отдельные отсеки.

Герметичный створочный отсек грузового люка

Конфигурации рампы и створки, шарнирно навешенных в хвостовой части фюзеляжа, определяют вырез грузового люка в схемах типа А. Особенностью створки в схеме типа А является её расположение в герметичной зоне грузовой кабины, и она, как и рампа, должна воспринимать нагрузку от избыточного давления. Поэтому створка выполняется цельной с возможностью её уборки внутрь фюзеляжа при открытии грузового люка. Это условие требует построения соответствующей геометрической формы фюзеляжа.

Конструктивно-силовая схема створки предполагает наличие наружной и внутренней обшивок и каркаса в виде набора поперечных балок, связанных конструктивными продольными элементами. Для восприятия и передачи избыточного давления балки снабжаются неуправляемыми замками, взаимодействующими с осями кронштейнов, установленных на борту фюзеляжа.

На рисунке 6 изображена створка грузового люка на виде сбоку и в плане. Размер h_1 определяет строительную высоту створки, размеры h_2 и b_2 – теоретическую линию осей замков относительно теоретической линии настила створки и теоретической линии балки грузового люка. Размер b_1 определяет теоретическую линию выреза, от которой с заданным зазором выполняется обрез створки. Выбранная ось вращения створки задаётся размерами L_1 и h_3 .

Мощность цилиндра створки выбирается в соответствии с его ходом, плечом $h_ц$, массой створки и внешними нагрузками, действующими на створку.

Оси поперечных балок створки выбираются в соответствии с разбивкой шпангоутов фюзеляжа перпендикулярно настилу створки.

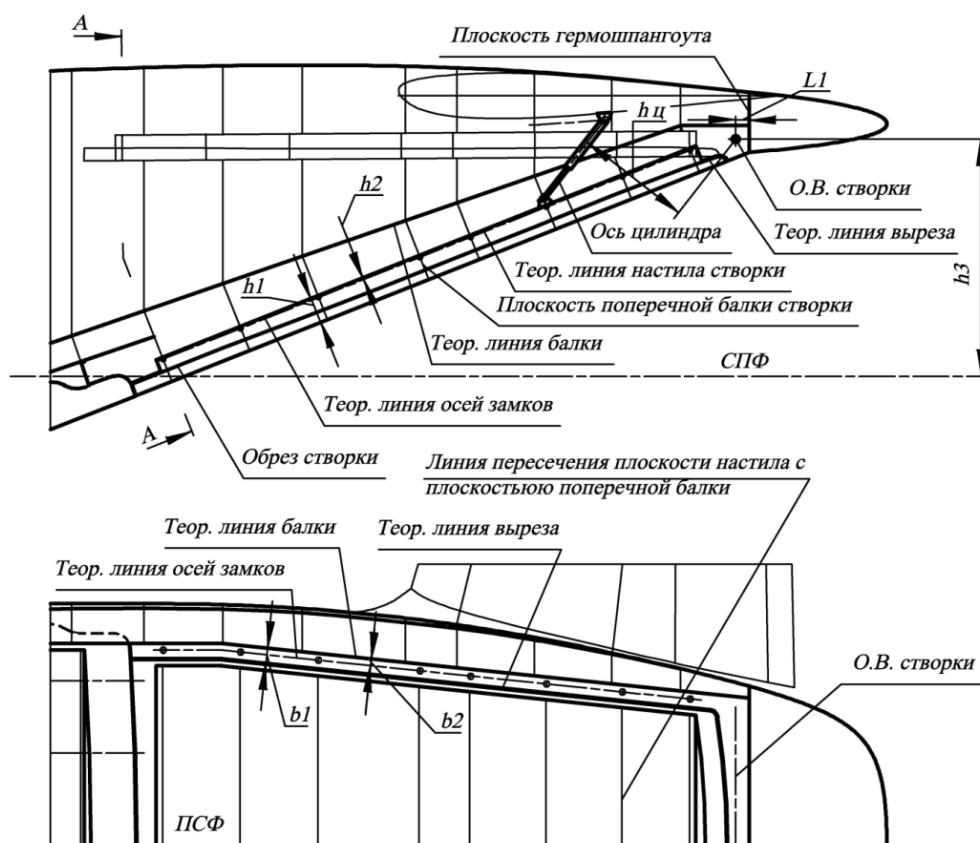


Рисунок 6 – Схема общего вида негерметичного створочного отсека

На рисунке 7 изображено сечение А-А, показанное на рисунке 6.

Крюк 1, закреплённый на створке грузового люка и взаимодействующий с осью 2 кронштейна 3, установленного на борту фюзеляжа, передаёт на фюзеляж нагрузку, воспринимаемую поперечной балкой створки под действием наддува внутри фюзеляжа. Крюки и оси неуправляемых замков створки предназначены также для удержания бортов фюзеляжа в поперечном направлении:

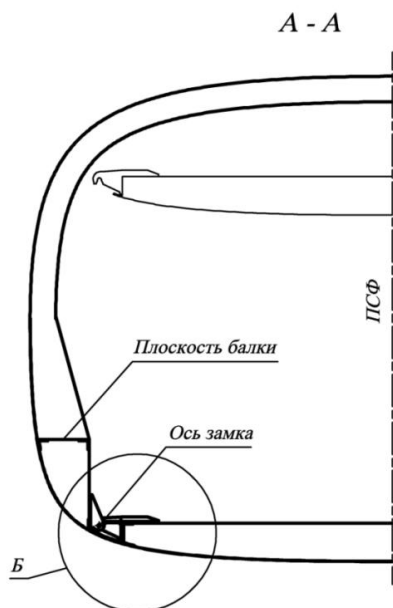


Рисунок 7 – Вид в разрезе на герметичный створочный отсек

Под воздействием цилиндра управления створки убираются внутрь фюзеляжа, после чего фиксируются замками открытого положения. В закрытом положении створка также фиксируется замками, что предотвращает её самопроизвольное открытие при превышении внешнего давления над давлением внутри грузовой кабины самолёта.

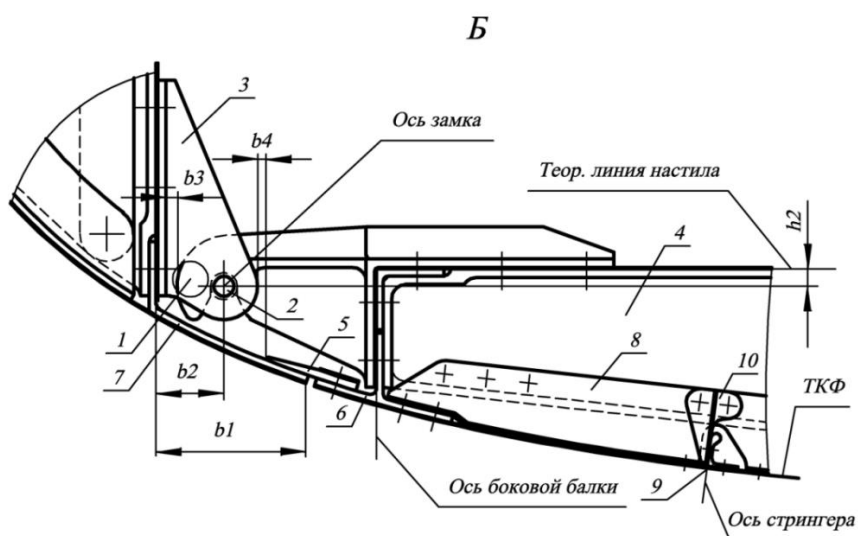


Рисунок 8 – Схема замка закрытого положения створки

На рисунке 8 изображён вынос Б, показанный на рисунке 7. На поясе 6 боковой балки створки установлен профиль герметизации 5, взаимодействующий с окантовочным поясом 7 борта фюзеляжа. Размер b_4 определяет зазор между профилем герметизации 5 и кронштейном 3 при открытии створки, размер b_3 – зазор между крюком 1 и кронштейном 3 при открытии створки.

Размеры h_2 и b_2 определяют координаты осей замков, размер b_1 – теоретическую линию выреза грузового люка. Поперечная балка 4 соединена с

обшивкой створки компенсатором 8. К балке 4 кницей 10 крепится стрингер 9.

Негерметичный створочный отсек грузового люка

Створки грузового люка типа Б находятся в негерметичном отсеке. Створки образуют форму фюзеляжа в месте его выреза, воспринимают действующие на них нагрузки и выполняют свои функции в соответствии с конструктивной схемой их исполнения. Рассмотренная выше схема грузового люка выполнена в хвостовой части фюзеляжа, имеющей наименьшую площадь поверхности. Поэтому створки грузового люка для такой поверхности могут быть выполнены только многослойными.

На рисунке 9 изображён отсек створок грузового люка, состоящий из двух боковых створок, открывающихся наружу фюзеляжа, средней и хвостовой створок, убирающихся внутрь фюзеляжа.

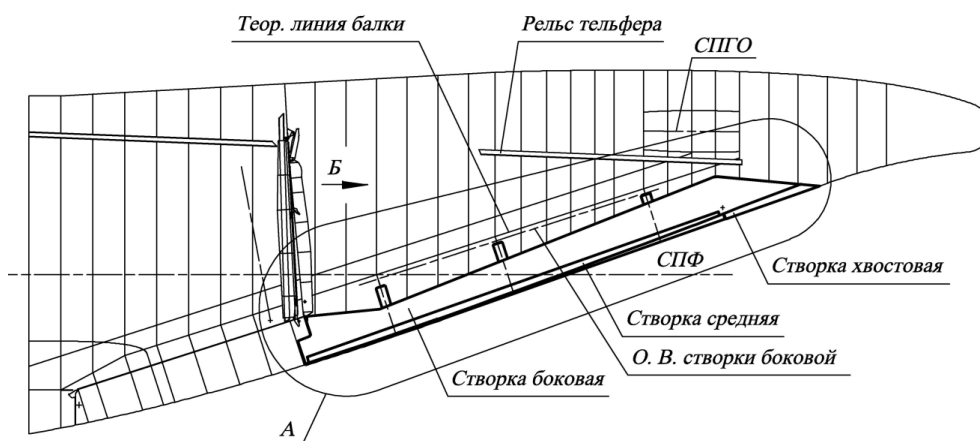


Рисунок 9 – Схема хвостовой части фюзеляжа с негерметичным створочным отсеком на главном виде

На рисунке 10 изображён вид Б, показанный на рисунке 9.

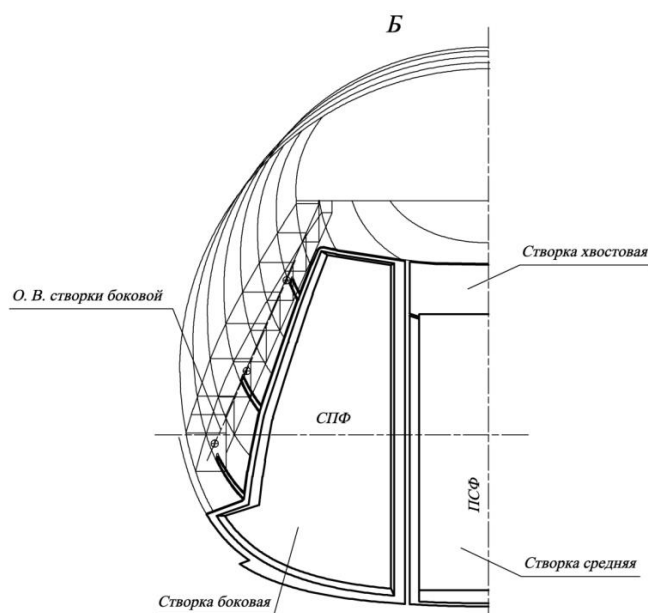


Рисунок 10 – Схема негерметичного створочного отсека на виде в разрезе

На рисунке 11 изображены вынос А, показанный на рисунке 9, и вид В выноса А.

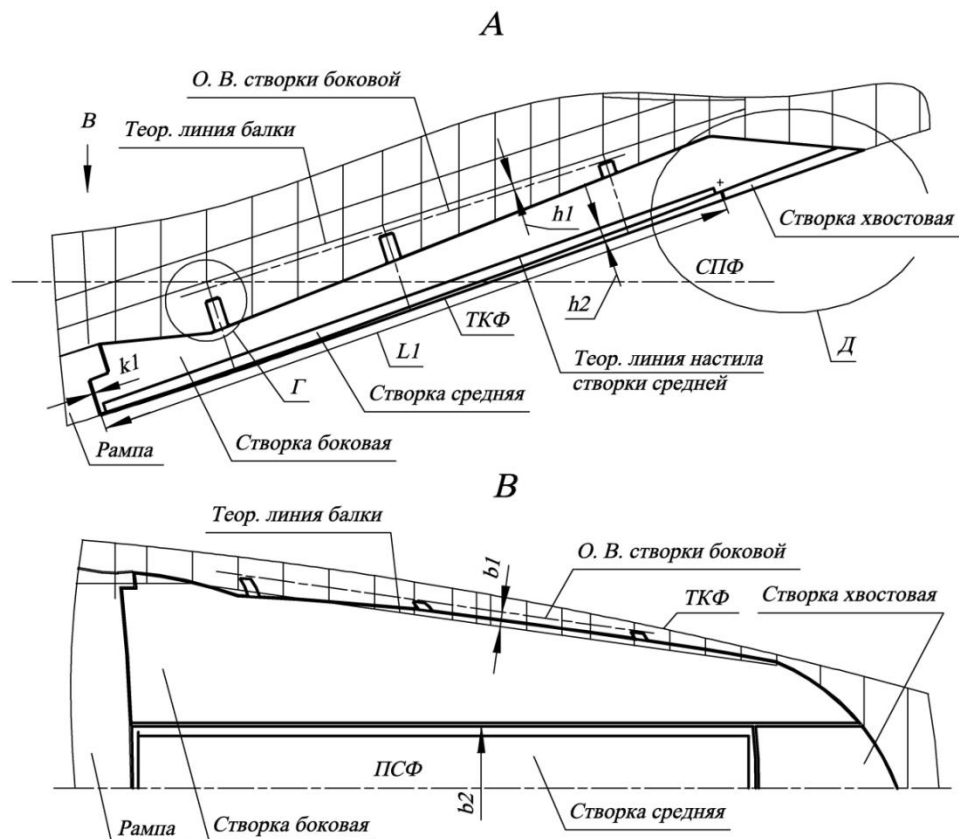


Рисунок 11 – Схема негерметичного створочного отсека на главном и виде снизу

На рисунке 12 изображены выносы Г и Д выноса А, показанного на рисунке 11.

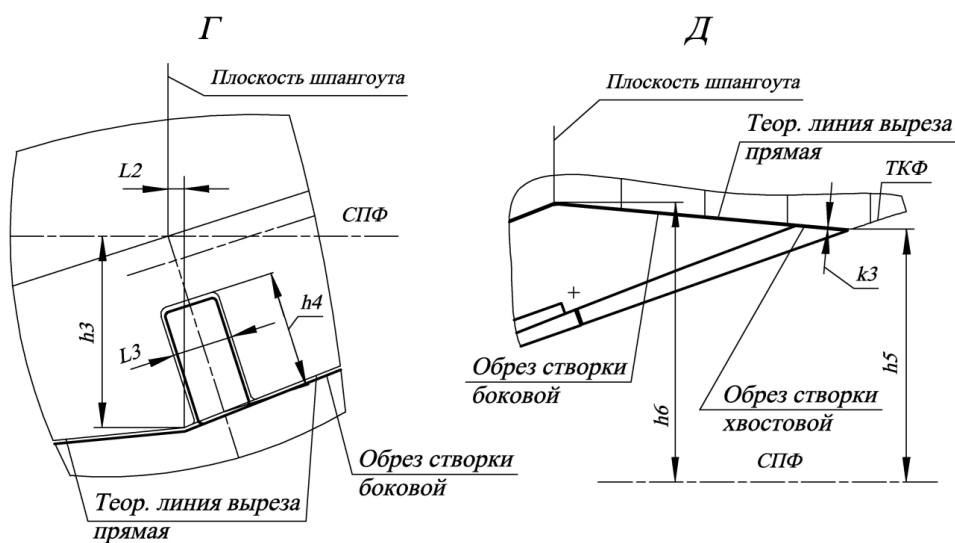


Рисунок 12 – Схема профилирования вырезов под узлы навески боковых створок и определение обреза хвостовой части створочного отсека

Внешняя поверхность створок является подвижной составляющей хвостовой части фюзеляжа, закрывающей вырез в фюзеляже при закрытом положении грузового люка самолёта. В представленном исполнении грузового люка вырез в фюзеляже задаётся тремя прямыми линиями, сопряжёнными с радиусами скруглений. В задней части прямая линия задана размерами h_5 и h_6 . В средней части выреза прямая линия задана размерами h_3 , L_2 и h_6 . Передняя часть выреза отсека створок образована прямой, соединяющей конечную точку теоретической линии выреза в отсеке трапов и начало прямой линии, определяемой размерами h_3 и L_2 .

Ось створки боковой задана размерами h_1 и b_1 . b_2 – ширина створки средней. Размер h_2 от прямого участка ТКФ определяет строительную высоту средней створки.

Размерами L_3 и h_4 определён вырез в обшивке фюзеляжа для щитков узлов навески створки боковой.

Створки боковые

Створки боковые крепятся к борту фюзеляжа тремя узлами навески, снабжёнными щитками для беспрепятственного открытия створок.

На рисунке 13 изображена створка боковая на виде сбоку. Цилиндры условно не показаны.

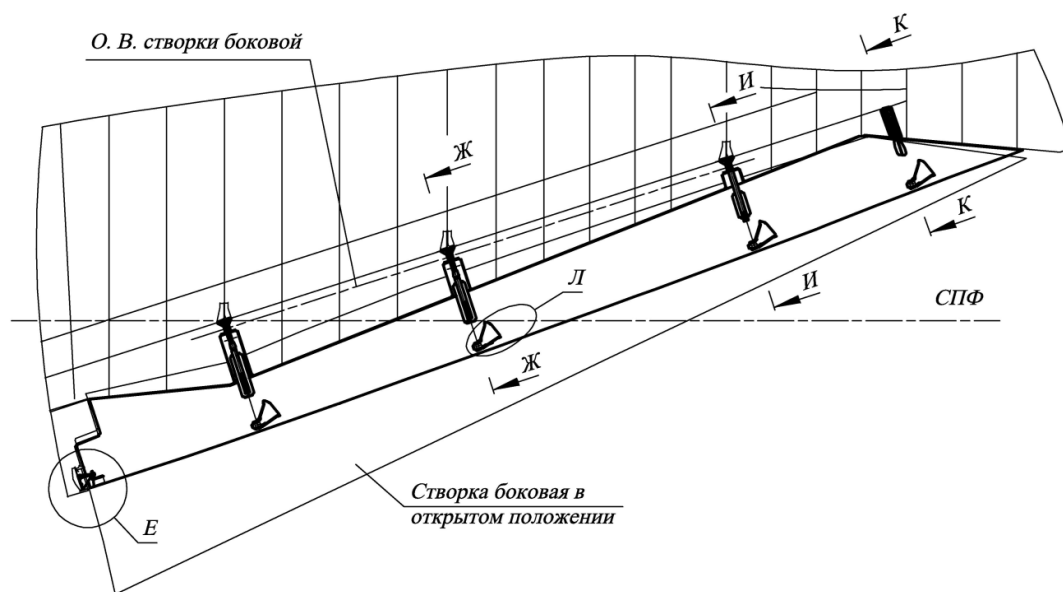


Рисунок 13 – Схема расположения ловителей на боковых створках

Створки боковые выполнены из многослойного углеволоконного материала. Пространство между наружной и внутренней обшивкой заполнено сотовым наполнителем. Кроме узлов навески створка боковая снабжена ловителями, взаимодействующими с роликами створки средней, а также упорами, установленными по переднему торцу и в конце створки. Ловители предназначены для фиксации створок боковых в закрытом положении. В местах крепления узлов навески, фиксаторов и упоров пространство между наружной и внутренней обшивкой створки заполняется пенопластовым наполнителем.

На рисунке 14 изображено сечение Ж – Ж рисунка 13. Сечение Ж – Ж повернуто по часовой стрелке.

Ж - Ж

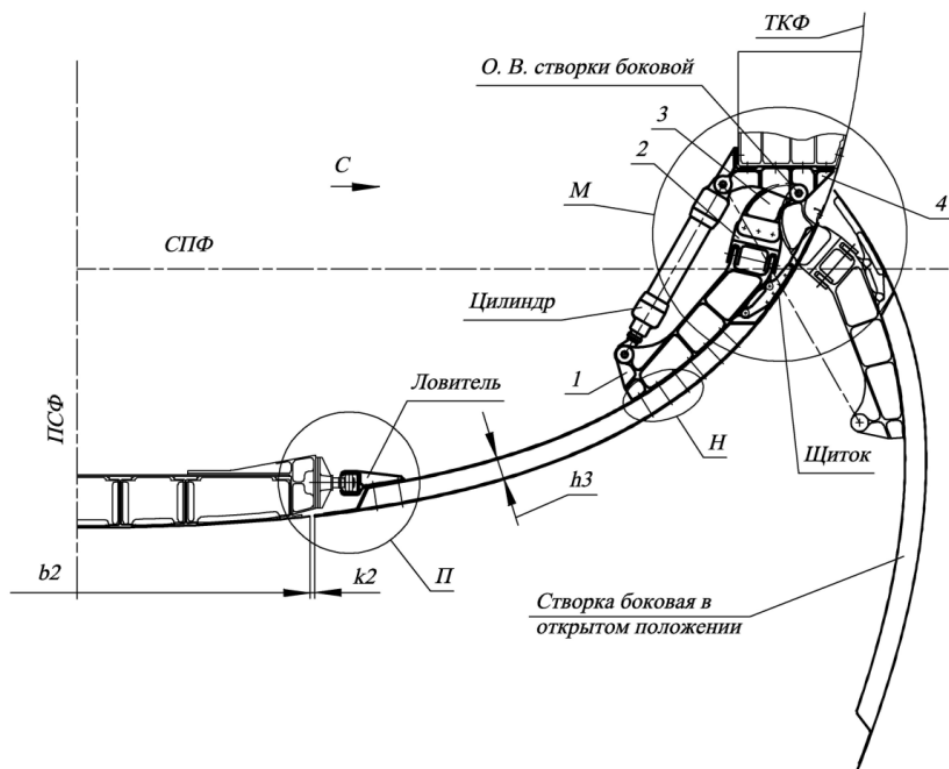


Рисунок 14 – Схема боковых створок, вид в разрезе

Узел навески створки боковой состоит из кронштейнов 1, 2, 3 и 4. Кронштейн 4 закреплён на балке грузового люка. Кронштейн 1 закреплён на створке боковой. Взаимно соединённые кронштейны 2 и 3 шарнирно прикреплены к кронштейнам 1 и 4. К кронштейну 1 прикреплен щиток узла навески створки боковой, k_2 – зазор между средней и боковой створкой, h_3 – строительная высота створки боковой.

Цилиндр створки боковой шарнирно соединён с кронштейнами 1 и 4.

На рисунке 15 изображены вынос Л, показанный на рисунке 13, и вид Р выноса Л. Вынос Л повернут по часовой стрелке.

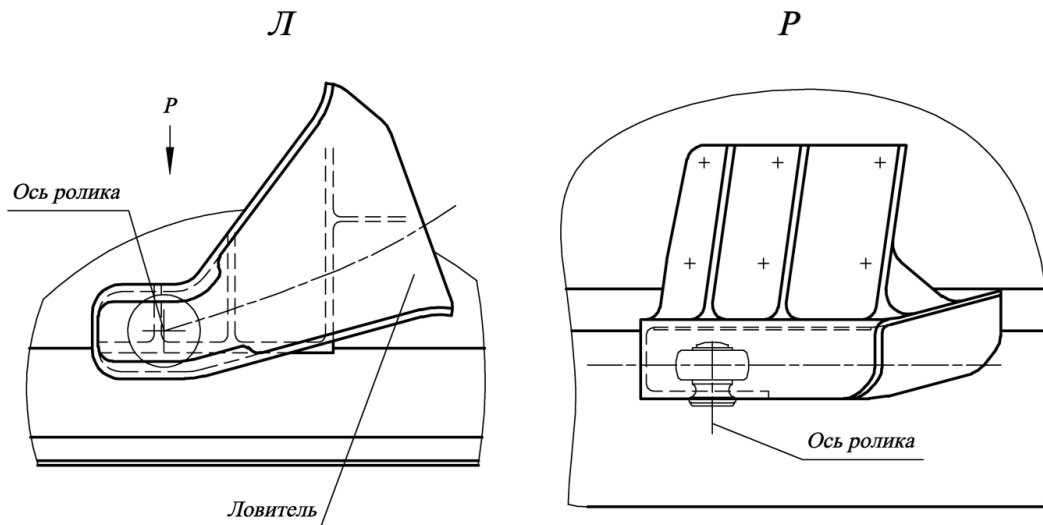


Рисунок 15 - Схема ловителей боковых створок

Изображенный на рисунке 15 ловитель створки боковой, закреплён на её верхней поверхности и предназначен для захвата и удержания ролика створки средней при закрытии отсека створок. В закрытом положении ролики створки средней и ловители фиксируют створку боковую в закрытом положении. Ролики установлены также и на створке хвостовой.

На рисунке 16 изображён вынос М, показанный на рисунке 14, где e_1 – размер, устанавливающий зазор между обшивкой фюзеляжа и щитком створки боковой в открытом положении.

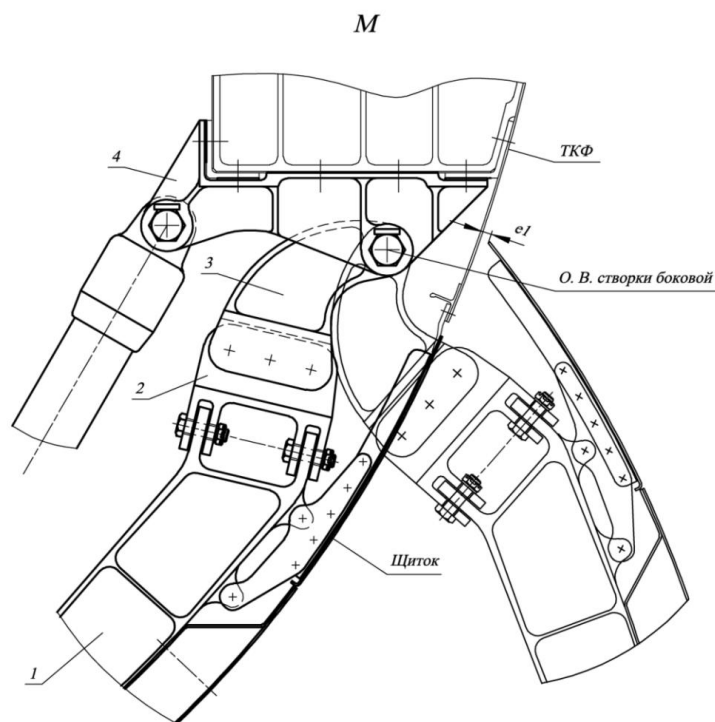


Рисунок 16 – Схема узлов навески боковых створок и цилиндров их управления

На рисунке 17 изображён вынос П, показанный на рисунке 14. На рисунке показан ловитель створки боковой, находящийся в зацеплении с роликом, который закреплён на створке средней грузового люка.

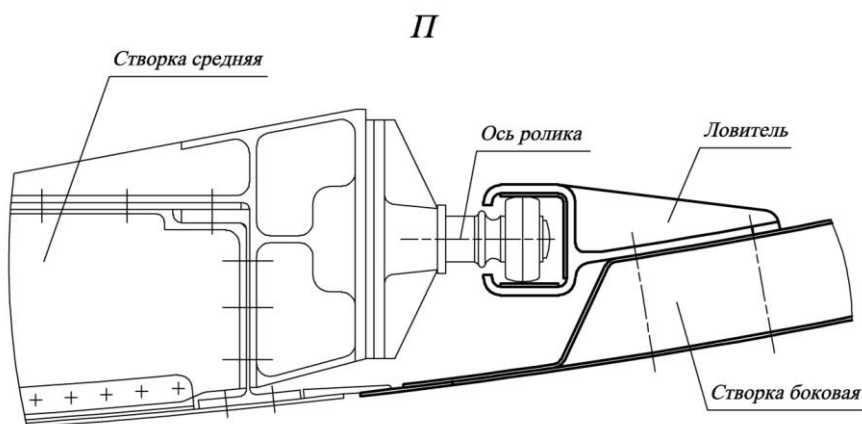


Рисунок 17 – Схема расположения ловителя и закатного ролика при закрытом створочном отсеке

На рисунку 18 зображені сечення І – І, показані на рисунку 13 (сечення повернуто по годинникової стрілці), і вид С, показаний на рисунку 14.

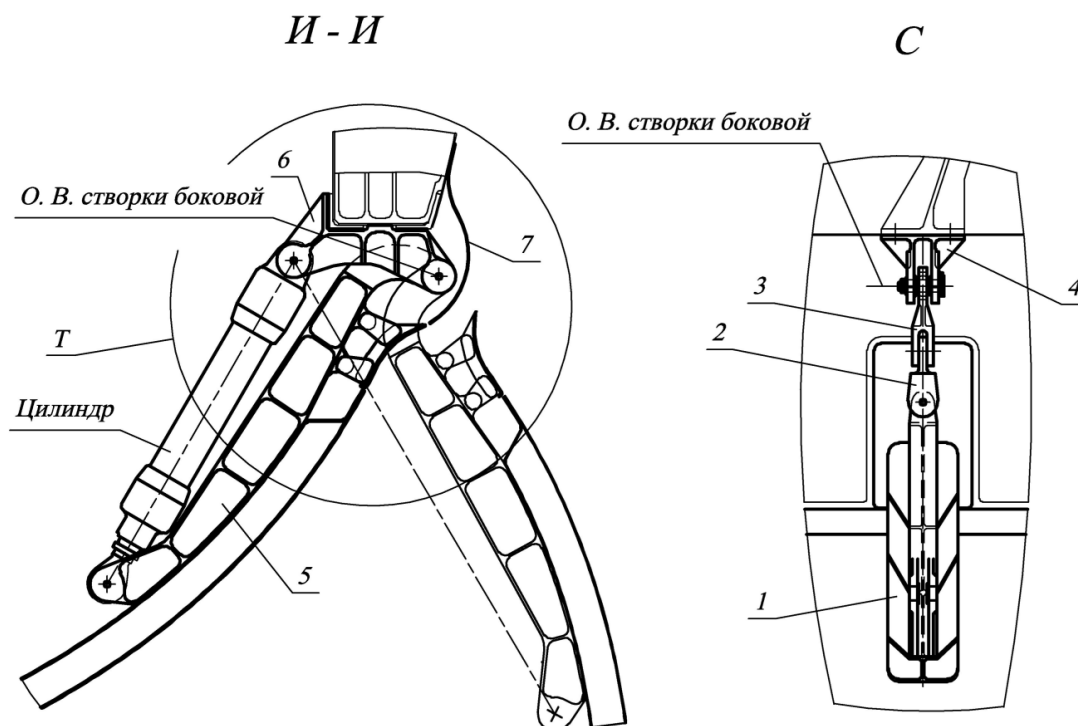


Рисунок 18 – Кинематическая схема управления боковыми створками

Задний узел навески створки боковой, показанный в сечении І – І, выполнен из двух шарнирно соединённых кронштейнов 5 и 6. Ввиду того, что ось вращения створки выходит за теоретический контур фюзеляжа, узел навески снабжён обтекателем 7.

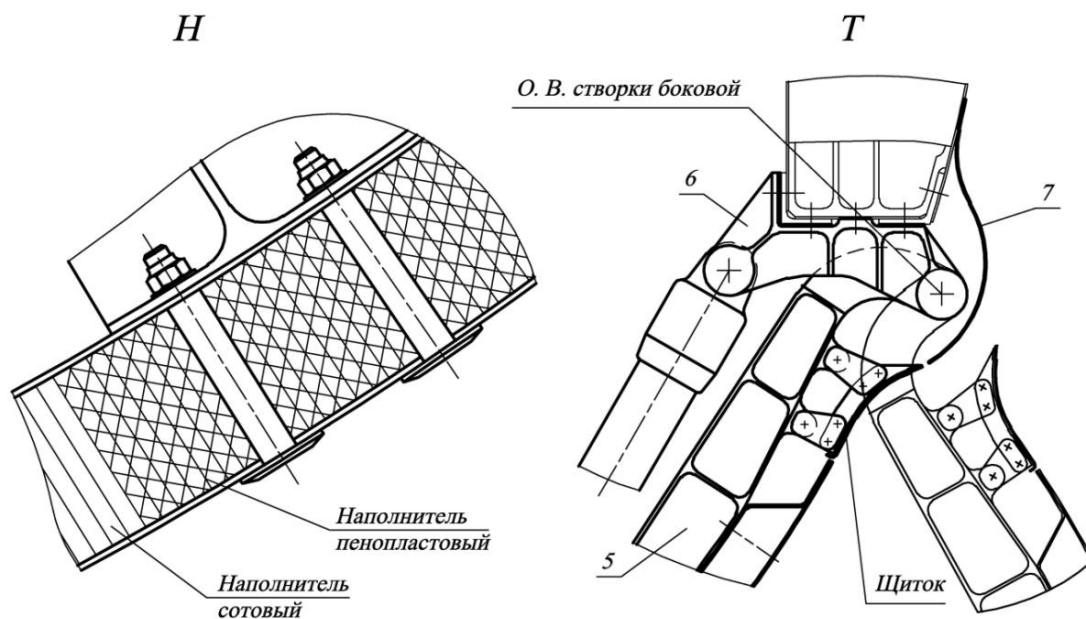


Рисунок 19 – Схема навески боковых створок

На рисунке 19 показаны вынос Н, изображенный на рисунке 14, и вынос Т сечения И – И, изображенного на рисунке 18.

На выносе Т показан щиток, прикрепленный к кронштейну 5, установленному на верхней поверхности створки боковой. Обтекатель узла навески 7 крепится к борту фюзеляжа.

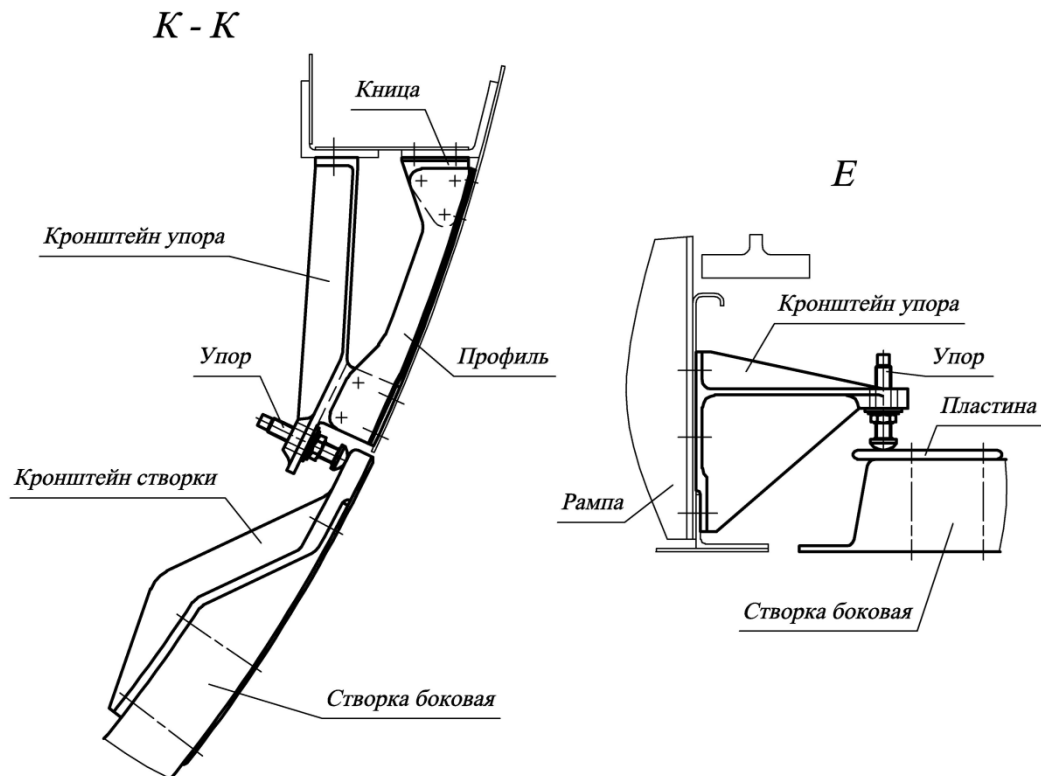


Рисунок 20 – Схема регулировки положения боковых и средней створок в закрытом положении

На рисунке 20 изображены сечение К – К и вынос Е, показанные на рисунке 13. Сечение К – К и вынос Е повернуты по часовой стрелке.

В сечении К – К показан регулируемый упор, установленный в задней части створки боковой. Упор закреплен в кронштейне, который посредством профилей и книц крепится к балке грузового люка и к борту фюзеляжа.

На выносе Е изображен регулируемый упор, расположенный в передней части створки боковой. Упор установлен в кронштейне, закрепленном на рампе грузового люка, и взаимодействует с пластиной, установленной на створке боковой.

Створка средняя

Геометрические параметры створки средней показаны на рисунке 10, где L_1 – длина створки; b_2 – ширина створки; h_2 – строительная высота створки.

Створка средняя выполнена, как правило, из углеволоконного материала и состоит из наружной и внутренней обшивок, боковых, продольных и торцевых балок. Между боковыми и продольными балками установлены диафрагмы, к которым крепятся наружная и внутренняя обшивки.

В средней части створка кронштейном 20 шарнирно соединена с водилом 10, шарнирно закрепленном наверху грузовой кабины самолёта. В задней

части створка снабжена узлом навески 30. Узел навески 30 своими каретками взаимодействует с рельсами, установленными в хвостовой части фюзеляжа.

К водилу 10 шарнирно присоединён цилиндр управления створкой. При подъёме створки средней каретки заднего узла навески 30 перемещаются по рельсам 40, при этом ролики створки средней выходят из зацепления с ловителями створок боковых. В конечном положении створка средняя фиксируется замком открытого положения.

На рисунке 21 изображена створка средняя на виде сбоку, где 10 – водило; 20 – кронштейн водила; 30 – задний узел навески; 40 – рельс.

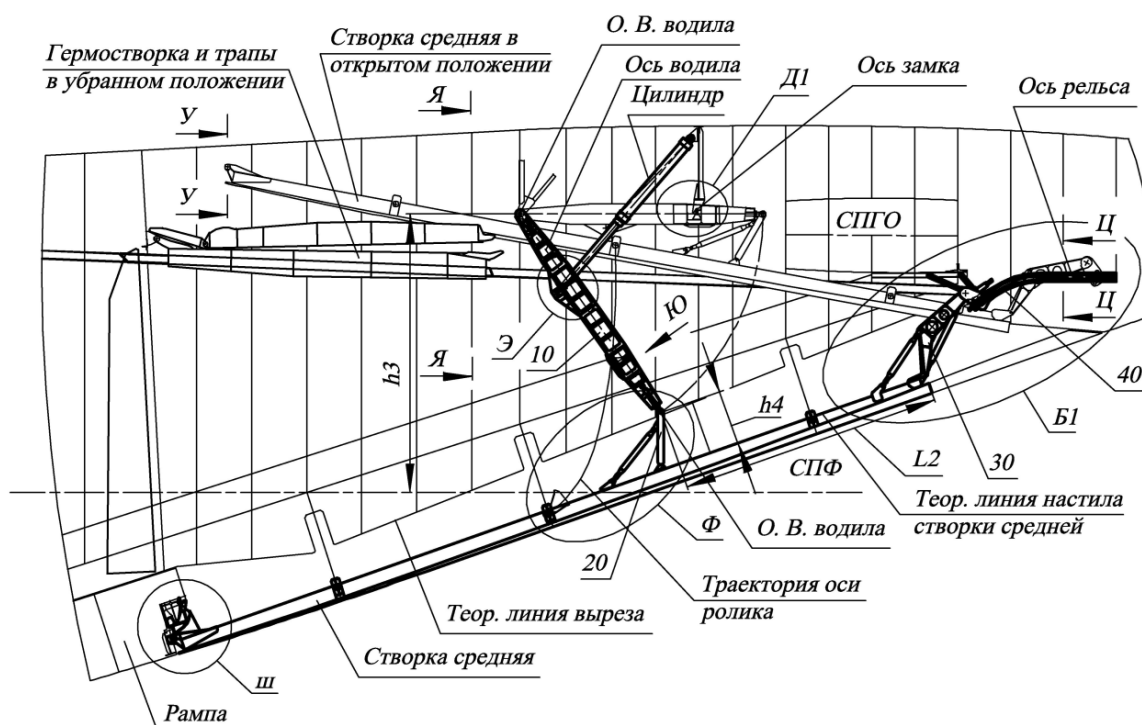


Рисунок 21 – Кинематическая схема управления средней створкой

На рисунке 22 изображён вынос Д1, показанный на рисунке 21.

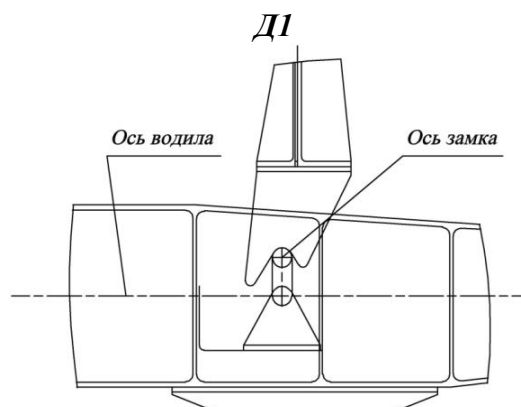


Рисунок 22 - Схема замка открытого положения водила

В открытом положении створка средняя устанавливается на замок открытого положения. Серьга замка, установленная на кронштейне водила створ-

ки средней, фиксируется крюком замка при попадании в зев корпуса замка. Конструкция самозащёлкивающегося замка на рисунке не показана. Размеры h_3 , h_4 и L_2 определяют координаты осей вращения водила.

На рисунке 23 изображён вид Ю, показанный на рисунке 21. Вид Ю повернут против часовой стрелки. На рисунке показана конструкция водила створки средней. Цилиндр и замок створки условно не показаны.

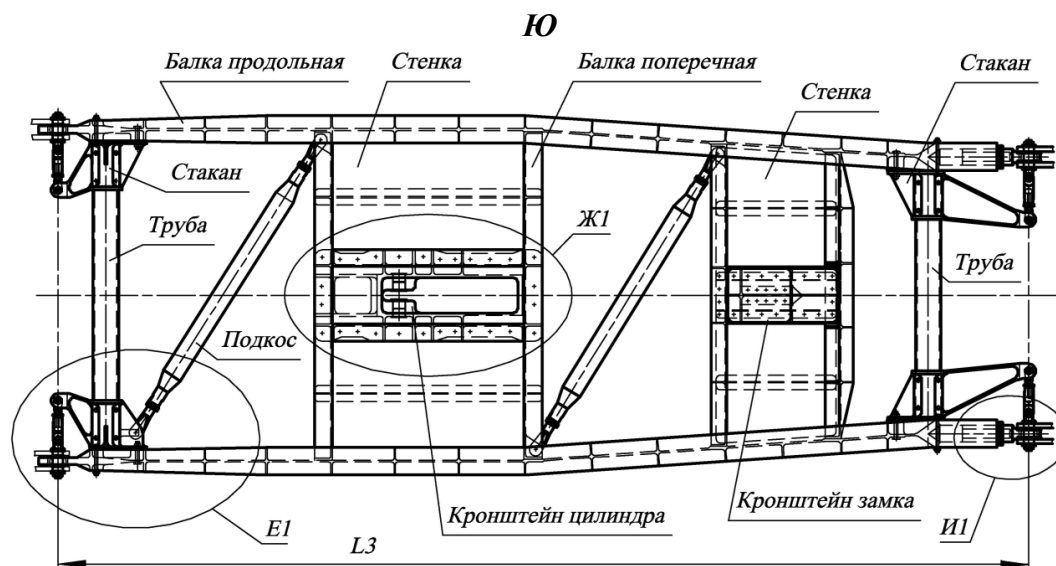


Рисунок 23 – Схема водила средней створки

Водило выполнено из двух продольных балок, связанных посредством стаканов трубами. Балки снабжены узлами навески, изготовленными в виде вилок, одна из которых выполнена регулируемой. Узлы навески присоединяются к конструкции фюзеляжа и к створке средней осями. Для увеличения жёсткости оси соединены тягами со стаканами водила. В местах установки кронштейнов под цилиндр и замок створки продольные балки связаны поперечными балками с закреплённой на них стенкой. Водило снабжено также подкосами, увеличивающими жёсткость конструкции.

На рисунке 24 изображены выносы Ж1 и И1, показанные на рисунке 23.

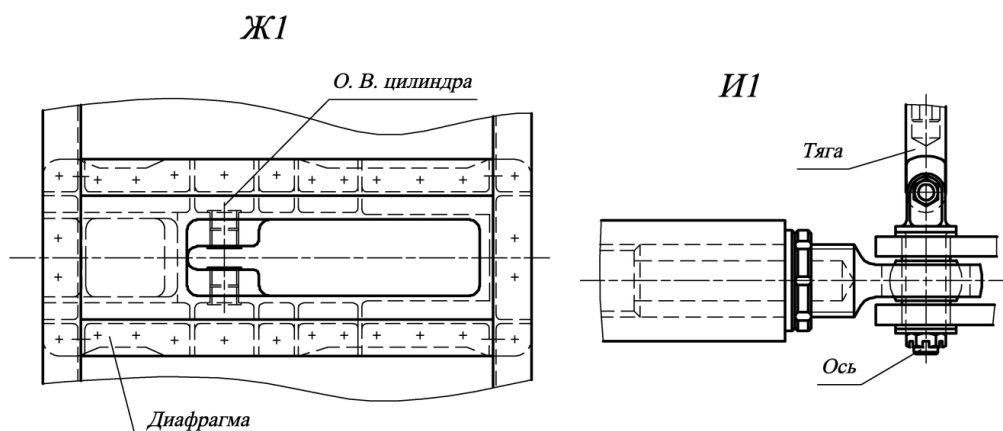


Рисунок 24 – Схема узла навески приводного цилиндра и переднего узла навески водила

Тяга шарнирно соединена с осью узла крепления и вилкой, выполненной на стакане водила.

На рисунке 25 изображён вынос Е1, показанный на рисунке 23.

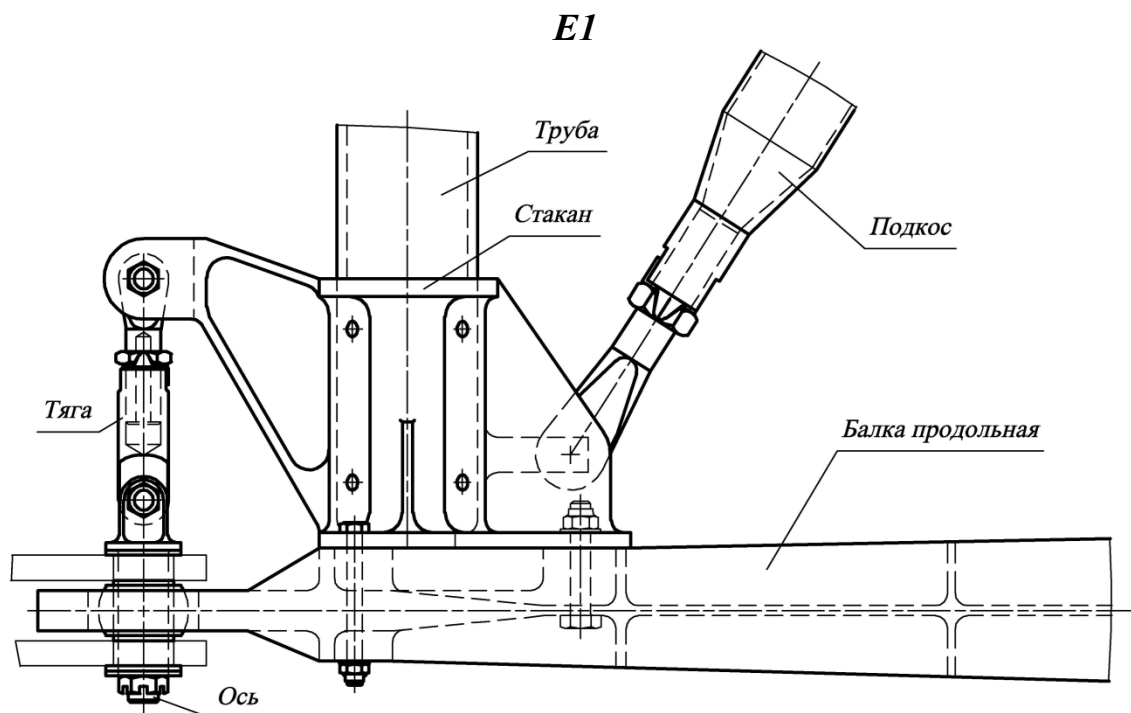


Рисунок 25 – Схема заднего узла навески водила

На рисунке 26 изображены выносы Э и Ф, показанные на рисунке 21, где 10 – водило; 20 – кронштейн водила; 23 – подкос; 21, 22, 24 – кронштейны установки подкоса и кронштейна водила.

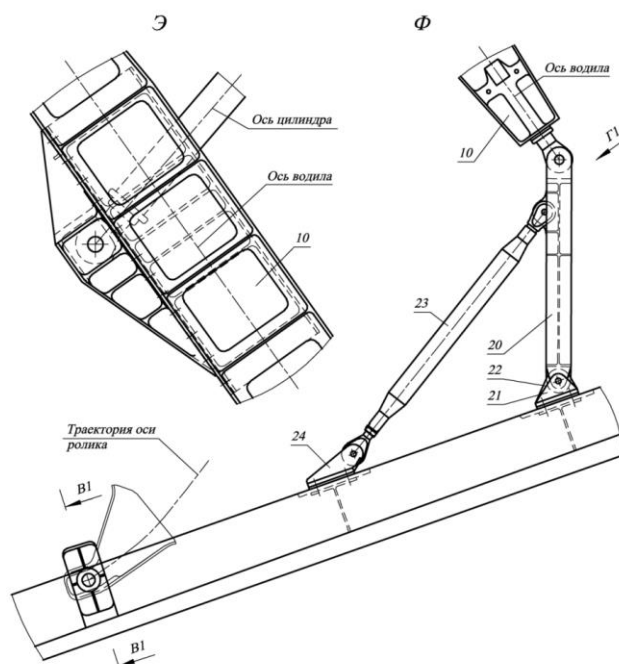


Рисунок 26 – Схема навески водила к средней створке и цилиндру управления

На рисунку 27 показан вид Г1 выноса Ф, изображённого на рисунке 26. Вид Г1 повернут по часовой стрелке.

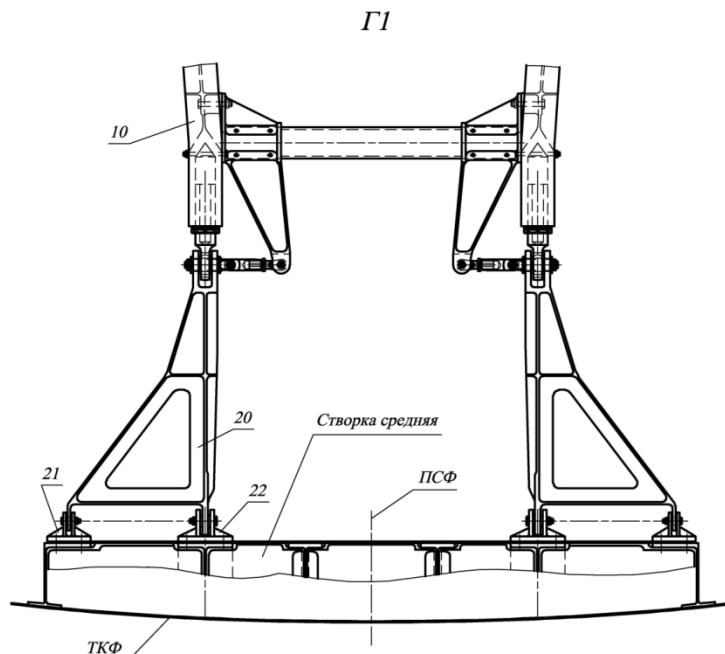


Рисунок 27 – Схема навески водила к средней створке на виде в разрезе

На рисунке 28 изображено сечение В1 – В1, показанное на рисунке 21 и вид К1 сечения В1 – В1. Сечение В1 – В1 повернуто по часовой стрелке, 8 и 9 – кронштейны ролика.

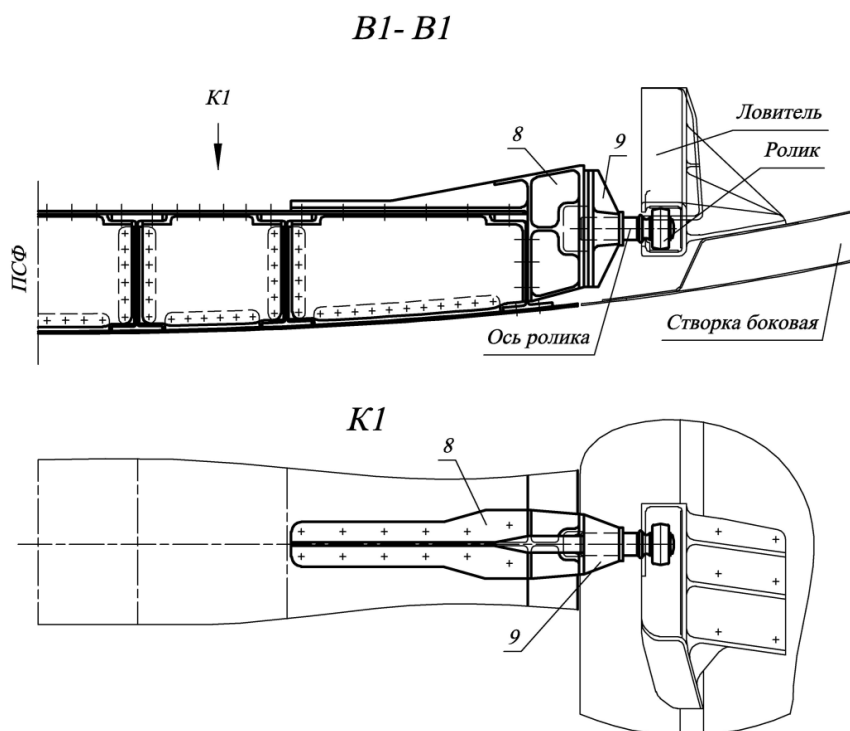


Рисунок 28 – Схема расположения средней створки в закрытом положении

Б1

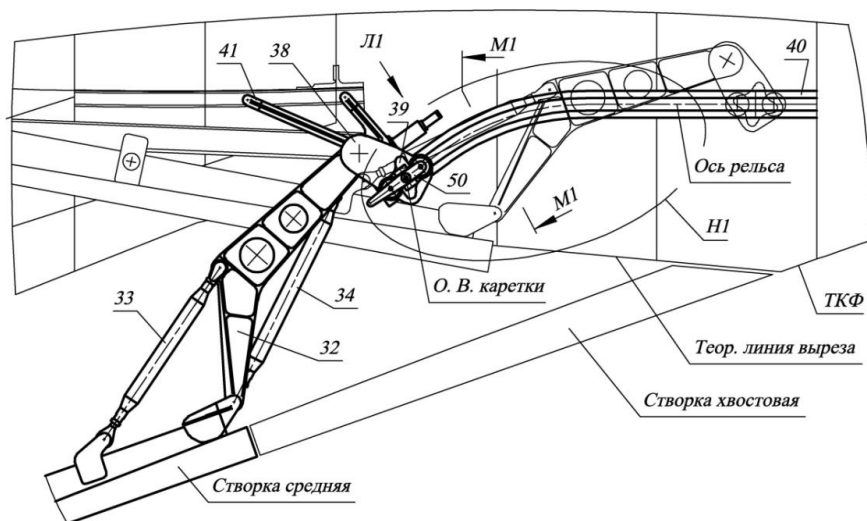


Рисунок 29 – Схема установки средней створки

На рисунке 29 изображён вынос Б1, показанный на рисунке 21, где. 32 – кронштейн заднего узла навески; 33, 34 – подкосы; 38 – стакан; 39 – кронштейн каретки; 41 – кронштейн крепления рельса; 40 – рельс; 50 – каретка.

На рисунке 30 изображён вид Л1, показанный на рисунке 29.

Л1

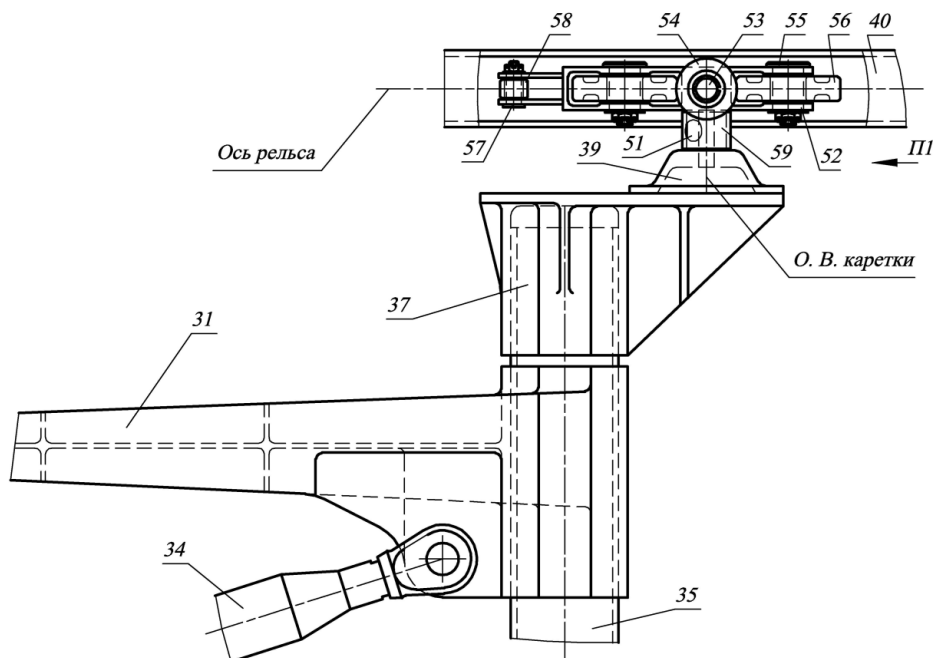


Рисунок 30 – Схема навески задней каретки средней створки

31 – кронштейн заднего узла навески; 34 – подкос; 35 – труба; 37 – стакан; 39 – кронштейн каретки; 51 – ось каретки; 52 – корпус; 53 – ось бокового ролика; 54 – боковой ролик; 55 – ось опорного ролика; 56 – опорный ролик; 57 – ось замка; 58 – втулка; 59 – втулка

На рисунке 30 изображен задний узел навески створки средней. Узел снабжен каретками 50, взаимодействующими с рельсами 40, установленными в хвостовой части фюзеляжа.

Задний узел навески состоит из кронштейнов 31 и 32, шарнирно соединенных со створкой средней и укрепленных подкосами 33 и 34. Кронштейны 31 и 32 соединены трубой 35. На концах трубы 35 установлены стаканы 37 и 38, к которым крепятся кронштейны 39. На кронштейнах 39 выполнены оси 51 кареток 50. Корпус 52 каретки 50 шарнирно закреплен на оси 51 кронштейна 39. В корпусе 52 выполнены оси 53, на которых установлены боковые ролики 54. Опорные ролики 56 закреплены на осях 55, установленных в корпусе 52. В передней части корпуса 52 установлена ось 57 замка закрытого положения створки средней, снабженная втулкой 58.

На рисунке 31 изображены вынос Н1, показанный на рисунке 24, и вид П1, показанный на рисунке 30. Вид П1 повернут по часовой стрелке, опорный ролик 56 условно не показан.

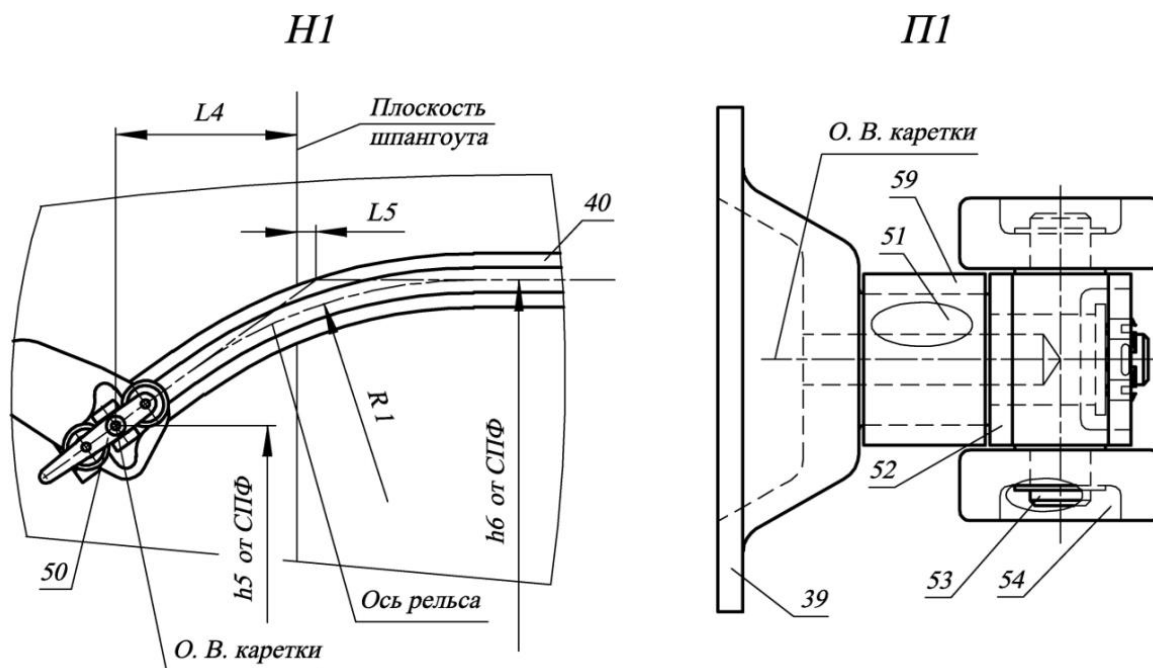


Рисунок 31 – Схема профилирования рельса средней створки с задней кареткой

40 – рельс; 50 – каретка; 39 – кронштейн каретки; 51 – ось каретки; 52 – корпус каретки; 53 – ось бокового ролика; 54 – боковой ролик; 59 – втулка

На выносе Н1 размерами L_4 , L_5 , h_5 , h_6 и R_1 заданы параметры оси рельса 40, совпадающей с траекторией оси вращения каретки 50.

На виде П1 показано крепление корпуса 52 к оси 51.

Створка средняя снабжена замками закрытого положения, закрепленными в передней части рельсов 40.

На рисунке 32 изображено сечение М1 – М1, показанное на рисунке 29. Сечение М1 – М1 повернуто по часовой стрелке; 39 – кронштейн каретки; 40 – рельс; 41 – кронштейн крепления рельса 40; 42 – кронштейн крепления

P1

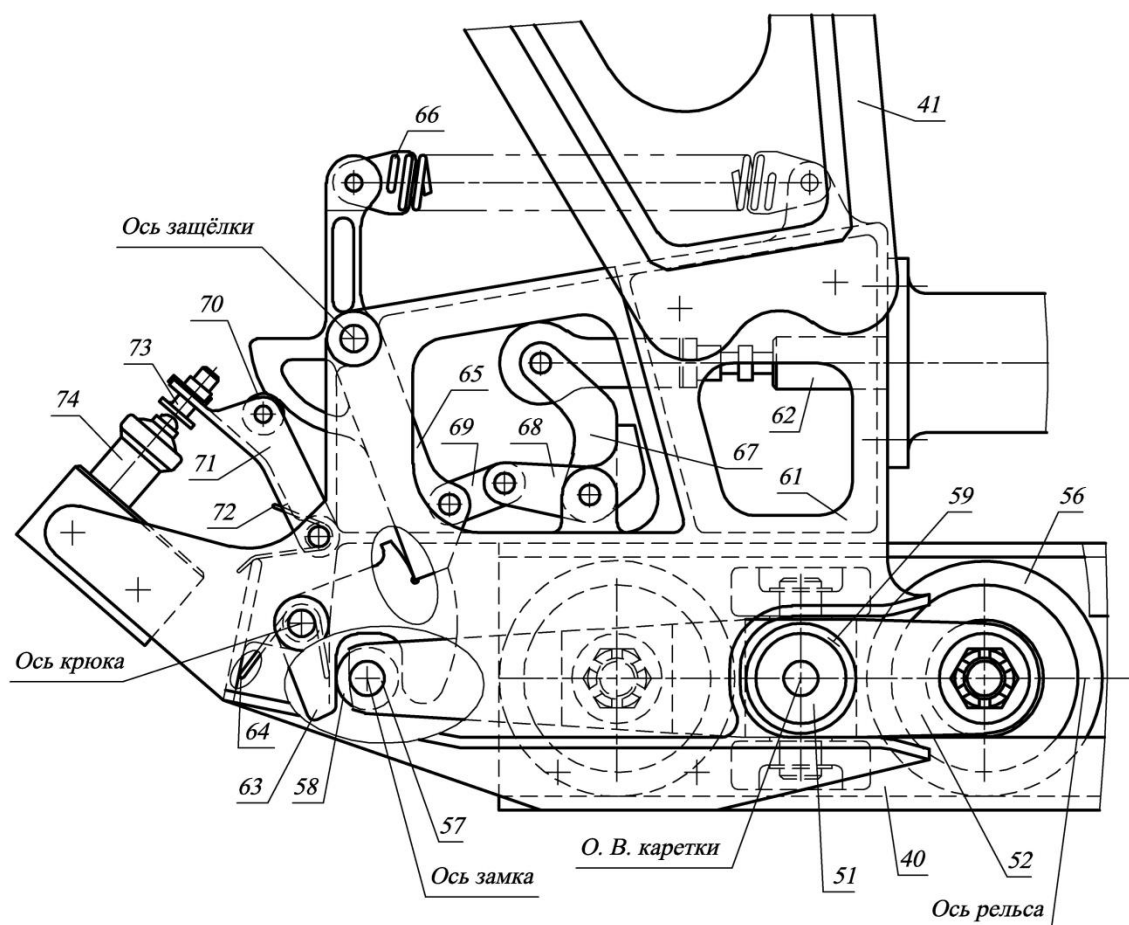


Рисунок 33 – Схема замка закрытого положения средней створки
 40 – рельс; 41 – кронштейн; 51 – ось каретки; 52 – корпус каретки;
 56 – опорный ролик; 57 – ось; 58 – втулка; 59 – втулка; 61 – корпус замка;
 62 – цилиндр; 63 – крюк; 64 – пружина; 65 – защёлка; 66 – пружина; 67 – рычаг;
 68 – рычаг; 69 – звено; 70 – ролик; 71 – рычаг; 72 – пружина; 73 – толкатель;
 74 – микровыключатель

Для открытия замка подаётся давление в цилиндр 62. При втягивании штока цилиндра 62 через рычаги 67 и 68 и звено 69 происходит поворот защёлки 65. Конец защёлки 65 выходит из зацепления с уступом крюка 63, её радиусная часть осуществляет нажатие штока микровыключателя 74. После срабатывания микровыключателя 74 подаётся давление в цилиндр управления створки средней на её открытие. При движении каретки по рельсу происходит выход оси замка 57 и втулки 58 из зацепления с зевом крюка 63. Крюк 63 фиксируется в открытом положении пружиной 64, а защёлка 65 после снятия давления жидкости в цилиндре 62 опирается на радиусную часть крюка 63 под воздействием пружины 66.

При закрытии створки средней ось замка 57 через втулку 58 взаимодействует с хвостовиком крюка 63. Конец защёлки 65 скользит по радиусной части крюка 63 до попадания в уступ крюка 63, после чего происходит фиксация ка-

ретки в конечном положении. Одновременно происходит размыкание микровыключателя 74 и отключение цилиндра управления створкой средней.

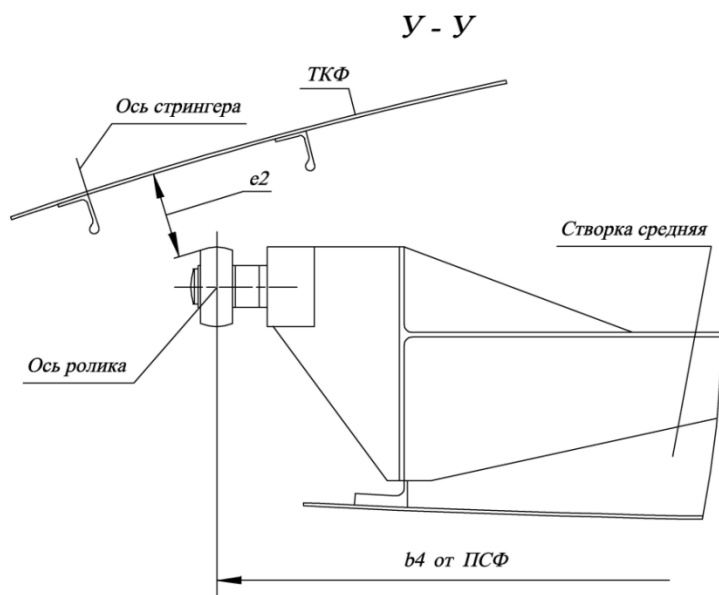


Рисунок 34 – Схема выполнения зазоров между средней створкой и конструкцией фюзеляжа в ее открытом положении

На рисунке 34 изображено сечение У – У, показанное на рисунке 21. Размером e_2 определяется зазор между роликом передней опоры створки средней и конструкцией фюзеляжа; b_4 – размер от оси ролика до ПСФ.

На рисунке 35 изображено сечение Я – Я, показанное на рисунке 21. Размером e_3 определяется зазор между створкой средней и трапом внутренним при открытии грузового люка самолёта; e_4 – зазор между конструкцией трапа наружного и внутренним контуром шпангоута.

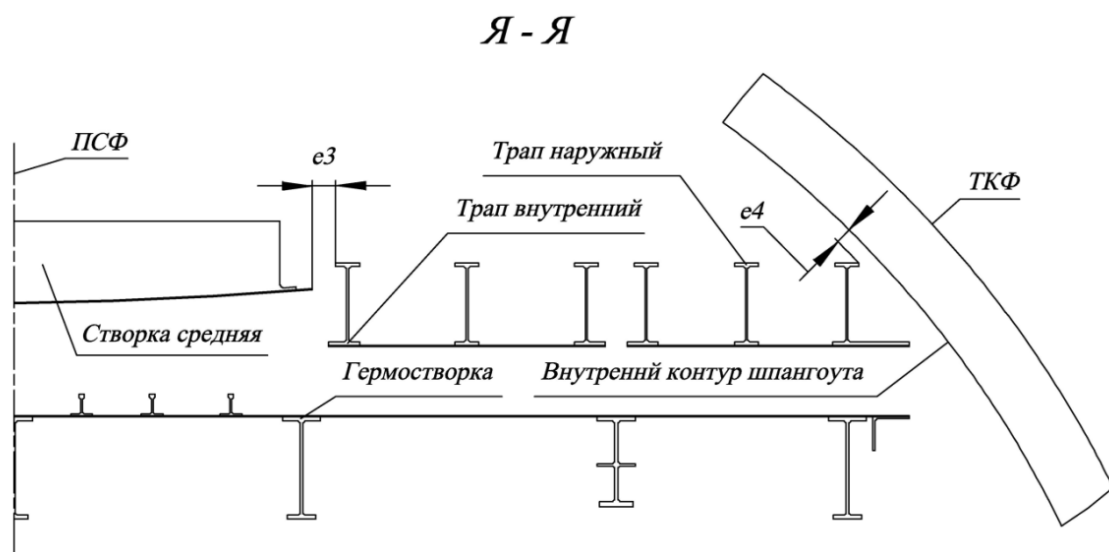


Рисунок 35 – Схема расположения зазора между средней створкой и трапом, зафиксированным на гермостворке в открытом положении грузового люка

Створка хвостовая

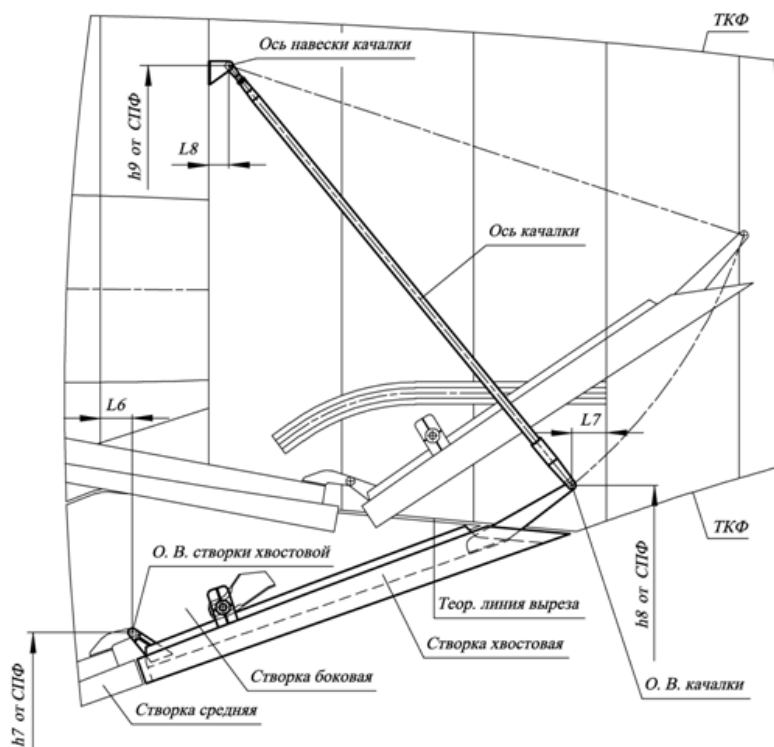


Рисунок 36 – Кинематическая схема хвостовой створки

На рисунке 36 изображена створка хвостовая на виде сбоку. Створка выполнена из многослойного углеволоконного материала. Пространство между наружной и внутренней обшивками заполнено сотовым наполнителем, изготовленным из композиционных материалов. В местах установки кронштейнов крепления пространство между обшивкой заполнено пенопластом.

Передним торцом створка хвостовая шарнирно присоединена к створке средней. Задний конец створки хвостовой шарнирно прикреплен к качалке, установленной в верхней части фюзеляжа.

При открытии створки средней створка хвостовая перемещается внутрь фюзеляжа.

Размеры $h7$ и $L6$ определяют координаты оси вращения створки хвостовой, размеры $h8$ и $L7$ – координаты оси вращения качалки, размеры $h9$ и $L8$ – координаты оси навески качалки.

Створочный отсек грузового люка для двухпалубного фюзеляжа

Створки грузового люка схемы Д выполнены аналогично створкам грузового люка схемы Б1, где подробно описана их конструкция, навеска и система запираения.

Створки грузового люка схемы Д состоят из двух боковых и одной средней створки.

Боковые створки своими узлами навески закреплены на борту фюзеляжа и открываются цилиндрами наружу фюзеляжа.

Средняя створка удерживается водилом, шарнирно закреплённым

наверху фюзеляжа, и задними узлами навески с каретками, взаимодействующими с боковыми рельсами, установленными в хвостовой части фюзеляжа. Средняя створка убирается внутрь фюзеляжа цилиндром, шарнирно присоединённым к водилу. В открытом положении средняя створка фиксируется замком открытого положения.

Как и в схеме Б1, средняя створка снабжена роликами, а боковые створки – ловителями. После закрытия боковых створок при движении средней створки её ролики входят в зацепление с ловителями боковых створок и осуществляют их взаимное запираение. В закрытом положении средняя створка фиксируется замком, установленном на боковом рельсе.

На рисунке 37 изображён отсек створок грузового люка схемы Д.

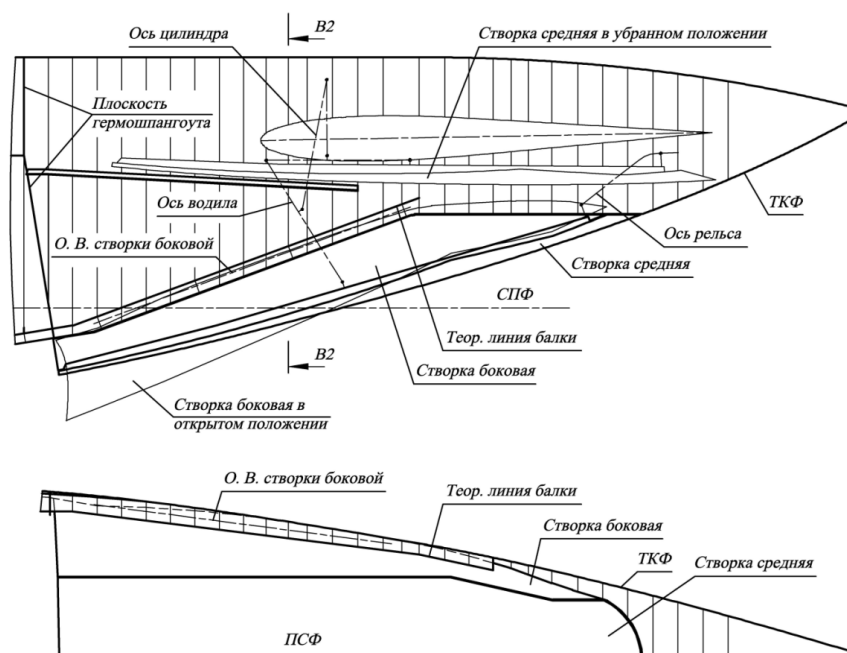


Рисунок 37 – Схема створочного отсека двухпалубного фюзеляжа

На рисунке 38 изображена мастер-геометрия хвостового грузового люка типа А с герметичным створочным отсеком.

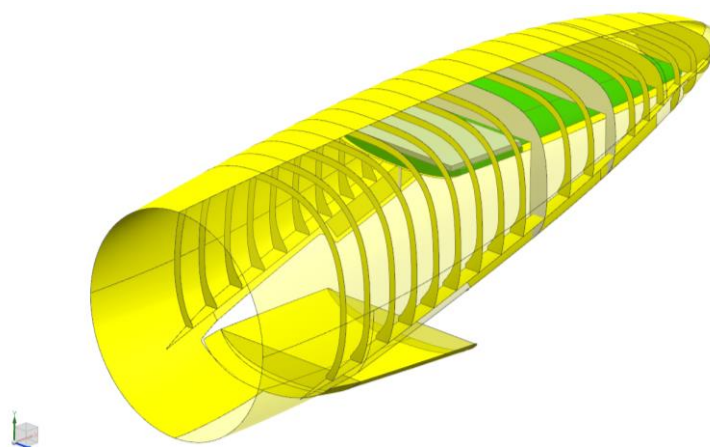


Рисунок 36 – Мастер-геометрия грузового люка с герметичным створочным отсеком

На рисунку 39 зображено сечення В2 – В2 рисунка 37.

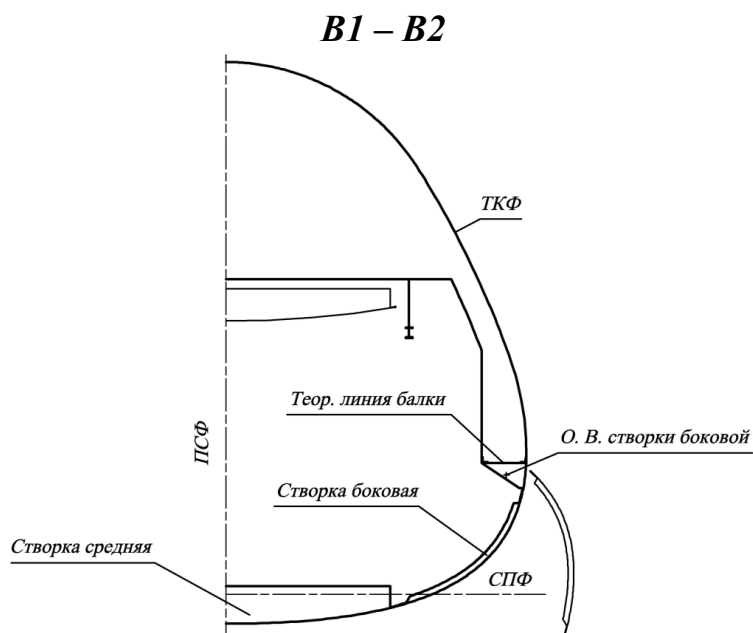


Рисунок 39 – Схема створочного отсека двухпалубного фюзеляжа в сечении

На рисунке 40 изображена мастер-геометрия хвостового грузового люка типа Б с не герметичным створочным отсеком.

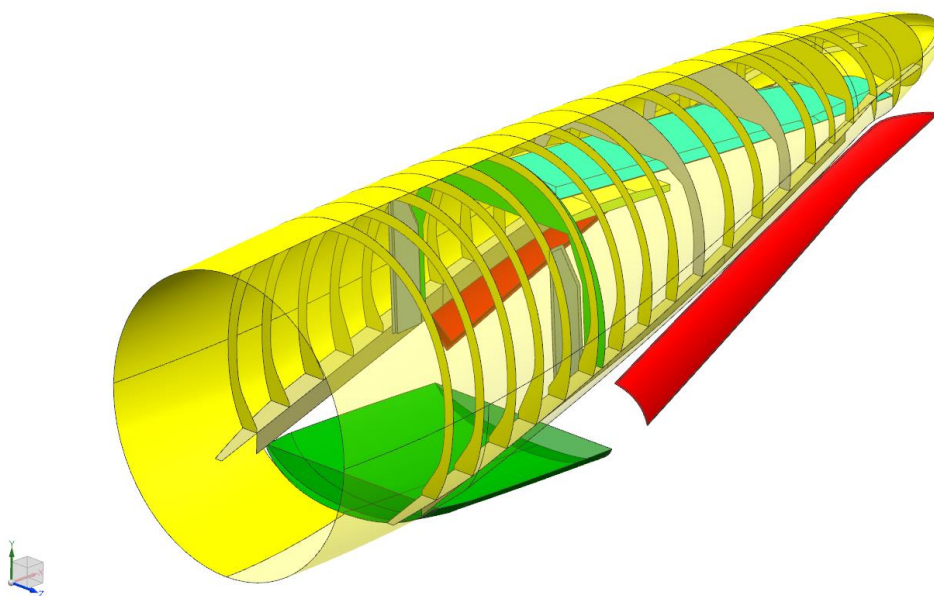


Рисунок 40 - Мастер-геометрия грузового люка с не герметичным створочным отсеком

Выводы

Выполнена работа по разработке схемы и структуры створочного отсека грузового люка в хвостовой части фюзеляжа. В результате работы произведена классификация типов створочных отсеков на герметичный и негерметичный.

Для герметичного отсека характерным является наличие, как правило, одной герметичной створки которая выполняет как функции гермоперегородки так и элементом, описывающим внешнюю поверхность хвостовой части фюзеляжа. При этом особенностью конструкции такого створочного отсека является необходимость выполнения силовых замков закрытого положения для передачи нагрузки от избыточного давления, действующего на створку, на каркас фюзеляжа. Также характерным является выполнение герметизации створочного проёма. Для негерметичного створочного отсека является не характерным форма фюзеляжа и его хвостовой части. Она может быть как цилиндрической, так и описана двумя окружностями (в форме восьмерке). При этом количество подвижных элементов может быть абсолютно различным. В каждом конкретном случае управление подвижными элементами также может отличаться. Поэтому в данной работе представлены наиболее распространенные примеры. Это, как правило, трехстворочный отсек с центральной створкой, убирающейся во внутри фюзеляжа, и 2-мя боковыми открывающимися наружу. Описаны основные приводные и запирающие устройства такого створочного отсека, а также их схемы и структуры. Итоговым результатом работы стали создание мастер-геометрий хвостовых частей фюзеляжа с герметичным и негерметичным створочными отсеками для легкого транспортного самолета.

Список литературы

1. Научные основы интегрированного проектирования самолетов транспортной категории. Часть 2. Д.С. Кива, А.Г. Гребеников. ГП «Антонов», Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2014.
2. Построение геометрической формы фюзеляжа. Ю.С. Лепяхов. АНТК «Антонов» 2012г - с. 135.
3. Проектирование самолетов: Учебник для вузов / С.М. Егер, В.Ф. Мишин, Н.К. Лисейцев и др.; Под ред. С.М. Егера. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 616 с.
4. Основы общего проектирования самолетов с газотурбинными двигателями: учеб. пособие: в 2 ч. / П.В. Балабуев, С.А. Бычков, А.Г. Гребеников и др. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2003. – Ч.1. – 368 с.
5. Нормы летной годности самолетов транспортной категории (АП-25). – М.: МАК, 1994. – 322 с.6. Самолет Ан-26. Техническое описание. Книга 2. Конструкция самолета. 2 издание. В/О Авиаэкспорт-СССР-Москва - с 19, 20.
6. Проектирование гражданских самолетов: Теории и методы / И. Я. Катырев, М. С. Неймарк, В. М. Шейнин и др.; Под ред. Г. В. Новожилова. – М.: Машиностроение, 1991. – 534 с.
7. Систематизация и классификация типов грузовых люков самолетов транспортной категории по основным конструктивным признакам[Текст] /А. З. Двейрин, В. А. Костюк, А. И. Рабичев, А. В. Балун, Д. С. Конышев // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии : сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Харьков, 2015. – Вып. 70. – С. 33 – 53.
8. Метод построения математической модели теории хвостовой части фюзеляжа самолетов транспортной категории [Текст] / С. А. Бычков, А. З. Двейрин, В. А. Костюк, А. В. Балун, А. И. Рабичев, Д. С. Конышев, В. С. Долгих // Открытые информационные и компьютерные интегрированные

технологии : сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Харьков, 2017. – Вып. 78. – С. 5 – 17.

References

1. D.S. Kiva, A.G. Grebenikov. *Nauchnye osnovy integrirovannogo proektirovaniya samoletov transportnoi kategorii*. [Scientific foundations of integrated design of aircraft of the transport category] Part 2. Antonov SC Publ., Nats. aerokosm. un-t «KhAI» Publ., 2014.
2. Yu. S. Lepyakhov. *Postroenie geometricheskoi formy fyuzelyazha*. [Construction of fuselage geometric shape]. Antonov SC Publ. 2012 - 135 p.
3. S.M. Eger, V.F. Mishin, N.K. Liseitsev and others. *Proektirovanie samoletov: Uchebnik dlya vuzov* [Aircraft Design: A Textbook for Universities] Editor S. M. Eger. – 3-rd issue, edited and amended. – Moscow: Mashinostroenie, 1983. – 616 p.
4. P.V. Balabuev, S.A. Bychkov, A.G. Grebenikov and others. *Osnovy obshchego proektirovaniya samoletov s gazoturbinnymi dvigatelyami: ucheb. posobie: v 2 ch.* [General Design Fundamentals of Aircraft with Gas Turbine Engines: textbook in 2 parts] – Khar'kov: Nats. aerokosm. un-t «KhAI» Publ., 2003. – Part1. – 368 p.
5. *Normy letnoi godnosti samoletov transportnoi kategorii (AP-25)* [Airworthiness standards for transport category aircraft (AP-25)]. – Moscow: MAK, 1994. – 322 p. 6.
6. I. Ya. Katyrev, M. S. Neimark, V. M. Sheinin and others. *Proektirovanie grazhdanskikh samoletov: Teorii i metody* [Civil Aircraft Design: Theories and Methods]; Editor G. V. Novozhilov. – Moscow: Mashinostroenie, 1991. – 534 p.
7. A. Z. Dveirin, V. A. Kostyuk, A. I. Rabichev, A. V. Balun, D. S. Konyshchev. *Sistematizatsiya i klassifikatsiya tipov gruzovykh lyukov samoletov transportnoi kategorii po osnovnym konstruktivnym priznakam* [Systematization and classification of types of cargo hatches of aircraft of the transport category according to the main design features]. *Otkrytye informatsionnye i komp'yuternye integrirovannye tekhnologii : sb. nauch. tr. Nats. aerokosm. un-t im. N.E. Zhukovskogo «KhAI»*. – Khar'kov, 2015. – Issue 70. – P. 33 – 53.
8. S. A. Bychkov, A. Z. Dveirin, V. A. Kostyuk, A. V. Balun, A. I. Rabichev, D. S. Konyshchev, V. S. Dolgikh. *Metod postroeniya matematicheskoi modeli teorii khvostovoi chasti fyuzelyazha samoletov transportnoi kategorii* [The method of constructing a mathematical model of the theory of fuselage tail section of transport aircraft]. *Otkrytye informatsionnye i komp'yuternye integrirovannye tekhnologii : sb. nauch. tr. Nats. aerokosm. un-t im. N.E. Zhukovskogo «KhAI» Publ.* – Khar'kov, 2017. – Issue 78. – P. 5 – 17

Надійшла до редакції 01.10.2021. Розглянута на редколегії 02.10.2021.

Проектування стулкового відсіку хвостових вантажних люків літаків транспортної категорії

Розроблений метод визначення основних параметрів для хвостових вантажних люків літаків транспортної категорії. Сформований перелік початкових даних і викладена методика їх знаходження. Розглянуто приклад на базі існуючого транспортного літака. Такими початковими даними являється основна номенклатура транспортованих вантажів для проектного літака, її габарити і маса, способи завантаження і швартування, додаткове завантажувальне обла-

днання. А також такі необхідні конструктивні, експлуатаційні і нормативні параметри і дані як схема шасі, його система присідання, вильоти рейсів верхнього завантажувального обладнання для завантаження - розвантаження, траєкторії вантажів при завантаженні і десантуванні, нормативна документація міжнародних регулюючих органів FAR, CS, AP. На основі початкових даних представлений принцип формування розмірів вантажної кабіни, розмірів вантажної підлоги і наїзних поверхонь у вигляді рампи з гермотрапом, трапами. Описані залежності довжини рампи від довжини вантажної підлоги, з урахуванням виконання завантажувально-розвантажувальних робіт і десантування. Правильне формування даних параметрів являється дуже важливою задачею від рішення якої на пряму залежать експлуатаційні характеристики майбутнього літака. Також представлено метод проектування стулкового відсіку вантажного люку в хвостовій частині фюзеляжу для літаків транспортної категорії. Визначено основні признаки стулкового відсіку, його головні складові і їх різновиди в залежності від схеми вантажного люку. На етапі ескізного проектування викладені принципи визначення основних параметрів стулкових відсіків виходячи з їх конструктивного призначення. Викладена, також, інформація про вибір параметрів конструктивних елементів стулкового відсіку: вісей навіски стулок, підбір циліндрів керування і їх установки, параметрів замків відкритого і закритого положення, ущільнення і герметизації стулкового відсіку. Розглянуто особливості проектування стулкового відсіку в різних теоріях хвостової частини фюзеляжу – виконаних в перерізі одним радіусом (по формі циліндра) і заданими в перерізі двома радіусами (двухпалубний)

Ключові слова: стулочний відсік, герметична стулка, середня стулка, бокові стулки, каретка, водило, вісь обертання стулки, замки закритого положення стулки, настил стулки.

Tail cargo door's fairings compartment design for the transport category aircraft

The method for determining the main parameters of the tail cargo doors of transport category aircraft is developed. There have been prepared initial data and described the methodology for finding them. An example based on an existing transport aircraft is considered. The basic nomenclature of transported cargoes of the designed aircraft, its dimensions and weight, methods of loading and mooring, additional loading equipment were taken as initial data. As well as such necessary design, operational and regulatory parameters and data as landing gear type, its "kneeling" system, rails of the upper loading equipment for loading and unloading, cargo trajectories during loading and landing, requirements of international regulatory organizations FAR, CS, AP. The principle of determining the dimensions of the cargo compartment, cargo floor and the hitting platforms in the form of ramp with pressure door, ladders is presented, based on the initial data. Taking into account the loading and unloading, landing operations described the dependence of the ramp length on the length of the cargo floor. The correct formation of these parameters is one of the most important tasks, from the solution of which directly depend the operational characteristics of the future transport aircraft. A method for designing cargo door fairings in the transport category aircraft fuselage tail part is also presented. There have been determined the main features of the fairings compartment, its main components and their varieties, depending on the scheme of the cargo door. At the stage of pre-

liminary design, the principles for determining the main parameters of the fairings compartments based on their design purpose are outlined. Also provided information on the fairings compartment structural elements parameters selection: the axes of the fairings hinge, the selection of control cylinders and their installation, the parameters of the open and closed position locks, pressurization and sealing of the fairings compartment. Considered the design features of the fuselage tail section various theories fairings compartment - made in cross-section with one radius (in the shape of a cylinder) and given in cross-section with two radii (double-deck).

Keywords: fairings compartment, pressurized fairing, middle fairing, side flap, bogie, drove, fairing rotation axis, fairing closed position locks, fairing flooring.

Відомості про авторів:

Гребеников Александр Григорьевич - доктор технических наук, профессор, профессор кафедры проектирования самолетов и вертолетов Национального аэрокосмического университета им. Н. Е. Жуковского «ХАИ».

Двейрин Александр Захарович - кандидат технических наук, заместитель Генерального директора, генеральный конструктор, ГП «Антонов», Украина.

Коньшев Дмитрий Сергеевич - инженер-конструктор 1к., ГП «Антонов», Украина.

About the Authors

Alexander Grebenikov – Dr. Tech. Sc., professor, Department of Airplanes and Helicopters Design, National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute”, Kharkiv, Ukraine. ORCID: 0000-0002-1509-0665

Oleksandr Dveirin – Candidate of Technical Sciences, Deputy General Director for Designing; Antonov State Enterprise, 1, Tupolev str. 03062 Kyiv, Ukraine.
e-mail: dveirin@antonov.com.

Dmitry Konyshev – 1 cat. Design Engineer, Antonov State Enterprise, 1, Tupolev str. 03062 Kyiv, Ukraine.