

Анализ конструктивно-технологических особенностей хвостовых балок вертолетов транспортной категории

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

Выполнен анализ конструктивно-технологических особенностей хвостовых балок вертолетов транспортной категории. Определены основные зоны вероятного усталостного разрушения хвостовых балок.

Ключевые слова: авиационная техника, хвостовая балка вертолета, конструктивно-технологические особенности.

Основная задача проектирования вертолета — правильный выбор его схемы и параметров, разработка конструктивно-силовых схем (КСС) и определение массо-жесткостных и геометрических характеристик его агрегатов, обеспечивающих достижение заданных летно-технических характеристик.

Процесс создания авиационной техники и ее модификаций сопровождается развитием методов ее проектирования. Уже пройдены стадии статистического, аналитического, оптимального, автоматизированного и системного методов проектирования. В основе методологии проектирования вертолетов лежит метод оптимального проектирования на базе интегральных критериев качества современных вертолетов, выбираемых из условия удовлетворения требований заказчика (покупателя) к вертолету и Авиационных правил [1].

В практике мирового вертолетостроения наибольшее распространение получили вертолеты одновинтовой схемы (около 92 %) [2], так как данная схема имеет относительно простую конструкцию, простую систему управления и относительно низкую стоимость.

Летно-технические характеристики (ЛТХ) современных вертолетов транспортной категории представлены в табл.1. В данной работе рассмотрены конструктивно-технологические особенности хвостовых балок (ХБ) вертолетов транспортной категории: Ми-17 (Россия), Ми-24(Россия), Ми-26 (Россия), Ми-38 (Россия), AS.332 (Франция) Ансат (Россия).

Таблица 1. ЛТХ вертолетов транспортной категории

Название	Ми-17	Ми-24	Ми-26	Ми-38	AS.332	Ансат	Физическая модель исследуемого вертолета
1	2	3	4	5	6	7	8
Страна	Россия	СССР	СССР	Россия	Франция	Россия	Украина
m_{0max} , кг	12000	12000	56000	15600	8600	3300	12500
m_0 , кг	11100	11200	49500	14200	8350	3000	11450
$m_{пуст}$, кг	6625	8200	28150	8300	4460	1950	7600
$\bar{m}_{пуст}$	0,6	0,71	0,57	0,58	0,51	0,65	0,61
$n_{эк} + n_{пас}$	2-3	2	5	2-3	2-3	1-2	2

Продолжение табл. 1

Двигатель	2 ТВЗ-117ВМ	2 x ГТД ТВЗ-117	2 Д-136 турбинный	2 ГТД ТВ7-117В	2 ГТД Makila IA1	2 PW-207K	2 ГТД ТВ7-117В	
$m_{дв}$, кг	2 x 330	2 x 285	2 x 1050	2 x 360	2 x 325	2 x 108	2 x 360	
m_T , кг	2800	3000	11000	3700	2000	710	2100	
$N_{взл}$, л.с.	2 x 2000	2 x 1500	2 x 11400	2 x 2500	2 x 1400	2 x 630	2 x 2500	
1	2	3	4	5	6	7	8	
$V_{кр}$, км/ч	230	280	265	295	262	265	225	
$H_{стат}$, м	3980	1400	2900	3100	3250	3300	2000	
$H_{дин}$, м	4500	4950	4600	5200	4100	5500	4500	
L , км	620	500	490	900	870	635	800	
Несущий винт (НВ)	$Z_{н.в}$	5	5	8	6	4	4	5
	D , м	21,29	18,8	32	21,1	15,6	11,5	22,5
	b , м	0,52	0,58	0,835	0,52	0,6	0,3	0,612
	σ	0,0777	0,098	0,133	0,094	0,098	0,067	0,087
	ωR , м/с	265	217	221	215	216		210
n , об/мин	232	220	132	195	265		183,6	
Рулевой винт (РВ)	$Z_{р.в}$	3	3	5	4	5	2	3
	$D_{р.в}$, м	3,91	3,9	7,86	3,84	3,05	2,1	4,12
	$b_{р.в}$, м	0,26	0,24	0,470	0,24		0,22	0,340
	$\sigma_{р.в}$	0,135	0,118	0,19	0,159		0,13	0,1552
	$\omega R_{р.в}$, м/с	275,8	221,8	227	218	204		217
$n_{р.в}$, об/мин	1348	1087	552	1087	1278		1006,7	
Ш.(колея, м)	4,2	3,03	5	5,17	3,0	3,1	4,5	

Хвостовая балка вертолета является частью конструкции вертолета, имеет форму усеченного конуса и состоит из набора шпангоутов, стрингеров и обшивки. Для удобства изготовления ХБ имеет продольный технологический разъем, что позволяет вести раздельную сборку каждой половины ХБ. Хвостовая балка соединена с центральной частью фюзеляжа болтами, скрепляющими торцевые силовые шпангоуты с помощью фитингов на концах стрингеров. Концевая часть ХБ стыкуется с килем, аналогично стыковке ХБ с центральной частью фюзеляжа. На хвостовой балке установлены: стабилизаторы, тяги управления рулевым винтом, система приводов рулевого винта, промежуточный и хвостовой редуктор, навигационные огни, узлы и компоненты гидравлики и хвостового вала.

Общий вид вертолета Ми-17 [2] представлен на рис.1. Хвостовая балка вертолета Ми-17 (рис.2) [6] - клепаной конструкции, балочно-стрингерного типа, имеет форму усеченного конуса длиной 5,44 м, состоит из каркаса и гладкой работающей дюралюминиевой обшивки. Каркас состоит из продольного и поперечного силовых наборов. Поперечный набор состоит из 17 шпангоутов 1 Шпангоуты № 1 и 17 - стыковочные, выполнены из прессованного дюралюминиевого уголкового

профиля и усилены зубчатыми лентами. В стенке шпангоута № 1 выполнено 46, а шпангоута № 17-18 отверстий для болтов, соединяющих хвостовую балку с центральной частью фюзеляжа и с концевой балкой. Остальные шпангоуты нормальные Z-образного сечения. Шпангоуты № 2, 6, 10 и 14 усилены в верхней части под опоры 3 хвостового вала трансмиссии. К ним же крепятся кронштейны 2 для установки текстолитовых направляющих колодок тросов путевого управления вертолетом.

Продольный набор состоит из 26 стрингеров (1-13), изготовленных из пресованных уголкового профиля. На нижней и левой панелях балки стрингеры усилены. Обшивка ХБ выполнена из листового плакированного дюралюминия. В зоне шпангоута № 13 вклепана дополнительная усиливающая диафрагма. Стыки листов обшивки произведены по стрингерам и шпангоутам внахлестку с подсечкой. В обшивке между шпангоутами № 13 и 14 на обоих бортах хвостовой балки сделаны вырезы для прохода лонжерона стабилизатора.

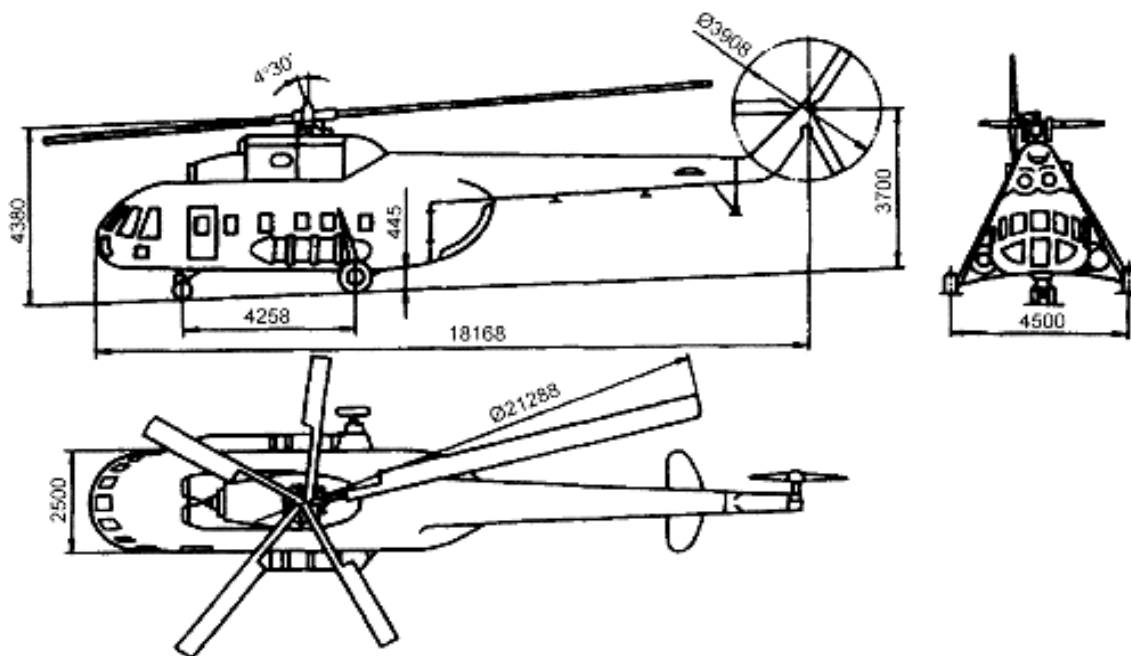


Рис. 1. Общий вид вертолета Ми-17

По контуру вырезов приклепаны усиливающие дюралюминиевые накладки 5. Сверху в обшивке имеются лючки с крышками для осмотра шлицевых соединительных муфт хвостового вала трансмиссии. С правой стороны балки между шпангоутами № 16 и 17 выполнен лючок с крышкой для контроля стыковки хвостовой и концевой балок. Между шпангоутами № 3 и 4 сделан вырез под проблесковый маяк МСЛ-3, между шпангоутами № 7 и 8, № 15 и 16-вырезы под строевые огни, между шпангоутами № 11 и 12-вырез под датчик курсовой системы. На нижней части балки установлены две антенны (приемная и передающая) радиовысотомера РВ-3.

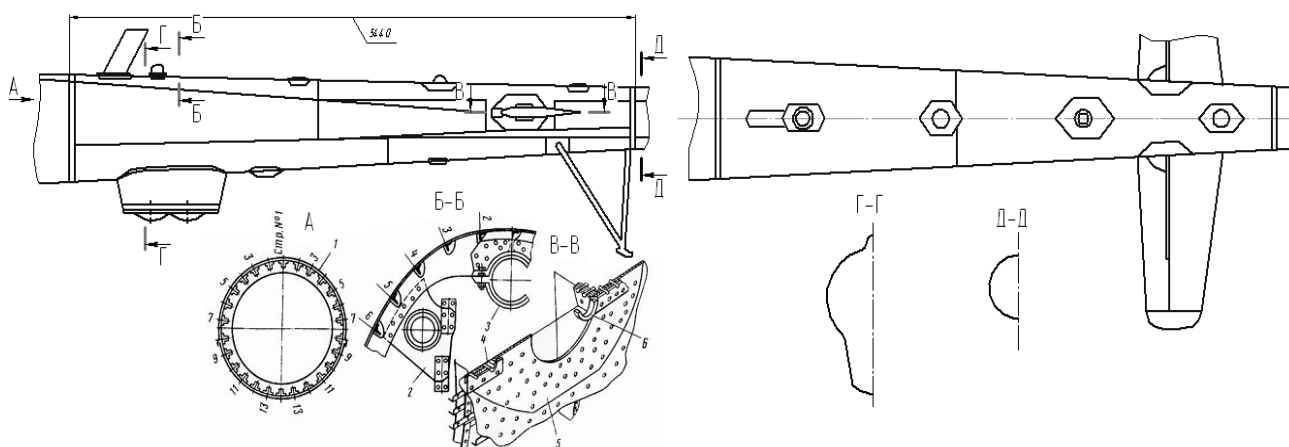
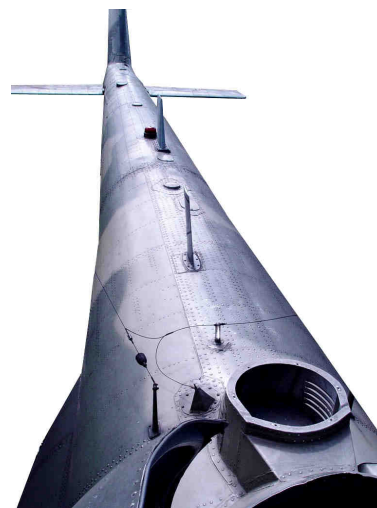


Рис. 2. Конструкция хвостовой балки вертолета Ми-17
 1—шпангоут; 2 – кронштейн; 3 – опора хвостового вала трансмиссии; 4 – узлы под болты регулировочных скоб стабилизатора; 5 – накладка; 6 – кронштейн навески стабилизатора; 7 – узел крепления амортизатора хвостовой опоры; 8 – узлы крепления подкосов ХБ

На шпангоуте № 13 с обеих сторон балки установлены узлы 4 под болты регулировочных скоб стабилизатора, а на шпангоуте № 14 - кронштейны 6 для навески стабилизатора. На шпангоуте № 15 с обеих сторон хвостовой балки приклепаны узлы 8 крепления подкосов хвостовой опоры, а на шпангоуте № 17 снизу – узел 7 крепления амортизатора хвостовой опоры.

Обшивка ХБ выполнена из дюралюминиевых листов Д16А-Т толщиной 0,8 и 1,0 мм. Листы обшивки накладывают сверху вниз и спереди назад для уменьшения сопротивления ХБ. Листы обшивки ХБ соединены внахлестку и приклепаны двухрядным заклепочным швом.

К силовому шпангоуту № 13, а также к стыковочным шпангоутам № 1 и 17 обшивка приклепана двухрядным заклепочным швом, а к промежуточным шпангоутам и стрингерам – однорядным.

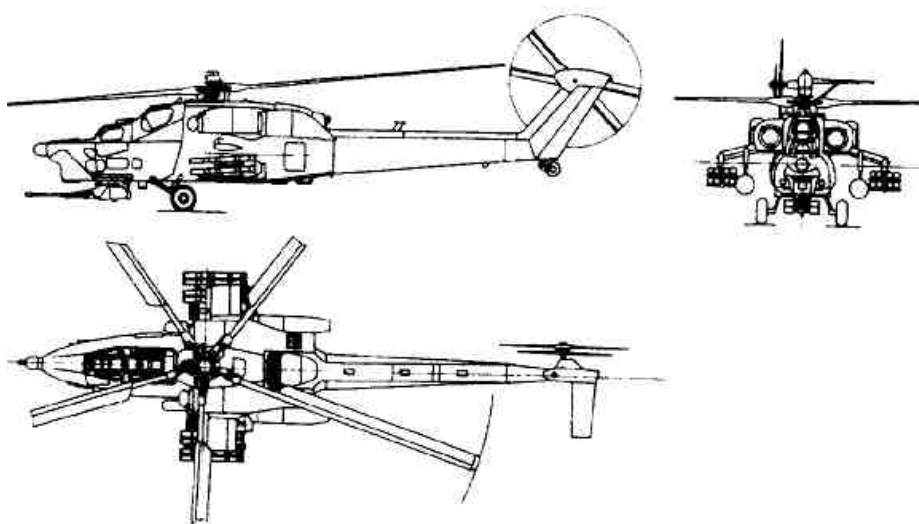


Рис. 3. Общий вид вертолета Ми-24

На рис. 3 представлен общий вид вертолета Ми-24 [7]. Хвостовая балка Ми-24 (рис. 4), длиной 4490мм и весом 115 кг, полумонококовой конструкции. ХБ овального сечения переходит в стреловидное вертикальное оперение (килевую балку) с углом заклинения 3° для разгрузки рулевого винта, на ХБ установлен управляемый стабилизатор.

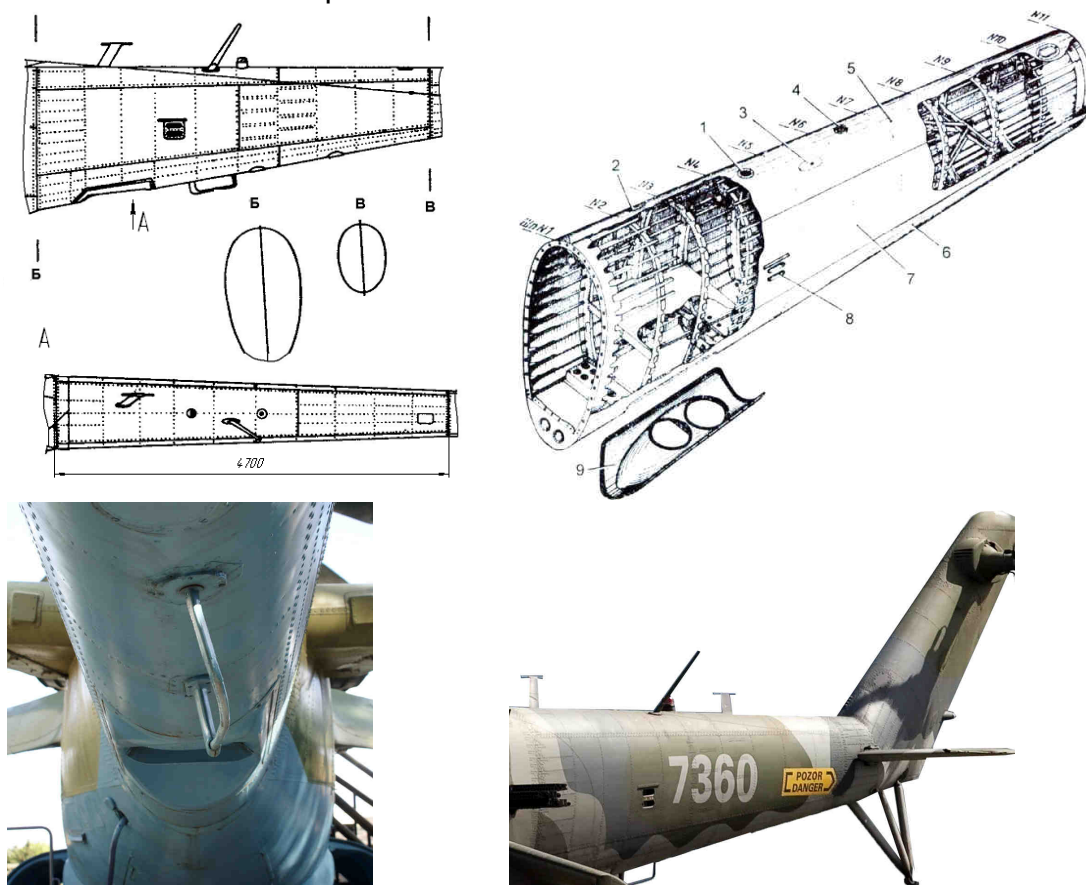


Рис. 4. Конструкция хвостовой балки вертолета Ми-24

1 - вырез под строевой огонь; 2 - место установки антенны Р.863; 3 - место установки антенны Р.852; 4 - место установки проблескового маяка; 5 - верхняя панель; 6 - нижняя панель; 7 - боковая панель; 8 - ракетница; 9 - крышка люка ДИСС 15Г

Балка клепаной и клеесварной конструкции, включает каркас, состоящий из поперечного и продольного наборов и обшивки. Поперечный шпангоут включает 11 шпангоутов. Шпангоуты №1 и № 11 стыковочные и усиленные, выполнены из прессованного профиля, торцевые полки которого образуют фланцы, имеющие отверстия под болты крепления ответных фланцев стыковочных шпангоутов центральной части фюзеляжа и килевой балки. На шпангоутах №1, 4, 7 и 10 приклепаны фитинги под опоры хвостового вала трансмиссии.

Продольный набор состоит из прессованных уголкового профиля.

Внутри ХБ сверху на кронштейнах закреплён трансмиссионный вал. В нижней части балки между шпангоутами №2 и №4 расположен блок ДИСС-15Д с антеннами, а на левом борту между шпангоутами №4 и №5 – сигнальная ракетница ЭСКР-46. На верхней поверхности ХБ, по оси симметрии смонтирован проблесковый маяк МПС-3 между шпангоутами №6 и №7.

Обшивка выполнена из дюралюминиевых листов. Крепление обшивки к стрингерам – клеесварное, а к шпангоутам и в стыках – с помощью заклепок с полувывуклой головкой. Технологически хвостовая балка состоит из верхней, нижней и двух боковых панелей.

На рис. 5 представлен вертолет Ми-26 [2],. Хвостовая балка Ми-26 (рис. 6) [6] является составной частью силовой конструкции фюзеляжа вертолета. ХБ цельнометаллическая, переменного сечения выполнена из сплавов 01420, Д16 и АК-6. ХБ имеет плоскую нижнюю поверхность для улучшения условий погрузки и выгрузки, переходит в большое вертикальное оперение с несимметричным профилем для создания боковой силы и разгрузки рулевого винта и регулируемым на стоянке стабилизатором

ХБ состоит из продольного и поперечного (11 шпангоутов) силовых наборов и вспомогательной конструкции. Продольный набор включает две боковые и нижнюю панель с обшивкой и стрингерным набором.

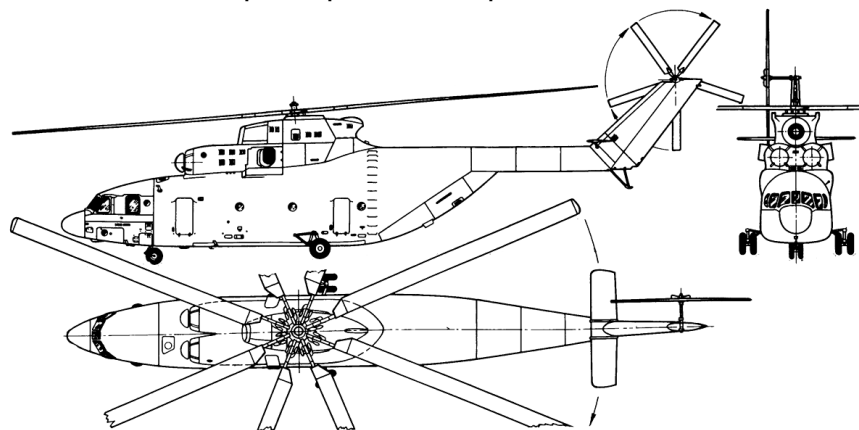


Рис. 5. Общий вид вертолета Ми-26

Конструкция панелей клеесварная с частичным применением заклепочных соединений. Заклепочные соединения применены в местах установки шпангоутов, на стыке обшивок и стрингеров, а также в зоне накладок усиления.

ХБ по шпангоуту №41 соединена неразъемно с задним отсеком центральной части фюзеляжа, в ней установлены опоры хвостового вала, трубопроводы гидросистемы, узлы хвостовой опоры. Внутри балки, как и на ее верхней поверхности, имеются дорожки для прохода к рабочей площадке, облегчающей техническое обслуживание, доступ к которой обеспечивается через специальный лаз. В ниж-

ней панели (шпангоут №7...№8) имеется люк под первую из трех телекамер системы БТУ-1 Б.

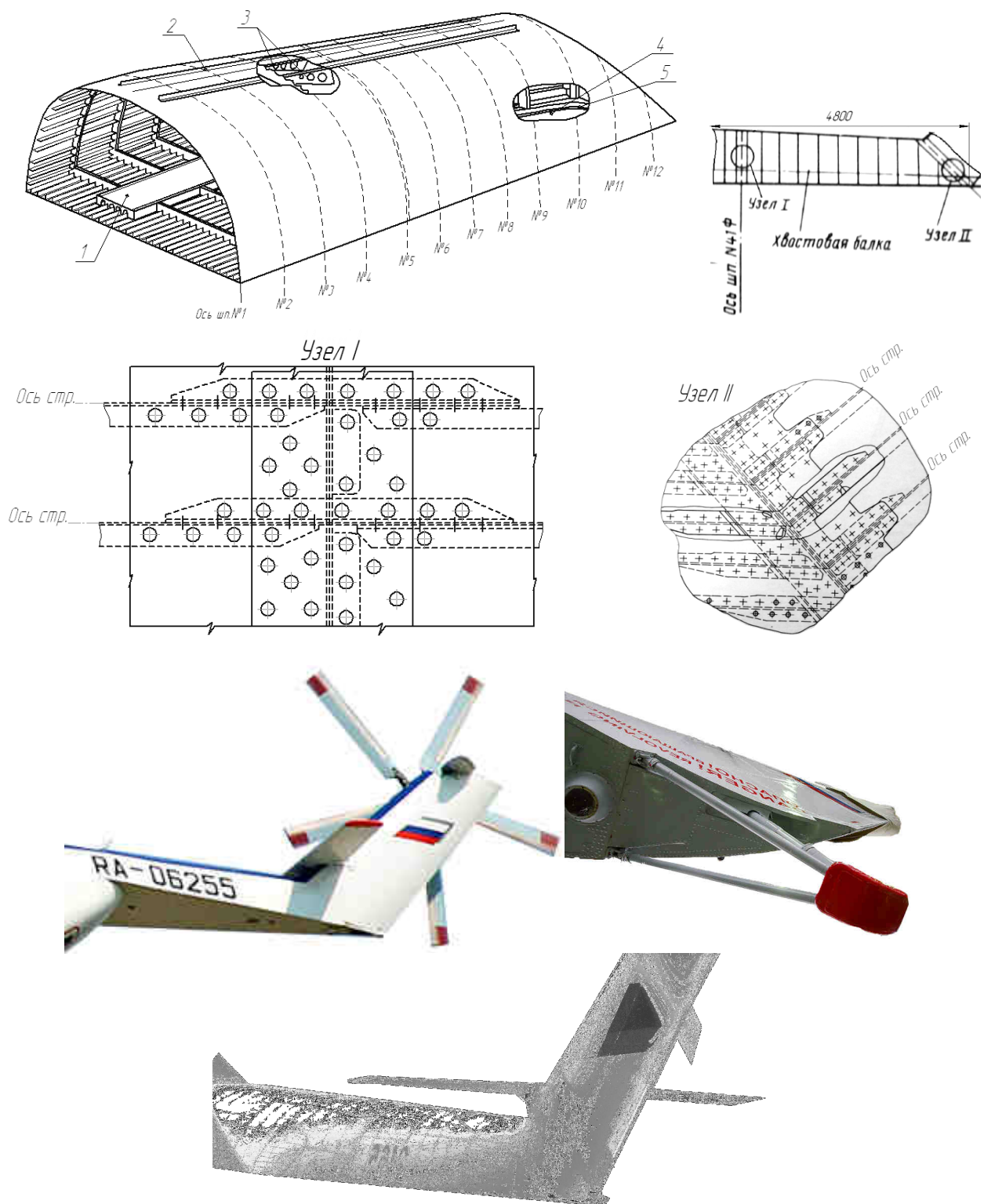


Рис. 6. Конструкция хвостовой балки вертолета Ми-26
 1 - настил-дорожка; 2 – наружная дорожка; 3 – продольная дорожка; 4 – люк под телекамеру; 5 – присоединительный фитинг

Хвостовая балка вертолета Ми-38 (рис. 7) [5, 10] выполнена по полумоноковой схеме (рис. 8).

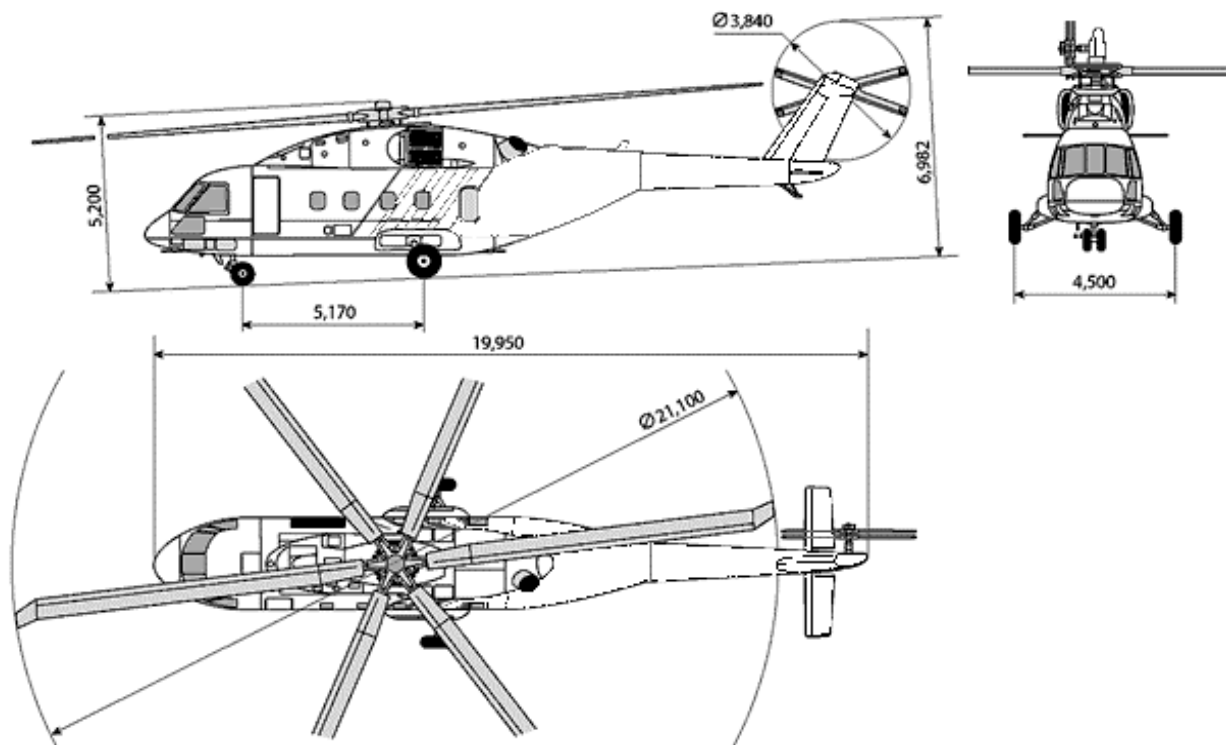


Рис. 7. Общий вид вертолета Ми-38

В конструкции фюзеляжа использованы трехслойные панели с наружной металлической и внутренней пластиковой обшивкой с сотовым наполнителем. Трехслойные панели с тонкими несущими слоями применены для повышения местной и общей жесткости частей фюзеляжа и ХБ с регулярной (без вырезов) зоной. Конструкция ХБ выполнена негерметичной, с учетом размещения и крепления вала трансмиссии, проводки управления рулевым винтом, установки и крепления антенн, в зонах вырезов установлены усиливающие накладки. ХБ состоит из продольного и поперечного силового наборов. В поперечный набор входит 9 шпангоутов, шпангоуты №1 и №9 усиленные и стыковочные. Обшивка соединена со шпангоутами № 2 -8 однорядными заклепочными швами. Продольный стык листов обшивки соединен внахлестку и приклепан двухрядным заклепочным швом. Продольный набор состоит из стрингеров.

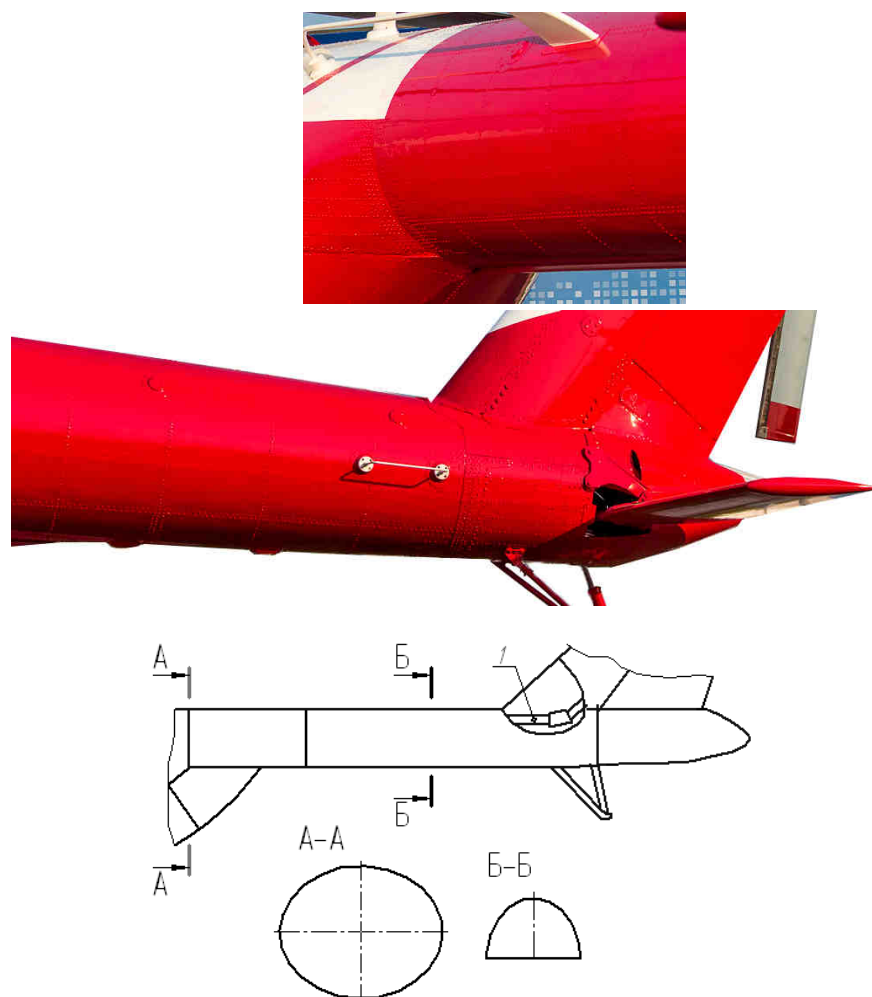


Рис. 8. Конструкция хвостовой балки вертолета Ми-38
1 – опора хвостового; 2 – вала хвостовой вал; 3 – хвостовой редуктор; 4 – хвостовая опора; 5 – стыковочные шпангоуты

Фюзеляж и хвостовая балка AS.332 (рис. 9) [9, 10] цельнометаллический, типа полумонокк, безопасно повреждаемой конструкции (рис. 10).



Рис. 9. Общий вид вертолета AS.332

Конструкция фюзеляжа аналогична конструкции вертолета "Пума", за исключением хвостовой части, которая с целью улучшения аэродинамики имеет профилированную ХБ, плавно переходящую в концевую, выполненную в виде киля. В поперечный набор входит 11 шпангоутов, шпангоуты №1 и №11 усиленные и стыковочные. В местах соединения ХБ с килем и центральной частью фюзеляжа установлены усиливающие накладки. Продольный набор состоит из стрингеров. На шпангоутах № 1, 4, 7, 11 установлены узлы крепления вала трансмиссии. Продольные и поперечные соединения выполнены однорядными заклепочными швами. Под кожухом хвостового вала размещены хвостовой вал, крепления хвостового вала, проводка управления рулевым винтом.

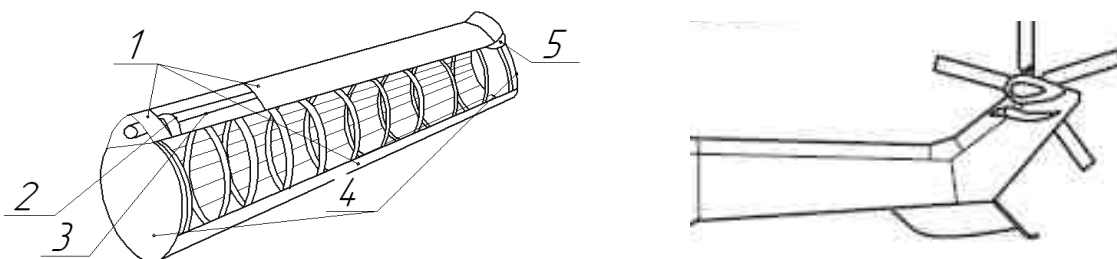


Рис. 10. Конструкция хвостовой балки вертолета AS.332

1 – кожух хвостового вала; 2 – опора хвостового вала; 3 – хвостовой вал; 4 – стыковочные шпангоуты; 5 – усиливающая накладка

Хвостовая балка вертолета Ансат (рис. 11) [5] типа полумонок, цельнометаллическая клепаной конструкции (рис. 12). Вал трансмиссии проходит над хвостовой балкой и закрыт кожухом. На конце хвостовой балки крепиться хвостовая опора, предохраняющая РВ от касания земли.

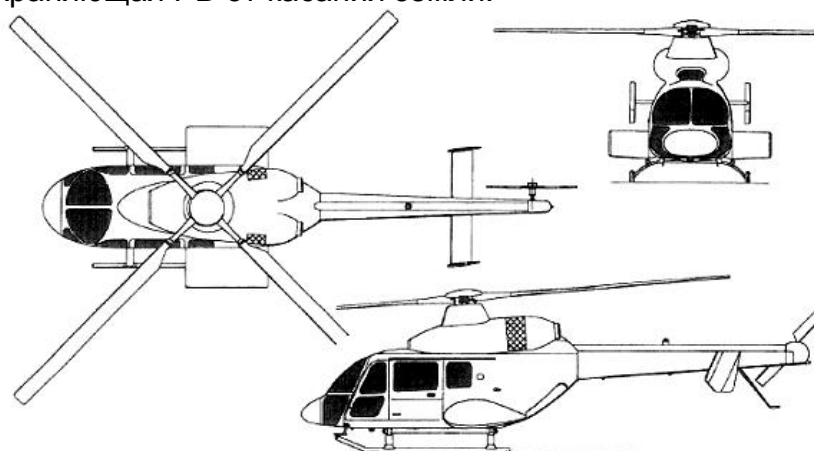


Рис. 11. Общий вид вертолета Ансат

ХБ состоит из продольного и силового наборов. В поперечный набор входит 11 шпангоутов, шпангоуты №1 и №11 усиленные и стыковочные. Обшивка соединена со шпангоутами № 2 -10 однорядными заклепочными швами. Поперечные стыки листов обшивки соединены внахлестку и приклепан двухрядным заклепочным швом. Продольный набор состоит из стрингеров.



Рис. 12. Конструкция хвостовой балки вертолета Ансат

Анализ особенностей конструкции хвостовых балок вертолетов транспортной категории показал, что ХБ преимущественно выполняют по полумоноковой схеме из алюминиевых сплавов Д16, Д16А-Т, О1420 и АК-6. ХБ выполняют негерметичными, с учетом размещения и крепления вала трансмиссии, проводки управления рулевым винтом, установки и крепления антенн и оборудования. На основании анализа конструктивных особенностей хвостовых балок рассмотренных вертолетов, выбираем в первом приближении параметры хвостовой балки физической модели вертолета транспортной категории (рис. 13).

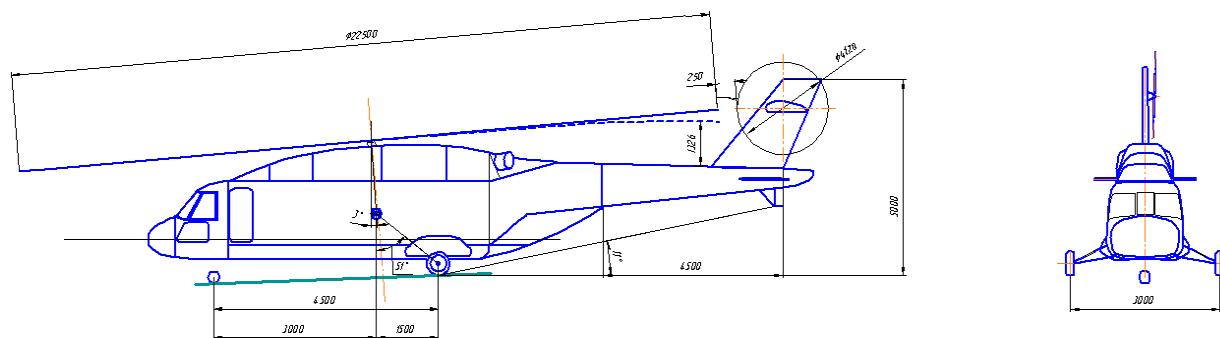


Рис. 13. Физическая модель вертолета транспортной категории

Конструкция хвостовой балки физической модели вертолета транспортной категории представлена на рис.14. Отсек ХБ клепаной конструкции, балочно-стрингерного типа, имеющая форму усеченного конуса длиной 4,5 м, состоящая из каркаса и гладкой работающей дюралюминиевой обшивки.

В каркас входят продольный и поперечный силовые наборы. Поперечный набор состоит из 14 шпангоутов. Шпангоуты № 1 и 14 – стыковочные, №1, №13, №14 – силовые. Шаг шпангоутов выбирается на основе расчёта общей жёсткости обшивки. В местах стыковки основных агрегатов шаг шпангоутов может нарушаться (в этом случае он определяется расстояниями между узлами крепления стыкуемых агрегатов). 16 стрингеров составляют продольный силовой набор.

Обшивка ХБ имеет номинальную толщину 1,0 мм. По стрингерам № 5П и 5Л проходит продольный стык внахлест листов обшивки с шириной перекрытия 32 мм. К силовым шпангоутам и к стыковочным шпангоутам обшивка приклепана двухрядным заклепочным швом, а к промежуточным шпангоутам и стрингерам - однорядным.

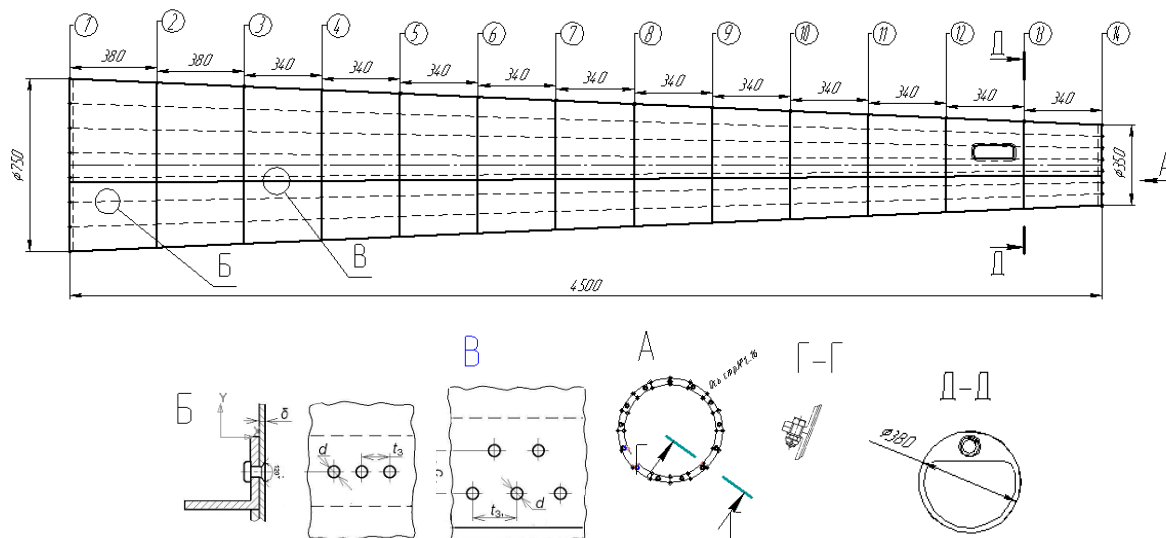


Рис. 14. Конструкция и типовые нерегулярные зоны ХБ физической модели вертолета транспортной категории

Стрингеры изготовлены из уголкового профиля. Силовой шпангоут № 1 выполнен из прессованного профиля, полка которого образует кольцевой фланец,

механически обработанный для стыковки с центральной частью фюзеляжа. Круговые нормальные шпангоуты (шп.№2-12) имеют Z-образное поперечное сечение и состоят из двух половин. Полукольца шпангоутов между собой соединены внахлест при общей сборке панелей ХБ в стапеле. По контуру нормальных шпангоутов сделаны просечки под стрингеры ХБ. Стрингеры присоединены к полке силового шпангоута № 1 заклепками с помощью дополнительных угольников, а к полке шпангоута №14 – с помощью зубчатой ленты.

Крепление стрингеров к промежуточным шпангоутам выполнено кницами, выштампованными. При этом на стрингерах правого борта верхней панели, расположенных в растянутой зоне (от действия силы тяги рулевого винта), кницы не устанавливаются. Обшивку обеих панелей, выполненную из листового дюралюминия Д16АТ-л 1,0, крепят к каркасу клеесваркой. По обоим бортам ХБ между шпангоутами № 12 и № 13 приклепаны усиливающие накладки из дюралюминиевого листа Д16АТ-л 1,5, имеющие вырезы для прохода лонжерона стабилизатора. На левом борту сделан люк для осмотра датчика гироскопа. Сверху ХБ по продольной оси симметрии установлен кожух, закрывающий хвостовой вал трансмиссии и тросы управления стабилизатором и рулевым (хвостовым) винтом. Кожух изготовлен из дюралюминиевых листов Д16АТ-л 0,8 и составлен из отдельных секций, которые крепят винтами к специальным профилям, приклепанным к обшивке ХБ. На кожухе установлены крышки люков, предназначенные для осмотра и смазки карданов хвостового вала трансмиссии. По обоим бортам ХБ между шпангоутами № 12 и 13 установлены фитинги крепления опор стабилизатора. Фитинги изготавливают штамповкой из алюминиевого сплава АК-6 и крепятся к стенке шпангоута № 13 и к дополнительной диафрагме из дюралюминиевого листа Д16АМ-л 0,8.

На шпангоутах № 13 и 14 установлены кронштейны крепления хвостовой опоры вертолета, выполненные штамповкой из сплава АК-6. Каркас в местах установки кронштейнов подкреплен штампованными кницами.. Сверху хвостовой балки у шпангоута № 2 установлен кронштейн крепления антенны радиостанции, а снизу на шпангоутах № 4 и 11 – кронштейны крепления передающей и приемной антенн радиовысотомера. На шпангоутах № 3, 6, 10 и 13 установлены опоры хвостового вала трансмиссии. Они представляют собой штампованные из АК-6 обоймы, скрепленные с каркасом хвостовой балки штампованными кницами из листового дюралюминия Д16АМ-л 1,0. В кницах справа и слева сделаны отверстия для прохода тросов управления хвостовым винтом и стабилизатором.

Крепление стыковочных шпангоутов, соединяющих фюзеляж и ХБ, выполняют 16 болтами из стали 30ХГСА диаметром 8 мм, крепление стыковочных шпангоутов, ХБ и килевую балку - 12 болтами из стали 30ХГСА и диаметром 8 мм, болты установлены с натягом. Соединение обшивки с внутренними элементами ХБ – заклепками диаметром $d=4,8$ мм, угол конуса потайной головки 120° , шаг заклепок в однорядном соединении - $t_3 = 15$ мм, в двухрядном – $t_{31}=12$ мм, $s = 16$ мм.

На основе анализа конструкций ХБ вертолетов транспортной категории выделим основные зоны вероятного усталостного разрушения.

К регулярным зонам относятся участки конструкции, содержащие продольные неразъемные клеесварные, заклепочные или болтовые соединения. В регулярных зонах наблюдается полное включение в работу продольных силовых элементов, крепежные элементы или не нагружены или нагружены только усилиями сдвига.

К нерегулярным зонам хвостовых балок вертолетов транспортной категории можно отнести участки конструкции с повышенной концентрацией напряжений: элементы с разъемными болтовыми соединениями; зоны конструктивных разъемов (места соединения ХБ с центральной частью фюзеляжа и килевой балкой); элементы с вырезами, отверстиями, узлами крепления хвостового вала трансмиссии; поперечные стыки листов обшивки, участки обшивки в зонах окончания стрингеров; места установки усиливающих накладок; поперечные стыки стрингеров; скачкообразные переходы толщины в продольных силовых элементах и обшивке с механическим или химическим фрезерованием; участки конструкции с локальным приложением нагрузок.

Нерегулярные зоны оказывают существенное влияние на распределение и характер силового потока напряжений.

Хвостовая балка предназначена для создания момента от силы тяги рулевого винта с целью компенсации реактивного момента несущего винта. В случае определения нагрузок действующих на ХБ в эксплуатационных условиях, принимается расчетная схема: консольно защемленная конусная балка, к которой приложены сосредоточенные и распределенные внешние нагрузки.

Конструктивные параметры и технология выполнения регулярных зон конструкций вертолета должны обеспечивать восприятие расчетных разрушающих нагрузок, регламентируемую долговечность при нагрузках, эквивалентных нагрузкам типового полета в эксплуатационной среде, заданный коэффициент усталостного качества, заданное качество внешней поверхности, степень герметичности и удовлетворять следующим условиям: $P_{\text{разр}} \geq P_{\text{расч}}$, $N_{\text{разр}} \geq N_{\text{расч}}$. Необходимо, чтобы конструктивные параметры и технология выполнения нерегулярных зон обеспечивали восприятие расчетных усилий в нерегулярной зоне при статическом нагружении, регламентируемую долговечность, качество внешней поверхности и герметичность, равные характеристикам регулярной зоны или превышающие их, и удовлетворяли следующим условиям: $P_{\text{разр}} \geq P_{\text{расч}}$, $N_{\text{рег}} \geq \min$

Конструктивные нерегулярности, являющиеся элементами конструкции хвостовой балки, определяют ее ресурс. Их долговечность должна быть не менее долговечности неразъемных продольных соединений силовых элементов хвостовой балки. Концентрация напряжений в нерегулярных зонах, амплитуда и частота переменных напряжений являются определяющими параметрами при создании высокоресурсных хвостовых балок.

Современные вертолеты транспортной категории проектируют и изготавливают с учетом заданного ресурса и срока службы, величина которых находится в диапазоне от 15 тысяч до 30 тыс. часов при сроке их эксплуатации 25 – 30 лет.

Повышение усталостной долговечности зон конструктивных нерегулярностей ХБ вертолетов транспортной категории является актуальной задачей, что имеет большое практическое значение для обеспечения безопасности полетов во время эксплуатации вертолетов на протяжении его ресурса, который в свою очередь, является важным показателем конкурентоспособности вертолетов.

В статье проведен анализ конструктивно-технологических особенностей конструкции хвостовых балок вертолетов транспортной категории. Определены основные зоны вероятного усталостного разрушения хвостовых балок. На основе анализа конструктивно-технологических особенностей конструкции хвостовых балок вертолетов транспортной категории разработана конструкция хвостовой балки физической модели.

Список литературы

1. Методология интегрированного проектирования и моделирования тяжелого транспортного вертолета [Текст] / А. Г. Гребеников, В. А. Урбанович, А. С. Чумак Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 39. – Х., 2008. – С. 96 – 107.;
2. Разработка аванпроекта вертолета [Текст]: учеб. пособие/ Л. И. Лосев, А. Г. Гребеников, Л. Р. Джемилев и др. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского “Харьк. авиац. ин-т”, 2012. – 324 с.
3. Проектирование вертолетов / В. С. Кривцов, Я. С. Карпов, Л. И. Лосев. – Учебник. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», -2003. – 344 с.
4. Далин В. Н., Михеев С. В. Конструирование агрегатов вертолетов. – М.: Изд-во МАИ, 2001. – с.: ил.
5. <http://www.airwar.ru>
6. Вертолет Ми-17, Техническое описание, Книга II «Конструкция»;
7. Вертолет Ми-24, Техническое описание, Книга II «Конструкция»;
8. Вертолет Ми-26, Руководство по технической эксплуатации, Книга II «Планер»;
9. Вертолеты стран мира / под. ред. В. Г. Лебедева. – АО «Бумеранг», 1994. – 227с.;
10. Вертолеты Том I, Том II – Современная авиация / Е. И. Ружицкий. – М.: Виктория, АСТ, 1997, – В пер., 208 с. с цв.ил.;
11. Авиационные правила Часть 29 Нормы летной годности винтокрылых аппаратов нормальной категории;
12. Сопротивление усталости элементов конструкций / С64 А. З Воробьев, Б. И. Олькин, В. Н. Стебнев и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 240.: ил.
13. Офіційний портал Державної авіаційної служби України avia.gov.ua
14. ISSN 0556-171X. Проблемы прочности, 2000, № 5, Международная конференция “Оценка и обоснование продления ресурса элементов конструкций, ХРОНИКА
15. Метод определения характеристик общего напряженно-деформированного состояния отсека фюзеляжа вертолета [Текст] / А. Г. Гребеников, Л. Р. Джемилев, Д. Ю. Дмитренко, А. К. Мялица, А. М. Тимченко, И. Н. Шепель Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 51. – Х., 2011. – С. 5 – 15.

Поступила в редакцию 24.11.2015

Аналіз конструктивно-технологічних особливостей хвостових балок вертольотів транспортної категорії

Виконано аналіз конструктивно-технологічних особливостей хвостових балок вертольота транспортної категорії. Визначені основні зони вірогідного втомного руйнування хвостових балок.

Ключові слова: авіаційна техніка, хвостова балка вертольота, конструктивно-технологічні особливості.

Analysis of Structural and Technological Features of Tail Boom Transport Category Helicopters

Structural and technological features of the tail boom transport category helicopters was analyzed. The main areas of probable fatigue failure of the tail booms are determined.

Keywords: aircraft, tail boom of the helicopter, design and technological features.