

Министерство образования Российской Федерации
МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
КАФЕДРА “ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЕРТОЛЕТОВ”

О.А. ЗАВАЛОВ

**КОНСТРУКЦИЯ
НЕСУЩИХ И РУЛЕВЫХ ВИНТОВ
ВЕРТОЛЕТОВ**

Учебное пособие к курсовому и дипломному проектированию

*Утверждено
на заседании кафедры
21 июня 2001 г.*

МОСКВА 2001

ПРЕДИСЛОВИЕ

В пособии дается описание конструкций несущих и рулевых винтов отечественных вертолетов. Материалы пособия отражают традиции и передовой опыт ведущих ОКБ вертолетостроения России. Рисунки пособия, в которых представлены конструкции конкретных агрегатов, выполнены в форме сборочных чертежей. К ним даются технические условия на изготовление и сборку агрегатов. По описанию входящих в агрегаты узлов, деталей, стандартных и готовых изделий легко составить спецификацию к чертежу. Также дается подробное описание самой конструкции агрегатов и приводится ряд других полезных сведений.

Пособие предназначено для использования в курсовом и дипломном проектировании студентами, обучающимися по специализации 1301.02 «Вертолетостроение» специальности 1301. Оно также будет полезно при изучении теоретического курса «Конструирование агрегатов вертолетов» и выполнении лабораторных и практических работ.

1. ЛОПАСТЬ НЕСУЩЕГО ВИНТА ВЕРТОЛЕТА КА - 50

1.1. Конструкция лопасти несущего винта вертолета Ка - 50

Конструкция лопасти несущего винта вертолета Ка - 50 представлена на рисунках 1.1...1.5. Характерной особенностью этой лопасти является наличие стреловидной законцовки. Основным силовым элементом лопасти (см. рис. 1.1) является лонжерон 1. В поперечном сечении лопасти (рис.1.2) ширина лонжерона равна 49% хорды. Он имеет D-образную форму, внешняя поверхность, которой, за исключением задней стенки, выполнена по контуру передней части аэродинамической поверхности лопасти. Конструкция лонжерона подробно описана в разделе 1.1.2. К лонжерону лопасти по всей его длине (исключая комлевой участок) крепятся хвостовые секции 2...7. Законцовка лопасти также имеет свою хвостовую секцию 8. Приклейка хвостовых секций к лонжерону осуществляется с помощью клея ВК-9. Образующиеся на стыках лонжерона и хвостовых секций зазоры *П* (на виде *П* рис. 1.2) и *С* на рис. 1.1 после сборки шпаклюют (см. раздел 1.1.1). Чтобы не было перетекания воздуха в зазорах между торцевыми поверхностями хвостовых отсеков, на клею ВК-9 устанавливаются резиновые вкладыши 9 (сечение *Е-Е* на рис. 1.2).

В комле лонжерона выполнен стыковочный узел лопасти *Г*. Верхняя и нижняя полки лонжерона в комле имеют утолщения (рис.1.3). В них два отверстия, в которые на клею ВК-9 установлены втулки 10. С одной стороны втулки имеют фланец, с другой резьбу, на которую заворачиваются гайки 11. Гайка также устанавливается на клею ВК-9. Обработанные после сборки с необходимым допуском и чистотой торцевые поверхности втулок 10 и гаек 11 образуют щеки, которые входят в вилку ответной части стыковочного узла рукава втулки и соединяются вместе с помощью двух вертикально устанавливаемых стыковочных болтов. Чтобы обеспечить плотное прилегание буртика втулки 10 и поверхности гайки 11 к поверхности лонжерона, и чтобы при заворачивании гаек 11 не было прогиба, внутрь полок лонжерона устанавливаются распорные втулки 12. Распорная втулка состоит из бабышки и двух шайб на ее торцах. Шайбы обеспечивают вставку втулки внутрь лонжерона в углубление опорных пластин полок лонжерона (см. вид *IV* на рис. 1.2). Пластины приклеиваются к полкам лонжерона во время его прессования и имеют значительный разброс в расстоянии между их поверхностями, что не обеспечивает необходимую точность сборки комлевого стыковочного узла, в частности, посадку распорных втулок. Поэтому перед сборкой стыковочного узла на поверхностях пластин в месте установок распорных втулок цековкой делаются углубления с заданным допуском размера *В₁* (см. сечение *Б - Б* на рис. 1.3), в которые затем и устанавливаются распорные втулки. Соответствующий подбор толщины шайб на распорных втулках обеспечивают выполнение этого допуска при сборке лопасти. После заворачивания гайка 11 контрится штифтом 13 (см. сеч. *Г-Г* на рис. 1.2).

С целью изоляции внутренней полости лонжерона от окружающей среды (попадание влаги, пыли и т. п.) торец лонжерона в комле закрыт крышкой 18, установленной на винтах 15. На крышке с помощью винтов 16 и шайбы 17 установлен штепсельный разъем 18 для подключения проводки подачи электрического тока к нагревательным элементам противообледенительной системы лопасти, а также к лампочке контурного огня, устанавливаемого на конце лопасти (см. рис. 1.3). В электрической цепи проводки лопасти имеется резистор 19, закрепленный на винте 20 через втулку 21, шайбу 22 гайкой 23. Между стенкой лонжерона и торцом резистора проложена шайба 24. Во время хранения и транспортировки штепсельный разъем закрыт крышкой 25.

В комле лопасти также установлен комлевой балансировочный груз. Для его монтажа первоначально на стенку лонжерона устанавливается планка 27 с резьбовыми стержнями. Планка на стенке лонжерона зафиксирована гайками 28. На резьбовые стержни планки надевают пластины балансировочного груза 26. Верхняя пластина закрывается шайбой 29, и весь пакет стягивается гайками 30.

На конце лопасти несущего винта вертолета Ка - 50 установлена стреловидная законцовка. Она имеет свой лонжерон 31 (см. рис. 1.4) и хвостовую секцию 8. Лонжерон законцовки и законцовка в целом крепится к лонжерону основной части лопасти с помощью винтов 32 и 33. Винты 32 непосредственно вворачивают в тело полок лонжерона. Винты 33 вворачивают во вкладыши 34 (см. сечение *Ж - Ж* на рис. 1.5), расположенные во внутренней полости лонжерона. После сборки зазор *Р* и углубления в местах установки винтов 32 и 33 (вид *VI* на рис. 1.5) шпаклюют. В носовой части разьема законцовки на винте 35 установлен вкладыш 36.

Как уже было отмечено, в законцовке лопасти располагается лампочка 37 и арматура контурного огня лопасти. Она включает в себя патрон 38 с защитным колпачком 39, закрепляемым хомутом 40 с помощью винта 41 шайбы 42, гайки 43 и прокладки 44 на кронштейн 45, ко-

торый в свою очередь крепится к полке лонжерона законцовки с помощью винтов 46. Положение проводов, идущих к лампочке контурного огня и к электронагревательным элементам противообледенительной системы, внутри лонжерона фиксируется с помощью прижимных шайб 47. Лампочка закрывается съемным обтекателем 48. Съемный обтекатель закрепляется на лонжероне законцовки с помощью винтов 49. Причем часть винтов 49 вворачивают во вкладыши 50, вклеенные в сплошную носовую часть лонжерона законцовки, а другую часть завертывают в анкерные гайки 51, закрепленные на полках лонжерона с помощью заклепок 52 (см. сеч. 3 - 3 на рис. 1.5).

В законцовке также располагается балансирующий груз (см. сеч. *II - II* на рис. 1.4 и 1.5), состоящий из набора металлических пластин 53, закрепленных к полке лонжерона законцовки винтами 54, гайками 55, через прокладку 56.

Торец хвостового отсека законцовки закрывается обтекателем 57.

Электрические провода соединяются с нагревательными элементами противообледенительной системы с помощью втулок 58 (см. вид *VII* на рис. 1.2).

1.1.1. Технические условия на сборку лопасти.

В данном разделе представлены основные пункты технических условий на процесс сборки несущего винта вертолета Ка - 50. Условные обозначения и номера позиций соответствуют графической информации рисунков 1.1...1.5.

Технические условия содержат следующие пункты:

- 1) Теоретический контур лопасти выполнять по теоретическому чертежу.
- 2) Неуказанные предельные отклонения размеров выполнять по ОСТ 100022-80.
- 3) Хвостовые секции устанавливать на клее ВК-9.
- 4) Вкладыши 9 между хвостовыми секциями устанавливать на клее 88НП ПИ1.2.031-77.
- 5) Крышку 14 и винты 15 устанавливать на герметике У30МЭС-5НТ.
- 6) Детали 10, 11, 13, 27, 32, 33, 45, 56, 58 устанавливать на клее ВК-9.
- 7) Отверстия в деталях 1 и 31 под установку законцовки лопасти сверлить совместно.
- 8) Цековку D_1 производить до образования площадки $\varnothing 72$ мм. Окончательное значение размера B_1 должно быть равно одной из величин - 46, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54 мм в зависимости от предварительно получаемого размера B_1 . Окончательное значение размера B_1 обеспечить за счет установки шайб на втулке 12.
- 9) Утопание головок винтов 32, 33 должно быть не более 0,2 мм. Выступание не допускается.
- 10) На провода надеть изолирующие трубки и зафиксировать их ниточным биндажом.
- 11) Винты 16 контрить по ОСТ 139502-77.
- 12) На болты планки 27 нанести смазку АМС-3.
- 13) Момент затяжки гаек 11 $M_3=30000 \pm 1000$ Н.
- 14) После монтажа контурного огня проверить систему на работоспособность путем подключения тока с напряжением $U = 24$ Вт.
- 15) Балансировку лопасти производить грузами 53.
- 16) Зазоры $П$, $Р$ и $С$, стыки лонжеронов и комлевой нервюры с лонжероном, головки винтов 32, 33, местные неровности шпаклевать клеем ВК-9 с наполнителем ФК-20 или древесной мукой по ТУ 2583.
- 17) Зону стыка хвостовых секций и лонжерона, а также отдельные неровности шпаклевать шпаклевкой ЭП-008.
- 18) Верхнюю поверхность лопасти красить белой эмалью ЭП-140.
- 19) Нижнюю поверхность лопасти красить серой эмалью ЭП-140.
- 20) Законцовку лопасти красить в черный цвет эмалью ЭП-140 на участке длиной 140 мм от торцевой поверхности законцовки по всему периметру.
- 21) Поверхности тримерных пластин и оковок не покрывать краской.
- 22) Написание букв и цифр информации выполнять согласно ГОСТ 2930-62.

1.1.2. Лонжерон лопасти.

Конструкция лонжерона лопасти несущего винта вертолета Ка - 50 представлена на рис. 1.6...1.9.

Общий вид лонжерона показан на рис. 1.6. Лонжерон выполнен из гибридного композиционного материала методом укладки пакетов 1 (рис. 1.7, 1.8), состоящих из стеклоткани с добавлением углеродной ленты, пропитанных эпоксидным связующим, и последующим формованием с полимеризацией. Подробное описание раскроя и состава пакетов композита, из которого изготовлен лонжерон, дано в разделе 1.1.3. В комлевой части (см. рис. 1.7) лонжерон имеет утолщенные плоские верхнюю и нижнюю полки. Здесь в дальнейшем при изготовлении лопасти формируется стыковочный узел лопасти с втулкой. С целью повышения допускаемых напряжений смятия композита в местах установок втулок стыковочного узла полки лонжерона фольгируются, т.е. между слоями композита прокладывается тонкая фольга, изготовленная из металла, в частности из титанового сплава. С внутренней стороны в комле лонжерона на обе его полки с использованием клея ВК - 25 (поз. 2 на рис. 1.7) установлены пластины 3. В процессе формирования стыковочного узла между ними устанавливаются распорные втулки.

За исключением комля лонжерон имеет D - образный профиль (см. сеч. B - B на рис. 1.8). Относительная ширина лонжерона равна 0,49, т.е., почти половине хорде. Чтобы повысить критические напряжения потери устойчивости полок лонжерона и обеспечить повышенную живучесть конструкции лопасти, лонжерон имеет внутреннюю дополнительную стенку. Таким образом, в сечении он имеет два контура. В носовой части лонжерона, начиная с сечения лопасти №2 установлен центровочный (противофлаттерный) груз, состоящий из отдельных секций 4,5,6,7. Между секциями груза в центральной части лопасти, установлены вкладыши 8 с прокладками 9. В концевой части лонжерона центровочный груз опирается на бабышку 10. В носовой части лонжерона на клею ВК - 41 (поз. 11 на рис. 1.8) установлен нагревательный элемент 12., изготовленный из термостойкого композита, внутри которого проложены металлические пластины, обеспечивающие нагрев поверхности носка лонжерона при подаче на них электрического тока. Вместо пластин может применяться металлическая сетка.

Для приклейки к лонжерону хвостовых секций на поверхность лонжерона в месте приклейки нанесена пленка клея ВК - 25. (поз. 13 на рис. 1.8).

В концевой части лонжерона на поверхностях полок имеются местные углубления для формирования узла стыка основной части лопасти с ее законцовкой (рис. 1.9).

1.1.3. Раскрой пакетов композита лонжерона.

Основой композита, из которого изготавливается лонжерон лопасти несущего винта вертолета Ка - 50, являются стеклоткани марок Т-39 толщиной 0,28 мм, Т-25(ВМ)78 толщиной 0,28 мм и углеродная лента ЛУ-П-0,2 толщиной 0,14 мм. Комлевая часть лонжерона усилена фольгой из титанового сплава ВТ1-00Т.

Лонжерон собирается из отдельных пакетов, состоящих в свою очередь из нескольких листов стеклоткани и углеродной ленты, предварительно пропитанных эпоксидным связующим марки 5-211Б.

Схема укладки пакетов композита в характерных сечениях лонжерона показана на рис. 1.10. В основной части лопасти лонжерон образован из 5 пакетов (№№ 1, 2, 2а, 3, 4). Причем для того, чтобы обеспечить прочность соединения пакетов между собой и сохранить постоянную толщину полок лонжерона в поперечных сечениях лонжерона пакеты укладываются друг на друга с нахлестом. Нахлест обеспечивается тем, что в каждом пакете отдельные листы имеют разную ширину. В качестве примера в таблице 1.1 представлен состав пакета №1.

В этой таблице указаны по сечениям лонжерона значения ширины и длины каждого листа, входящего в пакет, и материал листа. Кроме того, в ней указаны углы ориентации φ основы стеклоткани и ленты. Из таблицы 1.1 видно, что основным исходным материалом лонжерона является стеклоткань. Она воспринимает центробежную силу. Поэтому основа ткани ориентирована вдоль лонжерона, что соответствует нулевому значению угла ориентации φ в таблице 1.1. Углеродная лента вводится в композит с целью увеличения крутильной жесткости лопасти, поэтому она имеет углы ориентации $\pm 45^{\circ}$. Причем число листов с углом укладки $+45^{\circ}$ равно числу листов с углом укладки -45° . Пример раскроя отдельного листа из пакета №1 показан на рис 1.10.

Общее число пакетов, из которых образован композит лонжерона, равно восьми. Состав шести пакетов, которые имеют протяженность по всей длине лопасти, дан в таблице 1.2. В ней указаны число листов, углы ориентации и марка материалов листов, образующих каждый пакет, в характерных сечениях лонжерона.

В комле лопасти дополнительно установлены два пакета №5 и 6. Они образуют утолщения полок лонжерона, где формируется узел стыка лопасти с рукавом втулки. С целью повышения в этом месте допускаемых напряжений смятия композита в пакетах №5 и №6 имеется значительное число листов стеклоткани с углами ориентации $\pm 45^{\circ}$. Кроме того, между листами композита проложено несколько листов фольги из титанового сплава. Длина пакета №5 равна 750 мм. В нем 29 листов стеклоткани, из которых 18 имеют углы ориентации $\pm 45^{\circ}$. Число листов фольги равно 7. Пакет №6 длиной 360 мм имеет соответственно 18 листов стеклоткани, из которых 8 имеют углы ориентации $\pm 45^{\circ}$. Число листов фольги в этом пакете также равно 7.

Используя представленные данные, можно подсчитать распределение толщины каждого элемента в сечении лонжерона по его длине.

Таблица 1.1.

№ листа	Ширина листа в сечении, мм						φ°	Материал
	сеч. 1...1а	2а	3	4	5	6...9а		
1	310	289	286	284	282	-	0	T-39
2	310	289	286	284	282	280	0	T-39
3	283	262	259	257	254	252	0	T-39
4	283	262	259	257	254	252	± 45	ЛУ-П-0,2
5	283	262	259	257	254	252	0	T-39
6	283	262	259	257	254	252	± 45	ЛУ-П-0,2
7	255	234	231	229	-	-	0	T-39
8	255	234	231	229	-	-	0	T-39
9	255	234	231	-	-	-	0	T-39
10	228	207	204	202	198	195	0	T-39
11	228	207	204	202	198	195	± 45	ЛУ-П-0,2
12	228	207	204	202	198	195	0	T-39
13	228	207	204	202	198	195	± 45	ЛУ-П-0,2
14	200	179	176	174	170	168	0	T-39
15	200	179	176	174	170	168	± 45	ЛУ-П-0,2
16	200	179	176	174	170	168	0	T-39
17	200	179	176	174	170	168	± 45	ЛУ-П-0,2
18	173	152	152	147	142	141	0	T-39
19	173	152	152	147	142	141	± 45	ЛУ-П-0,2
20	173	152	152	147	142	141	0	T-39
21	173	152	152	147	142	141	± 45	ЛУ-П-0,2
22	403	382	380	376	375	375	0	T-39

Таблица 1.2.

№ пакета	Число слоев в пакете						φ°	Материал
	сеч. 1...1а	2а	3	4	5	6...9а		
1	14	14	14	13	11	10	0	T-39
	8	8	8	8	8	8	± 45	ЛУ-П-0,2
1а	3	3	3	-	-	-	0	T-25(ВМ)78
2	6	6	6	6	6	6	0	T-25(ВМ)78
	4	4	4	4	4	4	± 45	ЛУ-П-0,2
2а	-	2	2	2	2	2	0	T-25(ВМ)78
3	13	13	13	12	11	10	0	T-25(ВМ)78
	6	6	6	6	6	6	± 45	ЛУ-П-0,2
4	8	8	8	7	7	7	0	T-25(ВМ)78
	6	6	6	6	6	6	± 45	ЛУ-П-0,2

1.2. Теоретический чертеж лопасти.

Одним из основных пунктов технического задания на проектирование лопасти является ее теоретический чертеж. Он содержит информацию о размерах, определяющих геометрию лопасти (форма в плане, крутка и т.п.) и форму ее поверхности (профили сечений лопасти). Основные элементы теоретического чертежа лопасти несущего винта вертолета Ка - 50 представлены на рисунках 1.11...1.13.

На рис. 1.11 представлена форма лопасти в плане. Радиус лопасти (расстояние от оси вращения до конца лопасти) равен 7256 мм. Длина лопасти (расстояние от торца комля до конца лопасти) равна 6242 мм. В своей основной части лопасть имеет прямоугольную форму с постоянной хордой равной 530 мм. Длина комлевого участка лопасти, не содержащего хвостовых секций, равна 802,5 мм. Лопасть имеет стреловидную законцовку длиной 400 мм с углом стреловидности по передней кромке 33° .

Аэродинамическая поверхность лопасти определяется профилями сечений (сечение *В - В* на рис. 1.11). Координаты профилей сечений задаются в виде таблиц. Для лопасти несущего винта вертолета Ка - 50 координаты профилей в базовых сечениях лопасти даны в таблице 1.13. В ней x_v, y_v - координаты верхней поверхности лопасти, x_n, y_n - нижней. Все величины, указанные в таблицах, имеют размерность [мм]. Хвостик профиля лопасти выполнен в форме пластины с размерами, указанными на рис. 1.12 (вид *Л*). Между сечения 8 и 9 расположен триммер (сеч. *Б - Б* на рис. 1.12).

В теоретическом чертеже также дана форма торца законцовки (вид *II, III*, сеч. *Д - Д* на рис. 1.12) и форма комлевого сечения лопасти (сеч. *Г - Г* на рис. 1.12).

Изменение относительной толщины профиля по длине лопасти показано на рис. 1.13. На этом же рисунке показана крутка лопасти. Она имеет линейное распределение по длине лопасти.

Таблица 1.13.

№	Сечение 2а, $\bar{C} = 14,12\%$				Сечение 3, $\bar{C} = 13,67\%$				Сечение 4, $\bar{C} = 12,78\%$			
	x_v	y_v	x_n	y_n	x_v	y_v	x_n	y_n	x_v	y_v	x_n	y_n
1	0,67	4,46	2,19	3,94	0,67	4,41	2,18	3,89	0,69	4,32	2,16	3,80
2	2,59	7,56	5,01	6,19	2,61	7,47	4,99	6,10	2,64	7,28	4,96	5,91
3	6,41	11,47	9,74	8,64	6,44	11,30	9,71	8,47	6,50	10,97	9,65	8,14
4	12,27	15,79	16,32	10,99	12,31	15,53	16,28	10,74	12,39	15,01	16,20	10,22
5	26,19	23,13	30,81	14,45	26,24	22,69	30,76	14,01	26,35	21,80	30,65	13,12
6	45,31	30,15	49,69	17,42	45,37	29,52	49,63	16,78	45,48	28,24	49,52	15,50
7	60,27	34,22	64,18	19,05	60,33	33,46	64,13	18,30	60,44	31,94	64,01	16,78
8	96,55	40,71	99,15	21,55	96,59	39,76	99,11	20,6	96,67	37,85	99,03	18,69
9	117,77	42,91	119,73	22,26	117,8	41,89	119,7	21,24	117,86	39,86	119,64	19,20
10	141,80	44,33	143,20	22,48	141,82	43,27	143,18	21,43	141,87	41,17	143,13	19,32
11	189,68	44,55	190,32	21,28	189,69	43,51	190,31	20,25	189,71	41,45	190,30	18,19
12	213,58	43,62	213,92	20,00	213,59	42,64	213,91	19,01	213,60	40,66	213,90	17,03
13	237,50	42,11	237,50	18,36	237,50	41,18	237,50	17,43	237,50	39,32	237,50	15,57
14	261,43	40,07	261,09	16,46	261,43	39,21	261,06	15,60	261,42	37,48	261,08	13,88
15	285,38	37,51	284,62	14,40	285,37	36,72	284,63	13,61	285,34	35,16	284,66	12,05
16	309,32	34,45	308,18	12,26	309,31	33,75	308,19	11,56	309,27	32,36	308,23	10,17
17	333,24	30,92	331,76	10,16	333,22	30,31	331,78	9,55	333,18	29,10	331,83	8,33
18	365,15	27,10	354,45	8,25	356,13	26,58	354,47	7,73	356,07	25,54	354,53	6,69
19	375,19	23,61	373,41	6,79	375,17	23,17	373,43	6,35	375,12	22,28	373,48	5,46
20	403,65	17,91	401,95	4,90	403,63	17,59	401,97	4,57	403,58	16,93	402,02	3,92
21	423,43	13,44	422,97	3,77	424,41	13,20	422,99	3,53	424,37	12,73	423,03	3,06
22	456,89	6,10	456,06	2,44	456,88	6,01	456,07	2,35	456,87	5,83	456,09	2,17
23	475,0	1,90	475,00	1,90	475,00	1,90	475,00	1,90	475,00	1,90	475,00	1,90
24	$R_n = 6,32 \quad y_R = 1,15$				$R_n = 6,20 \quad y_R = 1,13$				$R_n = 5,76 \quad y_R = 1,05$			

№	Сечение 5, $\overline{C} = 11,89\%$				Сечение 6...9а, $\overline{C} = 13,67\%$				Сечение 11	
	x_B	y_B	x_H	y_H	x_B	y_B	x_H	y_H	x	y
1	0,71	4,23	2,14	3,71	0,72	4,14	2,13	3,61	1,08	2,44
2	2,67	7,10	4,93	5,72	2,71	6,91	4,89	5,54	3,49	3,91
3	6,55	10,64	9,60	7,81	6,61	10,30	9,54	7,48	6,11	5,57
4	12,47	14,49	16,13	9,70	12,55	13,97	16,05	9,18	10,81	7,23
5	26,46	20,91	30,54	12,24	26,57	20,03	30,43	11,36	21,56	9,78
6	45,6	26,96	49,40	14,23	45,72	25,69	49,28	12,95	35,93	11,99
7	60,55	30,43	63,90	15,27	60,66	28,91	63,79	13,75	47,07	13,21
8	96,75	35,94	98,95	16,78	96,83	34,03	98,87	14,87	74,03	15,12
9	117,92	37,82	119,58	17,17	117,99	35,79	119,51	15,13	89,84	15,73
10	141,91	39,06	143,09	17,21	141,95	36,96	143,05	15,11	107,80	16,09
11	189,73	39,38	190,27	16,12	189,75	37,32	190,25	14,05	143,74	16,18
12	213,61	38,68	213,89	15,05	213,62	36,69	213,88	13,07	161,70	15,37
13	237,50	37,46	237,50	13,71	237,50	35,59	237,50	11,84	179,67	14,65
14	261,41	35,76	261,09	12,16	261,39	34,04	261,11	10,44	197,64	13,74
15	285,32	33,60	284,68	10,48	285,30	32,03	284,70	8,92	215,60	12,66
16	309,24	30,97	308,27	8,78	309,20	29,57	308,30	7,38	233,57	11,41
17	333,13	27,88	331,87	7,12	333,08	26,67	331,92	5,90	251,54	10,08
18	365,03	24,50	354,57	5,65	355,97	23,47	354,63	4,61	268,79	8,70
19	375,07	21,39	373,54	4,57	375,01	20,51	373,59	3,69	283,17	7,76
20	403,53	16,28	402,07	3,27	403,48	15,62	402,12	2,61	304,73	5,65
21	423,33	12,25	423,07	2,58	424,29	11,77	423,11	2,11	320,52	4,29
22	456,85	5,65	456,11	1,99	456,83	5,47	456,12	1,81	345,34	2,27
23	475,00	1,90	475,00	1,90	475,00	1,90	475,00	1,90	360,00	1,18
24	$R_H = 5,76 \quad y_R = 1,05$				$R_H = 5,59 \quad y_R = 1,02$					

2. ЛОПАСТЬ НЕСУЩЕГО ВИНТА ВЕРТОЛЕТА КА - 32

Конструкция лопасти несущего винта вертолета Ка - 32 представлена на рисунках 2.1...2.4. Основным силовым элементом лопасти является лонжерон 1 (рис. 2.1). Лонжерон выполнен из стеклопластика методом укладки листов стеклоткани, предварительно пропитанных эпоксидным связующим. К лонжерону приклеены хвостовые секции 2, 3, 4, 5, 6. Для предотвращения перетекания воздуха между хвостовыми секциями установлены резиновые вкладыши 7 (см. рис. 2.3). На конце лопасть имеет обтекатель 8. Между сечениями 7а и 8 установлен кронштейн для швартовки лопасти 9 (см. также сечение Г-Г на рис 2.3).

Характерной особенностью конструкции лопасти несущего винта вертолета Ка-32 является наличие маятника 10. Он служит для гашения высокочастотных колебаний лопасти. Это в свою очередь существенно снижает уровень вибраций на вертолете в целом. Узел с маятником крепится к лопасти через накладку 11.

В комле лопасть имеет стыковочный узел 12. Узел представляет собой цельную металлическую деталь, имеющую гребенку с проушинами и щеки, соединяемые с комлем лонжерона болтами 13, 14, 15 (см. рис. 2.2). Для исключения нагружения болтов усилиями среза в отверстия щеки стыковочного узла и полки лонжерона установлены соединительные втулки 16, 17, и 18, работающие на срез и воспринимающие усилия центробежной силы, приходящие с лопасти. Со стороны щеки эти втулки опираются на шайбы 19. С внутренней полости лонжерона болты затянуты гайками 20 через распорные шайбы 21. Сверху внутри соединительных втулок под головки болтов установлены центрирующие втулки 22, выполненные из текстолита.

Торец лонжерона со стороны комля закрыт крышкой 23, которая крепится к лонжерону с помощью винтов 24. На крышке 23 установлен штепсельный разъем 25, предназначенный для соединения электропроводки противообледенительной системы лопасти. Штепсельный разъем крепится к крышке с помощью прижимного кольца 26 и винтов 27. При хранении лопасти и ее транспортировке он закрыт колпачком 28.

В комле лопасти расположен балансировочный груз. Он состоит из набора пластин 29, закрепленных на болтах планки 30 с использованием гаек 31 и контровочной шайбы 32. Сама планка закреплена на лонжероне с помощью гаек 33. Балансировочные грузы имеются также на конце лопасти (см. рис. 2.4). Грузы 34 служат для предварительной балансировки лопасти. Они крепятся к лонжерону с помощью винтов 35. После покраски лопасти проводится ее окончательная балансировка. Для этого используются грузы 36. Они установлены на болтах 37 между гайкой 38. Гайки 38 контрятся контровочными шайбами 39. Болты 37 с помощью пары гаек 38 и втулок 40 закреплены на кронштейне 41. В свою очередь кронштейн 41 крепится к лонжерону с помощью винтов 42.

Для крепления обтекателя 8 на лонжероне с помощью заклепок 43 установлены анкерные гайки 44 и 45 в которые вворачивают винты 46.

Технические условия на сборку лопасти несущего винта вертолета Ка-32 содержат следующие пункты.

- 1) Теоретический контур лопасти выполнять по теоретическому чертежу.
- 2) Неуказанные предельные отклонения размеров выполнять по ОСТ 100022-80.
- 3) Хвостовые секции устанавливать на клее ВК-9.
- 4) Вкладыши 9 устанавливать на клее 88НП ПИ1.2.031-77.
- 5) Кронштейн для швартовки 8 приклеить к лонжерону клеем ВК-9.
- 6) Планку 30 и кронштейн 41 установить на клее ВК-9.
- 7) Крышку 23 и винты 24 установить на герметике У30 МЭС-5.
- 8) Винты 27 контрить по 261АТ - тип 29.
- 9) Зазоры между кромками обшивок хвостовых секций и подсечкой на лонжероне, зазоры между обшивками соседних хвостовых секций в местах приклейки их к лонжерону, наружную поверхность подсечки под кронштейн 41 и местные неровности шпаклевать клеем К-153 с наполнителем ФК-20 или древесной мукой.
- 10) Перед затяжкой болтов 13, 14 и 15 нанести смазку ВНИИПП-232 на резьбы болтов и гаек 21 и на соприкасающиеся поверхности головок болтов и втулок 16, 17 и 18.
- 11) Момент затяжки болтов крепления стыковочного узла $M_3 = 75 \pm 2$ Н·м. Крутящий момент прикладывать к головке болта, при этом гайку 20 удерживать ключом в неподвижном положении.
- 12) После установки стыковочного узла допускается отклонение оси узла от оси лопасти не более ± 2 мм в сечении находящемся на расстоянии 5100 мм от осей проушин узла.
- 13) Момент затяжки гаек 38 $M_3 = 15 \pm 1,5$ Н·м.

3. ЛОПАСТЬ НЕСУЩЕГО ВИНТА ВЕРТОЛЕТА МИ - 28

Конструкция лопасти несущего винта вертолета Ми - 28 представлена на рисунках 3.1...3.9. Основным силовым элементом лопасти является лонжерон 1 (рис. 3.1). Лонжерон выполнен из стеклопластика методом спиральной намотки. Для намотки используется препрег (лента собранная из нитей стекловолокон, предварительно пропитанных эпоксидным связующим ЭДТ-10П). Намотка осуществляется под углом 30° к продольной оси лонжерона. В поперечном сечении лопасти (рис. 3.2) ширина лонжерона равна $0,37\%$ хорды. Он имеет D - образную форму, внешняя поверхность которой за исключением задней стенки выполнена по контуру передней части аэродинамической поверхности лопасти. Комлевая часть лонжерона усилена комбинированными пакетами, располагаемыми между слоями спиральной намотки. Они состоят из нескольких слоев титановой фольги и кордной стеклоткани. Слои титановой фольги также проложены в месте крепления к лонжерону концевой обтекателя. В носовой части лонжерона имеется центровочный (противофлатерный) груз (см. рис. 3.2). Кроме того, на передней кромке лонжерона установлены противообледенительная система и противоэрозионная защита, включающая в себя резиновое покрытие и металлическую оковку. Противообледенительная система состоит из шести нагревательных пакетов и проводов, подводящих к пакетам электрический ток. В свою очередь каждый нагревательный пакет состоит из нагревательного элемента, заключенного между внутренним и внешним слоями изоляции, выполненной из стеклопластика. В качестве нагревательного элемента используется токопроводящая ткань. По ширине лопасти обогрев приходится примерно на 13% хорды.

К лонжерону по всей его длине с использованием клевого соединения крепятся хвостовые отсеки 2...8. Каждый хвостовой отсек состоит из обшивки, сотового заполнителя, нервюр и стрингера. Обшивка, стрингер и нервюры хвостовых отсеков изготовлены из органопластика, а заполнитель из полимерсотопласта. В комлевой части лопасти к лонжерону крепятся комлевой отсек 9 и комлевой обтекатель 10. Для предотвращения перетекания воздуха между торцевыми поверхностями хвостовых отсеков установлены межотсечные вкладыши 11 (см. рис. 3.3).

В комле лонжерона расположен узел стыка лопасти с втулкой, а также узел соединения лопасти с демпфером (вид I на рис 3.1, рис 3.4 и 3.5). Верхняя и нижняя полки лонжерона в комле имеют утолщения (рис. 3.5). В полках выполнены по паре отверстий, в которые на клею установлены втулки. На втулки с двух сторон запрессованы шайбы. Обработанные после сборки с необходимым допуском и чистотой торцевые поверхности шайб образуют щеки, которые входят в вилку промежуточного звена стыковки лопасти с рукавом втулки несущего винта. Аналогичным образом выполнены проушины узла соединения лопасти с демпфером. Внутренняя полость лонжерона со стороны комля закрыта заглушкой 12 (сечение Ж-Ж на рис. 3.6). Заглушка крепится к лонжерону на винтах 13 с гайками 14. На передней стенке лонжерона в комле установлена накладка 15 с использованием болтов 16 и гаек 17 (рис. 3.5). На накладке 15 винтами 18 закреплен фланец 19 (см. вид II на рис. 3.6). На фланце установлена вилка 20 для подключения проводки подачи электрического тока к нагревательным элементам противообледенительной системы и к лампочке контурного огня. При транспортировке и хранении лопасти вилка закрыта заглушкой 21. Для фиксации положения проводов в комле лопасти предусмотрен прижим 22, который крепится к накладке 15 с помощью винтов 23 с шайбами 24. Электрическая арматура, находящаяся в комле, закрыта крышкой 25, которая с помощью винтов 26 и контрвочный шайб 27 также крепится к накладке 15 (см. рис. 3.4).

На конце лопасти расположены балансировочный груз и лампочка с арматурой контурного огня (см. рис. 3.7). Балансировочный груз выполнен в виде съемного узла (см. сеч. К-К на рис. 3.8). В процессе регулировки он вынимается из полости лонжерона и после установки необходимого числа пластин 28 груза обратно помещается на свое место в лопасти. Первоначальная фиксация груза при его установке в полость лонжерона осуществляется прижимной кнопкой 29, поджимаемой пружиной 30 к нижней поверхности втулки 31. При фиксации груз находится между накладок 32 и 33. Окончательное крепление груза к лонжерону осуществляется резьбовыми втулками 34 с винтами 35 через крышки 36 и 37. Сам груз состоит из корпуса 38, в центральной полости которого находится прижимная кнопка с пружиной. Чтобы кнопка не вращалась относительно своей вертикальной оси, в ней имеется винт 39, головка которого входит в паз корпуса 38. В корпусе установлены две шпильки 40, зафиксированные гайками 41 (см. рис. 3.7). Гайки 41 также крепят к корпусу 38 пластину 42 с прижимом 43. Прижим 43 служит для фиксации электропроводов. На шпильки с обеих сторон корпуса надеваются пластины балансировочного груза 28 и сверху затягиваются гайками 44. Последние контряются шайбами 45.

Передняя кромка конца лопасти закрывается обтекателем 46, а задняя часть законцовкой 47. Для их крепления на выступе лонжерона с использованием части резьбовых втулок 48,

49, винтов 50 установлены вкладыш 51 и профиль 52 (см. сеч. *P-P* на рис. 3.9). Другая часть резьбовых втулок 48, 49 и винтов 50 используется для непосредственного закрепления на вкладыше 51 и профиле 52 соприкасающихся сторон обтекателя и законцовки (см. сеч. *M-M* на рис. 3.9). Торцевые кромки обтекателя закреплены винтами 53 через втулки в лонжероне 54, 55 непосредственно к корпусу балансировочного груза 38 (см. сеч. *H-H* на рис.3.9). Кроме того, для закрепления торцевых кромок обтекателя используются винты 56, которые через втулки в лонжероне 57 вворачиваются в накладку с анкерными гайками 58 (см. также рис. 3.7). Накладка установлена на лонжероне с использованием винтов 56, пластин 59 и втулок 60 (см. также сеч. *L-L* на рис. 3.8). Для закрепления торцевых кромок законцовки используются анкерные гайки 61, установленные с помощью заклепок 62 на обшивке с накладкой последнего хвостового отсека, примыкающего к законцовке. В анкерные гайки 61 вворачиваются винты 63 (см. сеч. *M-M* на рис.3.9).

Во внутренней полости законцовки 47 (рис.3.7) находится арматура контурного огня. Кронштейн с лампой 64 установлен на заклепках 65 к профилю 52 и закреплен винтами 66 на ребре жесткости законцовки. В месте установки лампочки законцовка имеет крышку со стеклом 67, установленную на винтах 68.

Положение проводов, подводимых к лампочке контурного огня, фиксируется хомутами 69, закрепленными к конструкции лопасти винтами 70, 71 (см. сеч. *П-П* на рис. 3.9).

Технические условия на сборку лопасти несущего винта вертолета Ми - 28 содержат следующие пункты.

- 1) Теоретический контур лопасти выполнять по теоретическому чертежу.
- 2) Клей пленка ВК-50 ТУ1-595-24-201-85 - №1;
- 3) клей ВК-27 ПИ 1.2.145-80 - №2;
- 4) клей ПУ-2 инструкция ВИАМ № 596-76 - №3;
- 5) клей 88НП ТУ-38-105540-85 - №4;
- 6) герметик ВИЭФ-ИНТ ТУ-38-105-1291-В4 -№5.
- 7) Неуказанные предельные отклонения размеров выполнять по ОСТ 100022-80, для неметаллических - по ОСТ100429-81.
- 8) Плазные отклонения от теоретического контура $\pm 0,2$ мм на длине L_1 , $\pm 0,3$ мм на длине L_2 , $\pm 0,5$ мм на длине L_3 .
- 9) Непрямолинейность образующих наружных поверхностей лопасти между теоретическими сечениями 3...6, 6...16 не более 1 мм на длине 1000 мм.
- 10) Допуск на закрутку в теоретических сечениях ± 15 минут. Закрутку проверять в сечениях *a*, *b*, 1, 3, 6, 9, 11, 13, 15, 16, 17, 18.
- 11) Допустимый увод хвостовых отсеков относительно теоретического положения не более 1 мм вверх. Увод вниз не допускается.
- 12) Увод конца лопасти, замеренный в теоретическом сечении № 18, относительно оси, проходящей через сечения *a* и № 3 в плоскости вращения не более 15 мм.
- 13) Давление приклейки лапок нервюр к задней стенке лонжерона обеспечить со стороны вкладышей.
- 14) Внешний вид поверхностей, подготовленных под склейку, должен соответствовать эталону.
- 15) После сборки наружную поверхность лопасти, участок внутренней поверхности лопасти на длине P_1 и P_2 окрасить по следующей схеме:
- 16) все металлические детали, кроме оковок, резины противообледенительной системы, носовой части законцовки, шайб и втулок грунтовать одним слоем грунта АК-070 ГОСТ 25718-83;
- 17) после чего всю верхнюю поверхность лопасти окрасить светло-серой эмалью ЭП-140 ГОСТ 24709-81 в два слоя;
- 18) остальную поверхность окрасить черной эмалью ЭП-140 в один слой и черной матовой эмалью ЭП-1413 ТУ6-10-11 ВИАМ-43-80 в один слой.
- 19) Наружная поверхность лопасти до и после покраски должна соответствовать эталону.
- 20) После окраски лопасти выполнить в соответствии с ТУ балансировку лопасти, проверку ее поперечной центровки, электрических характеристик проводки, работоспособность контурного огня.
- 21) Размеры для справок.

4. ЛОПАСТЬ НЕСУЩЕГО ВИНТА ВЕРТОЛЕТА МИ - 34

Конструкция лопасти несущего винта вертолета Ми - 34 представлена на рисунках 4.1...4.6. Основным силовым элементом лопасти является лонжерон 1 (рис. 4.1). Лонжерон выполнен из стеклопластика методом спиральной намотки. Для намотки используется препрег. Намотка осуществляется под углом 30^0 к продольной оси лонжерона. В поперечном сечении лопасти (рис. 4.2) ширина лонжерона равна 0,43% хорды. Он имеет D - образную форму, внешняя поверхность которой за исключением задней стенки выполнена по контуру передней части аэродинамической поверхности лопасти. В носовой части лонжерона имеется центровочный (пртивофлатерный) груз (см. сеч. Г-Г на рис. 4.2). К лонжерону приклеена хвостовая часть 2. Она состоит из верхней и нижней стеклопластиковых обшивок и сотового наполнителя. К хвостовой части ближе к концу лопасти приклеен триммер 3. Задняя кромка хвостовой части усилена скобками 4 и 5. Соединение скобок с обшивками хвостовой части показано на рис. 4.3 (вид *III*). На конце лопасти имеется обтекатель 6, закрывающий балансировочный груз.

В комлевой части лонжерона расположен узел стыка лопасти с втулкой (рис 4.4). Верхняя и нижняя полки лонжерона в комле имеют утолщения. В них выполнены два отверстия, в которые на клею установлены втулки 7. На втулки с внутренней стороны лонжерона навинчены гайки 8. Обработанные после сборки с необходимым допуском и чистотой торцевые поверхности втулок и гаек образуют щеки, которые входят в ответную вилку рукава втулки несущего винта. Для защиты лонжерона от повреждений на торцевые поверхности лонжерона наклеены оковки 9 и скобки 10. Внутренняя полость лонжерона изолирована от окружающей среды заглушкой 11.

На конце лопасти располагается балансировочный груз (см. рис. 4.5). Он установлен на башмаке 12. Башмак крепится лонжерону лопасти с помощью резьбовых втулок 13, 14, металлических накладок 15, 16 и винтов 17 (см. сеч. *E-E* на рис. 4.6). Для вставки башмака во внутреннюю полость лонжерона также предусмотрен компенсатор 18. В башмак ввернуты шпильки 19. На шпильки надеты пластины балансировочного груза 20. Они стягиваются гайками 21. Последние контрятся шайбами 22. Груз закрыт обтекателем 6. Обтекатель на винтах 23 посредством резьбовых втулок 24 закреплен к лонжерону лопасти и непосредственно к башмаку (см. сеч. *Ж-Ж*, *И-И* и *К-К* на рис. 4.6).

Технические условия на сборку лопасти несущего винта вертолета Ми - 34 содержат следующие пункты.

- 1) Теоретический контур лопасти выполнять по теоретическому чертежу.
- 2) Клей ВК-27А ПИ 1.2.145-80 - № 1,2;
- 3) клей ВК-27 ПИ 1.2.145-80 без наполнителя - № 3;
- 4) герметик ВИЭФ-ИНТ ТУ-38-105-1291-В4 -№ 4.
- 5) Неуказанные предельные отклонения размеров выполнять по ОСТ 100022-80, для неметаллических - по ОСТ100429-81.
- 6) Деталь поз. 18 (4...7 слоев стеклоткани) пропитать клеем № 3.
- 7) Допускаемые плавные отклонения контура лопасти от теоретического на участке $L_1 \times L_2$ не более 0,2 мм. Ступеньки не допускаются. Пазы и головки винтов поз. 17 заделываются герметиком № 4.
- 8) Кривизна лопасти в плоскости строительной горизонтали должна быть не более 8 мм.
- 9) Момент затяжки детали поз. 8 $M_3 = 25-5$ Нм;
- 10) детали поз. 21 $M_3 = 5+2$ Нм.
- 11) Внешний вид поверхностей, подготовленных под склейку, должен соответствовать эталону.
- 12) После сборки поверхность лопасти окрасить по следующей схеме:
- 13) все металлические детали, кроме шайб и втулок грунтовать одним слоем грунта АК-070 ГОСТ 25718-83;
- 14) после чего всю верхнюю поверхность лопасти окрасить светло-серой эмалью ЭП-140 ГОСТ 24709-81 в два слоя;
- 15) остальную поверхность окрасить черной эмалью ЭП-140 в один слой и черной матовой эмалью ЭП-1413 ТУ6-10-11 ВИАМ-43-80 в один слой.
- 16) Наружная поверхность лопасти до и после покраски должна соответствовать эталону.
- 17) После окраски лопасти выполнить в соответствии с ТУ балансировку лопасти и проверку ее поперечной центровки.
- 18) * Размеры для справок.

5. ЛОПАСТЬ РУЛЕВОГО ВИНТА ВЕРТОЛЕТА МИ - 34

Конструкция лопасти рулевого винта вертолета Ми - 34 представлена на рисунках 5.1...5.4. Особенностью конструкции данной лопасти, является то, что, она интегрирована с втулкой рулевого винта - комель лопасти одновременно является частью конструкции втулки. Основным силовым элементом лопасти является лонжерон 1 (рис. 5.1). Лонжерон выполнен из стеклопластика. Основная часть лонжерона изготовлена методом спиральной намотки из препрега. При намотке первый слой нитей имеет угол ориентации по отношению к продольной оси лонжерона равный 45° , последующие слои наматываются под углом 30° . Комлевая часть лопасти дополнительно усилена слоями стеклоткани. К лонжерону приклеен хвостовой отсек 2, образованный из верхней и нижней обшивок и двух стрингеров (см. сеч. А-А на рис. 5.2). Обшивки и стрингеры выполнены из органопластика. Хвостовой отсек соединен с лонжероном передними кромками обшивок и стенкой одного из стрингеров. На носок лонжерона для защиты лопасти от абразивного износа наклеена оковка 3, выполненная из листа титанового сплава. В носке лопасти между лонжероном и оковкой вклеен наполнитель из стеклотрикотажа 4. С комлевой стороны торец хвостового отсека закрыт накладкой 5 с вкладышем 6 (см. сеч. Б-Б на рис. 5.2). На конце лопасти установлен вкладыш 7 и профиль 8. Вкладыш 7 с помощью внешней накладки соединен с лонжероном винтами 9. Профиль 8 с хвостовым отсеком соединяется заклепками 10. В торец вкладыша вворачивается винт 11, который исполняет роль балансировочного груза.

Комлевая часть лонжерона лопасти выполнена в форме цилиндра и является корпусом осевого шарнира втулки рулевого винта. Во внутренней цилиндрической полости комля установлены два радиальных подшипника скольжения 12 и 13, на которые устанавливается цапфа осевого шарнира. Подшипник 12 приклеен к металлической втулке 14. Втулка 14 также служит внутренней подкладкой для постановок заклепок 15, фиксирующих на лонжероне рычаг поворота лопасти 16. Торец лонжерона закрыт шайбой 17. Подшипник 13 приклеен к поверхности внутренней цилиндрической полости лонжерона. В комле также имеется узел крепления торсиона осевого шарнира. Он состоит из двух втулок 18, 19, вклеенных в отверстие лонжерона перпендикулярно его продольной оси, и двух шайб напрессованных на эти втулки с наружной стороны лонжерона. Во втулки 18 и 19 вставляется болт, соединяющий торсион с лопастью.

Технические условия на сборку лопасти рулевого винта вертолета Ми - 34 содержат следующие пункты.

- 1) Теоретический контур лопасти выполнять по теоретическому чертежу.
- 2) Клей-пленка ВК-50 ТУ1-595-24-21-85 - № 1;
- 3) Клей ВК-9 ПИ 958-75 - № 2;
- 4) Герметик ВИЭФ-1НТ ТУ-38-105-1291-84 - № 3;
- 5) Мастика КПН-1М ПИ-137 - № 4.;
- 6) Клей ВК-9 плюс подслоя клея ВК-2Т ТП 1.2.071-78 - № 5;
- 7) Неуказанные предельные отклонения размеров выполнять по ОСТ 100022-80, для неметаллических - по ОСТ100429-81.
- 8) Деталь 5 пропитывать и ставить на клею ВК-9 без наполнителя.
- 9) Вклейку деталей 12, 13 до окончания полимеризации клея производить на специальной оправке, обеспечивающую необходимую точность установки подшипников. Максимальные толщины подшипников расположить на одной образующей по оправке.
- 10) Выступание деталей 9, 10 за контур лопасти не допускается. Западание не более 0,2 мм. Детали 9, 10 ставить на сыром грунте ФЛ-086 ГОСТ 16302-79.
- 11) Втулки 18, 19 ставить с охлаждением в жидком азоте.
- 12) Разностенность втулок 18, 19 после расточки не более 0,2 мм.
- 13) Рычаг 16 устанавливать с нагреванием до температуры 140...150⁰ С.
- 14) Установка заклепок 15 по ЛТМ 1.4 1030-82.
- 15) Деталь 11 ставить на герметике ВИЭФ-1НТ.

6. ВТУЛКА НЕСУЩЕГО ВИНТА ВЕРТОЛЕТА КА - 226

Вертолет Ка - 226 имеет соосный несущий винт, состоящий из верхнего и нижнего винтов. Конструкция втулок верхнего и нижнего винтов практически одинакова. Их характерной особенностью является наличие пластинчатого универсального V - образного торсиона. Торсион представляет собой пакет тонких пластин, выполненных из стали марки ВНС-9. Между пластинами помещены антифрикционные прокладки. Установка торсиона значительно упрощает конструкцию втулки. Являясь упругим звеном, он заменяет горизонтальный и осевой шарниры. Эти шарниры в случае использования подшипников качения имеют сложную конструкцию, состоящую из многочисленных деталей, требующих смазки. Через торсион с лопасти на корпус втулки передаются аэродинамические, инерционные силы и моменты. При этом торсион обеспечивает маховое движение лопасти в плоскости тяги и поворот лопасти относительно ее продольной оси, нагружаясь в основном центробежной силой, приходящей с лопасти. В конструкцию втулки включен упругий элемент, который обеспечивает некоторое маховое движение лопасти в плоскости вращения, уменьшая изгибающие моменты в комле лопасти от действия кориолисовых сил. В этой плоскости универсальный торсион нагружается силой и моментом.

Кинематические параметры втулки выбраны таким образом, чтобы обеспечивались изменение угла взмаха лопасти в плоскости тяги от -4° до $+15^\circ$ и поворот лопасти относительно оси осевого шарнира от -20° до $+20^\circ$. За счет упругого элемента лопасть в плоскости вращения отклоняется от -1° до $+1^\circ$.

На рис. 6.1 и 6.2 представлена конструкция втулки верхнего винта Ка - 226. Она включает в себя основные узлы: корпус втулки 1, пластинчатые торсионы 2, поводки 3, кожухи 4, упругие балки 5, разрезные втулки 6, ограничители свеса лопасти 7, переходник лопасти 8, рым-гайка 9; детали: конусы 10 и 11, болты 12, втулки 13, шайбы 14, гайки 15, болты 16, пальцы 17, стопорные шайбы 18, гайки 19, болты 20, шайбы 21, стопоры 22, болты 23, стакан 24, разрезное кольцо 25, оси 26 и детали: шпильки 27, 28, 29, 30, 31, 32, винты 33, гайки 34, 35, 36 а также материалы: проволоки 38, 39.

Корпус втулки 1 состоит из кронштейна, верхней и нижней половин, выполненных из титанового сплава. На корпусе установлены шесть силовых болтов 12. Болты 12 служат для крепления ветвей пластинчатых торсионов 2 к корпусу втулки. Узел крепления каждой ветви торсиона притягивается к верхней половине корпуса 1 гайкой 15 через втулку 13. Гайка 15 контрится шпилькой 30 и дополнительно проволокой 39. В месте соприкосновения ветвей торсиона поверхность верхнего корпуса выполнена с определенной кривизной относительно большого радиуса для исключения резких перегибов пластин торсиона в процессе махового движения лопасти несущего винта.

На другом конце V - образного торсиона имеется одно отверстие для его соединения с переходником лопасти 8, выполненным из титанового сплава. Для соединения лопасти с втулкой переходник имеет пару проушин и установленные в нем два болта 20 с гайкой 15, шайбой 21. После заворачивания гайка 15 контрится шпилькой 30 и проволокой 39. Крепление торсиона к переходнику лопасти осуществляется с помощью пальца 17 и насаженного на него набора разрезных втулок и упорных пластин. Палец 17 служит также для соединения торсиона и переходника лопасти с кожухом рукава втулки. Кожух рукава обеспечивает жесткую связь на кручение между переходником лопасти 8 и поводком рукава втулки 3 для управления углом установки лопасти. Он имеет коробчатую форму и изготовлен из стеклопластика. В местах установки пальца 17 в отверстия кожуха вклеены предварительно затянутые бобышки. Установленный в бобышки палец 17 стягивается гайкой 19, которая стопорится шайбой 18 и контрится проволокой 31. С другой стороны кожух имеет узлы крепления с поводком втулки 3. Оно осуществляется болтами 16, стянутыми гайками 34, которая стопорится шайбой 37 и контрится шпилькой 27. В местах установки болтов 16 в отверстия кожуха на клею с предварительным натягом установлены соответствующего размера бобышки.

Палец 17 помимо передачи крутящего момента от лопасти на поводок рукава втулки 3 и передачи центробежной силы с лопасти на V - образный торсион также выполняет функцию оси вертикального шарнира, поскольку переходник лопасти 8 имеет с ним шарнирное соединение. Оно обеспечивается подшипниками скольжения с антифрикционной тканью. Внутренние обоймы подшипников установлены на пальце 17, а внешние запрессованы в переходник лопасти.

Колебания лопасти относительно вертикального шарнира ограничиваются жесткостью упругого элемента 5, выполненного из стеклопластика в форме бруса переменного сечения с заданным распределением жесткостей в плоскости вращения винта. Одним концом упругий элемент жестко соединен с переходником лопасти 8, а другой конец свободно входит в паз детали, запрессованной в поводок рукава втулки 3.

С лопасти в плоскости ее взмаха на рукав втулки передается перерезывающая сила. Она воспринимается корпусом втулки через сферический подшипник с антифрикционной тканью. Внутренняя обойма подшипника установлена на пальце кронштейна корпуса втулки, а внешняя на поводке рукава втулки 3.

На кронштейне корпуса установлены центробежные ограничители свеса лопастей в плоскости тяги 7. Для ограничения угловых отклонений рукавов втулки в плоскости вращения при раскрутке несущего винта на выступах корпуса установлены упоры с фиксированным зазором между поверхностью корпуса и торцевой поверхностью поводка рукава втулки 3 (зазор Ж на рис. 6.2).

Технические условия на сборку втулки несущего винта вертолета Ка - 226 содержат следующие пункты.

- 1) Рукав 1 располагать со стороны шлицевой впадины *M*, отмеченной керном на корпусе втулки.
- 2) Разрезную втулку 6 располагать выборкой для маркировки *H* по оси рукава в пределах $\pm 10^\circ$ в сторону лопасти.
- 3) Моменты затяжки гаек:
- 4) № 15 80...90 Н·м;
- 5) № 19 220...240 Н·м;
- 6) № 34 18...20 Н·м;
- 7) Резьбу болтов 12 и 17 смазать пастой ВНИИ НП-232 ГОСТ 14068-79.
- 8) Стопорение резьбы по ОСТ 139502-77: гайки 34, гайки торсиона 15, винты 33, болты 20 при установке лопастей.
- 9) Проверить свободное качание упора свеса 7 на оси 26. Угол свеса рукавов выдерживать при введенном центробежном упоре $0^\circ 30' \pm 10'$, при выведенном $-4^\circ + 15'$ за счет припиловки соответственно торцов *P* и *C* накладки *T* корпуса; шероховатость припиленной поверхности *Rz* 20, прилегание торцов *P* и *Ф*, *C* и *Ш* по краске равномерно не менее 70% поверхности. Винты *X* стопорить по ОСТ 139502-77. Углы измерять под грузом 50 кг на болтах 20.
- 10) Зазоры *Ж* = $1 \pm 0,2$ мм с каждой стороны выдерживать за счет регулировочных пластин *И*. Проверку зазоров производить при навешенном на болты 20 грузе 10 кг в диапазоне углов установки лопасти $\pm 20^\circ$ и угла взмаха от -4° до $+15^\circ$. Винты *K* стопорить по ОСТ 139502-77.
- 11) После регулировки упоров по пунктам 6 и 7, в положении рукава на упоре свеса при выведенном центробежном упоре и на переднем упоре в плоскости вращения выставить угол установки комля лопасти $0^\circ \pm 10'$ по угломеру, установленному на 120.
- 12) внешней щеке крепления лопастей. Совместить среднюю риску указателя *У* со средней риской шкалы поводка 3 (цена деления нониуса $10'$). После этого гайки *L* стопорить по ОСТ 139502-77. Для соблюдения зазора *Ч* = 1 мм разрешается подгибать указатель *У*, а для пользования указателем - прижимать нониус рукой к шкале.
- 13) Замер расположения рукавов в плоскости вращения производить в приспособлении при угле установки по комлю лопастей 0° на введенных центробежных упорах свеса и при навешанных на болты 20 грузах 10 кг.
- 14) Гайки, шайбы, головки винтов и болтов, выступающие резьбовые части болтов покрыть сплошным слоем грунта. АК-70 ГОСТ 25718-83, эмалью. ЭП-140 ГОСТ 24709-81 голубовато-серой.
- 15) Запрещается шпатлевка и окраска стеклопластиков кожухов 4, в том числе при окраске изделия по схеме окраски.
- 16) * размеры, позиции для справок.
- 17) Маркировать *Ч* шрифтом ПО-10 ГОСТ 2930-62, номер комплекта шрифтом ПО-18 ГОСТ 2930-62 красной эмалью ЭП-140 ГОСТ 24709-81.
- 18) Маркировать номер рукава шрифтом ПО-18 ГОСТ 2930-62 красной эмалью ЭП-140 ГОСТ 24709-81.

7. ВТУЛКА НЕСУЩЕГО ВИНТА ВЕРТОЛЕТА МИ - 28

Отличительной особенностью конструкции втулки несущего винта вертолета Ми - 28 является использование эластомерного подшипника для шарнирного крепления лопастей винта к втулке. Эластомерный подшипник представляет собой упругий элемент, в котором тонкие слои резины чередуются с тонкими сферическими пластинами, выполненными из металла. За счет деформаций сдвига в слоях резины обеспечиваются угловые перемещения пластин подшипника относительно общего центра. Таким образом лопасть может совершать маховые движения в плоскости тяги и вращения, а так поворот относительно ее продольной оси. При этом подшипник воспринимает центробежную силу лопасти. В эластомерном подшипнике отсутствуют качение, скольжение и как следствие этих факторов износы, характерные для подшипников обычного типа. Он не требует смазки и других видов обслуживания. Состояние подшипника в процессе эксплуатации определяется визуально. В конструкции втулки несущего винта вертолета Ми - 28 также применяются самосмазывающиеся металлофторопластовые и тканевые подшипники, благодаря чему на втулке нет ни одной точки смазки.

Втулка имеет расстояние от оси вращения до оси совмещенного шарнира равное 420 мм. Расстояние от оси вращения до оси болтов крепления лопасти равно 748 мм. Величина компенсатора взмаха $K = 0,316$.

Конструкция втулки представлена на рисунках 7.1...7.7. Она включает в себя основные узлы: корпус 1, рамка 2, эластомерный подшипник 3, демпфер 4, сферическая опора 5, рычаг поворота лопасти 6, цапфа 7, двуплечный рычаг 8, пружина 9, кронштейн 10; детали: грузы 11, 12, регулировочное кольцо 13, втулка 14, болты 15, 16, гайка 17, контровочная шайба 18, шайбы 19, 20, болт крепления лопасти 21, шайба 22, неподвижный кольцевой упор 23, подвижный упор 24, вилка 25, болт 26, кронштейн 27, втулка 28, палец 29, шайба 30, пробки 31, 32, втулка 33, нижний центрирующий конус 34, верхний центрирующий конус 35, пластина 36, гайка вала ротора 37, болт 38; стандартные изделия: штифт 39, шплинты 40, 41, 42, 43, 44, булавка 45, болт 46, винт 47, гайки 48, 49, 50, 51, 52, шайбы 53, 54, 55, а также материалы: проволока 56.

Корпус втулки 1 выполнен по форме колеса с ободом и спицами. Для крепления втулки к валу главного редуктора (валу несущего винта) в корпусе имеются шлицы (см. сечение *Б-Б*). Шлицевое соединение обеспечивает передачу крутящего момента несущий винт. После установки на шлицы вала главного редуктора корпус вдоль оси вала фиксируется гайкой вала ротора 37. Вместе с корпусом она стягивает нижний 34 и верхний 35 центрирующие конуса. Последние обеспечивают отсутствие люфтов в соединении втулки с валом главного редуктора и их точное центрирование относительно друг друга.

Сферический эластомерный подшипник 3 крепится одним фланцем к корпусу втулки 1 (см. сечение *Г-Г*), а другим к рамке 2. Рамка охватывает элементы корпуса снаружи и имеет гребенки для присоединения лопастей. В отверстия гребенок вставляются болты крепления лопасти 21. Для восприятия перерезывающих сил, приходящих с лопасти в центре эластомерного подшипника (в точке, относительно которой поворачиваются пластины эластомерного подшипника) установлена сферическая опора 5, представляющая собой самосмазывающийся сферический подшипник.

Поворот рукава втулки относительно продольной оси лопасти осуществляется с помощью рычага поворота лопасти 6. Он крепится к рамке 2 четырьмя болтами 15 и 26. В рычаге поворота лопасти установлена цапфа 7. Одним концом она входит во внутреннее отверстие сферической опоры 5.

Для ограничения махового движения лопасти в процессе работы несущего винта на корпусе 1 установлен кольцевой неподвижный упор 23. С помощью регулировочного кольца 13 он также обеспечивает фиксацию в корпусе 1 внешней обоймы сферической опоры 5.

Для ограничения угла свеса лопасти на стоянке вертолета и при работе винта на малых оборотах на втулке несущего винта имеется центробежный механизм ограничения свеса лопасти. Он устроен следующими образом (см. сечения *В-В*, *Д-Д* и вид *И*). На цапфе 7 тупо насажен подвижный упор 24. На подвижном упоре шарнирно с помощью пробок 31 32 установлен двуплечный рычаг 8. На одном конце рычага установлены грузы 11, а на другом закреплены возвратные пружины 9. Рабочие поверхности упоров 23 и 24, а также рычага 8 выполнены в виде профилированных сферических поверхностей. При раскрутке несущего винта рычаг 8 под действием центробежных сил от грузов 11 преодолевает момент от пружин 9 и перемещается в положение, при котором обеспечиваются требуемые в полете вертолета требуемые углы отклонения лопастей.

Технические условия на сборку втулки несущего винта вертолета Ми - 28 содержат следующие пункты.

- 1) Площадь прилегания поверхностей H и $П$ детали 1 к соответствующим поверхностям деталей 34 и 35 не менее 70% равномерно по всей поверхности.
- 2) При сборке втулки производить регулировку и проверку работы центробежного ограничителя свеса лопасти. Центробежные ограничители свеса должны срабатывать (переходить из одного положения в другое) при наборе оборотов 170^{+6}_{-4} об/мин и при снижении оборотов 140^{+4}_{-1} об/мин. Указанные обороты срабатывания механизма обеспечить натяжением пружин 9 путем подбора длины втулок 28.
- 3) Разность длин L для двух пружин механизма ограничителя угла свеса одной лопасти должна быть не более 1 мм.
- 4) Переход механизма из одного крайнего положения при упоре детали 8 в поверхность $У_1$ в другое положение при упоре детали 33 в поверхность $У_2$ должен переходить резко, без заедания при проверке на вращающемся стенде.
- 5) Зазор P должен быть 0,1...0,4 мм. Его величину проверять при зажатой детали 8 между упорами деталей 23, 24 и регулировать установкой шайб 22, толщиной не менее 0,5 мм.
- 6) Наибольшее значение углов свеса лопасти между плоскостью вращения и осью рамки 2 при упоре в деталь 23: при выведенном механизме (деталь 33 на упоре $У_2$) – $8^\circ \pm 30'$; при введенном механизме (деталь 8 на упор $У_1$) – $1^\circ \pm 20'$.
- 7) Углы отклонения лопасти в плоскости вращения (проверить от плоскости перпендикулярной плоскости C корпуса 1 при угле взмаха $6^\circ 30'$ точность установки $\pm 30'$): вперед по направлению вращения $16^\circ \pm 30'$; назад против вращения $-13^\circ \pm 30'$.
- 8) Зазор T обеспечить обработкой детали 13 и проверить до затяжки болтов 16.
- 9) Зазор Φ обеспечить обработкой шайб X . Разность толщин указанных шайб в одном пакете не более 0,2 мм.
- 10) Зазор $Ц$ выдержать до затяжки гайки 50 путем подбора длины втулки 33.
- 11) Болты 26 ставить с охлаждением до температуры $-20^\circ \dots -90^\circ$.
- 12) Гайки, головки болтов и выступающие резьбовые части красить ЭМ ЭП 140, серый, 104 ОСТ 1 90055-78.
- 13) Для предохранения демпфера 4 от повреждения при транспортировке и установке на машину до присоединения его к лопасти он должен фиксироваться относительно втулки при помощи технологического приспособления.
- 14) Моменты затяжки деталей:
- 15) № 17 600...650 Н·м.
- 16) № 51 и 52 140...160 Н·м.
- 17) № 16 58...60 Н·м.
- 18) № 47 6...8 Н·м.
- 19) № 48 и 49 13...16 Н·м.
- 20) № 52 28...32 Н·м.
- 21) Гайки 52 затянуть и законтрить после установки лопасти при сборке несущего винта.
- 22) Гайку 37 затянуть и законтрить при установке втулки несущего винта на вал редуктора.
- 23) * Размеры для справок.

8. ВТУЛКА НЕСУЩЕГО ВИНТА ВЕРТОЛЕТА МИ - 8

Втулка несущего винта вертолета Ми-8 является типичным представителем конструкции трехшарнирных втулок, использующих в качестве шарниров подшипники качения. Втулка имеет разнесенные горизонтальные, вертикальные и осевые шарниры. Расстояние от оси несущего винта до оси горизонтального шарнира составляет 220 мм, до вертикального шарнира – 507 мм, до болтов крепления лопасти – 872 мм. Коэффициент компенсатора взмаха $K = 0,5$.

Конструкция втулки показана на рисунках 8.1...8.4. Ее описание представленное ниже заимствовано из [1]. Она включает в себя следующие узлы и детали: гайки 1, 10, 22, 31, 39, 58, 62, 66, 81, верхний конус 2, бачок гидродемпферов 3, пробки 4, 17, 25, втулки 5, 26, 78, 79, 85, скоба 6, кольца различного назначения 7, 11, 12, 13, 14, 18, 20, 23, 28, 33, 34, 40, 51, 61, 64, 68, 69, 71, 73, шайбы 8, 36, 72, цапфа осевого шарнира 9, пальцы 15, 44, 54, 56, 67, крышки 16, 76, манжеты 19, 21, 38, 63, подшипники 24, 30, 50, 59, 70, 74, 77, 80, сепаратор роликового подшипника 27, корпус осевого шарнира 29, пластинчатый сепаратор 32, пружины 35, 41, заглушка 37, противовес 42, прессмасленки 43, 55, 82, собачка центробежного ограничителя свеса лопасти 45, нижний упор 46, нижний конус 47, контрольные пластины 48, 49, контрольный штифт 50, серьга 52, гидродемпфер 57, кронштейн 60, шпонка 65, валик рычага поворота лопасти 75, рычаг поворота лопасти 83, болт 84.

Основными деталями втулки несущего винта являются: корпус втулки 5, скобы 6, цапфы 9 осевых шарниров, корпуса 29 осевых шарниров, рычаги 83 поворота лопастей и гидравлические демпферы вертикальных шарниров 57.

Корпус 5 втулки изготовлен из высокопрочной легированной стали. В центре корпуса имеется отверстие с эвольвентными шлицами, которыми он соединяется со шлицами вала несущего винта. Центрирование корпуса втулки на валу осуществляется с помощью двух конусных колец (верхнего и нижнего), для чего в центральной расточке корпуса имеются две конические поверхности. Нижнее конусное кольцо 47 бронзовое, разрезное, верхнее 2 - стальное состоит из двух полуколец. Корпус 5 имеет пять широких проушин (по числу лопастей), оси которых лежат в одной плоскости под углом $72^\circ \pm 3'$ друг к другу. Середины проушин смещены по направлению вращения на 45 мм вдоль оси горизонтального шарнира. При таком смещении равнодействующая аэродинамических и центробежных сил лопасти на основных режимах полета вертолета направлена по нормали к оси горизонтального шарнира. Это обеспечивает более равномерное распределения нагрузки между парой рядов игольчатых подшипников горизонтального шарнира, а также более равномерное нагружение роликов упорного подшипника осевого шарнира. Внутри каждой проушины имеется полость для смазки подшипников горизонтального шарнира. С этой целью на корпусе втулки имеется пять отверстий, закрытых пробками 4. Слив масла из полости осуществляется через сливные отверстия снизу. В верхней части корпуса имеется фланец, к которому шпильками крепится бачок гидродемпферов вертикальных шарниров, а в нижней части - отверстие под штифт фиксации кронштейна серьги поводка тарелки автомата перекося.

К проушинам корпуса с помощью пальцев 67 горизонтального шарнира присоединяются скобы. Эти соединения образуют горизонтальные шарниры втулки несущего винта. В каждой проушине корпуса устанавливаются наружные кольца 71 двух игольчатых подшипников и закрепляются гайками 62. Между кольцами установлены две бронзовые шайбы 72, исполняющие роль упорных подшипников скольжения. Бронзовые шайбы воспринимают осевые усилия, возникающие при колебаниях лопасти вокруг оси вертикального шарнира, когда лопасти отклоняются от прямой, перпендикулярной оси горизонтального шарнира. Между бронзовыми шайбами 72 и внутренними кольцами 68 игольчатых подшипников устанавливается стальное упорное кольцо 73. Внутренние кольца 68 игольчатых подшипников, а также хромированные кольца 64, по которым работают резиновые армированные манжеты 63 гаек 62, установлены на пальце горизонтального шарнира и стянуты между проушинами скобы с помощью гайки 66. Палец 67 горизонтального шарнира упирается в стенку проушины скобы разрезным закладным кольцом 51, установленным в канавке пальца, и фиксируется от проворачивания сегментной шпонкой 65, что необходимо для предотвращения износа пальца. Палец горизонтального шарнира имеет проушины для крепления гидравлического демпфера. Внутренняя полость горизонтального шарнира уплотняется резиновыми армированными манжетами 63 и уплотнительными кольцами.

Для ограничения поворота лопасти вокруг оси горизонтального шарнира на корпусе 5 втулки и скобах 6 имеются специальные упоры. Нижние упоры на скобе комбинированные. Они состоят из центробежных и постоянных ограничителей свеса. Центробежные ограничители являются ограничителями свеса лопастей при неработающих двигателях на земле. Они включаются в работу при частоте вращения несущего винта менее 108 об/мин. Постоянные нижние упоры

ограничивают маховые движения лопастей при вращении несущего винта с частотой вращения более 108 об/мин. Нижние упоры на корпусе втулки сделаны съемными, что позволяет заменять их в эксплуатации в случае появления наклепа, трещин или других дефектов. При нормальной работе несущего винта в полете лопасти, совершая маховые движения, не достигают упоров ввиду наличия большой центробежной силы, действующей на лопасть, которая является естественным регулятором взмаха и удерживает лопасти вблизи плоскости вращения втулки, позволяя им совершать небольшие по амплитуде маховые движения.

Скоба 6 представляет собой деталь коробчатого сечения, на концах которой имеются проушины для соединения с корпусом 5 и цапфой 9 осевого шарнира. Оси проушин расположены под прямым углом друг к другу. Снизу на скобе имеются две проушины, в которые устанавливается палец собачки центробежного ограничителя свеса лопасти.

Вертикальный шарнир втулки несущего винта образован проушинами скобы 6 и проушиной цапфы 9 осевого шарнира. В проушине цапфы осевого шарнира устанавливаются наружные кольца 11 двух игольчатых подшипников и закрепляются гайками 10, ввернутыми в расточку цапфы. Гайки 10 контрятся пластинчатыми замками. Между наружными кольцами подшипников установлены две бронзовые шайбы 8, которые воспринимают осевую нагрузку, и стальное упорное кольцо 7. Внутренние кольца 12 игольчатых подшипников, упорные кольца 13 надеты на палец 15 вертикального шарнира и стянуты между проушинами скобы гайкой 39. Внутренние кольца подшипников имеют по краям буртики, между которыми укладываются иглы. Палец фиксируется в проушинах скобы сегментной шпонкой. Внутренняя полость вертикального шарнира уплотняется двумя армированными резиновыми манжетами 38, установленными в расточках гаек 10 и резиновыми кольцами 14 и 40, которые аналогичны по конструкции соответствующим деталям горизонтального шарнира. Палец 15 вертикального шарнира пустотелый. Во внутренней полости пальца установлен сепаратор 16. В верхней части сепаратора на резьбе установлена крышка с заливной пробкой 17. Заливная пробка уплотняется медноасбестовым кольцом. Колебания лопасти вокруг оси вертикального шарнира ограничиваются упорами на скобе 6 и головной части цапфы 9 осевого шарнира.

Осевой шарнир втулки несущего винта образован соединением цапфы 9 и корпуса 29 осевого шарнира. Цапфа осевого шарнира в головной части имеет два фланца для крепления кронштейнов 60 гидравлического демпфера. Внутренняя цилиндрическая полость головной части цапфы служит для монтажа игольчатых подшипников вертикального шарнира. Цапфа имеет хвостовик с резьбовым участком на конце. На хвостовике цапфы установлены подшипники осевого шарнира: два шариковых радиальных 24 и 30, которые воспринимают усилия от изгибающих моментов, действующих на лопасть, один роликовый 27, воспринимающий центробежную силу, действующую на лопасть.

Сепаратор упорного двухрядного роликового подшипника 27 имеет для установки роликов гнезда, ось которых составляет угол $\gamma = 0^\circ 50'$ с радиальным направлением; вследствие такого расположения гнезд при периодических колебаниях лопасти вокруг оси осевого шарнира, имеющих место в полете, сепаратор не только колеблется, но и непрерывно вращается в одном направлении. Вращение сепаратора происходит с небольшой скоростью. Полный оборот сепаратор совершает за 50...80 мин при частоте колебаний 3...3,5 Гц (190...200 об/мин несущего винта) и угловой амплитуде колебаний 4,5...5°. Непрерывное вращение сепаратора при качательном движении приводит к тому, что беговые дорожки колец подшипника полностью участвуют в работе. При этом сокращается число повторных напряжений, испытываемых отдельными участками дорожек качения. В результате значительно увеличивается срок службы подшипников, а также ресурс осевых шарниров и втулки несущего винта в целом. На хвостовик цапфы при сборке устанавливаются гайка 22 корпуса осевого шарнира с манжетами, маслоотражательное кольцо 23, радиальный шарикоподшипник 24, распорная втулка 26, сепаратор 27 с роликами, упорное кольцо 28, радиальный шарикоподшипник 30, после чего все детали стягиваются гайкой 31, которая контрится стопорным кольцом 33. Корпус 29 осевого шарнира выполнен в виде стакана, на днище которого с наружной стороны имеется гребенка с проушинами для крепления лопасти. На другом конце внутри стакана имеется резьба под гайку 19 и наружный фланец для крепления рычага поворота лопасти 83. В корпусе осевого шарнира устанавливаются регулировочное кольцо 34, две тарельчатые пружины 35 и шайба 36, а затем вставляется хвостовик цапфы с закрепленными на нем деталями и подшипниками. Весь узел затягивается гайкой 19. Уплотнение внутренней полости осевого шарнира обеспечивается резиновыми кольцами 20 и манжетами 21.

Смазка подшипников осевого шарнира осуществляется маслом, заливаемым в корпус осевого шарнира через верхнее отверстие в корпусе, а слив масла производится через отверстие снизу.

Рычаг поворота 83 лопасти крепится к фланцу корпуса осевого шарнира четырьмя болтами 84, два из которых, расположенные ближе к оси вращения винта, разгружены от срезающих усилий втулками 85. Конец рычага поворота лопасти имеет цилиндрическую полость, в которой на двухрядном радиально-упорном шарикоподшипнике 80 и радиальном роликовом подшипнике 77 установлен валик 75. Наружные кольца подшипников удерживаются в полости рычага крышкой, которая притянута к фланцу на торце рычага четырьмя болтами. Внутренние кольца подшипников стянуты на валике гайкой 81, законтренной пластинчатой шайбой. Между одноименными кольцами подшипников установлены распорные втулки 78 и 79. Для зашприцовки смазки в полость рычага поворота лопасти в рычаг ввернута масленка 82. В проушине валика 75 на двух шарикоподшипниках 74 устанавливается палец, соединяющий рычаг поворота лопасти с тягой автомата перекоса.

Внутри каждой скобы 6 втулки несущего винта смонтирован механизм, который предназначен для ограничения свеса лопасти при не вращающемся несущем винте, а также для ограничения махового движения лопасти вниз при вращении винта с небольшой скоростью, когда величина действующей на лопасть центробежной силы еще недостаточна для придания прямой формы оси лопасти. Ограничение нижнего положения лопастей производится с целью создания определенного расстояния между концами лопастей и хвостовой балкой, чтобы предотвратить удар лопастей о балку.

Технические условия на сборку втулки несущего винта вертолета Ми - 8 содержат следующие пункты.

- 1) При сборке втулки произвести регулировку и проверку работы центробежных ограничителей свеса лопасти.
- 2) При упоре серьги *Л* в поверхность скобы *М* зазор *Ж* между упором корпуса и собачкой ограничителя должен быть не менее 3 мм.
- 3) Качание всех элементов механизма ограничителя свеса лопасти должно быть плавным и без заедания.
- 4) При разгоне центробежные ограничители свеса лопасти должны срабатывать при 108 ± 3 об/мин, а при торможении 95 ± 3 об/мин несущего винта. Переход из одного крайнего положения в другое должен происходить резко, без задержки. Указанные обороты срабатывания механизма обеспечить подгонкой массы груза 42 и регулировкой натяжения пружины 41 путем подбора толщины шайбы *Н*. Проверку работы механизма ограничителя свеса лопасти производить на специальном стенде.
- 5) Проверку углов отклонения относительно горизонтального шарнира, указанных в чертеже, производить по болтам гребенки корпуса осевого шарнира.
- 6) Иглы одного номинального размера, идущие на сборку втулки, должны быть одной сортировочной группы. Их разноразмерность должна быть не более 0,005.
- 7) Горизонтальные и вертикальные шарниры должны быть собраны на гипоидном масле по ГОСТ 4003-53.
- 8) Игольчатые подшипники узла крепления демпфера собирать на смазке ЦИАТИМ 201 по ГОСТ 6267-52.
- 9) Площадь прилегания поверхностей *Н* и *П* детали 1 к соответствующим поверхностям деталей 34 и 35 не менее 70% равномерно по всей поверхности.
- 10) Площадь прилегания поверхностей корпуса втулки 5 и поверхностей нижнего и верхнего центрирующих конусов не менее 70% при проверке по краске равномерно по всем поверхностям.
- 11) Прилегание поверхности *Д* к поверхности *Е* должно быть равномерным по всей длине и составлять не менее 60% их площади.
- 12) Прилегание поверхностей *И* и *К* к поверхности 3 должно быть равномерным по всей длине и составлять не менее 70% их площади.
- 13) Прилегание поверхности *П*₁ и *П*₂ к поверхности *Р*₁ и *Р*₂ должно быть равномерным по всей длине и составлять не менее 70% их площади.
- 14) Момент затяжки гайки 10 - 600...700 Н·м.
- 15) Момент затяжки гайки 39 - 300...400 Н·м.
- 16) Момент затяжки гайки 58 - 70...80 Н·м.
- 17) Момент затяжки гайки 62 - 700...800 Н·м.
- 18) Момент затяжки гайки 66 - 350...450 Н·м.
- 19) Момент затяжки винта 84 - 100...110 Н·м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилов В.А., Другое А.Г., Тетерин И.В., Вертолет Ми-8, Москва, Транспорт, 1979 г.
2. Далин В.Н., Конструкция вертолетов, Москва, Машиностроение, -1971 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие.....	2
1. Лопасть несущего винта вертолета Ка – 50.....	3
1.1. Конструкция лопасти несущего винта вертолета Ка - 50.....	3
1.1.1. Технические условия на сборку лопасти.....	10
1.1.2. Лонжерон лопасти.....	11
1.1.3. Раскрой пакетов композита лонжерона.....	16
1.2. Теоретический чертеж лопасти.....	19
2. Лопасть несущего винта вертолета Ка - 32.....	24
3. Лопасть несущего винта вертолета Ми - 28.....	29
4. Лопасть несущего винта вертолета Ми - 34.....	40
5. Лопасть рулевого винта вертолета Ми - 34.....	47
6. Втулка несущего винта вертолета Ка - 226.....	52
7. Втулка несущего винта вертолета Ми - 28.....	57
8. Втулка несущего винта вертолета Ми - 8.....	67
Литература.....	75