

О. Г. Бойко, А. Г. Зосимов, Л. Г. Шаймарданов

## ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СТРАТЕГИЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АГРЕГАТОВ САМОЛЕТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

*Рассмотрены вопросы обоснования возможности изменения стратегии технического обслуживания на примере анализа режимов нагружения и надежности рулевых приводов и агрегатов.*

Эксплуатирующийся в России парк самолетов гражданской авиации (ГА) разрабатывался в 60–70 гг., когда использовалась стратегия технической эксплуатации до выработки ресурса и стратегия технического обслуживания по наработке часов, посадок, циклов. В настоящее время часть агрегатов и комплектующих изделий этих стареющих самолетов переведена на стратегию технической эксплуатации по фактическому состоянию до предотказного состояния и до безопасного отказа. Вместе с этим опыт эксплуатации самолетов зарубежного производства и анализ надежности функциональных систем отечественной авиационной техники приводит эксплуатантов к расширению перечня агрегатов, эксплуатирующихся по фактическому техническому состоянию, и уменьшению затрат на техническое обслуживание и, главным образом, на ремонт.

Ниже будет дано обоснование возможности изменения стратегии технической эксплуатации рулевых приводов и агрегатов самолетов Ту-154М и Ту-154Б, основанное на статистических материалах по наработкам, отказам и неисправностям самолетов авиакомпаний «Красноярские авиалинии», «Самара», «Омск-авиа», эксплуатирующих парк 36 самолетов разных типов.

В соответствии с принятой стратегией технической эксплуатации, установлены следующие межремонтные ресурсы:

– для рулевых приводов элеронов РП-55-2А, рулей высоты и направления РП-56-2А, элеронов-интерцепторов РП-57 и РП-58, средних интерцепторов РП-59, гидроцилиндров внутренних интерцепторов, приводов закрылков РП-60-1 и рулевых агрегатов РА-56В – 1 2000 ч;

– приводов предкрылков ЭПВ-8ПМ и механизма управления стабилизатором МУС-ЗПТВ – 15 000 ч.

Вместе с тем очевидно, что часть рулевых приводов, обеспечивающих работу взлетно-посадочной механизации, срабатывает циклически, так же как и шасси, для агрегатов которых ресурсы установлены по числу посадок. К циклически срабатывающим агрегатам системы механизации планера относятся МУС-ЗПТВ, ЭПВ-8ПМ, РП-60-1, РП-59 и гидроцилиндры внутренних интерцепторов. Но оправданность назначения этим агрегатам межремонтных ресурсов в летных часах вызывает сомнение

Рулевые приводы и агрегаты РП-55-2А, РП-56-2А, РП-57, РП-58, РА-56В средств управления поле-

том на эшелоне крейсерского полета работают с существенно меньшей интенсивностью, чем на взлете, выходе на эшелон, на снижении, заходе на посадку и на посадке. НВремя полета на эшелоне для среднемагистральных самолетов составляет 80...90 % полетного времени. Это дает основание говорить о квазициклическом нагружении перечисленных выше приводов управления полетом.

Чтобы получить ответ на вопрос об оправданности назначения рулевым приводам ресурсов в летных часах, нами определены налеты на посадку с начала эксплуатации и после последнего ремонта для 36 самолетов (см. таблицу). Для рассматриваемых экземпляров самолетов, в порядке возрастания налета на посадку, построены зависимости по полету с начала эксплуатации и после последнего ремонта (рис. 1, 2). Очевидно, что они с достаточной степенью приближения, могут быть представлены прямыми. Отсюда вытекает, что любым равным интервалам налета на посадку соответствует одинаковое число экземпляров самолетов, имеющих налет на посадку в пределах этих интервалов. Следовательно, налет на посадку является случайной величиной распределенной с равной плотностью вероятностей. Самолет с равной вероятностью может иметь любой налет на посадку после последнего ремонта (см. рис. 2) в интервале 1...3,5 ч, т. е. при 12 000 ч межремонтного ресурса равновероятны 3 500 и 12 000 циклов взлетов-посадок и циклов срабатывания приводов средств механизации планера.

В работе [1] отмечена «полная несостоятельность установления ресурсов как средства предотвращения авиационных происшествий. При современном уровне промышленного производства интенсивность отказов авиационной техники (так называемая лямбда-характеристика) все еще далека от вида дельта-функции и более близка к нормальному распределению. А это означает большие дисперсии сроков безотказной работы, появление отказов при самой различной наработке и бессмысленность введения ресурсных ограничений». Применительно к рассматриваемому в данной статье вопросу о стратегиях технической эксплуатации рулевых приводов это высказывание следует дополнить: плотность вероятности циклов погружения приводов не только далека от вида дельта-функции и нормального распределения, пусть даже и с большой дисперсией, но и соответствует закону равной плотности вероятностей,

не дающему возможность сколь-нибудь обоснованно установить объемы наработки агрегатов в функции налета часов. Все сказанное выше не дает никаких поводов для стратегии технической эксплуатации рулевых приводов агрегатов по отработке ресурсов в летных часах.

Обращаясь к рис. 1 и 2, нельзя не отметить, что диапазон изменения налета на посадку после последнего ремонта больше, чем с начала эксплуатации самолетов. Срок эксплуатации самолетов после последнего ремонта меньше, чем с начала эксплуатации, и фактор смены маршрутов полетов в последнем случае оказал более существенное

нивелирующее влияние на среднюю величину беспосадочных полетов различных экземпляров самолетов. На налет самолета на посадку существенное влияние оказывает и региональных фактор. Если налет на посадку у авиакомпании «Красноярские авиалинии» составил 2...3,5 ч (рис. 3), то у авиакомпании «Самара» – 1,5...2,5 ч (рис. 4). Это легко объясняется тем, что красноярские самолеты эксплуатируются на более протяженных маршрутах, чем самолеты авиакомпании «Самара». Общей для этих компаний является вероятность реализаций налета на посадку в пределах установившихся диапазонов.

### Значение налета часов на одну посадку

Аэропорт базирования	№ борта	Налет после последнего ремонта, ч/п	Налет с начала эксплуатации, ч/п
Красноярск	85201	2,974 859 212	2,750 604 412
	85417	2,786 726 500	2,605 519 804
	85418	2,887 223 092	2,470 162 225
	85489	2,738 317 757	2,779 219 832
	85505	2,786 964 981	2,757 319 011
	85529	2,952 380 952	2,769 657 724
	85660	3,378 787 879	2,220 863 971
	85672	3,471 135 940	3,471 135 940
	85678	2,662 313 920	2,215 641 173
	85679	3,541 115 435	2,795 009 892
	85682	3,200 697 211	3,200 697 211
	85683	2,808 615 587	2,341 009 743
	85694	3,225 198 038	2,416 696 061
	85702	1,237 100 428	2,337 543 785
	85704	3,006 954 103	2,779 735 683
	85708	3,3939 679 55	2,795 097 608
	85720	1,546 039 923	2,289 359 763
85759	2,521 276 596	2,374 803 644	
Самара	85585	1,517 557 652	1,915 118 119
	85500	1,985 101 744	1,986 680 155
	85267	2,041 242 938	1,979 857 050
	85472	1,985 101 744	1,986 680 155
	85716	2,388 609 190	2,388 960 919
	85723	2,108 448 928	2,094 902 688
	85731	1,938 095 238	1,9380 952 38
	85792	2,748 502 994	1,647 347 384
	85817	1,510 688 836	1,510 688 836
	85821	1,942 997 745	1,942 997 745
	85822	1,397 219 882	1,638 870 321
	85823	1,971 561 230	2,038 543 140
Омск	85714	1,284 143 021	1,649 865 580
	85730	3,241 145 281	2,994 117 866
	58745	1,122 012 159	1,498 630 579
	85750	1,327 457 341	1,631 844 251
	85763	3,077 984 832	3,322 626 847
85801	1,499 982 702	1,499 982709	

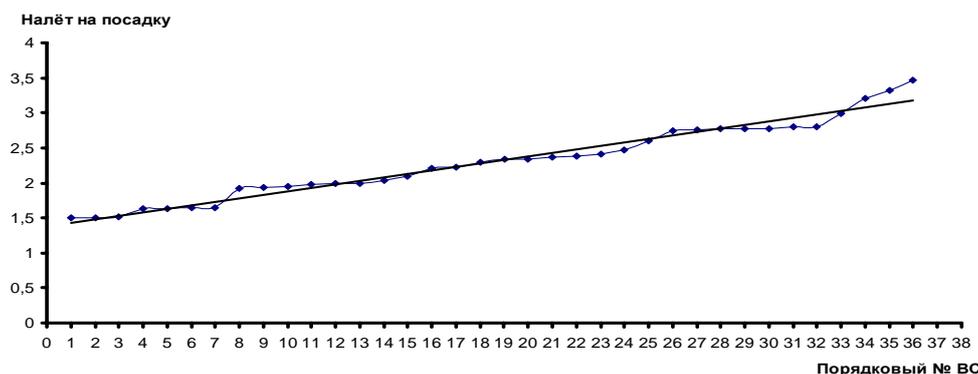


Рис. 1. Налет на посадку с начала эксплуатации

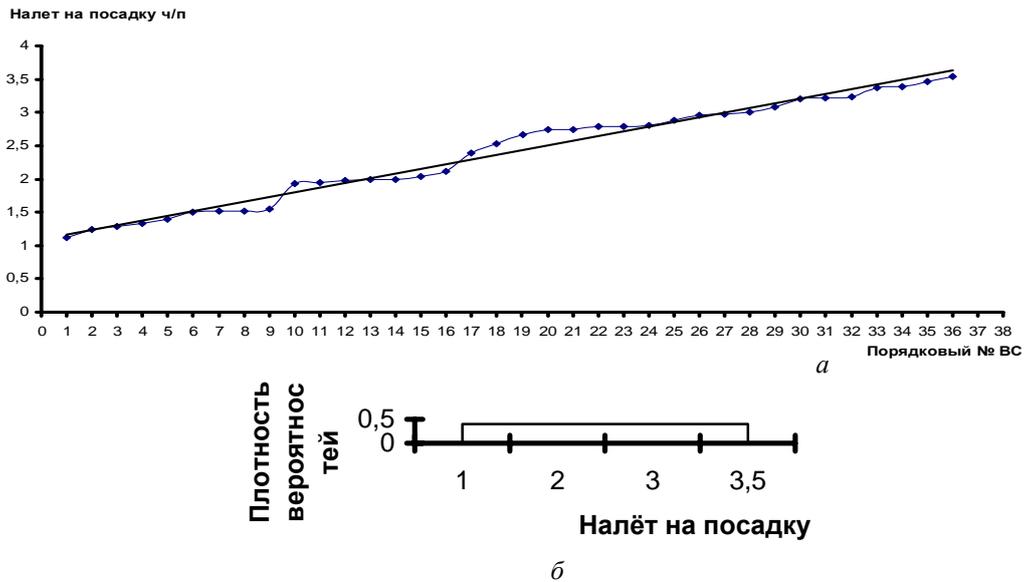


Рис. 2. Налёт на посадку (а) и плотность вероятностей налёта на посадку (б) после последнего ремонта

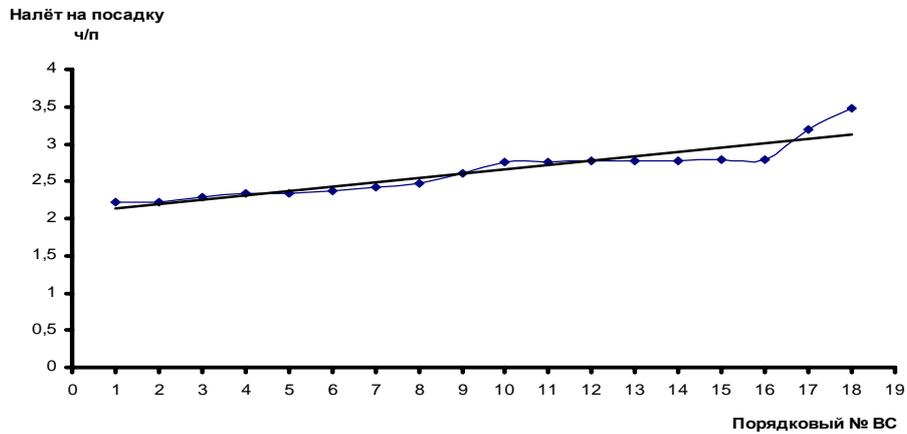


Рис. 3. Налёт на посадку после последнего ремонта у авиакомпании «Красноярские авиалинии»

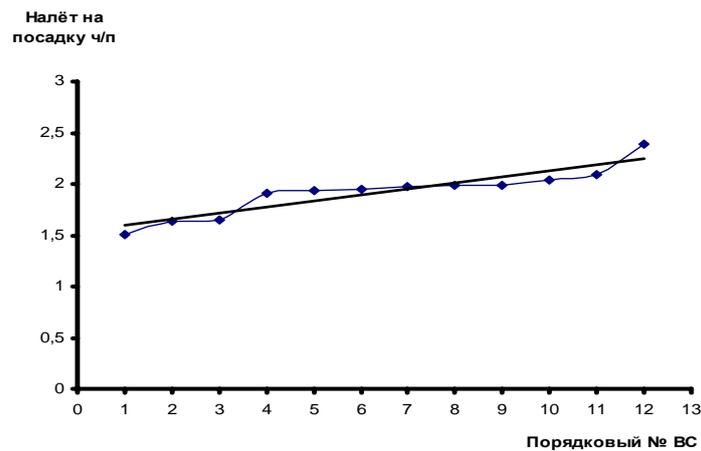


Рис. 4. Налёт на посадку после последнего ремонта у авиакомпании «Самара»

Формирование предложений по изменению стратегий технической эксплуатации рулевых приводов и агрегатов не может быть обосновано без рассмотрения вопросов надежности и диагно-

стирования отказов и неисправностей. Анализ надежности выполнен авторами с использованием статистических материалов по отказам, неисправностям, налетам авиакомпании «Красноярские

авиалинии», эксплуатирующей последние пять лет 15 экземпляров самолетов Ту-154М и Ту-154Б. За рассматриваемый период отказы рулевых приводов и агрегатов на самолетах авиакомпании не наблюдались. В связи с этим оценки их надежности получены по статистике неисправностей.

Минимальный налет на неисправность составил 40 602 ч для РП-55-2А, а максимальный – 182 712 ч для РП-56-2А.

Анализ выявленных неисправностей выявленных, а также материалов дефектации приводов на авиаремонтном заводе дает основание считать, что они проявляются главным образом в виде наружной и внутренней каплевой негерметичности, не приводящей к отказам и вследствие этого не влияющей на безопасность полетов. Они своевременно выявляются по действующим методикам при установленных режимах технического обслуживания. Вероятность появления в полете неисправностей, не влияющих на безопасность полетов, для большинства рулевых приводов и агрегатов соответствует требованиям норм летной годности к частоте реализаций аварийной ситуации, вызванной отказами авиационной техники [2], что подтверждает их высокую надежность.

Более прямую оценку надежности рулевых приводов и агрегатов можно получить рассчитав значения верхней доверительной границы вероятности появления отказов по выражению [3]

$$Q = 1 - \sqrt[n]{1 - \beta},$$

где  $n$  – число опытов;  $\beta$  – доверительная вероятность, рекомендуемое в гражданской авиации значение  $\beta = 0,95$ .

В авиакомпании эксплуатируются 15 самолетов. На каждом из них установлено по 24 рулевых привода и агрегата. Их суммарный налет за пять лет эксплуатации составил 2 919 144 ч. Отказов не наблюдалось. При этом верхняя доверительная граница вероятности отказа на 1 ч полета по одному из каналов управления, с учетом трехкратного резервирования, оценивается как  $1,949 \cdot 10^{-13}$ . Это значение на пять порядков превышает требования норм летной годности к допустимой веро-

ятности 10 возникновения отказа, поскольку отказ хотя бы одного канала управления приводит катастрофической ситуации.

Высокая надежность рулевых приводов и агрегатов самолетов Ту-154М и Ту-154Б заложена разработчиком, обеспечена изготовителем и поддерживается системой технического обслуживания эксплуатантов. Все эксплуатанты осуществляют обслуживание самолетов по единой нормативно-технической документации, определяющей периодичность, объемы и технологии работ. Но организация работ, квалификация персонала, техническая оснащенность, маршруты и климатические условия везде не одинаковы. Отмеченное выше и многое другое определяет фактор эксплуатанта, оказывающий существенное влияние на поддержание надежности авиационной техники. Поэтому следует с осторожностью относиться к широкому толкованию оценок надежности авиационной техники, полученным по статистическим материалам конкретного эксплуатанта.

В рассматриваемом случае эксплуатант поддерживает высокий уровень надежности авиационной техники и, отправляя в ремонт рулевые привода и агрегаты через каждые 12 000 летных часов, терпит существенные и, на наш взгляд, неоправданные убытки. Выявляемые в процессе эксплуатации неисправности не влияют на безопасность полетов и успешно диагностируются на ранних стадиях действующими методиками, поэтому перевод эксплуатации рулевых приводов и агрегатов на стратегию по фактическому техническому состоянию вполне оправдан.

#### Библиографический список

1. Венцель, Е. С. Теория вероятности / Е. С. Венцель. М.: Физматиз, 1962. 563 с.
2. АП-26. Авиационные правила. Нормы летной годности / Межгос. авиац. комитет. М., 1989.
3. Зубков, Б. В. Методология расследования авиационных происшествий и инцидентов / Б. В. Зубков, А. В. Майоров // Науч. вестн. Моск. гос. техн. ун-та гражд. авиации. 2004. № 9 (75). С. 10–19.

O. G. Boyko, A. G. Zosimov, L. G. Shaymardanov

#### THE TECHNICAL EXPLOITATION OF CIVIL AVIATION AIRPLANES AGGREGATES PROBLEMS AND POSSIBILITIES OF STRATEGIES CHANGING

*Using the analysis of loading conditions and steering wheel drives and aggregates reliability the possibility of the technical service strategy changing are considered.*