

**Министерство транспорта Российской Федерации
Государственная служба гражданской авиации**

**Государственный Центр
«Безопасность полетов на воздушном транспорте»
(ГЦ БП ВТ)**

«Утверждаю»

Директор ГосЦentra
безопасности полетов

Г.Л.Лившиц

«*27*» *05* 2004

Отчет №8755-И/103.102

**по результатам исследований разрушенной тяги 154.80.5900.130
системы управления правым элероном самолета Ту-154Б RA-85201
и боковой устойчивости и управляемости ВС при отказе управления
правым элероном в полете 14.02.04**

Москва 2004

Объект исследования

(согласно письмам исх.№174 от 25.02 КЭАТ АК «Красноярские авиалинии».04 и исх.№23/бн-74 от 02.03.04 ОАО «АК»Читавиа», техническим заданиям комиссии по расследованию)

В ГосЦентр безопасности полетов поступили на исследование разрушенная тяга 154.80.5900.130 системы управления правым элероном самолета Ту-154Б RA-85201 и электронные копии записей регистратора МСРП-64 с паспортом на полеты ВС Ту-154Б RA-85201 в период с 04.02.04г по 28.02.04г (9 полетов).

Наработка самолета Ту-154Б RA-85201 выпуска 18.03.77 к моменту отказа составила с начала эксплуатации 35822 часа, 13000 полетов, в том числе 14207 часов, 4736 посадок после последнего (третьего) ремонта, произведенного 27.03.93 в ОАО «Завод 411ГА».

При выполнении последнего ремонта исследуемая тяга 154.80.5900.130 восстанавливалась согласно ТУ №154-50-182 путем установки бужа из материала Д16Т.

Обстоятельства отказа

(согласно техническому заданию комиссии по расследованию)

После выполнения полета 14.02.04 на самолете Ту-154Б RA-85201 по маршруту Красноярск – Улан-Удэ – Чита экипажем было записано замечание – «В полете большой угол отклонения штурвала влево». При выполнении работ по устранению замечания было обнаружено разрушение тяги 154.80.5900.130 системы управления правым элероном.

Цель исследования

(согласно техническим заданиям комиссии по расследованию)

Исследование тяги 154.80.5900.130 проводилось с целью определения причины ее разрушения.

Исследование системы «Экипаж-ВС-Среда» проводилось с целями:

- обработки данных бортового регистратора МСРП-64 в период эксплуатации ВС, охватывающий полеты как до отказа системы управления элеронов, так и после его устранения;
- исследования боковой устойчивости и управляемости ВС по данным бортового регистратора МСРП-64;
- анализа функционирования системы "Экипаж – ВС – Среда" по располагаемой от МСРП-64 информации.

Заключение

1. Разрушение бужа P154.00. 5500.085.001 тяги154.80.5900.130 системы управления правым элероном самолета Ту-154Б RA-85201 носит усталостный характер и произошло в области многоциклового усталости под действием низко амплитудных нагрузок. Зарождение усталостных трещин произошло из-за снижения сопротивления усталости детали, связанного с ее некачественным изготовлением в ОАО «Завод 411ГА». Деталь изготовлена из алюминиевого сплава типа АМг, имеющего меньшую прочность, вместо Д16-Т, заданного ТУ №154-50-182, с острыми концентраторами напряжений в виде резких переходов от

поверхностей $\varnothing 26 \times 4$ к поверхности кругляка $\varnothing 30$ мм. Согласно требованиям ТУ №154-50-182 указанные переходы должны выполняться в виде галтели $R = 1$ мм. На указанных переходах фактические размеры фасок не соответствуют требованиям эскиза №3 ТУ №154-50-182.

Конструкция ремонтного бужа P154.00. 5500.085.001 с перепадами жесткости и концентраторами напряжений не является оптимальной для соединений труб тяг управления. Зоны концентраторов напряжений, по которым зарождаются усталостные трещины, не доступны для контроля в процессе эксплуатации и ремонта.

2. Отказ системы управления правым элероном самолета Ту-154Б RA-85201 произошел на разбеге при взлете в а/п Красноярск 13.02.04г (на $V_{пр}=250$ км/час) и выразился в его одностороннем отклонении вверх от движения баранки штурвала.

3. Экипаж выполнил два полета - «Красноярск – Улан-Удэ» и «Улан-Удэ - Чита», с отказом в управлении правым элероном. При этом элерон и элерон-интерцептор сохраняли постоянное положение соответственно -10° и -18° в 1-ом полете и $-20,3^\circ$ и $-43,9^\circ$ во 2-ом полете.

4. Характеристики боковой устойчивости и управляемости самолета Ту-154Б RA-85201 до отказа управления правым элероном и после устранения отказа соответствовали аналогичным характеристикам ВС-типа Ту-154Б.

В полете с отказавшим управлением правым элероном характеристики боковой устойчивости соответствовали аналогичным характеристикам самолета-типа, а характеристики поперечной управляемости для элеронов (при условии полета без скольжения и без поперечной массовой асимметрии) по её запасам составили $\sim 25\%$ в 1-ом и $\sim 0\%$ во 2-ом полетах по отношению к аналогичным запасам ВС-типа.

5. Отказ поперечного управления правым элероном создал опасную ситуацию, которая, при условии воздействия на ВС значительных, но допустимых в эксплуатации возмущений в боковом канале, с большой вероятностью могла перейти в катастрофическую.

6. Действия экипажа по управлению ВС в 1-ом полете с отказом правого элерона, заключающиеся в создании скольжения на правое крыло отклонением руля направления на $\sim 2,5^\circ$, что увеличило запас поперечной управляемости и позволило использовать автопилот в боковом канале, можно считать правильными.

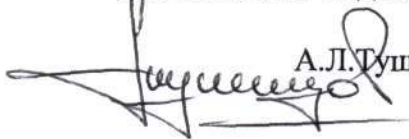
7. Выполнение экипажем 2-го полета с отказом в управлении элеронами является нарушением требований нормативных документов по безопасности полетов, т.к. экипаж имел явные признаки отказа в предыдущем полете (среднее отклонение баранки штурвала составляло $X_{шт} \geq 25^\circ$, при допустимом $X_{шт}^{доп} \leq 12,5^\circ$) и отказ мог быть идентифицирован при правильном выполнении проверок управления перед вылетом.

Рекомендации


В целях предупреждения случаев разрушений тяг управления самолетов Ту-154 целесообразно рассмотреть вопрос о прекращении восстановления тяг по ТУ №154-50-182 и об изъятии из эксплуатации изделий, отремонтированных с использованием ремонтных бужей.

Отчет разослать:

- начальнику УНБП ;
- руководителю ДПЛГГВСиТРГА ;
- главному конструктору ОАО «Туполев»;
- техническому директору ОАО «ВАРЗ-400»;
- техническому директору ОАО «Завод 411 ГА»;
- генеральному директору ФГУП «ГосНИИ ГА»;
- директору КЭАТ АК «Красноярские авиалинии»;
- председателю комиссии по расследованию инцидента;
- и.о.руководителя Красноярского МТУ ВТ Минтранса России.

Начальник отдела 103

А.Л.Тушенцов

Начальник отдела 102

А.П.Язокас

Начальник отдела 106

А.А.Шанявский

Материалы исследований

1. Результаты исследования причин разрушения тяги 154.80.5900.130

Исследование тяги 154.80.5900.130 проводилось по методике, предусматривающей выполнение следующих работ:

- оценка технического состояния тяги при поступлении на исследование;
- анализ изломов бужа на макро и микро уровнях;
- геометрические измерения бужа;
- металлографический и спектральный анализы материала бужа;
- измерение твердости материала бужа;
- обобщение результатов.

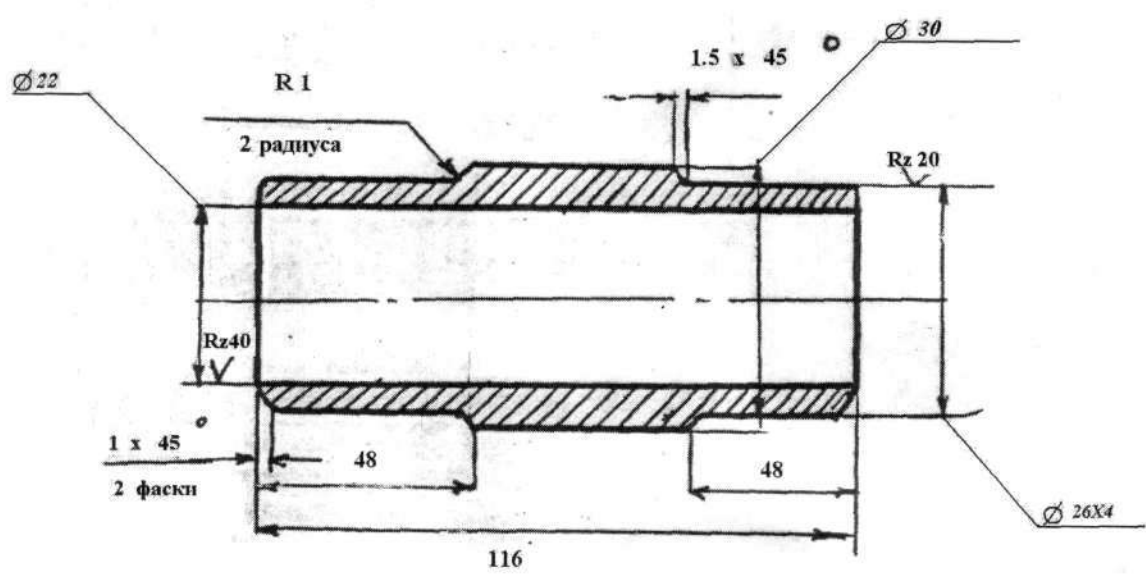
Разрушение тяги 154.80.5900.130 заключается в разрушении ремонтного бужа P154.00.5500.085.001 по одному из переходов посадочной цилиндрической поверхности $\varnothing 26X4$ на фаску $1,5x45^\circ$ у внешней поверхности кругляка Д16Тк $\varnothing 30$ (рис.1.1). В состоянии поступления на исследование наружная поверхность кругляка бужа смещена относительно наружных поверхностей соединенных с ответными частями бужа фрагментов тяги 154.80.5900.130. С одной стороны поверхность кругляка выступает на 1,7 мм, с диаметрально противоположной стороны утопает на 0,8 мм. На наружных поверхностях соединенных фрагментов тяги наблюдаются интенсивные следы износа материала по местам контакта с направляющими роликами (рис.1.2).

Анализ изломов ремонтного бужа на макро уровне (рис.1.3) с использованием бинокулярного микроскопа МБС-2 показал, что разрушение носит многоочаговый усталостный характер с очагами зарождения трещин по всему периметру наружной поверхности отмеченного перехода, который по требованиям чертежа должен выполняться в виде галтели $R=1$ мм. Признаков наличия такой галтели на ответных разрушенных частях бужа не наблюдается. Долом стенки бужа занимает не более 20% площади разрушения. После промывки и разборки бужа установлено, что скругление данного перехода на не разрушенной стороне бужа также не выполнено (рис.1.4). На не разрушенной стороне бужа в основании перехода выявлена трещина (рис.1.5). Посадочные поверхности бужа $\varnothing 26X4$ и его внутренняя поверхность $\varnothing 22$ мм соосны. Посадочные поверхности бужа $\varnothing 26X4$ не соосны с поверхностью кругляка $\varnothing 30$ мм (см.рис.1.4), что явилось причиной смещения поверхности кругляка по отношению к поверхностям труб тяги в собранном виде. Толщина стенки бужа на посадочных участках не одинакова и составляет в наиболее тонком месте 1,9 мм, в наиболее толстом - 2 мм, что укладывается в допуски на заданные размеры. Толщина стенки бужа на участке исходного кругляка $\varnothing 30$ мм в диаметрально противоположных сторонах составляет 4,9 мм и 3,3 мм. В связи с этим размер фасок переходов от посадочных поверхностей к поверхности кругляка $\varnothing 30$ мм не соответствует требованиям чертежа. Угол наклона фаски составляет 45° , а основание с одной стороны составляет 1,14 мм, с другой - 2,0 мм.

Выявленная трещина расположена на участке бужа с наибольшей толщиной стенки по посадочному диаметру $26X4$, или с наименьшей толщиной на участке исходного диаметра кругляка. После вскрытия трещины и анализа ее изломов на макро уровне установлен усталостный, многоочаговый характер разрушения материала (рис.1.6). Длина трещины составляет около 6 мм, глубина - 0,3 мм.

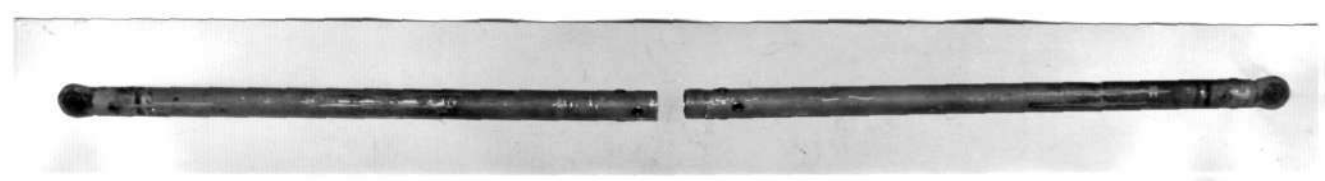
Исследование поверхностей изломов материала бужа в сечении магистрального разрушения и по вскрытой трещине на микро уровне подтвердило усталостный, многоочаговый характер развития разрушений (рис.1.7,1.8). В направления развития разрушений наблюдаются мезо линии усталостного роста трещин (рис.1.9,1.10), которые указывают на доминирование низкой амплитуды нагрузок при реализации разрушения материала в области многоциклового усталости.

5255



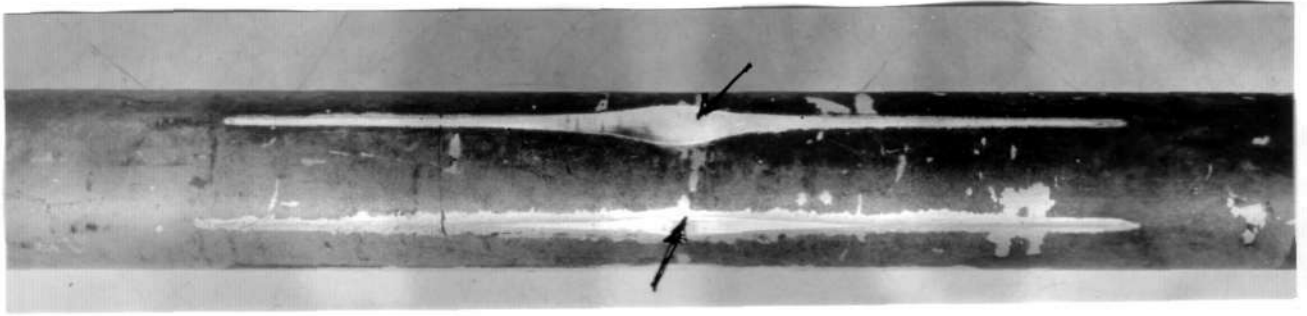
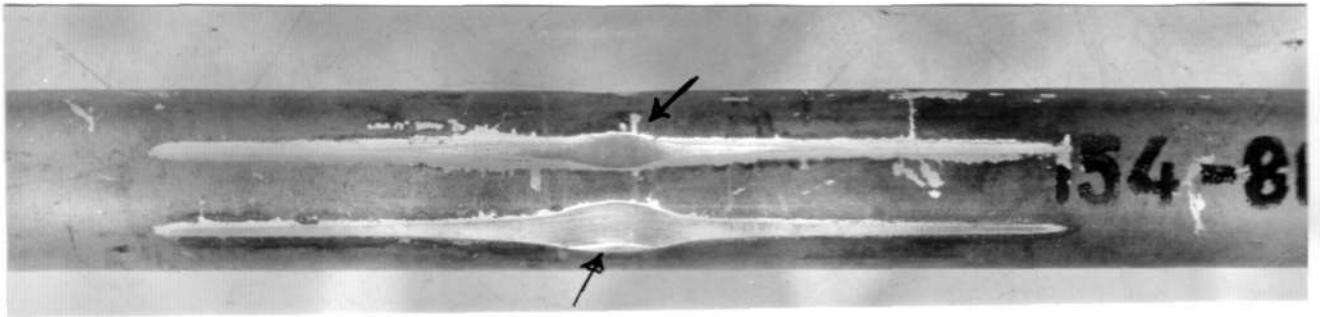
- Примечание :**
1. Материал Д16Т к $\varnothing 30$
 2. Буж премянуть для восстановления тяг 154.80.5900.130
 3. Буж анодировать

а

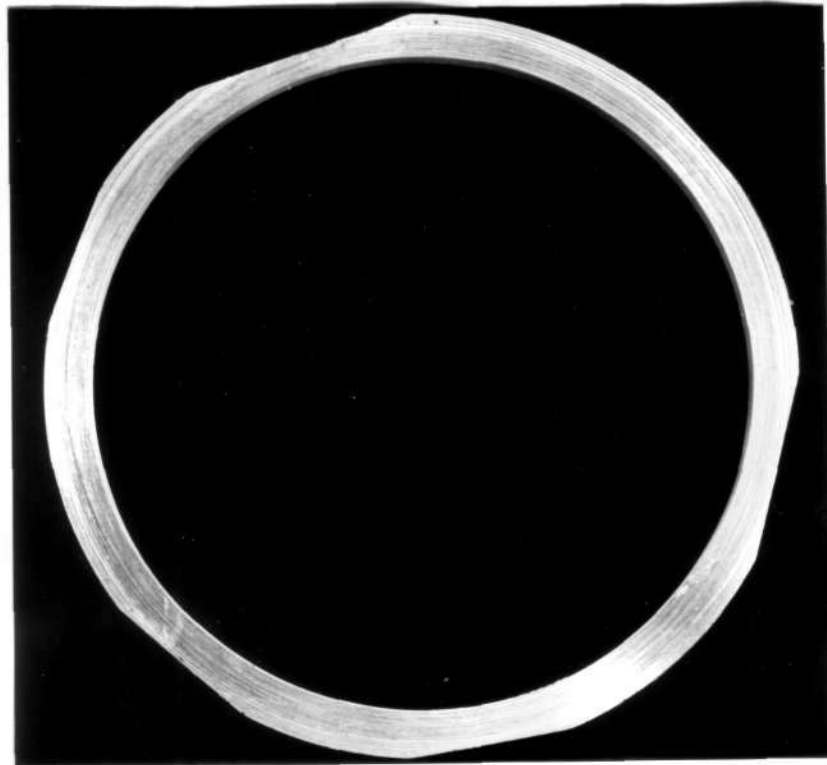


б

Рис.1.1. Эскиз №3 на буж Р154.00.5500.085.001 (а) и вид тяги 154.80.5900.130 (б) с разрушенным бужом в состоянии поступления на исследование.



а



б

Рис.1.2. Следы износа материала труб тяги 154.80.5900.130 (показаны стрелками) на участках работы на направляющих роликах (а) и поперечное сечение трубы на участке максимального износа (б).

8755

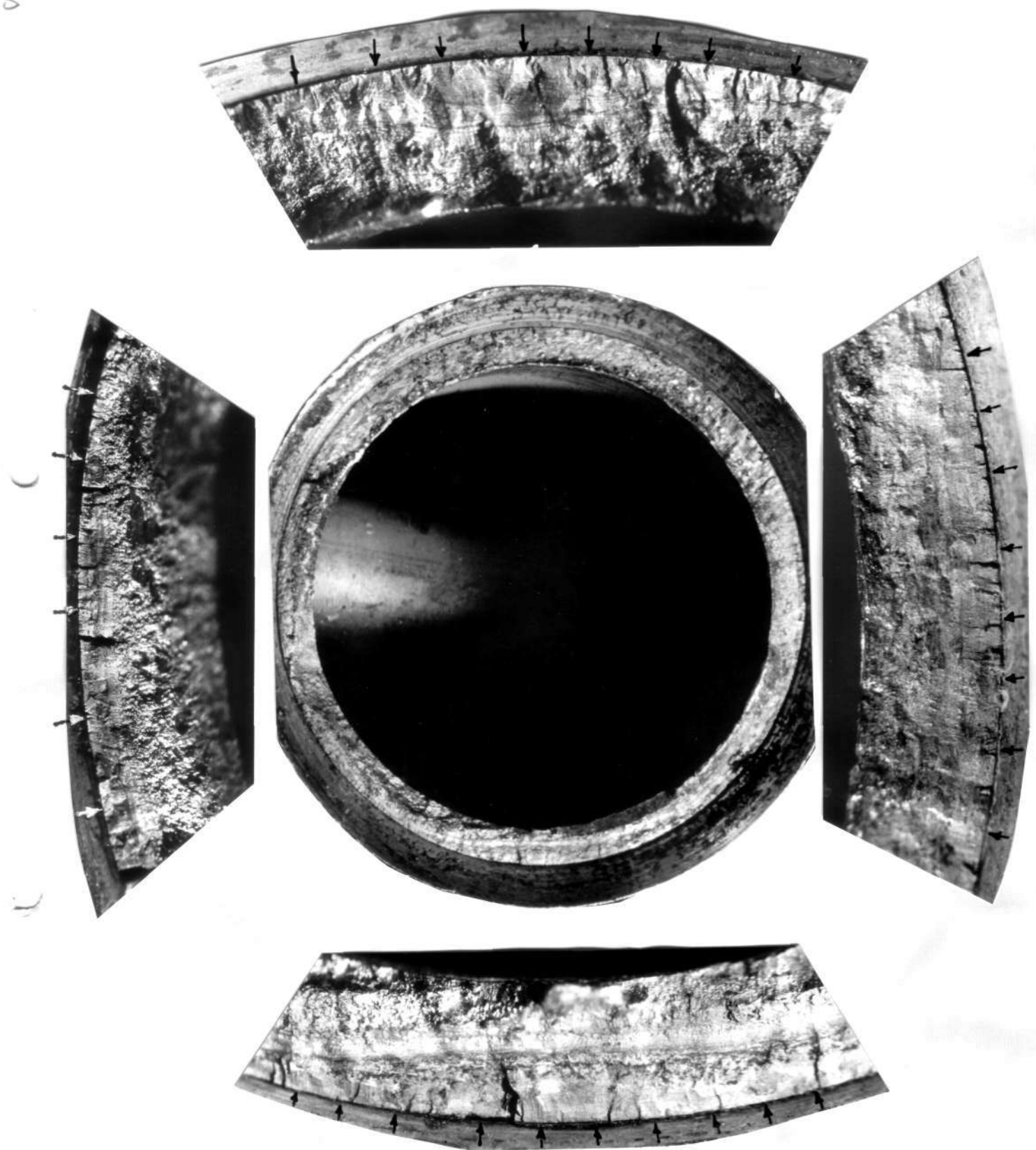


Рис.1.3. Усталостный излом ремонтного бу́жа Р154.00.5500.085.001. Стрелками показаны очаги зарождения трещин.

8255

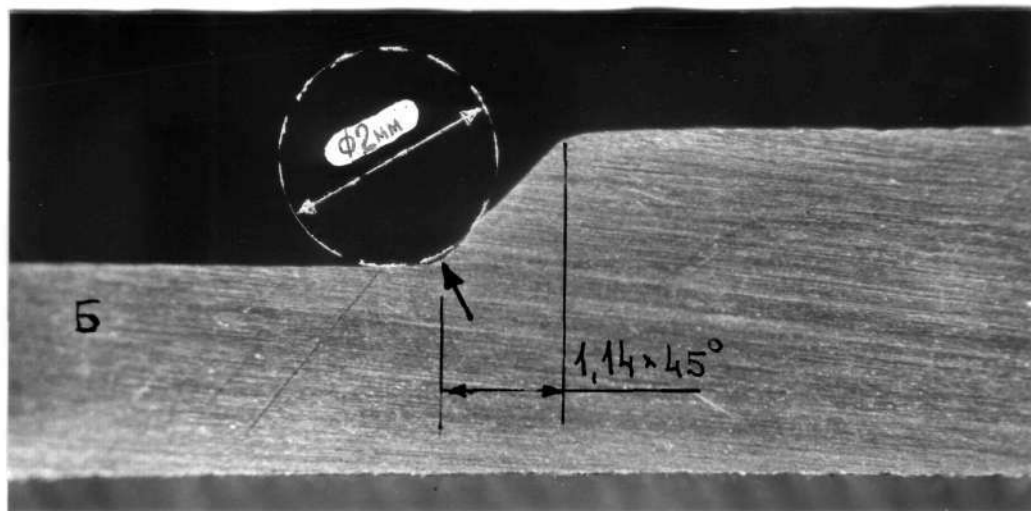
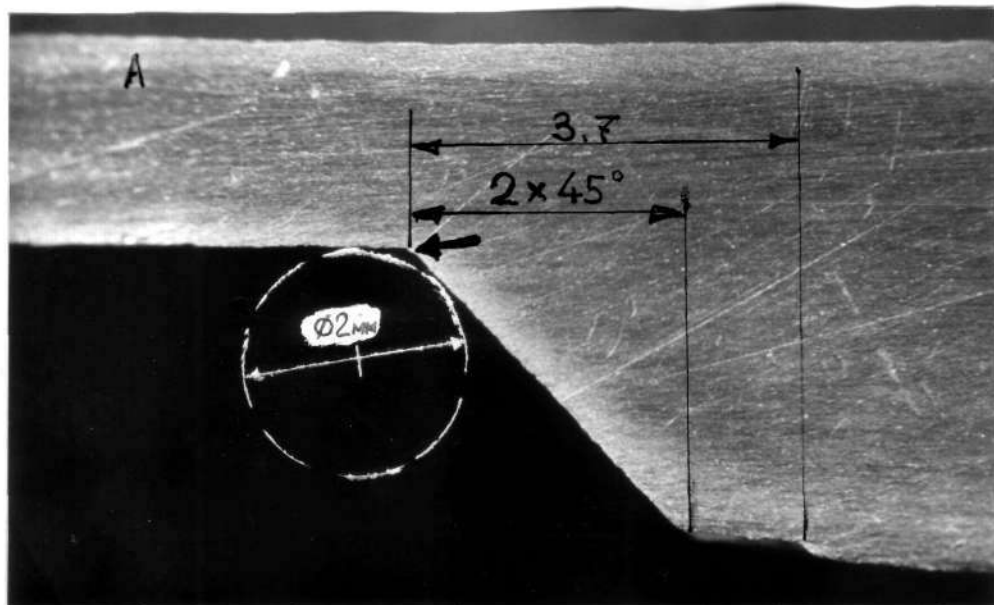
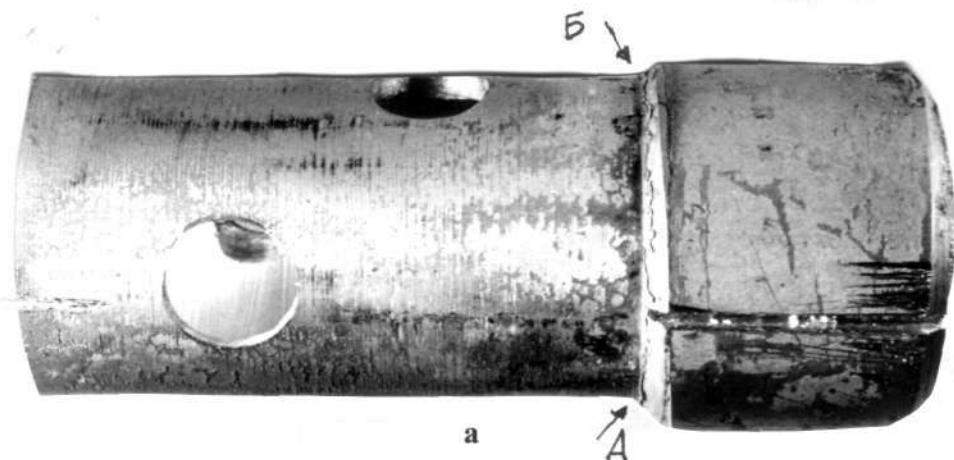


Рис.1.4. Вид ремонтного буза P154.00.5500.085.001 после разборки (а) и профили перехода посадочной поверхности $\varnothing 26 \times 4$ к поверхности кругляка $\varnothing 30$ мм диаметрально противоположных зонах (б).



Рис.1.5. Трещина (указана стрелкой) в зоне перехода от посадочной поверхности $\varnothing 26X4$ к поверхности кругляка $\varnothing 30$ мм на не разрушенной в эксплуатации части ремонтного буца.

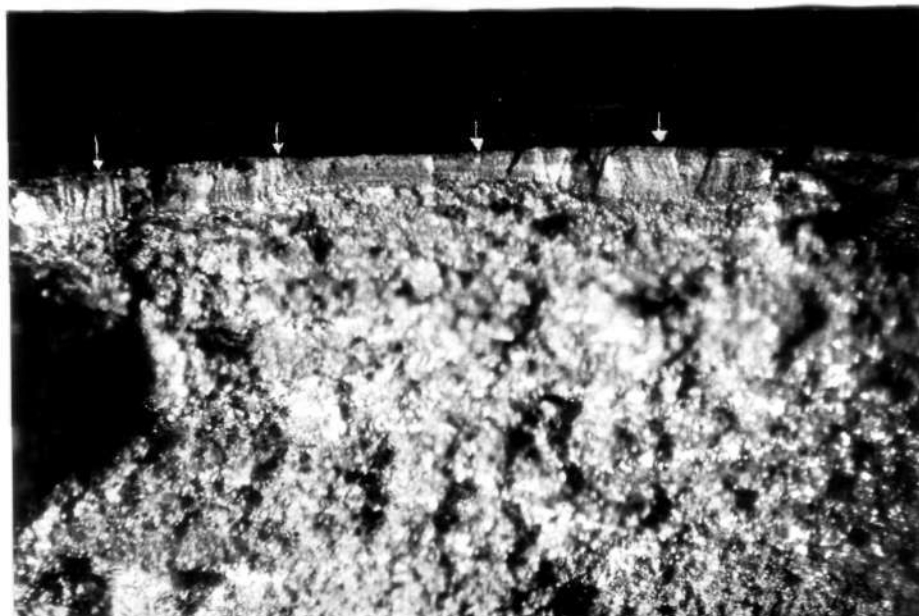
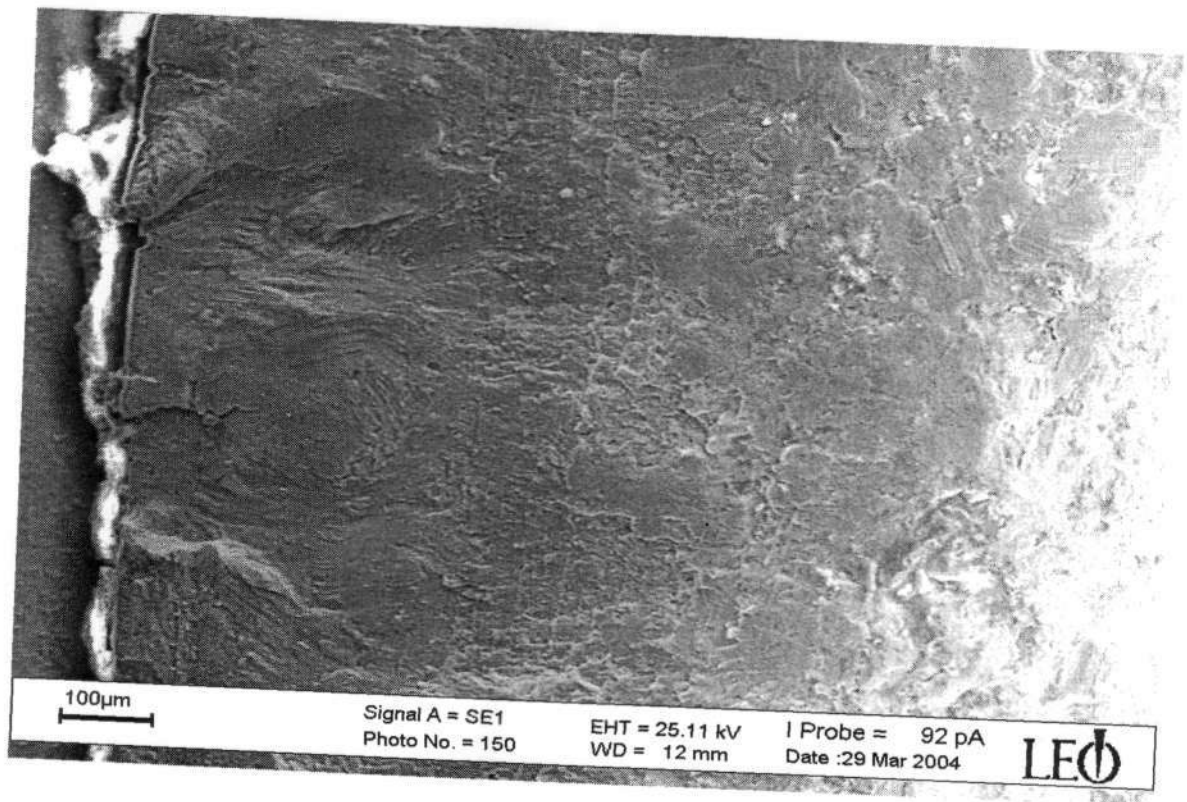
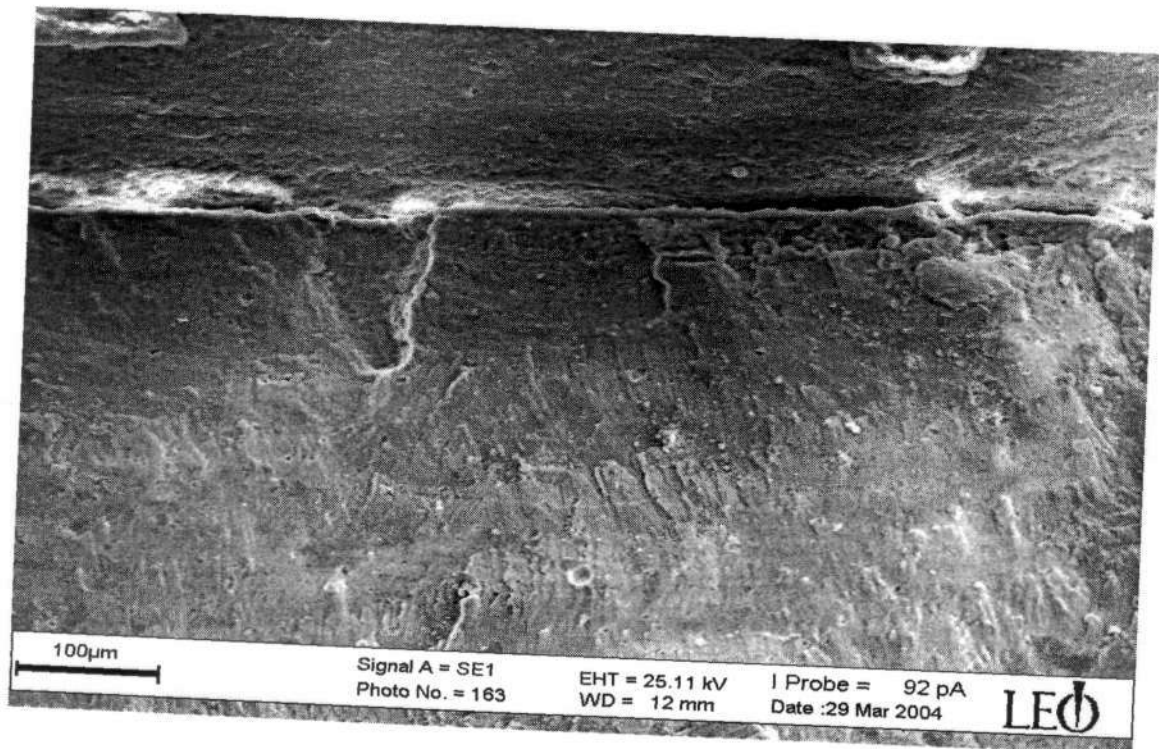


Рис.1.6. Усталостный излом вскрытой трещины на не разрушенной части буца. Стрелками показаны очаги зарождения усталости.



a



б

Рис.1.7. Виды очагов зарождения усталостных трещин от поверхности перехода $\varnothing 26 \times 4$ к поверхности кругляка $\varnothing 30$ мм магистрального разрушения бужа в эксплуатации. На виде «а» очаги слева, на виде «б» – сверху.

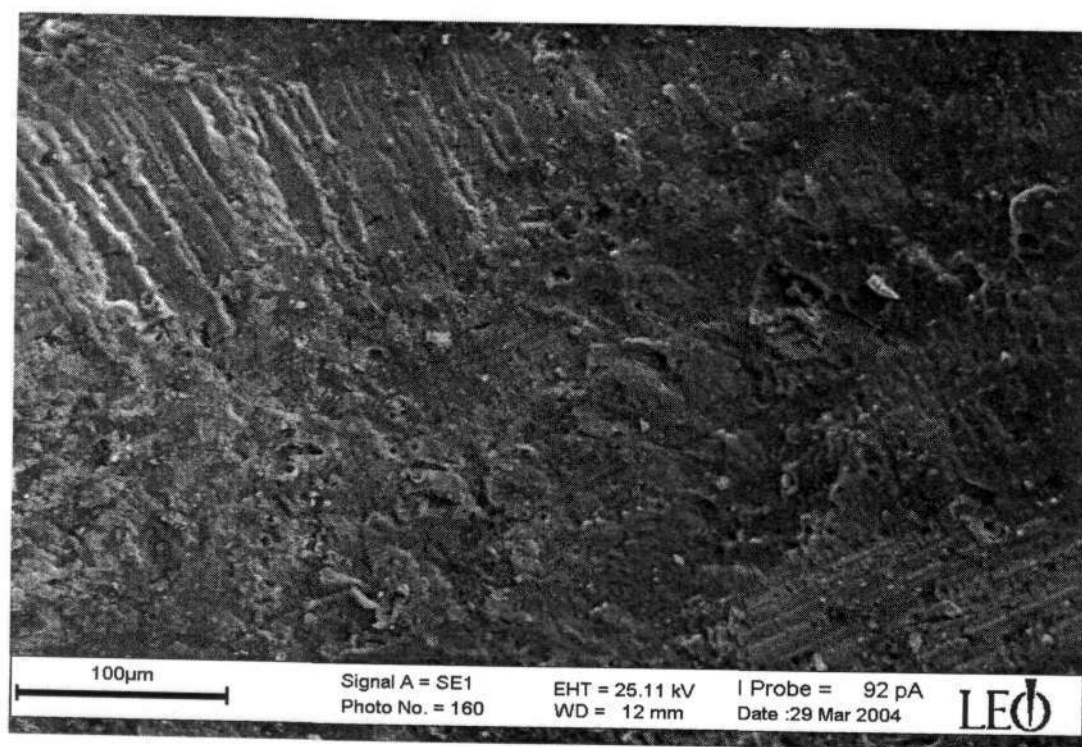
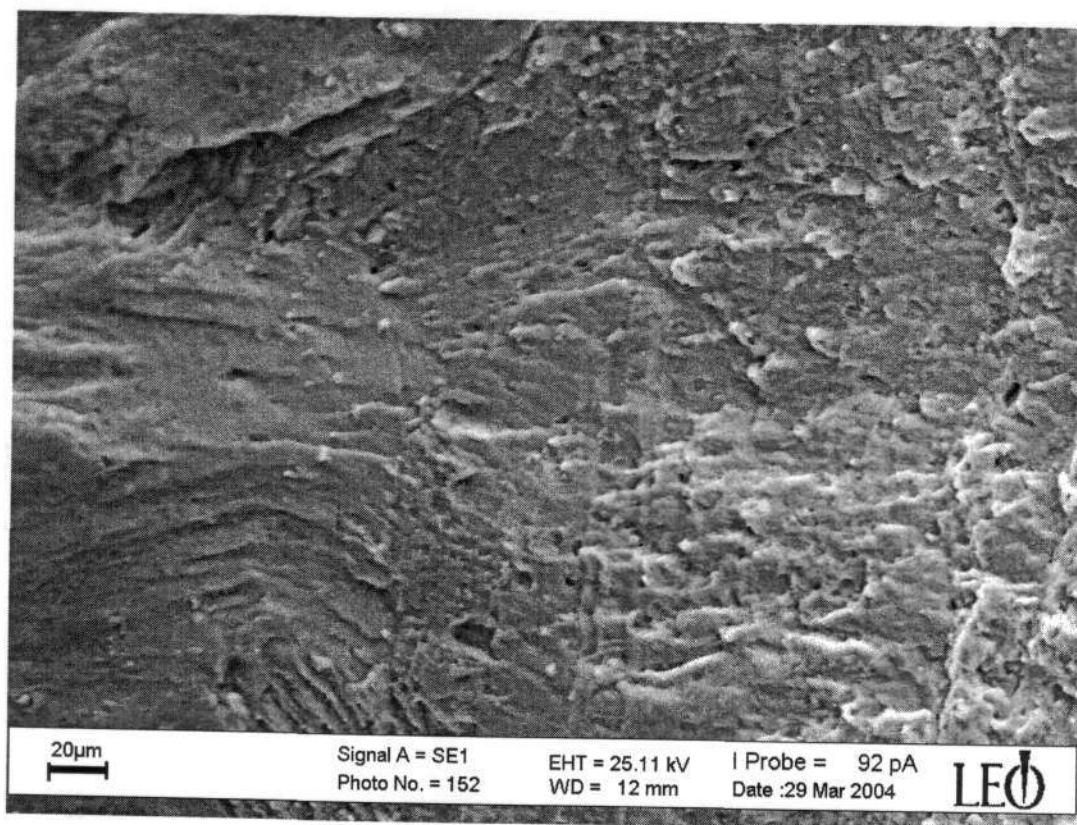


Рис.1.8. Виды мезо линий усталостного магистрального разрушения материала бужа.

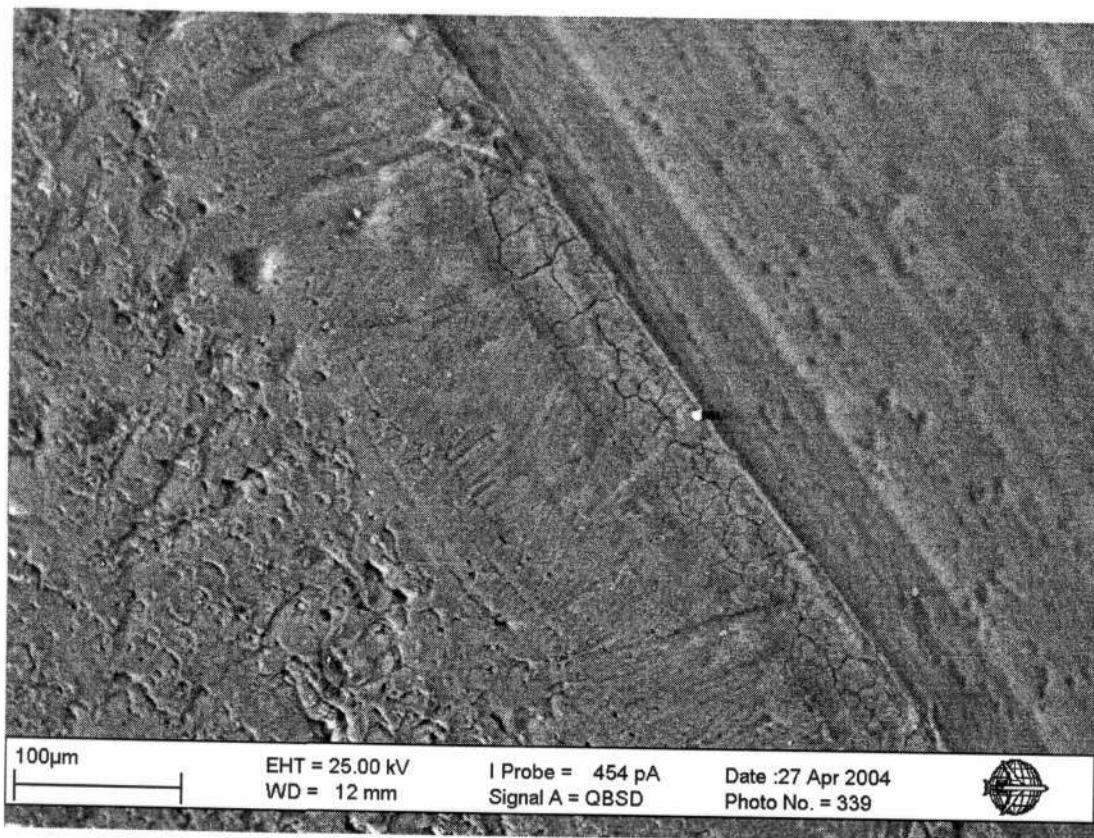


Рис.1.9. Виды очагов зарождения усталости по вскрытой трещине от основания коррозионного повреждения материала в переходе поверхности $\varnothing 26 \times 4$ к поверхности кругляка $\varnothing 30$ мм.

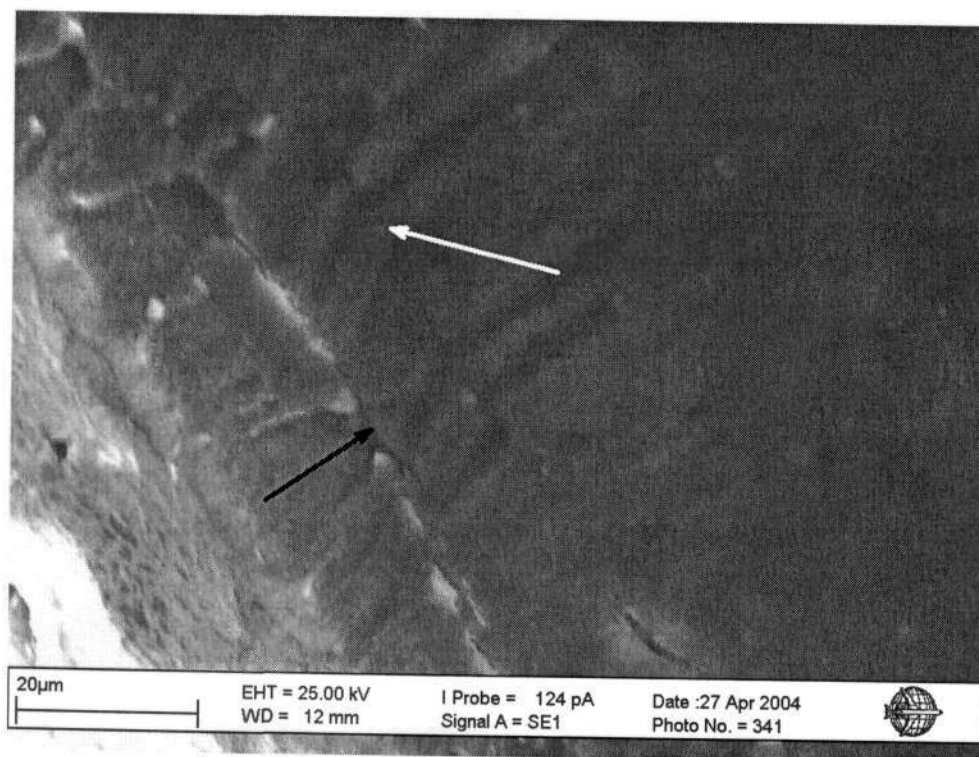


Рис.1.10. Виды мезо линий усталостного разрушения материала бужа на поверхности вскрытой трещины.

Металлографический анализ материала бужа проводился на поперечном шлифе, изготовленном на участке выявленной при исследовании трещины в не разрушенном конце детали. В результате анализа установлено, что трещина (рис.11) стартует от основания одного из двух коррозионных повреждений материала глубиной около 0,092 мм. Трещина распространяется по телу зерен, структура материала удовлетворительная и представляет собой твердый раствор на основе алюминия и интерметаллиды.

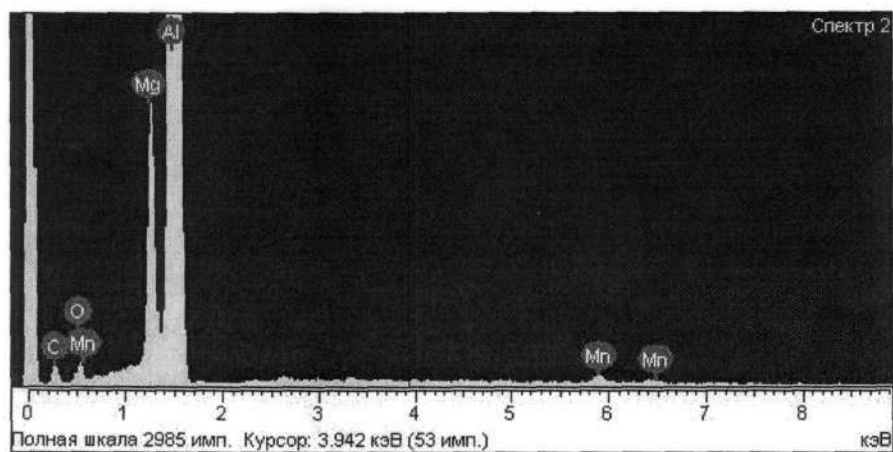


Рис.1.11. Вид в шлифе выявленной при исследовании трещины (указана стрелками) в не разрушенной части ремонтного бужа, стартующей от основания коррозионного повреждения материала.

Предел прочности материала ремонтного бужа P154.00. 5500.085.001, определенный по результатам измерений твердости, составил $\sigma = 38$ кг/мм², что ниже значений, представленных в справочной литературе (в эскизах технологического указания №154-50-182 механические свойства материала не указаны – кругляк Д16Тк). В «Справочнике по авиационным материалам, Том II, Цветные сплавы, Часть 1, Алюминиевые сплавы» задаются следующие значения предела прочности материала Д16Т. Для прутков прессованных диаметром от 23 до 160 мм, закаленных и естественно состаренных $\sigma = 43$ кг/мм². В таблице (стр.106 указанного Справочника) механических свойств сплава при различных температурах на прутки аналогичной заготовки Ø 30 мм при температуре испытания 20°C задается $\sigma = 53$ кг/мм². В качестве сравнения было произведено измерение твердости материала трубы тяги, изготовленной из материала Д16Т. Определенный по результатам этих измерений предел прочности материала трубы составил $\sigma = 46,8$ кг/мм², что соответствует требованиям ТУ (по ТУ - $\sigma > 42$ кг/мм²).

На основе результатов полуколичественного спектрального анализа материала ремонтного бужа было заключено, что по содержанию алюминия (основа), магния, марганца и меди материал относится к сплаву типа АМг, а не Д16, как требуется в ТУ №154-50-182.

Анализ химического состава материала исследуемого ремонтного бужа и материала трубы тяги с использованием микрорентгеноспектрального анализатора показал, что по основным элементам Mg, Fe и Cu имеется принципиальное отличие интенсивности спектров для двух сопоставляемых деталей (рис.12). Этот результат получен для площади поверхности детали в пределах 0,05мм², что является интегральной качественной сравнительной оценкой отличий в химическом составе материала деталей. Результаты этой оценки полностью совпадают с результатами спектрального анализа и свидетельствуют о том, что разрушившийся в эксплуатации ремонтный буж P154.00. 5500.085.001 изготовлен из сплава типа АМг вместо Д16Т.

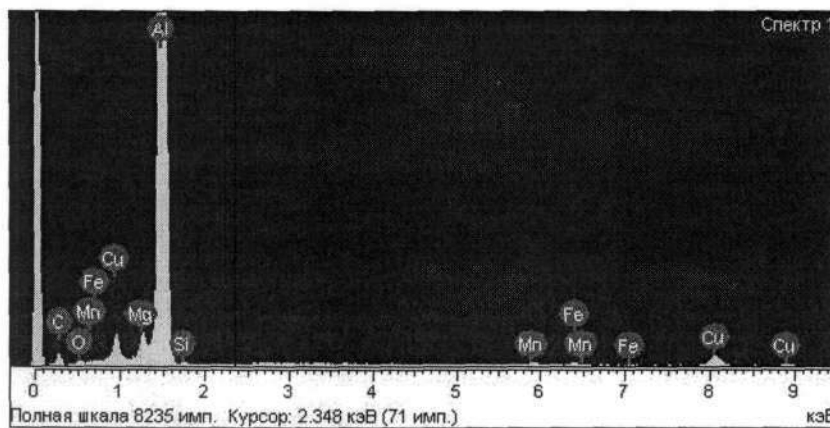


Параметры обработки: Выполнен анализ всех элементов (Нормализован)

Спектр	В стат.	C	O	Mg	Al	Mn	Итого
Спектр 1	Да	12.86	1.35	5.83	79.45	0.51	100.00
Спектр 2	Да	16.06	4.70	5.70	72.90	0.65	100.00
Среднее		14.46	3.03	5.76	76.17	0.58	100.00
Станд. отклонение		2.26	2.37	0.09	4.64	0.10	
Макс.		16.06	4.70	5.83	79.45	0.65	
Мин.		12.86	1.35	5.70	72.90	0.51	

Все результаты в весовых %

а



Параметры обработки: Выполнен анализ всех элементов (Нормализован)

Спектр	В стат.	C	O	Mg	Al	Si	Mn	Fe	Cu	Итого
Спектр 1	Да	21.73	2.21	1.01	70.36	0.26	0.41	0.36	3.66	100.00

б

Рис.1.12. Результаты микрорентгеноспектрального анализа материала бужа (а) и материала трубы тяги (б).

Таким образом, результаты проведенного исследования показывают, что разрушение бужа P154.00. 5500.085.001 тяги 154.80.5900.130 системы управления правым элероном самолета Ту-154Б RA-85201 носит усталостный характер и произошло в области многоциклового усталости под действием низко амплитудных нагрузок. Зарождение усталостных трещин произошло из-за снижения сопротивления усталости детали, связанного с ее изготовлением с отклонениями от требований ТУ №154-50-182. Деталь изготовлена из алюминиевого сплава типа АМг, имеющего меньшую прочность, вместо Д16Т, с острыми концентраторами напряжений в виде резких переходов от поверхностей Ø 26Х4 к поверхности кругляка Ø 30 мм. Согласно требованиям ТУ №154-50-182 указанные переходы должны выполняться в виде галтели R = 1 мм. На указанных переходах фактические размеры фасок не соответствуют требованиям эскиза №3 ТУ №154-50-182. Все перечисленные отклонения были допущены при изготовлении бужа P154.00. 5500.085.001 в ОАО «Завод 411ГА».

Следует отметить, что конструкция ремонтного бужа P154.00. 5500.085.001 с перепадами жесткости и концентраторами напряжений не является оптимальной для соединений труб тяг управления. Зоны концентраторов напряжений, по которым зарождаются усталостные трещины, не доступны для контроля в процессе эксплуатации и в ремонте. В связи с этим, в целях предупреждения аналогичных разрушений целесообразно рассмотреть вопрос о прекращении восстановления тяг по ТУ №154-50-182 и об изъятии из эксплуатации тяг управления самолетов Ту-154, отремонтированных с использованием ремонтных бужей.

Заместитель начальника отдела 103

Старший научный сотрудник отдела 106

Старший научный сотрудник отдела 106

Научный сотрудник отдела 106


В.П.Бойков


И.Д.Прудников


Г.Т.Вечирко


Г.И.Сотириадис

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ БОКОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ И УПРАВЛЯЕМОСТИ САМОЛЕТА ТУ-154Б RA-85201 В ПОЛЕТЕ ПО МАРШРУТУ «КРАСНОЯРСК – УЛАН-УДЭ– ЧИТА» 14.02.2004.

При выполнении рейсового полета самолета Ту-154Б RA-85201 (рейс 513) произошел отказ поперечного управления, проявившийся в возрастающем (по этапам полета) отклонении (вправо) балансировочного положения баранки штурвала.

Цель исследований – выявить момент отказа и оценить запасы боковой устойчивости и управляемости и дать оценку функционированию системы "Экипаж – ВС – Среда" в процессе развития особой ситуации.

Объект исследований – система "Экипаж – ВС – Среда".

Задачи исследований:

- провести обработку данных бортового регистратора МСРП-64 в период эксплуатации ВС, охватывающий полеты как до отказа системы управления элеронов, так и после его устранения;
- провести исследование боковой устойчивости и управляемости ВС по данным бортового регистратора МСРП-64;
- провести анализ функционирования системы "Экипаж – ВС – Среда" по располагаемой от МСРП-64 информации.

Методы исследований. Обработка данных бортового регистратора МСРП-64 проведена с помощью специальной системы, применяемой при расследовании АП и инцидентов и обеспечивающей наиболее достоверное и точное восстановление полетной информации.

При оценке боковой устойчивости и управляемости использован метод летных показателей (балансировок), применяемый при обработке данных летных испытаний самолетов.

2.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.

Перечень материалов комиссии по расследованию инцидента, переданных ГЦ БП для исследований:

- электронные копии записей регистратора МСРП-64 с паспортом на полеты ВС Ту-154Б RA-85201 в период с 04.02.04г по 28.02.04г (9 полетов);
- технический акт (с дополнением) оценки состояния ВС от 25.02.04г после серьезного инцидента 14.02.04г (см приложение 1);
- объяснительные записки экипажа (см. приложение 1).

Данные бортового регистратора МСРП-64.

Результаты расшифровки данных бортового регистратора МСРП-64 полетов ВС Ту-154Б RA-85201 в период с 04.02.04г по 28.02.04г (9 полетов) представлены в форме графиков (зависимостей параметров движения и управления по времени) на следующих рисунках:

- обзорная информация по всем анализируемым полетам (от взлета до посадки) на рис. П.2.1...П.2.9 в приложении 2;
- данные МСРП-64 по положению органов поперечного управления перед взлетами и после посадок во всех анализируемых полетах на рис. П.3.1...П.3.12 в приложении 3;
- данные МСРП-64 по проверкам систем управления перед всеми анализируемыми полетами на рис. П.4.1...П.4.9 в приложении 4;
- данные МСРП-64 в укрупненном масштабе времени по участкам анализируемых полетов (взлет, полет на эшелоне и посадка) в период с 13.02.04г по 28.02.04г на рис.

П.5.6...П.5.9 в приложении 5;

- данные МСРП-64 при первом проявлении отказа правого элерона при взлете в а/п Красноярск 13.02.04г на рис.2.1;

- данные МСРП-64 при взлете в а/п Улан-Удэ 14.02.04г с отказавшим правым элероном на рис.2.2.

Условные обозначения и размерности параметров, представленных на рисунках раздела 2 отчета и приложений 2...5, приведены в таблицах 2.1 и П.1 соответственно.

Условия полетов ВС Ту-154Б RA-85201 в период с 04.02.04г по 28.02.04г представлены в таблице 2.2.

2.2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.

2.2.1. Результаты проверки функционирования системы поперечного управления.

Анализ функционирования системы поперечного управления по данным бортового регистратора МСРП-64 выполнен с целью определения соответствия ее работы требованиям ТУ и определения момента отказа правого элерона.

Как показали наземные проверки перед взлетами ВС в исследуемых полетах, во всех полетах до взлета ВС в а/п Улан-Удэ 14.02.04г (см. результаты проверок в форме графиков на рис.2.3 и рис.П.4.1...П.4.9 в приложении 4) с учетом погрешностей регистрации отклонения органов управления самописцем МСРП-64, система поперечного управления была работоспособна и её функционирование соответствовало штатным законам и ТУ по точности (см. допуски по ТУ в таблице 2.3).

Первое проявление отказа правого элерона по данным МСРП-64 произошло на разбеге при взлете в а/п Красноярск 13.02.04г и выразилось в остановке отклонения правого элерона на уровне 10° (с соответствующим этому значению отклонению правого элерона-интерцептора $\sim 25^\circ$, см. $t=891,5с$ на рис.2.1), при парировании экипажем отрицательной угловой скорости крена, возникшей в процессе отрыва ВС от ИВПП.

В дальнейшем это положение правых элерона и элерона-интерцептора сохранилось до приземления в а/п Улан-Удэ. Под воздействием инерционных нагрузок при посадочном ударе правый элерон и элерон-интерцептор резко отклонились практически до нулевого значения (см. рис.П.5.7.3).

При проверках поперечного управления перед следующим полетом, при отклонении экипажем баранки штурвала влево, произошло отклонение правого элерона и элерона-интерцептора на полные углы вверх (до упора). После возвращения экипажем баранки штурвала в нейтральное положение правый элерон-интерцептор сохранил свое положение «на упоре», а правый элерон начал «дрейфовать» в нулевое положение.

В процессе руления, при правом развороте правый элерон занял устойчивое положение «на упоре», которое сохранялось в течение всего полета «Улан-Удэ – Чита».

Для выяснения причин «дрейфа» правого элерона с рассоединенной проводкой управления был проведен анализ его положений перед запуском двигателей и после их выключения в полетах до возникновения отказа. При анализе данных МСРП-64 на этих участках выявлено медленное эпизодическое проявление «дрейфа» правого элерона (опускание концевой части вниз) на угол до $5,3^\circ$ после выключения двигателей и скачкообразное возвращение в нулевое положение при запуске двигателей (см. табл.П.3 и рис.П.3.1...П.3.12 в приложении 3). Проверка наличия данного явления у других самолетов показала, что оно может возникать у других самолетов с исправной системой поперечного управления и объясняется «провисанием» элеронов под воздействием весового момента самого элерона при прекращении гидропитания (см. письмо Главного конструктора в приложении 3).

После замены разрушенной тяги управления правым элероном, в полете «Чита – Красноярск» 28.02.04г система поперечного управления ВС Ту-154Б RA-85201 функционировала нормально на всех этапах полета. При этом явления «дрейфа» или «провисания» элеронов не отмечались (см. случай 9 в табл.П.3 и на рис.П.3.9 и П.3.9.2).

2.2.2. Результаты оценки боковой устойчивости и управляемости.

В процессе эксплуатации ВС Ту-154Б RA-85201 до взлета в а/п Красноярск 13.02.04г особенностей боковой устойчивости и управляемости по данным МСРП-64 не отмечается. Реакция самолета на отклонения элеронов и руля направлений прямая, а автоколебания в боковом канале отсутствуют.

Постоянное отклонение правого элерона и элерона-интерцептора вверх на угол 10° и 25° соответственно в полете «Красноярск – Улан-Удэ» и на 20° и 45° соответственно в полете «Улан-Удэ – Чита», вызвало необходимость, для парирования кренящего момента, отклонить левые элерон и элерон-интерцептор на те же величины вверх, что уменьшило запасы поперечной управляемости самолета на 75% в первом случае и на 100% во втором (при условии, что экипаж не использовал бы режим полета со скольжением или топливную асимметрию).

В первом полете с отказавшим правым элероном, чтобы стриммировать усилия на баранке штурвала (так как потребное для балансировки ВС в поперечном канале положение баранки штурвала ($\sim 28^\circ$) превышало располагаемый диапазон триммирования ($\pm 25^\circ$), см. рис.2.4) экипаж использовал правое скольжение, отклонив для этого руль направления до $-2,5^\circ$ (при ходе педалей до -25мм , см. рис.П.5.7.2). Это уменьшило потребное отклонение левого элерона при полете на эшелоне до $7,5^\circ$, а левого элерона-интерцептора до $-12,5^\circ$. Уменьшение потребного отклонения штурвала до 20° (см. рис.П.5.7.2) позволило экипажу включить автопилот в боковом канале. Таким образом, запас поперечной управляемости в данном полете составил $\sim 6^\circ$ эффективного элерона.

Уменьшение запасов поперечной управляемости и наличие скольжения, после выпуска закрылков при посадочном снижении, в условиях необходимости точного выдерживания траекторных параметров, привело к автоколебаниям ВС на частоте близкой к собственной частоте короткопериодического движения в боковом канале (с периодом $\sim 7\text{с}$) и амплитудой $\pm 2^\circ$ по крену (рис.П.5.7.3).

Во втором полете с отказавшим правым элероном (полет «Улан-Удэ – Чита») и его полным отклонением вверх, экипаж также использовал режим скольжения на правое крыло, создав его примерно тем же расходом руля направления (до $-2,5^\circ$). Но при этом самолет имел катастрофически малый запас поперечной управляемости, который составил при полете на эшелоне $\sim 1,6^\circ$ по эффективному элерону (см. рис.2.5 и П.5.8.2) и при заходе на посадку $\sim 1,2^\circ$ (см. рис.2.6 и П.5.8.3). При этом автоколебания с амплитудой $\sim 2,5^\circ$ по крену отмечаются уже на всем протяжении полета (см. рис.П.5.8.1...П.5.8.3).

Необходимо отметить, что по степени опасности оба полета идентичны, так как в случаях отклонения баранки штурвала вправо на половину хода (например, при парировании нормируемых возмущений в боковом канале) в первом полете правый элерон занял бы такое же положение, как во втором полете.

Полет на ВС без запасов поперечной управляемости недопустим по условиям безопасности. При этом не выполняется ни одно из требований к боковой управляемости, предъявляемых нормами летной годности (см. приложение б).

Опасность полета в этом случае иллюстрируется простым примером. Так, например, при заходе на посадку в обычных условиях ($G_{вс}=78\text{т}$, $V_{зп}=260\text{км/час}$, $\delta_z=45^\circ$) при воздействии на ВС возмущения, эквивалентного порыву ветра с боковой составляющей 5м/с (что допустимо и достаточно вероятно встречается в эксплуатации), потребное отклонение

элеронов для парирования этого возмущения, создающего $\sim 4^\circ$ угла скольжения, требует полного отклонения элеронов:

$$\delta_{эл}^{номр} \approx \frac{m_x^\beta \cdot \beta(Wz)}{m_x^{\delta_{эл}}} = \frac{-0,0042 \cdot 4}{-0,00083} \approx 20^\circ$$

В принципе, данное возмущение можно спарировать практически полным отклонением руля направления

$$\delta_{ру}^{номр} \approx \frac{m_y^\beta \cdot \beta(Wz)}{m_y^{\delta_{ру}}} = \frac{-0,0042 \cdot 4}{-0,00072} \approx 23^\circ$$

Однако, вследствие отсутствия навыков такого управления у экипажей ВС 1-го класса, своевременность и правильность их действий в этих обстоятельствах маловероятна.

Полет с полностью отклоненными элеронами влияет и на ряд других характеристик ВС.

Во-первых – увеличивается удельный расход топлива. Это видно из сравнения значений мгновенного расхода топлива на эшелоне в полетах до отказа и при отказе (см. табл.2.4). Данное явление связано с возникновением дополнительного сопротивления, главным образом от отклонения элеронов-интерцепторов.

Во-вторых – возникает дополнительный кабрирующий момент, на парирование которого расходуется часть запаса продольной управляемости. Это изменяет эффективную центровку ВС на более заднюю. Так, оценка эффективной центровки на эшелоне в полете «Улан-Удэ - Чита» по балансировочным характеристикам показала (см. рис.2.7), что она составляет $\sim 30\%САХ$, по массовой центровке (по данным полетной документации) $\sim 25\%САХ$.

2.2.3. Результаты анализа функционирования системы «Экипаж – ВС – среда» при полете по маршруту «Красноярск – Улан-Удэ - Чита».

Полет «Красноярск – Улан-Удэ». Основной особенностью этого полета является уменьшение запасов поперечной управляемости вследствие отказа в управлении правым элероном, который экипаж мог определить только после отрыва по балансировочному положению баранки штурвала ($\sim 28^\circ$), что превышает допустимый уровень её среднего положения ($\pm 12,5^\circ$), и невозможность полным расходом триммера снять усилия. Экипаж без доклада о возникшей ситуации продолжил полет в соответствии с планом и совершил благополучную посадку в простых метеоусловиях в а/п Улан-Удэ.

Полет «Улан-Удэ - Чита». После посадки в Улан-Удэ, не выяснив причину недопустимо большого среднего отклонения баранки штурвала, экипаж принимает решение на продолжение рейса. При этом, имея явные признаки отказа поперечного управления в предыдущем полете, формально, без контроля фактического положения элеронов и элеронов-интерцепторов, провел предполетную проверку поперечного управления (см. рис. 2.2).

В результате предполетных проверок поперечного управления, правые элерон и элерон-интерцептор полностью отклонились «вверх». При этом экипаж располагал временем до взлета ~ 6 мин (в процессе руления, на предварительном и исполнительном стартах) и имел возможность визуально определить недопустимо большие отклонения правого элерона-интерцептора.

После отрыва ВС от ИВПП на взлете экипажу для парирования возмущения по крену от полностью отклоненных правого элерона и элерона-интерцептора пришлось отклонить

баранку штурвала влево на углы более 70° , чтобы обеспечить полное отклонение левого элерона и элерона-интерцептора (для их полного отклонения в установившемся режиме достаточно отклонения штурвала на угол $62,5 \pm 3^\circ$, а при дальнейшем отклонении реализуется холостой ход с возрастающими усилиями, см. закон работы поперечного управления с включенным демпфером в приложении к таблице 2.3).

Ввиду баланса поперечных моментов от элеронов управлять самолетом по крену экипажу пришлось небольшим отклонением руля направления (см. рис.П.5.8.1).

В дальнейшем, для обеспечения небольшой управляемости ВС от элеронов, экипаж использовал тот же прием, что и в предыдущем полете, сбалансировав самолет в канале рыскания на углах скольжения отклонением руля направления до $-2,5^\circ$ (см. рис.П.5.8.2).

При производстве захода на посадку в а/п Чита экипаж увеличил отклонение руля направления до $\sim 3^\circ$ (см. рис.П.5.8.3), обеспечив запас поперечной управляемости по эффективным элеронам до $\sim 1,1^\circ$.

Посадка в а/п Чита производилась в простых метеоусловиях, при слабом встречном ветре (~ 2 м/с, см табл.2.2), что обеспечило её нормальное выполнение экипажем в условиях очень малого запаса поперечной управляемости.

ВЫВОДЫ К РАЗДЕЛУ 2.

1. Отказ системы управления правым элероном самолета Ту-154Б RA-85201 произошел на разбеге при взлете в а/п Красноярск 13.02.04г (на $V_{пр}=250$ км/час) и выразился в его одностороннем отклонении вверх от движения баранки штурвала.

2. Экипаж выполнил два полета - «Красноярск – Улан-Удэ» и «Улан-Удэ - Чита», с отказом в управлении правым элероном. При этом элерон и элерон-интерцептор сохраняли постоянное положение соответственно -10° и -18° в 1-ом полете и $-20,3^\circ$ и $-43,9^\circ$ во 2-ом полете.

3. Характеристики боковой устойчивости и управляемости самолета Ту-154Б RA-85201 до отказа управления правым элероном и после устранения отказа соответствовали аналогичным характеристикам ВС-типа Ту-154Б.

В полете с отказавшим управлением правым элероном характеристики боковой устойчивости соответствовали аналогичным характеристикам самолета-типа, а характеристики поперечной управляемости для элеронов (при условии полета без скольжения и без поперечной массовой асимметрии) по её запасам составили $\sim 25\%$ в 1-ом и $\sim 0\%$ во 2-ом полетах по отношению к аналогичным запасам ВС-типа.

4. Отказ поперечного управления правым элероном создал опасную ситуацию, которая, при условии воздействия на ВС значительных, но допустимых в эксплуатации возмущений в боковом канале, с большой вероятностью могла перейти в катастрофическую.

5. Действия экипажа по управлению ВС в 1-ом полете с отказом правого элерона, заключающиеся в создании скольжения на правое крыло отклонением руля направления на $\sim 2,5^\circ$, что увеличило запас поперечной управляемости и позволило использовать автопилот в боковом канале, можно считать правильными.

6. Выполнение экипажем 2-го полета с отказом в управлении элеронами является нарушением требований нормативных документов по безопасности полетов, т.к. экипаж имел явные признаки отказа в предыдущем полете (среднее отклонение баранки штурвала составляло $X_{шт} \geq 25^\circ$, при допустимом $X_{шт}^{доп} \leq 12,5^\circ$) и отказ мог быть идентифицирован при правильном выполнении проверок управления перед вылетом.

Начальник сектора отдела 102

С.н.с. отдела 102



Савыков Г.Д.



Штанько А.А.