

## Экспериментальное исследование влияния способов обработки полосы в зоне цилиндрикоконического отверстия на характеристики ее усталостной долговечности

*Национальный аэрокосмический университет  
им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт»*

Проведено экспериментальное исследование влияния способов обработки полосы в зоне цилиндрикоконического отверстия на ее усталостную долговечность. В результате испытаний на эксплуатационном уровне нагружения  $\sigma_{0 \text{ бр max}} = 130$  МПа установлено, что обработка полосы в зоне цилиндрикоконического отверстия барьерным круговым обжатием или совместным обжатием переходных зон цилиндрикоконического отверстия и круговым барьерным обжатием выше в 7,5 раза усталостной долговечности полосы с цилиндрическим отверстием и в 14,9 раза – полосы с цилиндрикоконическим отверстием.

**Ключевые слова:** усталостная долговечность, полоса, цилиндрикоконическое отверстие, барьерное обжатие.

Одним из приоритетных направлений развития промышленности Украины является создание авиационной техники. В последние десятилетия отмечается увеличение роста конкуренции на мировых рынках авиационных транспортных услуг. Для сохранения конкурентоспособности новой авиационной техники, создаваемой в Украине, необходимо вести новые научные разработки в области проектирования и производства самолетов.

Важным показателем конкурентоспособности самолетов одного класса наряду с минимальным значением их взлетной массы является ресурс планера самолета. Современные самолеты транспортной категории проектируют и изготавливают с учетом заданного ресурса и срока службы, величина которых находится в диапазоне от 10 тысяч полетов (50 тысяч летных часов) для дальних магистральных самолетов до 50 тысяч полетов (80 тысяч летных часов) для самолетов местных воздушных линий при сроке их эксплуатации 25 – 30 лет.

Конструктивные элементы планера самолета с разъемными болтовыми соединениями являются силовыми элементами конструкции планера самолета, определяющими его ресурс. Их долговечность должна быть не менее долговечности неразъемных продольных болтовых соединений силовых элементов планера, выполненных с осевым и радиальным натягами.

В результате анализа конструктивно-технологических особенностей разъемных болтовых соединений силовых элементов конструкции самолетов, работающих на срез, установлено, что они в значительной мере определяют прочность, ресурс, герметичность и массу сборных агрегатов.

Особое место среди них занимают анкерные потайные соединения с самоконтрящимися гайками (рис. 1), которые применяют в конструктивных элементах с односторонним подходом для крепления съемных панелей крыла, оперения и фюзеляжа, крышек люков, носовых и хвостовых частей крыла, оперения, зализов. Образование отверстий под установку хромансильевых болтов диаметров 5...12 мм выполняют в соответствии с РТМ 1.4.1935-89. Сборку соединений проводят в соответствии с Производственной инструкцией.

Анализ литературных источников [1, 2, 3, 4, 5] показал, что в ряде случаев существующие технологические методы обработки являются эффективным средством повышения усталостной долговечности конструктивных элементов с оди-



- ходных зон цилиндрического отверстия (на глубину 0,5 мм) (рис. 3, а),
- обработанных в зоне цилиндрического отверстия круговым барьерным обжатием (глубиной 0,3 мм) (рис. 3, б);
- совместным обжатием переходных зон и круговым барьерным обжатием (рис. 3, в).

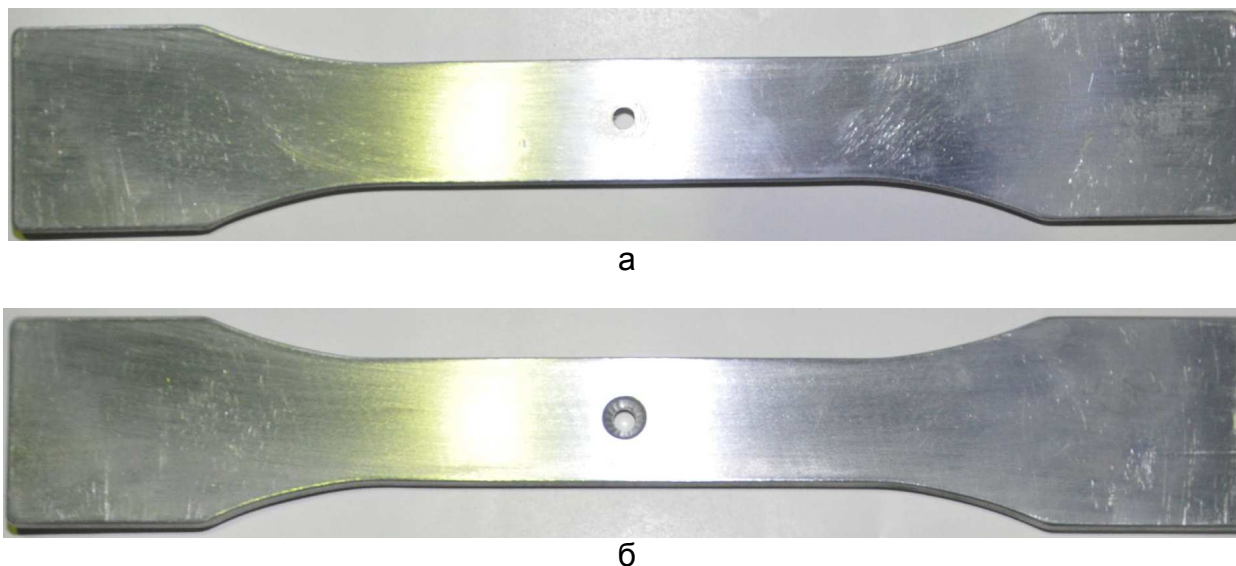


Рис. 2. Образцы для проведения усталостных испытаний полос:  
а – с цилиндрическим отверстием; б – с цилиндрическим отверстием

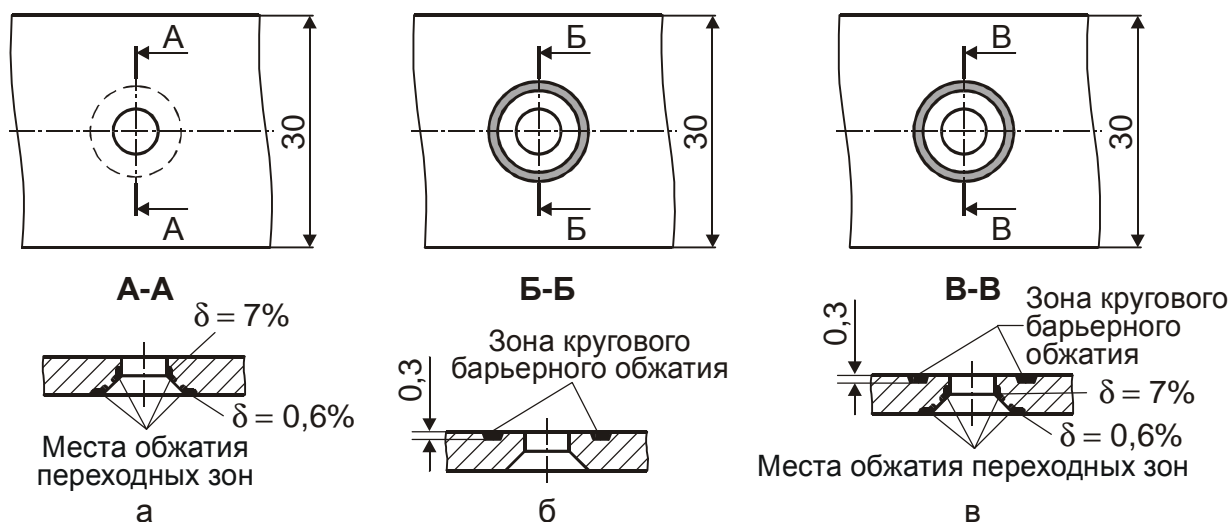


Рис. 3. Варианты обработки полосы в зоне цилиндрического отверстия:  
а – обжатием переходных зон цилиндрического отверстия;  
б – круговое барьерное обжатие; в – совместное обжатие переходных зон и круговое барьерное обжатие

Обжатие переходных зон цилиндрического отверстия, круговое барьерное обжатие, совместное обжатие полос в зоне отверстий проводили на установке ZD 10/90 (рис. 4). Трехмерные модели обжимок для выполнения обжатия переходных зон и кругового барьерного обжатия показаны на рис. 5.



Рис. 4. Установка образца для выполнения совместного локального и барьерного обжатия полосы в зоне цилиндроконического отверстия на установке ZD 10/90

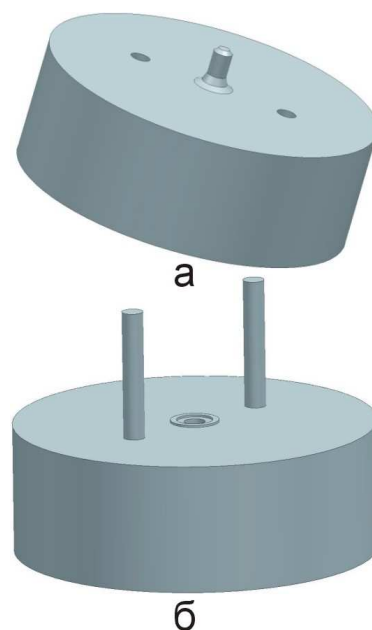


Рис. 5. Трехмерные модели обжимок: а – для обжатия переходных зон; б – кругового барьерного обжатия

Испытания полос проводили на гидравлической установке для усталостных и статических испытаний ЦДМ-10ПУ (рис. 6) на уровне нагружения  $\sigma_{0\text{бр max}} = 130$  МПа в Проблемной научно-исследовательской лаборатории ресурса самолетных конструкций Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт».

Усталостное разрушение полос с цилиндрическим отверстием происходило в сечении по оси отверстия, и оно возникало в зоне конического перехода фаски в цилиндрическую часть отверстия.

Усталостное разрушение полос с цилиндроконическим отверстием, не обработанных и обработанных в зоне отверстия обжатием переходных зон, круговым барьерным обжатием и совместным обжатием, происходило в сечении по оси отверстия, и оно возникало в зоне перехода конической части в цилиндрическую часть отверстия.

Зоны и характер усталостных разрушений исследованных образцов показаны на рис. 7.

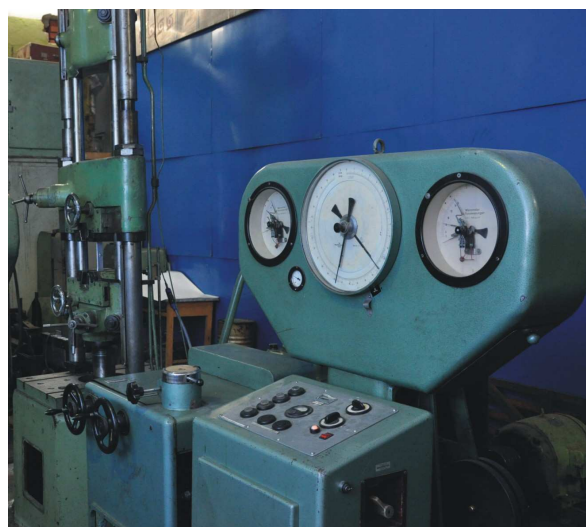


Рис. 6. Установка образца на испытательной машине ЦДМ-10ПУ

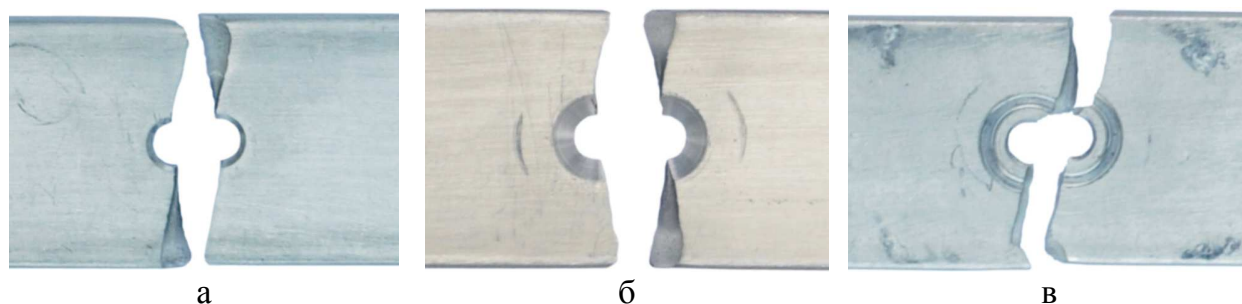


Рис. 7. Характер усталостного разрушения образцов:  
 а – полоса с цилиндрическим отверстием; б – полоса с цилиндрикоконическим отверстием; в – полоса с цилиндрикоконическим отверстием, обработанная в зоне отверстия круговым барьерным обжатием

Результаты усталостных испытаний показаны в виде номограммы на рис. 8.

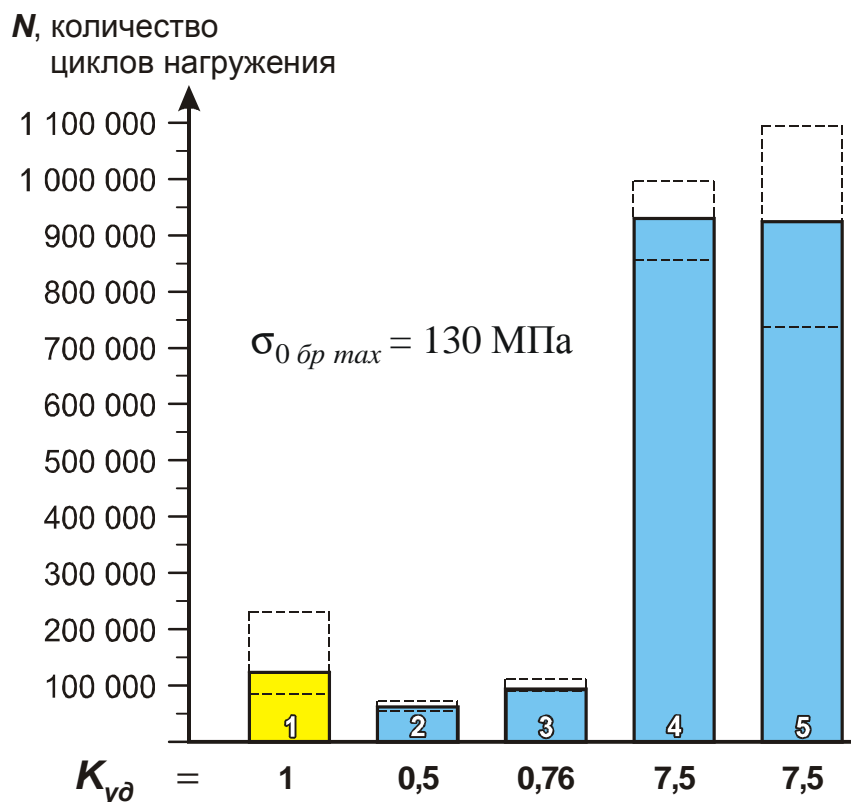


Рис. 8. Влияние способов обработки полосы в зоне цилиндрикоконического отверстия на характеристики усталостной долговечности образцов на эксплуатационном уровне нагружения  $\sigma_{0 \text{ бр max}} = 130$  МПа:

- 1 – полосы с цилиндрическим отверстием; 2 – полосы с цилиндрикоконическим отверстием; 3 – полосы с цилиндрикоконическим отверстием, обработанной в зоне отверстия обжатием переходных зон цилиндрикоконического отверстия;
- 4 – полосы с цилиндрикоконическим отверстием, обработанной в зоне отверстия круговым барьерным обжатием; 5 – полосы с цилиндрикоконическим отверстием, обработанной в зоне отверстия совместным обжатием переходных зон и круговым барьерным обжатием

На номограмме представлен также коэффициент увеличения усталостной долговечности образцов  $K_{y\partial} = N_{эл} / N_{пл с отв}$ , где  $N_{эл}$  – усталостная долговечность конструктивно-технологических вариантов образцов;  $N_{пл с отв}$  – усталостная долговечность полосы с цилиндрическим отверстием.

Полученные при проведении экспериментальных исследований по определению влияния способов обработки полосы в зоне цилиндроконического отверстия на характеристики ее усталостной долговечности результаты будут использованы в дальнейших исследованиях на образцах, моделирующих продольные соединения разъемных болтовых соединений.

### Выводы

В результате проведения усталостных испытаний установлено:

- усталостная долговечность полосы с цилиндроконическим отверстием составляет 0,5 усталостной долговечности полосы с цилиндрическим отверстием;
- усталостная долговечность полосы с цилиндроконическим отверстием, обработанной в зоне отверстия обжатию переходных зон, составляет 0,75 усталостной долговечности полосы с цилиндрическим отверстием;
- усталостная долговечность полосы с цилиндроконическим отверстием, обработанной в зоне отверстия барьерным круговым обжатию или совместным обжатию переходных зон цилиндроконического отверстия и круговым барьерным обжатию, выше в 7,5 раза усталостной долговечности полосы с цилиндрическим отверстием и в 14,9 раза полосы с цилиндроконическим отверстием.

### Список литературы

1. Обеспечение ресурса высоконагруженных элементов конструкции планера самолета с функциональными отверстиями / Г.А. Кривов, В.А. Матвиенко, Р.И. Гирш и др. // Технологические системы. – К.: УкрНИИАТ. – 2009. – Вып. 5 (49). – С. 94 – 100.
2. Современные технологии агрегатно-сборочного производства самолётов / А.И. Пекарш, Ю.М. Тарасов, Г. А. Кривов и др. – М.: Аграф-пресс, 2006. – 304 с.
3. Сопротивление усталости элементов конструкций / А.З. Воробьев, Б.И. Олькин, В.Н. Стебнев и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 240 с.
4. Технология выполнения высокоресурсных соединений / В.Ф. Пширков, Я.Н. Робаковский, А.С. Тарасов и др. – М.: ЦАГИ, 1980. – 171 с.
5. Экспериментальные исследования влияния конструктивных и технологических факторов на выносливость типовых элементов авиационных конструкций / Б.И. Олькин, Н.И. Гильванова, Т.С. Родченко и др. // Труды ЦАГИ. – 1980. – 86 с.

**Рецензент:** к-т техн. наук, доцент.,  
начальник конструкторского отдела Е.Т. Василевский,  
Государственное предприятие «АНТОНОВ», Киев.

Поступила в редакцию 03.05.10.

## **Експериментальне дослідження впливу способів оброблення полоси в зоні циліндроконічних отворів на характеристики її втомної довговічності**

Проведено експериментальне дослідження впливу способів оброблення полоси в зоні циліндроконічного отвору на її втомну довговічність. У результаті випробувань на експлуатаційному рівні навантаження  $\sigma_{0 \text{ бр max}} = 130$  МПа встановлено, що оброблення полоси в зоні циліндроконічного отвору бар'єрним коловим обтисненням або спільним обтисненням перехідних зон циліндроконічного отвору та коловим бар'єрним обтисненням вище в 7,5 раза втомної довговічності полоси з циліндричним отвором і в 14,9 раза – полоси з циліндроконічним отвором.

**Ключові слова:** втомна довговічність, полоса, циліндроконічний отвір, бар'єрне обтиснення.

## **Experimental investigation of influence of flat bar processing technique in zone of cylindrical-conical hole on properties of its fatigue durability**

Influence of flat bar processing technique in the zone of cylindrical-conical hole on properties of its fatigue durability has been experimentally investigated. Due to the test results performed with the operational loading level of  $\sigma_{0 \text{ бр max}} = 130$  МПа, it has been established the flat bar processing in the zone of the cylindrical-conical hole by the barrier circular compression or combined compression of the cylindrical-conical hole transition zones and circular barrier compression is 7,5 times higher in compare with the fatigue durability of the flat bar with the cylindrical hole and 14,9 times higher in compare with the cylindrical-conical hole.

**Keywords:** fatigue durability, flat bar, cylindrical-conical hole, barrier compression.