

УДК 629.735.33.025.7.01:621.787

А. Г. Гребеников, А. К. Мялица, А. М. Гуменный,
В. М. Андрущенко, А. С. Чумак, Л. Ю. Буйвал, С. С. Капустин

Влияние типа заклепок на герметичность образцов заклепочных соединений пластин с заполненными незагруженными отверстиями

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

Исследовано влияние типа заклепок на герметичность образцов пластин с заполненными незагруженными отверстиями. Разработана конструкция образцов с их последующим изготовлением на Харьковском авиационном государственном производственном предприятии. Проведены экспериментальные исследования на герметичность образцов с потайными заклепками ОСТ 1 34100-80 и заклепками с плоско-скругленными головками ОСТ 1 34078-85 при наличии герметика УЗ0МЭС-5М и без него и представлены результаты этих исследований.

Ключевые слова: образцы пластин с заполненными незагруженными отверстиями, потайная заклепка, заклепка с плоско-скругленной головкой, статическое нагружение, герметичность соединений.

Отличительной особенностью современного самолётостроения является широкое применение тонких обшивок в соединениях планера легких самолетов.

Использование обшивок толщиной менее 1,2 мм создает проблему в обеспечении качества потайных заклепочных соединений, так как применяющиеся в настоящее время заклепки с потайной головкой $\angle 90^\circ$ и $\angle 120^\circ$ с диаметром стержня 3 мм имеют высоту закладной головки, равную 1,3 мм и 1,1 мм соответственно [1]. Поэтому для тонких обшивок толщиной менее 1,2 мм при использовании потайных заклепок диаметром 3 мм и более гнезда под закладные головки необходимо образовывать подштамповкой [2]. Влияние этой технологии постановки потайных заклепок на герметичность соединений по сравнению с герметичностью соединений, выполненных заклепками с плоско-скругленной головкой, исследовано недостаточно.

Для легких самолетов актуальна возможность использования внутренних полостей в крыльях, выполненных из алюминиевых сплавов, для размещения в них топлива. Соответственно исследование герметичности соединений крыльев, выполненных разными типами заклепок, представляет интерес для разработки рекомендаций конструкторам и технологам по обеспечению герметичности таких соединений.

Целью данной работы является исследование влияния типа заклепок на герметичность образцов пластин с заполненным незагруженным отверстием, моделирующих соединения тонких обшивок крыла легкого пассажирского самолета в зоне расположения топливного бака.

Исследование проведено на образцах пластин с заполненными заклепками незагруженными отверстиями с одной и тремя накладками, моделирующими заклепочные соединения обшивок со стрингерами и нервюрами

Для испытаний по определению влияния типа заклепок и герметика в заклепочных соединениях на характеристики их герметичности при статическом нагружении разработана конструкция образцов с их последующим изготовлением на Харьковском авиационном государственном производственном предприятии (ХГАПП). Изготовлены образцы с одной и тремя накладками из листа 1163АТл0,8

Геометрические размеры образцов с тремя накладками, соединения в которых выполнены потайными заклепками и заклепками с плоско-скругленной головкой, показаны на рис. 1.

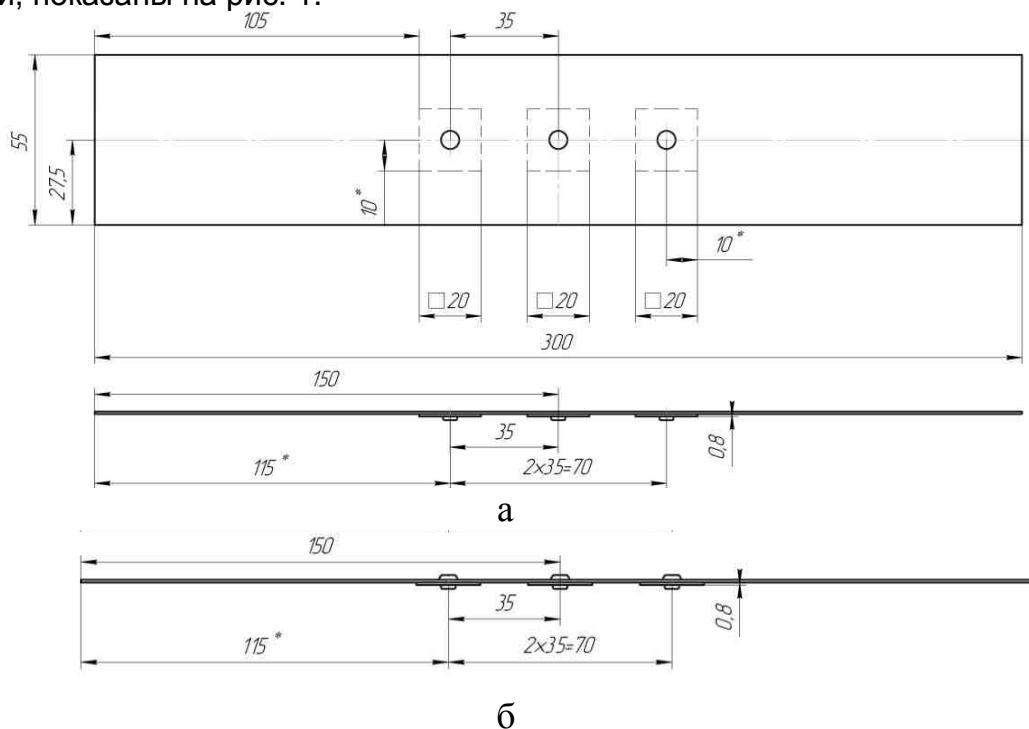


Рис. 1. Фрагмент чертежа образцов соединения с тремя накладками: а – с потайными заклепками; б – с заклепками с плоско-скругленной головкой

Геометрические размеры образцов с одной накладкой, соединения в которых выполнены потайными заклепками и заклепками с плоско-скругленной головкой, показаны на рис. 2 и 3.

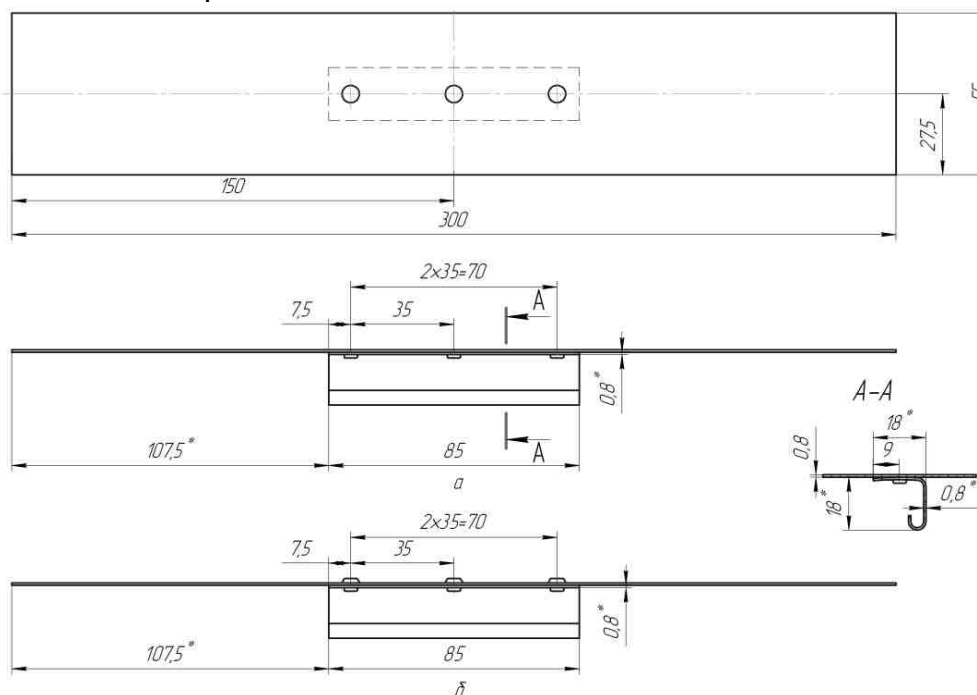


Рис. 2. Фрагмент чертежа соединения с одной накладкой и шагом заклепок 35 мм: а – с потайными заклепками; б – с заклепками с плоско-скругленной головкой

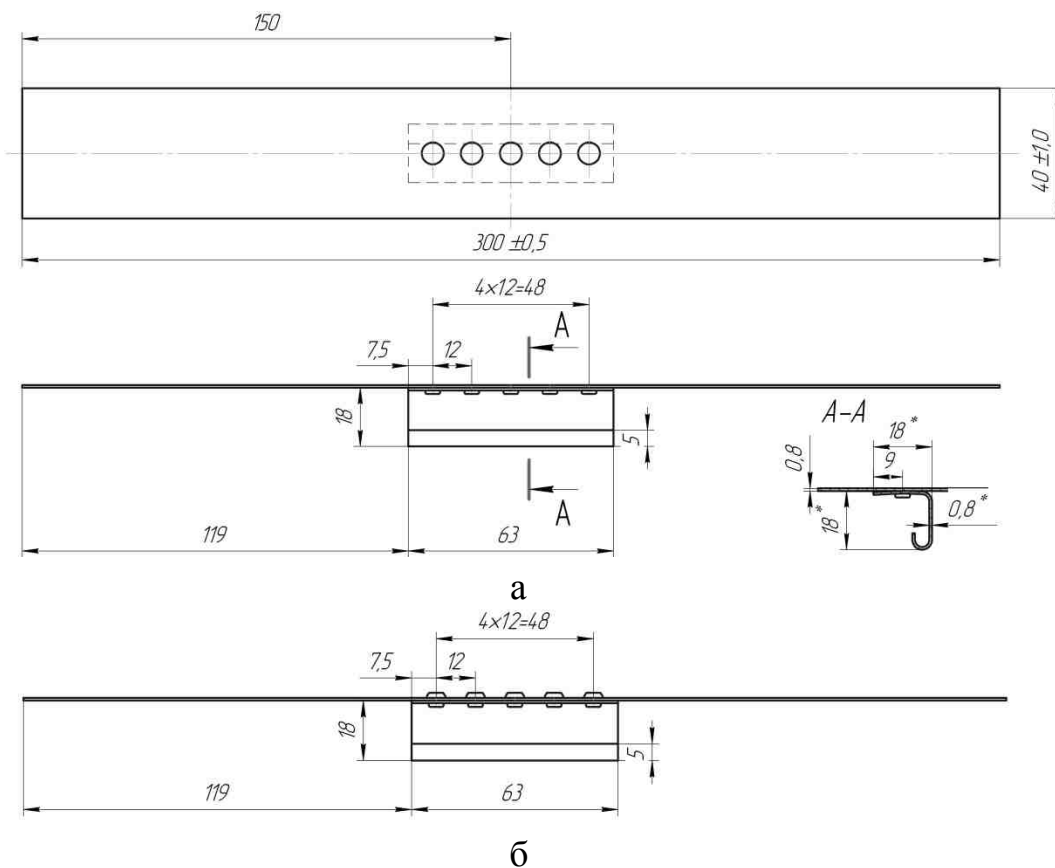


Рис. 3. Фрагмент чертежа соединения с одной накладкой и шагом заклепок 12 мм: а – с потайными заклепками; б – с заклепками с плоско-скругленной головкой

Испытания на герметичность при статическом нагружении проведены с учетом ГОСТ 24054-80 «Изделия машиностроения и приборостроения. Методы испытаний на герметичность. Общие требования», ОСТ 1 00128-74 «Герметичность изделий. Нормы» и ОСТ 1 41352-2001 «Системы гидротопливные. Контроль герметичности керосино-меловым методом» [3, 4, 5].

В качестве крепежных элементов использованы потайные заклепки 3-5-Ан. Окс-ОСТ 1 34100-80 и заклепки с плоско-скругленной головкой 3-5-Ан. Окс-ОСТ 1 34078-85 [6, 7].

Соединения конструктивных элементов с потайными заклепками выполняли с образованием гнезд под заклепки подштамповкой по ТПИ-1033 "Клепка металлических конструкций" [2]. Исследованы образцы с внутришовным герметиком УЗ0МЭС-5М, ТУ38 1051436-88 (шпательный по 148ТИ 16-501-02) [8] и без него.

Исследуемые образцы соединений разделяли на три группы, состоящие из четырех подгрупп (по три образца в каждой подгруппе), обозначения которых назначали в соответствии с типом соединения, видом испытания, типом заклепки и наличием герметика:

1) соединения с тремя накладками:

- без герметика, выполненное потайными заклепками: № 7.2-П-Гр (рис. 1, а),
- с герметиком, выполненное потайными заклепками: № 7.2-ПГ-Гр (рис. 1, а),

- без герметика, выполненное заклепками с плоско-скругленной головкой:
№ 7.2-В-Гр (рис. 1, б),
 - с герметиком, выполненное заклепками с плоско-скругленной головкой:
№ 7.2-ВГ-Гр (рис. 1, б);
- 2) соединения с одной накладкой с шагом заклепок 12 мм:
- без герметика, выполненное потайными заклепками: № 7.4-П12-Гр (рис. 3, а),
 - с герметиком, выполненное потайными заклепками: № 7.4Г-П12-Гр (рис. 3, а),
 - без герметика, выполненное заклепками с плоско-скругленной головкой:
№ 7.4-В12-Г (рис. 3, б),
 - с герметиком, выполненное заклепками с плоско-скругленной головкой:
№ 7.4Г-В12-Гр (рис. 3, б);
- 3) соединения с одной накладкой с шагом заклепок 35 мм:
- без герметика, выполненное потайными заклепками: № 7.3-П35-Гр (рис. 2, а),
 - с герметиком, выполненное потайными заклепками: № 7.4Г-П12-Гр (рис. 2, а),
 - без герметика, выполненное заклепками с плоско-скругленной головкой:
№ 7.3-В35-Гр (рис. 2, б),
 - с герметиком, выполненное заклепками с плоско-скругленной головкой:
№ 7.3Г-В35-Гр (рис. 2, б).

Испытания образцов при статическом нагружении вдоль их продольной оси проводили на универсальной электромеханической разрывной машине ZD 10/90 в Проблемной научно-исследовательской лаборатории ресурса самолетных конструкций Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт».

Исследование образцов осуществляли жидкостным методом испытания на герметичность с пробным веществом – бензином А-95.

Для создания избыточного давления топлива применяли приспособление, состоящее из емкостей, соединенных гибким шлангом. При этом емкость из оргстекла размещали на образце, а прокладка, обеспечивающая герметичность и свободу перемещения образца при удлинении, – между емкостью из оргстекла и образцом (рис. 5). Необходимый прижим обеспечивался четырьмя струбцинами.

Избыточное давление топлива $P_{изб} = 0,11$ атм, создавалось путем поднятия емкости с пробным веществом на расчетную высоту (1,4 м) относительно зачетной зоны образца.

Негерметичность в зоне соединений выявляли вследствие потемнения наносимого на наружную поверхность образцов перед началом испытаний водного раствора мела.



Рис. 4. Вид образца для испытаний в захватах электромеханической разрывной машины ZD-10/90



Рис. 5. Вид образца для испытаний на герметичность в захватах электромеханической разрывной машины ZD-10/90

В испытательной машине ZD-10/90 образцы нагружали на растяжение ступенчато одноосными нагрузками P с шагом $\Delta P = 500$ Н и/или $\Delta P = 1000$ Н и временем выдерживания на каждом уровне нагружения 5 мин.

Для соединений с потайными заклепками с герметиком и без него максимальная разрушающая нагрузка составила $P_{разр.н} = 14400$ Н, обеспечивающая в сечении брутто напряжение $\sigma_{бр.н} = 391,1$ МПа. Для соединений, выполненных заклепками с плоско-скругленными головками с герметиком и без него максимальная разрушающая нагрузка, обеспечивающая в сечении брутто напряжение $\sigma_{бр.нс} = 370,08$ МПа, составила $P_{разр.нс} = 14350$ Н.

В процессе нагружения образцов фиксировали моменты появления запотеваний, течей, интенсивность их изменений до разрушения и/или принимали решение о дальнейшем нагружении.

На рис. 6 показаны контуры пятна от течи бензина по двум верхним отверстиям образца второй группы № 7.4-П12-Гр на уровнях нагружения с $P = 12\ 000$ Н и $P = 12\ 500$ Н

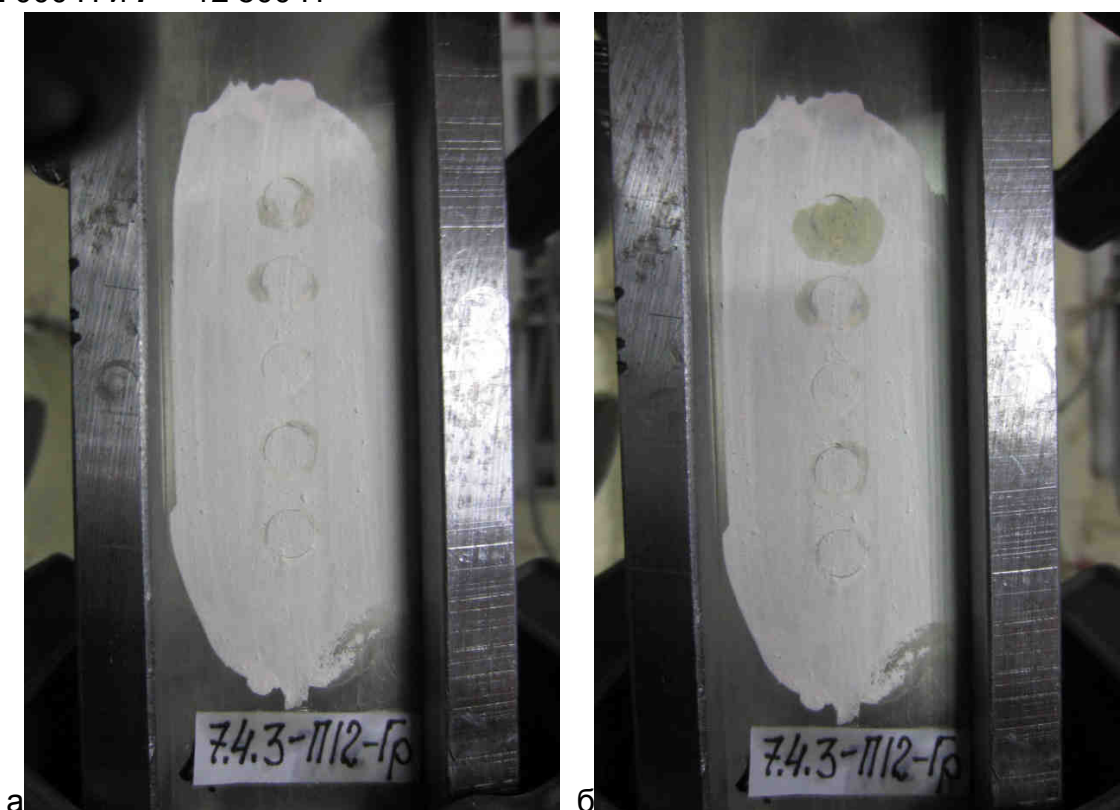


Рис. 6. Изменения контура пятен от течи бензина в области двух верхних отверстий образца второй группы № 7.4-П12-Гр на уровнях нагружения с $P = 12\ 000$ Н (поз. а) и $P = 12\ 500$ Н (поз. б)

На рис. 7 показаны контуры пятен от течи бензина одного из образцов второй группы № 7.4-П12-Гр на уровнях нагружения с $P = 12\ 000$ Н и $P = 12\ 500$ Н. На рисунке видно, что на уровне нагружения с $P = 12\ 000$ Н проявилась течь бензина по второму снизу отверстию, течь по верхнему отверстию отсутствует. На уровне нагружения с $P = 13\ 000$ Н размер пятна от течи по второму снизу отверстию значительно увеличился. При этом появилось пятно от течи бензина по верхнему отверстию.

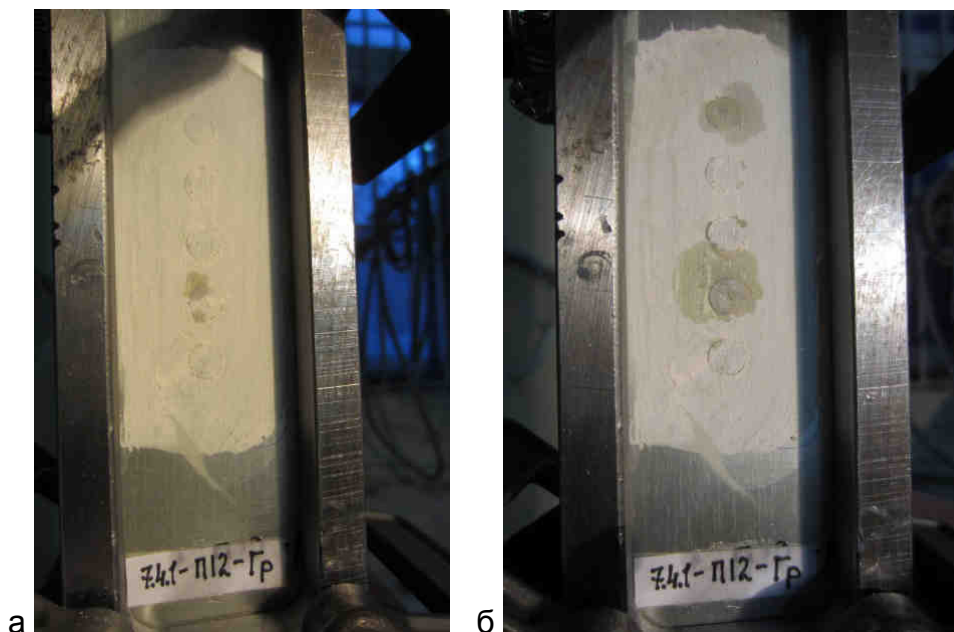


Рис. 7. Характер пятен от течи бензина на образце второй группы № 7.4-П12-Гр на уровнях нагружения с $P = 10\ 000$ Н (поз. а) и $P = 13\ 000$ Н (поз. б)

Характер разрушения образцов показан на примере образца 7.2.2-ПГ-Гр соединения с потайными заклепками и герметиком на рис. 8, и образца 7.2.5-ВГ-Гр соединения, выполненного заклепками с плоско-скругленными головками с герметиком, на рис. 9.



Рис. 8. Характер разрушения образца первой группы № 7.2.2-ПГ-Гр в сечении по оси отверстия крайнего ряда при $P = 14\ 400$ Н



Рис. 9. Характер разрушения образца первой группы № 7.2.5-ВГ-Гр в сечении по оси отверстия крайнего ряда при $P = 14\ 350$ Н

Анализ результатов испытаний показал, что герметичность соединений с внутришовным герметиком, выполненных потайными заклепками с образованием гнезд под заклепки подштамповкой, соблюдается до напряжения $\sigma_{бр} = 353,3$ МПа, превышающего напряжение $\sigma_{бр} = 347$ МПа, при котором наступает потеря герметичности соединений с герметиком, выполненных заклепками с плоско-скругленными головками.

Выводы

Проведены экспериментальные исследования на герметичность трех групп четырех подгрупп образцов пластин с заполненными незагруженными отверстиями с одной и тремя накладками из листа 1163АТл0,8.

В результате испытаний получено, что при наличии внутришовного герметика У30МЭС-5М герметичность образцов пластин с заполненным незагруженным отверстием, выполненных потайными заклепками с образованием гнезд под закладные головки подштамповкой, соблюдается до напряжения $\sigma_{бр} = 353,3$ МПа и практически равна герметичности образцов, выполненных заклепками с плоско-скругленной головкой, потеря герметичности которых зафиксирована при $\sigma_{бр} = 347$ МПа.

Список литературы

1. Ограничитель крепежных стандартных изделий / В. А. Гребеников, А. М. Гуменный, В. Н. Желдоченко и др. - Учебное пособие. – Харьков: Нац. аэрокосмический ун-т “Харьк. авиац. ин-т”, 2006. – 270 с.
2. ТПИ-1033. Клепка металлических конструкций. – 4-е изд. – Х.: ХГАПП. – 68 с.
3. ГОСТ 24054-80. Изделия машиностроения и приборостроения. Методы испытаний на герметичность. Общие требования. – Введ. 28.03.1980. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам: Изд-во стандартов, 1980. – 21 с.
4. ОСТ 1 00128-74. Герметичность изделий. Нормы. – Введ. 01.01.1978. – 7 с.
5. ОСТ 1 41352-2001. Системы гидротопливные. Контроль герметичности керосино-меловым методом. – Взамен ОСТ 1 41352-72; введ. 01.01.2002. – М.: ОАО НИАТ, 2002. – 9 с.
6. ОСТ 1 34096-80 ÷ ОСТ 1 34101-80. Заклепки с потайной головкой $\angle 120^\circ$. Конструкция и размеры. – Взамен 3547А ÷ 3552А; введ. 01.07.1986. – 6 с.
7. ОСТ 1 34073-85 ÷ ОСТ 1 34083-85. Заклепки с плоско-скругленной головкой. Конструкция и размеры. – Введ. 01.07.1986. – 14 с.
8. ТУ 38-1051436-88. Герметик тиоколовый У-30МЭС-5М. – Введ. 01.10.1988. – 28 с.

Поступила в редакцию 14.03.2017

Вплив типу заклепок на герметичність зразків заклепочних з'єднань пластин із заповненими незавантаженими отворами

Досліджено вплив типу заклепок на герметичність зразків пластин із заповненими незавантаженими отворами. Розроблено конструкцію зразків з їх подальшим виготовленням на Харківському авіаційному державному виробничому підприємстві. Проведено експериментальні дослідження на герметичність зразків із потайними заклепками ОСТ 1 34100-80 і заклепками з плоско-скругленими головками ОСТ 1 34078-85 з герметиком У30МЕС-5М і без нього і наведено результати цих досліджень.

Ключові слова: зразки пластин із заповненими незавантаженими отворами, потайна заклепка, заклепки з плоско-скругленою головкою, статичне навантаження, герметичність з'єднань.

Influence of the Rivet Type on the Tightness of the Riveted Specimens of Plates with Filled Unloaded Holes

The influence of the rivet type on the tightness of the plate samples with filled unloaded holes was investigated. The design of the samples was developed with their subsequent manufacture at the Kharkov Aviation State Production Enterprise. Experimental studies on the tightness of samples with blind rivets OST 1 34100-80 and rivets with flat-rounded heads OST 1 34078-85 with a sealant U30MES-5M and without it have been carried out and the results of these studies are presented.

Key words: samples of plates with filled unloaded holes, blind rivet, rivet with flat-rounded head, static loading, tightness of joints.

Сведения об авторах:

Александр Григорьевич Гребеников – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой 103 «Проектирование самолетов и вертолетов», Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина.

Анатолий Константинович Мялица – д-р техн. наук, профессор, Украина.

Андрей Михайлович Гуменный – канд. техн. наук, доцент кафедры 103 «Проектирование самолетов и вертолетов», Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина.

Владимир Михайлович Андрущенко – ст. научн. сотрудник, канд. техн. наук, доцент кафедры 103 «Проектирование самолетов и вертолетов», Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина.

Антон Сергеевич Чумак – мл. научн. сотрудник кафедры 103 «Проектирование самолетов и вертолетов», Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина.

Лилия Юрьевна Буйвал – аспирант кафедры 103 «Проектирование самолетов и вертолетов», Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина.

Сергей Семенович Капустин – зав. лабораторией кафедры 103 «Проектирование самолетов и вертолетов», Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина.