

УДК 621.9.06-119

Матвиенко В.А.<sup>1</sup>, Рудько А.Н.<sup>1</sup>, Братухин В.А.<sup>2</sup>, Куличенков В.А.<sup>2</sup><sup>1</sup> ОАО «Украинский научно-исследовательский институт авиационной технологии». Украина, г. Киев.<sup>2</sup> ОАО «НОРМАЛЬ». Российская Федерация, г. Нижний Новгород

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВЫПОЛНЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ КРЕПЕЖОМ С ТАРИРОВАННОЙ ЗАТЯЖКОЙ

*В статье представлен опыт разработки технологии выполнения соединений новым типом крепежа — крепежом с тарированной затяжкой по ОСТ 1 00750. Указаны основные конструктивно-технологические особенности крепежа. Описаны процедура и содержание выполненных опытно-конструкторско-технологических работ, представлены основные результаты.*

*Ключевые слова:* крепеж; тарированная затяжка; технология; запрессовка; переходная посадка; полимерный композиционный материал; свинчивание.

Особое внимание, которое в процессе создания авиационной техники, в частности планера самолета (вертолета), уделяется выбору крепежных систем для выполнения соединений, объясняется следующим:

- увеличением заявленного ресурса планера самолета в целом и, соответственно, его сборных частей;
- увеличением в массе планера самолета доли полимерных композиционных материалов (ПКМ), которые обуславливают особые требования к конструкции крепежных систем и соединений в целом;
- стремлением к достижению весовой эффективности авиационных конструкций;
- снижением трудовых затрат на производство агрегатов планера в целом и выполнение соединений, в частности, как одного из наиболее трудоемких этапов сборки;
- стремлением к повышению уровня автоматизации агрегатно-сборочного производства.

В сфере разработки и производства авиационных крепежных систем работает достаточно широкий круг компаний (Alcoa Fastening Systems, Lisi Aerospace, Voi-Shan Divivision, Standard pressed steel Corp., Air Industries Co., Huck International, SPS Technologies, Fairchild Aerospace Fastener Division, West Coast Aerospace Inc., Blanc Aero Industries UK Limited, Huck S.A., Blanc Aero S.A., Tokyo Screw Company и др.), расположенных в разных регионах мира и специализирующихся на разработке и выпуске различных типов этой продукции.

Несмотря на то, что продукция этих компаний насчитывает сотни наименований, работы по созда-

нию новых крепежных систем, соответствующих современным тенденциям совершенствования конструкции и технологии производства самолетов и вертолетов, продолжают.

К таким крепежным системам относятся болты с тарированной затяжкой. Тарированное усилие сжатия собираемого пакета этим крепежом обеспечивается за счет достижения стабильной точности величины крутящего момента при завершении процесса свинчивания болта и гайки (рис. 1). Реализация этого условия является одним из основных условий высокой усталостной прочности конструкции в зоне соединения.

Первой крепежной системой данного типа является крепеж Hi-Lok компании Hi-Shear. В результате совершенствования базовой версии зарубежными компаниями выпускается гамма крепежных систем этого типа: Hi-Tigue, Hi-Lite, Veri-Lite, Aero-Lite.

Болты с тарированной затяжкой по ОСТ 1 00750, разработанные АО «НОРМАЛЬ» (РФ, г. Нижний

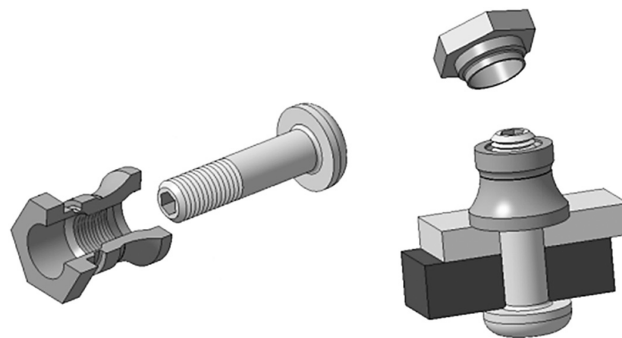
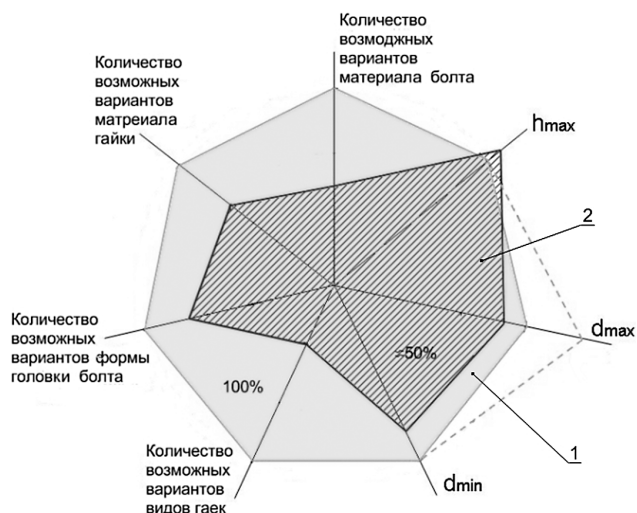


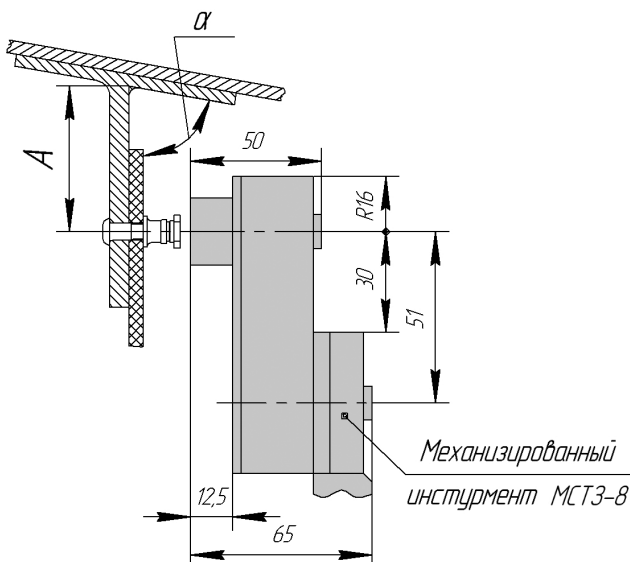
Рис. 1. Крепежная система с тарированной затяжкой



**Рис. 2.** Анализ комплекса свойств крепежных систем с тарированной затяжкой:  
 1 – зарубежный крепеж (Hi-Lok, Hi-Tigue, Hi-Lite, Veri-Lite, Aero-Lite);  
 2 – крепежа по ОСТ 1 00750;  
 $d_{\min}$  – минимальный диаметр болта;  
 $d_{\max}$  – максимальный диаметр болта;  
 $h_{\max}$  – максимальная толщина соединяемого пакета



**Рис. 3.** Базовая модель механизированного инструмента МСТ3-8



**Рис. 4.** Геометрические параметры инструмента типа МСТ3-8 и зон конструкции планера с ограниченными подходами (A – расстояние от оси отверстия до стенки,  $\alpha$  – угол малки)

Новгород), относятся к данному типу крепежа. Проведенный специалистами АО «НОРМАЛЬ» и АО «Украинский научно-исследовательский институт авиационной технологии» (УкрНИИАТ) сравнительный анализ [1,2] технических характеристик этого крепежа и зарубежных аналогов, подтверждает высокий уровень их соответствия (рис. 2).

Опыт ведущих зарубежных производителей показывает, что успешному внедрению в конструкции изделий авиационной техники новых образцов крепежных систем способствует продвижение на рынок комплекта продуктов: крепеж, инструмент для его постановки и технология выполнения соединений.

Специалистами АО «НОРМАЛЬ» и УкрНИИАТ выполнен комплекс опытно-конструкторско-технологических работ (ОКТР), направленных на реализацию этой тенденции в отношении крепежа по ОСТ 1 00750.

Планирование ОКТР проводилось с учетом следующих обстоятельств, связанных с возможной сферой применения данного крепежа:

- сборка агрегатов планера пассажирских самолетов нового поколения;
- преимущественно соединения, содержащие элементы из полимерных композиционных материалов (ПКМ);
- наиболее широко применяемые диаметры крепежных элементов в высоконагруженных зонах конструкции планера гражданских самолетов – 5,0; 6,0; 8,0 мм.

В рамках выполнения ОКТР был спроектирован, изготовлен и апробирован механизированный инструмент МСТ3-8 (рис. 3). Инструмент предназначен для свинчивания болтов диаметром 5; 6; 8 мм как в зонах конструкции агрегатов планера со свободными подходами, так и в зонах с ограниченными подходами (рис. 4).

При проектировании инструмента для свинчивания болта с тарированной затяжкой и гайки, по аналогии с зарубежными компаниями Alcoa Fastening Systems, Hi-shear и др., выпускающими крепежные системы и механизированный инструмент для их постановки, специалистами АО «НОРМАЛЬ» и УкрНИИАТ было принято решение разработать только насадку и использовать апробированный двигатель мирового лидера – компании Atlas Copco. Данное решение позволяет:

- обеспечить высокую надежность работы инструмента;
- уменьшить затраты на проектирование, изготовление и эксплуатацию инструмента;
- сократить сроки проектирования и изготовления инструмента.

Апробированный инструмент может быть использован в качестве базовой модели для создания семейства инструментов этого типа (рис. 5).

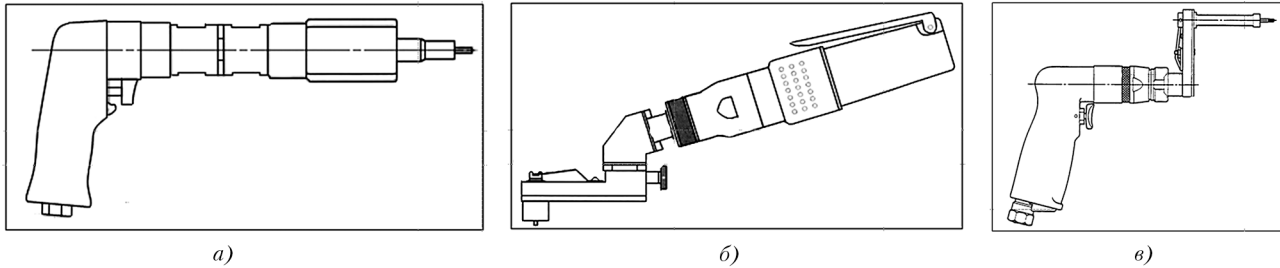


Рис. 5. Конструктивные компоновки гаммы инструмента для свинчивания крепежа с тарированной затяжкой по ОСТ 1 00750 76:  
а) – прямая; б) – угловая; в) – Z-образная

Комплекс работ, направленный на разработку технологии выполнения соединений, предусматривал отработку следующих технологических операций:

- обработка отверстий под болты;
- установка болтов в отверстия по переходной посадке;
- свинчивание болта и гайки.

В соответствии с «Программой экспериментальных работ по отработке технологии выполнения соединений крепежом с тарированной затяжкой по ОСТ 1 00750» апробировано и исследовано:

- использование режущего инструмента (сверл, разверток, протяжек, зенковок) ведущих мировых производителей (Sandvik, Precor, Guhring), а также инструмента, изготовленного по отраслевым стандартам (рис. 6);
- обработка отверстий методом сверления, механизированного развертывания, механизированного протягивания с вращением режущего инструмента;
- использование ручного механизированного и автоматизированного (сверлильные машины с автоматической подачей) инструмента для обработки отверстий компаний УкрНИИАТ, Atlas Copco, Rod Craft, Desoutter (рис. 7);
- особенности обработки отверстий в однородных пакетах и пакетах, содержащих детали из полимерных композиционных материалов, титановых, алюминиевых сплавов;
- особенности обработки отверстий в деталях из ПКМ с различными прочностными свойствами.

Учитывая, что ОСТ 1 00750 предусматривает возможность постановки болтов в отверстия как по посадке с зазором Н9/h10, так и по переходной посадке Н9/m8 (соответствует максимальной относительной величине натяга 0,44%), отработка технологической операции установки болтов в отверстия производилась методом запрессовки при различных вариантах используемых антифрикционных покрытий и технологических смазок (рис. 8).

Результаты отработки технологической операции свинчивания крепежа с тарированной затяжкой по ОСТ 1 00750 и апробации механизированно-

го инструмента МСТЗ-8 свидетельствуют о следующем – в 100% случае обеспечивается:

- отрыв шестигранника гайки при достижении нормативного крутящего момента;



а)



б)

Рис. 6. Режущий инструмент компаний Sandvik и Guhring, использованный для проведения ОКТР:

а) – сверла; б) – развертки

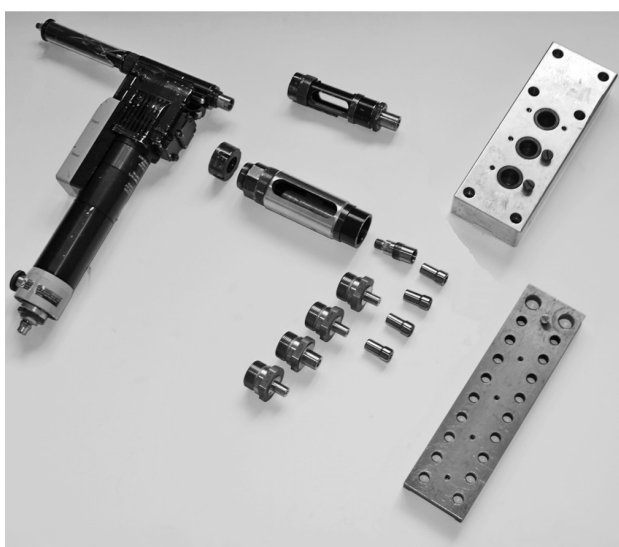




а)

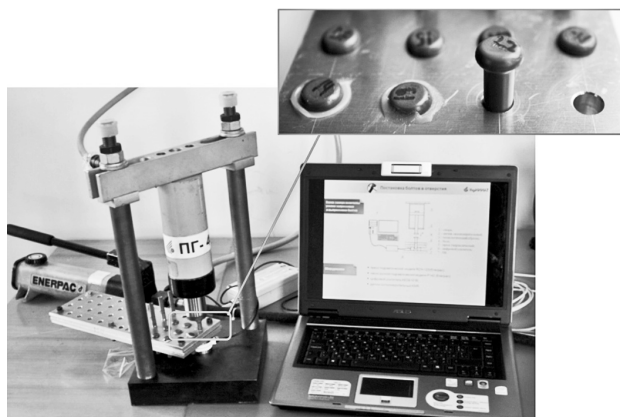


б)



в)

**Рис. 7.** Ручной механизированный и автоматизированный инструмент, использованный при проведении ОКТР:  
 а) – сверлильные и развертывающие машины; б) протяжные машины типа МПВ; в) – сверлильная машина с автоматической подачей



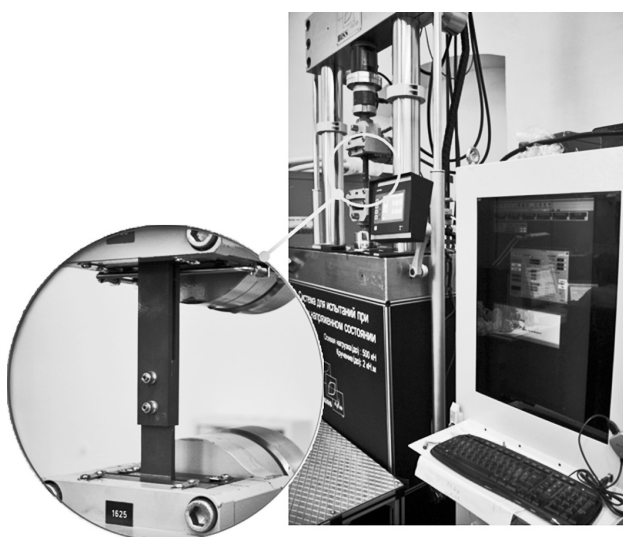
**Рис. 8.** Отработка технологии постановки болтов в отверстия по переходной посадке Н9/м8

- отсутствие проворота болта в процессе свинчивания его с гайкой;
- отсутствие повреждений деталей собираемого пакета.

С целью проверки и подтверждения правильности рекомендуемых параметров технологического процесса выполнения соединений проведены усталостные испытания экспериментальных образцов соединений (рис. 9).

Результаты ОКТР обобщены в разработанном корпоративном нормативном документе ОАО «НОРМАЛЬ» «Выполнение болтовых соединений с тарированной затяжкой по ОСТ 1 00750», оформленном в формате Технологических рекомендаций (ТР).

Разработанные ТР предназначены для использования при проектировании сборочных частей планера самолета (вертолета) и разработке технологических процессов их сборки, в частности,



**Рис. 9.** Усталостные испытания образцов соединений, выполненных с использованием крепежа с тарированной затяжкой по ОСТ 1 00750

выполнения соединений с использованием крепежа с тарированной затяжкой по ОСТ 1 00750.

#### Литература:

[1] Матвиенко В.А., Рудько А.Н., Братухин В.А. Крепежные системы для соединений элементов кон-

струкции планера самолетов нового поколения. // Технологические системы, №5(49). – К., 2009.

[2] Братухин В.А., Братухин А.В. Конструкции и технологии крепежных систем авиационной техники. // Наука и технологии в промышленности, №4 – М.:Русинтер, 2011.

*Matvienko V.A.<sup>1</sup>, Rudko A.N.<sup>1</sup>, Bratuhin V.A.<sup>2</sup>, Kulichenkov V.A.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Ukrainian Research Institute of Aviation Technology, JSC. Ukraine, Kiev

<sup>2</sup> Joint-stock company «NORMAL». Russia, Nizhny Novgorod

### TECHNOLOGY DEVELOPMENT FOR MAKING JOINTS USING FASTENERS WITH TORQUE TIGHTENING

*The article presents the experience of developing technology to make the joints using a new type of fasteners - fasteners with torque tightening according to OST 1 00750. Major structural and technological features of fasteners are showed. Described procedure and the content of experimental design and technological works, presents the main results.*

*Keywords:* fasteners; precision tightening; technology; pressing; transition fit; polymer composite material; screwing.

#### References

- [1] Matvienko V.A., Rudko A.N., Bratuhin V.A. Krepezhnyie sistemyi dlya soedineniy elementov konstruktsii planera samoletov novogo pokoleniya.//Tehnologicheskie sistemyi, #5(49). – К., 2009.
- [2] Bratuhin V.A., Bratuhin A.V. Konstruktsii i tehnologii krepzhnyih sistem aviatsionnoy tehniki.// Nauka i tehnologii v promyishlennosti, #4 – М.:RUSINTER, 2011.