

УДК 629.734.333

*Матвиенко В.А.<sup>1</sup>, Пекарш А.И.<sup>2</sup>, Огарков С.О.<sup>2</sup>, Прохоров А.Г.<sup>2</sup>, Спыну В.Е.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> ОАО "Украинский научно-исследовательский институт авиационной технологии". Украина, Киев.

<sup>2</sup> ОАО "Комсомольское-на-Амуре авиационное производственное объединение". Российская Федерация, Комсомольск-на-Амуре

**КОМПЛЕКСНО-МЕХАНИЗИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ  
ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ БОЛТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ  
КОНСТРУКЦИИ ПЛАНЕРА САМОЛЕТА SSJ**

*Анотація*

*Представлені результати робіт, направлених на створення механізованої технології виконання високонавантажених болтових з'єднань і проблемно-орієнтованого комплексу інструменту для її реалізації.*

*Abstract*

*Results are presented for works on creation of mechanized technology for the high-loaded bolted junction performing along with a problem-oriented tools kit for its implementation.*

Отечественный и зарубежный опыт свидетельствует о том, что, несмотря на все более широкое применение для изготовления самолетов нового поколения автоматизированного оборудования, в разных видах авиационного производства используется значительное количество технологий, базирующихся на применении механизированного (ручного или встраиваемого в технологическую оснастку) инструмента (МИ) [1–3]. В производстве современных самолетов, характеризующемся высоким уровнем механизации, используется порядка 100...150 моделей механизированного инструмента различного назначения.

Анализ, проведенный специалистами КнААПО и УкрНИИАТ на этапе подготовки производства планера самолета SSJ, показал, что рациональная номенклатура необходимого МИ представляет собой продукцию различных производителей (рис. 1).

При этом было отмечено, что наиболее высокий объем использования механизированных технологий и инструмента характерен для сборочного производства – агрегатной и окончательной сборки самолета. Это объясняется несколькими основными обстоятельствами:

- значительными габаритами собираемых агрегатов, которые затрудняют их перемещение к стационарному оборудованию;

- невозможностью комплексной автоматизации сборочных процессов, значительная часть которых выполняется в местах конструкции агрегатов и планера в целом, недоступных для автоматизированного оборудования;

- значительным количеством и номенклатурой технологических процессов, отличающихся друг от друга характером воздействия на собираемую конструкцию (клепка, образование отверстий, герметизация, пайка и т.д.).

Сборка является одним из завершающих этапов изготовления самолета. Технология сборочного производства должна обеспечивать, наряду с высокой производительностью, стабильное качество объектов сборки. В сборочном производстве выполняется значительная часть особо ответственных технологических процессов,

непосредственно влияющих на ресурс планера и эксплуатационные характеристики самолета в целом. К таким технологическим процессам относится технология выполнения высоконагруженных болтовых соединений.

Известно, что ресурс болтового соединения определяется характером нагружено-деформированного состояния (НД) конструкции в зоне соединения и предопределяется совокупностью его конструктивно-технологических параметров.

В результате проведенных ранее, в том числе в УкрНИИАТ, исследований было установлено, что одним из эффективных методов повышения ресурса и обеспечения герметичности высоконагруженных болтовых соединений является постановка болтов в отверстие с натягом, составляющим для конструкций из алюминиевых сплавов 0,6...1,3% (рис. 2) [4].

Ниже представлены основные результаты проведенного совместно КнААПО и УкрНИИАТ комплекса опытно-конструкторских и опытно-технологических работ (ОКТР) по созданию комплексно-механизированной технологии выполнения болтовых соединений с натягом, использование которой предусмотрено конструктивно-технологической концепцией планера самолета SSJ.

В общем случае, технологический процесс выполнения болтовых соединений с натягом включает в себя следующие основные операции:

- предварительную обработку отверстия (сверлением, рассверливанием или зенкерованием);

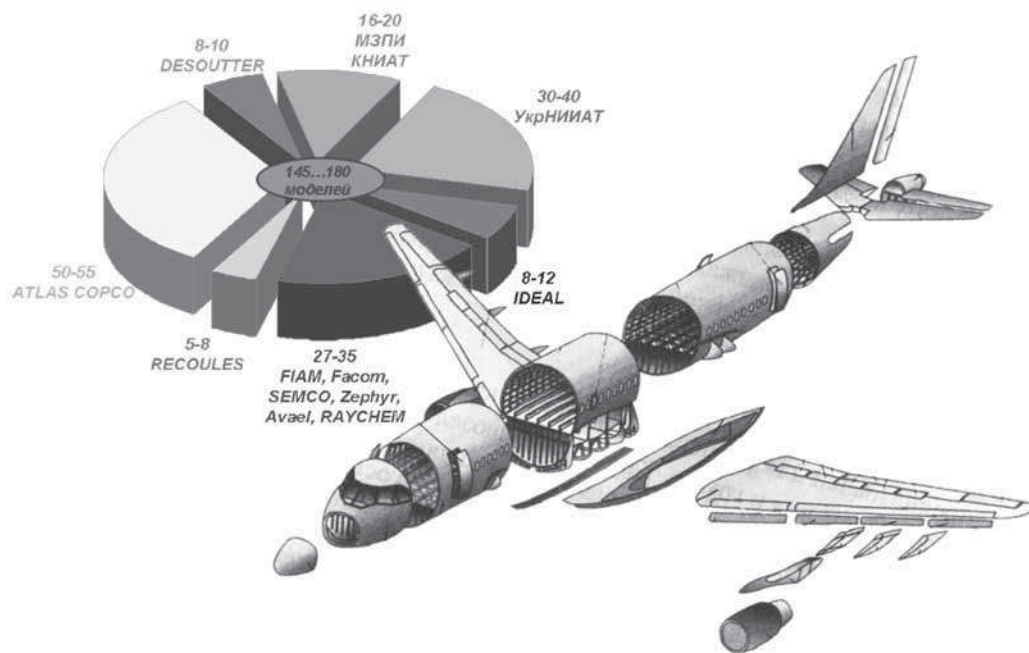
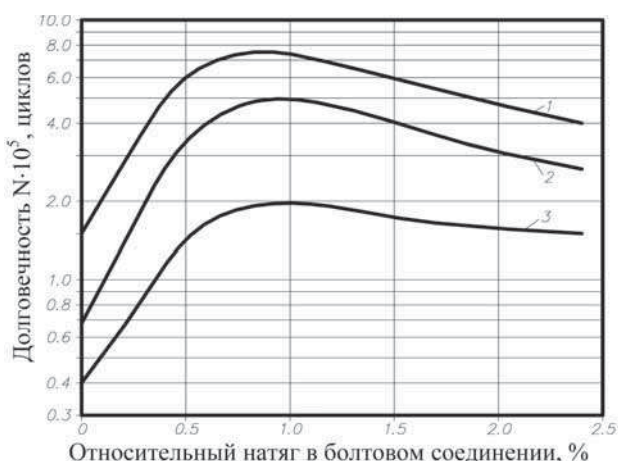


Рис. 1. Производители и рациональная номенклатура механизированного инструмента



**Рис. 2.** Зависимость долговечности образцов болтовых соединений от величин радиального натяга в соединении и номинальных растягивающих напряжениях при испытаниях:  
1 —  $\sigma_{\text{ном}} = 120$  МПа; 2 —  $\sigma_{\text{ном}} = 150$  МПа; 3 —  $\sigma_{\text{ном}} = 180$  МПа

- окончательную обработку отверстия с соответствующим отклонением полей допусков по Н7 или Н9 (методом развертывания или протягивания);

- снятие фаски под галтель болта или зенкование гнезда под потайную головку болта;
- установку болта в отверстие;
- тарированное свинчивание болта и гайки.

Учитывая высокие требования, предъявляемые к качеству высоконагруженных особо ответственных болтовых соединений, стабильности технологии и трудоемкости их выполнения при серийном производстве самолета SSJ, в качестве основной цели проведенных ОКТР была принята реализация создания проблемно-ориентированного комплекса (ПОК) средств технологического оснащения, включающего лучшие образцы универсального зарубежного и специализированного МИ, который был создан с учетом конструктивных параметров собираемых агрегатов данного самолета.

Одним из основных условий включения в состав формируемого ПОК продукции соответствующих изготовителей МИ было принято наличие в их производственных программах возможно большего количества моделей инструмента, необходимого для реализации указанной технологии в целом.

Процедуры определения номенклатуры универсального инструмента для ПОК базируются на использовании информации, содержащейся в соответствующих разделах директивных технологических материалов, учитывающих требования к выполнению высоконагруженных соединений как к особо ответственному технологическому процессам (операциям).

Процедуры создания (проектирования и изготовления) специализированного инструмента базировались на результатах проведенного анализа конструкторской документации на агрегаты планера самолета SSJ, классификации и типизации болтовых соединений.

В общем виде разработанная структурно-технологическая схема процедур создания ПОК МИ представлена на рис. 3.

В результате системного конструктивно-технологического анализа была определена рациональная номенклатура МИ, включающая 10 моделей универсального инструмента и 18 моделей специализированного инструмента.

Следуя принятой структурно-логической схеме, в качестве поставщика универсального инструмента для формирования ПОК была выбрана компания Atlas Copco (Швеция) — один из крупнейших мировых производителей промышленного пневматического инструмента, в том числе, для авиационной промышленности. Специализированный инструмент для ПОК спроектирован и изготовлен УкрНИИАТ (рис. 4).

Одним из примеров совместной практической реализации концепции создания комплексно-механизированных технологий на базе ПОК МИ является технология болтовых соединений в процессе стыковки консольных (КЧК) и центральной частей крыла (ЦЧК) самолета SSJ.

В состав разработанного ПОК (рис. 5) входит следующий специальный и специализированный механизированный и режущий инструмент:

- угловая сверлильно-зенкервальная машина МС-12У для предварительной обработки отверстий под болты по стыку фитингов со стрингерами нижних панелей КЧК и ЦЧК;
- сверлильная машина с автоматической подачей МСП-12У для сверления отверстий по стыку панелей КЧК и ЦЧК с поясом бортовой нервюры;
- угловая развертывающая машина МР-14УМ и специальные развертки для окончательной обработки отверстий под болты, устанавливаемые по стыку фитингов со стрингерами КЧК;
- протяжная машина МПВ 12-150 и специальные протяжки для обработки отверстий под болты по стыку нижних панелей с поясом бортовой нервюры КЧК;
- машина МБЗ-4 для постановки болтов с натягом по стыку верхних панелей КЧК и ЦЧК с поясом бортовой нервюры;
- машина МБЗ-5 для постановки болтов с натягом по стыку фитингов со стрингерами КЧК;
- насос пневмогидравлический мембранный НПМ-2ВМ, являющийся источником питания для машин МПВ или МБЗ.

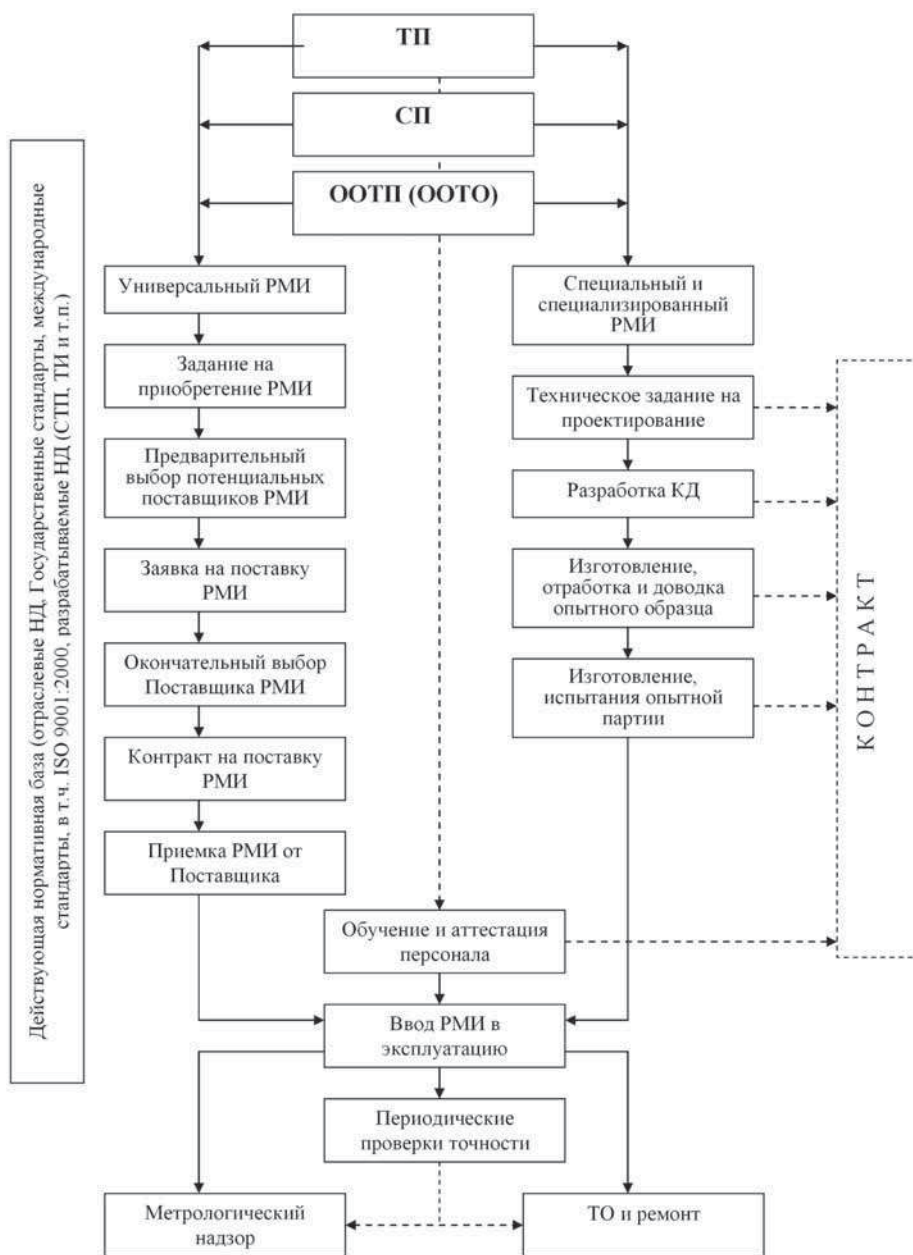


Рис. 3. Структурно-логическая схема создания ПОК МИ для выполнения болтовых соединений

Для выполнения операций свинчивания болтовых соединений с тарированным крутящим моментом в состав ПОК МИ включены пневматические гайковерты модели LTV компании Atlas Copco. Гайковерты работают в комплекте с аппаратурой для их настройки АСТА 3000 и датчиками для контроля величины крутящего момента моделей SRTT и IRTT. Электронный измеритель крутящего момента АСТА 3000 в комплекте с датчиком модели SRTT позволяет производить

настройку гайковерта на заданную величину крутящего момента, а с датчиком модели IRTT – контролировать величину крутящего момента в процессе свинчивания болтового соединения.

В рамках совместных работ проведено обучение и аттестация персонала КнААПО в учебном центре компании Atlas Copco и в УкрНИИАТ, а также разработана технологическая инструкция "Выполнение болтовых соединений по стыку крыла (ОЧК) и центроплана (ЦЧК) самолета RRJ".



Рис. 4. Состав ПОК инструмента для выполнения высоконагруженных болтовых соединений

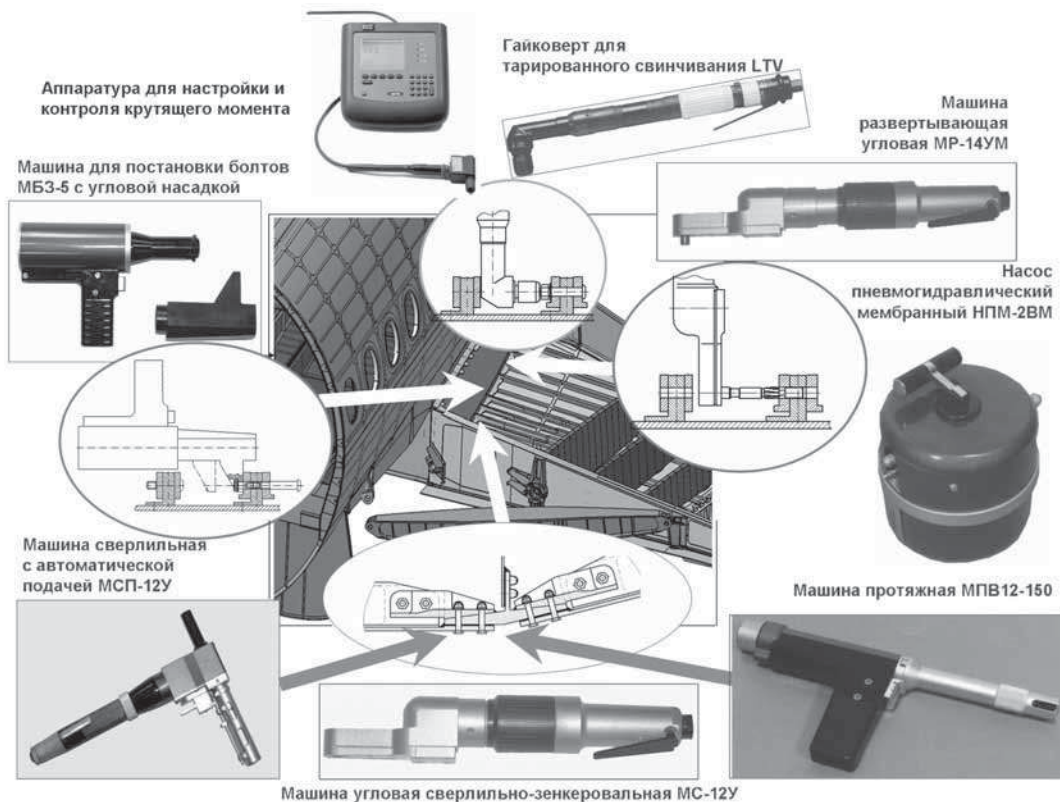


Рис. 5. Специализированный ПОК МИ для выполнения болтовых соединений с натягом при стыковке КЧК и ЦЧК самолета

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НОВЫХ ПРОЦЕССОВ, МАТЕРИАЛОВ, ИЗДЕЛИЙ

Использование созданных комплексно-механизированных технологий в серийном производстве позволит:

- повысить до 70...80% уровень механизации выполнения высоконагруженных болтовых соединений;
- уменьшить влияние субъективных факторов на качество особо ответственных элементов конструкции планера самолета SSJ, какими являются высоконагруженные болтовые соединения, прежде всего, стыковые;
- снизить трудоемкость и цикл выполнения ряда операций в агрегатно-сборочном производстве.

#### Литература

1. Резников В.А., Пастушенко В.Н., Братухин В.А., Щередица Т.Н. Современный механизированный

инструмент в системе обеспечения качества авиационной техники. /Технологические системы, 2006. — № 1(33). — С. 36–44.

2. Raymond P. LeCann, Sylvain Guerin. Portable Automation for Feeding and Installing Fasteners. Aerospace Manufacturing and Automated Fastening (AMAF). Conference and Exhibition, 12–14 September 2006, Toulouse, France.

3. Innovative Tooling Services. Aerospace Tooling Catalog 1.3. 2006.

4. Пекариш А.И., Тарасов Ю.М., Кривов Г.А., Громашев А.Г., Матвиенко В.А., Грубич Г.В., Быченко В.Н., Марьин Б.Н., Воробьев Ю.А., Кузьмин В.Ф., Резников В.А. Современные технологии агрегатно-сборочного производства самолета. — Москва: Аграф-пресс, 2006. — С. 304.