

Процесс формирования соединений при технологической подготовке производства авиационной техники с учетом стесненности подхода к зоне соединений

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

Дано описание авиационной техники как объекта сборки; показан подход к решению задач технологической подготовки производства, учитывающий подбор ручного инструмента и оборудования для выполнения операций соединения, их «вписываемость» в зону соединения; описан процесс антропологической проверки, которая проявляет неудобства или невозможность подвода инструмента, неудобства работы в зоне соединения; описаны ограничения вместе с фиксирующими их геометрическими характеристиками конструкции изделия; приведен механизм формирования соединений на этапе технологической подготовки производства.

Ключевые слова: авиационная техника, сборочно-монтажные работы, технологическая подготовка производства, соединение, CAD/CAM система, аналитический эталон.

Введение

Систематизация и обобщение опыта разработки различных соединений (клепаных, болтовых, болтозаклепочных) с использованием пневмоимпульсного инструмента показывает важную роль влияния на процесс конструктивных особенностей изделия [1-4 и др.]. Выбор типа соединения и практическая его реализация при сборке авиационной техники (АТ) в значительной мере определяется удобством подвода инструмента и стесненностью в зоне соединения.

По сути, для технологических систем проектирования технологических процессов сборки остаются актуальными следующие задачи:

- автоматизация определения перечня рекомендуемого инструмента для реализации выбранного соединения, исходя из параметров соединения (параметры – тип соединения, диаметр, статическая прочность, ресурс, герметичность и пр.);
- автоматизация проверки на коллизии при выполнении операций выбранным инструментом;
- автоматизация проверки подвода инструмента в зону выполнения соединения с использованием антропометрии, для оценки доступности и удобства в случае ручной клепки. В случае автоматической клепки может быть использован аналитический эталон оборудования или роботизированных систем.

Решение этих задач, можно разбить на два этапа:

1. определение рекомендуемого инструмента и проверка на его «вписываемость» в зону соединения;
2. антропометрическая проверка, которая проявит неудобства или невозможность подвода инструмента или неудобства работы в зоне соединения.

1. Определение рекомендуемого инструмента и проверка на его «вписываемость» в зону соединения

Задача определения перечня рекомендуемого инструмента, для реализации данного типа соединения достаточно проста и не требует сложного про-

граммного обеспечения (ПО) и больших вычислительных мощностей. А вот подбор инструмента с учетом «вписываемости» в зону соединения – сложная задача. Особенно остро задача подбора оптимального инструмента становится, при разработке сборочных ТП сборки авиационных конструкций. В 80-е годы были разработаны методы оценки стесненности авиационных конструкций с использованием их кодирования [5].

Основой кодирования является представление конструкции совокупностью геометрических характеристик, определяющих положение отдельных элементов поверхностей конструкций в выбранных системах координат. Назначение геометрических характеристик соединения – дать качественное и количественное представление о стесненности конструкции соединения, т.е. показать элементы поверхностей деталей, ограничивающих детали, затрудняющих доступ инструмента к соединительному элементу в околошовной зоне (рис. 1).

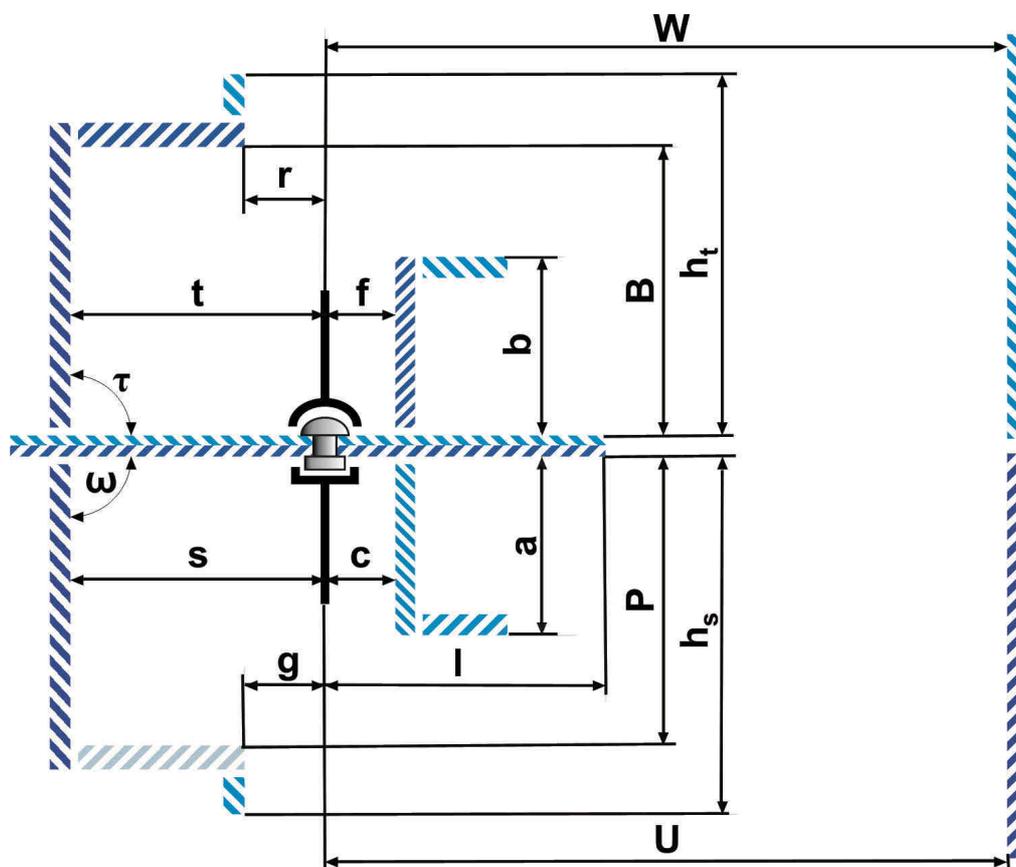


Рис. 1. Вариант схемы ограничений соединения

Изображенные таким образом ограничения вместе с фиксирующими их геометрическими характеристиками $I, b, f, h_t, h_s, r, W, \tau, \omega, S, P, B, c, a, g$ создают наглядную картину стесненности доступа к расклепываемой заклепке. Все многообразие конструктивных решений соединений может быть представлено некоторым количеством типовых компоновок, позволяющих составить конструкцию большинства (85 – 95%) соединений. Такие схемы ограничения отдельных компоновок положены в основу комплексной схемы ограничений соединений, с помощью которого можно представить стесненность конструкций различных соединений.

Положение ограничений на комплексной схеме фиксируется величинами геометрических характеристик относительно оси заклепки и поверхностей и поверхностей склепываемого пакета. Так ограничения, расположенные со стороны закладной головки, фиксируются размерами с базой от верхней поверхности пакета (b, h_t, B, r), а ограничения со стороны замыкающей головки – от нижней поверхности пакета (a, h_s, P, ω). Комплексная схема содержит геометрические характеристики-коды положения ограничений, которых достаточно для кодирования различных конструкций клепаных соединений. Это позволяет не имитировать соединения в виде частных схем ограничений, а представлять их определенной совокупностью геометрических характеристик, отыскав предварительно на комплексной схеме ограничения, соответствующие анализируемому соединению. Подбор инструмента при таком подходе осуществляется по табличным данным, где соответствующему набору значений геометрических характеристик соответствует определенный инструмент.

Необходимо учитывать, что с развитием CAD-систем такой подход не рационален: т.к. для выбора инструмента необходимо выполнить дополнительные операции, например:

- выбор отверстия или группы отверстий для подбора или проверки инструмента;
- отбор группы аналитических эталонов (АЭ) деталей, находящихся в околошовной зоне и влияющих на «стесненность»;
- анализ в трехмерном пространстве выбранных элементов АЭ деталей, для определения схемы ограничения соединения;
- определение значений геометрических характеристик выбранной схемы;
- подбор инструмента, исходя из геометрических характеристик схемы ограничений.

Кроме того следует отметить что данный подход не рационален для подбора инструмента в условиях отсутствия или незначительной стесненности. Что в свою очередь либо усложняет алгоритм, либо увеличивает время определения инструмента для простых случаев. Также нужно отметить, что реализация такого подхода требует значительных затрат на создание программного комплекса, т.к. большинство реализуемых операций при данном подходе не является типичными для CAD/CAM-систем.

Более простым и эффективным решением, является подбор инструмента «в лоб». При таком подходе используются в основном операции, присущие CAD-системам, к примеру:

- выбор соединения или группы соединений для подбора или проверки инструмента;
- совмещение системы координат АЭ инструмента с системой координат соединения;
- определение группы АЭ деталей, находящихся в околошовной зоне и влияющих на «стесненность»;
- проверка на взаимные пересечения АЭ деталей и инструмента.

2. Решение обратных задач формообразования при выполнении сборки

Например, для выбранного крепежа в соответствии с классом и типом соединения необходимо оперативно выбрать типовой технологический процесс (ТТП), который удовлетворит технологическим требованиям для заданного узла

(см. рис. 1).

Важной задачей, которую необходимо решить при технологической подготовке производства (ТПП) – это проверка зон доступа и габаритов инструмента при выполнении операций соединения, а также определение траектории движения инструмента к рабочей зоне. При наличии АЭ деталей, инструмента, оснастки, применяемых в технологических процессах, проверка размеров необходимой рабочей зоны и пути движения инструмента обеспечивается с помощью топологических и кинематических операций (рис. 2, 3).

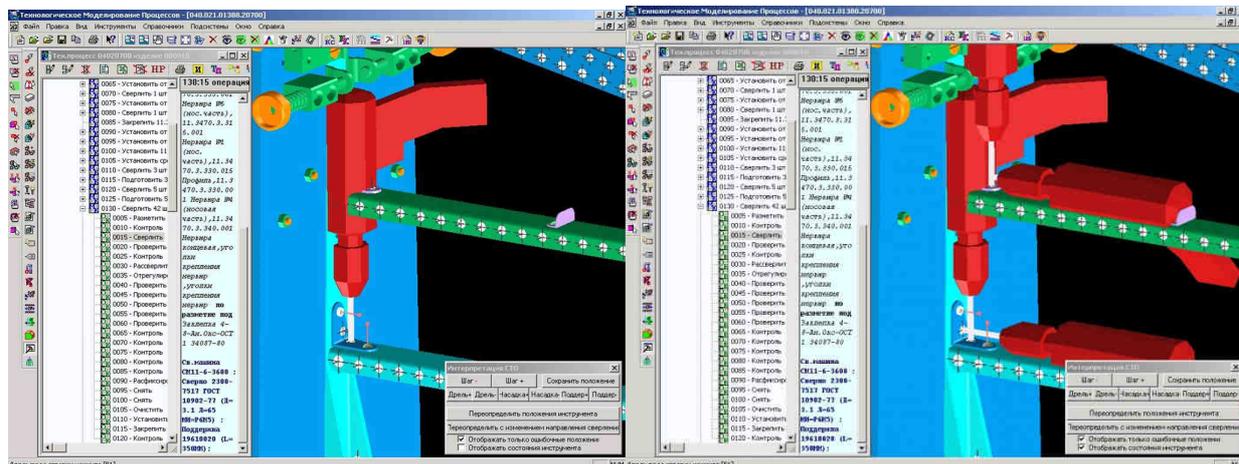


Рис. 2. Конфликт выбранного оборудования с элементом конструкции и отображение всех конфликтных положений

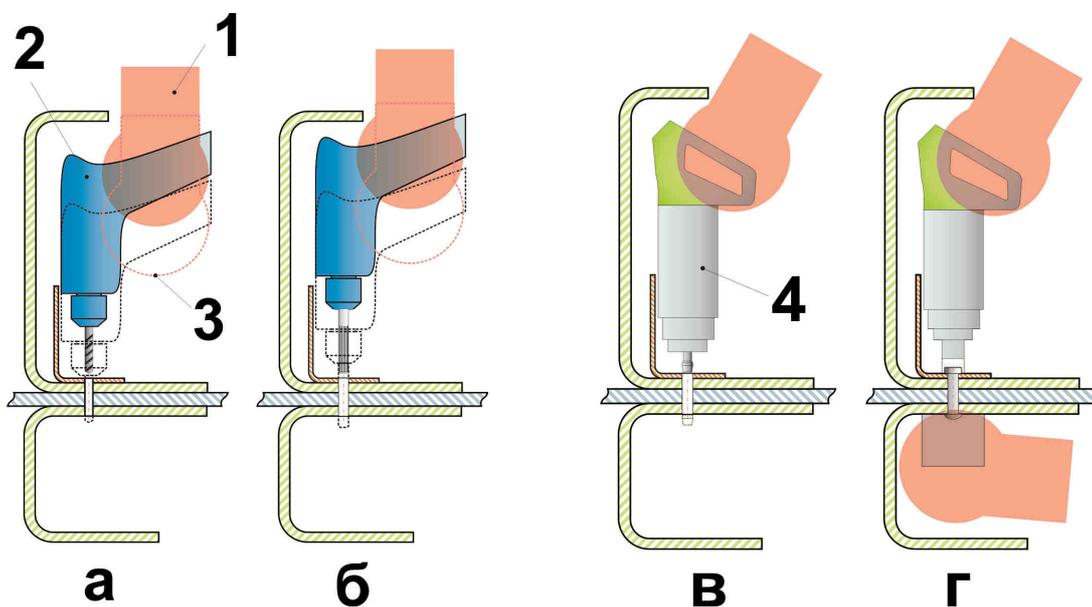


Рис. 3. Сопоставление габаритов инструмента и размеров рабочей зоны, а также определение перемещения оборудования в точке соединения:
 а – операция сверления; б – операция развертывания; в – дорнование отверстия; г – операция клепки; 1 – зона доступа оператора; 2 – упрощенная модель габаритов сверлильного инструмента; 3 – моделирование перемещения инструмента в точке соединения; 4 – упрощенная модель габаритов импульсного инструмента

Выводы

1. Определены рациональные варианты подбора инструмента с учетом «вписываемости» его в зону соединения.

2. Получила дальнейшее развитие теория ТПП представлением сборочных операций последовательностью процессов формирования соединений с применением АЭ оснастки, инструментов и приспособлений для снижения трудоемкости подготовки производства при обеспечении наглядности сборочных процессов в конструкции изделия.

3. Полученные алгоритмы могут быть использованы при разработке приложений к эксплуатируемым CAD/CAM системам для описания технологических процессов сборки на этапах ТПП объектов АТ с учетом стесненных подходов в зону выполнения соединений.

Список литературы

1. Естественная классификация номенклатуры технологий, предусматривающих применение ручных импульсных устройств при сборке транспортных средств / Воробьев Ю.А., Нечипорук Н.В., Клец Д.М. // *Авіаційно-космічна техніка і технологія: зб. наук. пр. / М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»*. – Х., 2017. – Вып. 5 (140). – С. 4–16.

2. Формирование информации о технологических характеристиках объектов производства с использованием их аналитических методов описания в среде CAD/CAM систем / Ю.А. Воробьев, И.В. Бычков, Н.В. Нечипорук, Н.И. Бычков // *Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр.* – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «ХАИ», 2017. – Вып. 77. – с. 29 – 38.

3. Воробьев Ю.А. Модели онтологий и онтологической системы поддержки принятия решений по выбору ручных импульсных устройств / Ю.А. Воробьев, Н.В. Нечипорук, В.Н. Кобрин, И.В. Шостак // *Наукові нотатки: Міжвузівський збірник Луцького національного технічного університету* – Луцьк: Луцький національний технічний університет – 2014. – Вип. 46 – С. 77-83.

4. Воробьев Ю.А. Концепция создания технологических систем сборки транспортных средств с использованием пневмоимпульсного ручного инструмента / Ю.А. Воробьев // *Вісник СевНТУ – Севастополь*. – 2011 – Вып. 122 – С. 7-9.

5. Руководство по технологичности самолетных конструкций / Под общ. ред. П.Н. Белянина. – М.: НИАТ, 1983. – 720 с.

Поступила в редакцию 04.12.2017

Процес формування з'єднань при технологічній підготовці виробництва авіаційної техніки з урахуванням обмеженості підходу до зони з'єднань

Дано опис авіаційної техніки як об'єкта складання; показано підхід до вирішення завдань технологічної підготовки виробництва, що враховує підбір ручного інструменту та обладнання для виконання операцій з'єднання, їх «вписуваність» в

зону з'єднання; описано процес антропологічної перевірки, яка проявляє незручності або неможливість підведення інструменту, незручності роботи в зоні з'єднання; описані обмеження разом з фіксуючими їх геометричними характеристиками конструкції виробу; наведено механізм формування з'єднань на етапі технологічної підготовки виробництва.

Ключові слова: авіаційна техніка, складально-монтажні роботи, технологічна підготовка виробництва, з'єднання, CAD / CAM система, аналітичний еталон.

Process of Forming Joints in the Technological Preparation of Aircraft Production Subject to the Constraint of the Approach to the Joint Zone

The description of aviation equipment as an assembly object is given; the approach to the decision of problems technological production preparation, taking into account selection of the manual tool and the equipment for performance of operations of connection, their "inscription" in a zone of connection is shown; describes the process of anthropological verification, which shows the inconvenience or inability to supply the instrument, the inconvenience of working in the connection zone; the limitations are described along with the geometric characteristics of the product design that fix them; the mechanism of formation of connections at a stage of technological production preparation is resulted.

Keywords: aeronautical engineering, assembly work, technological production preparation, joint, CAD / CAM system, analytical standard.

Сведения об авторе:

Воробьев Юрий Анатольевич – канд. техн. наук, профессор, профессор каф. 107 «Автомобилей и транспортной инфраструктуры», Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина.