

УДК 004.422.833

ПОДСИСТЕМА СОПРЯЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ УСП ПО СБОРОЧНЫМ ПАЗАМ И ОТВЕРСТИЯМ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ИНТЕГРИРОВАННОЙ В ЕДИНОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОСТРАНСТВО АВИАСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

© 2013 А.А. Блюменштейн, А.Р. Гисметулин, И.В. Горбунов, М.С. Черников

Ульяновский государственный университет

Поступила в редакцию 10.06.2013

В данной статье рассматривается сопряжение элементов УСП по пазам и сборочным отверстиям в САД-системе NX 7.5 с применением автоматизированной системы проектирования УСПО, созданной в рамках проекта по разработке организационно-технического комплекса по применению УСП на ЗАО «Авиастар-СП».

Ключевые слова: УСП, САД, автоматизированная система, проектирование, ТПП.

На многих российских авиастроительных предприятиях в условиях мелкосерийного производства актуальна задача по повышению эффективности технологической подготовки производства (ТПП) за счет сокращения расходов на проектирование и изготовление средств технологического оснащения (СТО). Одним из путей решения является замена специальной неразборной оснастки (СНО) на универсально-сборную переналаживаемую оснастку (УСПО), изготавливаемую из комплектов универсально-сборных приспособлений (УСП).

В области подготовки производства технологической оснастки, включающей конструирование и ТПП, принципы CALS (Continuous Acquisition and Life-Cycle Support – непрерывная информационная поддержка жизненного цикла продукта) нашли свое отражение в создании ряда приложений, обеспечивающих комплексную поддержку этапов жизненного цикла изделия на основе концепции PLM (Product Life-cycle Management – управление жизненным циклом продукта). Базовыми системами, обеспечивающими реализацию стратегии PLM, являются

Блюменштейн Алексей Александрович, заведующий лабораторией РПСАС НИЦ CALS-технологий, аспирант кафедры математического моделирования технических систем. E-mail: blyumenshteyn@mail.ru

Гисметулин Альберт Растемович, кандидат технических наук, доцент кафедры математического моделирования технических систем, директор НИЦ CALS-технологий. E-mail: gismetulinar@yandex.ru

Горбунов Игорь Владимирович, младший научный сотрудник НИЦ CALS-технологий. E-mail: give@list.ru

Черников Михаил Сергеевич, заведующий лабораторией МОТС НИЦ CALS-технологий, аспирант кафедры математического моделирования технических систем, E-mail: chernikov.m.s@mail.ru

системы классов CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing – компьютерное проектирование и изготовление), CAE (Computer Aided Engineering – компьютерный инженерный анализ), PDM (Product Data Management – управление данными разработки).

Целью работы было создание организационно-технического комплекса обеспечивающего жизненный цикл УСП в условиях ЗАО «Авиастар-СП» на основе используемых на предприятии решений: PDM-системы – БД ЭОИ, САД-системы – NX 7.5.

На предприятии был проведен комплекс организационно-технических мероприятий по внедрению нового жизненного цикла УСПО на базе применяемой PDM-системы БД ЭОИ от момента заказа на проектирование и изготовления оснастки до ее демонтажа. Отличительными особенностями нового жизненного цикла УСПО является включение этапов заказа и проектирования приспособлений, частичная автоматизация работы с документацией на участках-изготовителях, перераспределение обязанностей между слесарями-сборщиками и технологами-конструкторами, а также разработка и интеграция автоматизированных систем, входящих в состав комплекса, в единое информационное пространство предприятия.

Организационно-технический комплекс по применению УСП состоит из следующих автоматизированных систем: электронного каталога элементов УСП; автоматизированной системы управления элементами и сборками УСП (АС «Управление УСПО»); автоматизированной системы проектирования электронных моделей УСП (АС «Проектирование УСПО»).

ЭЛЕКТРОННЫЙ КАТАЛОГ ЭЛЕМЕНТОВ УСП

Электронный каталог элементов УСП содержит номенклатуру из 2,5 тыс. моделей с размером установочных пазов 8 и 12 мм. В функциональные возможности программного обеспечения входят модули автоматизированного ввода, вывода и поиска информации по моделям УСП. В качестве хранилища данных была выбрана база данных Oracle, а процесс добавления, удаления и подписания новых позиций реализован с помощью PDM-системы БД ЭОИ (рис. 1). Система позволяет существенно сократить время на проектирование УСПО в САД-системе NX.

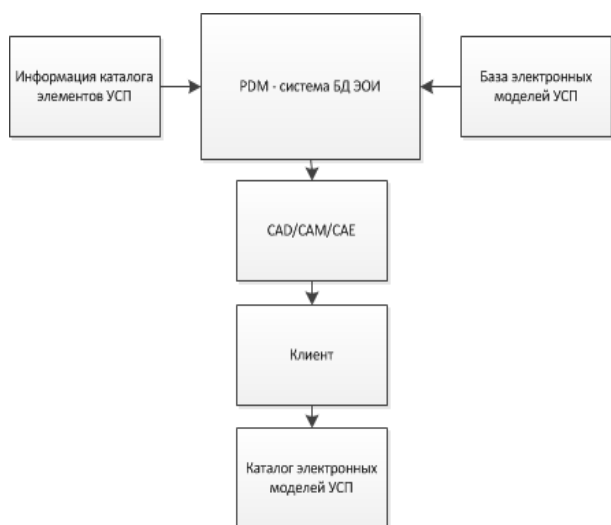


Рис. 1. Интеграция электронного каталога УСП в PDM – систему БД ЭОИ

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТАМИ И СБОРКАМИ УСП

Автоматизированная система управления элементами и сборками УСП представляет собой программное обеспечение, интегрированное в PDM-систему предприятия. Автоматизированная система управления элементами и сборками УСП предназначена для:

- учета местонахождения, времени эксплуатации, поступления и списания элементов УСП и специальных деталей;
- учета местонахождения УСПО и времени на сборку УСПО;
- учета выдачи, возврата и эксплуатации сборок УСПО;
- учета времени работы и количества раз использования готовой сборки УСПО (специальных деталей и элементов, входящих в состав сборки УСПО);
- формирования документации (спецификация, ведомость подготовки производства (ВПП), техническое задание, лист заказа, журнал учета сборок УСПО);
- контроля выполнения этапов по моделированию и выдаче задания при ограниченном количестве элементов УСП на складе;
- взаимодействия с информационной системой КТПП ЗАО «Авиастар-СП» по заказу и проектированию оснастки на протяжении жизненного цикла разработки УСПО (заказ на сборку, моделирование сборки и описание технологического процесса монтажа сборки).

На рис. 2 представлен один из модулей авто-

Рис. 2. Формирование листа заказа на основе утверждённой ведомости подготовки производства

матризированной системы управления элементами и сборками УСП, применяемый для формирования листа заказа на основе утвержденной ведомости подготовки производства.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДЕЛЕЙ УСПО

Автоматизированная система проектирования УСПО представляет собой модуль, интегрированный в САД-систему NX, который обеспечивает:

- повышение эффективности применения САД-систем при проектировании УСПО;
- повышение качества спроектированных моделей УСПО в САД системе NX 7.5;
- сокращение времени, затрачиваемого на проектирование сборок;
- сокращение трудоемкости формирования конструкторской документации.

Автоматизированная система проектирования УСПО включает в свой состав:

- подсистему вывода элементов УСП в интерактивном виде по заданным параметрам поиска;
- подсистему обработки входной информации по специальным деталям;
- подсистему обмена данными между АС «Проектирование УСПО» и АС «Управление УСП» по применению элементов из электронного каталога УСП в конструкциях УСПО, запущенных в производство на текущий период времени;
- подсистему сопряжения загружаемых элементов в конструкции сборки УСП по пазам и крепежным отверстиям;
- подсистему загрузки крепежных элементов и их сопряжение с конструкцией УСПО;
- подсистему группировки элементов УСП по заданным параметрам и их сопряжения с конструкцией сборки УСПО;
- подсистему формирования монтажных схем конструкции УСПО по 3D моделям сборок;
- подсистему перевода конструкторской документации из АС «Проектирование УСПО» в АС «Управление УСП»;
- подсистему создания, хранения, поиска и передачи изображений УСПО из цеха сборщика в отдел проектирования.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ СОПРЯЖЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ УСП

Разработка моделей УСПО сопровождается многочисленными операциями наложения ограничений между различного рода элементами УСП. Основными объектами для подобного рода операций служат пазы и крепежные отверстия.

Паз УСП применяется для соединения двух элементов между собой посредством крепежных конфигураций болтов, гаек и шайб, а также шпоночных вставок.

Один из способов соединения элементов УСП между собой – соединение по пазам с помощью Т-образных шпонок и пазового болта (рис. 3). Этот способ был взят за основу при разработке методики автоматизированного сопряжения элементов УСП.

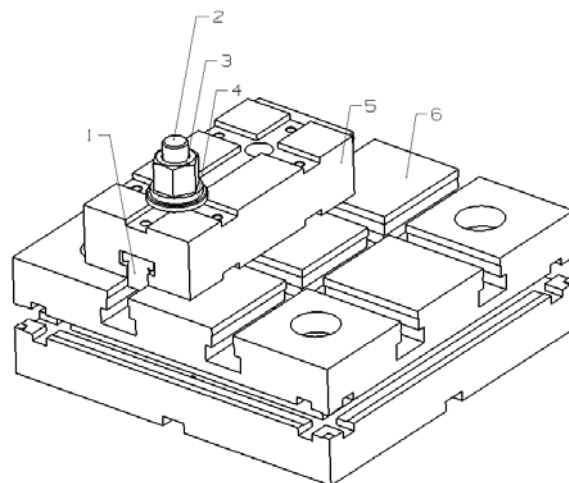


Рис. 3. Пример соединения элементов УСП по пазам с помощью Т-образных шпонок и пазового болта:

1 – Т-образная шпонка; 2 – пазовый болт; 3 – гайка; 4 – шайба; 5 – корпусная деталь УСП; 6 – базовая деталь УСП

Автоматизированное сопряжение элементов УСП является сложной комплексной задачей. В ее состав входит разработка автоматизированных систем сопряжения элементов УСП по пазам и крепежным отверстиям и конфигурирования крепежных элементов.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ СОПРЯЖЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ УСП ПО ПАЗАМ

Пазы могут быть Т-образной (рис. 4) и П-образной формы (рис. 5). Т-образный паз в свою очередь подразделяется на два вида исполнений. Все пазы УСП описываются ГОСТ 31.111.41-93

Основными конструктивными элементами паза являются верхние, боковые и нижние грани. Именно к ним идет привязка ограничений при проектировании УСПО (рис. 6).

Основная задача автоматизированного сопряжения элементов УСП сводится к необходимости распознавания пазов и наложения ограничений на его конструктивные элементы.

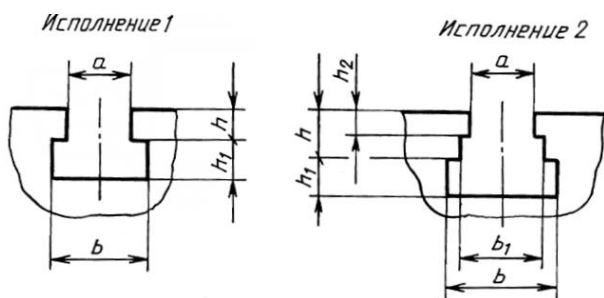


Рис. 4. Т-образный паз

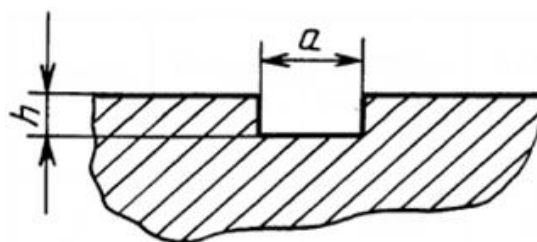


Рис. 5. П-образный паз



Рис. 6. Конструктивные элементы паза

Задача распознавания пазов для системы решена с помощью идентификации по заранее заданному имени. Для функционирования алгоритма автоматизированного сопряжения элементов УСП необходимо идентифицировать только нижнюю грань паза. Остальные поверхности определяются путем анализа взаимного расположения граней, основываясь на конструктивной составляющей паза по ГОСТ 31.111.41-93.

На рис. 7 представлена структура наименования нижних граней, которое должно делиться на три составляющие: обозначение конструктивного элемента; обозначение типа грани конструктивного элемента; порядковый номер поверхности.

Автоматизированное сопряжение элементов УСП начинается с определения точки на конструктивных элементах паза. Алгоритм (рис. 8) осуществляет перебор всех граней, идентифицированных на стадии подготовки моделей, и определяет ближайший паз к заданной точке.

По результатам определения ребер паза, идентифицируется типоразмер паза (8 мм или 12 мм) по ГОСТ 31.111.41-93. После определения всех конструктивных элементов паза создаются два ограничения:

1. Ограничение типа «центр», создаваемое между парами боковых граней пазов (рис. 9а), которое лишает элемент УСП 3-х степеней свободы и имитирует продольное соединение пазов. Так же это ограничение позволяет повернуть одну из деталей относительно паза.

2. Ограничение типа «касание», создаваемое между верхними граней паза (рис. 9б), которое лишает элемент УСП еще 2-х степеней свободы,

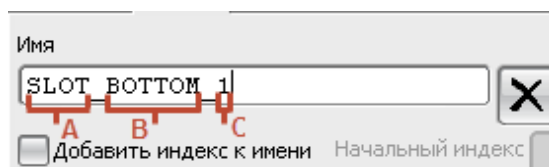


Рис. 7. Наименование нижней грани паза

оставляя возможным только продольное перемещение одного элемента УСП вдоль паза другого элемента.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ СОПРЯЖЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ УСП ПО КРЕПЕЖНЫМ ОТВЕРСТИЯМ

Для решения задачи соединения деталей электронного каталога элементов УСП был разработан алгоритм сопряжения по крепёжным отверстиям. Подсистема выполняет следующие операции:

- анализ загруженных деталей на возможность соединения по крепёжным отверстиям;
- получение способов соединения путем наложения ограничений на отверстия и сопрягаемые по отверстиям элементы;
- определение очередности операций;
- выполнение операций сопряжения;
- определение пересечений базового и перемещаемого элементов.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ СОЗДАНИЕ КРЕПЁЖНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Разработка конфигураций крепёжных элементов с использованием стандартных средств вида «Fastener Assembly» требует создания методов взаимодействия существующих алгоритмов САД-системы NX 7.5 с моделями крепёжных элементов из каталогов УСП.

Данная задача может быть решена путем разработки моделей крепёжных элементов с внесением необходимой информации (наименование модели, геометрические размеры, путь к файлу и т.д.) в файл конфигураций САД – системы NX 7.5.

Процесс создания моделей для использования в модуле «Fastener Assembly» имеет характерные особенности в построении. Необходимо

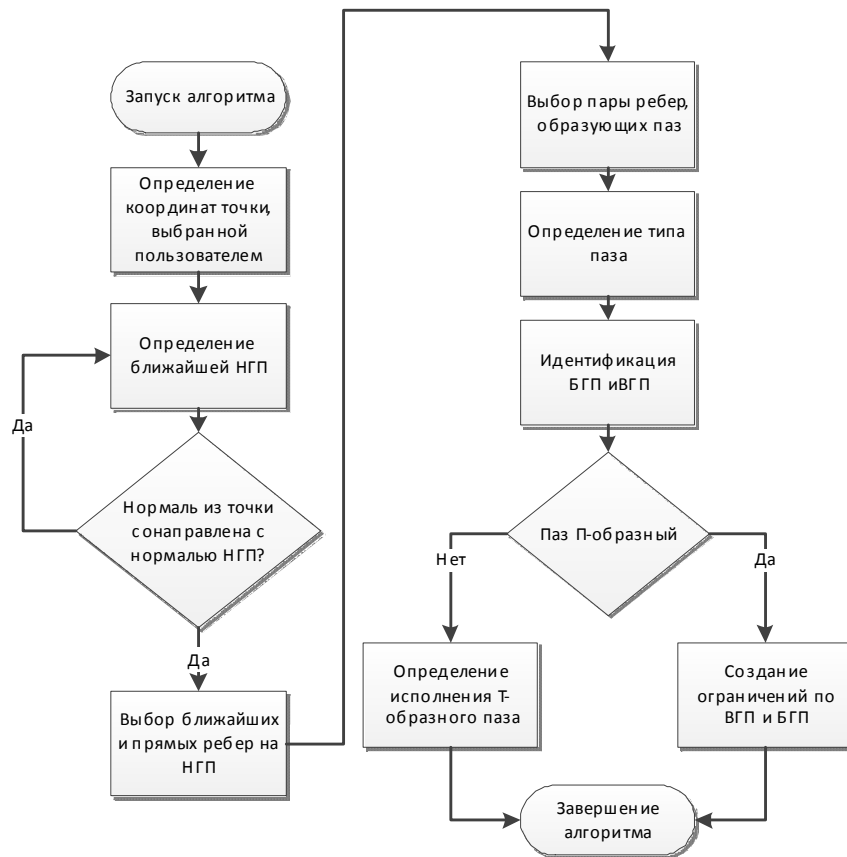


Рис. 8. Алгоритм работы автоматизированного сопряжения элементов УСП по пазам

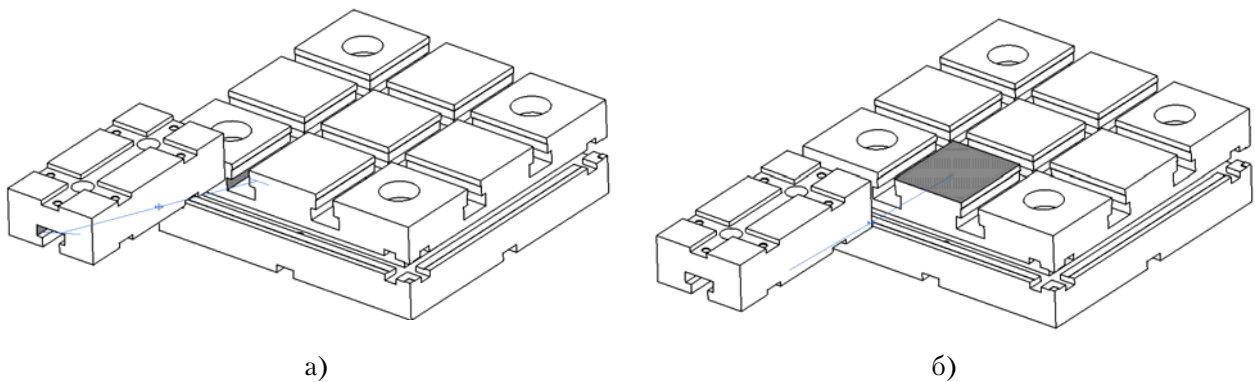


Рис. 9. Создание ограничений (а – «центр», б – «касание»)

указывать расположение рабочей системы координат (РСК), исходя из требований работы алгоритмов «Fastener Assembly». В моделях болтов из каталога УСП плоскость X-Y РСК должна совпадать с основанием головки болта, а ось Z РСК обязана совпадать с осью вращения его цилиндрической части. Подобным образом происходит построение для шпилек, гаек и шайб.

Следующим шагом в построении моделей крепежных элементов из каталога УСП является описание их параметров (геометрические размеры и их зависимости, характеристики из дерева построения и др.) согласно требованиям работы алгоритмов «Fastener Assembly».

В дальнейшем готовые модели крепежных элементов необходимо занести в отдельную папку в

библиотеке стандартных элементов, которая находится в корневом каталоге САД-системы NX 7.5.

Для распознавания крепежных элементов алгоритмами модуля «Fastener Assembly» требуется изменить конфигурационные файлы САД-системы NX 7.5. В качестве языка программирования для изменения конфигурации использован XML (eXtensible Markup Language) версии 1.0. Для определения типов конфигурации крепежных элементов использован файл HoleFastenerMap.krx.

Адаптация модуля «Fastener Assembly» позволяет сократить время, затрачиваемое на проектирование УСПО, за счет исключения операций сопряжения, автоматизации создания конфигурации и автоматизации загрузки крепежных элементов в сборочное отверстие.

Применения автоматизированной системы проектирования позволяет свести процедуру сопряжения элементов УСП к двум операциям: выделению моделей элементов УСП и выбору типа сочетаний крепежных элементов. В случае применения только САД-системы NX 7.5 процедура включает 30-40 операций.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке в рамках Государственного контракта № 12.527.11.0010 «Развитие интегрированной автоматизированной системы информационной поддержки жизненного цикла воздушных судов гражданской и транспортной авиации на основе электронного определения изделия».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Универсально-сборные приспособления / И.З. Табачников, В.И., Ермилов, В.М. Фрейдензон. Харьков: Изд-во «ПРАПОР», 1965. 70 с.
2. Анализ методов проектирования станочных приспособлений для операций механообработки на основе разработки бизнес процессов / М.С. Черников, А.А. Блюменштейн, Р.И. Салихов, О.В. Железнов // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14. № 4(3). С. 868-873.
3. Автоматизированное создание конфигураций крепежных элементов универсально-сборной переналаживаемой оснастки в САД-системе NX 7.5 / А. А. Блюменштейн, Г.А. Карпов, М.С. Черников // Новые технологии наукоемкого машиностроения: приоритеты развития и подготовка кадров: Сборник статей международной научно-практической конференции. Казань : Из-во Казан. гос. техн. ун-та, 2013. С. 297-299.

SUBSYSTEM OF CONJUGATION OF UPD ELEMENTS ALONG THE SLOTS AND ASSEMBLY HOLES OF AUTOMATED SYSTEM OF DESIGN INTEGRATED IN UNIFIED INFORMATION SPACE OF THE AIRCRAFT ENTERPRISE

© 2013 A.A. Blyumenshteyn, A.R. Gismetulin, I.V. Gorbunov, M.S.Chernikov

Ulyanovsk State University

This article discusses the conjugation of UPD elements along the slots and assembly holes in the CAD-system NX 7.5 with the use of the automated system of design UART established under the project to develop the organizational-technical complex of UPD use on "Aviastar SP".

Keywords: CAD, automated system, designing, TPP, UPD.

Alexey Blyumenshteyn, Head of Laboratory DSAS of the Science Research Centre for CALS-Technology, Graduate Student at the Mathematical Modeling of Technical Systems Department. E-mail: blyumenshteyn@mail.ru

Albert Gismetulin, Candidate of Technics, Associate Professor at the Mathematical Modeling of Technical Systems Department, Director of the Science Research Centre for CALS-Technology. E-mail: gismetulinar@yandex.ru

Igor Gorbunov, Associate Research Fellow at the Science Research Centre for CALS-Technology, Graduate Student at the of Mathematical Modeling of Technical Systems Department. E-mail: give@list.ru

Michail Chernikov, Head of laboratory MOTS of the Science Research Centre for CALS-Technology, Graduate Student at the of Mathematical Modeling of Technical Systems Department. E-mail: chernikov.m.s@mail.ru