

## АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРЕССОВАННЫХ ПРОФИЛЕЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

© 2017 Е.А. Таирова<sup>1,2</sup>, В.В. Шишкин<sup>1</sup>, В.И. Постнов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт авиационных технологий и управления  
Ульяновского государственного технического университета

<sup>2</sup> ООО «РЦ «АСКОН-Волга», г. Ульяновск

Статья поступила в редакцию 29.09.2017

В статье анализируется процесс применения сквозного 3D проектирования в самолетостроительной отрасли. Анализ проводится на основе возможностей повторного использования геометрических моделей прессованных профилей. Рассматриваются процессные модели в жизненном цикле изделия, функциональные возможности существующих комплексов САПР.

*Ключевые слова:* CAD, PLM, САПР, сквозная 3D-технология, трехмерная модель, прессованный профиль, дерево построения.

### СОВРЕМЕННЫЕ СТРАТЕГИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ИЗДЕЛИЯ

В последние годы в качестве развития стратегии PLM появилось научно-практическое направление Concurrent Engineering или же CE<sup>3</sup>. Под данной аббревиатурой понимается как параллельный инжиниринг (Concurrent), так и совместный (Collaborative) инжиниринг, а также конкурентный (Concurrent). Применение данной стратегии ставит задачу получения конкурентных преимуществ для предприятия за счет определенной организации бизнес-процессов инжиниринга, использования инструментов управления данными об изделии (PDM), совместного проектирования изделия (CPD, CAD, CAE) и управления производственными процессами (MPM, SAPR, CAM) в виде единой среды для интегрированной разработки продукции. Российские предприятия авиационной отрасли на практике используют данные подходы совместного инжиниринга, применяя однородную среду проектирования. Использование однородных инструментов ставит задачу сократить время проектирования и передачи электронных подлинников конструкторской документации на производство с помощью информационных 3D-технологий сквозного проектирования изделия [1].

В последнее время в мире в области управления жизненным циклом изделия поднима-

ются вопросы, касающиеся оценки не только процессов производства изделия, но также его проектирования. Фактически, два этих процесса рассматриваются как одно, этапы процессов имеют обратные связи и выполняются параллельно. Данные бизнес-процессы оцениваются с различных точек зрения, таких как качество изделия, его экологические показатели, соответствие параметров проекта международным стандартам, безопасности и утилизации.

Процессы оцениваются с помощью различных математических моделей, общим местом среди которых является подход, при котором параметры процесса оцениваются по нескольким критериям, при этом каждому критерию присваиваются определенные весовые коэффициенты. Именно комбинации критериев и значения весовых коэффициентов позволяют формировать нужные математические модели, с помощью которых и производится оценка.

Однако, часто складываются ситуации, при которых численно оценить тот или иной критерий может быть затруднительно. Тогда требуются различные методы формализации человеческих суждений о предмете, включая нечеткую логику, грубые и мягкие вычисления и обучение нейронных сетей с последующим применением.

Системы управления жизненным циклом изделия, применяемые в авиационном проектировании сегодня имеют слабые возможности для моделирования процессов и не имеют средств анализа процессов. В связи с этим оптимальность процессов, которыми управляют PLM-системы не может быть установлена, критерии оценки не могут быть заданы, а модели движения данных, которые формируются на стадии внедрения данных систем подстраиваются под суждения и привычки работников

*Таирова Екатерина Александровна, аспирант кафедры «Самолетостроение», специалист по комплексным ИТ-решениям. E-mail: tairova\_ea@ascon.ru.*

*Шишкин Вадим Викторович, кандидат технических наук, директор ИАТУ УлГТУ. E-mail: shvv@ulstu.ru*

*Постнов Вячеслав Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры «Самолетостроение».*

*E-mail: untcviam@gmail.com*

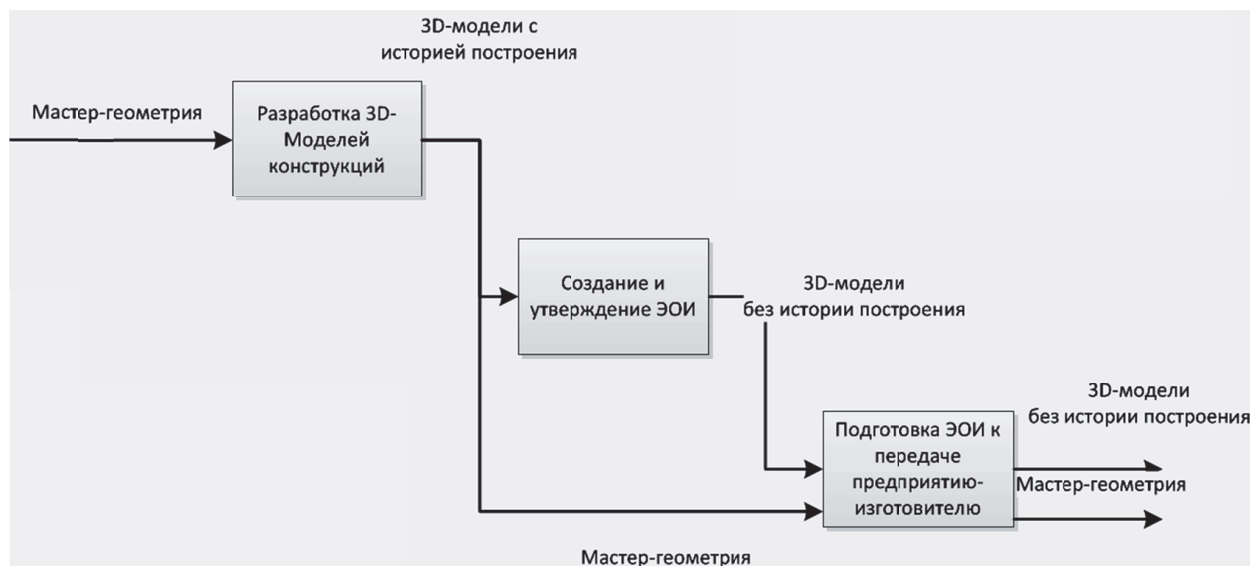


Рис. 1. Разработка и передача электронного определения изделия на предприятие-изготовитель

конструкторских и ИТ-подразделений, которые зачастую определяются бюрократическими факторами, сформировавшимися на основе многолетней практики. По большей части эти факторы уже перестали действовать, однако привычки к организации процессов проектирования, формировавшиеся десятилетиями в эпоху бумажного документооборота, по сей день остаются и выдаются как обязательные этапы процессов проектирования.

### НЕДОСТАТКИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ ПРИМЕНЕНИЯ СКВОЗНЫХ 3D-ТЕХНОЛОГИЙ

Отечественные стандарты и подходы к формализации процессов проектирования и передачи конструкторской документации в производство базируются на советских стандартах. Принят подход, при котором разработчик конструкторской документации создает 3D-модели авиационной техники, они проходят процедуру согласования и утверждения и далее передаются на предприятие-изготовитель, которое также прежде чем приступить к изготовлению должно проверить достаточных данных для производства. В модели процесса все логично, на практике же имеются сложности следующего характера:

1) 3D-модели изделия, прошедшие проверку и утверждение в ходе разработки не пригодны для производства продукции. Их необходимо дорабатывать;

2) Справочные данные, применяемые в моделях, такие как стандартные крепежные элементы и профили, имеют различные 3D-модели в зависимости от того, внутри какой информационной среды они находятся;

3) Уже готовые 3D-модели нуждаются в перепроектировании с самого начала, так как их редактирование невозможно, а с точки зрения технологии изготовления требуется внести

определенные конструктивные изменения для адаптации к существующим процессом производства, так как конструктор, разрабатывая 3D-модель, не учитывает технологический процесс ее изготовления и передает только геометрическую модель на производство.

В данной работе рассматривается процесс проектирования и производства прессованных профилей.

Применение во многих агрегатах самолета тонкостенных подкрепленных продольным и поперечным набором оболочек обуславливает широкое применение прессованных профилей. Из них изготавливают стрингеры и лонжероны (усиленные стрингеры). Наиболее часто применяются стрингеры уголкового, Z-образного и T-образного профиля. На участках больших вырезов ставят усиленные стрингеры. Таким образом, при небольшом поперечном сечении достигается высокая удельная прочность и, соответственно, небольшой вес конструкции.

Широкое применение прессованных профилей в конструкции самолета обеспечивает широкую номенклатуру профилей (более 1000), описанных в отраслевых стандартах. Конструкторские геометрические модели деформированных прессованных профилей часто выполнены эквидистантно теоретическим обводам, являясь длинномерными и обладают специальными вырезами.

На практике технология сквозного проектирования геометрических моделей прессованных профилей в отрасли самолетостроения реализована лишь частично (см. рис. 1).

Согласно схеме после получения трехмерной модели она проходит стадии согласования и утверждения. В результате уже утвержденное изделие попадает в архив. В современной технологии проектирования утвержденная модель, как правило, не имеет собственного дерева по-

строения [4], из-за отсутствия которого возникают проблемы, описанные ниже на примере.

Конструкторский прессованный профиль обычно представляет собой длинномерную деталь с определенным видом сечения, который в местах крепления к обшивке имеет подсежки с переходящими радиусами и вырезами. Чтобы получить заданную деталь в производстве, понадобится специальная оснастка для гибки и специальная технологическая модель. Данная технологическая модель выполняется по конструкторской в САПР и содержит все необходимые параметры для изготовления (напр., припуск, прямолинейность и т.д.). Однако при отсутствии дерева построения, чтобы получить прямолинейный профиль, возникает необходимость перепроектирования из-за отсутствия специальных функций модулей (см. рис. 2).

Такая организация процесса не позволяет в конечном итоге гарантировать соответствие технологической модели и конструкторской, требует для себя дополнительных трудозатрат. Кроме того, невозможно приступить к улучшению данного процесса, так как считается, что он состоит из двух законченных и независимых друг от друга частей, а из одной части в другую передается лишь результат проектирования. Вместо этого, если рассмотреть эти процессы как взаимосвязанные, возможно достичь глобально-оптимального решения.

Если же допустить наличие рабочего файла с деревом построения и возможность доступа к

нему, то в современных САПР много различных функций, которые помогают эффективно разворачивать листовые трехмерные модели, выполненного в специальных модулях. Однако для деформированного прессованного профиля, который выбрали в качестве примера, отсутствует специализированный набор команд получения автоматизированным способом. В результате, недеформированный прессованный профиль проектируют с нуля, используя конструкторскую деталь и отраслевой стандарт, как источники геометрических данных.

Трехмерную модель развертки прессованного профиля необходимо перепроектировать, используя методы математики и сопромата, так как полученная утвержденная конструкторская модель без дерева служит лишь источником геометрических данных (длина и ширина полки, диаметр отбортовки и т.п.)

Данный пример является показательным для многих моделей, используемых в авиации.

Поэтому можно вывести следствия:

1) Основная часть САП функций тяжелых зарубежных САПР используется ограниченно. Пользователь использует лишь небольшой набор средств.

2) Требуется большой специфичный набор функциональных средств САПР, что влечет повышение трудоемкости на создание прямолинейного технологического прессованного профиля.

3) Затруднено повторное использование уже имеющихся 3D-моделей из-за отсутствия дере-

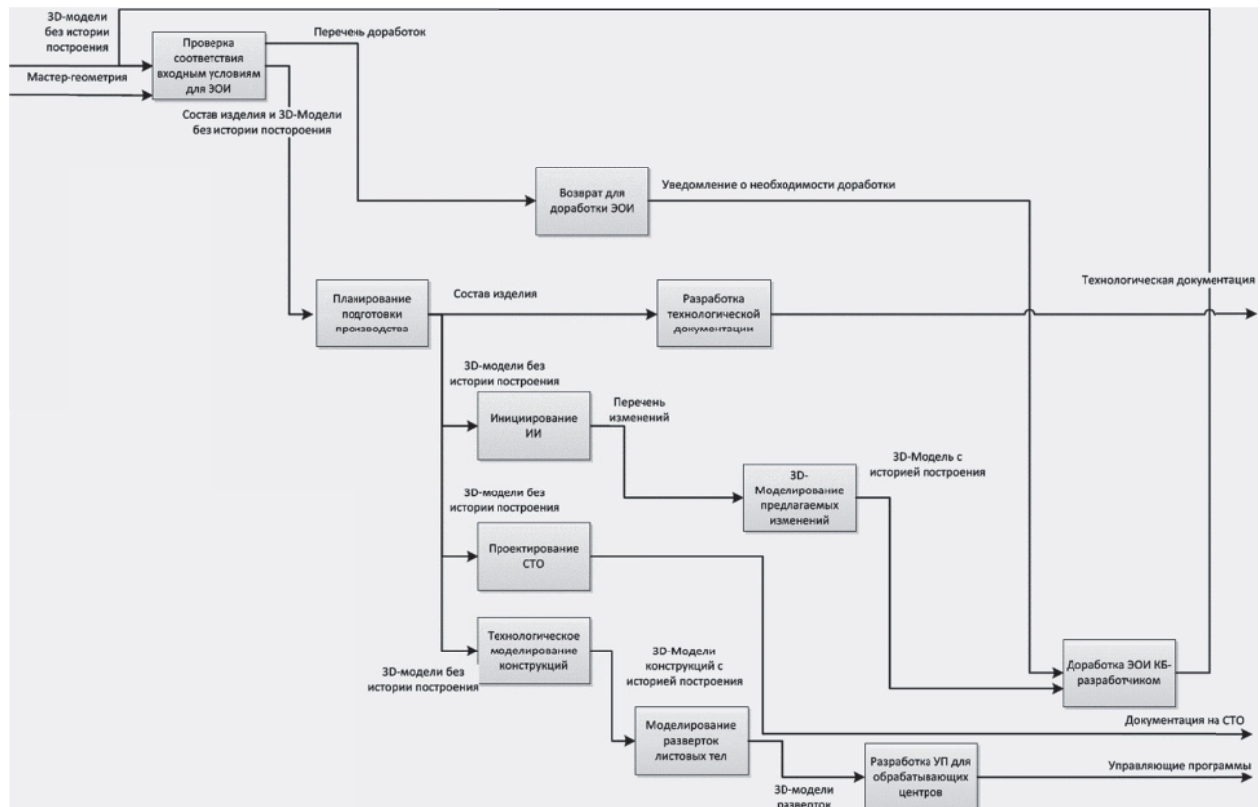


Рис. 2. Схема процесса подготовки производства на предприятии-изготовителе

ва построения как для нужд технологического моделирования, так и при инициации изменений в конструкторскую документацию предприятием-изготовителем.

Данная проблема может быть решена другим способом, который заключается в автоматизации построения технологической модели. Для этого авторами предлагается использовать нейронную сеть. При этом требуется не только обучить нейронную сеть распознаванию и построению трехмерной модели, но и разработать методы оценки итоговой модели, которые позволят адекватно понимать, соответствует ли результат конструкторской идее.

#### Список использованных сокращений

CAD (Computer-Aided Design) - с англ. «Автоматизированное проектирование»

CAE (Computer-Aided Engineering) – с англ. «Автоматизированное конструирование»

CAM (Computer-Aided Manufacturing) – с англ. «Автоматизированное производство»

CAPP (Computer-Aided Process Planning) – с англ. «Автоматизированное планирование технологических процессов»

CPD (Collaborative Product Development) – с англ. «Совместная разработка изделия»

ERP (Enterprise Resource Planning) – с англ. «Планирование ресурсов предприятия»

MPM (Manufacturing Process Management) – с англ. «Управление производственными процессами»

PDM (Product Data Management) – с англ. «Управление данными об изделии»

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. A model for storing and presenting design procedures in a distributed service oriented environment / O. Kozintsev, A. Pokhilko, L. Kamalov, I. Gorbachev, D. Tsygankov В сборнике: Moving Integrated Product Development to Service Clouds in the Global Economy - Proceedings of the 21st ISPE Inc. International Conference on Concurrent Engineering, CE 2014 21, Moving Integrated Product Development to Service Clouds in the Global Economy. 2014. С. 84-91.
2. Service process estimation and improvement on verbal characteristics / L. Kamalov, A. Pokhilko, I. Gorbachev, E. Kamalov // В сборнике: 20th ISPE International Conference on Concurrent Engineering, CE 2013 - Proceedings 2013. С. 183-189.
3. Левин Д., Малюх В., Ушаков Д. The PLM Encyclopedia. Новосибирск: Издательский дом «Азия», 2008. 445 с.
4. Современные технологии агрегатно-сборочного производства самолетов / А.И. Пекарши, Ю.М. Тарасов, Г.А. Кривов и др. М.: Аграф-пресс, 2006. 304 с.
5. Черепашков А.А., Носов Н.В. Компьютерные технологии, моделирование и автоматизированные системы в машиностроении: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. Волгоград: Издательский Дом «Ин-Фолио», 2009. 640 с.

#### ANALYSIS OF PROBLEMS OF RE-USE OF GEOMETRIC MODELS OF PRESSED PROFILES IN AUTOMATIC DESIGN OF AVIATION TECHNOLOGY

© 2017 E.A.Tairova<sup>1,2</sup>, V.V. Shishkin<sup>1</sup>, V.I. Postnov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Aviation Technology and Management Of Ul'yanovsk State Technical University

<sup>2</sup> ООО «RC «ASCON-Volga», Ul'yanovsk

The article analyzes the process of applying end-to-end 3D design in the aircraft industry. The analysis is carried out on the basis of the possibilities of reusing geometric models of extruded profiles. Process models in the product life cycle, functional capabilities of existing CAD systems are considered.

*Keywords:* CAD, PLM, 3D lifecycle technology, three-dimensional model, extruded profile, design history.

---

Ekaterina Tairova, Graduate Student.

E-mail: tairova\_ea@ascon.ru

Vadim Shishkin, Candidate of Technics, Professor at the Measuring and Computing Complexes Department.

E-mail: shvv@ulstu.ru

Vyacheslav Postnov, Doctor of Technics, Associate Professor, Head of the Branch. E-mail: untcviam@gmail.com