

УДК 658.512.22:004.9

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

© 2014 А.В. Лебедев, М.В. Гришин

Ульяновский государственный университет

Поступила в редакцию 09.09.2014

В статье анализируются процессы проектирования, и обосновывается необходимость применения специализированной интегрированной САПР проектирования технологической оснастки на этапе технологической подготовки производства новой авиационной техники. Внедрение такой САПР предлагается проводить с учетом большого накопленного практического опыта с целью снижения издержек производства, повышения качества специальной технологической оснастки и снижения трудоемкости на стадии ТПП ЖЦИ.

Ключевые слова: *средства технологического оснащения, технологическая подготовка производства, Ил-76МД-90А, рабочая оснастка, жизненный цикл*

Отечественное авиастроение, несмотря на явные успехи, переживает и проблемы, которые могут привести к дальнейшему отставанию в области разработки и производства российской авиационной техники. Ведущие авиастроительные корпорации – Boeing и европейский концерн Airbus – контролируют сейчас почти 90% мирового рынка воздушных судов (ВС), в то время как в 1980 г. СССР контролировал до 30% мирового рынка гражданских судов [1].

На многих авиастроительных предприятиях РФ имеет место странное явление: несмотря на постоянное обновление оборудования, увеличения уровня информатизации их экономические показатели растут очень медленно или не растут вовсе. В первую очередь это связано с малоэффективной технологией производства, отсталой организацией технологической подготовки производства (ТПП), и, что особенно важно, недостаточной автоматизацией процессов проектирования средств технологического оснащения (СТО), что в целом существенно снижает экономическую эффективность новейших САПР. За последние годы предприятия авиастроительного комплекса накопили немалый опыт автоматизации локальных задач ТПП и основного производства. Предприятия реально подошли к интегрированным решениям, способным увязать отдельные системы в единый комплекс, обеспечивающим переход к гибкому интегрированному производству, сочетающему в

себе новейшую технологию, высокий уровень автоматизации работ в области ТПП и высокую мобильность производства. Существенное усложнение конструкции ЛА, предъявляемые к ним высокие требования по экономичности и безопасности полетов, привели к усложнению ТПП новых изделий, и, в частности, к усложнению специализированных СТО.

Практически во всех странах с развитым авиастроением в настоящее время выполняются большие программы исследований и разработок, направленных на обеспечение конкурентоспособности отрасли на длительную перспективу. Одной из первоочередных задач является повышение уровня автоматизации проектных процедур при проектировании СТО, так как именно он является определяющим фактором в длительности сроков и стоимости этапа ТПП на предприятии. Снижение времени и финансовых затрат на ТПП стало серьезным фактором повышения конкурентоспособности во всех областях авиационного бизнеса [8]. В частности, на ЗАО «Авиастар-СП» при подготовке производства самолета Ил-76МД-90А возникли серьезные проблемы при проектировании оснастки: стапельной, шаблонной и объемной. В отделах и цехах возникли серьезные проблемы, связанные со срывом сроков разработки электронных моделей оснастки и, как следствие, изготовления ее в металле, что отрицательно сказалось на длительности всей этапа ТПП в целом.

Виды СТО, применяемые при производстве деталей и сборочных единиц (ДСБЕ) современного российского ВС. Проектирование технологического оснащения для выпуска

Лебедев Анатолий Валерьевич, доцент кафедры «Самолетостроение». E-mail : aw_lebedev@mail.ru
Гришин Максим Вячеславович, старший преподаватель кафедры «Самолетостроение». E-mail: likani7@mail.ru

запланированного объема продукции с учетом установленных технико-экономических показателей осуществляется службами конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП). В зависимости от закрепленной за службами номенклатуры, конструкторы осуществляют проектирование технологического оснащения в рамках определенной технологии, соответствующей специфике изготовления этих деталей. Проектирование технологического оснащения ведется согласно внутренним регламентам предприятия, внедренным стандартам, положениям и технологическим инструкциям с использованием передовых инструментов проектирования, таких как САД-системы совместно с PDM-системой, позволяющей хранить, обрабатывать и отслеживать изменения во всей конструкторско-технологической документации изделий. Всю номенклатуру средств технологического оснащения можно разделить на следующие виды:

- стапельно-сборочная оснастка (ССО);
- универсально-сборочные приспособления (УСП);
- универсально-сварочные приспособления (УСвП);
- УСП для механообработки;
- станочная оснастка;
- выкеечная оснастка;
- кузнечно-штамповая оснастка;
- литейная оснастка
- рабочая формообразующая оснастка.

В свою очередь рабочая формообразующая оснастка, с помощью которой изготавливаются и контролируются детали воздушного судна, подразделяется на:

- формблоки;
- контрольно-доводочные приспособления (КДП);
- оправки гибочные (ОГ);
- болванки (БЛВ);
- обтяжные пуансоны (ОП);
- плоская шаблонная оснастка (ПШО).

Некоторые виды СТО представлены на рис. 1.

Процессы проектирования СТО. Проектирование оснастки, относящейся к закреплённой за отделами номенклатуре, осуществляют КБ отделов главного технолога и главных специалистов в среде интегрированной САПР UG NX 7.5. Несмотря на то, что данная САПР обладает широким спектром возможностей, конструкторы тратят большое количество времени на однообразные операции при проектировании. Отсутствие специализированных модулей значительно влияет как на производительность конкретного структурного подразделения, так и на предприятие в целом.

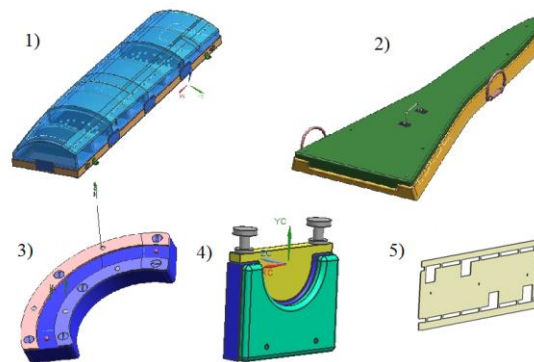


Рис. 1. Некоторые виды СТО:

1 – обтяжной пуансон; 2 – формблок; 3 – оправка гибочная; 4 – штамп гибочный; 5 – плоский шаблон

На ЗАО «Авиастар-СП» существующий процесс изготовления СТО начинается с анализа электронной конструкторской документации (ЭКД) и технических условий (ТУ) цеховым технологическим бюро. Далее инженером-технологом технологического бюро отраслевого отдела разрабатывается технологический процесс (ТП) и разрабатывается техническое задание (ТЗ), оформляется ведомость плазово-шаблонного оснащения, ведомость подготовки производства или иная документацию отражающую в себе условия поставки оснастки цеху-потребителю.

Руководствуясь условиями поставки, существующими стандартами и методиками и электронной моделью технологической (ЭМТ), инженер-конструктор конструкторского бюро отраслевого отдела проектирует модель СТО, которая впоследствии в зависимости от специфики и назначения передается совместно с сопроводительной документацией в цех-изготовитель оснастки. К примеру, плоская оснастка изготавливается на лазерном станке по программе, формблоки изготавливаются на фрезерных станках с ЧПУ, а стапельная проходит через несколько участков, т.к. стапель является сложной, многономенклатурной конструкцией, состоящей из рам, ложементов рубильников и большого числа стандартных и нормализованных элементов, для производства и монтажа которых в некоторых случаях требуются мощности соизмеримые с мощностями, затрачиваемыми на изготовление самого изделия. После изготовления оснастки в металле её передают на участок контроля. Здесь её контролируют на контрольно-измерительных машинах по программе, содержащей геометрические характеристики спроектированной модели оснастки. Здесь также контролируются отдельные элементы стапельно-сборочной оснастки. Стапель в сборе контролируется посредством реперных точек при помощи лазерного трекера. После контроля оснастки и в случае отсутствия дефектов СТО передается на ПРОСК цеха-потребителя. Графически описанный выше процесс представлен в нотации IDEF0 на рис. 2.

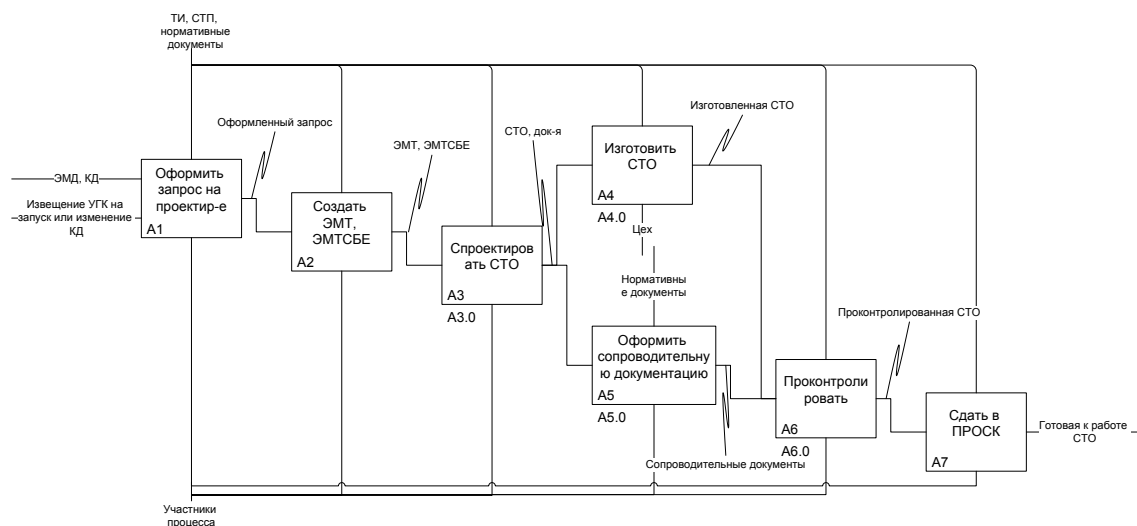


Рис. 2. Жизненный цикл проектирования СТО

Описание проблематики и возможные варианты решения. Анализируя выше описанный процесс проектирования СТО (рис. 2) на ЗАО «Авиастар-СП», являющимся изготовителем таких ВС, как Ан-124-100, Ту-204СМ, Ил-76МД-90А, Ил-78МД и в перспективе Ил-112В и Ил-38, можно выделить такое узкое место в технологической подготовке производства (ТПП) как проектирование СТО (Блоки А2-А3-А5). Характерной чертой производства технологической оснастки является единичный тип производства и большая номенклатура изготавливаемых изделий. Так, например, современный среднемагистральный пассажирский самолёт имеет порядка 120 тыс. уникальных деталей, для изготовления которых требуется более 450 тыс. единиц различного оснащения. При этом требования к срокам изготовления и качеству оснастки не только не снизились, но и возросли.

В соответствии с S-моделью жизненного цикла изделий авиационной техники, инвестиции в конструкторско-технологическую подготовку производства изделия приводят к существенному сокращению сроков подготовки производства при повышении её качества, удешевлению производства и эксплуатации авиационной техники [4]. Одним из направлений повышения эффективности подготовки производства является сокращение сроков и трудоёмкости работ на этапе подготовки изготовления оснастки, а также рациональное сочетание используемых ресурсов, организации и планирования производства с использованием современных информационных технологий. Исходя из вышеизложенного на этапе ТПП можно выделить целый ряд проблем оказывающий отрицательное влияние на качество, сроки и стоимость:

1. Длительные циклы проектирования СТО изделия (иногда превышающие ожидаемые в 3-5 раз).

2. Высокая трудоёмкость проектирования, требующая дополнительного финансирования и специалистов.

3. Необходимость наличия достаточно квалифицированного состава ИТР.

4. Высокая текучесть кадров от предприятия к предприятию.

5. Наличие огромного возрастного разрыва 23-60 лет, как факт выпадения наиболее эффективного звена специалистов в возрасте 30-40 лет.

Проанализируем три видимых варианта решения рассмотренных выше проблем.

- Аутсорсинг. К достоинствам аутсорсинга можно отнести то, что большая номенклатура деталей, сборок и агрегатов начинает оснащаться параллельно, и сроки ТПП значительно сокращаются. Однако здесь присутствует целый ряд отрицательных факторов:

а) финансирование сторонних организаций т.е. деньги "утекают" из предприятия и, как правило, проектирование обходится дороже, нежели бы оно было осуществлено за счет внутренних резервов;

б) разработка дополнительных регламентов по взаимоотношению между предприятиями;

в) передача внутренних стандартов и инструкций предприятия заказчика предприятию поставщику и, как следствие, необходимость освоения их исполнителями предприятия - заказчика. Отсюда вытекает задержка сдачи первой партии СТО и увеличивается риск брака по вине исполнителя;

г) более строгий контроль входящей номенклатуры, спроектированной исполнителем СТО, необходимость выделения дополнительного штата контролеров;

д) риск срыва договора на проектирование;

е) в случае изменения ЭКД оснастку в большей степени вероятности дорабатывает предприятие - заказчик.

- Специальные покупные готовые специальные САПР. Как правило, готовые решения САПР требуют значительных финансовых вливаний со стороны предприятия и часто некорректно удовлетворяют технологии применяемой на предприятии т.к. изначально пишутся под широкий спектр потребителей, не учитывая специфику отрасли (авиационной, судостроительной, автомобильной и т.д.);

- Специальные САПР собственной разработки сведенные в интегрированную среду проектирования средств технологического оснащения. При поиске приёмов повышения универсальности и расширяемости создаваемых систем автоматизированного проектирования технологической оснастки, авторами выделяется основной принцип проектирования САПР: применение САД-систем, использующих прикладные специализированные модули проектирования с алгоритмами построения моделей технологической оснастки на основе имеющейся геометрической модели детали и опыта проектирования СТО, зафиксированного в нормативных документах предприятия [3]. Обычно такими специализированными модулями становятся собственные разработки предприятия (или разработки сторонних организаций, выполненных по техническому заданию предприятия-заказчика) именуемые прикладными САПР [9]. Достоинства такого подхода заключается в том, что здесь, в первую очередь, учитывается специфика и технология, по которой работает предприятие-заказчик, что позволяет сделать САПР наиболее простым, эргономичным и оптимальным в её использовании инженерами-конструкторами.

На основании вышеизложенного авторами статьи сформирована концептуальная **цель: снижение трудоемкости проектирования и производства деталей и сборочных единиц (ДСБЕ) СТО.** Достижение цели за счет решения следующих задач:

- сокращения времени на проектирование СТО;
- автоматизации части проектных решений;
- увеличение годовой производительности предприятия не менее, чем в 3 раза.

Средством достижения изложенной выше цели является создание комплекса специализированных САПР сведенных в единое информационное пространство позволяющих инженеру-конструктору в интерактивном режиме проектировать модель СТО на основе входных данных – электронной модели сборочной единицы (ЭМ-СЕ) и её геометрических параметров. Сформулируем в общем виде конкретные требования к

комплексу специализированных САПР, которые должны:

- быть простыми в использовании;
- обладать хорошими эргономичными свойствами;
- минимизировать количество ручных операций пользователя;
- автоматизировать процесс построения моделей СТО по типам и подтипам;
- уметь получать электронные модели технологические (ЭМТ) из БД;
- уметь получать стандартные типовые элементы из БД;
- автоматизировано создавать необходимую сопроводительную документацию (паспорта, карты, чертежи, эскизы и пр.);
- быть реализованы как прикладной модуль UG NX;
- генерировать технологический процесс сборки СТО (в случае если она сборная);
- уметь сохранять проект в БД.

Разработка концепции комплекса специализированных САПР СТО. Примерная архитектура проектируемого специализированного комплекса САПР СТО располагающейся в конструкторском бюро (КБ) отраслевого отдела, в рамках заводской PDM-системы предприятия представлена на рис. 3. Здесь также представлены рабочие места остальных инженерных и плановых служб предприятия непосредственно принимающих участие в изготовлении СТО.

На каждое рабочее место устанавливается клиент Базы Данных Электронного Определения Изделия (БД ЭОИ). С помощью прикладного программного обеспечения инженер-конструктор входит в среду базы данных, где хранится электронная версия ТЗ. Проектирование СТО начинается с формирования ТУ на узлах сети, находящихся в цехах-изготовителях и цехах-потребителях оснастки. Конструктор, руководствуясь ЭМТ и условиями поставки, с помощью программного модуля проектирует ЭМ СТО и автоматизировано создает выходную сопроводительную документацию. Во время проектирования оснастки, конструктором интерактивно могут вызываться специализированные процедуры (модули) проектирования каждый из которых отвечает за свой уникальный процесс проектирования той или иной части оснастки. ПДБ присваивает СТО необходимый регистрационный номер и включает оснастку в план цеха. БТЗ осуществляет нормирование всех необходимых работ и контроля СТО.

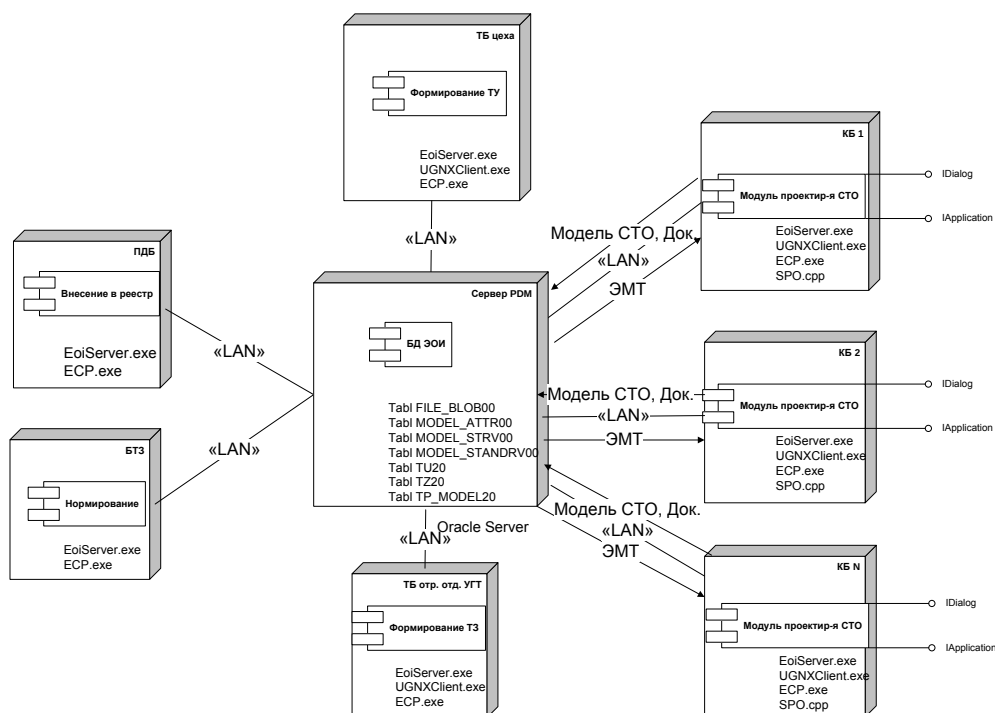


Рис. 3. Примерная архитектура проектируемого комплекса САПР СТО

Средства реализации в UG NX. В UGNX существует большое количество средств автоматизации рутинных операций. Все они позволяют в значительной степени автоматизировать отдельные процедуры проектирования. Вместе с тем практика показала, что эти решения, вследствие недостаточной квалификации большинства ИТР, остаются невостребованными. Поэтому и возникает необходимость создания комплекса САПР СТО. На рис. 4 представлены интерфейсные решения работы комплекса САПР на примере интерфейсных решений работы модуля шаблона контура сечения на универсальный контрольный стенд (плоская шаблонная оснастка).

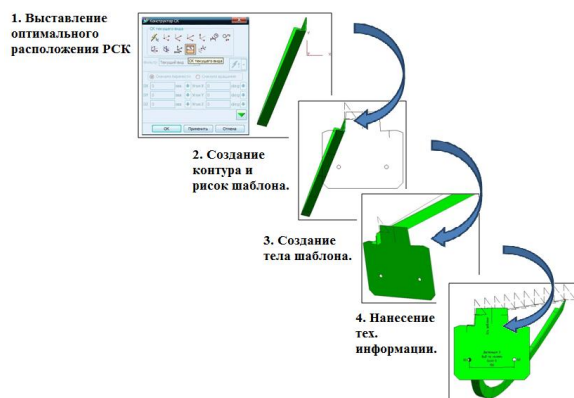


Рис. 4. Работа модуля проектирования ШКС на УКС

Далее рассмотрим в качестве примера работу специализированного модуля создания модели шаблона обрезки и кондуктора (рис. 5).

1. Выставление рабочей системы координат в UG NX.
2. Выбор проектируемых граней.
3. Удаление лишних внутриконтурных линий
4. Создание рабочего контура второго борта профиля.
5. Готовый рабочий контур шаблона с добавком.
6. Готовая ЭМ ШО.

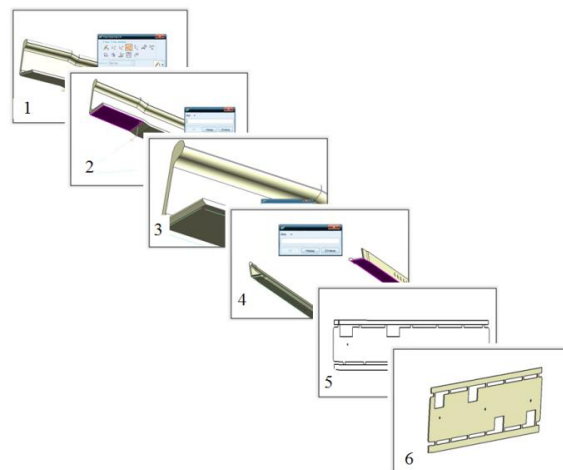


Рис. 5. Работа модуля проектирования ШОК

Ниже рассмотрен пример работы модуля САПР проектирования УСвП для трубопроводов. После анализа существующей номенклатуры трубопроводов выделены следующие стандартные элементы конструкции УСвП (рис. 6):

1. фиксатор
2. направляющая
3. призма
4. подвижная часть кронштейна
5. пластина
6. координатная плита
7. основание кронштейна

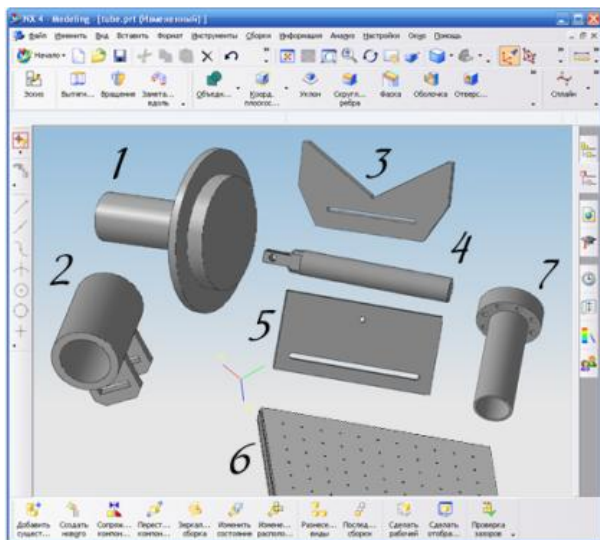


Рис. 6. Элементы конструкции УСвП

Для начала работы ЭМСЕ трубопровода подгружается в САПР, после чего модель трубопровода выделяется проектировщиком оснастки и запускается «1. Анализ трубопровода» из интерактивного окна программного модуля (рис. 7). Здесь программа определяет входные параметры трубопровода, определяет его наиболее оптимальное расположение в 3-D пространстве моделирования, для того чтобы габариты проектируемой оснастки были минимальными, и после чего становится активным следующий шаг «2. Расчет количества оснастки». Расчет проводится на основе алгоритма, написанного на языке C [6].

Схема работы данного алгоритма осуществляется следующим образом:

- расчет количества координатных плит
- расчет количества оснований кронштейна
- расчет подвижных частей кронштейна
- расчет количества пластин
- расчет количества направляющих
- расчет количества фиксаторов
- расчет количества призм

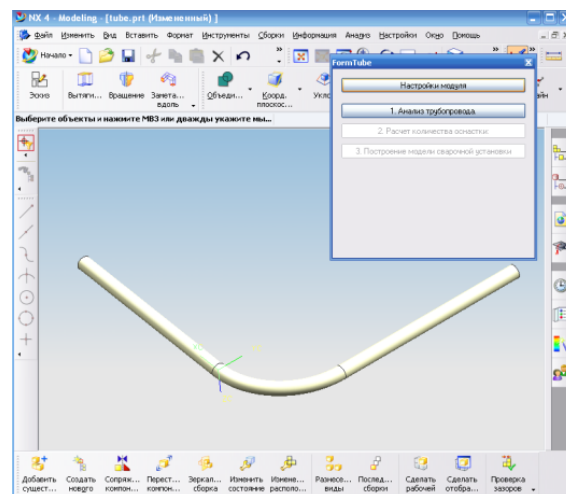


Рис. 7. Модель трубопровода

После расчета количества элементов в УСвП происходит построение модели сборки в автоматизированном режиме. Результаты расчёта сохраняются в БД. Алгоритм построения реализован на использовании API-интерфейса UGNX 7.5. Схема построения сборки УСвП приведена на рис. 8. Данный алгоритм позволяет автоматизировать процесс построения сборки УСвП.

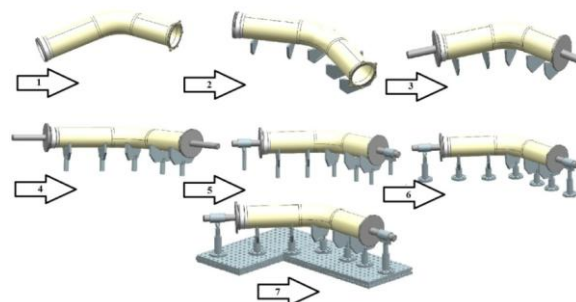


Рис. 8. Процесс автоматизированного построения сборки УСвП

Еще одно предлагаемое решение, реализация которого показана на рис. 9, заключается во внедрении модуля проектирования формблоков по модели детали, которая будет являться специальным инструментальным средством UG NX [10].

Все описанные выше примеры были в той или иной степени реализованы студентами и сотрудниками ИАТУ УлГТУ в 2008-2013 гг., но не востребованы, по разным причинам, ЗАО «Авиастар-СП». В настоящее время на ЗАО «Авиастар-СП» начинается объемная программа экономии затрат, в том числе и в сфере труда проектировщиков средств технологического оснащения. Будучи реализованной, предлагаемая САПР СТО на базе UGNX и БД ЭОИ (либо другой PDM) позволит:

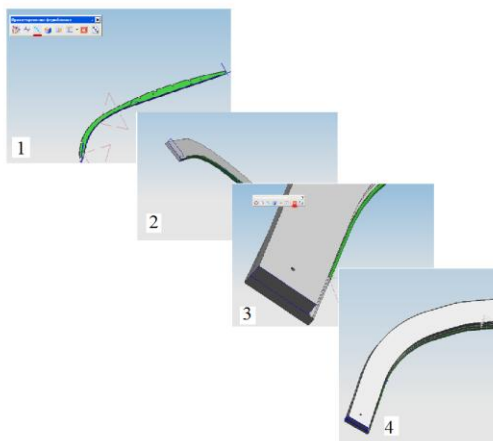


Рис. 9. Процесс автоматизации проектирования формблока

- сократить сроки проектирования СТО в 3-4 раза и, в конечном итоге, длительность этапа ТПП;
- за счет стандартизации проектных решений повысить качество проектирования и, как следствие, качество СТО;
- получить значительный экономический эффект (по опыту других предприятий отрасли он выражается в десятках миллионов рублей).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Калачанов, В.Д. Информационный менеджмент на предприятиях авиастроения / В.Д. Калачанов, А.Л. Рыжко, И.В. Клеев, А.И. Рыбников. – М.: Ред.-изд. центр НИИСУ, 2011. 246 с.
2. Мантуров, Д.В. Система прогнозирования и реализации производственных программ авиационной промышленности / Д.В. Мантуров, В.В. Ключков // Вестник Московского авиационного института. 2011. № 6. С. 45-56
3. Информационные технологии в наукоемком машиностроении / Под ред. проф. Братухина А.Г. – Киев: изд-во «Техника Киев», 2001. 740 с.
4. Братухин, А.Г. CALS необходимое условие высокого качества конкурентоспособной техники / А.Г. Братухин, Ю.В. Давыдов, В.И. Суворов, В.А. Братухин // Качество и ИПИ (CALS)-технологии, 2004. №2. С. 25-32.
5. Компьютерно-интегрированные производства и CALS-технологии в машиностроении / Под ред. д-ра техн. наук, проф. Б.И. Черпакова. – М.: ГУП ВИМИ, 1999. 512 с.
6. Тихомиров, В.А. Разработка приложений для Unigraphics на языке С. – Издательство: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2012. 462 с.
7. Кабанов, А.Г. CALS-технологии для военной продукции / А.Г. Кабанов, А.Н. Давыдов, В.В. Барабанов, Е.В. Судов // Стандарты и качество. 2000. №3. С. 33-38.
8. Левин, А.И. CALS-сопровождение жизненного цикла / А.И. Левин, Е.В. Судов // Открытые системы. 2001. Март. С. 58-62.
9. Левин, А.И. Концепция и технологии компьютерного сопровождения процессов жизненного цикла продукции / А.И. Левин, Е.В. Судов / Информационные технологии в наукоемком машиностроении. Компьютерное обеспечение индустриального бизнеса. Под ред. А.Г. Братухина. – Киев: Техника, 2001. С. 612-625.
10. Гаврилов, С.Н. Разработка специализированного инструментального средства проектирования объемной оснастки / С.Н. Гаврилов, В.Е. Трушников // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13, №4(2). С. 336-341.

DESIGN IMPROVEMENT OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT WITH THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES

© 2014 A.V. Lebedev, M.V. Grishin

Ulyanovsk State University

In article design processes are analyzed, and need of application the specialized integrated SAPR of design the technological equipment at a stage of production technological preparation of the new aircraft equipment locates. Introduction of such SAPR is offered to be carried out taking into account the wide saved-up practical experience for the purpose of decrease in costs of production, improvement of special industrial equipment quality and decrease in labor input at a life cycle stage of product technological preparation.

Key words: means of technological equipment, technological preparation of production, Il-76MD-90A, work equipment, life cycle

Anatoliy Lebedev, Associate Professor at the Department of Aircraft Construction. E-mail : aw_lebedev@mail.ru
Maxim Grishin, Senior Teacher at the department of Aircraft Construction. E-mail: likani7@mail.ru