

УДК 658.512.22:004.9

ИНТЕРАКТИВНО-ГРАФИЧЕСКИЙ ПОДХОД К КОМПЛЕКСНОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ ШАБЛОННОЙ ОСНАСТКИ

© 2014 М.В. Гришин

Ульяновский государственный технический университет

Поступила в редакцию 20.11.2014

В статье анализируется и обосновывается необходимость автоматизации проектно-конструкторских работ с целью решения проблем технологической подготовки производства. Автоматизацию предлагается провести за счет разработки и внедрения САПР шаблонной оснастки, спроектированной на основе разработанного технологического классификатора.

Ключевые слова: *жизненный цикл, САПР, технологическая подготовка производства, шаблон, оснастка, технологический классификатор, разработка, проектирование*

Для современной промышленности характерно совмещение электронно-вычислительной техники с технологическим оборудованием, интеграции компьютерной техники в системы машин. В результате появляются поколения новых средств труда, новые технологии, позволяющие повышать эффективность и гибкость производственного процесса и качество продукции, сокращать производственный цикл по выпуску изделий, начиная с момента проектирования изделий до изготовления.

Задачей и актуальной проблемой настоящей статьи является максимальная систематизация и снижение затрат на технологическую подготовку многономенклатурного авиационного производства за счет комплексного повышения эффективности уже существующих и внедрению новых автоматизированных систем.

Состояние вопроса и постановка задачи исследования процессов для повышения эффективности подготовки авиационных производств. В самолетостроении информационные технологии вытеснили один из основных методов технологической подготовки производства – плазово-шаблонный. Однако до настоящего времени элементы плазово-шаблонного метода продолжает существовать в заготовительно-штамповочном производстве, и, следовательно, продолжают существовать недостатки присущие этому методу увязки размеров:

- длительные сроки технологической подготовки производства;
- большие затраты на проектирование и изготовление технологического оснащения;
- большие объемы работ по изготовлению плазово-шаблонного инструментария.

Для сложных изделий в условиях многономенклатурного производства затраты на проектирование технологического оснащения могут достигать до 15% себестоимости изделий. Автоматизация типовых операций позволяет в несколько раз сократить затрачиваемые на цикле подготовки производства временные и финансовые ресурсы, что повышает конкурентоспособность продукции.

Цель работы: совершенствование системы подготовки авиационного производства в условиях автоматизированного проектирования технологической оснастки с сокращением сроков выпуска новых поколений изделий на основе использования автоматизированной системы проектирования, создание системы методик автоматизированного процесса проектирования рациональной конструкции.

Методика исследования включает в себя интерактивно-графический подход к проектированию электронных моделей шаблонной оснастки, графоаналитический подход к разработке классификатора шаблонной оснастки и методы логики предикатов для математического описания отношений между шаблонами.

Новизна научных результатов, полученных в результате исследования, заключается в следующем:

1. Интерактивно-графический подход к комплексному методу проектирования шаблонной оснастки (ШО) на изготовление деталей силового набора планера самолета с учетом геометрических характеристик изготавливаемых деталей, базирующийся на концепции параллельного инжиниринга, позволяющий сократить сроки и трудоёмкость изготовления технологической оснастки за счет разработанных алгоритмов проектирования ШО и внутренних средств САПР "Unigraphics", благодаря которым может быть

Гришин Максим Вячеславович, старший преподаватель кафедры «Самолетостроение». E-mail: likani7@mail.ru

осуществлена стандартизация процессов проектирования шаблонов.

2. Классификация ШО, в которой определены и исследованы объекты классов шаблонов применительно к производственным технологическим процессам изготовления деталей силового набора планера самолета, для каждого из которых установлены его конструктивные составляющие, позволяющие наиболее рационально определить отношение необходимого шаблона к изготавливаемой детали, положительным эффектом которой является упрощение процесса разработки программного обеспечения.

Анализ жизненного цикла шаблонной оснастки. Выявление основных недостатков. Ниже рассмотрим жизненный цикл шаблонной оснастки [1] представленный в графической нотации IDEF0 на рис. 1.

1. Оформление ведомости планово-шаблонного оснащения (ВПШО). ВПШО оформляется согласно внутренней технологической инструкции (ТИ). Запросы на оснастку составляют технологи цехов-потребителей, после чего они передаются в отраслевые технологические отделы. Технологи отраслевых отделов заполняют форму ВПШО программно в PDM-системе предприятия на основании извещения УГК.

2. Подготовка электронной модели технологической (ЭМТ). ЭМТ подготавливается службами главного технолога в соответствии с планом от управления главного конструктора (УГК) по ТИ.

3. Проектирование электронной модели шаблонной оснастки (ЭМ ШО). Конструктор по подготовке технологической оснастки на основе ВПШО и ЭМТ приступает к проектированию ЭМ ШО. Руководствуясь ТИ и СТП [3], конструктор проектирует электронную модель шаблона в CAD-системе UG NX 7.5, с которой впоследствии формируются файл DXF, служащий для вырезки шаблона на лазерном станке с ЧПУ, и файл STEP для контроля вырезанного шаблона на контрольно-измерительной машине (КИМ). Конструктор также заполняет расчетно-технологическую карту (РТК) [3], включающую эскиз шаблона.

4. Внесение в реестр планово-диспетчерского бюро (ПДБ). РТК передается в ПДБ, которое вносит изготовление ШО в план и оформляет заявку на вырезку шаблона.

5. Изготовление шаблона по программе DXF. Файл DXF передается оператору лазерного станка, который вначале наиболее оптимально размещает шаблоны на раскройном листе, после чего они вырезаются в металле.

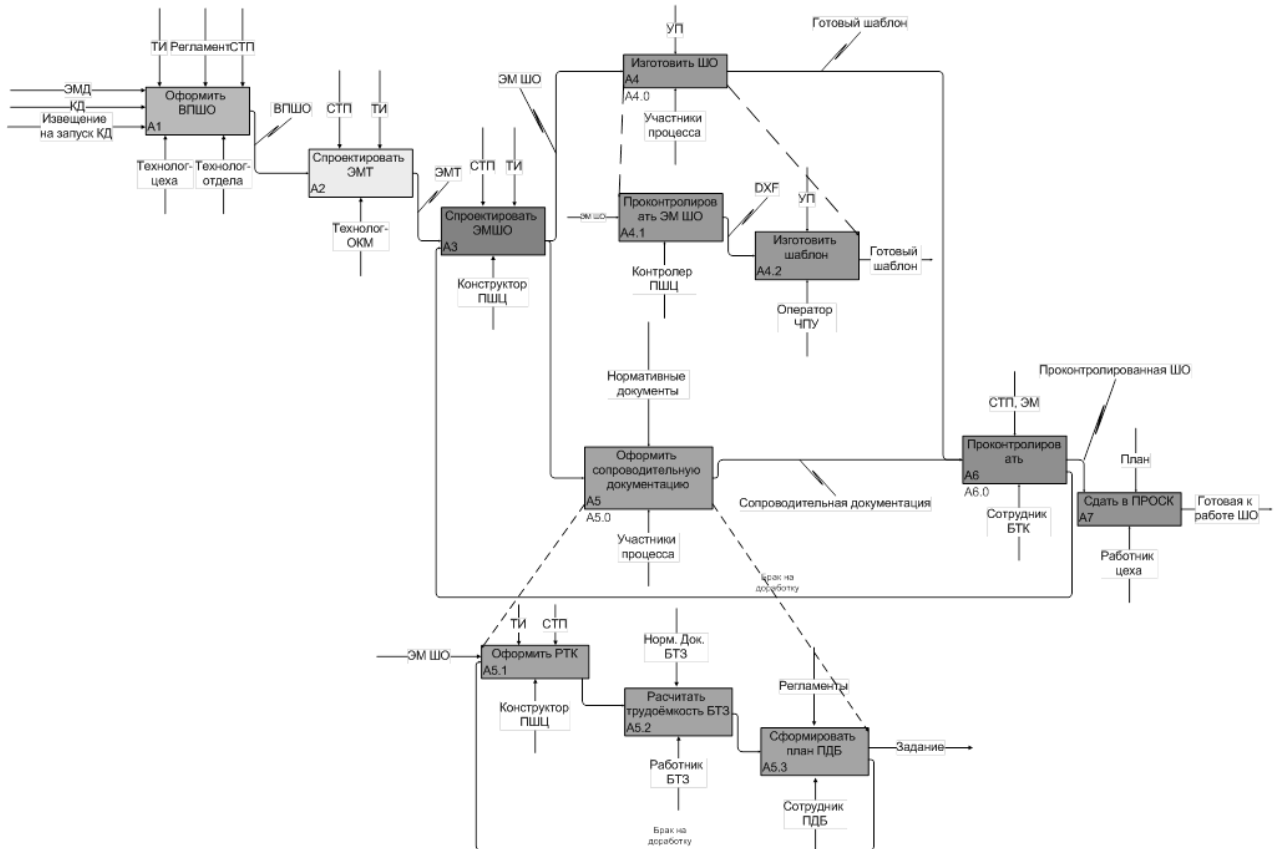


Рис. 1. Жизненный цикл ШО

6. Контроль на (КИМ). После вырезки шаблон вместе с программой STEP передается на КИМ, где осуществляется выявление отклонений изготовленного шаблона в металле от ЭМ ШО. В случае недопустимых отклонений [6], если таковые могут быть исправлены вручную, шаблон передается слесарю-ремонтнику, если нет – оснастка аннулируется.

7. Нормирование в бюро труда и заработной платы (БТЗ). Внесенная в реестр РТК передается нормировщику в БТЗ, который устанавливает норму на изготовления данной оснастки.

8. Нанесение технической информации группой мастера. После контроля на КИМ шаблон вместе с РТК передается слесарю на участок для нанесения технической информации с эскиза шаблона [5, 7], установления пластин упоров, покраски и пр.

9. Контроль в бюро технического контроля (БТК). По окончании работ слесарь сдает шаблон на проверку контроллеру БТК. В случае выявления брака шаблон отправляется на доработку, а в РТК вносится отметка о всех необходимых изменениях, либо отметка об аннуляции и перезапуске ШО.

Проблематика настоящей статьи определена как совокупность нескольких отрицательных факторов, существенно влияющих на сроки технологической подготовки производства при изготовлении изделий авиационной техники двойного назначения. Такими факторами являются:

1. Отсутствие определенности и конкретики в подходах к проектированию ШО.

2. Неоднозначность и противоречивость процесса проектирования ШО с точки зрения стандартов и технологических инструкций.

3. Отсутствие классификации шаблонов по подтипам. Имеется только общий, поверхностный классификатор видов шаблонов.

4. Наличие большого числа трудоёмких геометрических построений для оформления геометрии модели ШО в соответствии производственными и технологическими регламентами.

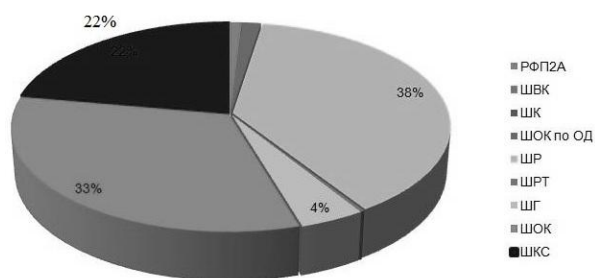


Рис. 2. Процентное соотношение шаблонной оснастки по типам

Рассмотрение процесса проектирования ЭМ ШО. В контексте данной работы рассматриваемый объект (ШО) полностью моделируется в системе «Unigraphics» [2, 11].

Построение математической модели ШО сводится в первую очередь к моделированию ее контура. Общая схема моделирования представлена на рис. 3 в виде схемы. По представленной схеме моделируются все типы ШО.

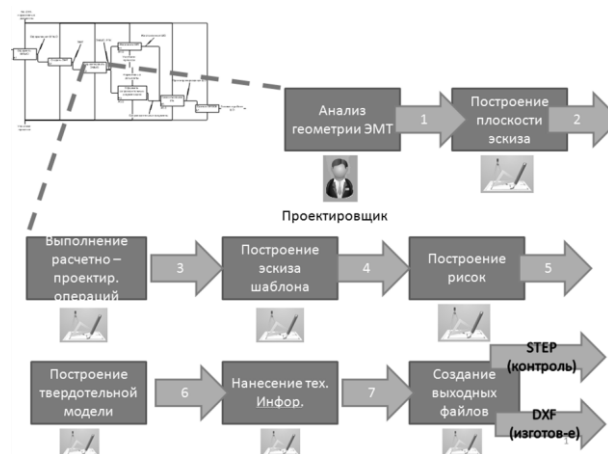


Рис. 3. Общая схема создания математической модели ШО

Создание математической модели ШО $P_I^{ЭМ}$ можно представить в виде следующей последовательности этапов моделирования.

1. Анализ геометрии ЭМД. Этап теоретического осмысления будущего облика шаблона, а также выбор оптимального расположения детали в пространстве моделирования для дальнейшего удобства проектирования математической модели оснастки.

2. Построение плоскости эскиза. Плоскость эскиза шаблона является первым пунктом конструкторского проектирования шаблона. Как правило, она строится на плоской или нерабочей поверхности электронной модели детали.

3. Выполнение необходимых расчетно-проектировочных операций. Количество и типы расчетных и проектировочных операций, а также их варианты зависят от ШО (пункт 1), типа оснастки и опыта проектировщика.

4. Проектирование эскиза шаблона. Эскиз создаётся на плоскости и, исходя из особенностей геометрии детали, сложность и количество выполняемых операций при его проектировании может сильно варьироваться.

5. Построение рисков. Количество и типы необходимых рисков напрямую зависят от типа и групп-комплектов шаблонов. Однако в любом типе шаблона будет присутствовать минимум одна риска – это риска контура обреза детали.

6. Когда эскиз ШО полностью готов и контур замкнут, операцией «Вытягивание» создаются твердотельная модель шаблона. Ее основное назначение служит для увязки групп-комплектов шаблонов по отверстиям (к примеру, ШР+ФРМБ, или ШР+ШРТ) и контроля изготовленной оснастки на КИМ. Твердое тело помещается на третий слой моделирования.

7. Нанесение технологической информации. Вся технологическая информация наносится на твердое тело шаблона и помещается на пятый (справочный) слой моделирования.

8. Создание выходных файлов. С готовой электронной модели шаблонной генерируются два выходных файла:

- файл DXF - служащий для вырезки шаблона из металлического листа лазером.
- файл STEP - для контроля контура изготовленного шаблона на КИМ.

Исходя из предшествующей схемы, рассмотрим практический процесс проектирования шаблона типа шаблон контура сечения на универсальный контрольный стенд (ШКС на УКС) в CAD –системе (рис. 4). Вначале строится линия, соединяющая концы профиля (1). После задаются торцевые плоскости перпендикулярные построенной ранее линии (2). Далее задается необходимое количество плоскостей равное количеству шаблонов, которыми сечется деталь (3). После на рабочей плоскости конструктором создается контур шаблона и его твердотельная модель (4). Последним этапом является построение необходимых технологических рисок и информации на теле шаблона. Цикл повторяется для всего кол-ва шаблонов [8].

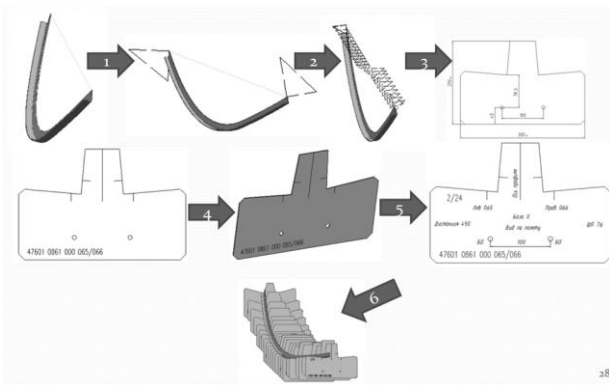


Рис. 4. Процесс проектирование ШОК в CAD-системе

Технологическая увязка шаблонов предусматривает обеспечение геометрической взаимозаменяемости или заменяемости, как между от-

дельными деталями, так и между отдельными узлами, агрегатами [4, 8].

$$P_{TV}^{III} = G^g(\{P_1^D, P_1^{TO}, P_1^{ЭМ}\}, t), \quad (1)$$

где G^g – геометрическая взаимозаменяемость; t – время.

Эта увязка достигается за счет одновременного изготовления комплекта шаблонов, выполненных по одним и тем же конструктивным сечениям, которые подразделяются на следующие виды: P_D^{TO} детальный комплект шаблонов;

P_U^{TO} узловой комплект шаблонов; P_{II}^{TO} комплект шаблонов приспособлений. Детальный комплект шаблонов представляет собой группу шаблонов, связанных между собой технологическим процессом изготовления детали [3, 4]. Примером такого комплекта могут служить шаблоны ШК (шаблон контура), ШВК (шаблон внутреннего контура), ШР (шаблон развертки), ШРТ (шаблон размерного травления).

Технологическая увязка комплекта шаблонов выражается в следующем P_{TV}^{III} :

- электронная модель детали обеспечивает взаимную увязку шаблонов ШВК, ШР и является источником их изготовления $P_{ШР}^{ЭМ}$;
- по шаблону ШР изготавливается шаблон ШРТ $P_{ШРТ}$;
- по шаблону ШВК $P_{ШВК}$ изготавливается формблок, оправка, штамп.

$$P_{TV}^{III} = P_{ШР}^{ЭМ} \prec P_{ШРТ} \prec P_{ШВК} \prec P_1^{TO} \quad (2)$$

Узловой комплект шаблонов представляет собой группу шаблонов, входящий в данный узел, и объединяет несколько детальных комплектов шаблонов [3, 4]. Примером такого комплекта может служить комплект шаблонов для изготовления нервюры P_H^{III} , в который входят:

$$P_H^{III} = \{P_{H(c)}^{III}, \dots, P_{H(n)}^{III}\} \quad (3)$$

- детальный комплект шаблонов на изготовление стенки нервюры $P_{H(c)}^{III}$;
- детальный комплект шаблонов на изготовление профилей $P_{H(n)}^{III}$;

Комплект шаблонов на приспособление представляет собой группу шаблонов, необходимых для монтажа плит разъемов, узлов ступеней и сборочных приспособлений [3, 4].

$$\left. \begin{aligned} K_{z_1}^{ШВК} &\in P_{i(1)}^{TO} \Leftrightarrow P_{TV(1)}^{Ш}; \\ K_{z_1}^{ШК} &\in P_{i(2)}^{TO} \Leftrightarrow P_{TV(2)}^{Ш}; \\ K_{z_1}^{ШОКД} &\in P_{i(3)}^{TO} \Leftrightarrow P_{TV(3)}^{Ш}; \\ K_{z_1}^{ШР} &\in P_{i(4)}^{TO} \Leftrightarrow P_{TV(4)}^{Ш}; \\ K_{z_1}^{ШРТ} &\in P_{i(5)}^{TO} \Leftrightarrow P_{TV(5)}^{Ш}; \\ K_{z_1}^{ШГ} &\in P_{i(6)}^{TO} \Leftrightarrow P_{TV(6)}^{Ш}; \\ K_{z_1}^{ШОК} &\in P_{i(7)}^{TO} \Leftrightarrow P_{TV(7)}^{Ш}; \\ K_{z_1}^{ШКС} &\in P_{i(8)}^{TO} \Leftrightarrow P_{TV(8)}^{Ш}; \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Разработка классификатора ШО. Классификатор ШО разработан из-за того, что имеющийся классификатор в стандартах содержит не используемые в настоящее время типы ШО и не поддерживает последние требования к проектированию, а также не подходит для классификации под САПР ШО. Всю шаблонную оснастку $P_m^{ШО}$ можно разделить (представлена только часть классификатора):

1. Плоская ШО $P_{П}^{ШО}$. Плоскую ШО, в свою очередь, по методу проектирования можно разделить:

$$P_{П}^{ШО} = \{P_{П(1)}^{ШРТ}, P_{П(2)}^{ШР}, P_{П(3)}^{ШОК}, P_{П(4)}^{ШЗ}, P_{П(5)}^{ШК}\} \quad (5)$$

1.1. Шаблоны, при проектировании которых не требуется производить развертку детали. К этой подгруппе относятся:

1.1.1. *Шаблон размерного травления (ШРТ) $P_{П(1)}^{ШРТ}$.*

1.1.1.1. С добавком.

1.1.1.2. Без добавка.

1.1.2. *Шаблон развертки (ШР) $P_{П(2)}^{ШР}$:*

1.1.2.1. Плоская деталь.

1.1.2.2. Глухая отбортовка.

1.1.2.3. Фрезерованная.

1.1.2.4. Цельная.

1.1.3. *Шаблон обрезки и кондуктор (ШОК $P_{П(3)}^{ШОК}$).*

1.1.3.1. Угловой профиль.

1.1.3.1.1. Постоянная малка:

- открытая;

- закрытая.

1.1.3.1.2. Переменная малка:

- открытая (изменяющаяся с открытой на закрытую);

- закрытая.

1.1.3.1.3. Цельной профиль.

1.1.3.1.4. Фрезерованный профиль.

1.1.3.1.5. Без подсечки.

1.1.3.1.6. С подсечкой.

1.1.3.1.6.1. Прямая.

1.1.3.1.6.2. Косая:

- стандартная;

- не стандартная.

1.1.3.2. Тавровый профиль.

1.1.3.2.1. Фрезерованный профиль.

1.1.3.2.2. Цельной профиль.

1.1.3.2.3. С подсечкой.

1.1.3.2.4. Без подсечки.

Пользование классификатором состоит в отыскании в нем кодов классификационных характеристик оснастки. Пользование классификатором должно предшествовать его изучению. Особое внимание должно быть обращено на подробное ознакомление с классами, подклассами и группами подгруппами, т.е. с номенклатурой оснастки, размещенной в соответствующих классах классификатора.

Пример использования классификатора. Найти код классификационной характеристики шаблона контроля сечения на универсальный контрольный стенд для показанной и отраженной детали.

ШКС на УКС являются контрольными шаблонами поэтому их классификационная характеристика размещена в классе «Контрольная оснастка».

Класс. 2.0.0.0.0.00.0000

Подкласс 2.1.0.0.0.00.0000 «Плоская»

Группа 2.1.1. 0.0.0.00.0000 «Шаблоны»

Подгруппа 2.1.1.1.0.0.00.0000 «Цельный»

(иного не оговорено).

Вид 2.1.1.1.2.0.00.0000 «ШКС на УКС»

Подвид 2.1.1.1.2.0.00.0000 «Отсутствует».

Тип 2.1.1.1.2.0.02.0000 «Тип ШКС для пок/отр. детали»

Добавочный комплексный элемент отсутствует.

Следовательно, искомый код классификационной характеристики - 2.1.1.1.2.0.02.0000. На рис. 5 графически показано место искомого шаблона в классификаторе технологической оснастки ЗПП.

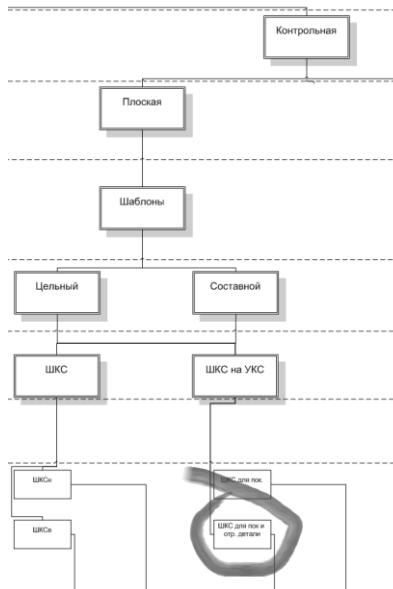


Рис. 5. Место шаблона ШКС на УКС для пок. и отр. детали в классификаторе

Аналогом общего процесса проектирования ЭМ ШО является метод проектирования с использованием классификатора ШО (рис. 6). Здесь перед началом процесса проектирования

конструктор, анализируя ЭМТ, выбирает тот частный тип шаблона, который ему необходим. После этого автоматически запускается программный модуль проектирования ШО, именно под выбранный тип шаблона и его частный случай.

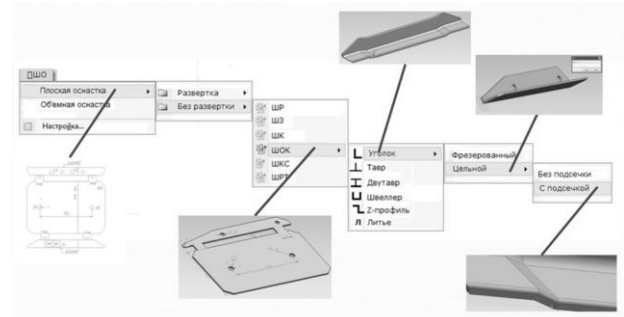


Рис. 6. Метод проектирования с помощью классификатора ПШО

Теперь рассмотрим графическую составляющую работы специального модуля [10, 11] проектирования ШКС на УКС, разработанного на основе предложенной выше методики проектирования (рис. 7):

- выставить рабочую систему координат (1)
- указать концевые точки профиля (2).
- ввести необходимое количество ШКС на УКС (3).
- ввести позиционные характеристики ШКС на УКС (4).
- выбрать вертикальную и горизонтальную оси рабочего сечения (5).
- готовый групп-комплект шаблонов ШКС.

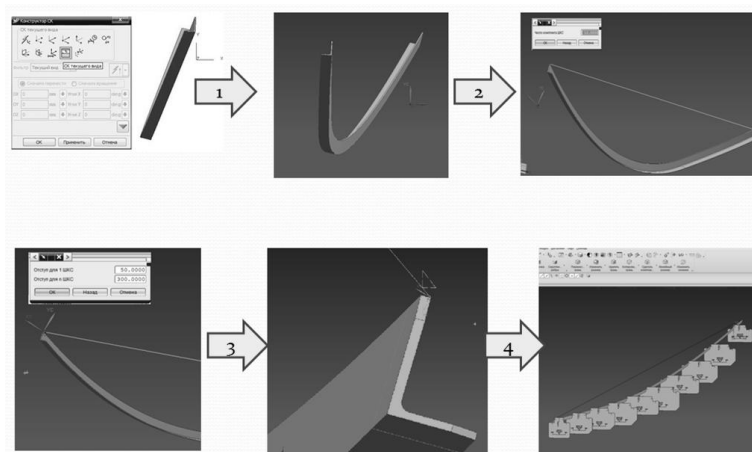


Рис. 7. Автоматизация процесса проектирования шаблона типа ШКС на УКС

Технико-экономические показатели. В результате полной реализации проекта: ожидаемый экономический эффект составит около 130 тысяч руб.; сокращение полного цикла проектирования более, чем в 2 раза.

Выводы: разработанные алгоритмы, модели и методики проведения конструкторско-технологической подготовки авиационного производства дают возможность передвинуть «центр тяжести» работ по подготовке и организации

производства изделий на ранние стадии проектирования, и, следовательно, позволяют максимально совместить во времени процессы проектирования и ТПП, что предопределяет условия для маневрирования ресурсами в зависимости от специфики производства и внешних факторов. Практическая значимость работы подтверждается использованием её результатов и рекомендаций к внедрению на ЗАО «Авиастар-СП» как комплексной САПР, а также технико-экономическими показателями.

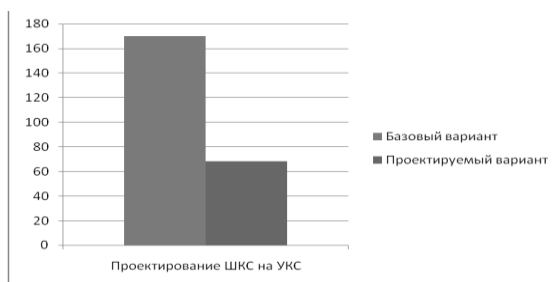


Рис. 8. Диаграмма сравнения трудоемкости проектирования ШКС на УКС

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Р 50-605-80-93. Система разработки и постановки продукции на производство. Термины и определения. 45 с.
2. Краснов, М. Unigraphics для профессионалов / М. Краснов, Ю. Чигишев. – М.: Лори, 2004. 319 с.
3. СТП 687.07.0873-2004. Система качества. Технологическая подготовка производства. Изготовление и применение плазово-шаблонной оснастки. 168 с.
4. ОСТ 1.51451-73. Шаблоны плазовые. Номенклатура. 12 с.
5. ОСТ 1.51452-73. Шаблоны плазовые. Назначение и обозначение технологических отверстий. 8 с.
6. ОСТ 1.51453-73. Шаблоны плазовые. Допуски на изготовление. 4 с.
7. ОСТ 1.51454-73. Шаблоны плазовые. Маркировка. 4 с.
8. ОСТ 1.51455-73. Шаблоны плазовые. Условные обозначения на шаблонах. 8 с.
9. ТИ 687.25303.00002. Изготовление плазовых шаблонов для универсального стенда групповой отработки и контроля. 40 с.
10. Олафсен, Ю. Visual C++ и MFC. Энциклопедия пользователя / Ю. Олафсен, К. Скрайбнер, К.Д. Уайл и др. – М., 2000. – 716 с.
11. Тихомиров, В.А. Разработка приложений для Unigraphics на языке C. – Изд-во: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2012. 462 с.

INTERACTIVE AND GRAPHIC APPROACH TO COMPLEX DESIGN OF TEMPLATE TOOL

© 2014 M.V. Grishin

Ulyanovsk State Technical University

Need of automation the construction work for the purpose of solution the problems of technological preparation of production is analyzed and locates in article. Automation is offered to be carried out due to development and deployment of CAD of the template tools designed on the basis of the developed technological qualifier.

Key words: life cycle, CAD, technological preparation of production, template, tool, technological qualifier, development, design