



С.А. Казакова
 Вологодский оптико-механический завод
В.Ф. Булавин
 Вологодский государственный университет

КОМПЛЕКСНАЯ ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В статье представлен опыт комплексной цифровизации машиностроительного производства на основе платформы PLM, представлены основные направления совершенствования технологической подготовки производства, приведены примеры комплексного подхода к полностью цифровой подготовке машиностроительного производства, представлен опыт использования программных продуктов, определены основные направления дальнейшей цифровизации производства.

3D-модель, цифровой образ, конструкторская и технологическая подготовка производства, информационная среда.

Цифровое развитие машиностроительного производства определяет стратегию цифровизации всего перечня необходимой для него конструкторско-технологической документации. Рост сложности проектных работ, с одной стороны, и стремление получить конкурентные преимущества за счет быстрого выхода на рынок, с другой стороны, диктуют внедрение цифровых технологий в сфере технологической подготовки производства (ТПП).

В этих условиях основным направлением в совершенствовании ТПП является внедрение электронного формата в технологическое обеспечение и инновационные технологии в организации труда. Этому в полной мере удовлетворяют комплексы в составе систем автоматизированного проектирования (САПР), баз данных и экспертных систем для решения и поддержки технологических задач.

Отечественное программное обеспечение позволяет во многих случаях полностью решить задачу автоматизированного проектирования. Интеграция продуктов САПР («КОМПАС-3D», «Вертикаль» и «ЛОЦМАН:PLM»), а также линейка программ «СПРУТ-Технология» позволяют реализовать сквозную интегрированную программно-информационную среду для повышения эффективности подготовки производства [1].

Концепция сквозной поддержки обеспечивает быстрое изменение состава конструкции или ее модификацию с помощью опций управления конфигураций изделия. Последнюю функцию берет на себя платформа PLM (*Product Lifecycle Management*) – «ЛОЦМАН:PLM», в которой формируется объектная модель изделия, связанная со всеми деталями и технологическими процессами для них. Коллективная работа над проектом технологических и конструкторских бюро приводится «к общему знаменателю».

На этапе конструкторской подготовки производства (КПП) уточняется общая компоновка, кинематические связи и состав будущего изделия из условия унификации и максимального использова-

ния стандартных узлов. Последующие действия опираются на предварительную классификацию и кодирование деталей с дальнейшим поиском прототипов в базах данных. Основой автоматизированного проектирования служат методы адресации и синтеза [2, 3].

На этапе КПП определяются как конструкция изделия в целом, так и конструкция отдельных сборок и деталей, назначаются физико-химические свойства применяемых материалов, внешний вид и эргономические показатели. Результатом завершения является пакет конструкторской документации нового изделия или документация для модернизации ранее изготовленного. Технологии 3D-проектирования предполагают создание цифрового образа изделия. Эта задача может быть решена на базе российской платформы «КОМПАС-3D».

Принятие конструкторских решений требует согласования с технологическими службами возможности изготовления на имеющемся оборудовании отдельных узлов и деталей, а со службами снабжения – необходимости приобретения комплектующих компонентов и материалов.

Электронные модели подборок и всего изделия в целом дают возможность выявить возможные коллизии и ошибки. Технология параметризации позволяет изменять геометрию объекта с целью, с одной стороны, создания унифицированного образа, а с другой – обеспечения разнообразия в формообразовании и получения моделей схожих изделий на основе одной спроектированного прототипа. Технология 3D-проектирования является проявлением одной из сторон цифровой экономики [4, 5].

Примером конструкторской подготовки является деталь «Кронштейн» (рис. 1), представляющая собой несимметричное тело с базовой установочной плоскостью. В изделии имеются три крепежных и одно перпендикулярно расположенное, вспомогательное отверстие для сопряжения с соседними деталями.

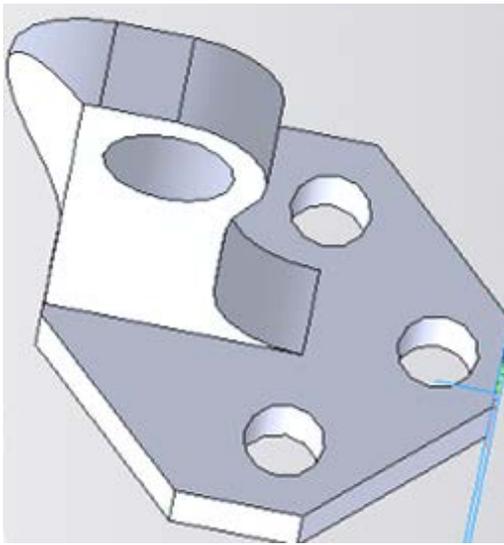


Рис. 1. 3D- и 2D-модели детали «Кронштейн»

Для наглядного представления состава изделия, облегчения сборки и разборки узлов разрабатывается каталог разнесенной сборки. Функционал программ САПР позволяет выполнить разнесение узлов конструкции на детали, при этом подузлы, входящие в сборку, могут быть вынесены одним элементом или также разнесены поддетально. Требования к результату – наглядность разнесения и возможность быстрого редактирования. На заключительном этапе конструкторского раздела осуществляется оформление электронного каталога.

Второй этап подготовки производства состоит в разработке на базе САПР ТП технологических процессов с использованием «Справочника технолога». В функции единой системы технологической подготовки производства входит обеспечение технологичности деталей и конструкции изделия в целом [6].

Технологическая подготовка производства (ТПП) – продолжение работ КПП. Российская САПР-платформа

«ВЕРТИКАЛЬ» поддерживает все процессы технологического обеспечения и электронного инженерного документооборота, в том числе управление технологическими изменениями и заявками на разработку специальных средств технологического оснащения.

САПР ТП позволяет:

- ✓ проектировать технологические процессы в нескольких автоматизированных режимах;
- ✓ проводить выбор оборудования, инструментов и оснастки;
- ✓ проводить выбор и расчет режимов резания;
- ✓ рассчитывать себестоимость, а также материальные и трудовые затраты на производство;
- ✓ формировать все необходимые комплекты технологической документации, используемые на предприятии.

Платформа «ВЕРТИКАЛЬ» реализует принцип проектирования технологических процессов, в основе которого лежит иерархическая структура из операций, переходов, оборудования, профессий, оснастки и других технологических объектов, а также предоставляет возможность параллельного проектирования сложных и сквозных технологических процессов группой технологов в реальном режиме времени.

САПР ТП поддерживает двустороннюю связь параметров технологического процесса с параметрами графических документов КОМПАС-3D: чертежей, эскизов, 3D-моделей. При изменении значений параметров в графических документах происходит соответствующее изменение ассоциированных параметров технологического процесса (например, изменение размеров в тексте перехода при изменении соответствующего габарита на чертеже). Предоставляется возможность и обратного действия – обновление значения параметра в графическом документе в ответ на изменения в ТП [4–6]. На рис. 2 представлен технологический маршрут, привязанный к последовательности операций детали «Кронштейн».

Комплект карт		Предпросмотр карт	
Текст технологии		Атрибуты	
005 Абразивно-отрезная			
Станок абразивно-отрезной 8A230			
Резчик на пил.,нож.,стан. 17052			
1. Нарезать заготовки в размер (1)			
300 Линейка ГОСТ 427-75			
Rz 20 ФТ Образец шероховатости ГОСТ 9378-93			
2. Контроль исполнителем 100%			
3. Контроль ОТК - 5%			
010 Транспортирование			
Тележка АЩВ-062			
015 Термическая обработка			
020 Транспортирование			
Тележка АЩВ-062			
025 Токарно-винторезная			
Ст. спец. токарный 250ИТВ			
Токарь 06100			
Тара 6800-005			
Патрон 7100-0005 ГОСТ 2675-80			
Rz 20 ФТ Образец шероховатости ГОСТ 9378-93			
1. Установить, выверить и закрепить заготовку			
2. Подрезать торец "как чисто"			
2102-0071 Резец Т30К4 ГОСТ 18877-73			

Рис. 2. Технологический маршрут детали «Кронштейн»

над проектом технологических и конструкторских отделов приводится «к общему знаменателю».

Конструкторские и технологические работы становятся максимально доступными и прозрачными. Увеличивается скорость проектирования, уровень понимания, качество выполненных работ. Доработки и создание новых проектов на основе аналогичных либо типовых ускоряют на порядок процесс проектирования, исключается бумажная составляющая, необходимость хранения чертежей и технологий в архивах, библиотеках и т. д.

САРР-концепция позволяет эффективно и в короткие сроки выполнить назначение оборудования, инструментов, оснастки, сопроводив этот перечень операционным эскизом детали, что позволяет обеспечить инструментальный контроль после выполнения всех операций.

Дальнейшее повышение эффективности машиностроительного производства может быть реализовано за счет комплексного использования высокотехнологичных программных платформ. Наличие цифрового отображения, связанного с системами PLM, позволяет говорить о переходе предприятия к новому типу производства. В этих условиях 3D-модель детали выступает средством навигации в технологическом процессе. Автоматизированные системы проектирования дают возможность использовать любые из существующих технологических баз данных. Функционал платформ САПР предоставляет пользователям возможность параллельного проектирования сложных и сквозных конструкторских и технологических процессов группой инженеров в реальном режиме времени. Разграничение прав доступа и различные варианты защиты информации служат условием организации коллективной работы над проектом.

Развитие цифровизации производства будет возможно за счет расширения интеграции программных продуктов во все сферы деятельности предприятия, включая транспортировку готовых продуктов, отслеживание продукции при вводе ее в эксплуатацию и дальнейшее наблюдение за работой в процессе экс-

плуатации. Для этого потребуется объединение всех элементов производственной системы высокоскоростными сетями передачи информации.

Литература

1. Булавин, В. Ф. PLM-стратегия в мелкосерийном производстве машиностроительной отрасли / В. Ф. Булавин, В. В. Яхричев, В. А. Глазков // Известия высших учебных заведений. Серия: Машиностроение. – 2018. – № 8. – С. 37–49.
2. Автоматизация конструкторско-технологической подготовки производства изделий машиностроительного сектора в условиях малых предприятий / С. А. Казакова, В. В. Яхричев, В. Ф. Булавин и [др.]. // Информационные технологии в управлении, автоматизации и мехатронике: сб. тр. Междунар. науч.-техн. конф. – Курск: ЮЗГУ, 2017. – С. 149–155.
3. Булавин, В. Ф. Валидация САД-продуктов в малых предприятиях машиностроительного сектора / В. Ф. Булавин, Т. Г. Булавина, В. В. Яхричев // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2017. – № 5 (325). – С. 64–72.
4. САД/САРР-технологии в машиностроительном производстве / С. А. Казакова, В. Ф. Булавин, В. В. Яхричев и [др.]. // Наука и современность 2018: материалы Междунар. XXXV научн. конф. – Москва: ЕНО, 2018. – Ч. 1, № 1 (35). – С. 70–73.
5. Булавин, В. Ф. Цифровые технологии в малом бизнесе машиностроительной отрасли / В. Ф. Булавин, В. В. Яхричев // САПР и графика. – 2018. – № 6. – С. 52–55.
6. Российские САД-системы в приборостроительном секторе производства / Е. В. Волков, В. Ф. Булавин, В. В. Яхричев, и [др.]. // Эффективные исследования современности: материалы Междунар. XXXII научн. конф. – Москва: ЕНО, 2017. – Ч. 1, № 10 (32). – С. 65–68.
7. Высогорец, Я. В. САПР ТП «Вертикаль»: учеб. пособие для самостоятельной работы / Я. В. Высогорец. – Челябинск: ЮУрГУ, 2012. – 48 с.

C.A. Kazakova

Vologda optical-and-mechanical plant

V. F. Bulavin

Vologda State University

COMPLEX DIGITALIZATION OF PREPARATION MACHINE-BUILDING PRODUCTION

The article presents the experience of complex digitalization of engineering production based on the PLM platform. Presents the main directions of improvement of technological preparation of production. Examples of an integrated approach to fully digital preparation of engineering production are given. The experience of using software products is presented. The main directions of further digitalization of production are determined.

3D model, digital image, design and technological preparation of production, information environment.