

УДК 62; 658.5; 004.9

Реализация вариативных исполнений технологических и сборочных процессов в САПР «СПРУТ-ТП»

Гришин Николай Сергеевич¹ ngrishin@csprut.ruЛагута Виктор Степанович² laguta@bmstu.ru¹ООО «Центр СПРУТ-Т», Москва, Россия²МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

В работе показан пример использования вариативных технологических процессов для оптимизации проектируемых производственных систем и повышения эффективности их эксплуатации. Для организации взаимодействия конструктора и технолога на этапах жизненного цикла используются САПР на единой информационной платформе. Представлена последовательность применения САПР «СПРУТ-ТП» для разработки вариантных и вариативных технологических процессов изготовления деталей и сборочных операций. Приведен пример позаказной формы организации технологической подготовки производства.

Ключевые слова: вариативные технологические процессы, интеграция, система проектирования, технологическая подготовка производства

Введение. Одна из проблем разработки технологических процессов (ТП) изготовления деталей единичного и мелкосерийного производства — отсутствие оперативного взаимодействия конструктора (разработчика) и технолога производства предполагаемого для реализации планового задания. Для достаточно крупных предприятий этот вопрос решается в «замкнутых» в едином информационном пространстве PDM [1]. В общем случае такого непосредственного информационного контакта не предполагается к сожалению. Однако развитие информационных технологий и в этом случае предоставляет определенные возможности. Речь об использовании электронных структур изделия (ЭСИ), сопровождающих процесс конструирования, технологической подготовки производства (ТПП) и эксплуатации [2].

В идеале технологическая САПР должна обеспечивать в том числе и конструктору возможность проанализировать различные варианты изготовления планируемого изделия для каждой из возможных конструктивных ЭСИ. Это важно и для проектируемого производства, где варианты изготовления — *вариантные технологические процессы* — определяют будущий состав основного технологического оборудования (рис. 1), но также и для действующего предприятия, где варианты изготовления определяются текущей производственной ситуацией — *вариативные технологические процессы механообработки и сборки* (рис. 2). Такой подход предъявляет дополнительные требования к этапу конструкторской проработки изделия (детали) — необходимость разработки конструктивной ЭСИ в вариантном исполнении. На эта-

пе технологической подготовки производства (ТПП) вариативные технологические процессы оформляются в виде производственно-технологической ЭСИ. Общее направление развития и совершенствование САПР ТП в плане взаимодействия с конструкторским этапом (конструктором) и сопровождения эксплуатации производства идет именно в этом направлении.

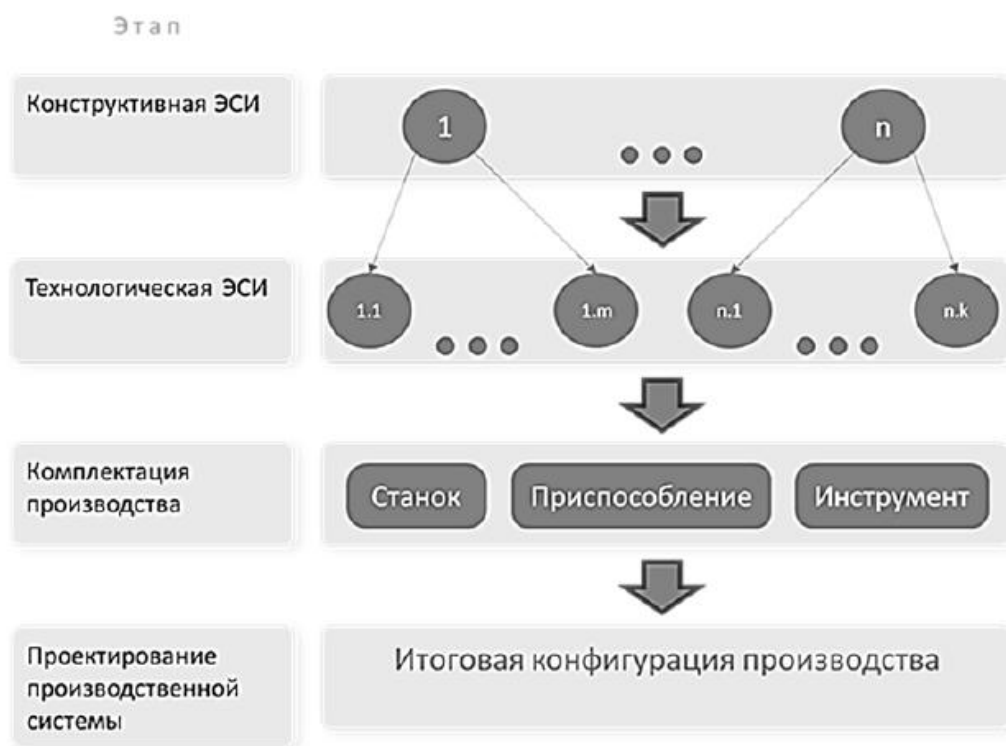


Рис. 1. Концепция формирования производственной системы с учетом различных вариантов технологических ЭСИ, описывающих варианты ТП

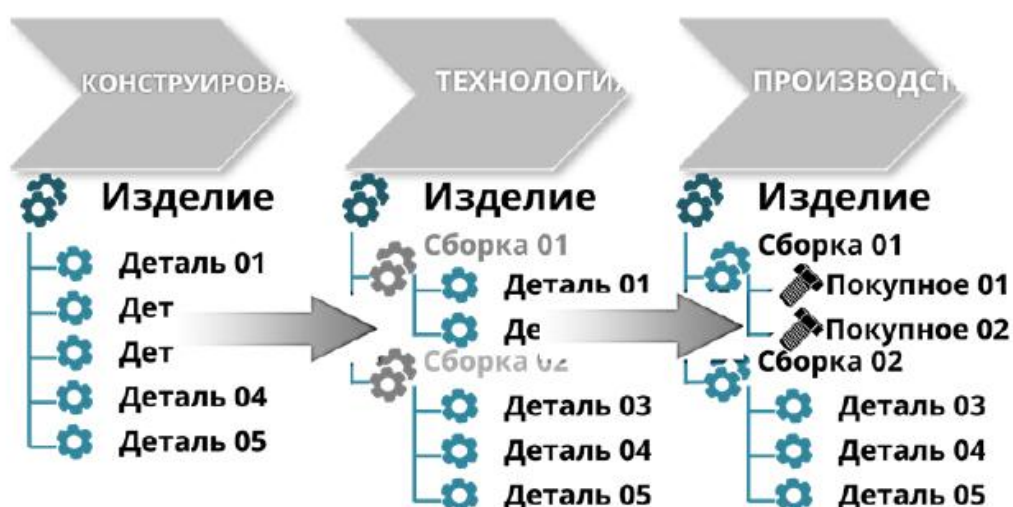


Рис. 2. Пример изменения производственно-технологической ЭСИ — детали 01 и 02, предполагавшиеся в собственном производстве могут быть замещены покупными

На этапе эксплуатации, когда основное технологическое оборудование (ОТО) «зафиксировано», более актуальными становятся возможности применения вариативных ТП. Для основных технологических операций механообработки это оперативное изменение ранее разработанных маршрутных ТП на альтернативные варианты построения производственного процесса. Для сборочных процессов это изменение комплектующих компонент, например использование покупных (изготовленный по кооперации) деталей вместо деталей собственного производства. Или использование аналогов крепежных элементов при сборке, например, замена ГОСТ на DIN, ANSI и т. п. Возможность использования вариативных ТП позволяет продолжить производственный процесс в случаях отказов отдельных единиц технологического оборудования и/или изменения приоритетов прохождения заказов.

Материалы и методы. Основное требование к инструментальным системам, применяемым на этапах жизненного цикла изделий — возможность свободного «обмена» информацией (данными). Некоторые из систем предполагают «встроенную» интеграцию, например, инженеры «АСКОН» и «СПРУТ-Технология» разработали и внедрили общее решение — программный инструмент конструктора «КОМПАС-3D» имеет соответствующее «окно» интерфейса для передачи чертежа и/или модели детали в САПР СПРУТКАМ и наоборот. Еще один вариант организации информационного обмена — использование рекомендованных стандартов STEP и разработка интерфейсов к тиражируемым PDM-системам, такие как T-FLEX, Лоцман, PDM STEP Suite и другие.

Программный комплекс «СПРУТ-ТП» позволяет разрабатывать ТП для каждого варианта конструктивных ЭСИ, выполненных в различных CAD-системах — Компас, NX, T-FLEX, Solidworks и другие. Полученные в САПР «СПРУТ-ТП» данные «выгружаются» в применяемую PDM-систему и могут быть использованы конструктором для дополнительного анализа разрабатываемой детали и/или детали-сборочных единиц (ДСЕ). Очевидно, что количество вариантов деталей возможных для реализации в действующем производстве в итоге возрастает. Это множество определяет пространство для принятия решений на этапе ТПП и оптимизации процесса функционирования загружаемого производства. Современные технологии проектирования производственных систем (ПС) позволяют уже на начальных этапах использовать эту информацию для обоснования концепции реализации будущего производства [3]. Таким образом, оказывается возможным проанализировать полученные различные варианты реализации требуемых ТП по всему множеству деталей и детали-сборочных единиц, то есть обеспечить оптимальную конфигурацию проектируемой ПС (рис. 1).

Не менее важная задача, требующая разработки уже вариативных ТП, решается на этапе эксплуатации ПС, когда возникает необходимость изменения состава комплектующих в технологической ЭСИ в зависимости от текущей производственной ситуации (рис. 2, 3). При этом основной состав технологической конфигурации изделия (исполнение) остается неизменным. Согласно ГОСТ 2.113–75 [4] *Исполнение* — конструкция одного из изделий,

информация о которых содержится в одном групповом или базовом основном конструкторском документе. *Постоянные данные* — информация об исполнениях изделий, одинаковая для группы изделий и содержащаяся в одном конструкторском документе. *Переменные данные* — информация об исполнениях изделий, неодинаковая для группы изделий. *Групповой конструкторский документ* — конструкторский документ, содержащий постоянные и переменные данные исполнений двух и более изделий.

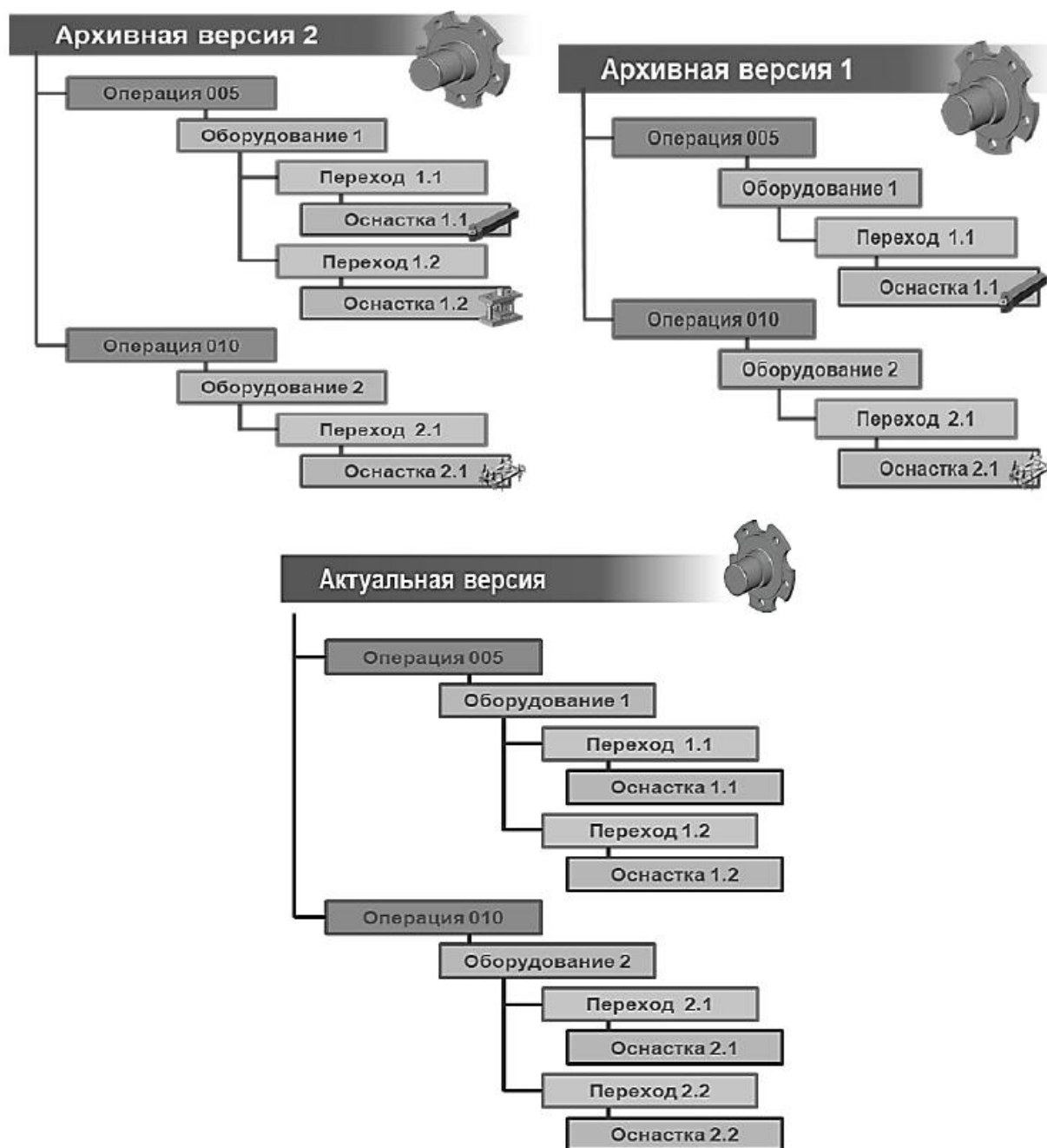


Рис. 3. Пример использования вариативных технологических процессов в действующем производственном процессе. Актуальная версия — реализуется в текущей производственной ситуации, архивные версии могут быть задействованы в случае производственной необходимости

Общим итогом изложенных возможностей является повышение качества проектирования ПС поскольку учитывает вариантность технологических ЭСИ как на начальных этапах — при разработке концепции и формирования аван-проекта ПС, так и вариативность в реализации ТП на этапе эксплуатации — за счет оперативного изменения структуры производственного процесса.

Заключение. Изменения, происходящие в производственной области, открывают новые возможности и для проектирования создаваемых и реконфигурации действующих производств. Уже на начальных этапах проектирования ПС появляется возможность для анализа (и соответственно оптимизации) по всей доступной совокупности вариантных технологических процессов предполагаемой к производству номенклатуры выпуска будущей ПС.

Разработка технологических ЭСИ уже на этапе конструирования — это «подготовка почвы» для ТПП на следующих этапах, когда будет решен вопрос о конфигурации (составе оборудования) будущего производства и соответственно будут зафиксированы приемлемые варианты ранее разработанных концептуальных вариантов технологических ЭСИ.

Современные САПР-ТП позволяют дать рекомендации конструктору по возможным вариантам изготовления разрабатываемых деталей и ДСЕ [5]. Компьютерные технологии делают процесс разработки взаимосвязанным и взаимодополняемым повышая тем самым общую эффективность создания новых производств или автоматизированных систем ТПП действующих [6].

Создание и хранение вариативных ТП в САПР-ТП позволяет производственным системам с интегрированными функциями (MES-системы) в автоматизированном режиме осуществлять управление процессом производства.

С точки зрения требований к подготовке кадров инженеров-конструкторов и инженеров-технологов необходимо включать соответствующие учебные модули по разработке вариантов изготовления деталей или ДСЕ с учетом вероятных возможностей будущего производства.

Литература

- [1] *Создание и внедрение системы автоматической технологической подготовки дискретного производства на базе электронной модели изделия. Техническое задание.* ПАО «Силовые машины». Санкт-Петербург, 2020, 14 с. URL: https://power-m.ru/company/tech-project/TZ_automation.pdf (дата обращения 07.09.2025).
- [2] ГОСТ 2.053–2023. *Единая система конструкторской документации. Электронная структура изделия. Общие положения.* Москва, Российский институт стандартизации, 2013, 10 с.
- [3] Буханов С.А., Лагута, В.С., Овсянников М.В. Проектирование конфигурации производственной системы на этапах жизненного цикла. *Высокие технологии в машиностроении. XXII Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. уч.: матер.* Самара, Самар. гос. техн. ун-т, 2025, с. 14–19.
- [4] ГОСТ 2.113–75. *Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Групповые и базовые конструкторские документы (с Изменениями № 1–5).* Москва, Стандартинформ, 2007, с. 224–273.
- [5] Евгеньев Г.Б., Кузьмин Б.В. Метод генерации баз знаний структурного синтеза маршрутных технологических процессов. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2013, № 5, с. 60–67.

- [6] Кокорев А.А., Кузьмин Б.В., Стисес А.Г. Методы интеграции конструкторского и технологического проектирования. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2012, спец. вып. Эффективные методы автоматизации, с. 15–23.

Implementation of variable technological and assembly processes in the SPRUT-TP CAD system

Grishin Nikolay Sergeevich¹

ngrishin@csprut.ru

Laguta Victor Stepanovich²

laguta@bmstu.ru

¹ “Centre Sprut – T” Ltd, Moscow, Russia

² BMSTU, Moscow, Russia

The paper shows an example of using variable technological processes to optimize the design of production systems and improve their efficiency. To organize the interaction between the designer and the technologist at different stages of the life cycle, CAD systems are used on a single information platform. The paper presents a sequence of using the SPRUT-TP CAD system to develop variant and variable technological processes for manufacturing parts and assembly operations. It also provides an example of a per-order form of organizing technological production preparation.

Keywords: *variable technological processes, integration, design system, and technological production preparation*