

Компонентно-ориентированный подход проектирования технологических процессов создания сложной техники

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»

В современных динамических условиях технического развития сложной техники особую значимость приобретают проектные решения, основанные на компонентной технологии с использованием компонентов повторного использования (КПИ), которые обладают высокой надежностью решений при минимальных затратах. Предложен подход для описания производственного процесса в виде компонентов, которые зарекомендовали себя в реальном производстве и содержат апробированные правила принятия решений для конкретного этапа производства, позволяет сократить стоимость и сроки, минимизировать риски, возникающие в условиях неопределенности в современных экономических условиях. Описанный подход основывается на концепции гибкости и дает возможность учитывать специфику конкретного производства.

Ключевые слова: производственный процесс, технологическая подготовка производства, технологический процесс, компонент технологического процесса, межкомпонентные связи, принятие технологических решений.

1. Введение

Современная технология производства непрерывно совершенствуется и реагирует на изменяющиеся рыночные условия. Параллельно с ней совершенствуются и развиваются методы управления производственными процессами, а также формы их организации, что оказывает решающее влияние на конструкторско-технологическую подготовку производства.

В настоящее время сформировалось несколько подходов к созданию технологических процессов (ТП) изготовления (сборки) изделий, которые обусловлены спецификой современного производства, динамикой изменения экономических условий, типом производства, объемами выпуска и т.д.

2. Постановка задачи исследования

Начиная с 30-х годов XX века мировым трендом и приоритетом развития различных отраслей машиностроения являлась индустриализация. Как следствие – доминировал массовый тип производства, изделие выпускалось годами без особых изменений. Изменение экономических условий потребовало увеличение количества выпускаемой продукции. Такой подход способствовал созданию концепции «типовых технологических процессов», суть которых заключалась в том, что необходимо было создать типовую технологию изготовления (сборки) изделий, принадлежащих к единому типу. При этом типовая технология описывала порядок выполнения типичных операций изготовления конкретного типа деталей, включая в себя основные, независимо от типоразмера, материала, условий работы и других факторов, операций [1].

Расширение номенклатуры выпускаемых изделий, являющееся логическим следствием предыдущего этапа развития технологии производства, обусловило появление иного подхода к проектированию технологических процессов, который заключался в описании технологии изготовления (сборки) деталей и узлов, принадлежащей к общей группе. Таким образом, появились групповые технологиче-

ские процессы [2]. Суть подхода заключается в том, что ТП создается на некую виртуальную деталь, которая обладает свойствами целой группы реальных деталей. При этом групповая деталь имеет одновременно все конструктивные особенности всех деталей, входящих в группу, однако ни одна из этих деталей не обладает всеми свойствами, характерными для групповой детали. Появление такого технологического принципа было обусловлено, во-первых, тем, что в типовом ТП нельзя учесть все особенности изготовления детали, относящейся к определенному типу, а во-вторых, тем фактором, что групповой ТП, созданный для деталей, входящих в группу, мог быть расширен в кратчайший срок путем добавления в группу нового типоразмера детали. При этом сроки технологической подготовки производства оказывались приемлемыми для существующих на то время экономических условий. Однако групповой подход к проектированию ТП так же, как и типовой, с возникновением новых приоритетов в мировой экономике перестал удовлетворять современным экономическим требованиям.

Особое место среди концепций проектирования технологических процессов занимают единичные технологические процессы, которые ориентированы на изготовление или сборку деталей какого-либо одного типоразмера и исполнения [3]. Это концепция создания технологического процесса «с чистого листа», без прототипов, типизации и группировки, используемая параллельно с концепциями типовых и групповых ТП, и ее существование всегда было обусловлено стремлением к созданию технологий изготовления новой техники, не имеющих аналогов и не поддающихся группировке и типизации. Основным толчком в пост-индустриализационный период явилось стремление к созданию новой, более совершенной техники, переход к созданию качественно новой продукции, конкуренция на внутреннем и внешнем рынках и, безусловно, противостояние сверхдержав на рынке вооружений. Кроме того, решение задач индустриализации позволило уделить большее внимание качеству новой продукции. При этом объемы производства во многих отраслях сократились, зато существенно расширилась их номенклатура.

В настоящее время жизненный цикл изделия от постановки на производство до снятия с производства во многих отраслях, особенно в электронике, может исчисляться несколькими месяцами. Поэтому ни один из существующих подходов в технологическом проектировании не может обеспечить одновременно оперативность создания изделия, его качество и конкурентоспособность. Основная проблема заключается в ужесточении требований к технологической подготовке производства (ТПП) при создании новых изделий, которые будут выпускаться не массово, а ограниченной серией. Главная проблема ТПП заключается в сроках проектирования, которые, с одной стороны, не могут быть длительными по причине жесткой конкуренции между производителями, а с другой – для проектирования технологии изготовления или сборки нового изделия часто не существует аналогов.

Различными исследователями в этой области был предложен ряд решений проблемы, в частности синтез ТП на основе ТП-прототипа и беспрототипное проектирование. Среди новых концепций представляет интерес модульный подход к проектированию ТП, суть которого заключается в описании элементов ТП как гибких модулей. Однако на основе концепции модульного подхода к проектированию ТП, отражающий только уровень технологического процесса, нельзя описать собственно производственный процесс во всех его аспектах, тем более оптимизировать его [4].

Возникло противоречие, связанное с тем, что прототипное проектирование вряд ли позволит проектировать новые перспективные ТП, а беспрототипное проектирование вносит существенный риск в процесс проектирования.

3. Решение задачи исследования

С учетом описанных проблем в существующих подходах, а также жесткой конкуренции на рынке потребителей особую актуальность приобретает компонентно-ориентированный подход к созданию новых технологических процессов, который позволяет аккумулировать опыт, накопленный технологами за многие годы практики, параметризовать и классифицировать объекты производства без необходимости их распознавания, минимизировать риски производства при создании новой продукции, априорно оценивать стоимость и сроки изготовления изделий, упростить выбор партнеров по производству и масштабировать задачи в рамках корпорации. При этом компонентно-ориентированный подход позволяет описать не только уровень технологической подготовки производства, но и в отличие от всех существующих концепций проектировать технологии глобально, на уровне производственного процесса и корпоративной логистики, в том числе учитывая тенденции использования современного подхода just-in-time.

Суть подхода заключается в том, что все этапы производственного процесса описываются компонентами процесса (структурными единицами), которые содержат в себе правила принятия решений по конкретному этапу производства (технологической операции) с возможностью оценки экономических показателей решения, стоимости, рисков, окупаемости, в то же время данные компоненты являются ранее апробированными в реальном производстве. На основе технологии создания новых ТП преимущественно из компонентов повторного применения можно решить задачу подготовки производства в кратчайшие сроки с минимальной степенью риска и неопределенности, в том числе при создании новой, не имеющей аналогов продукции в условиях современной экономики.

Концептуально компонент ТП представляет собой полноценную структурную единицу глобального процесса. Однако в отличие от известных концепций в данном случае компонент – это компонент производственного процесса (КТП). Следовательно, он включает в себя все аспекты, связанные с реализацией технологической операции в рамках реального производства. Конкретно КТП содержит в себе как свойства объекта, так и методы их достижения (рис. 1). В частности, в компоненте содержатся алгоритмы выбора средств технологического оснащения (оборудования, технологической оснастки), выбора обрабатывающих инструментов, средств контроля, алгоритмы оптимизации технологических размерных цепей, обеспечения качества поверхности, размеров, формы и взаимного расположения поверхностей, выбора технологических баз, а также свойства компонента при выборе конкретного технологического решения: штучно-калькуляционное время, себестоимость (цеховая и производственная), вероятность брака (риска) данной операции, исчерпывающие данные о потребности в режущих инструментах, вспомогательных материалах, данные о наиболее рациональных поставщиках средств технологического оснащения и прочие сведения технологического характера.

Представить структуру КТП можно с помощью семантических графов (сети Петри), в каждой ветви которых находятся вполне конкретные параметры-свойства. С помощью сетей Петри удобно описать динамику развития технологического процесса, представляющего собой компонент K_n в виде двух вложенных в него подчиненных компонентов (K_{n1} , K_{ni}).

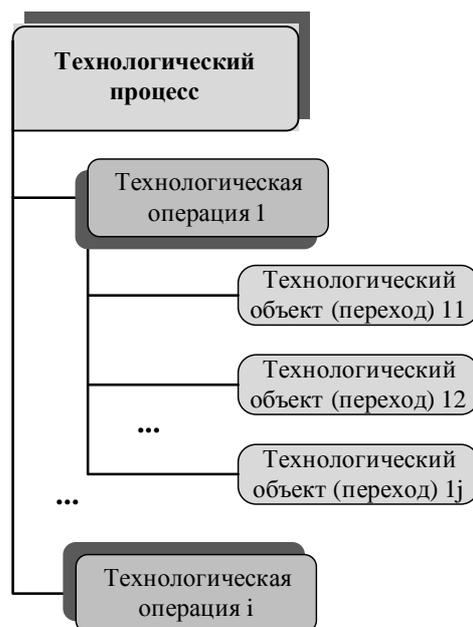


Рис. 1. Структура технологического процесса, основанная на компонентном подходе

Каждое событие сети Петри (технологическая операция) представляет собой совокупность свойств, характеризующих состояние объекта α_i и выполняемых в данном состоянии процедур Z_i (технологических переходов). Каждому событию соответствует условие перехода X_i , что в равной степени относится как к переходам внутри компонента, так и к межкомпонентным связям W_i . Математическое представление графов Петри типа положено в основу внутреннего строения КТП. Подобным образом может быть описана логика развития процессов практически неограниченной сложности (рис. 2). На рис. 2 изображен результат работы компонента, моделирующий производственный процесс создания сборочной единицы, состоящей из двух деталей, в котором отражены оптимальные технологические процессы изготовления деталей А (левая ветка) и В (правая ветка) и последующих сборочных операция, общих для обеих деталей. Следует обратить внимание на то, что количество ветвлений по вариантам технологических процессов А и В не ограничено.

С другой стороны, для каждого типа компонента (как этапа ТП) внутренняя логика принятия технологических решений представляется как обобщенный этап формообразования или сборки, который частично или полностью реализуется в конкретном изделии в зависимости от его геометрических и физических характеристик. Это позволяет оптимально, с учетом накопленного опыта поколений инженеров-технологов, применять элементы обоснованных технологических решений для совершенно новых изделий, избегая прототипного проектирования и в то же время иметь возможность количественной оценки временных и экономических показателей каждого конкретного этапа ТП с учетом вероятности брака (неопределенности или прямого риска).

Наличие межкомпонентных связей обеспечивает возможность оптимизации всего процесса технологической подготовки производства в целях получения наиболее рационального результата на любом этапе проектирования технологии и подготовки производственного процесса.

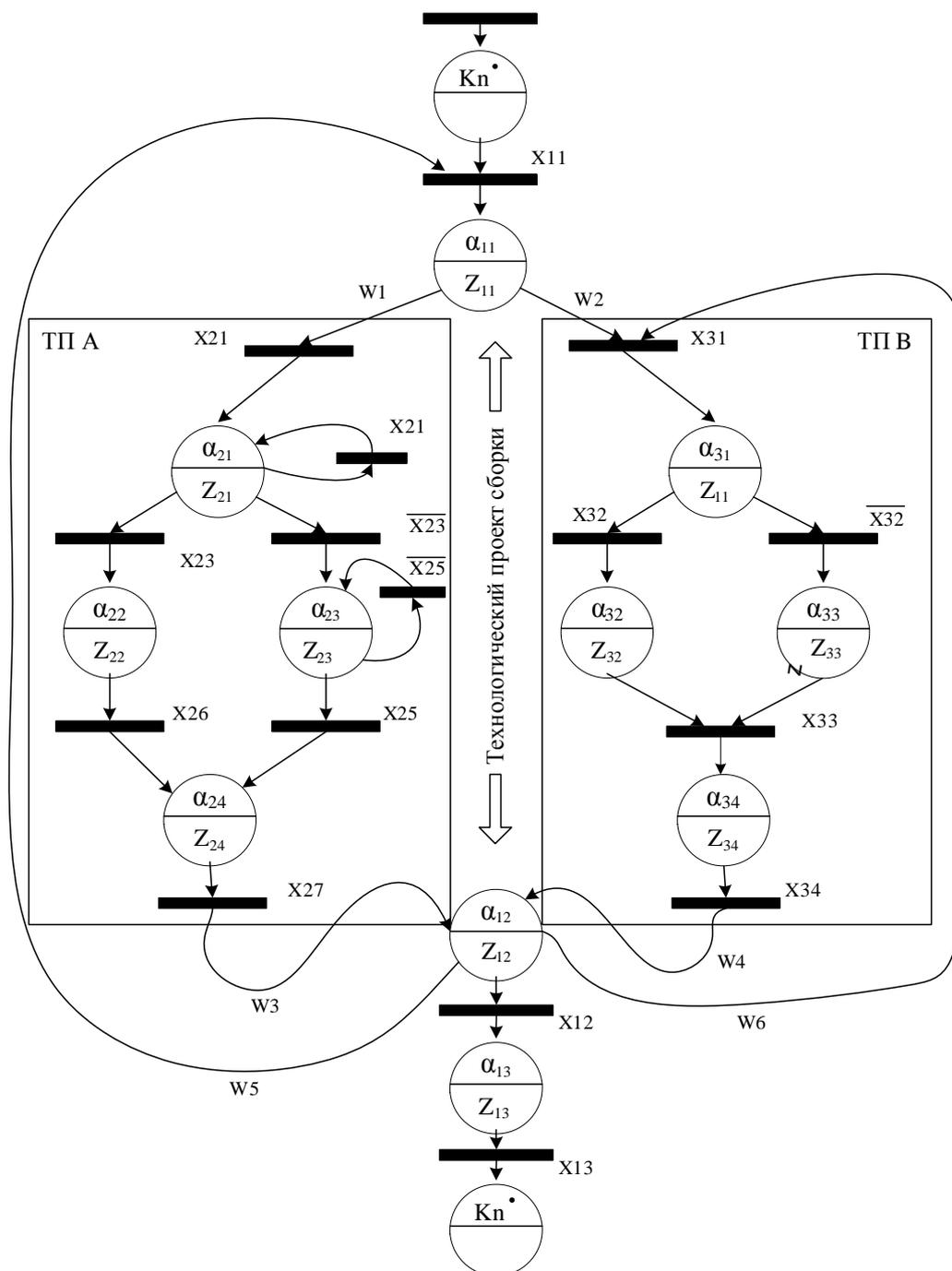


Рис. 2. Представление КТП и межкомпонентных связей с помощью сетей Петри

4. Вывод

Предложенный подход к проектированию технологических процессов при создании новой техники основывается на концепции гибкости и позволяет учитывать специфику конкретного производства. При этом информационная среда разрабатываемой системы будет непрерывно актуальной, готовой к принятию новых технологических, логистических и управленческих решений на каждом этапе своего развития и совершенствования.

Список литературы

1. Михайлов, А. В. Основы проектирования технологических процессов машиностроительных производств [Текст]: учеб. пособие / А.В. Михайлов, Д. А. Расторгуев, А. Г. Схиртладзе. – Старый Оскол: ТНТ, 2010. – 335 с.
2. Автоматизация производственных процессов в машиностроении [Текст]: учеб. для вузов / Н. М. Капустин, П. М. Кузнецов, А. Г. Схиртладзе и др. / под ред. Н.М. Капустина. – М.: Высш. шк., 2004. – 415 с.
3. Базров, Б. М. Основы технологии машиностроения [Текст]: учеб. для вузов / Б.М. Базров. – М.: Машиностроение, 2005. – 736 с.
4. Сергеева, Ю. И. Применение модульного подхода к организации производства / Ю.И. Сергеева, М.В. Иванов // Моделирование, идентификация, синтез систем управления: материалы IV Междунар. научно-техн. конф. – Донецк, 11 – 17 сентября 2011 г. – С. 179.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В. М. Вартанян, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

Поступила в редакцию 01.12.2014

Компонентно-орієнтований підхід проектування технологічних процесів створення складної техніки

У сучасних динамічних умовах технічного розвитку складної техніки особливого значення набувають проектні рішення, основані на компонентній технології з використанням компонентів повторного використання (КПВ), які мають високу надійність при мінімальних витратах. Запропоновано підхід для опису виробничого процесу компонентами процесу, які є раніше апробованими у реальному виробництві і містять у собі правила прийняття рішень щодо конкретного етапу виробництва. Це дозволяє скоротити вартість і терміни з мінімальним ступенем ризику в умовах невизначеності з урахуванням сучасних економічних умов. Даний підхід ґрунтується на концепції гнучкості і дозволяє враховувати специфіку конкретного виробництва.

Ключові слова: виробничий процес, технологічна підготовка виробництва, технологічний процес, компонент технологічного процесу, міжкомпонентні зв'язки, прийняття технологічних рішень.

Component-oriented approach of technological processes engineering in the creation of complex technique

In today's dynamic conditions of technological development complex technique design decision based on component technology with using reusable components, which have high reliability at minimum cost have had special significance. The approach for the description of the manufacturing process in the form of components that have proven themselves in real manufacture and contain making decision rules for a particular stage of production, thereby reducing the cost and time, minimize of the risks arising in condition of indeterminacy in the current economic conditions is offered. This approach is based on the concept of flexibility and allows to take into account the specifics of a particular production.

Keywords: production process, technological manufacturing preparation, technological process, component of technological process, intercomponent relationship, technological decision.