

ПЛАНИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С УЧЁТОМ РАЗВЁРТЫВАНИЯ ФУНКЦИИ КАЧЕСТВА

PLANNING OF TECHNOLOGICAL PROCESSES, TAKING INTO ACCOUNT THE DEPLOYMENT OF THE QUALITY FUNCTION

**A. Popov
M. Tikhonov
O. Shikula**

Summary: The article deals with the problems of using the methodology of deploying the quality function (QFD), the essence and classification of production technological processes. The concept, principles and key stages of planning and formation of technological processes of product production are disclosed. The structure and interrelation of the QFD with the processes of designing and manufacturing new (modernized) products are shown. The features of the construction of the third «quality house» of QFD technology are presented.

Keywords: planning of technological processes, QFD technology, the third «house of quality».

Попов Александр Александрович

*к.в.н., профессор, профессор института СПИНТех,
Национальный исследовательский
университет «МИЭТ»*

Тихонов Мартин Робертович

*к.т.н., доцент института СПИНТех, Национальный
исследовательский университет «МИЭТ»
kurotenshi91@yandex.ru*

Шикла Ольга Сергеевна

*ст. преподаватель института СПИНТех,
Национальный исследовательский
университет «МИЭТ»
oshik78@mail.ru*

Аннотация: В статье рассмотрены проблемы использования методологии развёртывания функции качества (РФК), сущность и классификация производственных технологических процессов. Раскрыты понятие, принципы и ключевые этапы планирования и формирования технологических процессов производства продукта. Показаны структура и взаимосвязь РФК с процессами проектирования и производства новой (модернизируемой) продукции. Представлены особенности построения третьего «дома качества» технологии РФК.

Ключевые слова: планирование технологических процессов, технология РФК, третий «дом качества».

В настоящее время методология РФК получила общемировое признание. Всё больше предприятий успешно осваивают данный метод, позволяющий на основе учёта потребительских предпочтений не только постоянно совершенствоваться, но и создавать инновационную продукцию, что приводит к росту конкурентоспособности этих предприятий, повышению их прибылей [1].

В России использование технологии РФК пока не нашло широкого применения, однако отмечается повышенный интерес к ней в последние годы, прежде всего, со стороны крупных компаний.

Трудности в использовании рассматриваемого метода обусловлены тем, что наиболее глубоко в нём проработаны вопросы построения матриц взаимосвязи первого и второго «домов качества» [2, 3, 4]. Последующие матрицы, в зависимости от сложности проектируемого продукта, являются весьма проблемными в аспекте их построения. Это вызвано не только спецификой технологических процессов, но и необходимостью учёта множества параметров качества продукции при её производстве.

В данной статье сделана попытка раскрыть сущность и основы планирования технологических процессов,

показать их взаимосвязь с третьим «домом качества» и особенностями его построения.

Технологический процесс, являясь важнейшим элементом производственного процесса, включает совокупность целенаправленных действий по преобразованию перерабатываемого материала в производимую продукцию.

Технологические процессы составляют основу производственных процессов и предполагают целенаправленные действия по преобразованию сырья (заготовок, полуфабрикатов) в готовые детали (изделия). При этом результатом технологического процесса является изменение формы, размеров или свойств обрабатываемого полуфабриката (заготовки).

В целом, технологический процесс призван связывать в единое целое все производственные звенья. Поэтому точное следование установленному технологическому процессу является залогом правильной организации всего производства. В зависимости от сформированных технологических операций устанавливается трудоемкость изготовления компонентов (деталей) изделия, определяются временные и стоимостные нормативы, рассчитывается требуемое количество персонала, оборудования, инструментария, себестоимость изготов-

ления изделий, осуществляются рациональное календарное планирование и контроль качества и сроков запланированных работ [5].

Классификация технологических процессов представлена на рис. 1.

К основным технологическим процессам относятся те, в ходе которых осуществляются изменения геометрических форм и размеров, физических и химических свойств продукции. В свою очередь, эти процессы подразделяются на подготовительные или заготовительные, преобразующие или обрабатывающие и заключительные или сборочные разновидности.

Посредством вспомогательных технологических процессов (изготовление или ремонт инструментария, оснастки и оборудования; обеспечение жизненно важными видами материальных ресурсов, например, таких как, электроэнергия, газ, топливо, вода и др.) осуществляется непрерывная реализация основных технологических процессов.

Обслуживающие технологические процессы (транспортировка, погрузочно-разгрузочные операции, хранение, технический контроль и др.) тесно связаны с обслуживанием основных и вспомогательных технологических процессов, хотя и непосредственно не предназначены для создания продукции.

В зависимости от целей и масштабов их применения, как правило, выделяют следующие виды технологических процессов:

- **единичный**, направленный на изготовление (ремонт) изделий, обладающих схожими конструктивными и технологическими свойствами;
- **типовой**, служащий для изготовления однотипных изделий со схожими конструктивно-технологическими свойствами;
- **групповой**, обеспечивающий производство изделий с различными конструктивными, но схожими технологическими свойствами.

По критерию инновационности технологические процессы подразделяются на:

- **типичные**, применяемые в рамках существующих конструктивных исполнений, технологий, способов обработки компонентов изделий, инструментария и оснастки;
- **перспективные**, использующие новые технологические решения, сырье материалы и инструментарий.

Разновидностями технологических производственных процессов также являются:

- **унифицированные технологические процессы**, характерные для серийного производства, и применяемые при изготовлении однотипных изделий со схожими конструктивно-технологическими свойствами;
- **рабочие технологические процессы**, осуществляемые в рамках конкретного предприятия и используемые для изготовления (ремонта) отдельных компонентов изделий;
- **проектные технологические процессы**, разработанные и применяемые на основе предваритель-



Рис. 1. Виды и содержание технологических процессов

но сформированной проектно-технологической документации, например, в рамках опытного производства продукта;

- временные технологические процессы, имеющие ограниченные сроки применения, обусловленные краткосрочным отсутствием необходимого оборудования или в связи с форсмажорными ситуациями, вызвавшими выход из строя стандартного технологического процесса;
- стандартные технологические процессы — это процессы, опирающиеся на существующие стандарты, регламентирующие порядок использования оборудования, технологической оснастки и режимов обработки компонентов изделия;
- комплексные технологические процессы, предусматривающие возможность применения нескольких технологических операций изготовления компонентов изделий, операции хранения, перемещения и контроля сырья и готовых изделий и др.;
- маршрутные технологические процессы, предполагающие разработку маршрутных карт (без учета переходов) и используемые при единичном или мелкосерийном производстве;
- операционные технологические процессы, содержащие детальное описание установленной последовательности операционных действий;
- маршрутно-операционные технологические процессы, предусматривающие выполнение отдельных операций, отображенных в маршрутных картах.

Кроме того, в зависимости от характера производимых работ различают технологические процессы механической обработки, литья, сборки, термообработки, обработки давлением, нанесения покрытий и др.

Существуют и иные признаки классификации видов технологических процессов.

Этап планирования и разработки технологических процессов предназначен для обеспечения всестороннего развития эффективной системы и процесса производства, и отражает ключевые моменты разработки производственного процесса и формирования (уточнения) плана управления в интересах создания качественной продукции.

Целью такого планирования состоит в окончательном завершении разработки всех технологических и производственных функций (процессов).

Задачи, которые должны быть реализованы на этапе планирования технологических процессов, зависят от конечных результатов выполнения предыдущих этапов (планирование и проектирование продукции).

При этом производственный процесс должен обеспечивать гарантированное выполнение требований и ожидаемый потенциальный потребитель по создаваемой продукции.

При планировании и разработке рассматриваемого процесса целесообразно использовать такие основополагающие принципы, как [5]:

1. Технологичность конструкции, которая обеспечивается строгим соблюдением требований как к свойствам деталей, так и к технологии изготовления, позволяющей производить их с высоким качеством и минимальными затратами;
2. Принцип деления процесса обработки на стадии, определяющий разделение технологического процесса на грубые (менее точные, но более дешевые) и точные (более дорогостоящие) операции;
3. Взаимозаменяемость — возможность сборки готового изделия из независимо изготовленных компонентов, при этом отсутствует необходимость в дополнительной обработке изделия в ходе его сборки;
4. Принцип концентрации технологических операций, сводящийся к целесообразности обработки возможно большего количества поверхностей на одном рабочем месте;
5. Принцип дифференциации операций предполагает необходимость разбиения технологических процессов на более простые операции.

Технологическое планирование процессов изготовления продукции должно базироваться на принятии рациональных решений по соблюдению всех требований к её проектированию и производству, учитывать сложившиеся условия, влияющие на преобразование сырья в готовое изделие.

Критериями выбора лучшего варианта технологического процесса являются минимальная себестоимость и высокая производительность изготовления проектируемого продукта с заданным качеством.

Входными данными для планирования технологических процессов являются выходные данные процесса проектирования продукции (рис. 2).

Планирование и разработка технологического процесса производства продукции предполагает разработку совокупности более детализированных внутренних процессов, в том числе:

- технологических процессов изготовления отдельных деталей (компонентов) будущего изделия;
- технологических процессов сборки готового изделия (продукта).

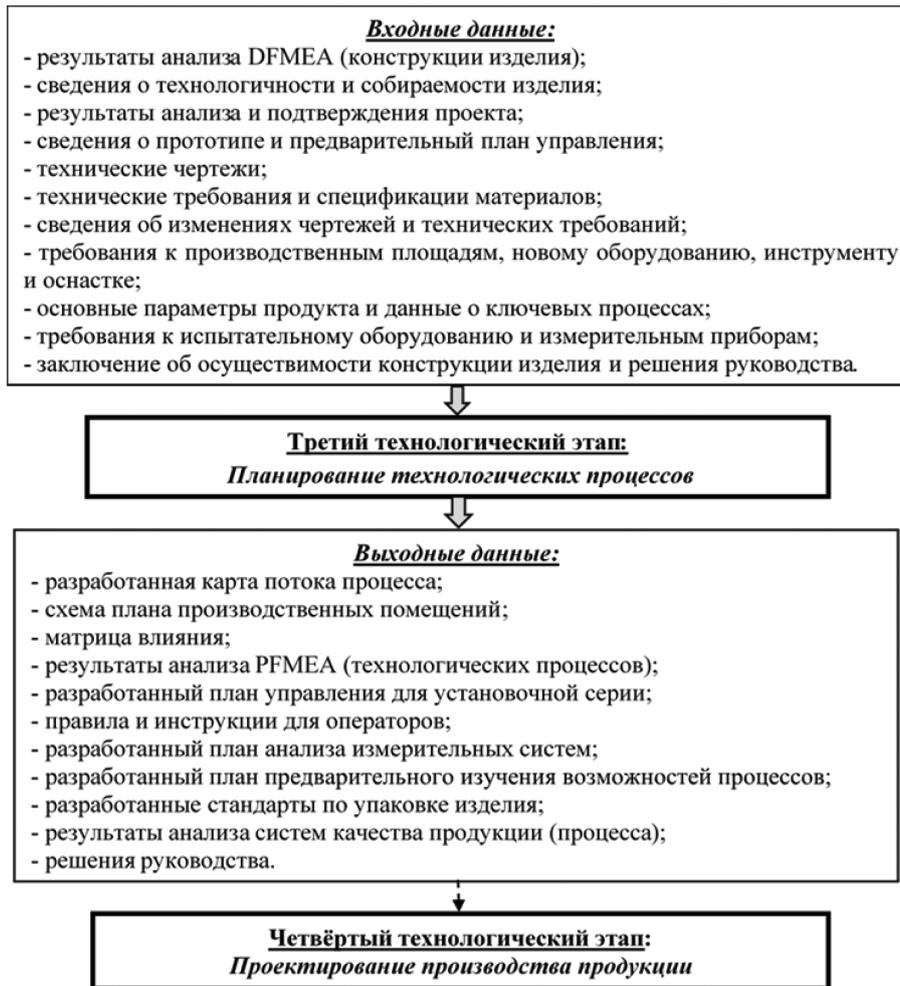


Рис. 2. Входы и выходы третьего технологического процесса

Выбор структуры технологического процесса определяется требованиями к конкретному объекту производства.

Рассматриваемый процесс может разрабатываться либо с привязкой к действующему производству, либо применительно к новому производству. В последнем случае технологи-проектировщики обладают большей свободой действий в принятии решений, направленных на выбор средств и построение технологического процесса.

Задачей разработки технологического процесса изготовления детали является определение для конкретных производственных условий наилучшего варианта преобразования заготовки или полуфабриката в готовый компонент изделия с учетом требуемого качества и минимальной его себестоимости.

При разработке технологического процесса изготовления детали используются чертежи детали, чертежи соответствующей сборочной единицы, данные о количестве предполагаемых к выпуску деталей, стандар-

ты на полуфабрикаты (заготовки), сведения о типовых и групповых технологических процессах, технологических параметрах оборудования и инструментов, необходимая справочная литература, руководящие инструкции, нормативы и другие материалы.

В общем виде разработка технологического процесса изготовления отдельных компонентов проектируемого изделия (конкретной детали) должно предусматривать проведение следующих основных операций:

1. Уяснение назначения детали, технических требований, норм точности, требований по технологии сборки и анализ рабочих чертежей;
2. Установление производительности изготовления деталей по неизменяемым чертежам;
3. Выбор рациональных видов и организационных форм для будущего производственного процесса;
4. Анализ и подбор полуфабриката для изготовления детали;
5. При невозможности изготовления детали непосредственно из полуфабриката выбирается целесообразный технологический процесс получения заготовки;

6. Выбор способов трансформации заготовки в готовую деталь;
7. Разработка технологической документации на выбранный способ изготовления детали.

Разработка и оформление документации на спроектированный технологический процесс осуществляется в соответствии с требованиями Единой системы технологической документации.

В технологической документации должна быть отражена вся необходимая информация о структуре и последовательности реализации технологического процесса, применяемом оборудовании и инструментах, режимах обработки материалов, трудоемкости выполняемых операций, разрядах работ и их расценках.

Разработка технологического процесса сборки готового изделия является одним из ключевых этапов проектирования данного процесса.

В зависимости от сложности создаваемого изделия (деления его на сборочные единицы и детали) различают общую, узловую, подузловую и комплектную разновидности сборки.

К технологическому процессу сборки также относятся переходы, посредством которых обеспечивается проверка правильности функционирования сборочных единиц и деталей, их отделкой, очисткой, мойкой, окраской регулировкой и т.п.

В каждой сборочной единице необходимо определить базирующую деталь, которая определяет положение остальных компонентов этой сборочной единицы.

При определении сборочных работ необходимо выявить, какие работы целесообразно выполнять на предварительном этапе (вне общей и узловой сборки). К их числу, например, относится большинство работ по механической обработке деталей, выполняемой в сборочном цехе.

Такие работы, как выполнение соединений деталей и узлов, их пригонка, регулировка и проверка правильности соединений, составляют основное содержание узловой и общей сборки.

Для описания технологических процессов используются многочисленные формы технологической документации, обязательной для разработки, в том числе технологические, маршрутные и операционные карты.

Подробный перечень сборочных работ составляется в последовательности, предусмотренной схемой сборки, и с указанием временных затрат на их выполнение.

Наряду с разрабатываемым технологическим процессом формулируются технические задания на проектирование специального оборудования, штампов и приспособлений, измерительного и другого инструмента. В задании должно содержаться подробное описание служебного назначения проектируемого объекта.

Таким образом, для предприятия технологический процесс является основой производства продукции, так как на его базе формируется характеристика каждой рабочей единицы оборудования, вырабатываются особенности циклов взаимодействий рабочих цехов и др. При этом эффективно отлаженная схема технологического процесса существенно упрощает работу любого производства.

Выходы (выходные данные) планирования технологических процессов представлены на рис. 2.

Эффективным инструментом, с помощью которого предприятие — разработчик может предлагать свои продукты и услуги, полностью отвечающие пожеланиям его потребителей (заказчиков), является методика развёртывания функции качества (метод РФК или QFD).

Применение данного метода позволяет максимально учитывать требования потребителя на каждой стадии разработки и производства готовой продукции и, тем самым, повысить степень его удовлетворённости, существенно снизить затраты на процессы проектирования и подготовки будущей продукции к производству.

Следует подчеркнуть, что развёртывание функции качества является обеспечительным процессом по отношению к процессу проектирования и производства продукции.

Технологически процесс РФК условно разбивается на четыре взаимосвязанные фазы, основу которых составляют специальные таблицы, называемые матричными диаграммами особого вида, получившими в совокупности с другими элементами название «домов качества».

Посредством «наполнения» последовательно располагаемых «домов качества» технические параметры (спецификации) проектируемого продукта поэтапно трансформируются в технологические процессы его производства. При этом достигается требуемое качество и минимизация затрат, связанных с созданием (совершенствованием) продукции.

В каждом «доме качества» в матричной (табличной) форме формируется сконцентрированная информация, необходимая для последующего принятия управленческих решений о выборе первоочередных действий по улучшению качества создаваемого изделия, которое ожидает потребитель.

Таким образом, каждая фаза отражает специфические требования к разрабатываемой продукции. При этом в очередном «доме качества» производится оценка взаимосвязи между различными параметрами его составных элементов. И только самые важные характеристики трансформации продукта переходят на следующую фазу, в следующий «дом качества».

Взаимосвязь технологии QFD с процессом проектирования и производства нового или совершенствуемого продукта, а также его компонентов представлена на рис. 3 [6].

Третья фаза РФК получила название «Планирование технологических процессов». Её целью является перевод технических характеристик компонентов (деталей) продукции в параметры технологических процессов их производства.

Основной вопрос, на который необходимо дать чёткий ответ: «Как (каким образом) будут изготавливать ключевые компоненты проектируемого изделия?». При этом важное значение имеет синхронизация всех технологических процессов в пространстве и во времени, так как каждый из них имеет собственный цикл реализации и производительность.

Таким образом, построение третьего «дома качества» позволяет установить зависимость между требовани-

ями, предъявляемыми к отдельным компонентам продукта, и требованиями, которые должны предъявляться к технологическим процессам его изготовления. На основе этого формируются чёткие критерии выполнения ключевых технологических процессов производства продукции.

Планирование технологических процессов возлагается на представителей производственных служб предприятия, отвечающего за производство продукции. К их числу могут относиться технологи, маркетологи, инженерный состав, специалисты-производственники и другие должностные лица, включёнными в состав проектной группы.

При построении третьего «дома качества» учитывается своя специфика заполнения матрицы, которая определяется сущностью и конкретным содержанием технологических процессов производимой продукции [2]:

1. При построении третьего «домика качества», важно ещё раз подчеркнуть, что его основу составляет матрица «требования к компонентам продукции — требования к процессам производства»;
2. Требования к компонентам продукции определяются (становятся известны) в результате построения второго «домика качества». Эти требования расположены в надстройке второго «дома»;



Рис. 3. Взаимосвязь РФК с процессом проектирования и производства продукции

3. Требования к процессам производства (характеристики технологических процессов) устанавливаются проектной группой. При этом целесообразно использовать стандарты Единой системы технологической документации, в которых в качестве основных определены следующие показатели технологических процессов: продолжительность цикла технологического процесса (операции); такт и ритм выпуска; временные нормативы; нормы выработки; технологическая себестоимость производства деталей по совокупности производимых операций и др.

При сравнении альтернатив технологических процессов для принятия решений по их целесообразному выбору, может использоваться система показателей, в которую входят, например, производительность, технологическая себестоимость, материалоемкость и т.п.

4. В матрице взаимосвязей третьего «дома качества» количество технологических процессов (основных, вспомогательных и обслуживающих), необходимых для качественного изготовления продукции, зависит от её конструктивных особенностей, а количество характеристик (требований), отражающих особенности каждого технологического процесса, определяются командой специалистов-проектировщиков.

Общий вид матрицы взаимосвязей «технические характеристики компонентов продукции — характеристики технологических процессов (процессов производства)», располагаемой в центральной части третьего «дома качества», представлен в таблице 1.

Данная матрица взаимосвязей является весьма сложной конструкцией, состоящей из множества элементов, поэтому её заполнение требует повышенного внимания и больших усилий со стороны проектной группы, занимающейся различными аспектами структурирования функции качества.

После определения наиболее приемлемых вариантов планирования технологических процессов по производству продукта и с учетом тех его характеристик, которые уже были структурированы ранее, показатели этих процессов трансформируются в параметры существенных операций, являющихся выходными данными третьей фазы QFD.

Таким образом, в третьем «домике качества» обеспечивается возможность установления связи основных характеристик компонентов проектируемого продукта

с ключевыми характеристиками производственных (технологических) процессов, что позволяет трансформировать характеристики спроектированной продукции в технологические операции, обеспечивающие получение продукции с запланированными свойствами [4].

Таблица 1.

Общий вид матрицы взаимосвязей «технические параметры компонентов продукции — характеристики технологических процессов»

Технические характеристики компонентов продукции	Характеристики технологических процессов (ТП)							
	Основных		Вспомогательных			Обслуживающих		
	ТП 1	ТП 2	ТП 3	ТП 4	ТП 5	ТП 6	ТП 7	ТП 8
	Параметры							
	1.1	8.n
Компонент 1								
Параметр 1.1								
Параметр 1.2								
Компонент 2								
Параметр 2.1								
...								
Компонент n								
Параметр n.1								
Параметр n.2								

При планировании технологических процессов производства продукции важно разработать действенную систему их контроля и предусмотреть рациональные пути дальнейшей оптимизации процессов, исходя из возможной реакции рынка на реализуемую продукцию [7].

Поэтому реализация третьей фазы рассматриваемой методологии должна предполагать идентификацию ключевых операционных параметров и выбор рациональных методов их контроля. Исходя из этого, процессу серийного производства продукции должна предшествовать документальная разработка контрольных процедур качества выпускаемой продукции, а также процедур принятия своевременных мер по внесению необходимых изменений, которые могут повлиять на качество продукции в течение всего периода её выпуска и реализации на рынке.

Контрольные процедуры также должны предусматривать меры, направленные на предотвращение выпуска или поставки продукции, которая перестала соответствовать установленным требованиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов А.А., Лекарева Ю.С. Инновационная политика как инструмент повышения конкурентоспособности организации // Бизнес. Образование. Право. 2020. № 1 (50). С. 276–280.
2. Адлер Ю.П. Структурирование функций качества. Методы Тагути: Технология качества. Часть 3. Структурирование функций качества // Методы менеджмента качества. 2020. № 12. С. 38–43.
3. Вашуков Ю.А. Развертывание функции качества (QFD): Методические указания / Самарский государственный аэрокосмический университет Сост. Ю.А. Вашуков, А.Я. Дмитриев, Т.А. Митрошкина. — Самара, 2009. — 54 с.
4. Косых Д.А., Куприянов А.В. Структурирование функции качества: методические указания / Д.А. Косых, А.В. Куприянов. — Оренбург: ОГУ, 2018. — 44 с.
5. Организация производства. Часть 1: учебник для СПО / И. Н. Иванов [и др.]; под ред. И.Н. Иванова. — М.: Издательство Юрайт, 2019. — 404 с.
6. Попов А.А., Тихонов М.Р., Шидула О.С. К вопросу о целесообразности применения технологии QFD при проектировании и производстве продукции // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2022. № 5. С. 113–119.
7. Гузаирова А.Ф., Попов А.А. Общий менеджмент: учебное пособие. — Оренбург: ООО «Руссервис», 2012. — 477 с.

© Попов Александр Александрович; Тихонов Мартин Робертович (kurotenshi91@yandex.ru);

Шидула Ольга Сергеевна (oshik78@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»