

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ СОЗДАВАЕМОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

---

В предыдущих лекциях была рассмотрена принципиальная схема моделирования развития любой организационной системы. Началом данной процедуры развития является структурное моделирование, которое необходимо для оптимизации проектов. Для структурного моделирования проектных технологических процессов изготовления новых изделий и оптимизации рабочих технологических процессов действующего производства необходимо рассмотреть процедуру подготовки комплектов проектной технологической документации, разрабатываемой в составе Проектно-сметной документации для реконструкции или технического перевооружения. Она приведена на рис. 1.

Главная особенность данной процедуры заключается в том, что при подготовке комплектов проектной технологической документации предусматривается разработка не только перспективных, но и директивных технологических процессов. Рассмотрим подробнее основные цели, задачи и отличия таких технологий, которые позволяют в технологической части проекта реконструкции или технического перевооружения обоснованно ответить на главные вопросы о:

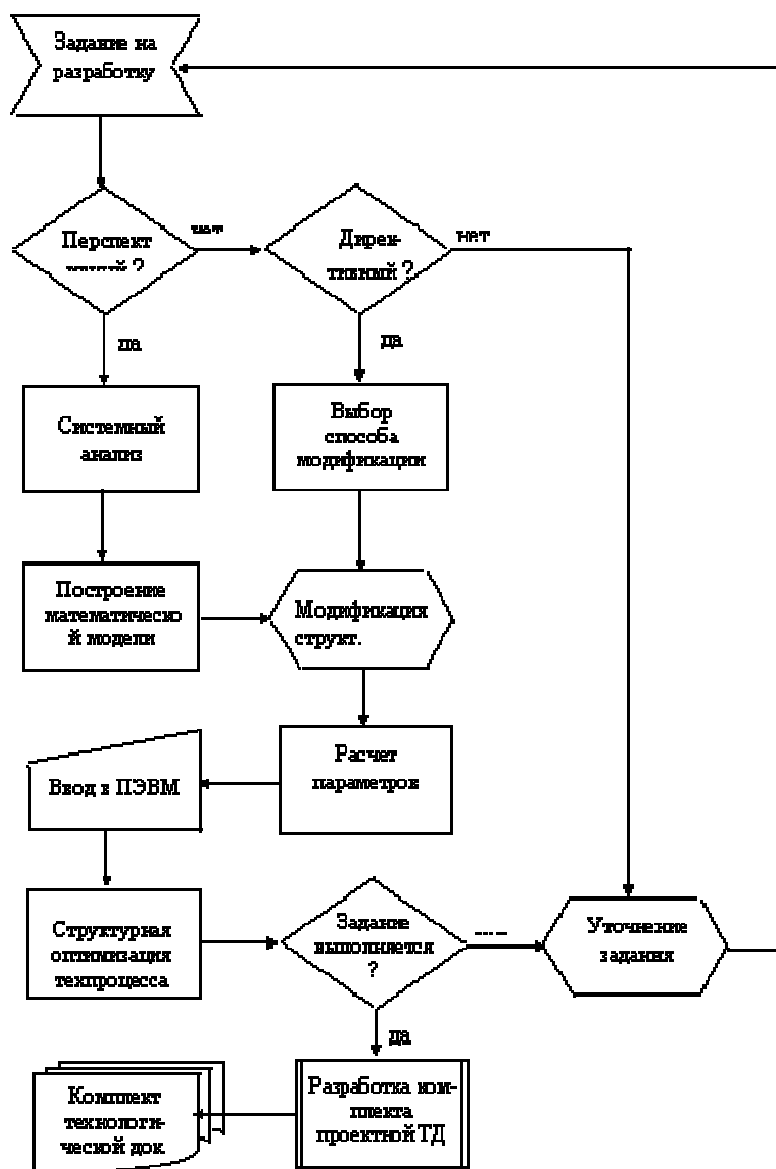
- новых технологических решениях,
- механизации и автоматизации технологических процессов;
- составе применяемого технологического оборудования, том числе импортного;
- применении малоотходных и безотходных технологических процессов;
- использовании более прогрессивных транспортно-технологических схем перемещения тарно-штучных грузов;
- новых методах технического контроля и испытаний изделий;
- минимизации отходов производства, выделении вредных веществ;
- определении состава производственных процессов по утилизации отходов.

Кроме того, комплект проектной технологической документации, перспективные и директивные технологические процессы, используемые при реконструкции и техническом перевооружении производства, позволяют ответить и на другие важные вопросы о:

- расчете топливно-энергетического и материального балансов технологических процессов;
- оценке потребности в основных видах ресурсов для технологических нужд;
- трудоемкости, станкоемкости и ремонтном фонде производства;
- расчетах количества единиц оборудования, площадей, числа работающих;

выполнении чертежей технологических компоновок и планировок оборудования.

Охарактеризуем только сущностное содержание и отличительные признаки используемых в проектах реконструкции и технического перевооружения технологий. Начнем такой анализ с понятий проектный, перспективный и директивный технологический процесс. Они определены в Единой системе технологической документации следующим образом, Перспективный технологический процесса – это технологический процесс, соответствующий современным достижениям науки и техники, методы и средства осуществления которого полностью или частично предстоит освоить на предприятии. Комплект директивной технологической документации – это совокупность комплектов документов на отдельные технологические процессы, необходимые и достаточные для проведения предварительных укрупненных инженерно-технических, организационно-экономических задач, при принятии решения по постановке новых изделий на производство применительно к условиям конкретного предприятия. Комплект проектной технологической документации предназначен для применения в проектировании или реконструкции предприятия. Рабочие технологические процессы, т.е. технологические процессы, выполняемые по рабочей технологической и (или) конструкторской документации, в ходе реконструкции и (или) технического перевооружения должны пересматриваться и замещаться новыми, более прогрессивными технологиями. В противном случае реконструкция сводится к реконструкции зданий и организационной перестройке производства, т.е. к менее эффективным формам воспроизводства преимущественно пассивной части основных производственных фондов. В схеме технологического документооборота (рис. 2) в соответствии с Единой системой технологической документации (ЕСТД) приняты следующие правила применения комплектов технологической документации, которые увязаны с этапами и стадиями конструкторской подготовки производства. Во-первых, на стадии разработки конструкторской документации технического предложения технологическую документацию разрабатывать не принято. Стадиям эскизного и технического проектирования изделия ставится в соответствие разработка предварительного проекта технологической документации. Конструкторской документации опытного образца ставится в соответствие технологическая документация опытного образца (партии). Конструкторской документации серийного или массового производства продукции соответствуют комплекты технологической документации серийного или массового производства, включая директивную технологическую документацию. Технологическую документацию единичного производства разрабатывают не только для конструкторской документации единичного производства, но и для производства опытного образца или партии изделий.



Р и с.1 Информационно-функциональная схема проектирования проектных, перспективных и директивных технологических процессов.

Во-вторых, комплекты технологической документации в зависимости от назначения, вида организации технологических процессов и глубины их описания принято подразделять на: технологическую документацию для обеспечения рабочих мест основного или вспомогательного производства – это различные комплекты рабочей технологической документации, включая технологическую документацию на временные и стандартные технологические процессы и технологическую документацию для обеспечения рабочих мест в службах ТПП – это директивные, перспективные, проектные технологические процессы и технологические процессы информационного назначения. Каждый из этих комплектов технологической документации в зависимости от вида организации технологических процессов подразделяют на единичные, типовые и групповые технологические процессы, а в зависимости от глубины описания – на

маршрутные, маршрутно-операционные и операционные.

В-третьих, в перечисленные выше комплекты технологической документации в различном сочетании кроме титульного листа (ТЛ) также входят: МК – маршрутные карты, КТПП – карты типового технологического процесса, КГТП – карты группового технологического процесса, ТИ – технологические инструкции (по наладке оборудования, настройке технологической оснастки, приготовлению электролитов, различных растворов... инструкции по технике безопасности), КТО – карты типовых операций, КТИ – карты технологической информации, ОК – операционные карты, КЭ – карты эскизов, КК – комплектовочные карты.

Кроме названных документов система документооборота в технологической подготовке производства предусматривает и другие стандартизованные, типовые и неунифицированные документы:

ведомости (технологических маршрутов, материалов, норм расхода материалов, применяемости деталей, держателей подлинников, оснастки, оборудования, дефектации, производственной программы...);

карты (наладки, расчёта и кодирования информации, заказа на разработку управляющих программ, технико-нормировочные, заказов на проектирование и изготовление технологической оснастки, карты изменений, карты регистрации результатов испытаний и (или) измерений...);

акты (внедрения технологических процессов, внедрения средств технологического оснащения, освоения производственных мощностей...);

паспорта (на технологические процессы и особо ответственные детали, паспорт предприятия...);

журналы (контроля технологических процессов...) и другие документы.

Кроме названных форм в системе документооборота ТПП используется большое количество неунифицированной (или недостаточно унифицированной) документации – это календарные графики ТПП, чертежи технологических компоновок и планировок оборудования, монтажные планы оборудования, ведомости фундаментов под оборудование, ведомости и экспликации площадей и т.д.

Если дополнительно учесть, что на структуру решаемых задач, выполняемых процедур и форм технологической документации накладывает свой отпечаток классы (например, в машино- и приборостроении их более десяти: формообразование (литье, спекание, формование из полимеров...), обработка (давлением, резанием, термическая и химико-термическая, электро-физическая и электро-химическая, слесарная, раскрой материалов...), сборка (разъемных и неразъемных соединений, сварка и пайка, клепка, склеивание, монтаж...), получение плазменных, вакуумных, лакокрасочных и гальванических покрытий, технический контроль и испытания, перемещение, консервация и расконсервация, упаковка...) и методы изготовления изделий (их около 1500), например точение, шлифование, пломбирование, разметка, плакирование, ионная имплантация..., то становится ясной высокая сложность системы ТПП, связанного с ней технологического документооборота и процедур разработки технологических процессов, в том

числе при решении проектных задач реконструкции и технического перевооружения.

В этой связи мы более подробно остановимся не на построении всей системы технологического документооборота, используемого, например, при разработке АСТПП, а только на той части разработки комплектов проектной, директивной и перспективной технологической документации, которая имеет прямое отношение к реконструкции и техническому перевооружению производства.

Технологическое обеспечение конкурентоспособности и качества изделий машиностроения при постановке новой продукции на производство может быть ориентировано не только на обеспечение технологичности конструкции изделия, но также на разработку директивных технологических процессов. Директивные технологические процессы относятся преимущественно к изготовлению оригинальных изделий, в том числе деталей, а перспективные технологические процессы – к изготовлению типовых конструкций. Реализация обеих разновидностей технологии осуществляется путем разработки вначале комплекта проектной технологической документации для выполнения технологической части проекта реконструкции (технического перевооружения), а на инновационной стадии использования этой документации – разрабатывают комплекты документов технологического процесса, которые называют рабочими технологическими процессами реконструированного производства. Главное, что отличает директивные и перспективные технологические процессы, заключается в том, что экономический эффект от применения директивных технологических процессов, чаще всего направленных на повышение качества, проявляется главным образом в сфере эксплуатации изделия и в увеличении объемов продаж новой конструкции изделия с улучшенными качественными свойствами. А у перспективных технологических процессов экономический эффект от ресурсосбережения проявляется в первую очередь в сфере производства изделия и увеличения объема продаж от снижения цены изделия.

Конструкции новых изделий в целях существенного повышения их качества (конкурентоспособности, тактико-технических данных, технического уровня изделия) весьма часто содержат новые конструкторские решения. К ним относят: более совершенные материалы; повышенные требования, например, к точности и шероховатости обработки поверхностей; они содержат новые элементы конструкций изделий, покрытия, которые не могут быть изготовлены с помощью существующих технологических процессов на предприятии. В этой связи для постановки на производство новых изделий проектные организации должны обеспечивать для данного предприятия создание новых так называемых директивных технологических процессов, которые устраняют несоответствие новой конструкции, ее элементов с повышенными качественными свойствами и сложившейся технологической системой действующего предприятия.

В настоящее время наметилось четыре основных направления создания директивных технологических процессов.

1. Изготовление и обработка новых конструкционных материалов. Например, сварка взрывом композиционных материалов, У которые обеспечивают коренное улучшение эксплуатационных свойств изделия (например, замена меди на композиционный материал «молибден–медь–титан», полученный импульсным нагруженным, улучшает эксплуатационные характеристики изделия в условиях высокоскоростного трения в сотни раз).

2. Изготовление принципиально новых для конкретного предприятия сборочных единиц и деталей. Например, в целях существенного увеличения частоты вращения шпинделя высокоскоростного станка требуется замена подшипников качения активными магнитными подшипниками. Технологические процессы их изготовления относятся в данном случае к директивным.

Реализация названных технологических процессов может предусматривать использование в качестве заготовок: специальных методов литья, в том числе получением структуры направленной кристаллизацией и монокристаллов; уникальных штамповок (изотермическая, высокоскоростная, взрывом, в условиях сверхпластичности металла); применение ротационной вытяжки; электровысадки; использование композиционных, керамических и нанокристаллических материалов и т.п.

3. Обеспечение повышения качества поверхностного слоя деталей или структуры материала. Спектр рекомендуемых для использования технологий, особенно в области создания покрытий, довольно широк: от электрохимического окрашивания деталей из сплавов алюминия в различные цвета для улучшения сопротивления коррозии, солнечному облучению и улучшения эстетических свойств..., до упрочнения деталей машин различными способами (термомеханическое, электромеханическое, газотермическое, лазерное термоулучшение, термодиффузионное хромирование, плазменно-шликерная обработка и т.п.). Эти технологии чаще всего обеспечивают повышение надежности и долговечности изделий. Данные работы по улучшению качества поверхности наиболее нагруженных деталей машин часто могут быть связаны с применением новых методов формирования физико-химического и структурно-фазового состояния поверхностного слоя, обеспечивающего повышение эксплуатационных свойств изделия (износо-стойкости, коррозионной и эрозионной стойкости, фреттинг-стойкости, длительной жаропрочности, жаростойкости, пластичности, пористости, долговечности и др.) и повышение надежности (снижение вероятности разрушения, повышение безотказной работы или снижение интенсивности отказов) деталей, сборочных единиц и изделий в целом.

Получение заданных параметров поверхностного слоя, обеспечивающего долговечность и надежность деталей (шероховатости, степени и глубины наклепа, остаточных макро- и микронапряжений, физико-химических свойств и структурно-фазового состояния), нередко

обеспечивают путем применения на стадии окончательной обработки деталей специальных методов:

отделочно-упрочняющих (пневмо- и гидродробеструйное, вибро-и пневмодинамическое упрочнение, виброшлифование и алмазное выглаживание, виброконтактное полирование алмазными лентами, упрочнение микрошариками, металлическими щетками и ультразвуком);

химико-термических (азотирование, цементация, цианирование, одно- и двухстадийные диффузионные покрытия);

поверхностно-термических (интенсивный нагрев и резкое охлаждение), поверхностно-термомеханических и механо-термических (нагрев с одновременной деформацией);

электрохимических (нанесение одно- и многокомпонентных покрытий);

химических (нанесение однокомпонентных покрытий);

физических (вакуумно-плазменные одно- и многокомпонентные покрытия, лазерное, электронное, ионное модифицирование и их комбинирование; плазменные одно- и многокомпонентные покрытия в контролируемой атмосфере и т.п.).

4.Обеспечение специальных геометрических форм деталей, например: изготовление тонкостенных алюминиевых отливок в бегущем магнитном поле; изготовление глубоких отверстий диаметром менее 1,0 мм в труднообрабатываемых сплавах электроструйной прошивкой или электроэрозионной обработкой.

Основные требования к проектированию перспективных технологических процессов изготовления типовых изделий, или технологий изготовления типовых элементов деталей формулируются в другом ключе. Перспективные технологические процессы так же, как и директивные технологические процессы, нередко предусматривают использование наиболее прогрессивных методов формообразования: скоростное протягивание, высокоскоростное резание, вибрационное сверление и развертывание, глубинное шлифование, электрофизические и электрохимические методы обработки и другие прогрессивные способы изготовления, но делается это в первую очередь для обеспечения ресурсосбережения в производственном процессе.

Основная часть технологических процессов и операций при разработке проекта технического перевооружения или реконструкции претерпевает замещение не только по изменению метода или способа обработки (сборки). В проектном деле широко используют изменение структурного состава технологических операций, переходов, парка технологического оборудования, инструментов, приспособлений в целях повышения технического уровня производства, обеспечения роста объемов выпуска продукции в условиях ресурсосбережения.

Применение перспективных технологических процессов можно рассматривать в приложении к различным стадиям жизненного цикла изделия: технической подготовки производства, собственно производства,

эксплуатации, ремонта и утилизации. В данном издании перспективные технологические процессы эксплуатации, ремонта и утилизации машин и приборов, а именно:

восстановления изношенных деталей (например, плазменной и электрошлаковой наплавкой, плазменным напылением...);

извлечения вторичных ресурсов, например драгоценных металлов на стадии утилизации изделия другие технологии – мы подробно рассматривать не будем.

Для математического моделирования и оптимизации перспективных технологических процессов рассмотрим только материало-, трудо-, энерго- и фондосберегающие технологические процессы основного производства. Материалосберегающие технологические процессы принято классифицировать на мало- и безотходную технологию; технологии экономии драгоценных и остродефицитных материалов (вольфрама, тантала, кобальта, золота, серебра, платины...); технологические процессы, обеспечивающие сокращение производственных потерь от брака.

Мало- и безотходные технологические процессы основного производства, например безуклонная или изотермическая штамповка в режиме сверхпластичности, точное литье тонкостенных отливок и другие технологии позволяют не только повысить коэффициент использования материала, но и в ряде случаев устранить дисбалансы производственных мощностей в механических цехах, что может служить важной профилактической мерой капиталовложений в их реконструкцию. Материалосберегающие технологические процессы вспомогательного производства в отличие от основного производства обеспечивают экономию вспомогательных материалов и использование вторичных ресурсов. В этой области инноваций можно определить следующие направления работ:

переработка отходов, например изготовление из алюминиевых отходов основного производства тонкостенных деталей из дискретных материалов; изготовление из стружки титана медицинских приспособлений и других изделий;

восстановление формовочной смеси (вакуумное прошивание, разрушение и выбивка литейных форм, электрообеспыливание конвейеров в целях возврата пылевых фракций и т.п.);

очистка промышленных стоков в целях возврата технической воды в производственный процесс, например: ионообменная технология очистки промышленных стоков гальванических цехов, технологии регенерации водных и масляных СОЖ (смазывающе-охлаждающих жидкостей);

очистка воздуха (после сухого шлифования или с помощью термokatалитического дожигания вентиляционных выбросов в атмосферу).

Трудосберегающие технологические процессы разрабатывают по трем главным направлениям проектирования:

использования прогрессивных способов (методов) обработки или сборки;

унификации технологии на основе создания типовых и групповых



технологических процессов, которые в дополнение к трудо-сбережению обеспечивают также важнейшее рыночное свойство технологии – высокую гибкость производства;

механизации и автоматизации технологических процессов, в том числе на основе применения оборудования с ЧПУ, агрегатного оборудования с программным управлением, роботизации производства, создания гибких производственных систем, проектирования и внедрения автоматических линий, роторных и роторно-конвейерных комплексов и т.п.

Трудосбережение является основным фактором интенсификации производства, устранения средствами реконструкции и технического перевооружения дисбалансов производственных мощностей. Фондосберегающие технологические процессы, равно как и материалосберегающие, могут быть также связаны со снижением трудоемкости (станкоемкости) обработки или сборки изделий. В частности, снижение затрат времени на выполнение технологического процесса может приводить к высвобождению оборудования и площадей, так как и количество единиц основного технологического оборудования, и соответственно занимаемая им площадь находятся в прямой пропорции от трудоемкости (станкоемкости) изготовления изделий. Технологический процесс, внедрение которого приводит к увеличению коэффициентов загрузки оборудования и сменности его работы, высвобождению производственных фондов либо требует незначительных капиталовложений, например только за счет модернизации части технологического оборудования, принято считать фондосберегающим.

Энергосберегающие технологические процессы связаны, как правило, со снижением затрат не только электроэнергии на технологические нужды (электрофрез, гальванопокрытия, окраску в электростатическом поле, электрохимическую и электроэрозионную обработку...), но и лучшим использованием силовой энергии, более рациональным применением других источников энергии (сжатого воздуха, теплой воды, вакуума и т.п.), использованием вторичных энергоресурсов.

Классификация перспективных и директивных технологических процессов позволила выявить их единое важнейшее свойство: способность к замещению действующих технологических процессов в ходе технического перевооружения или реконструкции производства. Однако общее описание этих процессов не отвечает на главные вопросы:

какие технологические процессы должны быть замещены или изменены?

как определить способы такой замены на стадиях проектирования, реконструкции или технического перевооружения?

Ответить на эти вопросы можно, если использовать не рецептурные предложения, а методы математического моделирования и оптимизации перспективных, директивных и проектных технологических процессов.

