Г.Х. ИРЗАЕВ

ЭКСПЕРТНЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬЮ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ

«Инфра-Инженерия»

УДК 658.512
ББК 34.42
И79

Рецензенты: доктор технических наук, профессор *Блохин В.Г.* (Российский государственный технологический университет им. К.Э. Циолковского – МАТИ); доктор технических наук, профессор *Яхьяев Н.Я.* (Дагестанский государственный технический университет)

Ирзаев Г.Х.
И 79 Экспертные методы управления технологичностью промышленных изделий. - Москва: Инфра-Инженерия, 2010. - 192 с.

ISBN 978-5-9729-0027-5

Монография посвящена разработке методов управления технологичностью промышленных изделий на базе качественной информации, полученной от экспертов. Описана система управления технологичностью промышленных изделий на этапах их проектирования и производства. Обоснована необходимость более широкого применения эвристических решений для отработки изделий на технологичность в условиях неопределенности проектно-производственной среды.

Предложены подходы к организации экспертизы изделий на технологичность, определению количественного и качественного состава экспертных групп. Разработаны и экспериментально проверены на действующих предприятиях методы оценки и прогнозирования технологичности изделий на ранних этапах проектирования, освоения и серийного производства.

Книга предназначена для научных и инженерно-технических работников промышленных предприятий, научно-исследовательских и конструкторских организаций, аспирантов и студентов технических вузов.

© Ирзаев Г.Х., автор, 2010
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2010

ISBN 978-5-9729-0027-5

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

Глава 1. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬЮ ИЗДЕЛИЙ И ЭКСПЕРТНЫЕ МЕТОДЫ ……..…5
1.1. Введение……..….5
1.2. Технологичность изделий в современном производстве…….....8
1.3. Система управления технологичностью промышленных изделий…….....14
1.3.1. Структура и содержание системы управления технологичностью промышленных изделий……..…...14
1.3.2. Реализация в системе основных принципов и методов управления……..22
1.3.3. Организация работ по управлению технологичностью промышленного изделия по стадиям жизненного цикла…….…....26
1.3.4. Оценка технологичности промышленного изделия……..…..35
1.4. Качественная информация в системе управления технологичностью изделий……53
1.5. Выбор методов получения и анализа экспертной информации….60
1.5.1. Основные методы получения и анализа экспертной информации…….....60
1.5.2. Выбор методов получения экспертной информации при решении задач управления технологичностью изделий……..….66
1.6. Типы шкал и адекватность преобразования экспертной информации…….…...…..68
1.6.1. Основные типы шкал, применяемые при экспертном оценивании……..68
1.6.2. Проблема адекватности преобразования экспертной информации о технологичности…….....71
1.7. Заключение…….74

Глава 2. ПОДБОР ЭКСПЕРТОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬЮ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ……..……..……77
2.1. Введение…….…….…..…77
2.2. Формирование группы по организации экспертиз……...…..…78
2.3. Определение количественного состава экспертной группы……..….79

2.4. Обзор методов оценки качества экспертов…….....83
2.5. Модель комплексной оценки качества эксперта, привлекаемого к оценке и прогнозированию технологичности изделия…….94
2.6. Заключение…….102

Глава 3. ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСПЕРТНЫХ МЕТОДОВ В УПРАВЛЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬЮ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ……103
3.1. Введение……..……103
3.2. Алгоритм формирования качественных факторов. технологичности по критерию их информативности……..…106
3.3. Экспертный выбор предпочтительного по технологичности варианта изделия методом аналитической иерархии……..111
3.4. Экспертное прогнозирование технологичности промышленных изделий……..….117
3.4.1. Основные цели прогнозирования технологичности современных изделий……117
3.4.2. Информационная поддержка процессов прогнозирования технологичности изделий в составе CALS-технологий……..121
3.4.3. Выбор метода и модели прогнозирования технологичности изделий. Оценка точности прогноза……130
3.4.4. Обоснование применения экспертного метода для решения задачи прогнозирования технологичности изделий……..…..134
3.4.5. Прогнозирование технологичности изделий на базе учета и минимизации разногласий экспертов……..….137
3.4.6. Экспериментальная проверка метода и практическая реализация экспертиз……..……...149
3.5. Формирование иерархической структуры показателей технологичности промышленных изделий на основе экспертной информации……...165
3.5.1. Модель формирования системы показателей количественной оценки технологичности на основе экспертной информации……165
3.5.2. Экспериментальная проверка адекватности модели……..…172
3.6. Заключение…….180

ЛИТЕРАТУРА…….182

Глава 1. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬЮ ИЗДЕЛИЙ И ЭКСПЕРТНЫЕ МЕТОДЫ

1.1. ВВЕДЕНИЕ

Система управления технологичностью промышленных изделий призвана содействовать качественному выполнению задач, связанных с обеспечением технологичности разрабатываемых и осваиваемых в производстве изделий. Эти задачи включают в свой состав: планирование мероприятий по отработке объекта на технологичность по стадиям проектирования и производства, формирование общих технических требований к объекту, декомпозицию объекта с определением частных критериальных требований конструкторско-технологического характера, разработку системы показателей оценки технологичности, мониторинг и управление уровнем технологичности объекта по стадиям проектирования, моделирование реально существующих причинно-следственных связей между технологичностью изделий и конечными результатами производственно-хозяйственной деятельности предприятия, распределение обязанностей по обеспечению технологичности объектов за подразделениями и исполнителями предприятия и др. Обеспечение высокой технологичности каждой детали, сборочной единицы и изделия в целом требует комплексного подхода к оценке и оптимизации затрат в проектировании, производстве и эксплуатации. Основным критерием экономической целесообразности создания промышленного изделия является конечный экономический эффект.

Решение перечисленных задач в составе системы управления технологичностью зачастую требует качественных критериев, использования эвристической деятельности по решению сложных, нетипических задач с помощью специфических приёмов продуктивного мышления специалиста. Для проблемы обеспечения технологичности изделий на этапах проектирования и производства нет надёжных и хорошо проверенных количественных моделей, позволяющих связать многочисленные проектно-производственные факторы с выходным параметром – технологичностью конструкции. Это связано как с неполнотой информации, не-

определённостью ситуаций, так и преобладанием качественных факторов. Такие проблемы, в которых качественные, трудноформализуемые и неопределённые факторы имеют тенденцию доминировать, называют слабоструктуризованными [86] и для их решения, как показывает практический опыт, эффективно привлечение экспертов.

Суждения экспертов могут носить качественный или количественный характер в зависимости от решаемой задачи и оцениваемых объектов. Следует признать, что количественные оценки являются более полными, информативными, точными, но не стоит ими увлекаться в тех случаях, когда эксперту качественное восприятие трудно перевести в количественную форму. Это как раз и имеет место при оценке технологичности изделий. Проблема корректной обработки полученной информации во многом связана с типом шкалы, в которой были произведены оценки. Спектр допустимых теми или иными шкалами преобразований достаточно широк: от эквивалентных до произвольных взаимнооднозначных преобразований.

В § 1.2 обоснованы актуальность и выгодность создания эффективной системы управления технологичностью для современных промышленных предприятий. Она дает возможность создавать конкурентоспособные на рынке промышленные изделия, отвечающие высоким требованиям по функциональной отдаче, позволяет повысить производительность труда, рационально использовать ресурсы, снизить трудоёмкость и себестоимость выпускаемой продукции.

В § 1.3 предложены механизмы создания системы управления технологичностью изделий на промышленном предприятии, обоснованы цели, структура и содержание такой системы. Она должна решать комплекс взаимосвязанных задач по планированию, учёту, контролю и регулированию процессов отработки новых изделий на технологичность. В управлении технологичностью выделены два концептуальных аспекта: основной, связанный с формированием критериальных требований к технологичности изделия, контролем их выполнения, выработкой конструктивно-технологических решений и их постоянной корректировкой в целях обеспечения заданных требований, и вспомогательный, связанный с формированием информационного сопровождения при проектировании и производстве изделий и разработкой организационной структуры управления их технологичностью, реализующей методические, плановые, диспетчерские, финансовые и иные функции. Рассмотрен со-

временный методический инструментарий, используемый в системе управления технологичностью изделий.

Разработаны информационные модели процессов управления технологичностью промышленных изделий на этапах разработки технического задания и структурной схемы изделия, разработки принципиальных схем на уровне отдельных блоков, разработки конструкций изделия, технологической подготовки, производства и эксплуатации изделия. Рассмотрены все виды расчётных и эвристических оценок технологичности, система основных и дополнительных показателей этого свойства, а также существенные факторы, влияющие на выбор оптимального состава показателей технологичности для конкретного вида изделия.

Большая часть процессов формирования, оценки и отработки изделий на технологичность относится к переработке качественной информации о конструктивных формах и способах изготовления элементов изделий. При этом результаты анализа выражаются в виде неких эвристических рекомендаций, возникающих зачастую под воздействием случайных факторов. В § 1.4 выделен перечень работ в системе управления технологичностью изделий, выполняемых на основе анализа качественной и количественной информации. При этом на некоторых этапах проектирования и освоения изделия качественный анализ и принятие решений на базе качественной информации преобладают над расчётами и количественными методами. Однако в процессе разработки имеют место ситуации, когда отдельные специалисты обладают огромным опытом принятия технологичных решений, но этот опыт рассредоточен по отдельным субъектам. Поэтому целесообразно собрать его воедино и использовать для достоверного прогнозирования и оценки технологичности проектируемых изделий.

Методы получения качественных и количественных экспертных оценок рассмотрены кратко в § 1.5. Для качественных оценок предпочтительности факторов, либо разбиения их на классы по тем или иным качественным признакам используют парные сравнения, множественные сравнения, непосредственное ранжирование, классификацию и т.д. Если необходимо получить количественные оценки сравнительной предпочтительности альтернатив, то можно воспользоваться непосредственными численными оценками, методом Чёрчмена-Акофа, методом Терстоуна, либо методом фон Неймана-Моргенштерна. Выбраны наиболее оптимальные методы для решения задач управления технологичностью промышленных изделий.

В § 1.6 рассмотрены шесть видов шкал, используемых при экспертном оценивании, и дана их сравнительная оценка. Правильное применение шкал имеет большое значение для обеспечения точности экспертных оценок. Для экспертных задач управления технологичностью рекомендуется оценивание производить по ранговой шкале, как наиболее полно отвечающей специфике решаемых задач.

1.2. ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ИЗДЕЛИЙ В СОВРЕМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

На современном этапе научно-технический прогресс в области разработки и производства промышленных изделий находит своё выражение в непрерывном их совершенствовании по техническим параметрам, расширении функций, а, следовательно, в усложнении изделий. При этом немаловажной остаётся задача обеспечения минимальных производственных затрат при высоком качестве и надёжности изделий в условиях жесточайшей конкуренции с иностранной продукцией, структурных изменений в номенклатуре выпускаемых изделий, насыщенности рынка. Эффективность производства и рентабельность изделий может быть обеспечена за счёт высокого качества основополагающей технической идеи конструкции, качества конструкторско-технологической проработки, качества изготовления. Прогрессивная техническая идея нового изделия, его конструкция, свободная от принципиальных недостатков, являются основой разработки, но при этом требуется тщательная отработка этой конструкции и её составных частей на технологичность, то есть возможность изготовления наиболее производительными и экономичными способами на основе высокой конструктивности изделия и без нарушения его функциональной надёжности.

Технологичность конструкции представляет собой совокупность свойств конструкции изделия, определяющих её приспособленность к достижению оптимальных затрат ресурсов при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объёма выпуска и условий выполнения работ.

Это определение содержит важные требования к объекту производства – соответствие конструкции реальным условиям, сложившимся на конкретном предприятии (материально-техническая база, тип производ-

ства, квалификация кадров, степень преемственности конструкций и типизации технологии и др.) и учет перспективы развития производства.

В этой связи необходимо отметить ещё один аспект, на который специалисты обращают недостаточное внимание. Слово «приспособленность» в определении технологичности конструкции означает степень пригодности изделия для производства в заданных условиях, адаптированности его к технико-экономическому уровню предприятия. В соответствии с этим нельзя категорично утверждать, что изделие либо технологично, либо нетехнологично, исключая применение сравнительных оценок. Иначе, это формально привело бы к отрицанию необходимости дальнейшего совершенствования конструкций, признанных технологичными, так как, казалось бы, уже достигнуты минимальные затраты ресурсов для конкретных производственных условий. Однако производственные условия и отработка на технологичность конструкций являются непрерывно развивающимися во времени категориями.

Кроме того, очевидно, что проектирование и внедрение в производство конструкций новых изделий является интеллектуальным творческим процессом, вбирающим в себя как объективные технические предпосылки, так и субъективные личные качества конструкторов и технологов. Да и сама технологичность, как показатель качества изделий, синтезирует в себе множество разнообразных, подчас трудно формализуемых, факторов конструкторского, технологического, организационно-технического характера. Поэтому, на наш взгляд, для комплексной оценки технологичности изделий обоснованно применять такие сравнительные степени, как «технологичнее», «весьма технологична», «более технологична», характерные для экспертных методов оценки. Эти методы, незаслуженно мало используемые сегодня при управлении технологичностью, следует развивать и внедрять для гибкого принятия решений в условиях быстроменяющейся обстановки на предприятии.

Технологичность изделия следует рассматривать с двух позиций:

- технологичности конструкции законченного изделия, определяемой функциональной оправданностью и рациональностью принятых конструктивных решений, достигнутой степенью минимизации затрат труда и материалов;

- технологичности отдельных составных частей (сборочных единиц, функциональных узлов, деталей).

Опыт отечественных предприятий показывает, что отработка изделий в виде комплекса мер, направленных на повышение уровня их тех-

нологичности, должна вестись по заранее разработанным методикам, согласованным с условиями каждого конкретного предприятия.

По мере развития рыночных отношений в стране усиливается необходимость в дальнейших специальных исследованиях, направленных на управление конкурентоспособностью организаций, в том числе и за счет оптимизации процессов проектирования и освоения новых изделий с безусловным обеспечением такого важнейшего показателя, как технологичность. Хотя этим проблемам и ранее уделялось немалое внимание, и были разработаны эффективные методики обеспечения и оценки технологичности изделий, проблема заключалась в том, что в условиях жёстко планировавшейся и централизованно управляемой экономики, затратного государственного ценообразования у предприятий не было реальных стимулов к снижению издержек на всех стадиях жизненного цикла изделия. Новые условия хозяйствования делают обеспечение технологичности изделий одним из главных способов повысить рентабельность разработки и изготовления новых конкурентоспособных изделий за счёт преемственности конструкций, модульного проектирования и агрегатирования, экономии всех видов ресурсов [3, 4].

Многие годы проблемы обеспечения технологичности решались в рамках Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП), разработанной в виде системы стандартов, регламентирующих комплексный подход к решению вопросов технической подготовки производства для всех предприятий и организаций. В этой системе чётко устанавливались основные задачи отработки конструкций на технологичность, последовательность их решения, а также предлагалась система количественных показателей и общие правила их выбора на различных стадиях разработки конструкций [32, 33, 34, 35, 36, 42].

На отраслевом уровне разработанные стандарты и рекомендации также устанавливали лишь единые уровни общих задач обеспечения технологичности изделий с учётом некоторых особенностей продукции той или иной отрасли. Следует признать, что эти нормативные материалы сыграли в прошлом и продолжают играть ныне большую роль в разработке и внедрении методик по обеспечению технологичности изделий в производство. Однако сегодня центр тяжести решения этой проблемы переносится на конкретные предприятия и фирмы. Производственно-хозяйственная деятельность должна строиться с учётом имеющихся ресурсов, возможностей и организационно-технологических особенностей предприятия, по заранее разработанному плану сокращения общих за-

трат, в котором достойное место следует отвести разделу «Сокращение издержек за счёт повышения технологичности конструкций изделий». Административно-директивные методы организации и управления работами по обеспечению технологичности изделий должны быть заменены экономическими, обеспечивающими предприятиям-изготовителям получение прибыли. Здесь речь идёт о разработке адаптированных к предприятию стандартов, методик и рекомендаций по организации процессов обеспечения, оценки и прогнозирования технологичности, расчёта экономического эффекта от этих видов работ.

Системность в подходе к проблемам обеспечения технологичности конструкций, встраивание системы по отработке новых изделий в единый бизнес-план предприятия, его экономические структуры и службы, увязка с их целями становится насущной задачей в нынешних условиях. Локальная цель обеспечения технологичности, заключающаяся в придании конструкции такого комплекса свойств, при котором достигаются оптимальные значения затрат всех видов ресурсов при её производстве, эксплуатации и ремонте, должна быть подчинена не только оперативной текущей цели системы (предприятия) – получению максимальной прибыли, но и на глобальные стратегические цели: стабильное развитие предприятия, его экологический нейтралитет, сохранение рабочих мест, то есть на социальные факторы.

Работы по отработке изделий на технологичность должны затрагивать все уровни детализации объектов: детали, сборочные единицы, изделия, а также всю номенклатуру выпускаемой предприятием продукции. Лишь в этом случае можно ожидать большего эффекта от проведения подобных работ. В процессе отработки изделия на технологичность в него стремятся заложить свойства, способствующие высококачественному изготовлению при обеспечении рационального использования разнообразных видов народнохозяйственных ресурсов. Это может быть достигнуто установлением соответствия между конструкцией изделия и производственными условиями её изготовления, сложившимися на реальном предприятии, а также рациональной преемственностью конструктивно-технологических решений.

Кроме того, работы по отработке изделий на технологичность должны проводиться непрерывно, начиная с ранних этапов проектирования, еще при разработке технического задания и согласовании его с заказчиком. Отработка элементов конструкции изделия на соответствующих стадиях разработки требует привлечения к решению этой про-

блемы конструкторов, производственных технологов, ремонтников, схемотехников, материаловедов и других специалистов различной квалификации, специализации и опыта. В оценке экономической выгоды и расчётах эффективности решений, принятых при отработке изделий на технологичность, должны также участвовать экономисты и менеджеры служб предприятия. Таким образом, вопросами управления технологичностью изделий на предприятии, тесно взаимодействуя, должны заниматься специалисты различного профиля, использующие для принятия ответственных решений разнообразную информацию о конструкции конкретного изделия, аналогов, технологии их изготовления, об издержках и ценообразовании при проектировании и освоении серийного производства.

Проведение работ по управлению технологичностью изделий, включающих в себя оценку и прогнозирование уровня технологичности, отработку решений по конструкции, технологическую подготовку их производства, должно быть обязательным для всех подразделений участников разработки и изготовления. Комплекс этих работ затрагивает интересы как разработчиков и изготовителей, так и потребителей (заказчиков). При успешном проведении этих работ разработчик может иметь следующие выгоды:

- получение дополнительной прибыли за счёт сокращения материальных и трудовых затрат, а также сроков проектирования изделия;

- сокращение числа ошибок в конструкторской документации (КД), что влечёт за собой уменьшение затрат на их устранение, доработку задела и изделий, находящихся в эксплуатации;

- повышение творческой активности конструкторов, освобождение их от рутинной работы при максимальном использовании принципов преемственности блоков, узлов, деталей, схемотехнических решений.

Изготовитель изделия также может иметь свои следующие выгоды:

- получение дополнительной прибыли за счёт экономии рабочей силы, времени, материалов и средств технологического оснащения при сокращении номенклатуры блоков, узлов, деталей, материалов;

- расширение номенклатуры выпускаемых изделий при создании базового изделия и типоразмерного ряда, то есть при создании семейства технических устройств;

- возможность получения прибыли за счёт продажи составных частей другим заказчикам, повышения качества, увеличения сбыта, завоевания рынка.

Выгоды, получаемые потребителем, могут выражаться в следующем виде:

- повышение качества изделия (надёжности, ремонтопригодности, взаимозаменяемости и др.), что обеспечивает безотказность работы изделия, увеличивает срок его службы;

- снижение затрат на обучение обслуживающего персонала, организацию рабочих мест для техобслуживания и ремонта, сокращение номенклатуры запасных частей;

- сокращение затрат на ремонт, обслуживание и эксплуатацию за счёт повышения готовности изделия к работе, совместимости с другими изделиями.

Технологичность конструкций является существенной характеристикой совершенства изделий, так как она в значительной мере определяет уровень технико-экономических показателей производства. Эффективная система управления технологичностью на предприятиях дает возможность создавать промышленные изделия, отвечающие высоким требованиям по техническому уровню, а также является необходимым условием повышения производительности труда, рационального использования ресурсов, снижения трудоёмкости и себестоимости выпускаемой продукции.

В последнее десятилетие, на наш взгляд, формируется новая концепция обеспечения технологичности конструкций изделий, состоящая из следующих, соизмеримых со степенью ответственности решаемых задач и ожидаемым эффектом, требований:

- чёткое планирование и эффективное управление всеми работами по обеспечению технологичности конструкций в проектировании, производстве, эксплуатации;

- оценка технологичности путём использования в большей мере инженерного анализа, экспериментальных оценок и прогнозирования с сосредоточением усилий на качественных аспектах технологичности, что, безусловно, не исключает и применения количественных методов;

- раннее прогнозирование технологичности, внесение по его результатам изменений в конструкцию и технологию производства, что помогает избежать дорогостоящих доработок на поздних этапах проектирования;

- активное проведение комплексной стандартизации в сфере обеспечения технологичности, взаимоувязка её со стандартизацией по надёж-

ности, безопасности, живучести, технической диагностике в составе общей проблематики стандартизации управления качеством продукции;

- широкое использование информационных технологий и систем для анализа проектных решений, прогнозирования технологичности изделий, встраивание их в комплексные CAD/CAE/CAM системы конструкторского и технологического проектирования, инженерного анализа.

Таким образом, технологичность является важным комплексным фактором, определяющим уровень организации труда и производства, социально-экономические условия и конечные результаты деятельности предприятия. Реальный уровень технологичности любой конструкции всегда достигается компромиссным разрешением противоречий между проектированием и производством.

1.3. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬЮ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ

1.3.1. Структура и содержание системы управления технологичностью промышленных изделий

Комплексный характер проблемы обеспечения технологичности промышленных изделий, сложность процессов управления отдельными подсистемами предприятия из-за разнообразия их целей и возрастания влияния на технологичность, динамизм внешней среды и уменьшение периода ценности принятых решений предопределяют необходимость создания системы управления технологичностью (СУТ) изделий. Такая система сегодня ещё не нашла широкого распространения на промышленных предприятиях в силу её неотработанности, отсутствия типовой структуры, неразвитости методического аппарата, отсутствия системности в управлении технологичностью создаваемых изделий. Несмотря на повышение требований к конкурентоспособности промышленных изделий, диктуемое рынком в последнее десятилетие, это не привело в полной мере к целенаправленному созданию системы планирования, учета, контроля и регулирования процессов обеспечения технологичности изделий. СУТ в соответствии с современной теорией систем и теорией управления может быть признана сложной системой с присущими ей следующими признаками [25, 89]:

- робастности – способности системы сохранять хотя бы частично свою работоспособность при отказе её подсистемы или отдельного элемента в ней;

- наличия разнообразных по типу связей между элементами системы (структурных, информационных, функциональных, причинно-следственных, пространственно-временных и др.);

- эмерджентности – проявления новых интегративных свойств всей системы, отсутствующих у отдельных её частей и достигаемых за счёт обратных связей управления.

СУТ должна функционировать непрерывно на всех этапах разработки, изготовления и эксплуатации серийных, вновь создаваемых перспективных изделий и базироваться на совокупности взаимосвязанных научно-методических разработок и нормативно-технических документов. Система управления технологичностью изделий представляет собой совокупность управляющих органов, объектов управления и управляющих воздействий, которые обеспечивают взаимодействие органов и объектов управления и направлены на достижение поставленных заранее целей управления, а именно, придание конструкции такого комплекса свойств, при котором достигаются оптимальные значения затрат всех видов ресурсов при производстве, эксплуатации и ремонте изделия для заданных показателей качества, объёма выпуска и условий выполнения работ.

Система должна предусматривать решение следующих взаимосвязанных вопросов:

- планирование программ обеспечения технологичности конструкций изделий и доведение их до заданного уровня;

- учёт достигнутого уровня технологичности конструкции с помощью системы показателей, установленных в виде нормативно-технической документации для данной отрасли;

- контроль технологичности конструкции путём количественной и качественной оценок изделия и технологического контроля КД;

- регулирование хода выполнения мероприятий по обеспечению технологичности изделия и недопущение постановки на производство нетехнологичных конструкций.

Управляющими органами являются руководители и специалисты подразделений и служб, на которых возлагаются задачи обоснования технических требований, разработки программ обеспечения технологичности изделий, их корректировки, оценки частных и комплексного

показателей технологичности на различных этапах создания и эксплуатации изделия. Объектом управления являются процессы реализации заданных показателей технологичности непосредственно при проектировании и доводке изделия на этапах разработки рабочей документации и серийного производства путём доработок конструкции и внесения изменений в технологию изготовления.

Изделие можно рассматривать как *A*-систему, обладающую некоторой совокупностью внутренних признаков: составом *N*, структурой *S* и поведением *B*, то есть $A = (N, S, B)$.

Эта система при отработке на технологичность должна анализироваться во взаимодействии с производственной системой $\Pi = (\Pi_N, \Pi_S, \Pi_B)$, которая является для изделия внешней средой. В качестве параметров, характеризующих поведение внешней среды, принимают затраты различных видов ресурсов. Параметрами, характеризующими состав и структуру изделия, являются показатели технологической рациональности и преемственности конструкции.

Тогда *A*-система должна иметь такой состав и структуру, при которых достигаются наиболее целесообразные параметры внешней среды, характеризующие её поведение. Для производственной технологичности эта задача решается нахождением экстремума цели

$$Z_n : (N, S, B) \to extr \ .$$

В системе управление обеспечением технологичности изделий осуществляется путем сопоставления базовых $K_{баз}$ и достигнутых $K_{дост}$ на каждой стадии проектирования показателей технологичности. Тогда Z_n представляется как

$$Z_n : (K_{баз}, K_{дост}) \to \underset{K \in W}{extr},$$

где W – область допустимых значений показателя технологичности.

Достижение экстремума Z_n можно представить в самом общем виде как итерационный процесс управления отработкой конструкции промышленного изделия на технологичность. В свою очередь, производственное предприятие является сложной динамической системой, которая функционирует в условиях непрерывного изменения образующих её компонентов под воздействием постоянно изменяющихся условий внешней среды. Изделие, являющееся самостоятельным техническим

объектом (системой) в процессе производства, может быть определено как важнейший элемент сложной производственной системы, влияющий на его структуру и свойства.

Для решения задачи обеспечения технологичности изделий необходимо каждое из них рассматривать как объекты комплекса мероприятий, определённым образом организованные в пространстве и во времени. Внешние связи данного комплекса подсистем представляют информационные и материальные потоки в виде конструкторской и технологической документации, нормативно-справочных документов, а также системы показателей оценки технологичности. К внутренним связям следует отнести все связи между подразделениями серийного предприятия по отработке и обеспечению технологичности изделий [6].

СУТ относится к слабо структурированным системам, характеризующимся неполнотой и неопределённостью информационной модели вследствие как недостоверности, так и недостаточности информационных потоков. Такая система, на наш взгляд, должна реализовать следующие принципы системности:

- рассмотрение производственной подсистемы обеспечения технологичности изделий как особой самоорганизующейся системы, тесно взаимодействующей с другими подсистемами производства;

- необходимость применения целевого начала при разработке мероприятий по повышению технологичности изделий;

- ориентация на комплексное решение проблемы обеспечения технологичности с учётом конструкторской, технологической, информационной, социальной составляющих;

- использование систем оценок, критериев и нормативов эффективной отработки технологичности конструкции изделия в процессе его проектирования и освоения серийного производства.

- разработка методов совершенствования системы подготовки и внесения изменений в КД, обеспечивающих достижение нормативных показателей технологичности конструкции.

Выполненный анализ показывает, что СУТ промышленных изделий целесообразно построить по показанной на рис. 1.1 структуре, включающей реализацию следующих подзадач:

- создание системы сбора информации по центрам затрат в режиме реального времени, для чего целесообразно использование информационных технологий формирования баз и хранилищ данных, электронных архивов и др.;

Рис. 1.1. Структура системы управления технологичностью изделий в обобщенном цикле управления

- разработка форм представления информации о сравнении прогнозируемой и фактической динамики технологичности конструкции для руководителей проекта;

- разработка алгоритмов оценки и корректировки количественных показателей технологичности и параметров функций прогнозирования;

- сбор и анализ статистических данных по влиянию характеристик изделий и их элементов на трудоёмкость производства и технологической подготовки, построение аналитических зависимостей;

- сбор и анализ статистических данных по изменению цены материалов и комплектующих изделий, нормы заработной платы и прочих расходов, входящих в себестоимость и напрямую влияющих на технологичность изделия;

- прогнозирование трудоёмкости и длительности процессов проекта, построение комплексных планов-графиков на разных этапах подготовки и изготовления изделий;

- учёт влияния рисков на затраты и технологичность изделия.

Организационная структура СУТ должна иметь многоуровневое построение, степень развитости которой зависит от масштабов предприятия, объёма выпуска продукции, количества осваиваемых в год изделий, их сложности и новизны, сложности технологии, уровня технических требований к создаваемой технике. Управлению подвергаются проектно-производственные работы, направленные на создание и освоение новых изделий с низкими эксплуатационными затратами и высокой технологичностью, совершенствование конструкций выпускаемых изделий путем внесения в них конструктивно-технологических изменений, повышающих их технический уровень, технологичность и качество, совершенствование действующих и разработка новых ресурсосберегающих и высокопроизводительных технологических процессов, разработка новых материалов.

СУТ находится в составе системы управления предприятием и тесно взаимодействует с ней через потоки плановой, оперативной и директивной информации. Требования к показателям изделия, в том числе и технологичности конструкции, формулируются в техническом задании (ТЗ) на проектирование. Структура критериальных требований может быть разнообразной в зависимости от специфики изделия. Установлено, что на технологичность промышленных изделий в общем случае влияют три группы показателей: функциональные, определяющие назначение и физические характеристики изделия; эксплуатационные, связанные с ус-