

Белорусский национальный технический университет
Приборостроительный факультет
Кафедра «Стандартизация, метрология и информационные системы»

**Электронный учебно-методический комплекс
по учебной дисциплине**
**«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА»**
для обучающихся II ступени получения высшего образования
специальности 1-54 80 01 «Обеспечение качества»

Составители: Серенков Павел Степанович,
Белова Екатерина Александровна,
Рудая Анна Николаевна.

Минск БНТУ 2021

Перечень материалов

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) по дисциплине «Современные тенденции развития методов обеспечения качества»: материалы для изучения дисциплины содержат учебную программу дисциплины с перечнем основной и дополнительной литературы, контрольные вопросы для самостоятельной подготовки по дисциплине, конспект лекций, практические занятия.

Пояснительная записка

Целью ЭУМК по дисциплине «Современные тенденции развития методов обеспечения качества» является формирование компетенции УПК-1, которая заключается в том, чтобы быть способным применять знания и умения для решения задач научно-исследовательской, управленческой и инновационной деятельности в области обеспечения качества в рамках систем менеджмента промышленного предприятия, в соответствии с образовательным стандартом для специальности II ступени высшего образования 1-54 80 01 «Обеспечение качества».

Особенностями структурирования и подачи учебного материала являются изучение следующих теоретических материалов:

- концепция системы менеджмента качества;
- система менеджмента качества: её сущность и необходимость внедрения;
- эволюция развития систем менеджмента качества;
- адаптивность СМК к изменениям внешней и внутренней бизнес-среды - ключевое свойство в современных условиях;
- развитие системы менеджмента качества в условиях 4-й промышленной революции;
- стратегия индустрии - 4.0: основные особенности;
- особенности развития СМК в условиях индустрии - 4.0;
- индустрия 4.0 – производство завтрашнего дня;
- тенденции развития СМК в целом как концепции;
- ожидаемые характеристики и требования к СМК;
- совершенствование подходов, техник, методик представления процессов, ресурсов, структуры, документирования в рамках СМК;

- СМК - как совокупность процессов, ресурсов, структуры, методик;
- совершенствование подходов, техник, методик представления процессов;
- совершенствование подходов, техник, методик представления структуры;
- совершенствование подходов, техник, методик представления ресурсов (информационных);
- совершенствование подходов, техник, методик представления документации;
- совершенствование планирования, обеспечения, управления и совершенствования процессов и продукции в рамках СМК (технологии, техники, методики);
- менеджмент качества как комплексный процесс, включающий планирование, обеспечение, управление и совершенствование процессов и продукции в рамках СМК;
- совершенствование планирования и обеспечения процессов и продукции в рамках СМК;
- совершенствование управления процессов и продукции в рамках СМК;
- деятельность по совершенствованию процессов и продукции в рамках СМК.

Рекомендации по организации работы с ЭУМК:

для успешного усвоения материала изучаемой учебной дисциплины и приобретения практических навыков необходимо изучить учебную программу, проработать конспект лекций, выполнить практические занятия и для проверки полученных знаний рекомендуется воспользоваться контрольными вопросами.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	6
ВВЕДЕНИЕ	6
1 КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА	7
1.1 Система менеджмента качества: её сущность и необходимость внедрения ...	7
1.2 Эволюция развития систем менеджмента качества	14
1.3 Адаптивность СМК к изменениям внешней и внутренней бизнес-среды - ключевое свойство в современных условиях.....	21
2 РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА В УСЛОВИЯХ 4-Й ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ	25
2.1 Стратегия Индустрии - 4.0: основные особенности.....	26
2.2 Особенности развития СМК в условиях Индустрии - 4.0	43
2.2.1 Индустрия 4.0 – производство завтрашнего дня	43
2.2.2 Тенденции развития СМК в целом как концепции	44
2.2.3 Ожидаемые характеристики и требования к СМК.....	50
3 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДХОДОВ, ТЕХНИК, МЕТОДИК ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОВ, РЕСУРСОВ, СТРУКТУРЫ, ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ В РАМКАХ СМК	61
3.1 СМК - как совокупность процессов, ресурсов, структуры, методик	61
3.2 Совершенствование подходов, техник, методик представления процессов .	68
3.3 Совершенствование подходов, техник, методик представления структуры.	74
3.4 Совершенствование подходов, техник, методик представления ресурсов (информационных).....	83
3.5. Совершенствование подходов, техник, методик представления документации	99
4 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЛАНИРОВАНИЯ, ОБЕСПЕЧЕНИЯ, УПРАВЛЕНИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ И ПРОДУКЦИИ В РАМКАХ СМК (ТЕХНОЛОГИИ, ТЕХНИКИ, МЕТОДИКИ)	107
4.1 Менеджмент качества как комплексный процесс, включающий планирование, обеспечение, управление и совершенствование процессов и продукции в рамках СМК	107
4.2 Совершенствование планирования и обеспечения процессов и продукции в рамках СМК.....	109
4.4 Совершенствование управления процессов и продукции в рамках СМК ...	115

4.5 Деятельность по совершенствованию процессов и продукции в рамках СМК.....	117
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ УГЛУБЛЕННОГО ИЗУЧЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА	120
ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	124
Практическое занятие 1 Планирование. QFD – метод развертывания функции качества	124
Практическое занятие 2. УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ Типовой алгоритм управления несоответствиями	137
Практическое занятие 3. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ_КАЧЕСТВА Подход «Кайцен»	148
Практическое занятие 4. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ__КАЧЕСТВА Подход «Кайрио»	157
Практическое занятие 5. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ_КАЧЕСТВА Применение методов Тагути для совершенствования методики испытаний	166
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ УГЛУБЛЕННОГО ПРАКТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА.....	181
РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ	181
ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ	184

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Материалы для теоретического изучения учебной дисциплины «Современные тенденции развития методов обеспечения качества» представлены в виде конспекта лекций.

ВВЕДЕНИЕ

То, что стало известно, как «Четвертая промышленная революция», формируется преимущественно за счет оцифровки производства и создания сетей. Умные слова, такие как «Интернет вещей и услуг» и «Киберфизические производственные системы», обещают расширить сеть автономных и самооптимизирующихся производственных машин и интеллектуальных продуктов, которые могут быть настроены для производства очень индивидуальных выходов. Большая часть этого остается видением - пока. Однако компании, желающие добиться успеха на мировых конкурентоспособных рынках, должны сегодня рассмотреть роль, которую они хотят играть в «Industry 4.0» завтра.

В Индустрии 4.0 требуется целостное представление о производственных системах со всеми технологическими цепочками, участвующими в процессе разработки продукта. Работая над основополагающим принципом «Связанного, адаптивного производства», современные предприятия мирового уровня разрабатывают производственные процессы и связанные с ними производственные механизмы вместе с соответствующей метрологией, а затем соединяет все компоненты системы друг с другом.

В современном мире нет ни одного конкурирующего предприятия на мировом рынке, который бы не стремился использовать современные технологии на производстве: технологии, с помощью которых предприятие или компания предоставляет или оцифровывает производственные процессы, станки или оборудование. Технологический опыт предприятий дополняется новыми технологиями организации производства и разработкой промышленных программных систем.



1 КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

1.1 Система менеджмента качества: её сущность и необходимость внедрения

Начало XXI в. характеризуется радикальной трансформацией всех сфер экономики, что обусловлено, прежде всего, глобализацией мировых хозяйственных связей, интенсивным развитием информационных технологий, усилением конкуренции на рынках поставщиков товаров и услуг, которые стремительно меняют не только фундаментальные основы современной рыночной экономики и технологические уклады, но и механизмы функционирования всех субъектов хозяйствования.

Неудивительно потому, что на сегодняшний день в условиях нарастания финансово-экономической нестабильности национальной экономики и стремительного ужесточения ее конкурентной среды одной из ключевых тенденций функционирования всех субъектов хозяйствования является активное внедрение и развитие системы менеджмента качества (далее по тексту СМК), которая в корне меняет их структуру и качественное состояние, обеспечивая их конкурентоспособность, и в целом, экономический рост и их благосостояние.

Понимание необходимости внедрения системы управления качеством пришло к производителям относительно недавно и связано с разработкой У.Э. Демингом программы менеджмента качества, которая с тех пор приобрела особую популярность в мировой практике.

Однако, как показало проведенное исследование, в современной литературе все еще отсутствует прочная методологическая база, нет комплексного устоявшегося определения ее сущности, причин, форм проявления и последствий. Кроме того, анализ литературы, посвященной характеристике СМК, позволяет сделать вывод о том, что, несмотря на довольно широкое использование, ее определения приводятся крайне редко.

Так, например, сущность СМК определяется в стандарте СТБ ISO 9000 как совокупность взаимодействующих и взаимосвязанных частей для выработки целей и способов их достижения, а также политики и тактики руководства в процессе управления компанией применительно к качеству продукции/услуги.



В соответствии с данным стандартом, в рамках СМК, необходимо не только проводить активную политику по аккумулярованию ресурсов компании для создания качества продукции или услуги, которое будет ценно для потребителей, но и постоянно улучшать взаимодействие с другими внешними и внутренними стейкхолдерами.

В свою очередь Е.В. Листопадова определяет СМК как инструмент администрирования, суть которого состоит в формализации действий путем разработки стандартов и контроля их выполнения, предназначенный для координации взаимодействия сотрудников в целях обеспечения соответствия параметров функционирования компании установленным требованиям [1].

В то же время по мнению А. Маклакова результативность функционирования СМК зависит от постоянного контроля и чёткого управления процессами, правильной оценки их эффективности, грамотного использования инструментов менеджмента качества и реализации принципов их постоянного улучшения. При этом отмечается, что с практической точки зрения, создание СМК – масштабное и трудоёмкое мероприятие, требующее больших людских и временных ресурсов, а успех его во многом зависит от непосредственного участия руководства компании, широкого вовлечения сотрудников предприятия и творческого подхода при разработке процессных моделей и внедрении процессов менеджмента качества» [2].

Э.Н. Гончаров же считает, что важным направлением деятельности как на этапе внедрения, так и на этапе реализации СМК в организации является работа по идентификации процессов, поэтому для достижения целей СМК необходимо улучшать процессы, которые необходимо идентифицировать.

Неверная идентификация процесса может возникать, когда при воспроизводстве цикла процесса упускаются некоторые подпроцессы внутри этого цикла, что в конечном итоге отражается на конечном результате реализации процесса. Так, к основным задачам субъектов реализации СМК Э.Н. Гончаров относит выявление всех подпроцессов процессов СМК, формирование КРІ каждого подпроцесса, которые в конечном итоге сложатся в систему



показателей результативности всего процесса [3].

Наиболее общее определение СМК дается в словаре деловых терминов «BusinessDictionary.com», в соответствии с которым система менеджмента качества – это совокупность мер, при помощи которых организация нацеливается и достигает сокращения числа несоответствий спецификациям, стандартам, ожиданиям потребителей выбирая наиболее экономичные и эффективные способы [4].

Т.А. Борисова и В.Я. Дмитриев определяют СМК как это комплекс систем, методов и инструментов, которые компания использует, чтобы удовлетворять требования потребителей и предвосхищать их ожидания относительно продукции/услуги, повышать свою конкурентоспособность и конкурентоспособность конкретной продукции/услуги, совершенствовать деятельность компании в целом [5]. В целом же, как показал проведенный анализ существующих в научной литературе определений, на сегодняшний день сформировалось два основных подхода к пониманию сущности системы менеджмента качества:

- нормативный подход, в рамках которого СМК понимается как комплекс стандартов и положений, необходимых для хозяйственной деятельности компании, включающий миссию, цели и задачи, политику, процесс создания качества товара или услуги, принципы распределения обязанностей, формы контроля за исполнением стандарта;

- деятельностный подход, который подразумевает обеспечение посредством СМК надлежащего порядка в процессе обеспечения качества продукции/услуг, заключающегося в наличии обратной связи между департаментами внутри компании, а также между руководством и сотрудниками.

По своей сути, данные два подхода являются взаимодополняющими и отражают нормативно-контролирующую и коммуникационно-координационную подсистемы функционирования системы менеджмента качества. При этом каждая из выделенных подсистем является источником прибыли. Так, нормативно-контролирующая подсистема как источник прибыли проявляется в



следствии того, что руководство принимает решение о внедрении и сертификации СМК. Решение о внедрении СМК формирует «имя» и имидж компании, служит показателем порядочности и стабильности компании в глазах стейкхолдеров.

В свою очередь прибыль в коммуникационно-координационной подсистеме является следствием функционирования СМК как источника использования внутренних резервов, отвечающих за эффективность управления компанией. Важно отметить, что основная цель системы менеджмента качества состоит как раз в приведении в действие этих источников повышения доходности компании.

Таким образом, СМК представляет собой совокупность принципов, условий и методов по поводу управления компанией, задаваемых и контролируемых собственниками, реализуемых менеджерами в целях создания и продвижения товаров/услуг высокого качества, увеличения за счет этого доходности компании, при условии наращивания конкурентных позиций и повышения имиджа компании в глазах непосредственных потребителей и всех стейкхолдеров. Такой подход раскрывает активную роль руководителя в системе менеджмента качества, указывает место СМК в стратегии компании, а также не противоречит международным стандартам.

Реализация СМК представляет собой сложный процесс, который целесообразно рассматривать в рамках единой многоэлементной системы, подчиненной конечной цели компании [5].

Субъектами СМК выступают собственники компании (акционеры или участники капитала в зависимости от выбранной организационно-правовой формы), внедряющие СМК политику с учетом своих интересов. Также субъектами СМК компании являются директора по качеству, менеджеры, в задачи которых входит реализация на стратегическом и оперативном уровнях управления, принятой собственниками СМК.

Инструменты СМК представляют собой комплекс технологических средств, посредством применения которых формируется и реализуется система



управления качеством:

1. Организационные инструменты – внутриорганизационные документы (стандарты, программы развития, инструкции, регламенты, кодексы и т.д.), разработанные в соответствии с действующим законодательством и являющиеся нормативной базой деятельности субъектов реализации СМК;

2. Финансовые и экономические инструменты заключаются в применении различных способов стимулирования эффективной работы персонала, способствующих повышению качества продукции/услуги.

Объектом СМК является продукция, процессы, отношения со стейкхолдерами компании. Предмет СМК конкретизирует объект, выделяя те направления, на которые направлен труд субъектов формирования и реализации системы менеджмента качества. Модель СМК описывает механизм реализации ее функций, для которого необходимы различные ресурсы и процессы (рисунок 1.1) [6]. При этом она зависима от особенностей хозяйственной деятельности компании.

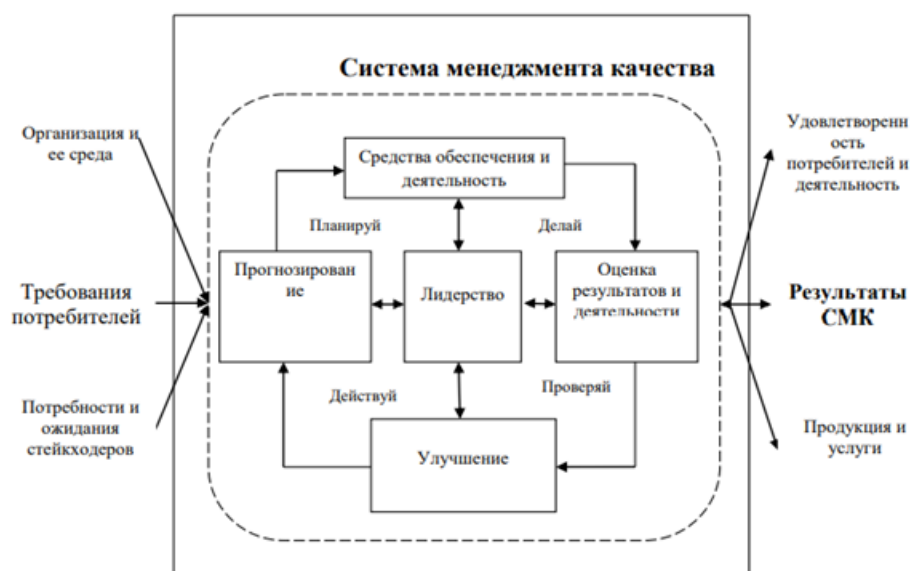


Рисунок 1.1 – Процессная модель системы менеджмента качества

К принципам СМК можно отнести: ориентация на потребителя; системный подход; вовлеченности работников; постоянное улучшение деятельности.

Важным аспектом является то, что система менеджмента качества должна быть сертифицирована. Сертификация СМК представляет собой инструмент



демонстрирования стейкхолдерам информации о том, что компания постоянно повышает качество продукции или услуг, совершенствует свои внутренние системы управления. Стоит отметить, что некоторые компании выстраивают деятельность, опираясь на принципы TQM и стандарты СТБ ISO серии 9000, без получения сертификата. Это помогает компаниям повышать результативность хозяйственной деятельности. В целом только 9% компаний, внедривших СМК, получили сертификат [7].

СМК определяет конкурентоспособность любого предприятия или организации и предназначена для постоянного совершенствования их деятельности, обеспечения роста их конкурентоспособности компании, как на внутреннем, так и на внешних рынках.

Основной целью СМК в организации является повышение ее результативности на основе удовлетворения потребностей потребителей и всех заинтересованных сторон с помощью совершенствования систем управления.

Результативность СМК – измеряется как отношение результата достижения качественных, финансовых, кадровых, научно-технических показателей СМК запланированных значений. При этом к основным показателям результативности СМК относят:

1. Показатели качества продукции/услуг (рост удовлетворенности потребителей; соответствие товаров и услуг заявленным условиям; положительное эмоциональное впечатление клиента от общения с сотрудниками компании);

2. Финансовые показатели (рост прибыли; рост рентабельности активов компании; роста рентабельности капитала компании);

3. Кадровые показатели (рост лояльности персонала и снижение текучести кадров; рост производительности труда; рост рентабельности инвестиций в человеческий капитал);

4. Научно-техническое и технологическое развитие компании (техническое перевооружение; использование современных технологий);

5. Социальные показатели (повышение социальной ответственности



бизнеса; повышение имиджа компании на рынке).

Пороговые значения показателей могут определяться индивидуально компанией, а также на основе рейтинговых оценок. Стоит отметить, что показатели результативности СМК взаимосвязаны и взаимозависимы. СМК, наряду с общими организационными улучшениями, для достижения результативности, делает акцент на кадровой составляющей, где персонал должен быть ориентирован на достижение целей СМК, лоялен, производителен, легко обучаем и высококвалифицирован.

Основные задачи внедрения и развития СМК состоят в следующем:

- следовать стратегическим целям компании, способствовать их успешному достижению, персонал должен хорошо понимать какова их роль в повышении результативности СМК и меру вознаграждения за ее обеспечение;
- систематически производить анализ качества продукции/услуг ресурсного, научно-технологического, инновационного потенциала;
- постоянно повышать качество продукции/услуг, передать всем заинтересованным сторонам сигнал в виде информации о возможностях организации следовать требованиям по качеству.

В результате основная роль СМК в деятельности компании заключается в том, что СМК выступает интегратором внутриорганизационного взаимодействия нематериальных ресурсов (человеческих ресурсов) с материальными ресурсами компании, благодаря которому образуется синергетический эффект, который выражается в росте качества товаров/услуг, приращении стоимости бизнеса и росте конкурентоспособности.

В целом же на развитие и эффективность СМК оказывают влияние различные внешние и внутренние факторы, преобладающие в экономической системе страны и соответствующие доминирующему технологическому укладу в рамках существующего типа экономики.

В результате до сих пор, внедрение и реализация СМК имеет ряд проблем, которые связаны с:

- внутриорганизационными причинами неэффективности СМК:



формальным подходом к внедрению и функционированию СМК; слабостью системы стимулирования; низким уровнем исполнительской дисциплины; непониманием субъектами сути СМК; непониманием субъектов СМК своих полномочий и обязанностей в ней; низкая компетентность руководства в управлении качеством; низкий уровень корпоративной культуры в сфере постоянного повышения качества продукции и услуг.

- внешнеэкономическими причинами неэффективности СМК: невысокой эффективностью государственной поддержки инновационного развития компаний; недостаточностью стимулирования конкуренции со стороны государства; низкой результативностью инструментов конкурентной политики; неоднозначностью и неопределённостью действующей законодательной базы в отношении продукции низкого качества; неопределённостью действующей законодательной базы в области ответственности производителя за изготовление низкокачественной продукции; упущения в национальной системе стандартизации (понимание стандартизации не как средства повышения качества и конкурентоспособности продукции, а как инструмента по обеспечению выполнения требований технических регламентов).

В связи с этим, решение выделенных проблем сложный процесс, который требует усилий как на государственном, так и на организационном уровне.

Таким образом, распространение шестого технологического уклада, связанного с инновациями и цифровизацией призвано решить существующие проблемы СМК и способствовать ее прогрессивному развитию. Однако важно четко определить, каким образом и за счет чего новые экономические условия, связанные с внедрением ИКТ, позволят развивать существующие системы менеджмента качества.

1.2 Эволюция развития систем менеджмента качества

Как уже отмечалось выше, развитие СМК осуществляется на фоне и в условиях существующего в определенные периоды типа экономики и в соответствии с доминирующим технологическим укладом.



В целом эволюцию развития управления и менеджмента качества можно классифицировать по следующим признакам:

1. По уровню организации управления и менеджмента качества:

- стихийная деятельность по контролю качества в древнем мире и в средние века;
- организованная деятельность по контролю и управлению качества в ремесленных мастерских, на фабриках и заводах (этап контроля качества);
- организованная национальная и международная деятельность по управлению и менеджменту качества.

2. По уровню развития управления и менеджмента качества:

- контроль качества;
- техническое управление качества;
- обеспечение качества;
- всеобщее управление качеством (TQM).

3. По историческому развитию управления и менеджмента качества:

- проверка товаров, личная ответственность за качество товара (принципы индивидуального мастерства);
- контроль качества мастерами-контролерами, разделение труда, аккордная оплата, обучение рабочих, производственные мастера (Ф. Тейлор);
- методы статистического контроля качества, принятие решений на основе фактов, Непрерывное совершенствование (У. Шухард);
- 14 принципов менеджмента качества, процессный подход, ориентация на потребителя, вовлечение персонала (Э. Деминг, Д. Джуран);
- системный подход, управление качеством в масштабах компании, кружки качества, «ноль дефектов» (TQC (CWQC) А. Фейгенбаум, К. Ишикава);
- принципы TQM, интегрированные системы управления организацией, роль руководства, осознание ценности работников (TQM – реинжиниринг);
- вовлечение поставщиков, 8 принципов качества (международные стандарты ISO 9000).

В результате развитие системного управления качеством происходило на



фоне формирования основных принципов системы менеджмента качества, начиная с формирования принципов мастерства индивидуальной деятельности и кончая основными принципами системы менеджмента качества (рисунок 1.2).



I – стихийная деятельность по контролю, управлению и менеджменту качества в древнем мире и в средние века; II – организованная деятельность по управлению и менеджменту качества в ремесленных мастерских, на фабриках и заводах (этап контроля качества); III – организованная национальная и международная деятельность по управлению и менеджменту качества

Рисунок 1.2 – Эволюция развития управления и менеджмента качества

Таким образом, на сегодняшний день в истории развития систем качества можно выделить 5 основных этапов, которым соответствуют основные типы СМК:

1-й этап и тип системы – соответствует начальным этапам системного подхода к качеству;

2-й этап и тип системы – ориентирован на управление процессами с использованием статистических методов анализа и контроля;

3-й этап и тип системы – свидетельствует о появлении документированных



систем качества, устанавливающих ответственность, полномочия и взаимодействие руководителей и специалистов;

4-й этап и тип системы – характеризует переход к всеобщему управлению качеством (TQM);

5-й этап и тип системы – связан с появлением стандартов ISO 14000, устанавливающих требования к системам менеджмента с точки зрения защиты окружающей среды и безопасности продукции [7].

Так, первый этап соотносится с задачами системного подхода к управлению, ассоциируется с первой системой – системой Тейлора, суть которой заключалась в установлении технических и производственных норм для рабочих. Качество продукции предложено контролировать путем принятия шаблонов, которые соответствуют полям допуска и настраиваются на верхние и нижние ограничения. Характерно появление в сфере качества новой специальности – инспектора, технического контролера. Система предусматривает штрафные санкции за дефекты и брак.

Обучение ограничивается рамками профессии, включая навыки работы с измерительным и контрольным оборудованием. Взаимоотношения с поставщиками и потребителями выстраиваются на основе требований, установленных в технических условиях (ТУ), выполнение которых проверяется при приемочном контроле (входном и выходном).

Отмеченные выше особенности системы Тейлора делали ее системой управления качеством каждого отдельно взятого изделия.

Система Тейлора показала эффективный инструмент управления качеством конкретного изделия, однако при росте объемов и повышении скорости производства требуются более масштабные методы управления не только качеством отдельной детали, но и процессами производства в целом.

В работах Деминга основное внимание уделяется повышению качества процессов, систем.

Джурэн настаивает на внесении в функционал каждого менеджера непосредственных обязанностей по систематическому повышению качества.



Происходило развитие концепции, которая предусматривает участие всех сотрудников в процессах, направленных на повышение качества и устранение производственных проблем. Постепенно, с использованием статистических методов обработки и накопления информации, шло усложнение самой системы качества. Сложность решаемых задач в сфере качества повышалась, предъявляя более высокие требования к компетентности и ответственности конструкторов, технологов и рядовых сотрудников. Контроль переместился с выявления дефектов на их предупреждение и устранение причин.

Усложнились мотивации труда, появились дополнительные навыки для настройки точности производственного процесса – например, умение читать и анализировать регулировочные и контрольные карты. К профессиональному обучению прибавилось обучение статистическим методам анализа, регулирования и контроля. Изменились правила взаимодействия между поставщиком и потребителем, более широко стали использоваться стандартные таблицы и статистический приемочный контроль.

Провозглашена концепция тотального (всеобщего) контроля качества – TQC (Total Quality Control). Впервые показано влияние системы учета затрат на качество. TQC основывается на проверке поставляемой продукции, комплектующих и материалов; управлении производством; развитии службы сервисного обслуживания; контроле за соблюдением соответствия требованиям, регламенте качества. Но главным направлением деятельности в рамках TQC становится предупреждение потенциальных несоответствий еще в ходе конструкторской разработки с использованием инструментов прогнозирования, перенос акцента в системе качества на необходимость исследований причин несоответствий.

Понимание множественного влияния различных причин на результаты качества вылилось в определение первостепенных среди них.

При создании комплексного контроля управление качеством проходит через все ступени производства. Характерно формирование документированной системы качества.



Большее значение приобретает человеческий фактор, на первый план выступает не материальная мотивация, а психологические формы стимулирования заинтересованности и вовлеченности, повышается роль коллективной деятельности, командной работы, роль уважения и признания заслуг коллег и руководства, растет важность обучения и повышения квалификации.

Начиная с 80-х гг. происходит переход от тотального контроля качества (TQC) к тотальному менеджменту качества (TQM). В 1987 г. разработана серия новых международных стандартов системы качества – стандартов ISO 9000, заложивших фундаментальные положения системы менеджмента качества. В TQM особенно подчеркивается значимость человеческого фактора и обучения персонала, развития внутренней мотивации, выражающейся в ненормируемости рабочего времени, отказе от длительного отпуска и т.д.

Обучение осуществляется параллельно производственному процессу, является специализированным и непрерывным, систематически подтверждается, сертифицируется и совершенствуется. Изменяется формат обучения, происходит смена ролей, переход от пассивного к активному участию в усвоении материала. Повышение квалификации способствует росту уверенности в своих силах, стимулирует лидерские качества и нередко позволяет достигать существенных успехов в карьере. Выявляются и применяются новые и специальные способы и инструменты развития творческого ресурса сотрудников. В отношениях поставщик – потребитель существенную роль играет сертификация системы качества на соответствие стандартам СТБ ISO 9000. Прохождение организациями процедуры соответствия сертификации по стандартам СТБ ISO серии 9000 и выше предполагает получение им определенных привилегий.

К началу 90-х гг. набирает обороты тенденция усиления влияния общественного мнения на деятельность организации, лояльность и сближение интересов. В обществе определенную роль стали играть стандарты серии СТБ ISO 14000, а также требования к системам менеджмента с позиции экологической безопасности среды и продукции.



Сертификация систем качества на соответствие стандартам СТБ ISO 14000 занимает положение, практически равное по значению положению серии стандартов СТБ ISO 9000.

Усилился этический компонент в определении роли качества, его гуманитарное толкование, что существенно отразилось на взаимоотношениях руководства и персонала в части удовлетворения потребностей. Возникают и корпоративные системы управления качеством, направленные на поддержку требований международных стандартов. Принятие стандартов СТБ ISO 14000 и СТБ ISO 9000, а также методов самооценки в линейке премий по качеству – главное отличие и приобретение пятого этапа эволюции систем управления качеством.

В результате на сегодняшний день система менеджмента качества может строиться:

- в соответствии принципами Всеобщего менеджмента качества (Total Quality Management – TQM);
- в соответствии с требованиями и рекомендациями международных стандартов серии СТБ ISO 9000;
- на основе национальных и региональных моделей по качеству, считающихся также моделями совершенства организаций и описывающих различные стороны их деятельности – от вопросов стратегического планирования до измерения степени удовлетворенности потребителей результатами деятельности организации. Наиболее известной и широко применяемой из таких моделей является модель Европейского фонда по менеджменту качества (EFQM), используемая при присуждении Европейской премии по качеству «Совершенство в бизнесе» (EQA);
- на базе других моделей управления качеством.

В основе всех этих подходов лежит процессно-ориентированный подход, все они имеют большую степень совпадения, взаимно дополняют друг друга и отличаются только полнотой и глубиной охвата всех рабочих процессов организации и степенью перекрытия системы менеджмента качества с общей



системой менеджмента организации.

Тем не менее, применение стандартов серии СТБ ISO 9000 в качестве руководства при осуществлении первых шагов по построению системы менеджмента качества организации представляется предпочтительным, даже если руководство не ставит перед собой цели сертификации системы качества на соответствие этим стандартам. Указанные стандарты содержат достаточно ясные рекомендации, что и в какой последовательности нужно делать, чтобы построить эффективную систему качества организации и в дальнейшем непрерывно улучшать ее.

1.3 Адаптивность СМК к изменениям внешней и внутренней бизнес-среды - ключевое свойство в современных условиях

Ведущая роль в становлении и распространении нового технологического уклада приходится на такие отрасли, как электронная, ядерная и электротехническая промышленности, информационно-коммуникационный сектор, станко-, судо-, авто- и приборостроение, фармацевтическая промышленность, солнечная энергетика, ракетно-космическая промышленность, авиастроение, клеточная медицина, семеноводство, строительство, химико-металлургический комплекс [21].

Для того чтобы прогрессивно развиваться и стать активным участником всемирного индустриального прогресса, предприятиям предстоит изменить, усовершенствовать подходы к управлению производством, в том числе к менеджменту качества.

Скорость создания нового товара, максимальное удовлетворение потребностей клиентов, низкие затраты – способности, которые важны сейчас и составят основу конкурентного преимущества предприятий в будущем. Для максимального удовлетворения потребностей клиентов современными компаниями на каждой стадии разработки и проектирования продукта осуществляется тесный контакт с потребителями, проводится его тестирование. Над разработкой нового продукта одновременно трудятся разные функциональные специалисты. Все эти мероприятия существенно сокращают



время создания и вывода нового изделия на рынок. Появляющиеся новые возможности автоматизации и роботизации производства способствуют снижению издержек предприятия.

Управление качеством будет строиться на мощной аналитической системе, способной анализировать прошлое, оценивать текущее состояние, прогнозировать возможные события и разрабатывать предупреждающие действия. Классическим принципом менеджмента качества является принятие решений, основанных на свидетельствах.

Одной из задач системы менеджмента качества является обеспечение соответствия процессов, продуктов и услуг установленным требованиям. Интеллектуальная информационно-технологическая система управления предприятием автоматически повысит степень соответствия процессов, снижая до минимума вероятность возникновения несоответствующих результатов процессов, что уменьшит вероятность возникновения несоответствующей продукции. Появляется возможность формирования базы знаний, отражающей лучшую практику, историю возникновения несоответствий на уровне не только одного предприятия, но и отрасли. Автоматизированная аналитическая система может быть использована для получения сигнала о возникновении потенциального несоответствия или выявленном нарушении. Интегрированная информационная система предприятия может также использоваться для проведения автоматизированного аудита процессов. Современные технологии позволяют в автоматическом режиме уменьшить количество проблем и снизить вероятность возникновения рисков.

Управление качеством на предприятии станет центром обработки данных и принятие решений в области качества, синхронизованным с управлением каждого процесса во всей цепочки создания ценностей.

Исходя из СТБ ISO 9001 «Система менеджмента качества. Требования» делается акцент на необходимости интеграции системы управления качеством и всей системы менеджмента на предприятии, в том числе со стратегическим менеджментом. Однако на практике политика и цели в области качества часто не



соответствуют стратегическим целям предприятия. Эта проблема касается синхронизации всех процессов: основных, поддерживающих (вспомогательных) и управленческих.

Информационные технологии будущего, в том числе промышленный Интернет вещей, позволят объединить управляющую и управляемые системы в единую умную систему с искусственным интеллектом. Многие управленческие процессы будут выполняться системой автоматически, это с большой вероятностью будет касаться и управления качеством. Качество создается людьми, оборудованием, машинами непосредственно в процессах. Внедрение промышленного интернета вещей позволит в автоматическом режиме непрерывно улучшать процессы предприятия путем предупреждения появления несоответствий, снижения вариабельности процессов, сокращения потерь в цепочке создания ценности. Интеллектуальная информационно-технологическая система управления предприятием возьмет на себя большую часть работы в области менеджмента качества, выполняемой в настоящее время людьми.

На сегодняшний день на фоне стремительной трансформации социально-экономических систем одним из основных свойств СМК является ее адаптивность к изменениям внешней и внутренней среды.

Адаптивность СМК – системное свойство системы, которое характеризуется ее способностью приспосабливаться к воздействию внешних и внутренних факторов, при этом, не теряя стабильности функционирования, и определяется ее способностью эффективно выполнять заданные функции в определенном диапазоне изменяющихся условий. Чем относительно шире этот диапазон, тем более адаптивной считается ее структура.

В результате данное свойство СМК можно представить как уровень, при котором организация реагирует на изменения ее внутренней и внешней среды. Поэтому фактически адаптивность рассматривается как промежуточный критерий, более абстрактный, чем уровень производства, производительность или удовлетворение.

Одним из важных факторов, влияющих на особенности построения и



функционирования СМК является отраслевая принадлежность организации. Для учета специфики и особенностей СМК разработан ряд «отраслевых» стандартов СМК. Однако, на практике их специфика не является достаточной, и на предприятиях внедрение СМК дает разную результативность в обеспечении качества и достижении бизнес-целей. При этом СМК признается соответствующей требованиям стандартов. Причина данного явления в том, что при внедрении и развитии должны учитываться не только отраслевые факторы.

В результате к основным факторам, влияющим на результативность внедрения СМК относят:

- отрасль и отраслевая подгруппа;
- особенности производства и характеристики производимой продукции;
- опасность технологии производства;
- уровень применяемых технологий;
- гибкость и эффективность бизнес-процессов;
- организационная структура управления и организационное развитие;
- и др.

Адаптивная СМК должна отвечать современным рыночным условиям:

- обладать высокой гибкостью производства, позволяющей быстро менять ассортимент изделий (услуг). Это обусловлено тем, что жизненный цикл продукции (услуг) стал короче, а разнообразие изделий и объем выпуска разовых партий - больше;

- быть адекватной сложной технологии производства, требующей совершенно новых форм контроля, организации и разделения труда;

- учитывать серьезную конкуренцию на рынке товаров (услуг), в корне изменившую отношение к качеству продукции, потребовавшую организовать послепродажное обслуживание и дополнительные фирменные услуги;

- учитывать требования к уровню качества обслуживания потребителей и времени выполнения договоров, которые стали слишком высокими для традиционных производственных систем и механизмов принятия управленческих решений;



- учитывать изменение структуры издержек производства;
- принимать во внимание необходимость учета неопределенности внешней среды.

Адаптивность как важнейшее свойство СМК обеспечивается целенаправленным обучением и тренировкой работников, включением самоанализа в процесс деятельности.

Поэтому в целях обеспечения гибкости и адаптивности СМК, необходимо использовать интеллектуальный потенциал всех работников в процессе их взаимодействия и создания постоянной цепочки знаний, которые могут быстро распространяться и применяться по нужным направлениям.

Таким образом, важным аспектом при внедрении и развитии СМК является понимание факторов, влияющих на ее адаптивность. Зная какое влияние оказывают данные факторы, можно планировать эффективный процесс внедрения и развития СМК на предприятиях.



2 РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА В УСЛОВИЯХ 4-Й ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ

2.1 Стратегия Индустрии - 4.0: основные особенности

В последнее десятилетие компании промышленного сектора все большее внимание уделяют вопросам перехода к устойчивому развитию, т.е. процессу изменений, направленных на получение конкурентных преимуществ за счет разработки и внедрения процессов производства, отвечающих требованиям экологической безопасности и потребностям общества. При этом такой переход невозможен без радикальных изменений в производственных бизнес-процессах, которые обусловлены внедрением новых технологий.

С начала индустриализации общества парадигмы промышленного развития менялись при условии технологических прорывов, которые впоследствии стали называться промышленными революциями и которых на сегодняшний день выделяют четыре (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Сравнительная характеристика промышленных революций

Промышленная революция	Период	Инновации / прорывы	Результат
1	2	3	4
1-я промышленная революция (Индустрия 1.0)	Конец XVIIIв. –начало XIXв.	Водяные и паровые двигатели, ткацкие станки, механические устройства, транспорт, металлургия	Переход от аграрной экономики к промышленному производству, развитие транспорта
2-я промышленная революция (Индустрия 2.0)	Вторая половина XIXв. – начало XXв.	Электрическая энергия, высококачественная сталь, нефтяная и химическая промышленность, телефон, телеграф	Поточное производство, электрификация, железные дороги, поточное производство, разделение труда
3-я промышленная революция (Индустрия 3.0)	Конец XXв. (1970г. и далее)	Цифровизация, развитие электроники, применение в производстве инфокоммуникационных технологий (ИКТ)	Автоматизация и робототехника



Окончание таблицы 2.1

1	2	3	4
4-я промышленная революция (Индустрия 4.0)	С 2011 г. (введен термин Индустрия 4.0) – по настоящее время	Глобальные промышленные сети, Интернет вещей, переход на возобновляемые источники энергии, переход от металлургии к композитным материалам, 3D принтеры, вертикальные фермы, синтез пищи, самоуправляемый транспорт, нейросети, генная модификация, биотехнологии, искусственный интеллект	Распределенное производство, распределенная энергетика, сетевой коллективный доступ и потребление, замена посредников на распределительные сети, прямой доступ производителя к потребителю, экономика совместного использования

Так, первая промышленная революция, как известно, началась с изобретением Джеймсом Уаттом парового двигателя и на протяжении XVIII-XIX веков создала первичную индустриализацию в Европе. Эта классическая революция была связана и с другими инновациями – прядением нити из хлопка и использованием кокса в металлургии и др.

Вторая промышленная революция произошла в начале XX века с появлением электричества, а также изобретением Генри Фордом конвейера, благодаря которому удалось не только создать массовый рынок, но и сделать доступным автомобиль. Примерно через 30 лет благодаря этой революции уровень жизни стал расти быстрыми темпами. В результате, предвоенная индустриализация и развитие промышленности полностью изменили экономический ландшафт.

Третья промышленная революция началась в 1960-х, когда экономики европейских стран оправились после войны, был изобретен компьютер, получило развитие числовое программное управления (ЧПУ) и микропроцессоры, а позже — промышленные роботы. Бурно развивалась химия.

Однако несмотря на активное внедрение различных видов инфокоммуникационных технологий (ИКТ), электроники и промышленной



робототехники в производственные процессы, автоматизация промышленности, начавшаяся в конце XX века, носила преимущественно локальный характер, когда каждое предприятие или подразделения внутри одного предприятия использовали собственную (проприетарную) систему управления (или их сочетание), которые были несовместимы с другими системами.

Развитие же интернета, инфокоммуникационных технологий (ИКТ), устойчивых каналов связи, облачных технологий и цифровых платформ, а также информационный «взрыв» вырвавшихся из разных каналов данных, обеспечили появление открытых информационных систем и глобальных промышленных сетей, выходящих за границы отдельного предприятия и взаимодействующих между собой. Такие системы и сети оказывают преобразующее воздействие на все сектора современной экономики и бизнеса за пределами самого сектора ИКТ, и переводят промышленную автоматизацию на новую четвертую ступень индустриализации.

Фактически любая промышленная революция при переходе из одного исторического периода в другой базируется на трех основных составляющих: сырье, а также источники и способы передачи энергии; технологии; организация производства и управление. Консалтинговая компания VCG выделяет девять ключевых технологий, которые направлены на формирование четвертой ПР: автономная роботизация, имитационное моделирование, горизонтальная и вертикальная интеграция систем, дополненная реальность, интернет вещей, облачные технологии, аддитивное производство, кибербезопасность и большие данные [12].

Поэтому на сегодняшний день ученые и эксперты сходятся во мнении, что в индустрии сформировались необходимые предпосылки для четвертой промышленной революции, когда высоко оцифрованные процессы промышленных предприятий будут интегрированы с интернетом и «умными» технологиями. Применительно к ней часто используется термин «Индустрия 4.0», которая призвана создать новые ценностные предложения, бизнес-модели и разрешить ряд социальных проблем путем создания связей между экзогенными



и эндогенными факторами промышленного производства [11].

Концепция развития промышленности «Индустрия 4.0» была инициирована президентом Немецкой академии технических наук Х. Кагерманном, директором германского Центра исследования искусственного интеллекта В. Вальстером и заведующим департаментом ключевых технологий Федерального министерства науки, образования и исследований В.Д. Лукасом. Она была разработана в рамках стратегии «Высокие технологии», предложенной правительством Большой коалиции в 2006 г. Основные положения Индустрии 4.0 были озвучены на Ганноверской промышленной ярмарке в апреле 2011 г. [13]. В том же году она была поддержана ведущими немецкими предпринимательскими союзами – BITCOM e.V. (информационно-коммуникационные технологии), VDMA e.V. (машиностроение) и ZVEI e.V. (электроника), а также Обществом имени Фраунгофера – инициатива во многом коррелировала с уже реализуемыми в промышленности инновационными проектами и программами.

Были созданы рабочие группы по уточнению содержания и перспектив новой концепции.

Другим знаковым событием в истории концепции Индустрии 4.0 стал Всемирный экономический форум (Давос, 2016). Основатель и председатель форума Клаус Мартин Шваб назвал происходящие в экономике изменения четвертой промышленной революцией и охарактеризовал ее место в экономической истории следующим образом: «Первая промышленная революция началась во второй половине XVIII века, когда появилась возможность при помощи воды и пара перейти от ручного труда к машинному. Вторая характеризовалась развитием массового конвейерного производства, связанного с освоением электричества. Мы живем в эпоху пока еще третьей промышленной (или цифровой) революции, начавшейся во второй половине прошлого века с создания цифровых компьютеров и последующей эволюции информационных технологий. Сегодня она постепенно трансформируется в четвертую промышленную революцию, которая характеризуется слиянием



технологий и размытием граней между физическими, цифровыми и биологическими мирами» [14].

Таким образом, четвертая индустриальная революция или Индустрия 4.0 – переход на полностью автоматизированное цифровое производство, управляемое интеллектуальными системами в режиме реального времени в постоянном взаимодействии с внешней средой, выходящее за границы одного предприятия, с перспективой объединения в глобальную промышленную сеть Вещей и услуг.

Однако на сегодняшний день понятие и сущность Индустрии 4.0 используется как в узком, так и в широком смысле. В рамках первого подхода используется узкая трактовка Индустрии 4.0 как одного из 10 проектов государственной Hi-Tech стратегии Германии до 2020 года, описывающего концепцию умного производства на базе глобальной промышленной сети интернета вещей и услуг, т.е. отрасли промышленности, в которой применяются прорывные цифровые технологии [14, 15].

В широком смысле, Индустрия 4.0 характеризует текущий тренд развития автоматизации и обмена данными, который включает в себя киберфизические системы, Интернет Вещей и облачные вычисления и представляет собой новый уровень организации производства и управления цепочкой создания стоимости на протяжении всего жизненного цикла выпускаемой продукции, т.е. отождествляется с новым технологическим укладом.

Таким образом, на сегодняшний день запущена четвертая промышленная революция, результатом которой должен стать переход к новому технологическому укладу и новому типу промышленного производства. Ее первым этапом стало формирование информационного общества, лояльного к новейшим информационно-коммуникационным технологиям (ИКТ), предъявляющего высокий спрос на инновации и способного быстро адаптироваться к научно-техническому прогрессу благодаря высокой ценности знаний и популярности непрерывного образования на протяжении всей жизни («long life learning»).



В качестве второго этапа послужило построение цифровой экономики, в условиях которой произошла модернизация производственно-распределительных процессов на базе цифровых технологий. Развитие средств и систем электронных платежей способствовало популяризации цифровых расчетов – более быстрых, удобных прозрачных и подконтрольных. Возникновение электронной торговли способствовало транснационализации предпринимательства и уравниванию спроса и предложения (установлению равновесия на товарных рынках). Развитие электронного правительства позволило повысить качество и доступность государственных услуг.

Третий этап четвертой промышленной революции, как ожидается, будет связан со становлением стратегии Индустрия 4.0, для стимулирования ускоренной реализации которой в наиболее прогрессивных развитых и развивающихся странах приняты соответствующие национальные стратегии и программы:

- государственная промышленная стратегия (приоритетный федеральный проект в области высоких технологий) «Индустрия 4.0» (Industrie 4.0) – принята в Германии в 2011г.;

- концепция «Восемь великий технологий» («Eight Great Technologies»), в которой перечисляются технологии Индустрии 4.0, наиболее востребованные и развиваемые в настоящее время, – принята в Великобритании в 2012г.;

- реформа в области нео-индустриализации экономики на базе индустрии 4.0 («La Nouvelle France Industrielle»), принятая во Франции в 2013г.;

- стратегия инновационного развития («Strategy for American Innovation»), в которой Индустрия 4.0 отражена как передовые промышленные технологии, призванные стать инструментом инновационного развития национальной экономики – принята в США в 2015 г.;

- план научно-технического развития («5 th Science and Technology Basic Plan»), предполагающий технологическую модернизацию экономики на базе Индустрии 4.0 – принят в Японии в 2015 г.;

- программа модернизации промышленности на базе Индустрии 4.0



(«Made in China 2025») – принята в Китае в 2015 г. [10].

Однако скорость четвертой промышленной революции различается в странах мира. Так, в то время как перечисленные страны уже приступили к завершающему третьему этапу, большинство развивающихся стран находится в процессе формирования информационного общества (первый этап).

Вместе с тем, исходя из опыта прошлых промышленных революций, становление и развитие Индустрии 4.0 будет происходить постепенно, начиная с реализации отдельных пилотных инвестиционно-инновационных проектов, переходя к массовой автоматизации промышленности и заканчивая полномасштабной модернизацией экономики на базе прорывных цифровых технологий (рисунок 2.1).

Отличительная черта четвертой промышленной революции и стратегии Индустрия 4.0, которую еще называют цифровой, – сближение технологий и стирание граней между цифровыми, биологическими и физическими сферами. При этом в ее основе лежат следующие основные принципы [16]:

1. Функциональная совместимость. Киберфизические системы (носители обрабатываемых деталей, сборочных станций и продуктов), люди и «умные» производства должны иметь возможность общаться посредством «Интернета вещей» и интернет-услуг.





Рисунок 2.1 – Индустрия 4.0 как современный этап 4-й промышленной революции

2. Виртуализация. «Умный» завод должен иметь виртуальную копию (т. н. цифрового двойника), созданную посредством связывания данных от датчиков (получаемых в ходе мониторинга физических процессов) с виртуальными имитационными моделями производства.

3. Децентрализация. Киберфизические системы должны быть способны принимать собственные решения в рамках «умных» производств.

4. Функционирование в режиме реального времени. Сбор и анализ данных должны происходить в реальном времени, с мгновенной выдачей результатов.

5. Ориентация на услуги. Киберфизические системы, люди и «умные» заводы должны иметь возможность оказывать услуги через Интернет.

6. Модульность. «Умным» заводам необходима гибкая адаптация к изменяющимся требованиям – путем замены или расширения отдельных модулей.

В целом, ключевыми особенностями Индустрии 4.0 являются [14, 16, 18]:



- цифровизация и вертикальная интеграция по цепочке создания стоимости. Индустрия 4.0 предусматривает цифровизацию и интеграцию процессов по вертикали в рамках всей организации, начиная от разработки продуктов и закупок и заканчивая производством, логистикой и сервисным обслуживанием. Все данные об операционных процессах, их эффективности, управлении качеством и операционном планировании доступны в режиме реального времени в едином информационном пространстве, оптимизированы под различные платформы.

- цифровизация и горизонтальная интеграция нескольких цепочек создания стоимости. Горизонтальная интеграция выходит за пределы деятельности одного предприятия и охватывает поставщиков, потребителей и всех ключевых партнеров по цепочке создания стоимости. Используются инструменты интегрированного планирования, учитывающие входящие параметры от партнеров (смещения сроков поставок, изменения объемов производства и др.), что позволяет оперативно корректировать планы.

- цифровизация продуктов и услуг. Цифровизация товаров предполагает дополнение имеющихся продуктов интеллектуальными датчиками или устройствами связи, совместимыми с инструментами анализа данных. Благодаря внедрению новых методов аналитики у компаний появляется возможность получать данные об использовании продуктов и дорабатывать эти продукты в соответствии с новыми требованиями конечных пользователей.

- цифровые бизнес-модели и доступ клиентов. Ведущие отраслевые компании также расширяют спектр предоставляемых ими услуг, предлагая революционные цифровые решения, например, комплексное персонализированное обслуживание на основе данных и интегрированные платформы.

- новые цифровые бизнес-модели зачастую направлены на получение дополнительной выручки от цифровых решений, оптимизацию взаимодействия с клиентом и улучшение доступа клиентов. Цифровые товары и услуги часто предназначены для обслуживания клиентов путем предоставления им



комплексных решений в обособленной цифровой экосистеме.

- развитая технологическая платформа. Предприятия используют высокотехнологичные машины и оборудование, информационно-коммуникационные решения и киберфизические системы, обеспечивающие цифровизацию и интеграцию. Без развитых технологий проблематично реализовать все предыдущие атрибуты с практической точки зрения.

Промышленная концепция Индустрия 4.0 – это глобальная, сложная, многоуровневая организационно-техническая система, основанная на интеграции в единое информационное пространство физических операций и сопутствующих процессов состоящая из 6 подсистем (рисунок 2.2):

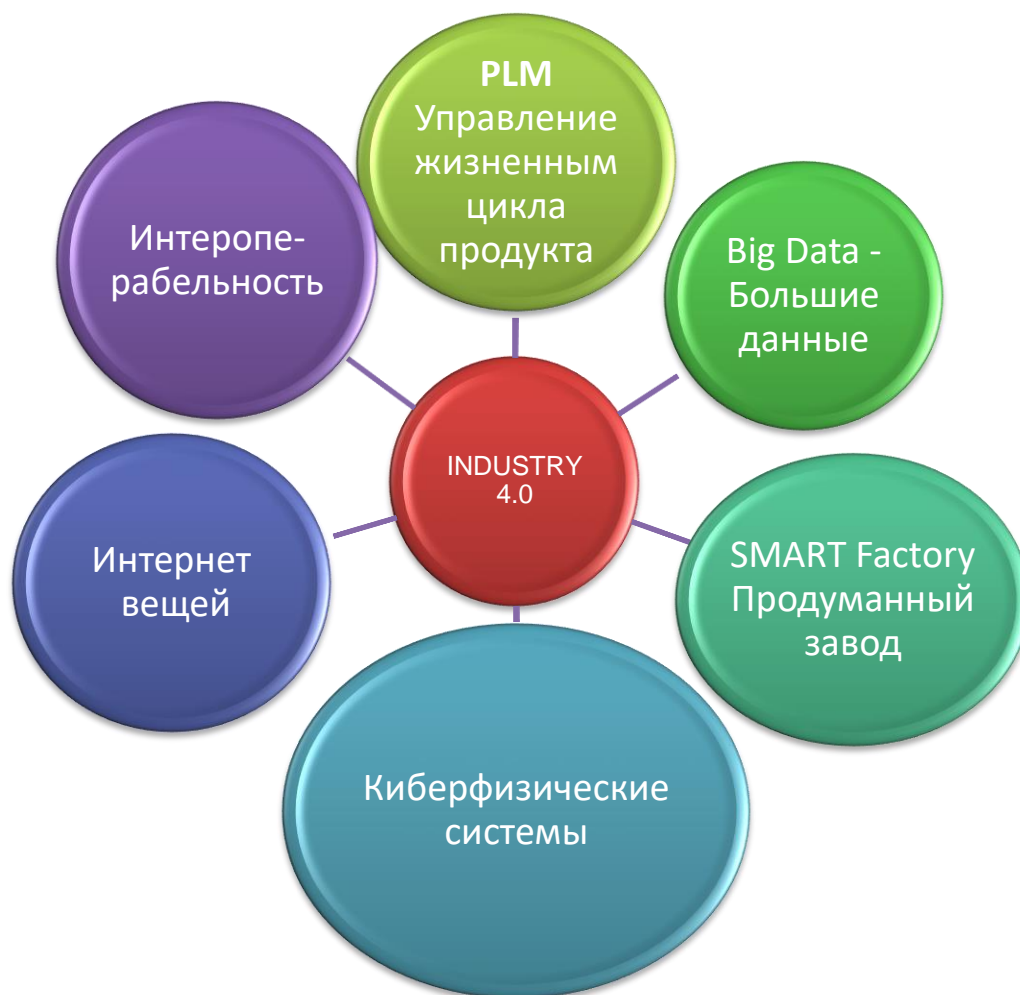


Рисунок 2.2 – Основные подсистемы Индустрия 4.0



1. PLM (Product Lifecycle Management) – «управление жизненным циклом изделия».

Организационно-техническая система управления жизненным циклом изделий, основанная на принципе дуализма объект-операция/физическое-информационное. Материальное-техническое обеспечение, производство, эксплуатация, утилизация и все сопутствующие процессы происходят в физическом пространстве, им соответствуют процессы, происходящие в информационном пространстве, протекающие в компьютерных системах. Поэтому для эффективного использования IT-технологий необходимо преобразовать процессы, происходящие в физическом пространстве в информационные проблемы, а также иметь возможность обратного преобразования информационных процессов в физические.

Такое преобразование следует рассматривать как проблему адекватного моделирования алгоритма жизненного цикла изделия, т.е. установления взаимно однозначного соответствия между физическим и информационным пространством. Комплексы предметно-ориентированного прикладного программного обеспечения, также имеющие общее название PLM-системы, предназначены для структурирования массива данных и автоматизации управления физическими и информационными процессами на протяжении всего жизненного цикла изделия.

2. Big Data – Большие Данные

Совокупность подходов, инструментов и методов обработки структурированных и неструктурированных данных больших объёмов и значительного многообразия для получения воспринимаемых человеком или компьютерной системой результатов, эффективных в условиях непрерывного прироста, распределения по многочисленным узлам вычислительной сети.

Big Data представляет собой набор данных из традиционных и цифровых источников внутри и за пределами компании. Данные собираются везде: от датчиков, сотрудников компании, компаний-контрагентов, клиентов, сервисных центров, поставщиков и т.д., поле чего данные структурируются, анализируются



и используются. Основная задача предприятий при работе с Big Data, наилучшим образом интерпретировать данные для дальнейшего использования.

VVV – совокупность определяющих характеристик больших Big Data:

Volume (объём) – величина физического объёма данных

Velocity (скорость) – скорость прироста объёма данных

Variety (многообразие) – одновременная обработка различных типов данных, структурированных и неструктурированных.

Информационноёмкие производственные системы имеют свойства лавинообразного потока, количество данных постоянно возрастает, многообразие информации расширяется.

Управлять, структурировать, интерпретировать, анализировать и использовать данные – одна из основных наиважнейших задач организации производства в концепции Industry 4.0

3. SMART Factory – Продуманный завод

Термин Smart Factory используют преимущественно в англоязычной среде, он соответствует немецкому термину – Intelligente Fabrik. В русскоязычной среде, эти термины чаще всего переводят как "Умное производство" или "Умный завод", что в принципе является не совсем верным, более релевантным определением является "Продуманное производство", или "Продуманный завод".

SMART– это мнемоническая аббревиатура, используемая в менеджменте и проектном управлении для определения целей и постановки задач. Чёткого определения, сколько должно быть определяющих критериев пока нет. Обычно принимаются следующие значения:

S– Specific (Конкретный), объясняется, что именно необходимо достигнуть.

M– Measurable (Измеримый), объясняется, в чем будет измеряться результат.

A– Attainable, Achievable (Достижимый), объясняется, за счёт чего планируется достигнуть цели.

R– Relevant (Релевантный), определение истинности цели. Действительно ли выполнение данной задачи позволит достичь желаемой цели? Необходимо удостовериться, что выполнение данной задачи действительно необходимо.

T– Time-bound (Ограниченный во времени), определение временного триггера/промежутка по наступлению/окончанию которого должна быть достигнута цель (выполнена задача).

В основе концепции Smart Factory – бесшовное соединение отдельных этапов (операций) производственного процесса, от стадии проектирования изделий и планирования использования производственных ресурсов к исполнительным механизмам в полевых условиях.

В обозримом будущем, концепция Smart Factory существенно изменится с развитием адаптивных когнитивных систем.

Применение в производстве систем на основе искусственного интеллекта настолько изменит производство, как вид деятельности человека, что новые технологии организации производства на основе адаптивных когнитивных систем, можно будет по праву считать пятой промышленной революцией.

Главная роль человека в Индустрии 4.0 заключается в разработке алгоритмов и обучении машин методом программирования. Индустрия 5.0 будет базироваться на самообучении машин, копировании действий человека или других роботов и автоматической оптимизации алгоритмов производства.

Многие ещё не осознали, что такое четвёртая промышленная революция, которая уже у нас на пороге, а учёные: Yiannis Aloimonos, Cornelia Fermüller, Yezhou Yang, Yi Li и другие, уже разработали фундаментальные технологии которые сулят пятую промышленной революцию у нас на пороге.. Фундаментом "Smart Factory" является концепция "Digital Manufacturing". Digital Manufacturing – это организационно-техническая система адекватного моделирования производства основанная на продвинутых симуляторах на базе CAD. На сегодняшний существует несколько систем виртуализации производства, такие как: DELMIA Digital Manufacturing (Dassault Systèmes);



Tecnomatix (Siemens PLM Software); Factory Design Suite (Autodesk); Visual Components и др.

4. Cyber-physical systems – Киберфизические системы

Киберфизическая система – это организационно-техническая концепция управления информационными потоками, интеграция вычислительных ресурсов в физические процессы производства. В такой системе датчики, контроллеры и информационные системы объединены в единую сеть на протяжении всего жизненного цикла изделия. Кибер-физическая сеть может быть, как в рамках одного предприятия, так и в рамках динамической бизнес-модели в составе которой несколько предприятий.

Операции на протяжении всего жизненного цикла взаимодействуют друг с другом с помощью стандартных интернет-протоколов для управления, планирования, самонастройки и адаптации к изменениям. Интернет вещей не может существовать без кибер-физические системы, так как CPS является инфраструктурой интернета вещей.

5. Internet of Things (IoT) – Интернет вещей

Интернет вещей – это простое определение грандиозной концепции. IoT-концепция вычислительной сети физических предметов (вещей), оснащённых встроенными технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой, рассматривающая организацию таких сетей как явление, способное перестроить экономические и общественные процессы, исключая из части действий и операций необходимость участия человека.

Уже сегодня, вы можете проектировать детали у себя дома и заказывать их производство через интернет у 3D принтеров и других автоматических производственных систем, в которых человек играет роль обеспечивающего работоспособность автоматического процесса производства, а не производителя. IoT связывает вещи, подключённые к интернету друг с другом и обеспечивает их совместную работу, управляемую облачными вычислительными системами. Интернет вещей обеспечивает взаимодействие физических производственных операций и сопутствующих процессов.



Концепция IoT сформулирована в 1999 году как осмысление перспектив широкого применения средств радиочастотной идентификации для взаимодействия физических предметов между собой и с внешним окружением. Наполнение концепции «Интернета вещей» многообразным технологическим содержанием и внедрение практических решений для её реализации начиная с 2010-х годов является устойчивой тенденцией в развитии информационных технологий, прежде всего, благодаря повсеместному распространению беспроводных сетей, появлению облачных вычислений, развитию технологий межмашинного взаимодействия, началу активного перехода на IPv6 и освоению программно-конфигурируемых сетей.

6. Interoperability – Интероперабельность (функциональная совместимость)

Интероперабельность – наиважнейший фактор промышленной концепции Индустрии 4.0. Для того чтобы прочувствовать важность интероперабельности, давайте сделаем лирическое отступление и вспомним всем известную библейскую историю о Вавилонской башни.

Библейское придание о Вавилонской башни гласит: решили люди построить город, названный Вавилоном и башню высотой до небес, чтобы «сделать себе имя». Строительство башни было прервано Богом, который создал новые языки для разных людей, из-за чего они перестали понимать друг друга, и не смогли продолжать строительство города и башни.

Обычно религиозные толкователи этого придания, сходятся в том, что Бог наказал людей за спесь, высокомерие, гордыню, за тот общий для всего человеческого племени грех. Давайте попробуем взглянуть на эту историю глазами современного атеиста. В библейской истории, Бог наказал людей за то, что они развивая технологии строительства, достигли больших высот совместными усилиями и поднялись до высоты Бога, проявив интероперабельность. Богу это не понравилось, и он наказал людей сделав их неинтероперабельными, он создал новые языки для разных людей и люди потеряли возможность понимать друг друга и эффективно взаимодействовать.



Лишившись интероперабельности, люди не смогли достроить башню и город Вавилон. Та же участь ждёт тех, кто попытается построить бизнес-модель взяв за основу концепцию Индустрии 4.0 с неинтероперабельными элементами. Без функциональной совместимости, создать работоспособную интегрированную производственную систему Индустрию 4.0 невозможно.

К сожалению, компании-разработчики систем автоматизации долгое время развивали свои продукты без единых стандартов, не учитывая перспективы глобализации и потенциальные потребности в интеграции своих клиентов.

Такая тенденция наблюдается и в настоящее время, но в последние годы ситуация в корне меняется, ведущие компании-разработчики систем автоматизации, модифицируют свои продукты делая их интероперабельными, идя на встречу актуальным потребностям своих клиентов. Так, например, компании 1 марта 2016 года стало известно о подписании соглашения между Autodesk и Siemens о функциональной совместимости прикладных IT-решений. Но по-прежнему, немало компаний работают по нечетной бизнес-модели, делая своих клиентов зависимыми от их постпродажного обслуживания. Эти компании выигрывают тендеры низкой ценой, ограничивая функции оборудования или программного обеспечения. Для обывателей, на первый взгляд вроде одно и то же, и только специалисты высокой квалификации способны найти подводные камни при организации тендерных процедур. Пример последствий внедрения неинтероперабельных производственных систем.

При работе над проектами модернизации производства, обязательно нужно проводить проверку на интероперабельность автоматизированного оборудования и программного обеспечения. Это должно быть жёстким правилом организации тендерных процедур при покупке оборудования с ЧПУ и программного обеспечения.

Индустрия 4.0 – это совокупность технологий: PLM, Big Data, Smart Factory, Cyber-physical systems, Internet of Things, Interoperability, позволяющих создать эффективную бизнес-модель предприятия. Высокая эффективность достигается главным образом за счёт рационального управления систем



автоматизации физических операций производства и сопутствующих процессов интегрированных в единое информационное пространство.

Таким образом, в ближайшие годы Индустрия 4.0 призвана стать новой отраслью промышленности, сущность и специфика которой заключается в полномасштабной автоматизации производственно-распределительных процессов и полному устранению из них человека, что потребует развитие соответствующего инфраструктурного обеспечения, модернизации системы науки и образования для подготовки цифровых кадров, способных к работе с технологиями Индустрии 4.0, а также привлечения крупномасштабных инвестиционных ресурсов. Это создает новые вызовы для современного общества и указывает на необходимость ускоренного завершения формирования цифровой экономики и принятия государственной стратегии перехода к Индустрии 4.0.



2.2 Особенности развития СМК в условиях Индустрии - 4.0

2.2.1 Индустрия 4.0 – производство завтрашнего дня

Технология производства в Германии подвержена постоянным изменениям. Вся индустрия должна постоянно реагировать на текущие политические, экономические и технологические условия. Недавние примеры включают массовое расширение оффшорных ветропарков, разработку новых самолетов из армированных волокнами пластмасс или долгосрочный переход от двигателей внутреннего сгорания к электроприводу в автомобильной промышленности [25].

Поэтому успех компании зависит от постоянной переориентации на средние и долгосрочные изменения. Прогнозирование этих событий может быть достигнуто только в том случае, если известны движущие силы для изменений. Были определены Мегатренды, которые будут определять развитие технологии производства в будущем. Это растущая сеть информационного общества, глобализация, демографические изменения, индивидуализация и увеличение дефицита сырья (рисунок 2.3).

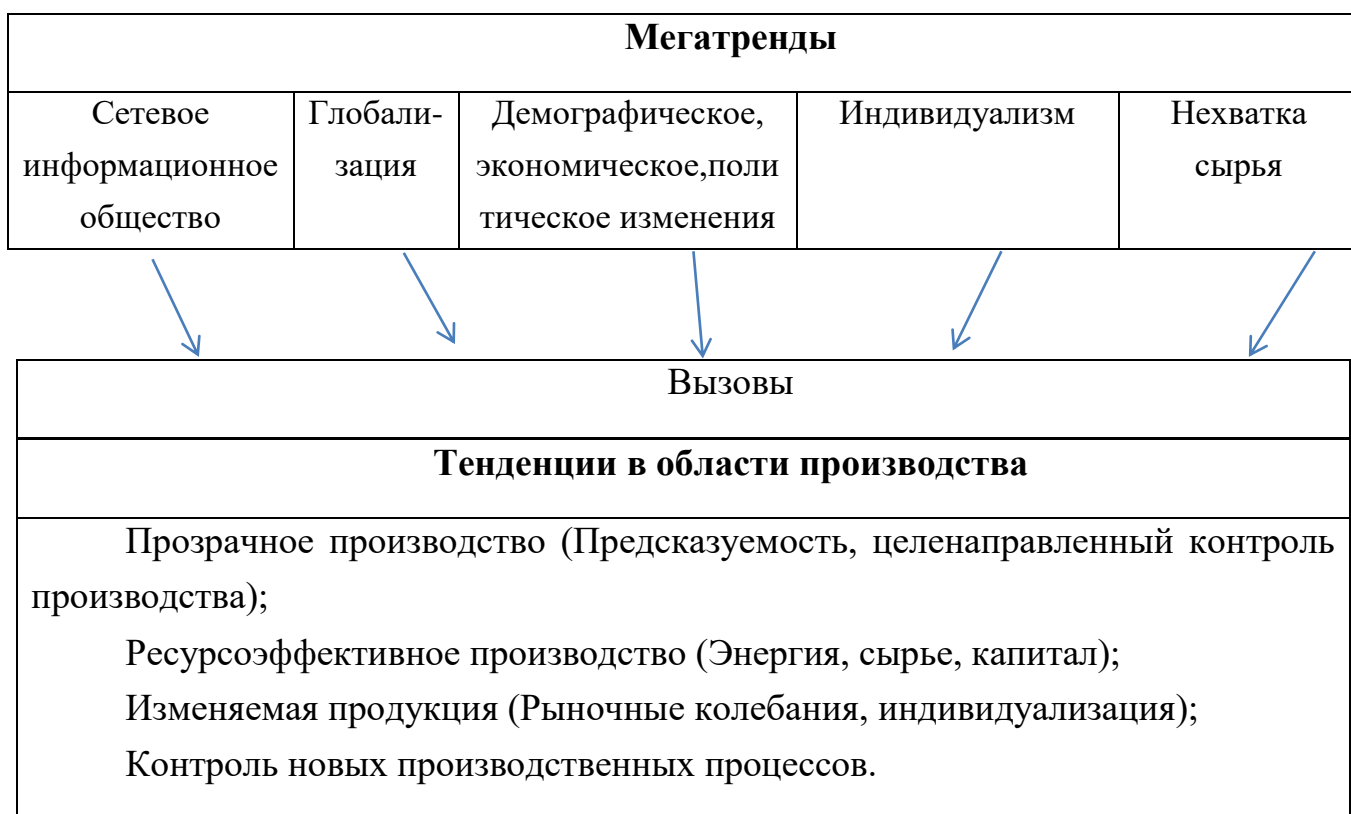


Рисунок 2.3 – Мегатренды и будущие вызовы для технологий производства



Эти мегатренды определяют тенденции в технологии производства. Наиболее важными из них являются ресурсоэффективность как прямой ответ на нехватку сырья, и растущая глобальная конкуренция, и переменчивое производство, что позволяет быстро реагировать на колебания рынка и индивидуальные требования клиентов. Краткосрочное освоение новых производственных процессов также позволяет быстро реагировать на изменения рыночных требований и может быть конкурентным преимуществом в условиях глобализации производства.

Мегадренд постоянно растущей сети информационного общества благотворно влияет на адаптируемость компаний. Для этого требуется прозрачное производство, которое может быть реализовано только с помощью производственной метрологии. Усиление предоставления и подготовки данных компании приводит к объективному пониманию процесса, что позволяет осуществлять целенаправленный контроль производства независимо от индивидуального опыта сотрудников. Основой для развития понимания процесса является регистрация данных процесса с помощью производственной метрологии. Производственная метрология предполагает функцию восприятия в производстве, управление производственным контролем. Это приводит к автоматизированному контролю производства, развитие которого начинается сегодня, но в будущем будет играть большую роль.

Таким образом, тенденции и требования к технологии производства напрямую определяют будущие требования к «новой» СМК.

2.2.2 Тенденции развития СМК в целом как концепции

Становление новой промышленной эпохи, основанной на возможностях цифровых технологий, оказывает существенное влияние и на формат, и в целом на развитие СМК, которая должна способствовать:

- максимальной удовлетворенности потребителей за счет лучшего понимания их потребностей и условий эксплуатации продукта;
- непрерывному как радикальному, так и инкрементальному улучшению



качества продукции и услуг;

- уменьшению сроков разработки и изготовления продукции;
- повышению операционной эффективности и снижению издержек предприятия за счет автоматизации и синхронизации процессов;
- повышению безопасности на производстве;
- уменьшению вреда окружающей среде;
- более эффективному использованию активов предприятия, в том числе за счет развития новых форм сотрудничества со сторонними организациями (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – SMK в условиях цифровизации

При этом цифровизация компаний вызывает трансформационные процессы в самой SMK и обуславливает необходимость разработки и применения качественно новых технологий управления, а также принципиально новых производственных технологий, в основе которых лежат различные подходы и концепции.



Как правило развитие и трансформация СМК в условиях цифровизации осуществляется по следующим основным направлениям: взаимоотношения со стейкхолдерами, принципы СМК, процесс анализа и целевые показатели результативности СМК.

Так, механизм удовлетворения потребностей стейкхолдеров компании становится более сложным. В условиях информационной экономики стейкхолдеры приобретают возможность активного участия в деятельности компании при создании ее ценности и имиджа на рынке.

Поэтому характерной особенностью развития СМК в условиях цифровизации компаний является изменение характера отношений со всеми сторонами, заинтересованными в деятельности организации в сторону повышения открытости компании и сотрудничества. Особую важность имеет кадровый потенциал, который может рассматриваться как эффективный драйвер развития СМК, поскольку критерии влияния персонала на компанию усиливаются и требуют внимания.

Также можно выделить следующие основные тренды развития СМК в условиях цифровизации:

1. Цифровизация проектирования и разработки продукции и услуг.

Условно выделяют пять последовательно повышающихся по эффективности уровней развития процессов цифровизации проектирования производства: электронный чертеж; электронная 3D-модель и чертеж; электронная модель с информацией для изготовления – первоисточник (узаконенный носитель) конструкторской и технологической информации; электронная модель и электронный состав, распространенные по всем службам предприятия; электронная модель – «цифровой двойник» – компьютерная модель материального или нематериального объекта, который может использоваться для различных целей.



Основой парадигмы цифрового проектирования (и моделирования) является использование сложных мультидисциплинарных математических моделей с высоким уровнем адекватности реальным материалам, конструкциям и физико-механическим процессам (включая технологические и производственные), описываемых уравнениями математической физики, в первую очередь 3D нестационарными нелинейными дифференциальными уравнениями в частных производных [16].

2. Цифровизация производства. Цифровое производство — это концепция подготовки производства в единой виртуальной среде с помощью определенных инструментов. Цифровое производство трактуется как определенный тип системы бизнес-процессов (способ комбинирования бизнес-процессов), которое имеет следующие характеристики [16]:

- создание цифровых платформ, своеобразных экосистем передовых цифровых технологий. На основе предсказательной аналитики и больших данных подход позволяет объединить территориально распределенных участников процессов проектирования и производства, повысить уровень гибкости и кастомизации;

- разработка системы цифровых моделей новых проектируемых изделий и производственных процессов, чтобы модели отличались высоким уровнем адекватности реальным объектам и реальным процессам (конвергенция материального и цифрового миров, порождающая синергетические эффекты);

- цифровизация всего жизненного цикла изделий (от аванпроекта до утилизации). Чем своевременнее вносимые изменения, тем выше экономия на затратах на изделия, а потому приоритетными становятся процессы проектирования.

На этапе формирования цифрового производства образуются новые ключевые компетенции: использование системного инжиниринга, когда в каждый момент времени необходимо держать в поле зрения и систему в целом, и ее отдельные элементы; формирование многоуровневой матрицы целевых показателей и ограничений как основы нового проектирования, значительно



снижающего риски, объемы испытаний и объемы работ, связанных с доработкой изделий и продукции на основе испытаний; управление изменениями на протяжении всего жизненного цикла продукта; цифровая сертификация, основанная на тысячах виртуальных испытаний как отдельных компонентов, так и всей системы в целом.

3. Цифровизация аналитической деятельности в СМК:

- Регистрация и анализ данных. Это одна из задач в системе качества, требующих больших затрат труда [18]. Появление быстродействующих систем хранения и обработки данных позволяет более эффективно, чем это было раньше, решать задачу измерения и регистрации всевозможных и, главное, нужных данных, которые влияют (или могут повлиять) на качество продукции.

Использование Интернета вещей для измерения функционирования процессов, а также продуктов является обязательным условием формирования источников больших данных.

Использование датчиков, установленных на продукции, находящейся в пользовании, обеспечивает передачу производителю на протяжении всего жизненного цикла продукции данных об условиях эксплуатации, функционировании, отказах и т.п. Это позволяет непрерывно улучшать продукцию, предвидеть и предупреждать сбои в ее эксплуатации, снижать затраты на техническое обслуживание. Вместе с этим Big Data способна анализировать данные массивы информации, поступающие из различных источников. Основными источниками больших данных могут быть: заказчики, поставщики (контрагенты), конкуренты, другие предприятия, партнеры, контролирующие органы — внешние источники; продукция, процессы, материалы, сырье, персонал, производственная среда и инфраструктура — внутренние источники информации.



- Мониторинг и контроль процессов СМК. Зачастую для управления процессами в системе менеджмента качества применяется метод статистической обработки данных (статистические методы). С появлением алгоритмов обучения нейронных сетей для этих целей стало возможным применение искусственного интеллекта. Обученная нейронная сеть будет позволять выявлять тренды (тенденции) и изменения в процессах гораздо эффективнее и быстрее, чем человек или автоматизированные комплексы на основе обработки статданных.

- Верификация и валидация разработки и проектирования. Многие процессы деятельности организации нуждаются в подтверждении объективности полученных свидетельств соответствия установленным требованиям. Технология «блокчейн» обеспечивает безопасную, децентрализованную и полностью объективную систему доказательств выполненных требований и позволяет прослеживать изделие во всей цепочке его создания. Создание фиктивных свидетельств или их подмена при такой системе исключается. Кроме того, важная информация может быть получена о поставщиках, потребителях, партнерах, конкурентах, государственных органах и других заинтересованных сторонах. Информация о значимых действиях всех заинтересованных сторон может храниться на базе распределенных реестров с применением указанной технологии.

- Принятие решений, основанных на данных (свидетельствах), в условиях неопределенности (неоднозначности). Государственные стандарты на системы менеджмента качества требуют создания достаточно жестких алгоритмизированных процессов исполнения процедур. Если процесс является сложным и разветвленным, а выполнение операций зависит от меняющихся параметров, необходимо либо регламентировать (прописывать) всевозможные варианты хода течения процесса, либо полагаться на экспертное решение исполнителей процесса. Любая неопределенность может привести к нежелательной ситуации в процессе. Интеграция современных цифровых технологий позволяет решить эту проблему за счет применения предиктивной аналитики. Благодаря инструментам предиктивной аналитики компании могут



анализировать и прогнозировать протекающие во времени процессы, выявлять тенденции, предвидеть изменения и, следовательно, более эффективно планировать будущее.

2.2.3 Ожидаемые характеристики и требования к СМК

Становление 6-го технологического уклада открывает новые возможности для современной промышленности, однако также порождает и вызовы для действующей системы управления предприятиями.

Вполне очевидно, что цифровизация объективно ведет к кадровым, технологическим и инновационным эффектам развития СМК (таблица 2.2)

Таблица 2.2 – Эффекты и результаты развития СМК в условиях цифровизации

Направление	Эффекты и результаты развития СМК
1	2
Технологические инновации (роботехника, искусственный интеллект, системы больших данных)	Изменение операционной модели компаний; Повышение эффективности затрат (для сферы услуг сокращение затрат на 40–60%); Ускорение вывода новых продуктов на рынок; Повышение лояльности клиентов и частоты взаимодействия с ними, ведущее к росту доходности клиентской базы; Создание партнёрства с компаниями в смежных областях, что позволяет также получить доступ к новым клиентским сегментам; Производство высокотехнологичной продукции, востребованной на рынке (промышленность); Повышение финансовых показателей (прибыли, рентабельности компании); Рост конкурентоспособности компании.
Инновации в HR-направлении (виртуальные коллаборации, peer-to-peer, репутационные системы оценки, цифровое интервьюирование)	Усиление человеческих ресурсов; Привлечение талантов; Укрепление HR-бренда; Развитие цифрового лидерства; Снижение транзакционных издержек на поиск и набор кандидатов; Развитие кадрового потенциала компании; Повышение социальной ответственности бизнеса.



Окончание таблицы 2.2

1	2
Инновации в области экономической безопасности (биометрические средства аутентификации пользователей, средства электронной подписи, современные антивирусные программы)	Рост уровня кибербезопасности; Рост надежности компании в глазах потребителей; Снижение затрат компаний.

Однако с развитием процессов цифровизации возможны и риски цифровизации компаний и их СМК, к которым, прежде всего, следует отнести:

1. Организационные риски (нестабильность цифрового развития, дисбаланс взаимоотношений стейкхолдеров внутри СМК и др.);
2. Кадровые риски (риск снижения кадрового мастерства, образовательные риски и др.);
3. Технологические риски (мошенничество, коррупция и др.).

В результате по своим характеристикам СМК в условиях цифровизации в рамках различных предприятий может отличаться уровнем зрелости (таблица 2.3)

Таблица 2.3 – Типы СМК в условиях цифровизации по уровню их развития и зрелости

Уровень зрелости СМК	Характеристика	Особенности реализации и результаты СМК
1	2	3
Описательная	Выявление негативных и позитивных событий в прошлом (ответ на вопрос: «что случилось?»)	Регистрация выявленных несоответствий в продукции и процессах с минимальным анализом причин отклонений; Формальная реализация процессного управления; Отстающая операционная и финансовая деятельность; Неполное соответствие производимой продукции текущим требованиям рынка



Окончание таблицы 2.3

1	2	3
Оценивающая	Анализ прошлых событий (ответ на вопрос: «что и почему случилось?»)	Регистрация и анализ выявленных несоответствий с последующим детальным анализом причин отклонения; Реализация процессного управления; Отсутствие или формальный (на бумаге или эпизодичный) риск-менеджмент в управлении процессами; Умеренные показатели операционной и финансовой деятельности; Соответствие производимой продукции текущим требованиям рынка, несоответствие новым требованиям в будущем
	Предвидение события в будущем (ответ на вопрос: «что, где и почему случится?»)	Внедрение инструментов мониторинга текущего состояния процессов и прогнозирования изменений; Применение статистических методов управления процессами; Реализация риск-менеджмента в управлении процессами; Интегрированная СМК в стратегическое управление предприятием; Средние показатели операционной и финансовой деятельности; Способность соответствовать и превосходить текущие требования рынка, потенциал соответствовать требованиям
Предписывающая	Аналитика и принятие решений на основе моделирования ситуаций в будущем (аналитическая система, функционирующая на основе Big Data Analytic)	Интегрированная СМК в стратегическое и оперативное управление предприятием; Высокие показатели операционной и финансовой деятельности; Способность соответствовать и превосходить текущие требования рынка, быстро; Следовать за трансформациями рынка
Когнитивная	Самообучающееся и полностью автоматизированное предприятие (компьютеризация имитации мышления и действия по отношению к автономному предприятию)	Автоматизированная, предупреждающая, самокорректирующая СМК; Выполнение сотрудниками в области качества аналитических функций; Автоматизированная реализация менеджмента качества в процессах предприятия; Самые высокие показатели операционной и финансовой деятельности; Способность определять рынки, трансформировать бизнес-модели.



В условиях цифровизации СМК должна выполнять следующие функции:

1. В режиме онлайн получать, анализировать, структурировать, обрабатывать информацию из внешней и внутренней среды, вырабатывать и предлагать руководителям разных уровней организации варианты возможных решений возникающих ситуационных проблем. Разрабатывать и предлагать методы и средства реагирования на все происходящие изменения для принятия руководством соответствующих решений.

2. Оптимизировать функциональную и организационную структуру организации по направлениям деятельности, составу структурных подразделений, численности и составу персонала в зависимости от принимаемых руководством организации миссии, стратегии, политики и целей.

3. Выбирать оптимальные технологии разработки и производства продукции, предоставления услуг.

4. Управлять процессами создания продукции и предоставления услуг (основными бизнес-процессами) с помощью оптимальных технологий.

5. Управлять рисками, анализировать и использовать возможности для развития процессов и организации в целом.

6. Обеспечивать результативность и эффективность процессов, проводить мониторинг и постоянные улучшения, необходимые для системы управления.

7. Обеспечивать безопасность производственных процессов.

8. Обеспечивать прослеживаемость разрабатываемой и производимой продукции.

9. Обеспечивать получение, распространение и защиту информации.

10. Управлять несоответствиями и изменениями.

11. Устанавливать связи и формировать условия для результативного и эффективного взаимодействия с заинтересованными сторонами в едином процессе создания конечной продукции.

Все эти будущие технологические изменения уже сейчас диктуют требования реформирования системы менеджмента качества, пронизывающую и объединяющую все процессы предприятия. Цели фокусируют на себя внимание



сотрудников, направляют усилия работников на их достижение. Управление качеством, переведенное в конкретные инициативы и действия, может оказать существенное влияние на научно – исследовательские и опытно – конструкторские работы, производство, обслуживание и другие процессы предприятия. Высшее руководство предприятия должно нести ответственность за развитие системы управления качеством как общей философии, разделяемой всеми сотрудниками, отраженной в ценностях работников. Ответственность за качество должна восприниматься каждым сотрудником предприятия при понимании его причастности к успеху предприятия. Такой подход формирует новую культуру управления качеством на предприятии, основанную на активном участии всех сотрудников в улучшении качества на предприятии, высокой ответственности каждого, доверии к сотрудникам и расширении их полномочий. Новые цифровые технологии могут способствовать развитию культуры качества посредством обеспечения лучшего понимания целей сотрудниками и способов их достижения [22].

Высшее руководство предприятия должно нести ответственность за развитие системы управления качеством как общей философии, разделяемой всеми сотрудниками, отраженной в ценностях работников. Ответственность за качество должна восприниматься каждым сотрудником предприятия при понимании его причастности к успеху предприятия. Такой подход формирует новую культуру управления качеством на предприятии, основанную на активном участии всех сотрудников в улучшении качества на предприятии, высокой ответственности каждого, доверии к сотрудникам и расширении их полномочий. Новые цифровые технологии могут способствовать развитию культуры качества посредством обеспечения лучшего понимания целей сотрудниками и способов их достижения [16].

Процессы предприятия являются центральным элементом системы менеджмента качества. Процессный подход к управлению продемонстрировал свою эффективность и результативность на примере многих успешных предприятий [19]. На практике многие отечественные предприятия



ограничиваются выделением и регламентацией узкого круга процессов, давая им название «процессы СМК», рассматривая только процессы верхнего уровня [20]. Такой подход отражает фрагментарное управление и формирует разрыв между менеджментом качеством и системой управления всего предприятия. Это также может служить препятствием для внедрения новых информационных технологий.

Предприятиям предстоит выделить всю деятельность в процессы, регламентировать механизмы управления процессам, гармонизировать процессы с другими операциями, процессами, системами.

При этом в условиях цифровизации в рамках СМК необходимо использовать следующий ряд принципов:

1. Принцип гибкости: СМК должна легко подвергаться изменениям, если есть потенциал повысить качество услуг, производительность труда, прибыльность, снизить издержки, текучесть кадров.

2. Принцип инновационности: СМК должна способствовать развитию инновационного потенциала компании, стимулировать инициативность сотрудников, привлекать внешние ресурсы для создания инноваций.

3. Принцип технологичности: СМК должна использовать ИКТ (роботизация, CRM-системы и т.д.) для повышения качества обслуживания, снижения издержек, а также заниматься обучением сотрудников и развитием цифровых компетенций персонала.

Влияние цифровизации обуславливает также изменение принципов оценки результативности СМК в сторону непрерывного анализа. Непрерывность анализа предполагает постоянный мониторинг всех элементов СМК с целью повышения ее результативности и эффективности. Важно заметить, что в настоящее время непрерывный анализ СМК – вполне реализуемая процедура, поскольку в условиях цифровизации целевые показатели результативности и эффективности становятся объективными и доступными в интернет-пространстве в виде форумов, рейтингов компаний (например, народного рейтинга, служебного рейтинга и т.д.), что позволяет получать необходимую



информацию о компании в реальном времени.

Особое внимание следует обратить на развитие цифровых компетенций и цифрового лидерства в коллективе. Цифровая компетентность предполагает основанную на непрерывном овладении компетенциями (системой соответствующих знаний, умений, мотивации и ответственности) способность работника уверенно, эффективно, критично и безопасно выбирать и применять инфокоммуникационные технологии. В свою очередь, цифровое лидерство должно основываться на развитии знаний о новом цифровом мире, использовании передовых инструментов, постоянного ускорения и демонстрации навыков работы в цифровой среде.

Также для обеспечения развития СМК необходимы разработка цифрового стратегического плана по внедрению и использованию технологий на краткосрочную и долгосрочную перспективу, обеспечение кибербезопасности организации (информационной, кадровой), осуществление цифрового совершенствования кадрового потенциала, как основы эффективного развития СМК.

Важнейшими характеристиками четвертой промышленной революции являются [23]:

- преобразование homo sapiens в homo sapiens, что означает трансформацию человека разумного в человека, деловая и личная жизнь которого неразрывно связана с мобильным устройством;
- создание новых знаний на основе сбора, классификации, обработки и анализа значительных массивов информации;
- конкуренция искусственного интеллекта с человеческим в определенных сферах деятельности;
- переход к массовой кастомизации и персонализации продукции, услуг и решений.

Таким образом, Индустрия 4.0 изменяет содержание и соотношение категорий потребления, ожиданий, ценности, качества и потребительского



опыта, что требует трансформации традиционных взглядов и подходов к менеджменту качества.

В Индустрии 4.0 качество означает глубокую интеграцию менеджмента качества в производственный процесс. Содержание термина «открытое качество» связано с реализацией новой стратегии в области качества, когда все характеристики качества любого продукта или услуги создаются, производятся, продвигаются и реализуются на основе открытого и прозрачного подхода для различных групп заинтересованных сторон [23]. В [23] представлен анализ изменения целей и стратегии менеджмента качества в процессе перехода к Индустрии 4.0. Предлагается дополнить их подход анализом изменений определений качества и подходов к управлению (таблица 2.4).

Качество 4.0 основано на устранении разрыва между требованиями потребителей и свойствами продукции, который возникает из-за необходимости адаптации массовой продукции к индивидуальным потребностям человека или организации. Массовая кастомизация, сплошной контроль качества продукции, информация о качестве и удовлетворенности в режиме реального времени, интеграция всех функций менеджмента качества через искусственный интеллект, интернет вещей и анализ больших данных являются теми инструментами, которые позволят устранить этот разрыв. Внедрение инновационных методов менеджмента качества должно сопровождаться коренной трансформацией его парадигмы и принципов в организации. С 1990-х гг. формируются новые подходы в менеджменте, такие как управление талантами, менеджмент на основе ценностей, управление устойчивым развитием организации. Однако они пока дезинтегрированы, что затрудняет формирование новой парадигмы менеджмента, соответствующей вызовам четвертой промышленной революции. Эти вызовы создают предпосылки для переосмысления принципов менеджмента качества, попытка которого предпринята авторами (таблица 2.5).



Таблица 2.4 – Трансформация подходов в области качества

Характеристики	Промышленная революция			
	1-я	2-я	3-я	4-я
Производственная стратегия	Фабричное производство	Массовое производство	Бережливое производство	Массовая кастомизация и персонализированное производство
Понятие качества	Качество как синоним совершенства	Качество как совокупность свойств	Качество как соответствие требованиям	Способность предвосхищать и удовлетворять нужды потребителей с учетом интересов других заинтересованных сторон
Цель управления качеством	Сортировка продукции на годную и брак	Минимизация несоответствий	Удовлетворение требований при минимизации издержек	Предвосхищение ожиданий потребителей и других заинтересованных сторон
Подход к управлению	Контроль качества	Обеспечение качества	Менеджмент качества	Менеджмент качества на основе Ответственности
Стратегия в области качества	Инспекция	Аудит, стандартизация	Инновации; эффективность	Партнерство; разделяемые ценности; подотчетность



Таблица 2.5 – Трансформация принципом менеджмента качества

Вызовы	Принцип менеджмента качества	
	Наименование	Характеристики
1	2	3
Необходимость кардинальной смены управленческой парадигмы	Разделяемое лидерство	Переход от индивидуального к командному лидерству, когда ответственность за качество распределяется между всеми членами команды на основе добровольного вовлечения
Риски потери ценности человеческой уникальности	Привлечение и удержание талантов	Использование и развитие в целях создания ценности для всех заинтересованных сторон имеющихся у сотрудников талантов, которые и являются главным объектом в управлении персоналом (служит основой для выявления и развития лидеров и реализации принципа разделяемого лидерства)
Разрушение традиционных иерархических структур и цепочек создания ценности. Стирание границ между традиционными отраслями	Вовлечение потребителей в создание ценности	Привлечение потребителя для активного участия в создании ценности как полноправного члена производственной системы
	Переход к проектному и сетевому подходам к управлению	Переход от цепочки создания ценности к сети создания ценности
	Расширение возможностей организации на основе партнерства с заинтересованными сторонами	Наращивание потенциала организации на основе привлечения к созданию ценности открытой сети партнеров и заинтересованных сторон



Окончание таблицы 2.5

1	2	3
Необходимость мгновенного реагирования на изменения внешней среды, на запросы потребителей. Риски информационной безопасности	Менеджмент данных и инноваций, пронизывающих всю организацию	Принятие управленческих решений в режиме реального времени, гибкость и адаптивность всех структур организации, управляемых данными
Появление новых ценностей, формирование дезинтегрированного общества, состоящего из личностей, сконцентрированных на себе	Менеджмент на основе ценностей	Использование ключевых для организации общечеловеческих ценностей
Глобализация и углубление социальных и экологических проблем. Ослабление национальных государств и государственного регулирования	Ответственность за устойчивое будущее	Ориентация на устойчивое развитие: экономическая, экологическая и социальная ответственность за последствия деятельности

Пересмотр ключевых принципов менеджмента качества на основе интеграции основных технологических и гуманитарных тенденций находится лишь на начальном этапе. Однако нельзя не согласиться с мнением К. Шваба о том, что «мы стоим у истоков революции, которая фундаментально изменит нашу жизнь, наш труд, наше общение».

Таким образом, цифровизация проникает во многие сферы жизни и деятельности человека, в том числе и в СМК. Цифровые технологии могут быть интегрированы в СМК, что позволит достичь нового уровня управления качеством в различных сферах хозяйствования, перенаправить силы человеческих ресурсов на более значимые задачи и убрать отрицательные эффекты, которые свойственны людям (человеческий фактор). Тем не менее роль цифровой трансформации не уменьшит значимость человеческой деятельности, а лишь избавит от излишних операций и будет способствовать рационализации бизнес-процессов, а информатизация производственных процессов приведет к проектированию новых систем управления, которые внесут вклад в улучшение качества.



3 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДХОДОВ, ТЕХНИК, МЕТОДИК ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОВ, РЕСУРСОВ, СТРУКТУРЫ, ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ В РАМКАХ СМК

3.1 СМК - как совокупность процессов, ресурсов, структуры, методик

Менеджмент качества, как система качественного управления предприятием, находится в постоянном развитии. Под влиянием цифровых технологий внедрение стандартов серии СТБ ISO 9001, ведение бумажного документооборота системы менеджмента качества становится недостаточным для обеспечения постоянного улучшения системы. Происходит переход от применения традиционной концепции менеджмента качества к концепции «Качество 4.0».

В рамках организации менеджмента качества современного предприятия ставятся задачи по внедрению таких инструментов, как электронный документооборот, программное моделирование бизнес-процессов, применение аналитики, программного обеспечения, информационных технологий, искусственного интеллекта, обработка и анализ больших данных, внедрение ключевых показателей эффективности. Для обеспечения функционирования и постоянного улучшения СМК предприятия важно провести работу по оптимизации, автоматизации бизнес-процессов и организовать систему сбора данных для их мониторинга. Тем самым анализ современных методов автоматизации мониторинга бизнес-процессов становится актуальной темой для исследования и последующего применения и внедрения на предприятиях.

Рассмотрим концепцию «Качество 4.0», ее отличие от традиционной концепции и основные элементы и принципы. Термин «Качество 4.0» (англ. Quality 4.0) впервые был использован аналитической компанией LNS Research в 2017 г. и подразумевал под собой совокупность новейших практик и инструментов менеджмента качества, применимых в рамках четвертой промышленной революции [25].

В связи с наступлением четвертой промышленной революции соответственно меняются и подходы к управлению качеством. А это значит, что



наблюдается переход от традиционной концепции качества к концепции «Качество 4.0».

Традиционная концепция качества представляет собой комплекс методов, направленных на улучшение качества и ориентированных на удовлетворение потребителей. Данная концепция основывается на трудах таких исследователей, как У. Шухарт, У. Э. Деминг, Д. Джуран, Ф. Кросби, А. Фейгенбаум. Традиционная концепция качества применима при отсутствии возможности внедрения цифровых технологий. В таблице 3.1 представлен сравнительный анализ традиционной концепции качества и концепции «Качество 4.0».

Таблица 3.1 – Сравнительный анализ концепций «Традиционное качество» и «Качество 4.0»

Характеристика 1	Традиционное качество 2	Качество 4.0 3
Представление о качестве	Оперативная функция	Стратегическая бизнес-инициатива
Входы	Маркетинговые исследования	Ключевые показатели эффективности КРІ
Выходы	Стандарты, регламенты, инструкции	Аналитические данные
Принятие решений	Применение статистических методов получения свидетельств	Применение аналитики, ПО, ИТ, искусственного интеллекта для анализа данных в реальном времени
Исполнители	Отдел или служба менеджмента качества	Отдел или служба менеджмента качества и ИТ отдел
Документооборот	Преимущественно бумажный	Электронный
Вовлечение персонала	Согласно внутренним документам и матрице распределения ответственности за процессы предприятия	Автоматизировано в масштабах всего предприятия
Время передачи данных	В установленные сроки	В режиме реального времени
Управление качеством	Закрытость	Прозрачность
Управление бизнес-процессами	Описание и документирование	Автоматизация и программирование



Окончание таблицы 3.1

1	2	2
Риск-менеджмент	Проводится согласно регламенту предприятия в рамках процесса	Проводится ежедневно в рамках жизненного цикла продукции
Тренды	Классические подходы к качеству: - 14 принципов Деминга; - контрольные карты; - «Ноль дефектов»; - всеобщее управление качеством	Технологии цифровизации: - Интернет вещей - облачная обработка; - большие данные; - глобальные вычисления; - аддитивные технологии; - блокчейн
Принципы	- Ориентация на потребителя; - лидерство; - процессный подход; - постоянные улучшения; - принятие решений, основанные на свидетельствах; - менеджмент взаимоотношений	- Данные; - аналитика; - взаимодействие; - сотрудничество; - приложения; - масштаб; - соответствие; - культура; - лидерство; - компетенции

Основными отличительными чертами концепции «Качество 4.0» являются:

- стратегическое планирование;
- применение цифровых технологий;
- выделение ключевых показателей и критериев при оценке бизнес-процессов;
- ежедневное использование;
- автоматизация бизнес-процессов;
- прозрачность системы менеджмента.

Концепция «Качество 4.0» влияет не только на то, что происходит на производстве, но и охватывает весь жизненный цикл продукции – от маркетинга и научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) до закупок, производства, логистики и продаж, послепродажного обслуживания, администрирования и управления [26].

В рамках концепции «Качество 4.0» управление качеством происходит через внедрение цифровых технологий: машинное обучение и искусственный



интеллект, мобильные технологии, дополненная и виртуальная реальность, облачные технологии, «Интернет вещей», умное производство, большие данные, блокчейн. Распространение концепции происходит на уровне процессов, работников и технологий предприятия. Принципы концепции более детализированы, по сравнению с принципами ISO:9001, и разработаны исходя из современных тенденций четвертой промышленной революции.

Рассмотрим подробнее принципы концепции «Качество 4.0», к которым относятся: данные, аналитика, взаимодействие, сотрудничество, разработка приложений, масштаб, система менеджмента, соответствие требованиям, культура, лидерство, компетенции [27].

Принцип «данные» подразумевает применение автоматизации документооборота и перевода таких функций, как сбор, анализ и передача данных в цифровой формат.

Принцип «аналитика» предполагает получение данных для принятия решений, состоящее из четырех этапов: описание события, диагностика, предупреждение и предписание. На этапе описания происходит сбор характеристик события, которое привело к ухудшению качества, далее собранные характеристики анализируются, делаются выводы о причинах возникновения события. Важной задачей становится предупреждение повторных событий и оформление предписаний (порядка действий), которые не дадут данному событию повториться.

Принцип «взаимодействие» определяет взаимосвязь между информационными и операционными технологиями, которые связывают бизнес-процессы предприятия и работников в единую информационную систему для отслеживания событий, ошибок, рисков и оперативного их предотвращения.



Принцип «сотрудничество» основан на понимании того, что взаимовыгодные отношения должны строиться не только с заказчиком, но и с поставщиками, и конкурентами. Сотрудничество может происходить в рамках единых информационных систем, блокчейнплатформ, применения облачных технологий.

Принцип «разработка приложений» позволяет осуществить переход к доступности и прозрачности деятельности предприятия, предоставления и визуализации необходимой информации на мобильных устройствах через мобильные приложения.

Принцип «масштаб» означает способность поддерживать работу с большими данными, пользователями, устройствами и аналитикой на глобальном уровне через облачные технологии [27].

Принцип «система менеджмента» представляет собой выстроенную систему с выделенными и стандартизированными бизнеспроцессами, ответственными сотрудниками, оформленной политикой в области качества, целями в области качества. То есть это система управления, построенная по СТБ ISO 9001 с применением технологий цифровизации.

Особого внимания требует принцип «соответствие требованиям». При внедрении и поддержке СМК предприятия проходят сертификацию на соответствие требованиям международного стандарта СТБ ISO 9001. В рамках работы с цифровыми технологиями следует обратить внимание на требования по защите информации.

Принцип «культура» обращает внимание на то, что предприятие должно объединять своих работников через свою внутреннюю культурную среду. Культура предприятия должна обеспечивать понимание того, что применение технологий «Качество 4.0» связано со стратегическим успехом предприятия.

Принцип «лидерство» обеспечивается поддержкой высшего руководства внедрения цифровых технологий на предприятии, обучения новым тенденциям сотрудников.

Принцип «компетенции» отвечает за эффективность выполнения работы



сотрудниками предприятия. Принцип нацелен на решение двух задач: повышение квалификации работников и обмен опытом между работниками.

Этапами реализации принципов концепции «Качество 4.0» являются:

1. Переход на электронный документооборот.
2. Выбор системы автоматизации управления.
3. Автоматизация бизнес-процессов.
4. Создание культурной среды предприятия.
5. Применение технологий 4.0 при работе с заинтересованными сторонами.
6. Проведение сбора, обработки и анализа больших данных в рамках контроля СМК.
7. Применение риск-ориентированного мышления.
8. Разработка решений по постоянному улучшению системы.

Идея цифровой трансформации СМК состоит в том, чтобы объединить все объекты системы в одну интерактивную сеть с целью оперативной передачи информации, автоматизации мониторинга бизнес-процессов, получения актуальных данных и обеспечения возможности их обработки в режиме реального времени. Под объектами СМК подразумеваются сотрудники предприятия, выделенные бизнес-процессы, документированная информация.

Возникает вопрос: каким образом осуществлять цифровую трансформацию СМК, какие программно-аппаратные средства следует применять для решения задач по внедрению концепции «Качество 4.0» на предприятии. Современные подходы цифровизации СМК и их возможное применение на предприятиях рассмотрены в таблице 2.



Таблица 3.2 – Современные подходы к цифровой трансформации СМК предприятий

Наименование задачи	Технология Индустрии 4.0 и характеристика	Аппаратно-программные средства	Бизнес-процесс
Введение электронного документооборота и обмена данными внутри предприятия	ERP-системы – объединение всей совокупности информации бизнес-процессов в электронную базу данных с обеспечением доступа к ней сотрудников	1С, SAP, Microsoft Dynamics, Oracle	Управление качеством, управление персоналом, управление финансами, маркетинг
Организация работы с большими данными (Big data)	MES системы – системы работы с Big data производственных процессов	ИоТ Kazprom Automatika Zenith SPPS	Производство, разработка документации, технический контроль, испытания
Моделирование бизнес-процессов	Нотации – совокупность символов и сокращенных выражений, используемая для визуального моделирования бизнес-процессов [28]	ARIS MSVisio Bizagi ELMA Business Studio	Управление качеством
Автоматизация мониторинга бизнес-процессов	Языки программирования	Java C++ Phyton	Мониторинг бизнес-процессов
Сетевое взаимодействие с заинтересованными сторонами	Блокчейн (англ. Blockchain) – электронная система баз данных, распределенная между несколькими устройствами с целью фиксации выполнения процесса и выполнения договорных обязательств между сторонами [29]	Системы распределенного реестра: DLT, AIZ	Закупки, приемочные испытания, сбыт, сервисное обслуживание, управление взаимодействиями с заказчиком, поставщиком, соисполнителем, управление складом
Применение аддитивных технологий	3D-печать – новые технологии производства продукции, которые позволяют послойно выполнить разработку по чертежу [30]	3D-принтеры	Производство; испытания



Результатами внедрения технологий «Индустрии 4.0» и цифровой трансформации СМК предприятия могут стать следующие эффекты:

- прозрачность выполнения бизнес-процессов;
- получение данных о результатах процессов в режиме реального времени;
- создание единой информационной системы предприятия;
- упрощение проведения финансовых операций;
- открытость при взаимодействии с заинтересованными сторонами;
- сокращение времени на производство;
- сокращение ресурсов (материалов, финансов, человеко-часов) для проведения испытаний образцов новой продукции;
- упрощение передачи информации между подразделениями;
- сокращение бумажной документированной информации.

3.2 Совершенствование подходов, техник, методик представления процессов

В настоящее время процессный подход является основополагающей базой современных подходов к управлению. Он предполагает определение набора бизнес-процессов, выполняемых в организации, и их улучшение.

Процесс – это совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих видов деятельности, которые используют «входы» для получения желаемого результата». Также следовало бы отметить, что процессный подход – это один из восьми принципов менеджмента качества, которые являются основой международных стандартов.

Согласно стандарту версии СТБ ISO 9001 представление взаимосвязанных процессов и управление ими как системой может способствовать достижению организацией запланированных заранее результатов. Благодаря тому, что данный подход может позволить организации управлять взаимодействиями и взаимосвязями процессов в системе, могут быть улучшены структура и деятельность организации в целом. Для того, чтобы достичь запланированных заранее результатов в соответствии с политикой в области качества процессный подход предполагает систематическое определение и управление процессами и



их взаимодействиями.

По версии стандарта СТБ ISO 9001 использование процессного подхода в системе менеджмента качества может способствовать и обеспечивать: во-первых, постоянное выполнение необходимых требований; во-вторых, представление процессов в терминах добавленной ценности; в-третьих, результативное выполнение процесса; в-четвертых, улучшение процессов, основанное на оценке данных и информации.

Но стоит отметить, что мир развивается с дикой скоростью, день за днём появляются новые современные технологии, которые диктуют новые требования СМК.

Функционирование и системное развитие предприятия или организации должно строиться на соответствующих текущему времени передовых достижениях научной, технической и управленческой мысли. На данном этапе мало просто производить какую-либо продукцию или оказывать услугу, необходимо регулярно внедрять инновации, разрабатывать новые товары или виды услуг. Это требует привлечения инвестиций и осуществления ряда процессов, не связанных с обычной деятельностью компании, т.е. необходим особый замысел, эффективно реализовать который поможет проектное управление.

Потребители поменяли свое поведение, они хотят индивидуального подхода и индивидуализированных товаров. В свою очередь, этот тренд происходит от появления современных поколений людей, так называемых, native digital, которые выросли в эпоху интернета и привыкли к тому, что им доступно большое количество предложений и вариантов. Таким образом, предприятиям, привыкшим работать в условиях массового производства однотипной продукции, приходится перестраиваться. И то, что сегодня называется «процессом» уже завтра будет называться «проектом». Характеристики процесса и проекта представим в таблице 3.1.



Таблица 3.1 –Характеристики процесса и проекта

Характеристики процесса	Характеристики проекта
1. Стабильные 2. Гибкие 3. Управляемые 4. Измеряемые 5. Непрерывные 6. Последовательные	1. Уникальность 2. Временность 3. Ограничение по времени и затратам 4. Чёткая цель и задача 5. Целостность

Отметим самые важные различия проекта и процесса:

1. Результат процесса всегда предсказуем, из раза в раз мы получаем один и тот же продукт с одними и теми же свойствами. Результат проекта всегда уникальный, не производившийся ранее продукт. Порой продукт или характеристики продукта в проекте получаются совсем непредсказуемыми, в то время как характеристики продукта и самый продукт в процессе известны заранее.

2. Процесс имеет длительность, но, как правило, начинается заново сразу после того, как завершился. Проект не возобновляется после того, как завершился, но при этом имеет ограничение по длительности. И если длительность процесса определена длительностью его операций, т.е. механизмом реализации, то проект ограничен во времени целенаправленно его руководителем – не позднее такого-то числа и точка.

3. Всегда известно что и сколько надо потратить, чтобы процесс произвел продукт. Более того, из раза в раз затраты будут постоянными. В проекте ресурсы, как и время, ограничены руководителем или заинтересованными лицами. При этом это совершенно не значит, что по факту бюджет проекта не будет превышен.

4. Проект всегда имеет высокую степень неопределенности просто потому, что производится впервые и один раз. Ход и результаты процесса известны заранее.

Хочется отметить, что управление проектами – это процесс, потому что мы можем производить проект за проектом по одному и тому же циклу. В итоге



будем получать один и тот же продукт – проект. Разработка процессов – это проект, потому что полученный продукт будет уникален.

Проект сосредоточен на получении результата как такового. Важно получить в итоге продукт. При этом невозможно четко сказать, какие характеристики будет иметь полученный продукт и сколько уйдёт средств на проект. Проект отвечает на вопрос “ЧТО?”. Когда же мы говорим о процессе, продукт нам уже известен. Важнее оказывается метод его получения. Снижение затрат на производство при заданных характеристиках продукта возможно только при рассмотрении хода процесса. Процесс концентрируется на вопросе “КАК?”.

Исходя из всего вышесказанного, составим сравнительную характеристику процессов и продукции, приведённую в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Различия процессов и проектов

Элемент	Процесс	Проект
Работы, взаимодействие, ресурсы, роли	Привычные, стабильные	Новые, разовые, разнородные
Окружение	Привычное, стабильное	Новое, меняющееся
Сроки	Неограниченные	Ограниченные
Приоритеты	Воспроизводство (использование имеющихся ресурсов)	Достижение цели: - финансовый результат (для текущего проекта) - создание новых или существенное развитие имеющихся ресурсов (для развития проектов)
Основные элементы жизненного цикла	Реализация	Планирование, реализация, контроль, завершение
Изменения	Превращение ресурсов в продукт	Превращение ресурсов в продукт; создание новых бизнес-направлений; развитие существующих бизнес-функций и функций управления

Для наглядного представления бизнес-процессов СМК, ее составляющих и взаимосвязи с помощью простых графических средств (блок-схема, диаграмма последовательности, сетевой график, карта процесса, диаграмма потока и т.д.)



применяются графические модели. Примерами таких моделей являются цикл PDCA, спираль Джурана и др.

Также в настоящее время для графического описания процессов используется несколько методологий. Наибольшее распространение получили методологии моделирования бизнес-процессов (Business Process Modeling), методологии описания потоков работ (Work Flow Modeling), методологии описания потоков данных (Data Flow Modeling). Широко используемой методологией описания бизнес процессов является методология функционального моделирования IDEF0.

Для совершенствования процессов (проектов) обязательно требуется установить истинную причину и наиболее существенное препятствие для дальнейшего повышения качества. Для этих целей используются так называемые «новые инструменты качества»: древовидная диаграмма, диаграмма связей, диаграмма сродства, матричная диаграмма.

Однако, как показали результаты проведенного исследования, основным драйвером роста результативности СМК, который позволяет добиться повышения качества продукции и услуг, является технологичность СМК. Поэтому для получения положительного эффекта необходимо автоматизировать процессы СМК, внедряя электронные системы [23].

На сегодняшний день управление проектами является признанной во всем мире профессиональной дисциплиной, где методология и средства управления проектами широко используются во всех сферах целенаправленной и проектно-ориентированной деятельности. В настоящее время по результатам опроса работников США, Европы и Азии отмечены три главные тенденции развития проектного управления в мире:

- развитие активного вовлечения в проекты спонсоров-топ менеджеров;
- контроль границ содержания проектов;
- рост ценности результатов проектов.

Поддержка спонсоров-топ менеджеров помогает повышать успешность проектов и снижать риски компании. Основная задача спонсора – оказание



проекту поддержки в случае возникновения проблем, с которыми руководитель проекта не может справиться. В этом случае руководитель проекта эскалирует проблему спонсору с просьбой оказать поддержку в решении проблемы. Важным моментом является то, чтобы спонсор был именно топ менеджером, в ином случае проект оказывается без поддержки, а значит в проекте возникает риск-слабый спонсор.

Следующая тенденция – это контроль границ содержания проектов. Из-за неконтролируемого изменения содержания проектов и содержания продуктов, а также без проведения оценок влияния этих изменений на сроки, стоимость и ресурсы проекта происходит эффект «сползания границ» содержания проектов, что является основной причиной проблем и провалов многих проектов. Это происходит из-за возрастающей сложности содержания комплексных технологических проектов. Также причинами являются изменение стратегических целей и приоритетов компании и, вследствие этого-целей проектов.

Контроль границ содержания проектов помогает решить данную проблему с помощью следующих действий:

- отказ от детального планирования содержания проекта на его ранних стадиях, с последующим постоянным обследованием и уточнением содержания проекта;
- непрерывное уточнение быстро меняющихся требований к содержанию проекта;
- частые, короткие и быстрые коммуникации между членами команды и другими заинтересованными лицами.

Таким образом, мировой опыт управления проектами диктует нам тенденции максимального вовлечения участников проекта в деятельность, рост задействованных профессионалов в управлении проектах, а также развитие гибкого и стратегического мышления как руководителей, так и других участников команды проектной деятельности.

Максимизация итогового результата проекта обеспечивается детализацией



требований и ожиданий заказчика проекта и конечных пользователей продуктов; сокращением времени анализа данных обратной связи; мониторингом прогресса в достижении результатов проекта.

Концепция управления проектом – это, по сути, набор руководящих принципов и процессов для управления проектом. Выбор той или иной концепции определяет структуру и взаимосвязи в проекте.

Условно концепции проектного управления можно разделить на классический и гибкий (Agile) подходы управления проектами.

Традиционное управление проектами сталкивается с проблемами бюджета и сроков. В то время как традиционная система фокусируется на предварительном планировании, где важны такие факторы, как стоимость, объем и время, гибкое управление отдает приоритет командной работе, работе с клиентами и гибкости.

Agile отвергает эти традиционные методологии управления проектами как обременительные, ограничивающие и непригодные для новой эры скорости. Гибкое управление проектами является итеративным и направлено на постоянное включение отзывов пользователей и постоянных выпусков в каждую итерацию проекта разработки программного обеспечения, как показано на рисунке выше. Каждая задача — это продукт, который вы продаете заинтересованным сторонам. Командные и рабочие структуры предназначены для создания вещей, которые непосредственно полезны для клиента или клиента.

3.3 Совершенствование подходов, техник, методик представления структуры

Под организационной структурой управления понимается состав, взаимодействие, соподчиненность, а также распределение работы по подразделениям и управленческим органам, между которыми формируются определенные отношения, связанные с реализацией властных полномочий, потоков распоряжений и информации.

Для полноценного функционирования СМК необходимо ее соответствующее организационное обеспечение, т.е. наполнение ее



необходимыми организационными ресурсами: сотрудниками, имеющими необходимую компетенцию, обязанности и ответственность; системой взаимодействия сотрудников; материально-техническими ресурсами: материалы, оборудование, приборы; финансовыми ресурсами.

Основным, системообразующим ресурсом выступает организационная структура СМК, которая включает в себя:

- наличие ответственного от высшего руководства по системе качества (руководителя предприятия, директора (менеджера) по качеству, отдела по контролю качества);

- наличие постоянного структурного подразделения, ответственного за выполнение функций по управлению качеством и постоянное совершенствование системы менеджмента качества (ОКК (организационная команда качества) – это «штаб», который аккумулирует отчеты о результатах внутренних аудитов, формулирует проблемные вопросы.

В настоящее время в организациях действует функциональная структура управления, которая предполагает, что каждый орган управления специализирован на выполнении отдельных функций на всех уровнях управления.

Наиболее часто при формировании организационной структуры предприятия задания группируются по признакам:

- вид деятельности (снабжение, НИОКР, производство, реализация, персонал, финансы, инфраструктура, администрация);

- функция управления (планирование, организация, учет, анализ, контроль, регулирование);

- вид продукции (продукт А, продукт Б; проект А, проект Б; тропическое исполнение, северное исполнение);

- стадии производственного процесса (исследования, разработки, опытные образцы, производство, модернизация, сервисное обслуживание, утилизация);

- иерархический уровень (предприятие, производство, цех, участок,



рабочее место);

- территориальное расположение (регион А, регион Б).

Выполнение указаний каждого функционального органа в пределах его компетенции обязательно для производственных подразделений. Решения по общим вопросам принимаются коллегиально. Функциональная специализация аппарата управления значительно повышает его эффективность, так как вместо универсальных менеджеров, которые должны разбираться во всех функциях, появляется штаб высококвалифицированных специалистов.

Структура нацелена на выполнение постоянно повторяющихся рутинных задач, не требующих оперативного принятия решений. Используются в управлении организациями с массовым или крупносерийным типом производства, а также при хозяйственном механизме затратного типа, когда производство наименее восприимчиво к научно-техническому прогрессу.

К недостаткам функциональной структуры можно отнести:

- трудности поддержания постоянных взаимосвязей между различными функциональными службами;
- длительная процедура принятия решений;
- отсутствие взаимопонимания и единства действий между функциональными службами; снижение ответственности исполнителей за работу в результате того, что каждый исполнитель получает указания от нескольких руководителей;
- чрезмерная заинтересованность в реализации целей и задач своих подразделений;
- снижение персональной ответственности за конечный результат;
- сложность контроля за ходом процесса в целом и по отдельным проектам;
- относительно застывшая организационная форма, с трудом реагирующая на изменения.

Однако, выше мы пришли к выводу, что концепция «Индустрия 4.0» меняет процессы на проекты, то, соответственно, и структура должна быть уже



заточена не на процессы, а на проекты.

Проектная структура управления – временная структура, создаваемая для решения конкретной комплексной задачи.

Смысл такой структуры управления состоит в том, чтобы собрать в одну команду самых квалифицированных сотрудников разных профессий для осуществления сложного проекта в установленные сроки с заданным уровнем качества и в рамках выделенных для этой цели материальных, финансовых и трудовых ресурсов.

После завершения работ по проекту структура распадается, а персонал переходит в новую проектную структуру или возвращается на свою постоянную должность (при контрактной работе – увольняется).

В качестве важнейших преимуществ такого вида структур управления можно назвать:

- сокращение численности управленческого персонала по сравнению с иерархическими структурами;
- интеграцию различных видов деятельности компании в целях получения высококачественных результатов по определенному проекту;
- комплексный подход к реализации проекта, решению проблемы;
- концентрацию всех усилий на решении одной задачи, на выполнении одного конкретного проекта;
- большую гибкость проектных структур;
- активизацию деятельности руководителей проектов и исполнителей в результате формирования проектных групп;
- усиление личной ответственности конкретного руководителя как за проект в целом, так и за его элементы.

Для наглядности, какие будут отличия функциональной структуры от проектной в соответствии с концепцией «Индустрия 4.0» составим таблицу 3.3.



Таблица 3.3 – Сравнительная характеристика функциональной и проектной структур

Организационная структура → Характеристика ↓	Функциональная	Проектная
Полномочия руководителя	Незначительные или отсутствуют	От высоких до практически абсолютных
Доступность ресурсов	От высоких до практически абсолютных	Незначительные или отсутствуют
Лицо, управляющее бюджетом проекта	Функциональный руководитель	Руководитель проекта
Роль руководителя проекта	Частичная занятость	Полная занятость
Административный персонал управления	Частичная занятость	Полная занятость

На сегодняшний день существует ряд тенденций в развитии организационных структур управления. Первая тенденция может быть охарактеризована как стремление к созданию «горизонтальной» структуры, которая предусматривает, что координация деятельности подразделений существенно влияет на эффективность предприятия. Основными чертами такой структуры являются: тенденция к наиболее полному удовлетворению интересов заказчика; минимальное число уровней иерархии с выделением самостоятельных комплексных групп, способных решать любые задачи заказчика; наличие мощной информационной системы, позволяющей автоматизировать текущие задачи управления; изменение критериев оценки работы менеджеров; инициаторы более ценные чем исполнители.

Вторая тенденция – это стремление к подвижной, гибкой структуре. Ее характеристики следующие: новейшие информационные и коммуникационные технологии; максимальная адаптация к изменениям внешней среды, и быстрая реакция на эти изменения; максимальная гибкость структуры; способность к самореорганизации; гибкие формы конкуренции, где преобладает кооперация и сотрудничество.

Стоит отметить, что новые информационные технологии существенно меняют понятия организационной структуры, как четкой системы разделения



труда, ответственности и полномочий, формальных процедур власти и контроля. Эти изменения с одной стороны увеличивают свободу, а с другой стороны усиливают функции «мягкого», но всестороннего контроля. Управление превращается в тотальный, но более тонкий механизм.

Таким образом, организационная структура является важным механизмом управления. Она позволяет реализовывать все функции и процессы, необходимые для достижения целей проекта.

Организационная структура является основой формирования и организации деятельности команды проекта.

В современных условиях любую перестройку структуры управления необходимо оценивать, прежде всего, с точки зрения достижения поставленных перед ней задач. В таблице 3.4 представлены современные тенденции в области совершенствования организационных структур.

Таблица 3.4 – Тенденции совершенствования организационных структур

Тенденции	Характеристика
1. Переход от формальных к неформальным органическим системам управления	1. Софтизация экономики 2. Автоматизация производства 3. Нацеленность работника на реализацию своих способностей
2. Развитие экономической самостоятельности и ответственности организации	1. Создание центров прибыли (бизнес-центров) 2. Максимальная степень удовлетворения потребностей рынка
3. Сильная кадровая политика	1. Гарантированная занятость 2. Уважение личности 3. Обеспечение единого статуса всех работников
4. Ориентация на человека	1. Раскрепощение творческой энергии человека 2. Предоставление возможности проявить инициативу, предприимчивость, самостоятельность
5. Формирование высокоэффективных внутрифирменных связей	1. Развитие информационных технологий 2. Совершенствование горизонтальных связей внутри организации



Основные инструменты формирования организационных структур предприятий: анализ и дифференциация (разделение) управленческих и инновационных процессов на отдельные составляющие, функции, задания; синтез и группирование заданий в однородные группы, достаточно устойчивые на протяжении длительного периода деятельности предприятия; создание специализированных подразделений и служб путем закрепления за ними однородных групп заданий, объектов, функций управления, состава работников и оборудования; разработка должностных инструкций и положений об отделах, службах, подразделениях для документального фиксирования принятой организационной структуры.

Организационная структура предприятия с точки зрения СМК должна быть жизнеспособной, гибкой и динамичной.

Для ее улучшения необходимо проведение следующих работ: сбор данных о характеристиках и взаимосвязях элементов структуры в системе управления деятельностью предприятия; анализ эффективности функционирования различных типов структур, влияния структуры каждого типа на качество продукции и услуг; определение направлений повышения эффективности структуры управления; анализ и оценка эффективности выбранной структуры управления.

Такой подход соответствует трем этапам менеджмента: стратегический анализ – стратегический выбор – реализация. Комплексный набор критериев эффективности системы управления формируется с учетом двух направлений оценки ее функционирования: степени соответствия достигаемых результатов установленным целям организации (начиная с уровня выполнения плановых заданий); степени соответствия процесса функционирования системы требованиям к его содержанию, организации и результатам.

Опыт реорганизации структур подтверждает, что такие факторы, как информированность персонала и человеческое поведение существенно влияют на порядок взаимодействия элементов структуры и определяют эффективность ее функционирования. Это влияние имеет большее значение, чем формальное



распределение функций между подразделениями.

Анализ с целью совершенствования структуры управления позволяет проверить ее обоснованность, так как любые связи, которые не вписываются в схему, могут рассматриваться как ошибочные. При сравнении различных вариантов организационной структуры критерием эффективности служит возможность полного и устойчивого достижения конечных целей СМК при наименьших затратах.

Показатели, используемые при анализе и оценке эффективности организационной структуры, можно разбить на три взаимосвязанные группы:

1. Показатели, характеризующие эффективность системы управления, которые выражаются через конечные результаты деятельности организации и затраты на управление. Затраты на управление учитывают текущие расходы на содержание аппарата управления, эксплуатацию технических средств, содержание зданий и помещений, подготовку и переподготовку кадров управления, а также единовременные расходы на исследовательские и проектные работы в области создания и совершенствования систем управления.

2. Показатели, характеризующие содержание и организацию процесса управления, в том числе непосредственные результаты и затраты управленческого труда.

3. Показатели, характеризующие рациональность организационной структуры и ее технико-организационный уровень. К ним относятся: число уровней и звеньев системы управления, уровень централизации функций управления, принятые нормы управляемости, сбалансированность распределения прав и ответственности, уровень специализации и функциональной замкнутости подсистем. Критерием эффективности при сравнении различных вариантов организационной структуры служит возможность полного и устойчивого достижения конечных целей системы управления при меньших затратах на ее функционирование. Критерием эффективности мероприятий по совершенствованию организационной структуры служит возможность более полного и стабильного достижения



установленных целей или сокращения затрат на управление, эффект от реализации, которых должен за нормативный срок превысить произведенные затраты.

Выбор базы для сравнения или определение уровня эффективности, который принимается за нормативный, имеет принципиальное значение для оценки эффективности системы управления.

Существуют несколько отличающихся друг от друга подходов. Один из них сводится к сравнению с показателями, характеризующими эффективность организационной структуры эталонного варианта системы управления. Эталонный вариант может быть разработан и спроектирован с использованием систем управления, методов и средств проектирования, на основе передового опыта и применения прогрессивных организационных решений.

Характеристики эталонного варианта принимаются в качестве нормативных, причем сравнительная эффективность анализируемой или проектируемой системы определяется на основе сопоставления нормативных и фактических (проектных) параметров системы. Используются преимущественно количественные методы сравнения. Может приводиться также сравнение с показателями эффективности и характеристиками системы управления, выбранной в качестве эталона.

Для анализа и оценки эффективности управления предприятием важно определение соответствия системы управления и ее организационной структуры объекту управления. Это находит выражение в сбалансированности состава функций и целей управления, целостности процессов управления, соответствии численности и состава работников объему и сложности работ, полноте обеспечения процессов требуемой информацией, обеспеченности процессов управления техническими средствами.

Важными требованиями, которые должны быть реализованы при формировании системы показателей для оценки эффективности организационной структуры, являются обеспечение структурно-иерархического соответствия показателей «дереву целей» предприятия, способность адекватного



отражения динамичности управляемых процессов, сбалансированность и непротиворечивость показателей.

3.4 Совершенствование подходов, техник, методик представления ресурсов (информационных)

Ресурсы – это все то, что затрачивается на производство товаров и услуг и поддерживает его функционирование. Девиз «делай все хорошо с самого начала» в полной мере относится к обеспечению организации качественными ресурсами. В контексте управления качеством ресурсы должны быть таковыми, чтобы обеспечить:

- а) внедрение и поддержание в рабочем состоянии системы менеджмента качества, а также постоянного повышения ее результативности;
- б) повышение удовлетворенности потребителей путем выполнения их требований.

Ресурсы, согласно СТБ ISO 9001 включают: персонал, инфраструктуру, среду для функционирования процессов, ресурсы для мониторинга и измерений и знания организации.

1. Человеческие ресурсы – это физические и умственные усилия, которые затрачивает человек в процессе работы. Носитель усилий – человек, обладает рядом специфических особенностей, усложняющих управление этим видом ресурсов:

- а) люди отличаются друг от друга по своим физическим характеристикам, личностным особенностям, образованию, способностям, потребностям и т.д.;
- б) у организации нет потребности в людях в целом, а лишь в специальной рабочей силе, которая способна выполнять конкретные функции;
- в) работнику всегда необходимо определенное место, и его сложно приводить в движение без определенной мотивации;
- г) у человеческого ресурса есть своя собственная воля, он динамичен и, иногда, непредсказуем; люди действуют сознательно: они могут быть неспособны или отказаться выполнять определенную работу, они могут не одобрять изменения или покинуть организацию;



д) люди могут думать, они могут генерировать новые идеи, они могут инициировать события, они могут совершенствовать себя (или позволять себя совершенствовать).

Специалисты утверждают, что в настоящее время работник, не боясь быть уволенным, может использовать для работы всего 25% своего потенциала. Однако при осуществлении администрацией соответствующих мероприятий данный показатель может быть увеличен до 70-80%. Эффективное управление дает возможность получить новые выгоды от интеллекта и образования.

Очевидно, что внедрение всё большей автоматизации на всех этапах производства продукции в корне меняет привычную систему хозяйствования и организации деятельности предприятия. Повышенная автоматизация служит отправной точкой для существенных изменений. Так, становится понятно, что информационные системы оказываются причиной исчезновения ряда профессий, ровно как, и появления потребности в специалистах иного профиля. Ручная работа пойдет на убыль, в то время как компьютеризированная растет.

Мнения исследователей разнятся: одни специалисты считают, что, прежде всего, возрастет потребность в людях, развивающихся в программировании и IT; другие полагают, что больший упор придется на контролирующее направление. Что не вызывает споров – факт, что «Умное производство» предъявит новые требования к персоналу компании. Ясно, что, работая на умной фабрике, специалист обязан иметь определенные знания в области программирования и инженерии, чтобы осознавать, как устроено производство и что может пойти не так. Однако даже высокий уровень образования не является абсолютной защитой от автоматизации, которая проявляется в снижении потребности использования человеческого труда в производстве.

«Умное производство» выводит высококвалифицированных рабочих на совершенно новый уровень. Очевидно, что любой рабочий, работающий на умном производстве, должен владеть практическими, а также инженерными и программными навыками и умениями. В целом, квалификация работников промышленных предприятий, вероятно, возрастет. Работы по техническому



обслуживанию, с другой стороны, требующие высоких уровней квалификации, будут в основном передаваться сторонним исполнителям, или же производители оборудования оставят их за собой, поскольку перейдут к модели продажи не столько своего оборудования, сколько его обслуживания. Несмотря на это, в целом понятно, что страны, у которых уже имеется в основном высококвалифицированная рабочая сила, смогут легче адаптироваться к изменениям, чем те, у которых квалификация рабочей силы средняя и низкая. Однако это не защитит их от рационализаций, когда на производстве снизится потребность в труде человека.

В исследовании, проведенном Волтером и др. (Wolter et al), для Германского института Федерального агентства занятости (2016), предсказывается, что по мере роста спроса на цифровые технологии также будут востребованы инвестиции в образование и профессиональную подготовку.

Компьютерная грамотность и способность понимать общепринятые языки программирования и работать на них станут ценным умением в будущем. Эти навыки требуют широкого образования, профессиональной подготовки и развития и, значит, некоторая часть общества может остаться позади. Языки, будь они естественными или языками программирования, лучше и легче всего учить в раннем возрасте, то есть, более старшим поколениям работников может быть труднее достичь необходимой квалификации.

Индустрия 4.0 предъявляет новые требования к организации производства, набору кадров, их квалификации. Рассмотрим следующие особенности подбора кадров, которые ожидают нас уже завтра:

1.1 Интеграция digital-решений делает процесс управления человеческими ресурсами прозрачным, последовательно выстроенным и измеримым. Все больше компаний стремится по набору персонала применять технологии искусственного интеллекта в своих процессах для выявления квалифицированных и опытных кандидатов.

Одним из средств таких технологий являются чатботы. Их использует ряд зарубежных компаний. В сфере набора персонала чатбот может обрабатывать



ежедневные задачи, такие как поддержание связи с кандидатами для ответа на их вопросы и составление интервью. Кроме того, чатботы делают поиск работы и процесс подачи заявки более удобным для кандидата.

1.2 Работники должны иметь разнопрофильные навыки. Рабочие места в области Интернета вещей, интеллектуальных технологий, автоматизации предназначены для людей, располагающими навыками в различных областях: маркетинг, менеджмент, науки о данных и т.д. Кандидаты должны быть не только высококвалифицированными, но и гибкими, готовыми приниматься участие в нескольких проектах и выполнять комплекс задач на различных этапах развития и роста организации.

1.3 Развитие концепции бирюзовых организаций окажет в будущем большое влияние на управление персоналом. Такая концепция подразумевает проектную организационную структуру, над проектом которой работает команда до 12 человек.

Один из принципов бирюзовой организации – самоуправление. Это подразумевает, что изменения могут исходить от любого человека, который чувствует, что они необходимы.

Таким образом, в условиях Индустрии 4.0 подбор персонала будет, во-первых, частично автоматизирован. Во-вторых, возрастет спрос на многопрофильных специалистов, способных решать оперативно задачи в комплексе. В-третьих, количество бирюзовых организаций будет расти, следовательно, кандидаты должны будут обладать необходимыми знаниями и навыками и разделять корпоративную культуру организации.

2. Инфраструктура – это комплекс ресурсов, включающий основные фонды, такие, как здания и связанные с ними инженерные сети; оборудование, включая технические средства и программное обеспечение; транспортные ресурсы; информационно-коммуникационные технологии.

При определении инфраструктуры организации необходимо принимать во внимание следующие действия:



а) обеспечение её функциональности, эксплуатационных характеристик, надежности, безопасности и секретности;

б) разработка и внедрение методов технического обслуживания и ремонта, чтобы убедиться, что инфраструктура продолжает отвечать потребностям организации;

в) оценка инфраструктуры исходя из потребностей и ожиданий заинтересованных сторон;

г) согласование вопросов охраны окружающей среды, связанных с инфраструктурой, таких, как её сохранение и предохранение от загрязнения отходами производства.

В рамках развития Индустрии 4.0 определены следующие тенденции и перспективы развития инфраструктуры:

- цифровое моделирование, проектирование и управление технологическими процессами, объектами, структурными подразделениями организации и изделиями на всем жизненном цикле от идеи до эксплуатации (применение инженерного программного обеспечения);

- роботизированные технологии и переход на безлюдное производство, мобильные технологии мониторинга, контроля и управления процессами;

- интеграция всей цепи организаций-участников создания и применения продукции единой информационно-аналитической управленческой производственной системой, применение технологий промышленной аналитики;

- использование распределенных ресурсов - «облачных» технологий» для проведения вычислений и хранение информации;

- переход на применение интеллектуальных (квантовых) датчиков в оборудовании и производственные процессы.

Системы управления, основанные на цифровых технологиях, предполагают наличие единого информационного пространства, то есть взаимосвязи и совместимости всех систем. Такие интегрированные решения позволят координировать деятельность предприятий и интегрированных



структур, вести единую базу результатов интеллектуальной деятельности и конструкторской документации, осуществлять безбумажный документооборот. Предприятия смогут оперативно получать доступ к информации государственных органов и нормативной документации, повысить эффективность логистики, проектного менеджмента, применения принципов бережливого производства.

Ориентируясь на основные направления развития технологий разработки, производства, приемки-поставки и применения продукции в цифровой экономике, приоритетными направлениями работ для вхождения в цифровую экономику и объектами СМК должны стать:

- цифровое проектирование и моделирование процессов, услуг, технологических процессов на всех этапах жизненного цикла: от идеи и маркетинга до утилизации;

- разработка и внедрение роботизированных технологий, исключающих участие людей в процессах производства продукции;

- управление разработкой и применением автоматизированных интегрированных систем, объединяющих производственные и управленческие процессы на всех этапах жизненного цикла продукции в единую информационную систему.

3. Производственная среда – это комбинация человеческого и физического факторов. При создании качественной производственной среды следует уделять внимание:

- методам развития творческой работы с целью полной реализации потенциала человеческих ресурсов организации;

- технике безопасности и средствам защиты;

- эргономике: размещению рабочих мест, температуре, влажности, освещению, вентиляции, шуму, вибрации;

- социальному взаимодействию, санитарным условиям: чистоте, загрязнению и др.



В настоящее время можно выделить главные тренды, которые изменяют представление о рабочем месте:

3.1 Умный» офис. Искусственный интеллект в сочетании с устройствами интернета вещей в офисе (такую коллаборацию также называют smart office, или Internet of Workplace, IoW) полностью изменит ощущения от пребывания на работе. К примеру, в офисном комплексе Edge в Амстердаме такая система приводит работника к свободному месту на автостоянке или запоминает его любимый кофе, режим освещения рабочего места. ИИ помогает реализовать принцип мобильности работника: в Edge нет личных мест, и система назначает оптимальное рабочее место для выполнения тех или иных задач – свободный стол, конференц-зал, приватное кресло для телефонных звонков. Система использует 20 тыс. датчиков в здании, ИИ также может контролировать самочувствие работников и следит за их здоровьем. К примеру, сервис Humanscale фиксирует продолжительность сидения или стояния сотрудника и подает ему сигнал о том, что пора бы пройтись или присесть. Она анализирует соблюдение рекомендаций разными отделами компании и даже устраивает соревнования.

3.2 Улучшение продуктивности. Интернет вещей буквально «одушевляет» все устройства, которые есть в офисе. Принтеры сами сообщают о завершении бумаги или чернил до того, как это случится, кофемашины приспособятся к офису, наполненному любителями капучино, умные лампочки, как, к примеру, от Sengled и LIFX, настроят популярный в опенспейсе режим освещения и т.п. Офисное пространство будет не только интерактивным, но и «живым», что сэкономит массу времени на его «настройке» или адаптации к нему.

3.3 BYOD. Третье направление – включение в офисную IoT-экосистему личных гаджетов работников (Bring Your Own Device, BYOD). Поскольку всё больше задач будут выполняться с помощью личных смартфонов, планшетов, умных часов и трекеров, возрастает проблема и безопасности при интеграции этих устройств в Internet of Workplace. Для нейтрализации угроз в рамках IoT будут действовать автоматические меры самообороны системы от



несанкционированных действий того или иного гаджета, к примеру, автоматическое прекращение соединения с сетью.

4. Ресурсы для мониторинга и измерений.

Организация должна определить и предоставить ресурсы, необходимые для обеспечения валидированных и надежных результатов, когда мониторинг или измерения используются для верификации соответствия продукции и услуг требованиям.

В рамках концепции Индустрии 4.0 различные датчики, оборудование, продукция в производстве и информационные системы объединятся в рамках производственной цепочки, выходящей за пределы одного предприятия. Эти взаимосвязанные комплексы, так называемые киберфизические системы, будут взаимодействовать друг с другом через Интернет на основе стандартных протоколов, а также самостоятельно собирать и анализировать данные, чтобы прогнозировать отказы, самостоятельно настраиваться и адаптироваться к изменениям внешней среды.

Таким образом можно выделить главные тенденции цифровизации метрологического обеспечения СМК:

4.1 Метрология в анализе больших объемов данных. Целью является разработка метрологических методов анализа больших объемов данных и эволюция методов машинного обучения для Big Data с фокусированием на существующих, все более важных метрологических приложениях для промышленности, в которых нужно обрабатывать большие массивы данных и выводить многомерную информацию, например, в диагностической визуализации или фотонике.

4.2 Метрология коммуникационных систем для цифровизации. В рамках этой темы рассматривается сохранение и метрологическая валидация надежной, защищенной и эффективной коммуникации в сложных сценариях. Сюда входит прослеживаемость комплексных высокочастотных результатов измерений для сетей 5G, нелинейных и статистических величин высокой частоты, производных



данных измерений в цифровых коммуникационных сетях и комплексных антенных системах.

4.3 Метрология для моделирования и виртуальных измерительных приборов. Путем разработки аналитических методов и процедур официального допуска для объединенных в сети и виртуализированных измерительных систем активно поддерживается симуляция измерительных комплексов (например, оптическая техника измерения формы или координатно-измерительная техника) в целях планирования и анализа экспериментов, методов и эталонов для автоматизированного управления производством и виртуальных измерительных процессов для автоматической оценки результатов измерения.

5. Знания организации.

Организация должна определить знания, необходимые для функционирования ее процессов и для достижения соответствия продукции и услуг.

Эти знания должны поддерживаться и быть доступными в необходимом объеме.

При рассмотрении изменений в потребностях и трендах организация должна рассмотреть свои имеющиеся знания и определить, каким образом она будет приобретать или получит доступ к любым необходимым дополнительным знаниям и требуемому их обновлению.

Однако современная среда функционирования организаций, управление в них и информационное обеспечение управления находятся под воздействием революционных изменений в производстве и технологиях, прежде всего информационных.

Поэтому в настоящее время информационные ресурсы приобретают системообразующее значение для развития СМК.

Внедрение средств информационного обеспечения СМК необходимо организациям, поскольку ни одна организация не может обойтись без информации, следовательно, без процедур ее формирования, обработки и использования. Цель информационных систем - производство нужной для



организации информации, создание информационной и организационно-технической сред для осуществления управления организацией.

Все процессы преобразования данных в информационной системе осуществляются с помощью информационных технологий, которые позволяют эффективно управлять информацией и, следовательно, СМК, повышая ее результативность. Полученная и обработанная информация, в свою очередь, дает возможность принимать обоснованные и эффективные решения, тем самым система информационного обеспечения СМК позволяет оперативно управлять процессами организации. Результативное управление всеми процессами, в том числе процессами проектирования и производства, позволит повысить качество продукции и, как следствие, будет способствовать повышению конкурентоспособности продукции.

Управление информационными ресурсами и информационным обеспечением СМК предполагает оценку информационных потребностей на каждом уровне и в рамках каждой функции управления, изучение документооборота организации, его рационализацию, стандартизацию типов и форм документов, типизацию информации и данных, преодоление проблемы несовместимости типов данных, создание системы управления данными и т.п.

На основании проведенного анализа можно сформулировать следующие цели и задачи представления информационных ресурсов СМК: удовлетворение информационных потребностей органов управления и служб обеспечения качества, предоставление им информации в виде документов; формирование, размещение, наполнение, поддержка, актуализация и использование информационных ресурсов организации; создание и развитие систем обработки и передачи информации; развитие системы информационного обеспечения СМК.

Для реализации данных целей и задач необходимо чтобы в процедурах (структуре и функциях) СМК были отражены не только процессы управления качеством продукции на всех этапах ее жизненного цикла, но и взаимодействие этих процессов на основе связывающих их материальных, информационных и финансовых потоков.



Актуальность и достоверность информации достигаются за счет того, что любое изменение становится доступным всем участникам жизненного цикла. Непротиворечивость информации достигается путем использования «правильной» модели данных, не допускающей применения некорректной информации.

Для интеграции информационных процессов, используемых на различных этапах жизненного цикла продукции, следует применять технологии информационного обеспечения СМК.

При этом представление информационных ресурсов СМК также должно учитывать существующие законодательные и нормативные ограничения и необходимость внутренней регламентации, а также обеспечивать необходимый уровень информационной безопасности.

Организационную основу системы менеджмента качества целесообразно разбить на две составляющие:

- 1) организационное и нормативно-методическое обеспечение СМК;
- 2) информационная система сбора, регистрации, хранения и обработки данных о качестве (система информационного обеспечения СМК), которая должна стать элементом интегрированной информационной среды.

Для реализации организационного и нормативного обеспечения СМК, которое включает в себя набор документов (от Политики в области качества и Руководства по качеству до стандартов организации, методических инструкций, технологических карт и карт контроля, а также реализацию применения перечисленных документов) предполагается использование функциональных моделей процессов организации с точки зрения обеспечения качества. Данные модели разрабатываются в соответствии с требованиями IDEF-методологии.

Модель строится методом декомпозиции: от крупных составных структур к более простым. На основе функциональной модели определяется матрица ответственности всех служб и подразделений организации, обеспечивающих повышение качества и конкурентоспособности производимой продукции. Главная задача создаваемой модели - отражение деятельности всех служб



организации на всех этапах жизненного цикла продукции. Таким образом, создание функциональной модели позволяет определить структуру документированной системы качества, соответствующей требованиям ИСО.

Другая составляющая системы качества - ее информационная поддержка, т.е. система информационного обеспечения – может быть реализована на основе интегрированной информационной среды (ИИС) организации.

В условиях цифровизации функционирование СМК обуславливает необходимость разработки и применения новых технологий управления, а также принципиально новых производственных технологий, в основе которых лежат различные подходы и концепции, в частности: роботизация; беспилотные, безбумажные, мобильные, биометрические технологии; киберфизические системы (CPS); 3D-печать (аддитивное производство); технологии открытого производства; нейрокомпьютерные технологии. Данные технологии должны адаптироваться к условиям применения в организации и создаваемой продукции.

Использование автоматизированных систем управления уже стало стандартом для организаций крупного и среднего бизнеса. Постепенно в этот процесс вовлекаются и небольшие предприятия, стремящиеся к развитию и выходу на новые рынки. Расширяют возможности таких компаний по использованию продуктов SAP и производители ПО, основанные на применении типовых решений, адаптируемых под нужды конкретных пользователей.

Информационные системы, которые применяются на сегодняшний день, позволяют облегчить внутриорганизационные процессы и повысить качество производства или услуг, к ним относятся:

- ERP системы. Они позволяют объединить все ресурсы предприятия, таким образом, добавляя возможности по учету остальных затрат предприятия, управление заказами, финансами и т.д. ERP - технология оптимизации производственного процесса с точки зрения производственных, коммерческих и финансовых целей. Основная цель оптимизации организации производства и управления предприятием - максимальный уровень сервиса для потребителей, минимальные вложения в основные фонды и эффективная, с точки зрения



низкого уровня издержек, работа предприятия.

Основными источниками улучшений являются:

- снижение затрат на складское хранение (до 15-20%);
- повышение общей эффективности финансового менеджмента (до 2-6%);
- повышение качества аналитики и отчетности (до 25-35%);
- снижение затрат на соответствие бизнес-процессов внешним законодательным требованиям (до 10-20%);
- повышение эффективности бухучета (до 10-15%);
- повышение эффективности финансового планирования (до 3-5%);
- улучшение такого показателя как время выхода на рынок (до 15-20%);
- повышение общей эффективности складов (до 25-50%);
- повышение эффективности работы персонала (до 5-10%);
- повышение эффективности закупок и планирования (до 20-30%);

- MRP системы. Методология планирования потребности в материалах - появилась в начале 60-х годов с зарождением на западе систем автоматизированного управления компаниями, планирования потребностей в материалах.

Методология разрабатывалась и предназначена для использования на производственных предприятиях, имеющих дискретный тип производства, то есть когда выходная продукция состоит в основном из отдельных комплектующих элементов или узлов и имеется ведомость комплектующих изделий для изготовления этой продукции.

Основа методологии заключается в определении конечной потребности в ресурсах по данным объемно-календарного плана производства. Ключевым понятием методологии является понятие "разузлование", т.е. приведение древовидного состава изделия к линейному списку, по которому планируется потребность и осуществляется заказ комплектующих.

Концепция MRP системы, фактически, сводится к двум основным принципам:



1. Если есть потребность в конечном изделии, то есть потребность во всех составляющих его компонентах, то есть MRP системы ориентированы на удовлетворение зависимого спроса;

2. Обеспечивать производство требующимися компонентами нужно как можно позднее (точно в срок - Just in Time- JIT), чтобы сократить уровень запасов с целью сокращения складских расходов и эффективного использования активов предприятия.

- MRP II системы. Задачей информационных систем является оптимальное формирование потока материалов (сырья), полуфабрикатов (в том числе находящихся в производстве) и готовых изделий. Система класса MRP II - имеет целью интеграцию всех основных процессов, реализуемых предприятием, таких как снабжение, запасы, производство, продажа и дистрибуция, планирование, контроль за выполнением плана, затраты, финансы, основные средства и т.д.

В последние годы системы планирования класса MRP II в интеграции с модулем финансового планирования FRP (Finance Requirements Planning) получили название систем бизнес-планирования ERP (Enterprise Requirements Planning), которые позволяют наиболее эффективно планировать всю коммерческую деятельность современного предприятия, в том числе финансовые затраты на проекты обновления оборудования и инвестиции в производство новой линейки изделий. В Российской практике, целесообразность применения систем подобного класса обуславливается, кроме того, необходимостью управлять бизнес процессами в условиях инфляции, а также жесткого налогового прессинга, поэтому, системы ERP необходимы не только для крупных предприятий, но и для небольших фирм, ведущих активный бизнес. На следующей диаграмме представлена логическая схема системы планирования ресурсов производственного предприятия (рисунок 3.1):





Рисунок 3.1 – Логическая структура системы планирования ресурсов
 производственного предприятия

- CRM системы. CRM при помощи автоматизации процессов помогает эффективнее выстраивать диалог с покупателем, не допускать ошибок в работе и в итоге продавать ему больше. Представляет собой таблицу с клиентской базой, при щелчке на имя клиента открывается удобная карточка, в которой содержится вся хронология работы с ним — от первого звонка до покупки. Здесь можно прослушать звонки, посмотреть историю покупок, создать документы по шаблону, написать e-mail или sms, поставить задачу.

- BPM системы. Этот вид систем автоматизации можно отнести к процессным. Они предназначены для автоматизации бизнес-процессов. Задача – выстроить взаимодействие людей и порядок выполнения различных операций для получения быстрого и качественного результата.

- CASE средства. Предназначены для проектирования процессов. Основной целью применения является сокращение времени и затрат на разработку информационных систем, и повышение их качества.



- CAD\CAM системы. Применяются для автоматизации процессов проектирования. Они построены на основе CALS - технологий и позволяют в автоматическом режиме выполнять различные этапы проектных разработок.

Обычно, аббревиатура CAD считается стандартизированным англоязычным эквивалентом термина САПР. Однако понятие CAD не является полным эквивалентом САПР, как организационно-технической системы: так в ГОСТ 15971-90 это словосочетание приводится как стандартизированный англоязычный эквивалент термина «автоматизированное проектирование».

Основная цель создания САПР – повышение эффективности труда инженеров, за счет автоматизации работ на стадиях проектирования и подготовки производства. Так, благодаря САПР, удается добиться:

- сокращения трудоёмкости проектирования и планирования;
- сокращения сроков проектирования;
- сокращения себестоимости проектирования и изготовления, уменьшение затрат на эксплуатацию;
- повышения качества и технико-экономического уровня результатов проектирования;
- сокращения затрат на натурное моделирование и испытания.

В качестве входной информации САПР использует технические знания специалистов, которые вводят проектные требования, уточняют результаты, проверяют полученную конструкцию, изменяют ее и т.д.

Система автоматизированного проектирования реализуется в виде комплекса прикладных программ, обеспечивающих проектирование, черчение, трехмерное моделирование конструкций, плоских либо объемных деталей.

Как правило, в современные САД-системы входят модули моделирования трехмерной объемной конструкции (детали) и оформления чертежей и текстовой конструкторской документации (спецификаций, ведомостей и т.д.).

Таким образом, применение программно-технических средств реализации технологий информационного обеспечения СМК с целью повышения ее результативности осуществляется путем адаптации типовой электронной модели



к структуре конкретной организации и применяемым на ней технологическим процессам, которые определяют содержание и функции элементов системы качества, соответствующей требованиям стандарта ISO.

3.5. Совершенствование подходов, техник, методик представления документации

Система менеджмента качества должна охватывать все виды деятельности предприятия и включать нормативные документы, обеспечивающие его эффективное функционирование. Предприятие должно сформировать систему документации, которая описывает процессы, необходимые для системы менеджмента качества. Документированные процедуры должны разрабатываться с учетом размера и типа предприятия, сложности и взаимосвязи процессов, применяемых методов мониторинга и измерений, а также квалификации и степени подготовки персонала, участвующего в выполнении работ.

Они должны включать:

- а) общесистемные процедуры, которые описывают деятельность, необходимую для внедрения системы менеджмента качества;
- б) процедуры, описывающие последовательность и внутреннее содержание процессов, необходимых для обеспечения уверенности в соответствии продукции или услуги установленным требованиям;
- в) инструкции, описывающие операционную деятельность и управление процессами.

Такой подход более гибок, намного теснее увязан с совершенствованием системы управления; он устанавливает новую, более высокую планку в требованиях к системе управления предприятием.

Документирование СМК выполняется в строгом соответствии стандартам, в которых определены виды документов для оформления СМК.

Задачами документации СМК являются построение четкой структуры действий в организации, согласованность процессов и предоставление подтверждений достижения целей в области качества. Поэтому, при составлении



собственной документации СМК, необходимо сконцентрироваться на ее эффективности путем описания процессов, которые действительно происходят в организации.

Документация СМК может состоять из множества различных типов документов. Стандарт ISO дает указания относительно эффективного объема документации СМК и рекомендации относительно ее структуры и содержания. Документация сегодня заточена на процессы, и она включает в себя: политику в области качества, руководство по качеству, процедуры, рабочие инструкции, планы по качеству и записи. Иерархия СМК представлена на рисунке 3.2 и обычно включает:

1. Руководство по качеству. Данный документ перестал быть обязательным в соответствии с требованиями новой версии стандарта СТБ ISO 9001. Однако, его все равно рекомендуется включать в систему общей документации СМК.

В общем виде, Руководство по качеству включает следующие элементы: название и содержание; область применения СМК; конкретизированные требования СТБ ISO 9001; политику в области качества и цели; описание СМК; бизнес-процесс организации; распределение ответственности персонала; ссылки на соответствующие документы и приложения.

2. Политика в области качества. Политика в области качества является декларативным документом организации. Данная политика устанавливает обязательства, взятые на себя организацией, в части качества и постоянного улучшения. Обычно, данная политика используется и в рекламных целях и может присутствовать, в частности, на сайте организации. Таким образом, данный документ должен быть кратким и понятным. Из Политики в области качества следуют цели в области качества.

3. Процедуры. В этих документах определяются процедуры, выполняемые в организации. Оформление процедур может сильно отличаться. Они могут быть оформлены в виде описательного текста или в виде таблиц, могут быть представлены диаграммами или же комбинацией всего вышеприведенного.

4. Рабочие инструкции. В качестве рабочих инструкций могут быть любые



документы, дающие детальные указания о выполнении каких-либо работ внутри отдельной процедуры (например, должностные инструкции). Рабочие инструкции СМК могут быть как частью процедуры, так и выделены в отдельный документ, на который имеется ссылка в процедуре. В общем случае, рабочие инструкции имеют структуру, аналогичную той, которую имеют процедуры. Однако, при этом рабочие инструкции детализируют деятельность, концентрируясь на последовательности действий, инструментах и методах, необходимых для выполнения инструкции.

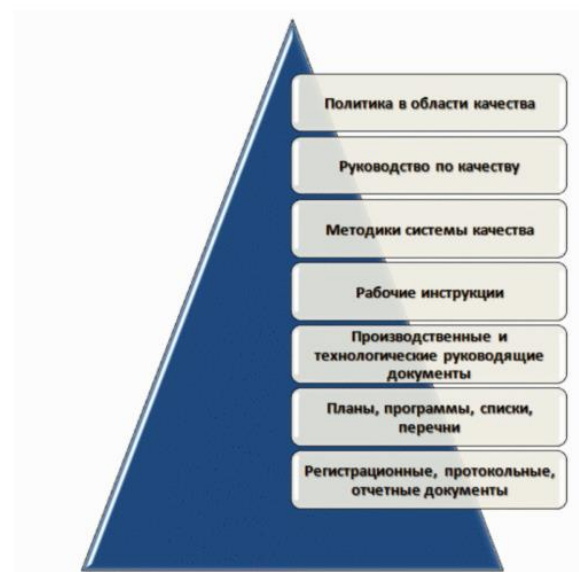


Рисунок 3.2 – Общая схема документации СМК

Документы системы менеджмента качества должны быть управляемыми. Для определения необходимых средств управления должна быть разработана документированная процедура, предусматривающая:

- а) официальное одобрение документов с точки зрения их достаточности до выпуска;
- б) анализ и актуализацию по мере необходимости и повторное официальное одобрение документов;
- в) обеспечение идентификации изменений и статуса пересмотра документов;
- г) обеспечение наличия соответствующих версий документов в местах их применения;
- д) обеспечение сохранения документов четкими и легко



идентифицируемыми;

е) обеспечение идентификации и управление рассылкой документов внешнего происхождения, определенных организацией как необходимые для планирования и функционирования системы менеджмента качества;

ж) предотвращение непреднамеренного использования устаревших документов и применение соответствующей идентификации таких документов, оставленных для каких-либо целей.

Записи, установленные для представления свидетельств соответствия требованиям и результативного функционирования системы менеджмента качества, должны находиться под управлением, оставаться четкими, легко идентифицируемыми и восстанавливаемыми. Для этого организация должна разработать документированные процедуры, которые включают: процедуры по управлению документацией, процедуры по управлению записями, процедуры по проведению внутренних аудитов (проверок), процедуры по управлению несоответствующей продукцией, процедуры по корректирующим действиям, процедуры по предупреждающим действиям.

Документирование СМК увеличивает ее ценность, делает систему более наглядной и понятной.

Исходя из цели и задач документирования, создаваемая документация системы менеджмента качества должна отвечать целому ряду требований, в частности:

1. Документация должна быть системной, т. е. определенным образом структурированной, с четкими внутренними связями между процессами СМК.

Она должна давать ясное представление как о СМК в целом, так и о каждом отдельном ее процессе.

2. Документация должна быть комплексной, т. е. затрагивать все аспекты деятельности в СМК, в том числе организационные, экономические, технологические, правовые, социально-психологические, методические.

3. Документация должна быть полной, т. е. содержать исчерпывающее представление о деятельности, реализуемой в СМК (что, как, когда и кто делает),



а также о способах регистрации данных о качестве.

4. Документация должна быть адекватной рекомендациям и требованиям стандартам ISO. Это означает, что каждый документ СМК должен содержать положения, соответствующие конкретным рекомендациям или требованиям указанного стандарта.

5. Документация должна содержать только практически выполнимые требования, в том числе те, которые могут быть реализованы после выполнения определенных плановых мероприятий при внедрении документа.

6. Документация должна быть легко идентифицируемой. Это предполагает, что каждый документ СМК должен иметь соответствующее наименование и условное обозначение, позволяющее установить его принадлежность к определенному виду документов, определенной части системы.

7. Документация должна быть адресной, т. е. каждый документ СМК должен быть предназначен для определенной области применения и адресован конкретным исполнителям.

8. Документация должна быть актуализированной. Это означает, что документация в целом и каждый отдельный ее документ должны своевременно отражать изменения, происходящие в государственных стандартах (по мере их пересмотра), и изменения условий обеспечения качества продукции и услуг.

9. Документация должна быть понятной всем ее пользователям.

10. Документация должна иметь санкционированный статус, т. е. каждый документ СМК и вся документация в целом должны быть утверждены или подписаны полномочными должностными лицами.

Степень документированности (глубина и подробность описания) процедур определяются самой организацией в зависимости от размера организации и вида деятельности, сложности и взаимодействия процессов, компетентности персонала.

Концепция Индустрия 4.0 предлагает нам полный переход на электронный документооборот.



Системы электронного документооборота представляют собой взаимосвязанную систему организационного, технического и программного обеспечения для управления различными видами документов и информацией. Эти системы позволяют управлять документами на протяжении всего жизненного цикла: от создания, до их уничтожения.

Управление документацией, информацией, различного рода данными и записями, является одним из сложных процессов в работе организации. Электронные системы документооборота дают возможность автоматизировать этот процесс с помощью EDM и PDM-систем. Часть систем проектирования, которая отвечает за электронный документооборот применительно к инженерным объектам. EDM является неотъемлемой частью систем PDM, но в то же время полностью не замещающая её.

Для эффективной работы многих предприятий нет необходимости управления информацией об изделии на протяжении всего его жизненного цикла. Для них многообразные функции PDM являются излишними, а система документооборота перегруженной лишней информацией и не понятна конечному пользователю. В этих случаях намного целесообразней использовать ту часть системы, которая занимается исключительно документооборотом инженерных объектов. Основным элементом EDM-технологии является документ (графический чертеж, текстовый документ и т. п.). Структура хранения документов в EDM очень похожа на структуру хранения документов в файловой системе Windows и понятна даже не специалисту, что облегчает работу с системой. Поскольку EDM технология ориентирована прежде всего на текстовые документы, то это предоставляет широкие возможности по её интеграции с САД-приложениями.

Так, например, это даст возможность с применением искусственного интеллекта актуализировать Руководство по качеству чаще с учетом рисков. Соответственно, всю документацию работники будут получать в электронном виде, а потреблять её могут как в традиционном для нас виде, например, с монитора персонального компьютера, через специально разработанное



приложение доступное на любых платформах от персональных компьютеров до планшетов, смартфонов и прочего, так и более современными методами такими как дополненная, либо виртуальная реальность.

Тренды и тенденции в развитии электронного документооборота приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Тренды и тенденции в развитии электронного документооборота

Интеграция интеллектуального сбора данных	Третья технологическая платформа	Сбор и обработка информации на месте проведения операции
1. Автоматизированная проверка и категоризация документов	1. Повсеместный и круглосуточный доступ к информации в нужном формате	1. Мобильные транзакции в точках продаж
2. Индексация, извлечение и интеграция данных	2. Мобильные технологии и анализ данных	2. Технология цифровой подписи ускоряет автоматизацию процессов (процессы утверждения в контрактах/сделках)
	3. Облачные и SaaS-решения	3. Когнитивные возможности расширяют функциональность

Так как концепция Индустрия 4.0 предлагает нам переход от процесса к проекту, то следовательно и документация будет отличаться от той, которая нам представляется в процессе.

Проект документируется на протяжении всего жизненного цикла.

При отсутствии регламентирующих правил работы с документами и по мере накопления документов в проекте информационная среда проекта может стать тормозом для выполнения проекта.

Для разных типов проектов существует свой набор или пакет документов проекта.

Общий состав проектной документации:



- титульный лист;
- информационная карта (паспорт проекта);
- постановка проблемы;
- актуальность проекта;
- цели и задачи;
- управление и кадры;
- ресурсы проекта;
- методы реализации проекта;
- механизм реализации проекта (план реализации проекта);
- специальные партнёры проекта;
- бюджет;
- ожидаемые результаты проекта;
- оценка результативности проекта;
- перспектива развития проекта;
- приложения.

Тренды и тенденции в развитии электронного документооборота приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Тренды и тенденции в развитии электронного документооборота

Интеграция интеллектуального сбора данных	Третья технологическая платформа	Сбор и обработка информации на месте проведения операции
1. Автоматизированная проверка и категоризация документов	1. Повсеместный и круглосуточный доступ к информации в нужном формате	1. Мобильные транзакции в точках продаж
2. Индексация, извлечение и интеграция данных	2. Мобильные технологии и анализ данных	2. Технология цифровой подписи ускоряет автоматизацию процессов (процессы утверждения в контрактах/сделках)
	3. Облачные и SaaS-решения	3. Когнитивные возможности расширяют функциональность



4 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЛАНИРОВАНИЯ, ОБЕСПЕЧЕНИЯ, УПРАВЛЕНИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ И ПРОДУКЦИИ В РАМКАХ СМК (ТЕХНОЛОГИИ, ТЕХНИКИ, МЕТОДИКИ)

4.1 Менеджмент качества как комплексный процесс, включающий планирование, обеспечение, управление и совершенствование процессов и продукции в рамках СМК

Система менеджмента качества предназначена для постоянного улучшения деятельности, а, следовательно, для повышения конкурентоспособности организации на отечественном и мировом рынках.

В свою очередь конкурентоспособность любой организации это её способность производить продукцию или предоставлять услуги, которые не только удовлетворяют всем требованиям потребителей, но даже превосходят их ожидания. Отсюда очевидно, что ключевыми для любой организации являются процессы жизненного цикла продукции/услуги. Именно за результат этих процессов (т.е. за продукцию или услугу) потребитель платит предприятию. Именно поэтому эти процессы - объект сосредоточения всех знаний, умений и навыков руководства и персонала - основа их материального благосостояния и конкурентоспособности предприятия. Именно эти процессы формируют, а, следовательно, и определяют качество продукции/услуги.

А поскольку, без повышения качества продукции(услуг) невозможно улучшение качества жизни людей, внедрение систем менеджмента качества на предприятиях и в организациях представляется своевременным и целесообразным.

Кроме того, рынки как отечественные, так и зарубежные всё в большей и большей степени демонстрируют свою потребность в сертифицированных товарах, продукции и услугах, а отечественные и иностранные финансовые структуры рассматривают сертифицированную систему менеджмента качества как элемент снижающий риск при кредитовании и инвестировании. В этом случае наличие сертификата может в значительной степени повысить уровень доверия к предприятию и сыграть роль своеобразного доброго имени фирмы.



В условиях жесткой конкуренции, в том числе при участии в тендерах, сертификат соответствия СМК организации, требованиям стандартов СТБ ISO 9000, является чуть ли не единственным показателем стабильности организации в обеспечении качества продукции (работ, услуг) и, соответственно, способности организации удовлетворять растущие требования потребителей (заказчиков).

Формировать СМК необходимо на основе следующих принципов: предупреждение причин дефектов; вовлечение всех сотрудников в деятельность по улучшению качества; активное стратегическое управление; непрерывное совершенствование качества всех процессов предприятия, а заодно и продукции; использование современных подходов к решению задач; регулярный мониторинг своей деятельности и самооценка.

Данные важнейшие принципы и обеспечивают функционирование СМК, включающее планирование процессов и продукции, обеспечение качества, управление качеством, улучшение качества.

Под обеспечением качества понимаются все планируемые и систематически осуществляемые виды деятельности в рамках системы качества, а также действия по предоставлению доказательств качества, необходимые для создания у потребителя достаточной уверенности в том, что поставщик будет выполнять требования к качеству. К систематически проводимым мероприятиям обеспечения качества относятся те работы, которые выполняются предприятием постоянно или с определенной периодичностью (контроль качества продукции, самоконтроль персонала).

Управление качеством – это методы и виды деятельности оперативного характера, используемые для выполнения требований к качеству.

Управление качеством включает виды деятельности, направленные как на контролирование процесса, так и на устранение причин неудовлетворительного функционирования подразделений предприятия на всех стадиях жизненного цикла продукции для достижения экономической эффективности.

Улучшение качества – это постоянная деятельность, направленная на повышение технического уровня продукции, качества ее изготовления,



совершенствование системы управления предприятия и производства, а также системы качества. Объектом процесса улучшения качества может стать любой элемент производства или системы управления предприятием. Идеология постоянного улучшения качества прямо связана с тенденцией повышения конкурентоспособности продукции, которая обладает высоким уровнем качества при более низкой цене.

Существует два основных подхода к проведению постоянного улучшения процессов:

а) проекты прорыва, ведущие или к пересмотру и улучшению существующих процессов, или к внедрению новых процессов;

б) деятельность по поэтапному постоянному улучшению, проводимая работниками в рамках существующих процессов.

Каждое предприятие должно самостоятельно выбирать для себя стратегию действий, причем имеет немаловажное значение, какими материальными и финансовыми ресурсами оно обладает, на персонал какой компетенции опирается, какие цели ставит, какую продукцию выпускает и как эту продукцию в настоящее время оценивает потребитель.

4.2 Совершенствование планирования и обеспечения процессов и продукции в рамках СМК

Планирование и обеспечение процессов и продукции является важнейшими этапами в СМК.

Развитие системы менеджмента качества должно способствовать росту ее результативности и укреплению конкурентных позиций компании на рынке. Исходя из этого, целесообразной представляется разработка стратегии развития СМК, т. е. набора устойчивых принципов, которые распространяются на всю организацию, после чего ее работники начинают лучше понимать друг друга и работать как одна команда. Это, с одной стороны, усилит гибкость организации, а с другой – увеличит вероятность достижения целей.

Стратегическое планирование предприятия должно быть направлено на выбор и соблюдение принципов, которыми оно стабильно руководствуется в



процессе движения от исходного состояния к идеальному проекту, определяемому его миссией. Стратегическое планирование выполняется после тщательного анализа исходного состояния предприятия и определения желаемых целей в будущем.

Целью стратегии развития СМК должно стать повышение конкурентоспособности компаний на основе развития СМК.

Основные задачи данной стратегии должны включать:

- повышение качества товаров/услуг компании;
- повышение имиджевых показателей компании на рынке;
- формирование внутреннего потенциала компании на основе инновационного развития

Предлагаемый перечень основных мероприятий стратегии развития СМК включает:

- достижение конкордации (нулевого рассогласования) интересов и действий субъектов формирования и реализации СМК;
- повышение уровня технологичности СМК;
- развитие цифровых компетенций специалистов службы качества;
- совершенствование подбора специалистов в службы качества;
- реализация новых инициатив по развитию системы менеджмента качества;
- непрерывность мониторинга уровня развития и результативности СМК

Ожидаемые конечные результаты реализации стратегии развития СМК:

- сокращение затрат на согласование мероприятий по повышению качества продукции;
- рост производительности труда;
- сокращение фонда оплаты труда;
- снижение затрат на энергоносители и логистику;
- снижение стоимости на поиск персонала;
- снижение затрат на взаимодействие с вузами;
- рост выручки за счет хорошей репутации и привлечения новых клиентов [14]

Субъектами реализации стратегии могут являться собственники компании,



директора по качеству или руководители подразделений.

Стратегическое планирование для большинства организаций выполняется на 3–5 лет. На данный период необходимо детализировать идеальное состояние организации в виде целей, достичь которые предполагается в текущем плановом периоде. Нуждаются в дополнительной конкретизации и принципы стратегии: их необходимо детализировать в соответствии с развитием в организации новых ориентиров. Поэтому и стратегию развития СМК необходимо пересматривать не реже 1 раза в 5 лет.

Реализация концепции стратегического планирования в СМК должна осуществляться посредством последовательного ряда этапов: формирование и изучение общей концепции стратегического развития предприятия в целом; анализ внутренней и внешней среды (маркетинговые исследования); выделение основных направлений стратегического планирования в СМК с их уточнением до уровня оперативных планов и проектов; контроль выполнения стратегических планов и их коррекция (в случае необходимости).

Один из ключевых элементов, который следует включать в стратегический план СМК, – проводимый процесс определения инициатив улучшения. Если стратегический план СМК организации не содержит инициатив улучшения, то можно предположить, что он не получит должной поддержки руководства и ресурсов, необходимых для достижения установленных в плане результатов. Первые вопросы, часто возникающие на начальной стадии планирования стратегии, звучат так: «Почему мы должны это делать? Поможет ли это нам?» Ответ подтверждается выгодами, которые получают организации. Стратегическое планирование в СМК позволяет:

а) направить и четко распределить ресурсы на выполнение деятельности, необходимой для ежегодной реализации концепции улучшения СМК. Результаты могут проявиться в повышении удовлетворенности потребителя, сокращении не связанных с деятельностью организации затрат, а также в повышении ценности организации для инвесторов;

б) привести к созданию системы планирования СМК и выполнения работ в



рамках планов, быстро реагирующей на изменения, и одновременно гибкой и упорядоченной;

- в) поддерживать взаимодействие между подразделениями;
- г) выделить процесс для реализации улучшений;
- д) наделить руководителей и работников соответствующими полномочиями, необходимыми для выполнения запланированной деятельности;
- е) целесообразно направить ресурсы на достижение планов СМК.

Понимание необходимости и безотлагательности внесения изменений в существующую практику менеджмента также является одним из важных моментов, позволяющих в полной мере оценить достоинство и возрастающую ценность стратегического планирования в СМК.

Сегодня обеспечение и планирование являются пассивными циклами PDCA. Пассивными, потому что процессы сегодня серийные, повторяющиеся, однотипные и поэтому не нуждающиеся в тщательном планировании, в то время как проекты, которые приходят на смену процессам, являются уникальными, не терпящие промахов, нуждающиеся в тщательном планировании ещё на этапе разработки, именно поэтому цикл PDCA в проекте становится активным, где само планирование становится самым циклом.

Рассмотрим поподробнее понятие «активный цикл PDCA»:

1. Plan Plan – планирование планирования
2. Plan Do – планирование выполнения намеченных работ
3. Plan Check – планирование мер по устранению причин отклонений от намеченного результата
4. Plan Act – планирование сбора информации и контроля результата деятельности

Применение такого «изменённого» цикла PDCA сделает планирование более тщательным, а это значит, что случайных несоответствий за время проекта станет гораздо меньше, а может быть, их и совсем не будет.

Примером подхода к управлению качеством стала созданная в 1958 г. система КАНАРСПИ (качество, надежность, ресурс с первых изделий). Система



КАНАРСПИ направлена на то, чтобы уже в процессе проектирования и технологической подготовки производства обеспечить изготовление надежных и высококачественных изделий. Такой подход требует особого внимания к конструкторской и технологической документации, обязательному проведению испытаний новых образцов изделий, совершенствованию конструкции, технологии, установлению творческих связей науки с производством, анализу возможностей и особенностей производства.

Система КАНАРСПИ применяется на многих предприятиях различных отраслей промышленности, в результате чего значительно сократились сроки доводки новых изделий до заданного уровня качества, возросла надёжность, увеличился ресурс изделий.

Функционирование и системное развитие предприятия или организации должно строиться на соответствующих текущему времени передовых достижениях научной, технической и управленческой мысли. На данном этапе мало просто производить какую-либо продукцию или оказывать услугу, необходимо регулярно внедрять инновации, разрабатывать новые товары или виды услуг. Это требует привлечения инвестиций и осуществления ряда процессов, не связанных с обычной деятельностью компании, т.е. необходим особый замысел, эффективно реализовать который поможет проектное управление. Поэтому сейчас делается упор на проектный подход.

Так как сейчас проект уникальный, а это связано с индивидуализацией человеческих потребностей, то классические подходы не подходят.

Система КАНАРСПИ предлагает нам более тщательное планирование.

Информационные технологии планирования в настоящее время: EP1, EP2, Management Planning, Manufacturing Planning, Resourcing Planning и т.д.

Эти технологии планирования и обеспечения направлены в сторону тщательной проработки по времени, затратам, разработки, испытаниям, расчётам, валидации, верификации, экспертизы, переработки и т.д.

Итак, если организация твердо намерена превзойти растущие ожидания заказчиков, она должна планировать процессы. Качество, определяемое



заказчиком, равно как и определяемое конкурентами, заставляет реагировать на уже свершившееся. Стратегическое планирование качества, напротив, дает возможность предсказать потребности заказчика и внедрить необходимые новшества до того, как эти потребности будут предъявлены рынку. При этом процесс стратегического планирования качества не осуществляется отдельно от других процессов стратегического планирования.

В связи с признанием того, что качество играет особо важную роль в повышении конкурентоспособности организации, планирование деятельности по улучшению качества заслуживает того, чтобы им занимались на стратегическом уровне. Стратегическое планирование качества в свою очередь даст компании возможность развивать конкурентное преимущество в области качества.

С развитием информационных технологий становится возможным всё более широкое их применение в системах менеджмента качества. В стандартизации и управлении качеством, благодаря внедрению информационных технологий, создаются новые подходы к решению многих проблем, которые могут изменить направление и основу процессов, сделав её более мобильной и эффективной.

Необходимо усовершенствовать организацию и планирование потребности в материалах, наладить механизмы удовлетворения потребностей, оптимизировать управление потоками материально-технических ресурсов на всех стадиях их движения, усовершенствовать управление складом, процессы вторичного обращения и утилизации. Но этих целей невозможно достичь, не создав цепочку переработки и передачи информации и знаний от разработчиков стратегии развития предприятия, задающих долгосрочные параметры потребностей в ресурсах, до руководителя цеха у поставщика, производящего и поставляющего определенный ресурс в определенный момент времени.



4.4 Совершенствование управления процессов и продукции в рамках СМК

На сегодняшний день повышение конкурентоспособности отечественной промышленности связано с совершенствованием системы управления действующими предприятиями по следующим основным направлениям:

1) максимальная адаптация системы управления предприятием под общемировые тенденции развития бизнеса и её базирование на системном подходе к организации деятельности предприятий;

2) внедрение процессного подхода в управлении предприятием;

3) внедрение автоматизированных информационных систем управления бизнесом и использование широкого аналитического аппарата для исследования эффективности деятельности предприятия (методы функционально-стоимостного анализа, ABC –анализа, кластерного анализа и т.д.);

4) совершенствование экономического механизма управления на основе сочетания программно-целевого, стратегического и функционального управления бизнесом (формирование потребительского сегмента и удовлетворение его запросов);

5) внедрение системы анализа, выявление и реализации резервов развития бизнеса, целью которой является обоснованная целостная оценка перспектив на ближайший период исходя из потребностей рынка и возможностей по их удовлетворению.

Следует заметить, что сегодня процессы управляются при помощи статистических методов, контрольных карт и т.д., но в связи с тем, что процессы отступают на задний план, а проекты –вперёд, то эти методы управления уже не подходят, так как проект однократный, короткий, соответственно, надо найти новые методы управления проектами.

Одним из примером таких методов управления является Big Data.

Big data — это различные инструменты, подходы и методы обработки как структурированных, так и неструктурированных данных для того, чтобы их использовать для конкретных задач и целей.



Огромные объёмы данных обрабатываются для того, чтобы человек мог получить конкретные и нужные ему результаты для их дальнейшего эффективного применения, и тут же на основе результатов смогли вылиться в корректирующие действия. Фактически, Big data — это решение проблем и альтернатива традиционным системам управления данными. При этом надо сразу распознать дефекты в производстве и их уничтожить.

Техники и методы анализа, применимые к Big data:

- data mining;
- краудсорсинг;
- смешение и интеграция данных;
- машинное обучение;
- искусственные нейронные сети;
- распознавание образов;
- прогнозная аналитика;
- имитационное моделирование;
- пространственный анализ;
- статистический анализ;
- визуализация аналитических данных.

Сегодня проекты однократные, меняется только сам объект, поэтому управление становится оперативным в пределах самого процесса, соответственно от обнаруженных несоответствий применяются мгновенные, очень быстрые корректирующие действия.

Технологии, которые позволяют делать управление более оперативным:

- техническое зрение, которое предназначено для решения задач автономного и автоматизированного управления в сложной, неопределенной и быстро изменяющейся внешней обстановке;

- использование датчиков, установленных на продукции, находящейся в пользовании, обеспечивает передачу производителю на протяжении всего жизненного цикла продукции данных об условиях эксплуатации, функционировании, отказах и т.п. Это позволяет непрерывно улучшать



продукцию, предвидеть и предупреждать сбои в ее эксплуатации, снижать затраты на техническое обслуживание;

- noSQL;
- mapReduce;
- hadoop;
- аппаратные решения.

4.5 Деятельность по совершенствованию процессов и продукции в рамках СМК

Современный подход к совершенствованию процессов и продукции в рамках СМК – упор на человеческий фактор, на его желания и «хотения», то есть упор на индивидуализацию.

Именно поэтому появляется возможность производства мелкой серии или уникальной продукции по цене, приближающейся к стоимости серийной продукции, то есть наблюдается тенденция к возможности удешевления мелкосерийного производства благодаря слиянию информационных и промышленных технологий. Это является следствием того, что потребители поменяли свое поведение, они хотят индивидуального подхода и индивидуализированных товаров. В свою очередь, этот тренд происходит от появления современных поколений людей, так называемых, native digital, которые выросли в эпоху интернета и привыкли к тому, что им доступно большое количество предложений и вариантов. Таким образом, предприятиям, привыкшим работать в условиях массового производства однотипной продукции, приходится перестраиваться.

Однако, если требуется индивидуальная конфигурация при производстве десятков тысяч готовых изделий, то объемы данных возрастают на несколько порядков, т.е. происходит увеличение количества и плотности данных, и поддержать такой объем информации способна только специально созданная для этого система. Реализовать данный процесс вручную без автоматизации невозможно или очень сложно из-за неоправданно высоких затрат человеческих ресурсов.



Качество выпускаемой продукции и услуг же при этом не должно снижаться, а благодаря аналитике больших данных и тесной интеграции производственных систем и машин должно повышаться.

В настоящее время передовые немецкие производители реализуют идею актуализации применения киберфизических систем – сетей взаимодействующих физических и вычислительных компонентов, решающих определенные технические задачи.

Совершенствование процессов заключается в том, что процессы должны быть взаимосвязанными, стабильными, устойчиво управляемыми, эффективными, гибкими, предсказуемыми.

Для стимулирования инновационного развития СМК предлагается проведение ежегодных конкурсов по реализации новых проектов и инноваций. Конкурс может проводиться по номинациям (проекты и инновации по совершенствованию технических характеристик товара, проекты и инновации по развитию каналов доставки продуктов до потребителя, проекты по оптимизации распределения ресурсов и минимизации издержек компании). В конкурсе будут оцениваться как индивидуальные, так и групповые проекты. Принимать участие в конкурсе могут сотрудники и руководство компании. По окончании конкурса важно поощрить участников, а также необходимо учесть их достижения при формировании системы оплаты труда сотрудников.

Сбор и развитие идей предлагается осуществлять посредством использования электронного портала, где сотрудники могут делиться собственными идеями и мыслями и оценивать коллег. Организация электронной формы сбора инновационных идей необходима для поиска и получения определенной ценности (новых идей, предложений), способствующих развитию СМК в краткосрочной или долгосрочной перспективе.

Кроме того, увеличение гибкости и инновационности СМК требует от компаний проведения регулярной оценки результативности СМК, которая обязательно должна синхронизироваться с общей системой управления деятельностью компании. Оценку нужно проводить постоянно по следующим



направлениям: удовлетворенность потребителей; ресурсная обеспеченность – и ежемесячно по следующим направлениям: стоимость технологических процессов; уровень цифровизации СМК; квалификация персонала.

Оценка результативности СМК основана на следующих показателях: увеличение прибыли от реализации продукции; увеличение объема выпуска продукции; снижение потерь от брака и (или) уровня брака; рост затрат на обучение и стимулирование персонала в области качества; уменьшение вредного воздействия производства продукции на окружающую среду; повышение социального уровня жизни.

Для проведения такой оценки можно использовать различные математические методы, например, использовать стресс-тестирование, которое учитывает возможность выбора вида финансирования при возникновении дефицита бюджета организации от стрессовых ситуаций. Полученные результаты позволят разработать финансовые планы, которые минимизируют риски хозяйствующего субъекта. Оценивая потенциальные убытки, компания может построить планы по сопротивлению стрессовым ситуациям и провести анализ адекватности внедрения инновационной системы менеджмента качества [5; 8].

Компаниям необходимо регулярно проводить оценку мнений потребителей на специализированных сайтах и форумах, отвечать на жалобы клиентов, даже если они оставлены не на сайте компании. В конце года следует синхронизировать ее с результатами деятельности компании. Проведение непрерывной оценки СМК позволит выявить возможности для развития инициатив и реализации инноваций по повышению качества.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ УГЛУБЛЕННОГО ИЗУЧЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Литература и электронные ресурсы

1. Листопадова, Е.В. Система менеджмента как эффективный управленческий ресурс: организационные и социально-психологические аспекты / Е.В. Листопадова // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. - 2013. – т. 2. – № 4 (16). – С. 98-99.
2. Маклаков, А. Система менеджмента качества компании Fastwel: опыт внедрения и сертификации / А. Маклаков // Стандартизация и сертификация. – 2004. – № 1. – С.79-83.
3. Гончаров, Э.Н. Некоторые соображения по поводу идентификации процессов системы менеджмента качества / Э. Н. Гончаров // Стандарты и качество. – 2007. - № 9. – С. 70-76.
4. Словарь деловых терминов «BusinessDictionary.com» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.businessdictionary.com/definition/quality-management-system-QMS.html>. – Дата обращения: 30.10.2020
5. Борисова, Т.А. Системы менеджмента качества: учебное пособие / Т.А. Борисова, В.Я. Дмитриев; под ред. Е.В. Ушаковой; С.-Петербург. ун-т технол. упр. и экон. — СПб., 2017. — 168 с.
6. Левченко Е.В. Совершенствование инструментария оценки и развития системы менеджмента качества в условиях цифровой экономики: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Е.В. Левченко. – М., 2018. – 162с.
7. Управление качеством в России: опыт стран Европейского союза в стандартизации систем управления качеством: монография / И. А. Волкова, Т. А. Галынчик, О. А. Козлова [и др.]; под общ. ред. И. А. Волковой. – Ставрополь: Логос, 2018. – 182 с.
8. Дремина М.А. Проектный подход к разработке и внедрению систем менеджмента качества / Дремина М. А., Копнов В. А., Станкин А. – СПб., 2015.— 304с.



9. Антохина, Ю.А. Современные инструменты менеджмента и качества / Ю.А. Антохина. - СПб.: ГУАП, 2011. - 238 с.

10. Гродзенский, С. Менеджмент качества: Учебное пособие / С. Гродзенский. - М.: Проспект, 2019. - 200 с.

11. Позднякова У.А. Индустрия 4.0 как отрасль промышленности: понятий, сущность и особенности / Позднякова У.А., Боговиз А.В., Рагулина Ю.В. [Электронный ресурс] / Институт научных коммуникаций. – 2020. – Режим доступа: <http://www.archilab.online/konferentsii-2018-goda/36-2018-xxi/588-industriya-4-0-kak-otrasl-promyshlennosti-ponyatie-sushchnost-i-osobennosti> – Дата доступа: 10.11.2020.

12. Четвертая промышленная революция: Популярно о главном технологическом тренде XXI века [Электронный ресурс] – 2020. – Режим доступа:

[https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A7%D0%B5%D1%82%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%8B%D1%88%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8E%D1%86%D0%B8%D1%8F_\(Industry_%D0%98%D0%BD%D0%B4%D1%83%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%8F_4.0\)](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A7%D0%B5%D1%82%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%8B%D1%88%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8E%D1%86%D0%B8%D1%8F_(Industry_%D0%98%D0%BD%D0%B4%D1%83%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%8F_4.0)) – Дата доступа: 10.11.2020.

13. Абзалова Г. Р. Мотивация работников как результат качественного менеджмента / Г. Р. Абзалова, И. З. Шакирова, Р. М. Аминова // Экономика и бизнес: теория и практика. - 2019. - № 5, ч. 3. – С.5-8.

14. Артонкина Н. В. Менеджмент качества: мероприятия и новости / Н. В. Артонкина // Менеджмент качества. - 2019. - № 2. - С. 82-89

15. Артонкина Н. В. Современные тенденции в сфере менеджмента качества / Н. В. Артонкина // Менеджмент качества. - 2019. - № 1. - С. 2-12

16. Голощепова А. В. Система менеджмента качества: понятие, виды, результаты / А. В. Голощепова // Образовательная система: вопросы теории и практики : сб. науч. тр. - Казань, 2019. – С.259-261



17. Лимонова Е. В. Влияние факторов цифровизации компаний на результативность системы менеджмента качества / Е. В. Лимонова // Экономическая безопасность России: вызовы XXI века: сб. науч. ст. - Саратов, 2018. - С. 53-60.

18. Лимонова Е. В. Влияние факторов цифровизации компаний на результативность системы менеджмента качества / Е. В. Лимонова // Экономическая безопасность России: вызовы XXI века: сб. науч. ст. - Саратов, 2018. - С. 53-60.

19. Ковригин Е.А., Васильев В.А. Пути развития СМК в условиях цифровизации // Компетентность. — 2020. — № 6 – С.12-17

20. Попова Л.Ф. Формирование системы менеджмента качества на основе процессного подхода в управлении промышленными предприятиями // Вестник Пермского университета. Сер. Экономика. - 2017. - Т. 12. № 3. - С. 453–466.

21. Глазьев С.Ю., Харитонов В.В. Нанотехнологии как ключевой фактор нового технологического уклада в экономике. М.: Тривант, 2009

22. Andreeva T., Popova L., Yashin N., Zhulina E. Integration of Strategic and Quality Management in Oil and Gas Companies of Russia // Quality-Access to Success. 2018. Vol. 19. No. 163 (April). P. 81–84.

23. BIPM, IEC IFCC, ILAC, ISO, IU-PAC, IUPAP, OIML: Evaluation of measurement data – Supplement 1 to the “Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement” – Propagation of the distribution using a Monte Carlo method, 2008

24. Park S.H., Shin W.S., Park Y.H., Lee Y. Building a new culture for quality management in the era of the Fourth Industrial Revolution // TQM and Business Excellence. — Vol. 28. — No. 9. — P. 934—94

25. Dan Jacob. What is Quality 4.0? – Режим доступа: <https://blog.insresearch.com/quality40> – Дата доступа: 10.11.2020

26. Quality 4.0 – важная составная часть концепции Индустрии 4.0 – Режим доступа: <http://www.mka.ru/categories/82/18296/> – Дата доступа: 20.09.2020



27. Принципы концепции «качество 4.0» – Режим доступа: <https://www.plm-ural.ru/materials/chto-takoe-kachestvo-40> – Дата доступа: 20.08.2020

28. Стародубцева Е. Д. Цифровая трансформация подходов к мониторингу системы менеджмента качества на промышленном предприятии // Национальная концепция качества: государственная и общественная защита прав потребителей: сборник тезисов / под ред. Е. А. Горбашко. СПб.: СПбГЭУ, 2019. С. 175–178.

29. Черпакова Т. Что такое технология распределенного реестра? Режим доступа: <https://beincrypto.ru/learn/chto-takoe-tehnologiya-raspredeleennogo-reestra/> – Дата доступа: 15.08.2020

30. Григорьев С. Н. Перспективы развития инновационного аддитивного производства в России и за рубежом / С. Н. Григорьев, И. Ю. Смуров // Инновации. 2013. Т. 10. № 180. С. 76–82.

Технические нормативные правовые акты

СТБ ISO 9000-2015 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь»

СТБ ISO 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования»



ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Материалы для практического изучения учебной дисциплины «Современные тенденции развития методов обеспечения качества» представлены в виде практических занятий.

Практическое занятие 1.

Планирование. QFD – метод развертывания функции качества

Развертывание функции качества (Quality Function Deployment – QFD) – это методология [1] систематического и структурированного преобразования пожеланий потребителей (уже на ранних (первых) этапах петли качества) в требования к качеству продукции, услуги и/или процесса.

QFD-методология представляет собой оригинальную японскую разработку, в соответствии с которой [2] пожелания (установленные и предполагаемые потребности) потребителей с помощью матриц переводятся в подробно изложенные технические параметры (характеристики) продукции и цели ее проектирования. Представленную на рисунке 1.1 структуру (состоящую из нескольких таблиц-матриц), используемую в рамках QFD-методологии, из-за ее формы называют «домом качества» (quality house).

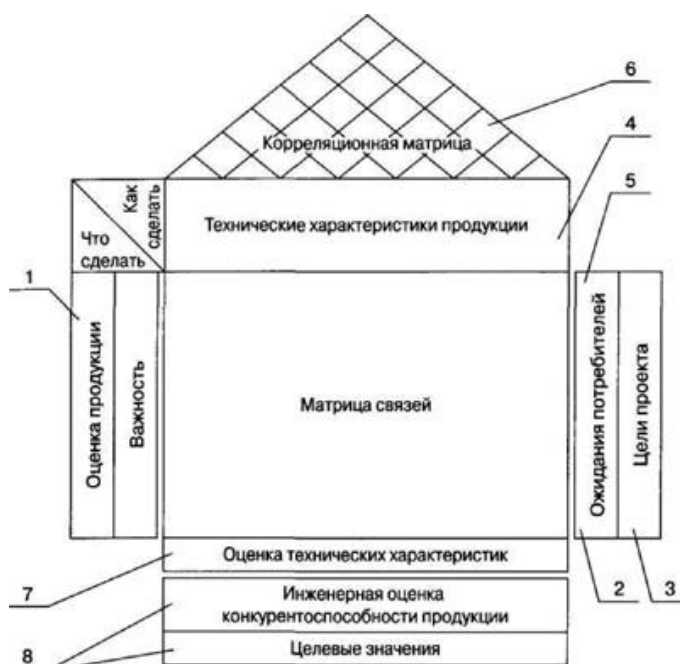


Рисунок 1.1 – Базовая структура QFD-диаграммы



Сначала важные (необходимые, критические) пожелания потребителей с помощью первого «дома качества» преобразовываются в детальные технические характеристики продукции, а затем (посредством трех последующих «домов качества») – в детальные технические требования сначала к характеристикам компонентов продукции, потом – к характеристикам процессов и, в конце концов, как к способам контроля и управления производством, так и к оборудованию для осуществления этого производства (рисунок 1.2). Эти технические требования к производству (к способу контроля и управления, а также и к оборудованию) должны обеспечить достижение высокого качества продукции.

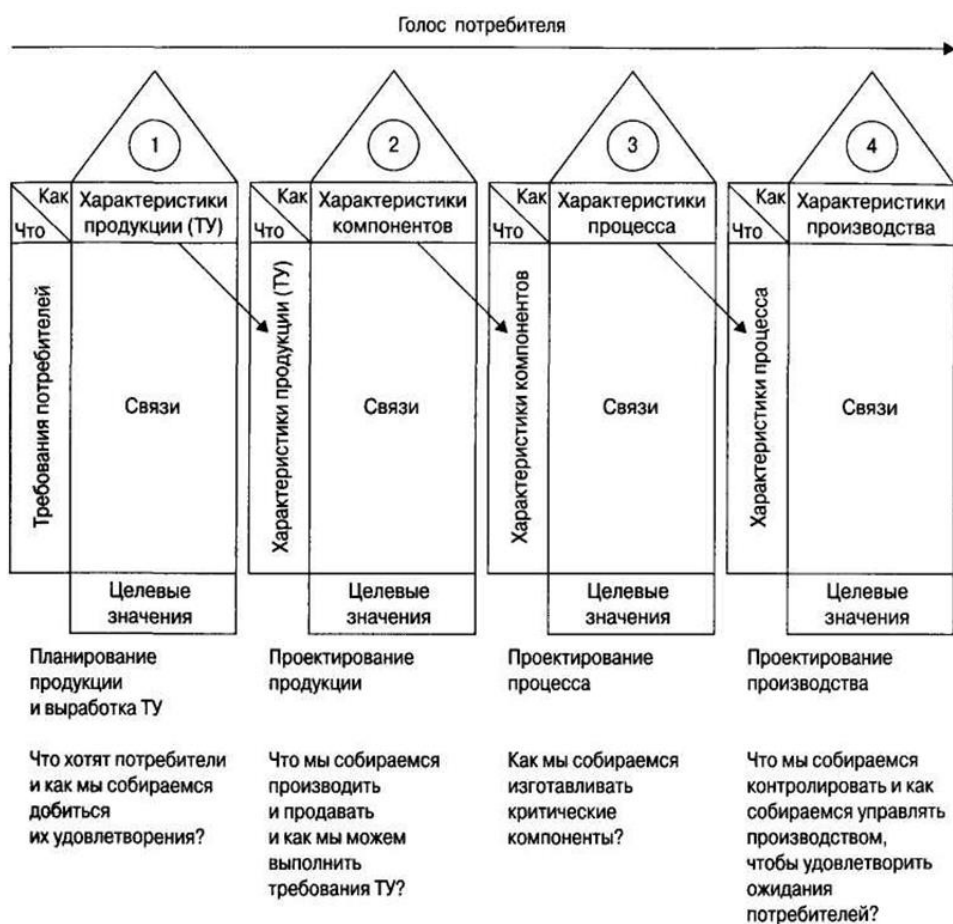


Рисунок 1.2 – Модель соединенных «домов качества»

Первый «дом качества» устанавливает связь между пожеланиями потребителей и техническими условиями, содержащими требования к характеристикам продукции.



Для второго «дома качества» центром внимания является взаимосвязь между характеристиками продукции и характеристиками компонентов (частей) этой продукции.

Третий «дом качества» устанавливает связь между требованиями к компонентам продукции и требованиями к характеристикам процесса. В результате устанавливаются индикаторы (критерии) выполнения важнейших (критических) процессов.

Наконец, с применением четвертого «дома качества» характеристики процесса преобразуются в характеристики оборудования и способы контроля технологических операций производства, которые следует применить для выпуска качественной продукции по приемлемой цене, что должно обеспечить высокий уровень удовлетворенности потребителей.

В результате применения QFD-методологии, помимо прочего, полученные требования к оборудованию и к технологическим операциям производства включаются в качестве неотъемлемых частей в стандартные рабочие инструкции для каждого шага производственного процесса.

В данном случае, главное внимание обращается на первый «дом качества», определяющий взаимосвязь пожеланий потребителей с техническими условиями (характеристиками) продукции.

QFD-методология используется для обеспечения лучшего понимания ожиданий потребителей при проектировании, разработке и совершенствовании продукции, услуг и процессов с применением все большей и большей ориентации на установленные и предполагаемые потребности потребителей.

Основная идея использования QFD следование требованиям потребителя на всех этапах жизненного цикла продукции, начиная с планирования выпуска, конечный результат производства будет соответствовать ожиданиям потребителя.

Методология QFD является оригинальной японской разработкой, при использовании которой, желание потребителей, их выявленные и предполагаемые потребности, при использовании матриц, представляются



четкими техническими требованиями к продукции на стадии ее проектирования. Базовую структуру QFD-диаграммы, представленную на рисунок 1.2, из-за ее формы называют «домом качества».

Для выявления ожиданий потребителей продукции используют профили качества и включает в себя три основных составляющих профиля качества:

- базовое качество;
- желаемое качество;
- требуемое качество.

Представим в виде графика (рисунок 1.3) зависимость степени удовлетворенности потребителя (расположим на оси ординат) от уровня реализации желанных параметров качества (отложим на оси абсцисс) произведенной продукции для трех составляющих профиля качества.

Базовое качество – это те параметры качества, наличие которых потребитель считает обязательными, но так как они не определяют ценности продукта для потребителя, потребитель может не указать эти параметры производителю. Однако, важно заметить, что отсутствие этих показателей качества приведет к негативной реакции потребителя.

Требуемое качество – это те технические и функциональные требования к продукции, которые потребитель заявляет. Именно по ним можно судить насколько готовый продукт соответствует требованиям потребителя, его ожиданиям, по ним можно определять ценность продукта в глазах заказчика.

Желаемое качество – это те ценности произведенного продукта, которые потребитель не ожидал получить. Именно этот фактор помогает опережать конкурентов производителя, дает толчок для прорыва на рынке.



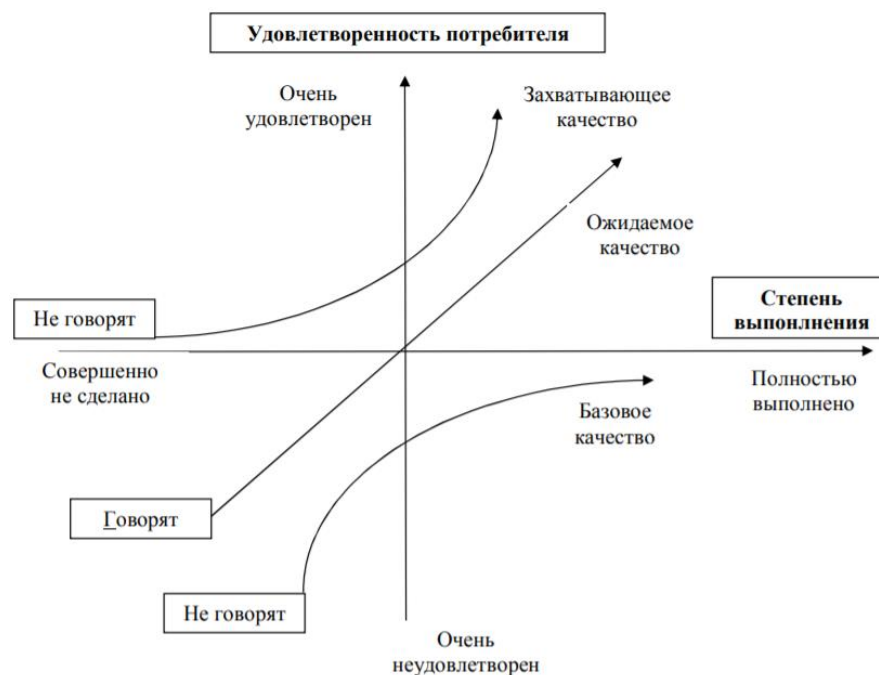


Рисунок 1.3 – Удовлетворенность потребителей

По графику четко видно, что когда значение параметров качества превосходят ожидания, то удовлетворенность потребителей увеличивается, при падении показателя качества, появляется неудовлетворенность потребителей.

Поддержание производимой продукции на должном уровне и улучшение технических характеристик продукта для поддержания его конкурентоспособности – одна из важнейших задач маркетинговой службы предприятия.

Используя информацию о требованиях потребителей к производимой продукции, применяют методологию Развертывания Функции Качества, которая основывается на нескольких ключевых элементах:

1. Уточнение требований потребителя. Для успешного решения этой задачи производитель должен четко понимать: что требует потребитель от производимой продукции, и как потребитель будет использовать данную продукцию.

2. Трансформация требований потребителя в общие характеристики продукта. Иначе говоря, решается вопрос «Как сделать?», как воплотить в техническом плане желания потребителя «Что сделать?».



3. Выявление силы взаимосвязи между «что» производить и «как». Эта взаимосвязь зависит от того, насколько важна та или иная техническая характеристика (Как) для удовлетворения определенного желания потребителя (Что).

4. Выбор цели. Здесь подразумевается выбор наиболее значимых параметров качества производимого продукта, которые будут не только соответствовать ожиданиям потребителя, но и смогут обеспечить конкурентоспособность товара на рынке.

5. Установление рейтинга важности компонента. По результатам опроса потребителей составляется рейтинг важности компонентов «что», и с учетом этого рейтинга определяется важность компонентов «как».

Для проведения такого преобразования необходимо определить соответствующий вес – значимость связей. Присвоение символам веса «9-3-1» показывает ощутимую разницу между важными компонентами рассматриваемых связей.

Каждая колонка оценки потребителя важности компонента умножается на вес, характеризующий важность взаимосвязи «как» и «что», результат вычислений записывается в конце колонки, наглядно демонстрируя важность той или иной характеристики создаваемого продукта.

Пример. Организация №1 занимается производством светодиодных светильников для офисных зданий, предпринимателей, различных строительных организаций, заводов. Для того, чтобы в перспективе увеличить продажи и получить большую долю на рынке необходимо выявить наиболее значимые для потребителя показатели качества продукции, перевести потребности клиента в технические характеристики продукции и проанализировать нуждаются ли технические компоненты продукции в изменении.

Итак, мы проанализировали полученные данные путем анкетирования и провели ранжирование требований потребителя по степени важности каждого требования. Результаты представлены на рисунке 1.4



Требование потребителя	Оценка важности потребителем
Длительный срок службы	5
Комфортное свечение	5
Энергосбережение	4
Безопасность	4
Защита от внешних воздействий	4
Простота монтажа	3
Разнообразие дизайнов	2

Рисунок 1.4 – Ранжирование по степени важности

На следующем этапе внедрения метода QFD необходимо перевести требования потребителя в технические требования согласно рисунку 1.5. Другими словами, нужно ответить на вопрос «Как сделать?» опираясь на требования потребителей «Что сделать?». К примеру, длительный срок службы достигается благодаря использованию проверенных комплектующих и контролю качества сборки. Безопасность используемых материалов можно повысить через использование проверенных комплектующих. Защита от внешних воздействий реализуется климатическим исполнением светильника.

Таким образом, составляется инженерный список характеристик продукции:

- многоступенчатая защита от перепадов напряжения;
- высокий уровень контрастности и индекс светопередачи;
- качественная сборка светильника;
- мощность освещения;
- использование светодиодов высокой интенсивности свечения.

Так как желания потребителей могут выглядеть противоречиво, то производителю необходимо расставить приоритеты в производстве. Важно выявить, что наиболее важно и значимо для возможной модернизации производства. Для следующего этапа применения QFD-метода необходимо произвести оценку степени тесноты взаимосвязей между потребительскими



требованиями и техническими характеристиками. Создаем матрицу связей между потребительскими требованиями и техническими характеристиками, в виде таблицы. На пересечении строк и столбцов разместим символы степени тесноты связи.

Обозначение связи:

- – сильная зависимость;
- – средняя зависимость;
- – слабая зависимость.

Требования потребителя	Оценка потребителя	Многоступенчатая защита от перепадов напряжения	Высокий уровень контрастности	Качественная сборка светильника	Мощность освещения	Использование светодиодов ВИС
Длительный срок службы	5	–		–		●
Комфортное свечение	5	●	–	○	–	●
Энергосбережение	4	➤		○		–
Безопасность	4	–		➤	➤	○
Защита от внешних воздействий	4			–		
Простота монтажа	3			–		
Разнообразие дизайнов	2			○		

Рисунок 1.5 – Степень тесноты взаимосвязи

На четвертом этапе выстраивается «Крыша дома качества» (рисунок 1.6), в ней определяется связь между техническими характеристиками качества, она позволяет проиллюстрировать, как при улучшении одних характеристик будут улучшаться, или ухудшаться другие характеристики светильников.

Положительную корреляцию обозначаем «+».



Требования потребителя	Оценка потребителя	Крыша дома качества					Использование светодиодов ВИС
		Многоступенчатая защита от перепадов напряжения	Высокий уровень контрастности	Качественная сборка светильника	Мощность освещения		
Длительный срок службы	5	-		-			•
Комфортное свечение	5	•	-	○	-		•
Энергосбережение	4	➤		○			-
Безопасность	4	-		➤	➤		○
Защита от внешних воздействий	4			-			
Простота монтажа	3			-			
Разнообразие дизайнов	2			○			

Рисунок 1.6 – Заполнение «Крыши дома качества»

Следующим пунктом нашей работы станет вычисление силы зависимости между желаниями потребителя и техническими характеристиками изделий. В каждой клетки матрицы определена зависимость между свойствами и параметрами светильников, с указанием силы взаимосвязи. Для понимания важности каждого компонента произведем цифровой подсчет, который представим на рисунке 1.7:

- – сильная зависимость – 9 баллов;
- – средняя зависимость – 3 балла;
- – слабая зависимость – 1 балл.



В каждой клетке высчитываем произведения оценки потребителя на баллы взаимосвязи.

Требования потребителя	Оценка потребителя						Использование светодиодов ВИС
		Многоступенчатая защита от перепадов напряжения	Высокий уровень контрастности	Качественная сборка светильника	Мощность освещения		
Длительный срок службы	5	-		-		•	
Комфортное свечение	5	•	•	○	-	•	
Энергосбережение	4	➤		○		-	
Безопасность	4	-		➤	➤	○	
Защита от внешних воздействий	4			-			
Простота монтажа	3			-			
Разнообразие дизайнов	2			○			
Сумма баллов		138	45	131	57	130	

Рисунок 1.7 – Цифровой подсчет значимости технических характеристик для потребителя

По сумме баллов каждого столбца выявляем приоритетность технических параметров. Произведем подсчет общей суммы баллов, общая сумма баллов составляет 501.

При рассмотрении получившихся результатов можно выделить самые приоритетные по техническим требованиям направления, способные в большей степени удовлетворить потребителей. В нашем случае приоритетными оказались «Многоступенчатая защита от перепадов напряжения», «Качественная сборка светильников» и «Использование светодиодов».



Шестым этапом построения Дома качества является заполнение его «Правой стены», в ней будут отражены сопоставления с конкурирующими организациями, в отношении требований потребителя.

В качестве основных конкурентов представим Организацию №2 и № 3, которые также занимаются производством светодиодной продукции и проведем сравнительный анализ, представленный на рисунке 1.8.

Требования Потребителей	Оценка потребителя	Организация № 1	Организация № 2	Организация № 3
Длительный срок службы	5	5	4	4
Комфортное свечение	5	5	4	5
Энергосбережение	4	4	4	4
Безопасность	4	5	5	5
Защита от внешних воздействий	4	4	5	4
Простота монтажа	3	5	5	5
Разнообразие дизайнов	2	3	4	4

Рисунок 1.8 – Сравнение с компаниями конкурентами

Далее необходимо рассчитать и заполнить «подвал дома качества». Вычисляем приоритетность в процентах, укажем единицы измерения технических параметров, проведем оценку технической и экономической трудности. Результаты представлены на рисунке 1.9.

После заполнения дома качества можно переходить к анализу полученной информации, для выработки рекомендаций для возможной модернизации светодиодных светильников. Для этого используем информацию из «Дома качества», учет полученных данных может способствовать повышению удовлетворенности клиентов.





Рисунок 1.9 – «Дом качества»

Таким образом, использование QFD-метода на примере светодиодных светильников помогло определить наиболее важные технические характеристики, влияющие на удовлетворенность потребителей продукцией завода. Это позволит предприятию выйти на крупный рынок как производителю высокотехнологичных светодиодных светильников.

При использовании метода QFD были выявлены наиболее важные технические характеристики – это многоступенчатая защите от перепадов напряжения, низкий уровень брака и использование качественных светодиодов, характеризующихся высокой интенсивностью свечения. Несмотря на внимание



производителя на эти проблемы, результаты построения «Дома качества» показывают важность именно этих элементов на выбор потребителя. На данном этапе развития рынка светодиодных светильников предприятию необходимо продолжать уделять этим аспектам большое значение, и ни в коем случае не ослаблять качество по этим параметрам.



Практическое занятие 2. УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Типовой алгоритм управления несоответствиями

Качество продукции – важнейший показатель конкурентоспособности предприятия. Для уменьшения затрат и достижения уровня качества, удовлетворяющего потребителя, нужны методы, направленные как на устранение дефектов (несоответствий) готовой продукции, так и на предупреждение причин их появления в процессе производства.

Вопрос применения тех или иных методов определяется, прежде всего, решаемыми задачами. Руководствуясь принципом системного подхода, задачи (а соответственно и статистические методы их решения) следует рассматривать в контексте с этапами процесса.

Типовой алгоритм качественным уровнем управления качеством производственного процесса, продукция которого по результатам контроля признана дефектной рассматривается по следующей схеме:

1. Выявление факторов, потенциально влияющих на качество продукции;
2. Выявление наиболее влияющих факторов;
3. Ранжирование наиболее влияющих факторов и их нормирование;

Очевидно, что эффективно изучить методологию управления качеством (решаемые задачи, статистические методы управления) возможно посредством последовательного анализа этапов типового алгоритма решения проблемы несоответствия продукции.

Далее рассмотрим каждый этап в отдельности.

2.1. Первый этап. Выявление факторов, потенциально влияющих на качество продукции

Производство изделий различного назначения по объему идентичных экземпляров делится на: единичное, мелкосерийное, серийное, массовое. Как правило, мы имеем дело с партией изготавливаемых изделий.

В каждой партии изделий имеет место неизбежная вариация значений показателей качества. Причины вариации: исполнитель, используемое оборудование, технология, условия производства (температура, влажность,



давление и т.д.). Вариация, в конечном счете, и определяет качество выпускаемой продукции, как степень соответствия требованиям.

Задача: определить причины возникновения бракованных изделий, возникающих в процессе производства и, соответственно, факторы, подлежащие контролю и управлению.

Одним из базовых инструментов управления качеством на этом этапе является принцип стратификации (расслоения данных).

Принцип предполагает, что начинать управление качеством следует с разделения проблемы (дефекта продукции) на условные группы. Каждая группа связана с определенными условиями, которые могли вызвать дефект в силу своей естественной вариации.

Первый шаг проведения стратификации – сбор данных. Должна быть разработана специальная форма для сбора данных о продукции, которая имеет дефекты.

Как минимум, данная форма должна регистрировать:

- время появления проблемы
- место появления проблемы
- описание проблемы
- причину проблемы
- сотрудников, ответственных за проблему
- действия по исправлению проблемы (коррекция и предупреждение)
- лиц, ответственных за проведение коррекции и предупреждения.

Формы сбора данных должны соответствовать потребностям организации.

Вот **пример** такой формы для производства, представлен в таблице 2.1.



Таблица 2.1 – Таблица анализа проблем цеха № 3

Дата	Сме-на	Линия	Продукция	Вид проблемы	Причина	Коррекция	Примечания
01.07.20	1	30-ка	Труба 145	Поломка линии	Поломка редуктора	Замена редуктора	Изменение плана
01.07.20	1	40-ка	Труба 621	5 м брака	Отклонение по ТУ	Регулировка техпроцесса	Толщина стенки
02.07.20	2	30-ка	Труба 145	Простой линии 2 часа	Нехватка персонала	Наказание прогулявших сотрудников	Петров А.П.
03.07.20	1	60-ка	Труба 521	3 м брака	Отклонение по ТУ	Регулировка техпроцесса	Коррозия

Для решения данной задачи мировой опыт управления качеством предлагает большой набор специальных технологий: методы экспертной оценки, «мозговой штурм», 4М, 5М, PISMOEA, SWIPE, IDEFO и т.д.

В основе приведенных технологий лежит **причинно-следственная диаграмма** (диаграмма К.Исикавы, диаграмма типа «рыбья кость»).

В управлении качеством причинно – следственные диаграммы тесно связаны с техникой «4М» (Material–Man–Machine–Method).

Техника «4М» – формализованная методика построения описания процесса производства изделия в виде причинно-следственной диаграммы, в которой возможные причины дефекта делятся на четыре класса: перерабатываемые материалы – персонал – оборудование – методики. В последнее время техника «4М» преобразовалась в технику «5М» (Material–Man–Machine–Method–Medium). Каждая из этих пяти основных причин может быть в свою очередь разделена на более подробные причины (причины второго уровня иерархии). Те, в свою очередь, соответственно могут разбиваться на еще более мелкие и так далее.

Для исследования причин дефекта изделия необходимо формировать команду специалистов. В состав команды должны входить специалисты, не только задействованные в процессе производства изделия, но и работники, не имеющие непосредственного отношения к процессу. Эта категория специалистов особенно важна, так как у них отсутствует «психологическая



инерция», и они могут «увидеть» причины дефекта, которого не замечают лица, привычные к процессу производства изделия.

Наиболее эффективным считается групповой метод анализа причин, называемый "мозговым штурмом".

Построение причинно-следственной диаграммы для анализа качества выпускаемой продукции выполняется в следующем порядке:

1. Уточняют следствие или проблему. Формируют диаграмму и вносят основные причины влияния. Рисуют основную горизонтальную линию со стрелкой, направленной слева направо, в острие которой вписывают ясно сформулированную проблему. К линии под наклоном пририсовывают боковые стрелки основных причин влияния на проблему, используя технику «5М».

2. Каждую основную причину анализируют с точки зрения наличия возможных более подробных причин влияния. Например, основная причина «Machine» по результатам анализа идентифицирована в виде двух дочерних причин: «Станок» и «Прибор». В этом случае к основной боковой стрелке «Machine» под наклоном пририсовывают две стрелки - причины второго порядка с названиями «Станок» и «Прибор».

Далее каждую причину второго порядка анализируют с точки зрения наличия возможных более подробных причин влияния. И так делают до тех пор, пока все выявленные источники не будут включены в диаграмму

3. Проверяют полноту: действительно ли учтены все возможные причины. Посредством визуализации могут легко обнаружиться еще и другие причины.

Рассмотрим пример построения и анализа причинно-следственной диаграммы (рисунок 2.1).





Рисунок 2.1 – Причинно-следственная диаграмма для анализа качества выпускаемой продукции

2.2 Второй этап. Выявление наиболее влияющих факторов

После того, как все факторы, влияющие на качество продукции, были выявлены необходимо отсеять наименее влияющие и оставить только значимые факторы.

Задача: из общего числа всех выявленных факторов отобрать только наиболее влияющие.

На качество продукции влияет большое количество факторов и каждый из них в большей или меньшей степени вносит вклад на выходное качество, то необходимо определить только те, которые в значительной степени влияют на качество продукции.

Одним из наиболее распространённых методов является метод корреляционного анализа (диаграмма разброса).

Диаграмма разброса применяется для исследования зависимости между двумя видами данных, например, для анализа зависимости:

- стойкости режущего инструмента от типа смазочно-охлаждающей жидкости;
- отклонения формы поверхности детали от типа шлифовального круга;
- шероховатости поверхности детали от жесткости станка и так далее.



Диаграмма разброса так же, как и метод расслоения, используется для выявления причинно-следственных связей между показателями качества и отдельными влияющими факторами.

Диаграмма разброса создается как график зависимости между двумя параметрами. Если на этом графике провести линию медианы (среднюю линию), он позволяет легко определить, имеется ли между этими двумя параметрами корреляционная зависимость.

Для создания диаграммы разброса, прежде всего, проводят сбор данных и представляют их попарно в таблице. Диаграмма разброса есть, по сути, набор точек (кластер) с координатами (x_i, y_i) , представленными на координатной плоскости XOY . Форма и расположение кластера точек на диаграмме разброса определяют различные варианты корреляции парных данных. Наиболее часто встречающиеся из них приведены на рисунке 2.2.

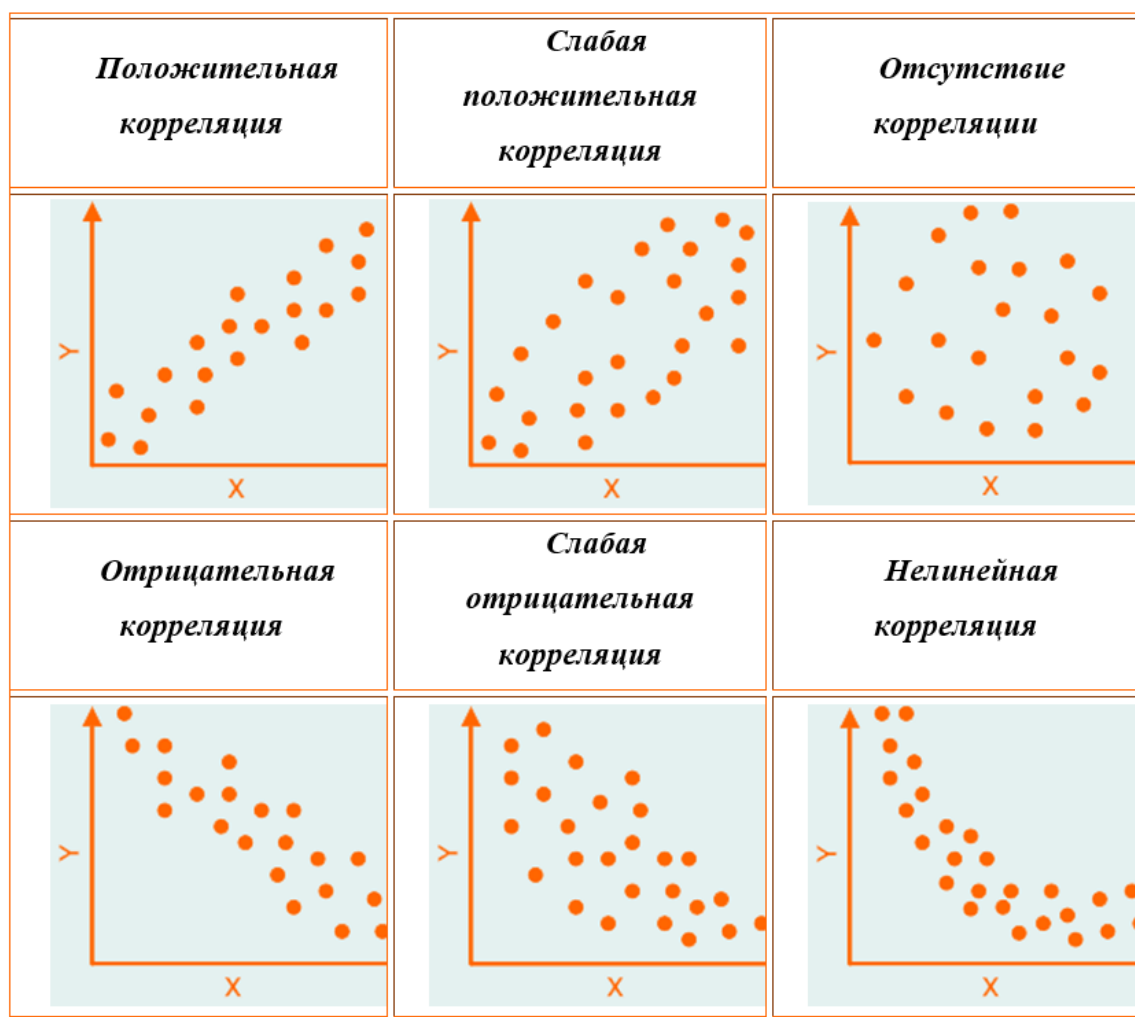


Рисунок 2.2 – Возможные варианты корреляции парных данных

Объектами анализа корреляции могут выступать:

- влияющий фактор (причина) – характеристика качества продукции (следствие);
- влияющий фактор 1 (причина 1) - влияющий фактор 2 (причина 2);
- характеристика качества 1 (следствие 1) - характеристика качества 2 (следствие 2).

Существуют различные методы оценки степени корреляционной зависимости. Одним из них является метод вычисления коэффициента корреляции r по формуле (2.1):

$$r = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{S_x S_y}, \quad (2.1)$$

где x_i, y_i – значения параметров x и y для i -го измерения;

\bar{x}, \bar{y} – средние арифметические значения величин x и y ;

S_x, S_y – стандартные отклонения величин x и y ;

n - число измерений в выборке (объем выборки).

Если $r = \pm 1$, это свидетельствует о наличии корреляционной зависимости, если $r = 0$, корреляционная зависимость отсутствует. Чем ближе коэффициент корреляции к 1, тем теснее зависимость между параметрами.

Эта диаграмма четко показывает, существует ли связь между двумя переменными:

- Позитивная связь – если X увеличивается, то Y тоже увеличивается.
- Негативная связь – если X увеличивается, то Y уменьшается.
- Нет связи – одно количество никак не соотносится с другим.

2.3 Третий этап. Ранжирование наиболее значимых факторов.

Задача: ранжировать выделенные на предыдущем этапе наиболее влияющие факторы и представить их в удобном виде для принятия дальнейших решений.

Диаграммы Парето могут выявить те немногие причины, которые причиняют наибольшие потери прибылям.



В простейшей формулировке принцип Парето состоит в предположении, что большая часть результатов вызывается относительно небольшим числом причин. В количественной формулировке 80 % всех проблем происходит из-за 20 % машин, исходных материалов или операторов. Точно так же 80 % благосостояния контролируется 20 % людей. Хорошо известно, что 80 % благотворительных фондов формируется только из 20 % возможных источников. Наконец, 80 % потерь из-за брака или переделок проистекает из-за 20 % возможных причин.

Диаграмма Парето – это столбчатая диаграмма, по оси X которой откладываются выявленные признаки, а по оси Y откладываются частоты возникновения признаков, их процентное соотношение и т.д. Признаки могут быть двух типов (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Типы признаков, отображаемых на диаграмме Парето

	Ось диаграммы X	Ось диаграммы Y
1. Вид конкретного дефекта изделия	Факторы – причины появления	Частоты возникновения данного вида дефекта по каждой из причин
2. Комплексный показатель качества изделия	Факторы – дефекты различных видов, определяющие комплексный показатель качества изделия	Частоты возникновения дефектов каждого вида

Диаграмма Парето является графическим отображением *правила Парето*. В менеджменте качества применение этого правила показывает, что значительное число несоответствий и дефектов возникает из-за ограниченного числа причин [3]. Коротко правило Парето формулируется как «**80 на 20**». Например, если применить это правило по отношению к дефектам промышленной продукции, то окажется, что 80 процентов дефектов возникает из-за 20 процентов причин.

Диаграмма Парето и правило Парето позволяют отделить ключевые факторы от малозначимых и несущественных. Это важная процедура с точки зрения эффективности управления качеством (затрат на качество).



Строится диаграмма Парето в следующем порядке:

1. Набираются статистические данные в отношении анализируемого вида признаков. Производится их систематизация. Определяется, сколько раз
 - появлялся дефект данного вида по причине каждого фактора, определенного как значимый на предыдущих этапах.
 - браковалось изделие по причине проявления каждого дефекта, определенного как значимый на предыдущих этапах,
2. Выполняется подсчет частот и ранжирование признаков по убыванию.
3. При необходимости каждому влияющему фактору присваиваются веса (коэффициенты влияния). Это может оказать существенное влияние на результат, который покажет диаграмма Парето.
4. Строится столбчатая диаграмма, на которой отмечаются признаки и их количественное значение.
5. Вычисляется и отображается на диаграмме линия кумулятивных значений признаков (например, накопленных процентов).
6. Выполняется анализ полученных результатов для разработки необходимых действий по решению проблемы.

АВС-АНАЛИЗ

После определения всех значимых признаков (влияющих факторов или видов дефектов), в отношении них должны быть приняты решения по корректирующим действиям или коррекции. Это, как правило, неизбежно ведет к значительным финансовым затратам.

На практике среди всех значимых признаков, ранжированных на диаграмме Парето, определяют так называемые «критические факторы», т.е. наиболее значимые. Экспертными методами довольно сложно решить задачу оптимизации по количеству критических факторов и затратам на корректирующие действия по ним. Для методической помощи экспертам в принятии решений можно использовать АВС-анализ.



Сущность ABC-анализа заключается в разделении всех влияющих признаков на диаграмме Парето на три группы - уровни значимости для качества:

1. Группа А-наиболее важные, существенные признаки. Относительный процент группы А в общем количестве признаков обычно составляет от 60 до 80%. Соответственно устранение причин группы А имеет наибольший приоритет;

2. Группа В – признаки, которые в сумме имеют не более 20%;

3. Группа С – самые многочисленные, но при этом наименее значимые признаки.

Таким образом, если последствия потерь от брака невысоки, то коррекция или корректирующие действия принимаются в отношении признаков из группы А. Если же риск потерь от брака высок, то дополнительно к группе А необходимо добавить признаки из группы В.

Пример. Обработка данных для анализа изготовления литых деталей, используемых в качестве втулок полумуфта для соединения валов (данные представлены в таблице 2.3).

Таблица 2.3 – Данные для анализа изготовления литых деталей

Виды несоответствия деталей	Количество несоответствий	Суммарное количество несоответствий	% соотношение несоответствий по видам	Кумулятивный % несоответствий
I	II	III	IV	V
Усадочные раковины	48	48	41,7	41,7
Газовая пористость	32	80	27,8	69,5
Коробление	23	103	20	89,5
Неметаллические включения	4	107	3,5	93,0
Прочие несоответствия	8	115	7,0	100
Итого	115	-	100	-

Таким образом, столбиковая диаграмма будет иметь следующий вид, представленный на рисунке 2.3:



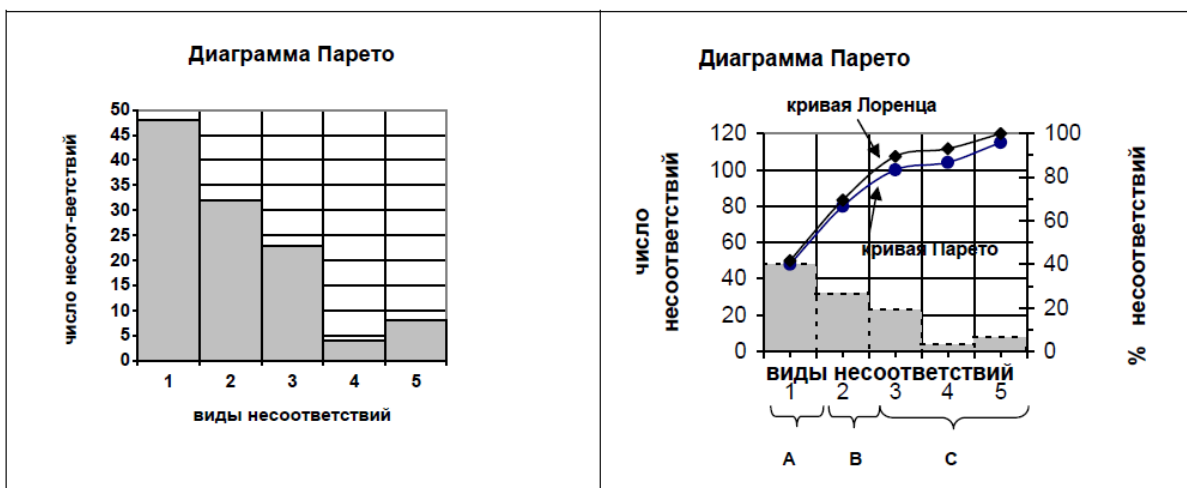


Рисунок 2.3 – Диаграмма Парето

Полученная диаграмма показывает, что существенному повышению качества литых деталей будут способствовать меры по устранению причин появления усадочных раковин.



Практическое занятие 3. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ

КАЧЕСТВА

Подход «Кайцен»

Стратегической целью организации является постоянное улучшение процессов для совершенствования деятельности организации и обеспечения выгоды ее заинтересованным сторонам.

Постоянное улучшение (согласно СТБ ISO 9000) – повторяющаяся деятельность по повышению пригодности.

Существует два подхода к совершенствованию процессов, продукции, систем:

- постепенный подход – совершенствование через серию мелких улучшений (подход Кайцен).

- кардинальный подход – реинжиниринг, принципиальные изменения как процесса, так и организационной структуры управления (подход Кайрио).

Между этими подходами нет противоречий. Они взаимно дополняют друг друга. Совместное последовательное применение двух путей улучшений позволяет организациям достигать существенных конкурентных преимуществ. На рисунке 3.1 подход «Кайцен» – пологий подъем, подход «Кайрио» – крутой подъем к новым достижениям.



Рисунок 3.1 – Подходы к совершенствованию деятельности Кайцен и Кайрио

При такой тактике эффект от одного мелкого шага будет практически незаметен. Но непрерывная серия мелких улучшений, как правило, дает эффект,



соизмеримый с тем, который обеспечивается реинжинирингом. Но при этом эффект будет достигнут при значительно меньших инвестициях. Данный подход характерен для японского менеджмента. Систему улучшения такого рода японцы называют Кайцен (KAIZEN).

Действия системы «Кайцен» по непрерывному улучшению направлены в основном на устранение проблем, возникающих в процессе производства. Философия «Кайцен» – это непрерывное изменение и совершенствование, заключающееся в анализе и модернизации процессов на стадии освоения новой продукции.

Основные направления деятельности в рамках подхода «Кайцен»:

- рабочее место – управление рабочим местом с целью оптимизации деятельности;
- неоправданные потери – процесс поиска и устранения действий в процессах, которые не добавляют ценности;
- стандартизация – процесс стандартизации процессов, оборудования, производственной среды и т.п.

Общий подход к совершенствованию процессов производства

Для оценки и анализа точности и стабильности технологических процессов используется нормальный закон распределения. Именно проверка соответствия закона распределения значений показателя результативности партии продукции в потоке технологического процесса закону распределения Гаусса – начальный этап выбора тактики совершенствования процесса.

Проверка соответствия осуществляется с целью ответа на вопрос, имеются ли у процесса особые причины изменчивости?

Механизм, лежащий в основе нормального распределения, можно представить следующим образом: имеется бесконечное число независимых случайных факторов, которые вносят вклад в значения наблюдаемой переменной – показателя результативности партии продукции.

Можно говорить о **двух возможных ситуациях** по результатам проверки соответствия:



1 ситуация. Результат проверки соответствия – закон распределения нормальный. Следовательно, ни один из влияющих факторов не имеет доминирующего значения. Все факторы процесса одинаково влияют на результат. При этом возможны 2 случая:

Случай 1 – процесс имеет нормальное распределение, но находится в статистически неуправляемом состоянии, индекс воспроизводимости $C_p \leq 1,33$;

Вывод: процесс «серьезно болен». Все факторы одинаково неблагоприятны. Для решения этой проблемы необходим реинжиниринг - кардинальный подход «Кайрио». Систему необходимо менять.

Случай 2 – процесс имеет нормальное распределение и находится в статистически управляемом состоянии, индекс воспроизводимости $C_p > 1,33$;

Вывод: процесс «здоров». Все факторы одинаково благополучны. Проблем нет, следует продолжать мониторинг процесса в ослабленном режиме.

2 ситуация. Результат проверки соответствия – закон распределения отличается от нормального. Следовательно, один или несколько факторов процесса вносят доминирующий вклад в значения наблюдаемой переменной.

Это тот самый случай, когда подход Кайцен является наиболее эффективным решением проблемы. Задача совершенствования сводятся к поочередному количественному анализу факторов процесса. Факторами могут выступать: технологии, оборудование, операторы, условия и т.д.

Данный случай – типичный. Улучшение происходит за счет решения серии частных задач. Процесс в целом остается неизменным.

Итак, для того, чтобы реализовать принцип улучшения процесса Кайцен, необходимо последовательно решить 3 задачи:

1 задача. Проверка соответствия закона распределения значений показателя результативности партии продукции в потоке технологического процесса закону распределения Гаусса.

2 задача. Для сравнения влияния двух объектов на показатели качества продукции и процесса производства в условиях повторяемости проверка гипотезы о равенстве выборочных средних значений (Например, одинаково



ли настроены станки-автоматы?).

3 задача. Для сравнения влияния двух объектов на показатели качества продукции и процесса производства в условиях повторяемости проверка гипотезы о **равенстве выборочных дисперсий или стандартных отклонений** (Например, одинакова ли точность станков-автоматов?).

Рассмотрим решение **1-ой задачи**. Оценку на нормальность распределений проводят по нескольким критериям, каждый из которых имеет свою мощность в определенных условиях. Наиболее часто применяется оценка по критерию χ^2 -квадрат Пирсона и λ Колмогорова-Смирнова.

Критерий χ^2 -квадрат Пирсона рассчитывается по формуле 3.1:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^m \frac{(f_i - f'_i)^2}{f'_i}, \quad (3.1)$$

где f_i и f'_i – эмпирическая и теоретическая частоты соответственно i -го интервала значений X ;

m – число интервалов разбиения.

Частота – количество значений показателя качества, попадающее в i -й интервал гистограммы, построенной на основе результатов измерений выборки изделий из партии.

Для вычисления критерия необходимо определить число степеней свободы, которое рассчитывается следующим образом (формула 3.2):

$$k = m - p - 1, \quad (3.2)$$

где p – число параметров теоретического распределения (так $p = 2$ для закона нормального и равновероятного распределения, $p = 1$ для закона эксцентриситета).

Используя таблицу вероятностей P для критерия χ^2 определяют, по значениям k и χ^2 , статистику $P(\chi^2)$. Если $P(\chi^2) \geq 0,05$, то гипотеза о совместимости эмпирического распределения массивов с распределением Гаусса принимается, а если нет - отвергается.

Критерий Колмагорова λ рассчитывается по формуле 3.3:



$$\lambda = \frac{|\sum_{i=1}^m f'_i - \sum_{i=1}^m f_i|}{\sqrt{n}}, \quad (3.3)$$

где $\sum_{i=1}^m f'_i, \sum_{i=1}^m f_i$ – накопленные теоретические и эмпирические частоты соответственно;

n – число единиц совокупности.

Функция $P(\lambda)$ табулирована. Если вероятность $P(\lambda) \geq 0,05$, то гипотеза о совместимости эмпирического распределения массивов с распределением Гаусса принимается, а если нет, то отклоняется.

Рассмотрим решение **2-ой задачи** – проверка гипотезы о равенстве выборочных средних с помощью критерия Стьюдента.

Суть данной задачи – использовать критериальные оценки для количественной оценки и анализа различия альтернативных объектов по «настроенности на размер». Объекты в нашем случае – два или несколько видов технологических процессов, технологического оборудования, операторов и т.д.

Критерий Стьюдента (частный случай многофакторного дисперсионного анализа).

Критерий направлен на оценку различий величин средних \bar{X}_1 и \bar{X}_2 двух выборок \bar{Y}_1 и \bar{Y}_2 , которые распределены по нормальному закону.

Сравнение двух средних с помощью t -критерия Стьюдента определяется по следующему алгоритму:

1. Определяется среднее значение \bar{X}_1 и \bar{X}_2 для каждой выборки;
2. Практически критерий t Стьюдента в общем случае рассчитывается по формуле 3.4:

$$t = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sqrt{\frac{n_1 \sigma_1^2 + n_2 \sigma_2^2}{n_1 + n_2}}} \cdot \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}, \quad (3.4)$$

3. Определяется число степеней свободы $k = n_1 + n_2 - 2$;
4. Используя таблицу критических точек распределения Стьюдента после заданного уровня $\alpha = 0,05$ и числа степеней свободы k , необходимо найти критическое значение статистики $t_{кр}$ для двусторонней критической области и сравнить с расчетным значением. Если $t \leq t_{кр}$, то гипотеза о равенстве случайных



средних значений принимается, а значит станки-автоматы устанавливаются на одинаковый размер.

В противном случае гипотеза отвергается. Различие средних значений размеров деталей, полученных на двух станках, рассматривается как значимый фактор. По результатам анализа принимается решение о корректирующих действиях.

Рассмотрим решение **3-ой задачи** – проверка согласованности двух случайных дисперсий с использованием F-статистики Фишера

Суть данной задачи - использовать критериальные оценки для количественной оценки и анализа различия альтернативных объектов по точности. Объекты в нашем случае – два или несколько видов технологических процессов, технологического оборудования, операторов и т.д.

Критерий Фишера используется для сравнения дисперсий двух генеральных нормально распределенных совокупностей.

Сравнение дисперсий с помощью F-критерия Фишера происходит по следующему алгоритму:

1. Определяются дисперсии σ_1^2 первой и σ_2^2 второй выборок в зависимости от объема выборок;

2. Критерий Фишера определяется по следующей формуле 3.5:

$$F = \frac{\sigma_{max}^2}{\sigma_{min}^2}, \quad (3.5)$$

где σ_{max}^2 и σ_{min}^2 – наибольшее и наименьшее значение σ_1^2 , σ_2^2 соответственно.

3. Определить число степеней свободы для двух выборок k_1 и k_2 ;

4. Используя таблицу F-распределения для уровня вероятности α и числа степеней свободы k_1 и k_2 , найти критическое значение статистики $F_{кр}$. Если $F < F_{кр}$ – то гипотеза о согласованности двух случайных дисперсий принимается, т.е. станки-автоматы имеют одинаковую точность и различия в величине разброса размеров деталей, изготовленные на двух станках, невелики.

В противном случае гипотеза отвергается. Различие дисперсий размеров деталей, полученных на двух станках, рассматривается как значимый фактор. По



результатам анализа принимается решение о корректирующих действиях.

Пример: Для сравнения точности и стабильности настроенных двух станков-автоматов взяты две выборки, объемы которых $n_1 = 10$ и $n_2 = 8$. В результате измерений контролируемого размера отобранных изделий получены следующие результаты, представленные в таблице 3.1:

Таблица 3.1 – Результаты измерений контролируемого размера изделий

<i>Первая выборка</i>										
x_i	,08	,10	,12	,14	,15	,25	,36	,38	,40	,42
<i>Вторая выборка</i>										
y_j	,11	,12	,18	,22	,33	,35	,36	,38.		

Можно ли считать, что станки одинаково настроены и обладают одинаковой точностью при уровне значимости 0,05?

Решение: Признак X – размер изделия, обработанного на первом станке-автомате. Признак Y – размер изделия, обработанного на втором станке-автомате. Пусть признаки имеют нормальный закон распределения. Расчеты выполняются в пакете Statistica.

1. Выдвигаем гипотезу о равенстве выборочных средних:

$$H_0: E(X) = E(Y),$$

$$H_1: E(X) > E(Y)$$

Проверим нулевую гипотезу по выборочным данным с помощью статистики t Стьюдента с помощью формулы 3.4:

$$t = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sqrt{n_1\sigma_1^2 + n_2\sigma_2^2}} \cdot \sqrt{\frac{n_1n_2(n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}} = 0,26;$$

Используя таблицу критических точек распределения Стьюдента для заданного уровня $\alpha = 0,05$ и числа степеней свободы k , определяем критическое значение статистики $t_{кр}$ для двусторонней критической области:

$$t_{кр}(\alpha, k) = t_{кр}(0,05; 16) = 2,119 \text{ и сравниваем с полученным.}$$

Так как $|t| < t_{двуст.кр}$ – гипотеза о равенстве двух средних отвергается, то можно утверждать, что станки настроены неодинаково.

2. Выдвигаем гипотезу о равенстве дисперсий:

$$H_0: D(X) = D(Y),$$

$$H_1: D(X) > D(Y);$$

Проверим нулевую гипотезу по тем же выборочным данным с помощью статистики Фишера по формуле 3.5 и получим 1,5.

Используя таблицу F-распределения для уровня вероятности α и числа степеней свободы k_1 и k_2 , найдем критическое значение статистики $F_{кр}$: $F_{кр}(\alpha, k_1, k_2) = F_{кр}(0,05; 9, 7) = 3,68$ и сравним с полученным.

Так как $F < F_{кр}$, то гипотеза о равенстве двух дисперсий принимается. Можно утверждать, что станки имеют одинаковую точность, то есть наблюдаемое расхождение между выборочными дисперсиями случайное.

Полученная информация является основой для принятия решения в отношении совершенствования процесса.

Так же одним из видов совершенствования через серию мелких улучшений может являться и коррекция.

После того, как ключевые параметры изделия нормированы, по результатам мониторинга процесса производства могут выявляться несоответствия – отклонения действительных значений параметры от нормы. Если параметр выходит за границу допустимых значений, то необходимо на первом этапе провести коррекцию.

Коррекция – действие, предпринятое для устранения обнаруженного несоответствия (без установления причин появления несоответствия).

Методы коррекции вырабатываются индивидуально в конкретной ситуации. исходя их вида несоответствия, с учетом ресурсных возможностей организации.

Как правило, применяются экспертные методы. Наиболее известные методы психологической активизации: метод аналогий, мозговой штурм, конференция идей, метод дельфийского оракула.



Действия по коррекции можно разделить на 3 вида:

1. Технологические

Пример: использование дополнительных видов обработки, таких как притирка, доводка.

2. Организационно-технические

Пример: **Проблема** – низкая точность изготовления колец подшипников качения. **Коррекция** – применение селективной сборки.

3. Конструкторские

Пример: **Проблема** – наличие осевого зазора в соединении между подшипником и крышкой корпуса. **Коррекция** – использование набора прокладок. Контроль зазора проводить измерительным щупом.

При систематическом появлении несоответствий параметра необходимо проводить корректирующие действия в отношении его (с исследованием причин, вызывающих несоответствие). Т.е. повторить в отношении данного фактора 1 – 3 этапы с применением статистических методов высокого уровня сложности.



Практическое занятие 4. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ

КАЧЕСТВА

Подход «Кайрио»

Крупное улучшение предполагает единовременное кардинальное преобразование процесса и требует, как правило, больших инвестиций. Оно связано с применением принципиально новых технологий, закупку нового оборудования, реформу системы управления производством и т.д.

Причинами, вызывающими необходимость данного подхода к совершенствованию процесса могут выступать:

- результаты мониторинга и полного анализа процесса, свидетельствующие о критических изменениях в системе;
- изменившиеся требования потребителей и заказчиков к продукции.

Так как подход «Кайрио» предполагает кардинальное преобразование процесса и требует больших затрат, то прежде чем его применить, необходимо подумать: а полностью ли реализован потенциал нашего процесса? Для ответа на этот вопрос применяются методы Г. Тагути.

Методы Г. Тагути

Техника Г. Тагути, как техника робастного перепроектирования продукции и процессов, ориентирована на массовое использование в рамках организации. Отличается относительной простотой реализации, несмотря на то, что содержит такие методы статистического моделирования высокого уровня как регрессионный и корреляционный анализы.

Основные положения робастного проектирования процессов по Г. Тагути:

1. Качество процесса определяется комплексом параметров продукции на выходе, показателями рабочей среды процесса, его инфраструктуры. Указанные параметры задаются в виде интервалов допустимых значений (полей допусков);
2. Удовлетворительное качество характеризуется положением действительных значений показателей качества процесса в пределах поля допуска. Высокий уровень качества характеризуется положением



действительных значений близко к целевому значению с минимальной дисперсией;

3. Каждый процесс является несовершенным от точки зрения текущего выбора номинальных значений факторов;

4. Можно, как правило, найти комбинацию номинальных значений факторов, снижающих неопределенность целевой функции (функции потерь качества);

5. Сверхнасыщенное ортогональное планирование экспериментов является эффективным методом организации сбора данных для робастного проектирования процессов;

6. Отношение "Сигнал/шум" (S/N), используемое при обработке и анализе данных позволяет, оценить влияние факторов на неопределенность целевой функции.

Функция потерь качества

Основная идея Г. Тагути заключается в том, что с удалением значения параметра X от номинального размера (в любую сторону от номинала) его качество снижается, даже если параметр еще находится в пределах поля допуска.

Г. Тагути функции потерь качества в зависимости от вида поля допуска параметра качества разделил на три вида:

1. «номинальное – лучшее»
2. «максимальное – лучшее»
3. «минимальное – лучшее»

Традиционное представление о качестве продукции заключается в том, что все изготовленные изделия являются в равной степени качественными, если их показатели качества соответствуют требованиям технической документации. Другими словами – внутри поля допуска потери качества равны нулю. Если же показатели качества выходят за границы поля допуска T , то потери качества объявляются неприемлемыми (так называемое допусковое мышление – рисунок 4.1).



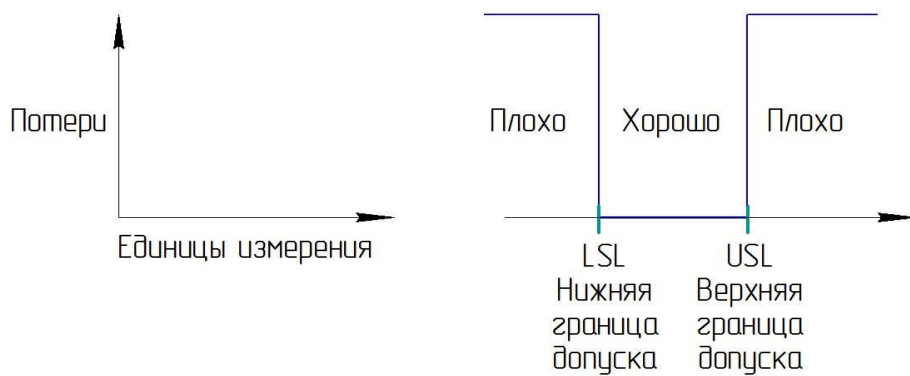


Рисунок 4.1 – Функция потерь качества для допускового мышления

В свою очередь Тагути предложил стоимостную функцию потерь качества $L(x)$, в соответствии с которой всякое отклонение значения показателя качества от номинала вызывает потерю качества. График функции потерь Г.Тагути – это парабола. Вертикальная ось – обобщенные потери качества. Горизонтальная ось - отклонение значения показателя качества от номинала. Ноль потерь в точке, где значение показателя качества совпадает с номинальным значением (рисунок 4.2).

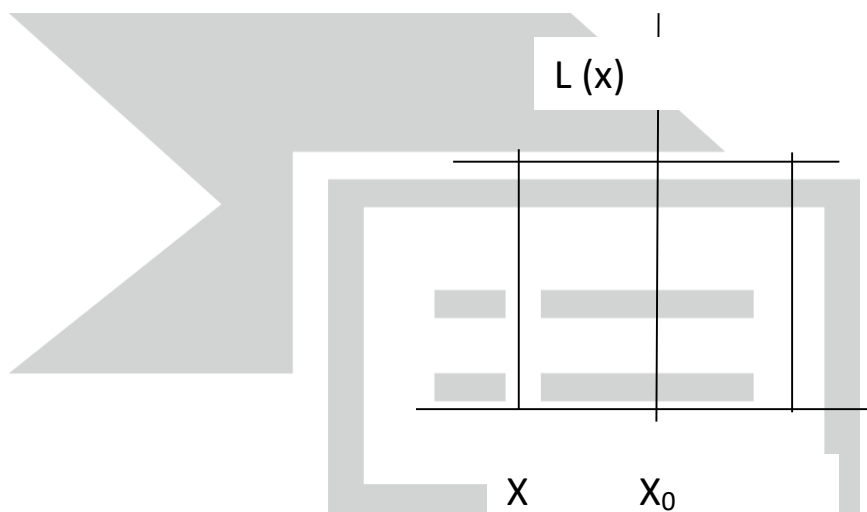


Рисунок 4.2 – Функция потерь качества («номинальное – лучшее»)

Уравнение (4.1) такой параболы имеет вид:

$$L(x) = c(x - x_0)^2, \tag{4.1}$$

где x – измеряемое значение показателя качества;

x_0 – ее номинальное значение;

$L(x)$ – значение функции потерь Г.Тагути в точке x .



Тагути предложил в качестве выходной характеристики $L(x)$ использовать отношение «сигнал/шум» $Z(t)$, используемое в электронике.

Варианты функции «сигнал/шум» $Z(t)$ представлены в (4.2) – (4.4):

1. В случае если как можно меньшее заданное значение Y является оптимальным:

$$Z(t) = -10 \lg \left(\frac{1}{n} \sum y_i^2 \right); \quad (4.2)$$

2. В случае если как можно большее заданное значение является оптимальным:

$$Z(t) = -10 \lg \left(\frac{1}{n} \sum \frac{1}{y_i^2} \right); \quad (4.3)$$

3. В случае если некоторое конечное заданное значение Y является наилучшим:

$$Z(t) = -10 \lg \left(\frac{\bar{y}^2}{s^2} \right), \quad (4.4)$$

где $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum y_i$, $s^2 = \frac{1}{n-1}$

Для реализации подхода робастного перепроектирования Тагути предложил оригинальную технику планирования промышленного эксперимента. Цель эксперимента – идентифицировать такие значения параметров проектирования, при которых влияние факторов помех на выходную характеристику «сигнал/шум» $Z(t)$ – минимально.

Под шумом понимают с одной стороны рассеяние компонентов продукта и влияний процесса, а с другой стороны, рассеяния влияния окружения и окружающей среды. Соответственно говорят о «внутреннем» и «внешнем» шуме. Отношение «сигнал/шум» – некоторая количественная мера изменчивости процесса при заданном наборе управляемых факторов.

Тагути использует оригинальные дробнофакторные планы эксперимента, т.е. при моделировании учитывает только главные линейные эффекты.

Пример плана эксперимента $L18$ для 8-ми переменных факторов, влияющих на математическое ожидание и дисперсию результата – показателя качества, представлен в таблице 4.1.



Таблица 4.1 – Пример плана эксперимента $L18$ для 8-ми переменных факторов

Номер испытания	Уровни переменных							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	2	2	2	2	2
3	1	1	3	3	3	3	3	3
.....
16	2	3	1	3	2	3	1	2
17	2	3	2	1	3	1	2	3
18	2	3	3	2	1	2	3	1

По результатам эксперимента производится обработка данных и их анализ.

Решение: сочетание уровней всех влияющих факторов, при котором значение характеристики «сигнал/шум» $Z(t)$ максимально.

Пример: Строительная компания «XXX» по производству черепицы приобрела туннельную печь для обжига и сушки. Печь для обжига и сушки представляла собой внушительное сооружение длиной 80 метров. Внутри печь для обжига и сушки была оборудована транспортирующим устройством – специальной тележкой с черепицей, медленно перемещаемой по рельсам мимо горелок, спекающих заготовки черепицы.

Обнаружилась проблема с новой печью. После обжига и глазурирования имели место значительная вариация в размерах единиц черепицы в каждой партии, и соответственно – высокий уровень брака. Было установлено, что больше 50 % черепицы имели размер вне установленного поля допуска. Специалисты установили причину. Неизбежная разница температур в различных точках сечения внутри печи – причина вариации в размерах черепицы.

Проблема могла бы быть решена подходом «Кайрио» посредством модернизации печи, обеспечивающей более однородную температуру по сечению. Модернизация обошлась бы компании по предварительным расчетам \$50.000 – \$ 80.000. Вместо этого, руководство компании решило применить



методику робастного перепроектирования процесса методом Тагути. Т.е. разработать способ уменьшить вариацию размеров черепицы в партии в условиях неоднородности температур в различных местах печи. Иными словами, попытаться добиться того, чтобы размер черепицы был не чувствителен (робастен) к вариации температуры в печи.

Руководство компании решилось провести промышленный эксперимент с целью исследовать влияние различных технологических факторов, которые могли бы затрагивать вариацию размеров черепицы. В результате тщательного анализа процесса в эксперимент были включены семь влияющих факторов управления, представленные в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Факторы управления

Факторы, влияющие на размер (усадку) черепицы		Допускаемые предельные значения факторов	
A	Количество известняка	A1=5%	A2=1% (имеющееся)
B	Мелкозернистость известняка	B1=крупные зерна (имеющееся)	B2=мельче
C	Количество агальматолита	C1=43%	C2=53% (имеющееся)
D	Тип агальматолита	D1=имеющийся	D2=новый
E	Загрузочное количество	E1=1300кг	E2=1200кг (имеющееся)
F	Количество побочных продуктов	F1=0%	F2=4% (имеющееся)
G	Полевой шпат	G=0%	G=5% (имеющееся)

Примечание – Все факторы легко контролируемые (управляемые).

Цель эксперимента – найти оптимальную комбинацию факторов управления, которая минимизирует вариацию размеров черепицы независимо от того, где черепица была размещена в печи. Реализован план промышленного эксперимента L8, который представлен в таблице 4.3



Таблица 4.3 – План промышленного эксперимента

№	Влияющие факторы управления (уровни варьирования)							Значение размера черепицы в различных местах печи					Среднее P_i	«S/N»
	A	B	C	D	E	F	G	P1	P2	P3	P4	P5		
1	1	1	1	1	1	1	1	151.9	151.4	150.4	150.2	149.6	150,7	44.2
2	1	1	1	2	2	2	2	151.5	150.8	150	149.4	149.1	150,2	43.6
3	1	2	2	1	1	2	2	153.1	151.8	151.8	151.4	150.6	151,7	44.5
4	1	2	2	2	2	1	1	152.2	151.3	151.1	150.6	150	151,0	45.3
5	2	1	2	1	2	1	2	151.5	150.8	150.6	150.2	149.7	150,6	47,0
6	2	1	2	2	1	2	1	156.5	152.1	150.3	148.5	144.6	150,4	30.7
7	2	2	1	1	2	2	1	154.5	153.3	151.8	150.4	149.6	151,9	37.5
8	2	2	1	2	1	1	2	153	152	151.3	150	149.5	151,2	40.5

Характеристика, которая должна быть оптимизирована – это размер черепицы P . Очевидно, что в данном случае имеет место задача «номинальное значение – лучшее», т. е. задача улучшения процесса с характеристикой, заданной двумя пределами.

Задача включает этапы:

1. Найти факторы, которые затрагивают вариацию, используя соответствующий коэффициент «S/N»;

2. Найти факторы, которые затрагивают среднее значение P_i , а не вариацию.

Как было сказано, первым шагом в анализе полученных экспериментальных данных по размерам черепицы является анализ коэффициента «S/N» с целью уменьшения вариации. Значения коэффициента «S/N» для случая функции потери качества «номинальное значение – лучшее» рассчитывался для каждой строки плана эксперимента по формуле (4.5):

$$\langle S/N \rangle = 10 \cdot \log_{10} (P_i^2 / \sigma_i^2), \quad (4.5)$$

где P_i – среднее значение размера черепицы P в i -ой строке плана;

σ_i^2 – дисперсия размера черепицы P в i -ой строке плана.



Большие значения «S/N» свидетельствуют о меньшей вариации. Следовательно, цель поиска – максимизировать значение «S/N».

Чтобы определить, какие факторы имеют существенный эффект на «S/N» можно вычислять разность между средними значениями обоих уровней. Большая разность означает более сильный эффект влияния фактора. Анализ коэффициентов «S/N» представлен в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Анализ коэффициентов «S/N»

Факторы	A	B	C	D	E	F	G
Уровень 1	44,4	41,4	41,4	43,3	40,0	44,2	39,4
Уровень 2	38,9	42,0	41,9	40,0	43,4	39,1	43,9
Разница	5,5	0,6	0,5	3,3	3,4	5,1	4,5

Это тот же процесс был повторен для получаемых средних значений размеров черепицы P_i , чтобы определить, какой фактор имеет влияние на значения P_i . Анализ показал, что ни один из факторов не имеет действительно сильного влияния на среднюю величину размера черепицы.

Проблема процесса в чрезмерной вариации размера P черепицы из-за вынужденного различного положения черепицы в тележке и, как следствие, из-за неизбежной неравномерности температуры.

Через анализ коэффициента «S/N» было найдено оптимальное условие, которое минимизировало вариацию в размере черепицы. То есть было найдено условие, которое делало процесс робастным по отношению к колебаниям температуры (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Анализ уровней факторов и выбор оптимальной совокупности Факторов

Фактор	Существующий	Оптимальный	Пояснения
1	2	3	4
A Количество известняк	A2=1%	A1=5%	A1 имеет лучший «S/N». Это наименее дорогой материал в черепице
B Мелкозернстость известняка	B1 = крупные зерна	B1 или B2	B не влияет на «S/N»



Окончание таблицы 4.5

1	2	3	4
С Количество агальматолита	C2=53%	C1=43%	C2 немного лучше в отношении «S/N»; это наиболее дорогой материал в черепице и уровень C1 выгоднее
D Тип агальматолита	D1	D1	Даже хотя D2 дешевле, D1 имеет более высокий «S/N», чем D2
E Загрузочное количество черепицы	E2=1200 кг	E2	При E1 имеет место большая производительность, но результаты имеют большую вариацию
F Количество побочных продуктов	F2=4%	F1=1%	Это единственный фактор, для которого принят более «дорогой» уровень для того, чтобы снизить вариацию
G Полевой шпат	G2=5%	G2=5%	G2 имеет более высокий «S/N», чем G1

В ходе проведенного анализа была выявлена итоговая оптимальная по всем аспектам: **A1, B2, C2, D1, E2, F1, G2**, при которых процесс стал бы робастен в отношении вариации размеров черепицы из-за неоднородности температуры в печи. Это позволило решить проблему за счет «внутренних резервов» процесса и сэкономить инвестиции предприятия.

Если анализ и исследование функции по методу Г. Тагути показывают отрицательный результат. Т.е. нет практической возможности вписать показатель качества в пределы поля допуска путем изменения факторов процесса, тогда есть все основания для принятия решения об использовании подхода «Кайрио». Неизбежное решение в таком случае – реинжиниринг процесса: разработка новых технологий, закупка нового оборудования.



Практическое занятие 5. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ

КАЧЕСТВА

Применение методов Тагути для совершенствования методики испытаний

Главная целевая направленность концепции или, как ее часто называют философии Тагути – это повышение качества с одновременным снижением его стоимости.

Традиционно в статистических методах качество и стоимость рассматривались отдельно, причем качество считалось главным фактором. Вначале, на этапе проектирования, определялись вредные характеристики качества, исследовался их разброс, и, если он не выходил за установленные пределы, характеристики принимались. Затем на основании полученных характеристик рассчитывалась стоимость изделия. Если она оказывалась выше заданной величины, то методом последовательных приближений уровень качества и стоимость подстраивались так, чтобы стоимость приближалась к расчетной величине.

Концепция Тагути разделяет жизненный цикл продукции на два этапа. К первому относится все, что предшествует началу серийного производства (научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, проектирование, опытное производство и отладка). Второй этап – собственно серийное производство и эксплуатация. В отличие от принятого подхода, предусматривающего контроль качества главным образом на втором этапе, а точнее - в условиях серийного производства. Тагути, считает, что основы качества закладываются в начале жизненного цикла продукции (и чем раньше, тем лучше). В связи с этим главное в исследовании проблем качества переносится на первый этап жизненного цикла продукции. Подобный подход позволяет построить работы на данном этапе таким образом, чтобы значения характеристики продукции были в наименьшей степени подвержены разбросу за счет несовершенства технологии, неоднородности сырья, вариации условий окружающей среды и других помех, неизбежных в производстве и эксплуатации.



Как показал Тагути, все переменные можно разделить на два типа: управляемые факторы, т.е. переменные, которыми можно управлять и практически и экономически (сюда относятся, например, управляемые размерные параметры), и шумовые факторы, т.е. переменные, которыми на практике управлять трудно и дорого, хотя их можно сделать управляемыми в условиях планируемого эксперимента (например, вариация внутри диапазона допусков). Цель такого разделения состоит в том, чтобы найти такую комбинацию значений управляемых факторов (например, переменных конструкции или процесса), которые обеспечат проектируемому объекту максимальную устойчивость к ожидаемой вариации в шумовых факторах.

Чтобы обеспечить робастность производства надо начинать программу работ по качеству уже на стадии предварительного проекта. В ходе проектирования можно позаботиться обо всех видах шумовых факторов. Если же заняться этим только на стадии конструирования или в самом ходе технологического процесса, то останется возможность воздействия лишь на те шумы, которые обусловлены неполадками технологического процесса.

Процесс проектирования (разработки) по методам Тагути складывается из трех этапов:

а) Контроль качества на стадии НИР и ОКР;

Процесс проектирования изделия удобно разделить на три этапа:

1) проектирование системы, направленное на создание базового прототипа, обеспечивающего выполнение желаемых или требуемых функций. На этом этапе выбираются материалы, узлы, блоки и общая компоновка изделия;

2) выбор параметров. Этот этап введен Тагути. Задача заключается в том, чтобы выбрать значения (их часто называют уровнями) переменных, задающих как можно более близкое к желаемому поведение узлов, блоков и все системы. Выбор производится по критерию робастности при условии обеспечения номинала. Ключевую роль на этой стадии играют методы планирования эксперимента;



3) разработка допусков на готовую продукцию. Необходимо найти такие допуски, которые были бы наиболее экономически оправданными. При этом важно учитывать как потери, обусловленные отклонениями от номинала, так и потери, связанные с введением большого числа типоразмеров комплектующих узлов.

б) Контроль качества при конструировании и изготовлении технологического оборудования и оснастки;

Цель производства – экономное получение однородной продукции. На этом этапе проявляются те же три момента, но применительно к новой проблеме:

1) проектирование системы, выбор отдельных процессов и их объединение в технологическую цепочку;

2) выбор параметров, оптимизация всех переменных технологического процесса для сглаживания шумовых эффектов, появляющихся в ходе производства;

3) разработка допусков, устранение причин несоответствий.

в) Текущий контроль качества в ходе производственного процесса;

Это повседневная работа обслуживающего персонала, которая включает:

1) управление процессом – это управление условиями ведения технологического процесса;

2) управление качеством, измерение качества продукции и корректировку процесса, если это необходимо;

3) приемку – проведение, если это возможно, 100 %-ной проверки, на основании которой выбрасывают или исправляют бракованные изделия и отгружают потребителю годную продукцию.

Особенно эффективна система Тагути на этапе параметрического проектирования. Ключевую роль здесь играет использование нелинейных зависимостей, существующих между уровнями переменных и значений факторов шума.

Причинами, вызывающими необходимость совершенствования системы измерений, могут выступать:



- результаты мониторинга и полного анализа системы, свидетельствующие о критических изменениях в системе,

- изменившиеся требования к системе измерений

Процесс совершенствования системы измерений в соответствии с классическими принципами менеджмента качества процессного и системного подходов, с одной стороны, и установленными критериями соответствия, с другой стороны, может быть реализован по одному из двух направлений:

- через совершенствование структуры самого процесса измерений,

- через совершенствование ресурсов, участвующих в процессе измерений

(рисунок 5.1).

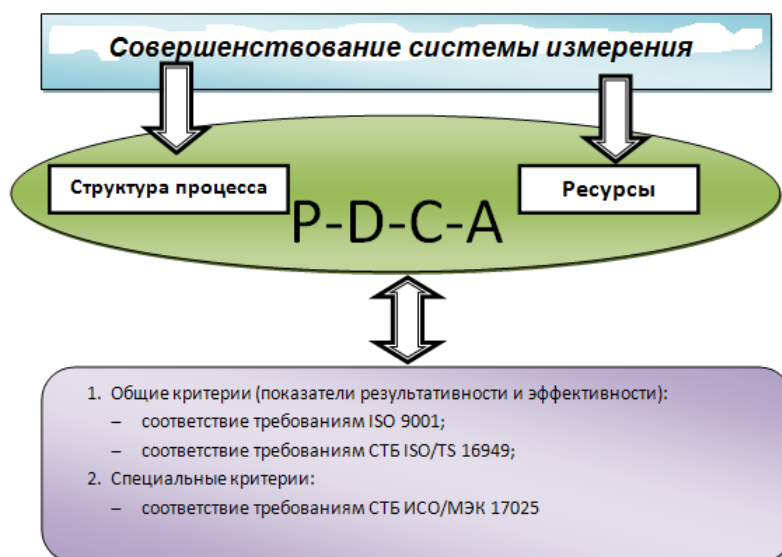


Рисунок 5.1 – Совершенствование системы измерения

Для совершенствования системы измерений можно рекомендовать все известные классические методы, включая метод мозгового штурма, метод пяти «S», анализ видов и последствий отказов – FMEA, статистическое управление процессами – SPS, анализ затрат на качество – ФСА и т. п.

В качестве примера совершенствования системы управления измерениями можно привести разработку эффективных альтернативных методик испытаний методами, обеспечивающими их достоверность, объективность и воспроизводимость на примере НПО «XXX».



НПО «ХХХ» специализируется на производстве цилиндров гидропривода тормозов автомобильной техники. Значимость цилиндров гидропривода тормозов, с точки зрения обеспечения безопасности дорожного движения, заставляет разработчиков и производителей изделий подтверждать, что выпускаемые изделия обеспечивает требуемый уровень всех критических (влияющих на безопасность) свойств. Приемосдаточным испытаниям по критическим свойствам должно подвергаться каждое изделие. Действующая методика испытаний цилиндров гидропривода тормозов предполагает моделирование реальных условий эксплуатации – проведение гидравлических испытаний с использованием тормозной жидкости давлением $P = 20$ МПа в течение 2 мин. Критериями годности при гидравлических испытаниях являются отсутствие утечек и падение давления в процессе испытаний не более, чем на 1 МПа.

Такие испытания с непосредственным моделированием реальных условий эксплуатации достаточно длительные и дорогостоящие. После процедуры испытаний с использованием тормозной жидкости теряются потребительские свойства продукции по внешнему виду, по срокам хранения и т.п. Для их восстановления требуется дополнительная предпродажная подготовка, а значит дополнительные затраты. В связи с этим остро встала задача разработки эквивалентного метода испытаний, позволяющего быстро, с минимальными затратами, без потери достоверности информации о потребительских свойствах изделий (цилиндров гидропривода тормозов) подтвердить соответствие параметров, определяющих безопасность. При этом вероятность того, что эквивалентный метод может не выявить наличие имеющегося дефекта, должна быть сведена к минимуму.

Методом мозгового штурма была выдвинута следующая гипотеза. Наиболее приемлемой заменой гидравлического принципа испытаний герметичности под давлением является пневматический принцип испытаний. То есть гидроцилиндры могут испытываться не с помощью тормозной жидкости



под давлением, а с помощью сжатого воздуха, по степени утечки которого можно судить об их герметичности.

Была поставлена задача: разработать альтернативную методику испытаний, основанную на пневматическом принципе, эквивалентную аттестованной методике гидравлических испытаний гидроцилиндров. Риск потребителя должен составить не более $\beta = 0,00005$.

Очевидно, что основная сложность данной задачи определяется жестким уровнем риска потребителя $\beta = 0,00005$, который был задан заказчиком.

Различия свойств рабочего тела, непредназначенность цилиндров к работе в пневмосистеме привели к выводу: традиционный подход испытаний, когда объект испытаний рассматривается как «черный ящик», на вход которого подаются предписанные значения входных параметров, а на выходе регистрируются значения результирующих параметров, неприемлем. Задачу надо рассматривать шире в отношении количества и качества влияющих факторов, определяющих методику оценки параметров герметичности гидроцилиндров.

Для решения поставленной задачи с помощью методологии IDEF0 была составлена функциональная модель испытаний гидроцилиндров на герметичность пневматическим методом. Была разработана функциональная модель испытаний с декомпозицией подпроцессов до четвертого уровня иерархии. На рисунке 5.2 представлена только контекстная диаграмма функциональной модели процесса.



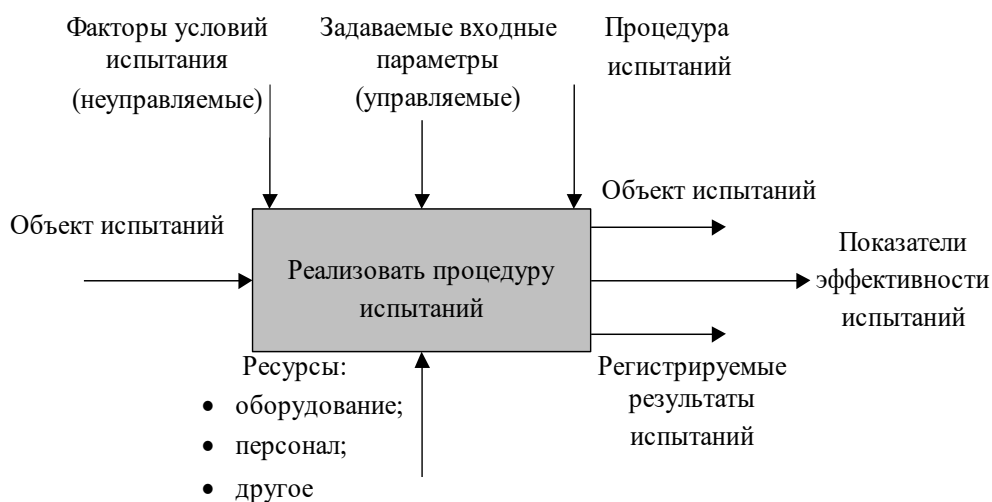


Рисунок 5.2 – Функциональная модель испытаний
(контекстная диаграмма верхнего уровня)

Реализация процессного подхода на начальном этапе позволила исследовать «сущность» испытаний, что соответствует принципам робастного проектирования параметров процессов Г. Тагути. Экспертный анализ модели позволил идентифицировать всю «систему испытаний», включающую операции, ресурсы, управляющие факторы (условия испытаний), а также их взаимосвязи и взаимозависимости.

Системный подход к решению данной задачи дал возможность с гарантией определить и зарегистрировать весь комплекс влияющих факторов. Было установлено, что наиболее влияющими на результаты испытаний герметичности пневматическим методом являются следующие факторы:

- давление воздуха (P);
- время выдержки под давлением (T);
- падение давления воздуха за время выдержки (ΔP).

Остальные факторы (свойства воздуха, утечки во всей системе, различие в динамике истечения воздуха и жидкости и т.д.), влияние которых на качество пневматических испытаний были признаны экспертами малозначимыми, на первом этапе не учитывались.

Алгоритм решения поставленной задачи по разработке эквивалентной методики пневматических испытаний можно представить в виде последовательности 4 этапов:



1. Сформировать исследуемую выборку гидроцилиндров с априори известными характеристиками, имеющими высокую степень доверия.

2. Установить условия испытаний выборки гидроцилиндров пневматическим давлением (значения факторов), провести измерения, зафиксировать и обработать результаты оценить риски поставщика α и потребителя β .

3. Провести оптимизацию методики альтернативных испытаний с применением методов планирования эксперимента по критерию достижения значений α и β , удовлетворяющих все стороны.

4. Аттестовать альтернативную методику испытаний.

1 этап. Формируется партия объемом 50...100 гидроцилиндров, характеристики которых определены по результатам гидравлических испытаний с высокой степенью доверия. В этой партии должно быть примерно 50 % годных и 50 % негодных индивидуально идентифицированных цилиндров. Для исключения методической составляющей, отличающей альтернативные пневматические испытания от гидравлических, необходимо отбирать гарантированно годные и негодные гидроцилиндры, используя как статистические подходы (критерии годности), так и детерминированные подходы, например, основанные на коэффициентах запаса. С учетом достаточно жесткого риска потребителя рекомендовано использовать второй подход. Практически это можно реализовать, например, таким образом: «годные» гидроцилиндры (первая часть партии) отбираются и идентифицируются по существующей методике, но при повышенном на 10 % давлении жидкости ($P = 22$ МПа), «негодные» (вторая часть партии) – при пониженном на 10 % давлении жидкости ($P = 18$ МПа). Допускается вторую часть партии формировать при предписанном существующей методикой давлении ($P = 20$ МПа), чтобы не создавать «разрыва» между параметрами обеих частей партии.

Минимальное количество образцов в партии (50) принято на этапе разработки альтернативной методики пневматических испытаний таким потому,



что в рамках такого объема выборки уже можно оценивать дисперсию по критерию χ^2 Пирсона ($n > 50$).

«Негодные» (от 1 до n) и «годные» (от $n+1$ до N) гидроцилиндры сводят в одну партию общим объемом $N = 50 \dots 100$ штук. Каждый образец снабжен идентификационным знаком.

2 этап. Проводится серия испытаний на герметичность пневматическим методом и анализе результатов испытаний уже отобранной на первом этапе партии цилиндров по методике, используемой на предприятии в настоящий момент: давление воздуха $P = 3$ МПа, время выдержки под давлением $T = 3$ с. Условия испытаний приняты на основании практических соображений и являются неоптимальными в количественном и качественном отношении.

Регистрируемые значения падения пневматического давления ΔP^0 сводим в таблице 5.1

Таблица 5.1 – Значения давления

Идентификационный номер цилиндра	Результаты гидравлических испытаний на 1-м этапе (элемент прослеживаемости)	1-е измерение	2-е измерение	3-е измерение	4-е измерение	5-е измерение	Диапазон рассеяния при фиксированной доверительной вероятности
1	негоден	ΔP^0_{11}	ΔP^0_{12}	ΔP^0_{13}	ΔP^0_{14}	ΔP^0_{15}	$\Delta P^0_{1 \text{ ср.}} \pm \Delta^0_{1}$
2	негоден	ΔP^0_{21}	ΔP^0_{22}	ΔP^0_{23}	ΔP^0_{24}	ΔP^0_{25}	$\Delta P^0_{2 \text{ ср.}} \pm \Delta^0_{2}$
.....
$n+1$	годен
.....
$N=50 \dots 100$	годен	ΔP^0_{n1}	ΔP^0_{n2}	ΔP^0_{n3}	ΔP^0_{n4}	ΔP^0_{n5}	$\Delta P^0_{n \text{ ср.}} \pm \Delta^0_{n}$

Примечание – Количество измерений по каждому цилиндру может быть скорректировано в большую или меньшую сторону (но не менее 3) в зависимости от значений неопределенности Δ^0_i .



Статистический анализ полученных данных рекомендуется проводить с помощью универсального пакета STATISTICA (StatSoft, Inc.).

Для получения общей картины построим гистограмму результатов испытаний. Разобьем диапазон значений $[\Delta P^0_{1 \text{ ср. min}} ; \Delta P^0_{1 \text{ ср. max}}]$ таблицы 5.1 на поддиапазоны (7...15 позиций), подсчитаем соответствующие частоты и построим гистограмму для всей исследуемой партии цилиндров объемом N . Ожидаемая форма гистограммы приведена на рисунке 5.3. Такая «вытянутая» форма гистограммы с «утяжеленными» концами определяется методикой формирования выборки с гарантированными «негодными» и «годными» образцами. Форма гистограммы может соответствовать трапецевидному или равновероятному законам и даже антимодальному.

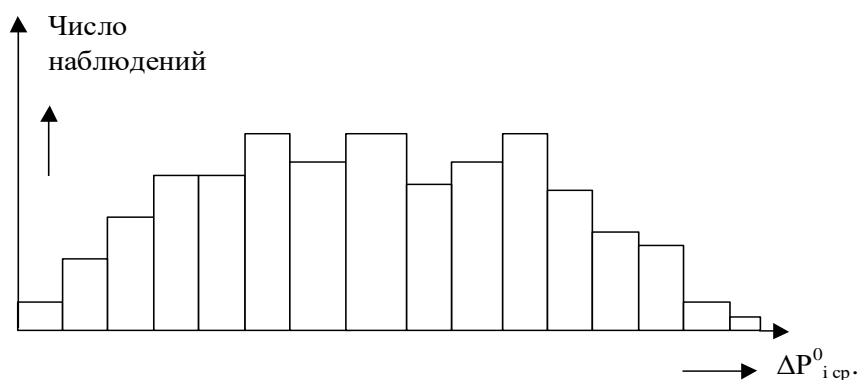


Рисунок 5.3 – Ожидаемая гистограмма результатов пневматических испытаний отобранной (аттестованной) партии гидроцилиндров при условиях:

$$P = 3 \text{ МПа}, T = 3 \text{ с}$$

Разделим гистограмму результатов испытаний всей исследуемой аттестованной партии на две в соответствии с принадлежностью к «годным» или «негодным» гидроцилиндрам. На рисунке 5.4 они показаны разным цветом.



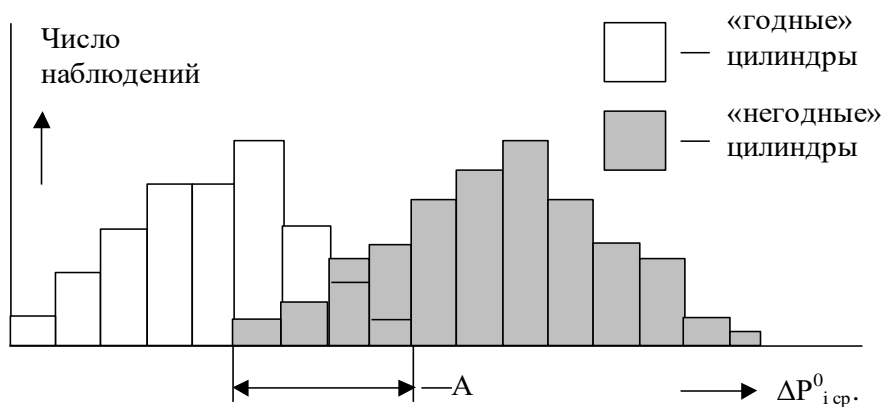


Рисунок 5.4 – Ожидаемые гистограммы пневматических испытаний отобранной (аттестованной) отдельно «годных» и «негодных» цилиндров при условиях:

$$P = 3 \text{ МПа}, T = 3 \text{ с}$$

Для обеих гистограмм законы распределения должны быть близкими к нормальным, что определяется стабильностью (отработанностью) технологического процесса изготовления и испытаний гидроцилиндров. Наибольший интерес на рис. 5.4 представляет появившаяся в результате пневматических испытаний зона **A** – зона риска неправильной идентификации цилиндров. Напомним, что эта зона была искусственно ликвидирована при формировании партии образцов методами гидравлических испытаний путем введения коэффициентов запаса. Зона **A** – область таких $\Delta P_{i \text{ ср.}}^0$, по значениям которых гидроцилиндр при испытаниях пневматическим давлением может быть отнесен как к категории «годных», так и к категории «негодных» (рисунки 5.4, 5.5).



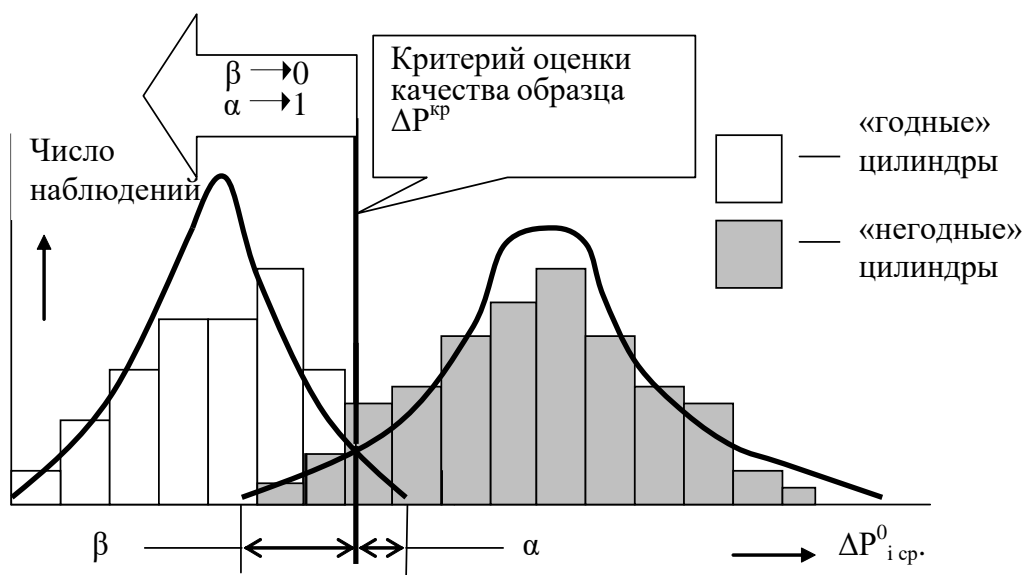


Рисунок 5.5 – Подбор теоретических законов распределения пневматических испытаний отдельно для «годных» и «негодных» цилиндров и оценка рисков поставщика α и потребителя β

В результате задача разработки методики альтернативных испытаний пневматическим давлением сводится к нахождению критерия оценки соответствия цилиндров – такого падения давления $\Delta P^{кр}$ (при $P = 3$ МПа и $T = 3$ с), по значению которого мы относим цилиндры к одной из двух категорий: «годен» или «негоден». Как следует из рисунка 5, критерий $\Delta P^{кр}$ очевиден. Этому значению падения давления соответствуют уровни риска поставщика α и потребителя β , рассчитываемые через квантили законов распределения U_α и U_β .

В данном случае исходным (приоритетным) является риск потребителя $\beta = 0,005\%$, так как он установлен заказчиком. По значению β легко найти квантиль U_β , и, следовательно, координату (значение) $\Delta P^{кр}$. Если необходимо еще больше ужесточить риск потребителя, достаточно $\Delta P^{кр}$ передвинуть соответственно влево вплоть до значения $\beta = 0$). После чего соответственно через $\Delta P^{кр}$ легко найти квантиль U_α , и, следовательно, α – риск поставщика. Может оказаться, что риск поставщика будет неприемлемо велик, т. е. большой процент годных цилиндров будет при этом забракован.

3 этап. Необходимость оптимизации методики альтернативных испытаний возникает, если установленное соотношение α и β не удовлетворяет какую –



либо сторону, предприятию-поставщику. В этом случае необходимо продолжить моделирование данного процесса испытаний пневматическим давлением, используя методику робастного проектирования параметров процессов Г. Тагути. Дальнейшие исследования должны быть направлены на поиск таких параметров процесса испытаний (для начала – тех же управляющих условий P и T), которые при фиксированном $\beta = 0,005\%$ позволят уменьшить α – риск поставщика до удовлетворительных значений. Здесь рационально использовать методы планирования эксперимента - DOE. Цель – найти такие (другие, чем $P = 3$ МПа и $T = 3$ с) условия проведения испытаний гидроцилиндров, при которых будет иметь место приблизительно следующая картина распределения «годных» и «негодных» цилиндров (рисунок 5.6).

Конкретная методика планирования экспериментов и последующей обработки результатов, в наибольшей степени подходящая для данного случая, может быть определена по результатам 1 и 2 этапов. Можно предложить три основных техники ее реализации:

- симплексное планирование (метод «крутого восхождения»), как наиболее быстрый метод, хотя наименее информативный;
- ортогональное планирование по методике Г. Тагути с использованием анализа понятия «сигнал – шум»;
- полнофакторное планирование с последующим регрессионным анализом (наиболее информативный метод).



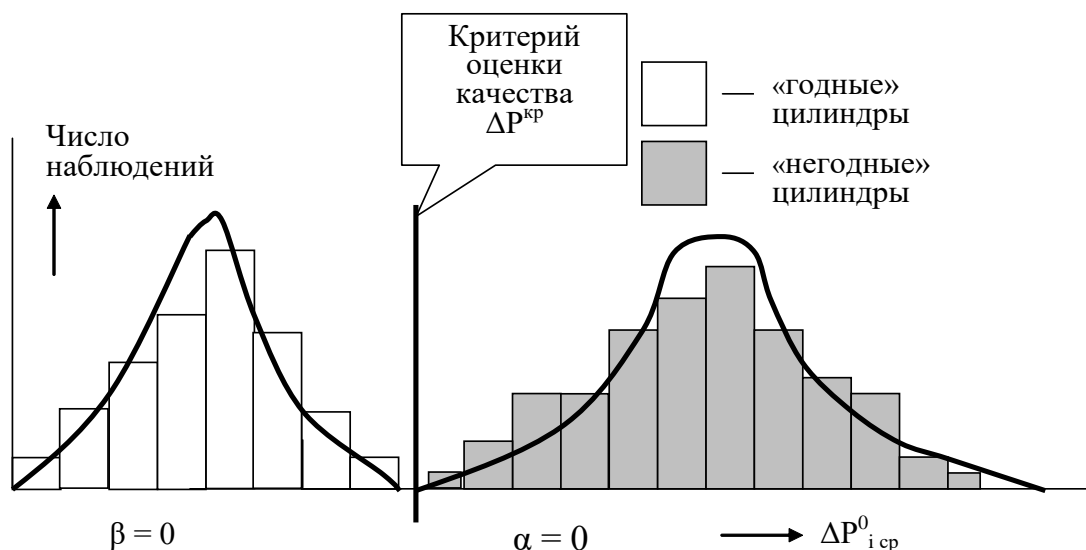


Рисунок 5.6 – «Идеальный случай сочетания параметров испытаний Р и Т, при которых риски поставщика и потребителя практически отсутствуют

Последние две техники предпочтительны, так как их реализация предполагает на основании дисперсионного анализа ответить на очень важный вопрос: все ли влияющие факторы (условия испытаний) учтены. В зависимости от результатов дисперсионного анализа может быть принято решение о включении в состав оптимизируемых факторов дополнительных управляющих факторов (условий испытаний) из полного комплекса, полученного по результатам анализа функциональной модели испытаний.

Возможна ситуация, когда в результате планирования эксперимента и обработки его результатов не удастся найти сочетание оптимальных значений управляющих условий испытаний, обеспечивающих заданный риск потребителя $\beta = 0,005\%$. Это означает, что рассматриваемая «система испытаний» с высокой вероятностью не в состоянии обеспечить заданные требования и следует искать другие подходы, методы, средства.

4 этап. После того, как оптимизированы условия проведения испытаний на аттестованной отобранной партии цилиндров (этап 1), необходимо опробовать методику альтернативных пневматических испытаний ($P_{\text{опт.}}$, $T_{\text{опт.}}$, $\Delta P^{\text{кр}}$, β , α) в реальных условиях, т.е. провести пневматические испытания на нескольких партиях собираемых цилиндров в сравнении с проводимыми параллельно



гидравлическими испытаниями по стандартизованной методике. При этом оцениваются действительные значения риска поставщика и потребителя. В случае удовлетворительной согласованности альтернативных методик проведения испытаний (относительно β и α) методика пневматических испытаний принимается и проходит процедуру придания ей законной силы.

Таким образом, как видно из примера, основной проблемой при традиционной разработке альтернативных методик испытаний является отсутствие строгого системного подхода, который может быть реализован с помощью определенной последовательности действий. В данном примере выделено два этапа: функциональное моделирование процесса испытаний и робастное проектирование условий испытаний (в количественном и качественном отношении). Первый позволяет гарантированно выявить всю совокупность влияющих на результат испытаний факторов (условий), обеспечивая собственно системный подход. Второй позволяет оптимизировать «систему метрологического обеспечения испытаний» для конкретных условий их проведения, обеспечивая заданную эффективность. Таким образом, приведенный пример отлично иллюстрирует не только этап разработки системы метрологического обеспечения испытаний, но также демонстрирует методы совершенствования испытаний на этапе пересмотра и улучшения системы, повышая тем самым её эффективность и экономические показатели.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ УГЛУБЛЕННОГО ИЗУЧЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Литература и электронные ресурсы

1. Всеобщее управление качеством: учебник для вузов / О.П. Глудкин, Н.М. Горбунов, А.И. Гуров, Ю.В. Зорин; под ред. О.П. Глудкина. – М.: Радио и связь, 1999. – 600 с.

2. Гличев, А.В. Основы управления качеством продукции. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2001. – 424 с.

3. Харенко Н.В., Чечанов О.С. АНАЛИЗ ПАРЕТО, КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ // Материалы VIII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2016/article/2016018560> – Дата доступа: 23.02.2021.

Технические нормативные правовые акты

СТБ ISO 9000-2015 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь»



РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Контрольные вопросы для самостоятельной подготовки магистрантов

1. Концепция СМК, актуальность развития и совершенствования.
2. СМК: сущность и необходимость внедрения.
3. Эволюция развития менеджмента качества и СМК.
4. СМК как часть единой системы менеджмента организации.
5. Инструменты СМК как особый комплекс технологических средств (методов, технологий, техник).
6. Сравнительная характеристика промышленных революций.
7. Промышленная революция «Индустрия- 4.0»: основные особенности.
8. Особенности развития СМК в условиях промышленной революции «Индустрия- 4.0».
9. Основные показатели результативности СМК в условиях промышленной революции «Индустрия- 4.0».
10. Внешние и внутренние факторы, оказывающие на развитие и эффективность СМК в условиях промышленной революции «Индустрия- 4.0».
11. Процессный подход к созданию СМК в условиях цифровой трансформации производства.
12. Адаптивность СМК к изменениям внешней и внутренней бизнес-среды - ключевое свойство в условиях промышленной революции «Индустрия- 4.0».
13. Основные подсистемы СМК в соответствии с требованиями промышленной революции «Индустрия- 4.0».
14. Тенденции развития СМК в целом как концепции в условиях промышленной революции «Индустрия- 4.0».
15. Ожидаемые характеристики и требования к СМК в условиях промышленной революции «Индустрия- 4.0».
16. Совершенствование подходов, техник, методик представления процессов, ресурсов, структуры, документирования в рамках СМК.
17. СМК - как совокупность процессов, ресурсов, структуры, методик.
18. СМК в условиях цифровизации. Требования, принципы, характеристики.



19. Совершенствование подходов, техник, методик представления процессов в рамках СМК.
20. Совершенствование подходов, техник, методик представления организационной структуры в рамках СМК.
21. Совершенствование подходов, техник, методик представления ресурсов (информационных) в рамках СМК.
22. Совершенствование подходов, техник, методик представления документации в рамках СМК.
23. Совершенствование планирования, обеспечения, управления и совершенствования процессов и продукции в рамках СМК (технологии, техники, методики).
24. Трансформация подходов, методов, техник в области качества.
25. Сравнительный анализ концепций «Традиционное качество» и «Качество 4.0» в рамках «Индустрия – 4.0».
26. Этапы реализации принципов концепции «Качество 4.0».
27. Современные подходы к цифровой трансформации СМК предприятий.
28. Менеджмент качества как комплексный процесс, включающий планирование, обеспечение, управление и совершенствование процессов и продукции в рамках СМК.
29. Совершенствование планирования и обеспечения процессов и продукции в рамках СМК в условиях цифровой трансформации производства.
30. Структуры систем планирования ресурсов в условиях цифровой трансформации производства.
31. Тенденции совершенствования организационных структур в рамках СМК в условиях цифровой трансформации производства.
32. Совершенствование управления процессов и продукции в рамках СМК в условиях цифровой трансформации производства.
33. Деятельность по совершенствованию процессов и продукции в рамках СМК в условиях цифровой трансформации производства.



ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ
Белорусский национальный технический университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
Белорусского национального
технического университета

_____ А.Г. Баханович

_____ /уч.
Регистрационный № УДМ-_____ /уч.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ
МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности
1-54 80 01 «Обеспечение качества»

Минск 2019 г.



Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-54 80 01-2019

СОСТАВИТЕЛЬ:

А.В.Кудина, доцент кафедры «Стандартизация, метрология и информационные системы» Белорусского национального технического университета, кандидат технических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.Л. Гуревич, директор Республиканского унитарного предприятия «Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации», кандидат технических наук

В.Л. Габец, доцент кафедры «Конструирование и производство приборов» Белорусского национального технического университета, кандидат технических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Стандартизация, метрология и информационные системы» Белорусского национального технического университета (протокол № 22 от 11.06. 2019 г.)

Заведующий кафедрой _____ П.С. Серенков

Методической комиссией приборостроительного факультета Белорусского национального технического университета (протокол № 10 от 19. 06. 2019 г.)

Председатель методической комиссии _____ В.В. Красовский

Научно-методическим советом Белорусского национального технического университета (протокол № _____ секции №1 от _____ 2019 г.)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа по учебной дисциплине «Современные тенденции развития методов обеспечения качества» разработана для специальности II ступени высшего образования 1-54 80 01 «Обеспечение качества».

Цель изучения учебной дисциплины - изучение комплекса вопросов связанных с анализом существующих современных методов обеспечения качества выпускаемой продукции (оказываемых услуг) и их современным развитием с целью эффективного решения научно-исследовательских задач в области создания и совершенствования комплексных автоматизированных систем управления эффективностью производства. системного моделирования процессов и управлением предприятий в рамках современных систем менеджмента.

Основные задачи учебной дисциплины - формирование у магистрантов прочных знаний, касающихся:

- основных мировых тенденций в области методов обеспечения качества, приобретения теоретических знаний и практических навыков применения инструментов и систем управления качеством на современных производственных предприятиях;
- основных направлений развития и интегрирования современных моделей управления качеством;
- принципов организационного проектирования сложных систем управления качеством.

Учебная дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении таких дисциплин как:

- «системы менеджмента качества»;
- «экспертиза систем менеджмента качества»;
- «информационные технологии обработки данных»;
- «прикладная математика» (теория вероятности и математическая статистика);
- «статистические методы контроля качества».

Знания и умения, полученные магистрантами при изучении данной дисциплины, необходимы для освоения последующих специальных дисциплин:

- «системы поддержки принятия решений»;
- «техническое регулирование в рамках интеграционных образований».

В результате изучения учебной дисциплины «Современные тенденции развития методов обеспечения качества» магистрант должен:

знать:

- историю развития и основные методы в области обеспечения качества, научные основы комплексных систем управления качеством промышленных предприятий;

- структуру и функционирование системы менеджмента предприятия как совокупность взаимосвязанных процессов, а так же современные методы и инструменты их реализации в области повышения качества;
- современные концепции в области обеспечения качества;

уметь:

- формулировать цели и задачи конкретных методов обеспечения качества в соответствии с поставленными задачами;
- осуществлять мониторинг методов с целью адекватной оценки прогресса в области улучшения качества;
- обосновывать выбор и корректно применять современные методы, техники и приемы в области обеспечения качества;
- решать научно-исследовательские задачи при анализе состояния и динамики объектов деятельности с использованием инновационных методов анализа;
- анализировать возможность результативности современных методов обеспечения качества, формулировать корректные выводы по результатам внедрения;

владеть:

- современными инструментами управления качеством на предприятиях;
- навыками выбора и рационального применения классических и современных методов, программного обеспечения для обеспечения реализации производственных процессов с целью обеспечения качества;
- навыками сбора, анализа и обобщения данных информационных потоков для внедрения инновационных методов обеспечения качества;
- навыками оценивания приемлемости новых методов и принятия решений в отношении улучшения показателей качества предприятия.

Освоение данной учебной дисциплины обеспечивает формирование следующих компетенций:

УПК-1 Быть способным применять знания и умения для решения задач научно-исследовательской, управленческой и инновационной деятельности в области обеспечения качества в рамках систем менеджмента промышленного предприятия.

Согласно учебному плану для очной формы получения высшего образования II ступени на изучение учебной дисциплины отведено всего 198ч., из них аудиторных - 86 ч.

Распределение аудиторных часов по курсам, семестрам и видам занятий приведено в таблице 1.

Таблица 1

Очная форма получения высшего образования				
Семестр	Лекции, ч.	Лабораторные занятия, ч.	Практические занятия, ч.	Форма текущей аттестации
1	52	-	34	экзамен

Согласно учебному плану для заочной формы получения высшего образования II ступени на изучение учебной дисциплины отведено всего 198 ч., из них аудиторных - 18 ч.

Распределение аудиторных часов по курсам, семестрам и видам занятий приведено в таблице 2.

Таблица 2

Очная форма получения высшего образования				
Семестр	Лекции, ч.	Лабораторные занятия, ч.	Практические занятия, ч.	Форма текущей аттестации
1	12	-	6	экзамен

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1 Концепция системы менеджмента качества (СМК)

Тема 1.1 СМК: актуальность развития и совершенствования

Основопологающие понятия и терминология в области обеспечения качества. Фундаментальные концепции и подходы обеспечения качества продукции. Классические стратегии и методы управления качеством. Понимание необходимости внедрения СМК в систему менеджмента организации в современных условиях. Субъекты, объекты, инструменты СМК. Задачи внедрения и развития СМК. Показатели результативности и эффективности СМК. СМК и конкурентоспособность организации. Причины неэффективности СМК: внутриорганизационные и внешнеэкономические.

Тема 1.2 Эволюция развития СМК

Эволюция философии качества и методов его обеспечения. Развитие методов управления качеством в условиях современной рыночной экономики. Эволюция СМК. TQM – как современная концепция системного подхода к качеству. Международный опыт менеджмента качества. Японские методы управления качеством. Методы управления качеством в США. Европейский опыт управления качеством. Методы управления качеством в России.

Тема 1.3 Адаптивность СМК к изменениям внешней и внутренней бизнес-среды - ключевое свойство в современных условиях

Адаптивность СМК как системное свойство системы, которое характеризуется ее способностью приспосабливаться к воздействию внешних и внутренних факторов, при этом, не теряя стабильности функционирования, и определяется ее способностью эффективно выполнять заданные функции в определенном диапазоне изменяющихся условий.

Свойства, характеризующие адаптивность СМК к современным рыночным условиям: гибкость производства, адекватная по сложности технология производства, совершенно новые формы контроля, организация и разделение труда, учет конкуренции на рынке товаров (услуг), учет требований к уровню качества обслуживания потребителя, принятие во внимание необходимости учета неопределенности

Раздел 2 Развитие системы менеджмента качества в условиях 4-й промышленной революции

2.1 Стратегия Индустрии - 4.0: основные особенности

Эволюция промышленных революций. 1-я, 2-я, 3-я, 4-я промышленные революции: основные черты, отличия. Концепция развития промышленности «Индустрия 4.0». основные принципы: Функциональная совместимость, Виртуализация, Децентрализация, Функционирование в режиме реального времени, Ориентация на услуги, Модульность. Ключевые особенности промышленной революции «Индустрия 4.0»: цифровизация и вертикальная интеграция по цепочке создания стоимости, цифровизация и горизонтальная интеграция нескольких цепочек создания стоимости, цифровизация продуктов и услуг, цифровые бизнес-модели и доступ клиентов, новые цифровые бизнес-модели, развитая технологическая платформа. Промышленная концепция «Индустрия 4.0» как глобальная, сложная, многоуровневая организационно-техническая система, основанная на интеграции в единое информационное пространство физических операций и сопутствующих процессов состоящая из 6 подсистем: PLM (Product Lifecycle Management) – "управление жизненным циклом изделия", Big Data – Большие Данные, SMART Factory – Умный завод, Cyber-physical systems – Киберфизические системы, Internet of Things (IoT) – Интернет вещей, Interoperability – Интероперабельность (функциональная совместимость).

2.2 Особенности развития СМК в условиях Индустрии - 4.0. Ожидаемые характеристики и требования к СМК

Аспекты влияния промышленной революции «Индустрия 4.0» на развитие СМК: - повышение требований заинтересованных сторон; непрерывное улучшение качества продукции и услуг; - уменьшение сроков

разработки и изготовления продукции; повышение операционной эффективности и снижение издержек предприятия за счет автоматизации и синхронизации процессов; повышение безопасности на производстве; уменьшение вреда окружающей среде; более эффективное использование активов предприятия. Основные тренды развития СМК в условиях цифровизации. Риски цифровизации компаний и их СМК: организационные, кадровые, технологические риски. Ожидаемые характеристики и требования к СМК. Функции СМК в условиях цифровизации. Принципы функционирования СМК в условиях цифровизации.

Раздел 3. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДХОДОВ, ТЕХНИК, МЕТОДИК ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОВ, РЕСУРСОВ, СТРУКТУРЫ, ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ В РАМКАХ СМК

3.1 СМК - как совокупность процессов, ресурсов, структуры, методик

Переход от применения традиционной концепции менеджмента качества к концепции «Качество 4.0» как совокупности новейших практик и инструментов менеджмента качества, применимых в рамках промышленной революции «Индустрия 4.0». Сравнительный анализ традиционной концепции качества и концепции «Качество 4.0». Задачи по внедрению инструментов концепции «Качество 4.0»: электронный документооборот, программное моделирование бизнес-процессов, применение аналитики, программного обеспечения, информационных технологий, искусственного интеллекта, обработка и анализ больших данных, внедрение ключевых показателей эффективности. Условия обеспечения стабильного функционирования и постоянного улучшения СМК: работы по оптимизации, автоматизации бизнес-процессов, организация системы сбора данных для их мониторинга. Анализ современных методов автоматизации мониторинга бизнес-процессов как актуальная задача для исследования и последующего применения и внедрения на предприятиях.

3.2 Совершенствование подходов, техник, методик представления процессов

Процессный подход как основополагающая база современных подходов к управлению. Сравнительный анализ концепций «Традиционное качество» и «Качество 4.0» в отношении процессов СМК. Трансформация процессов в проекты. Отличия, характеристики. Методологии моделирования бизнес-процессов. Главные тенденции развития проектного управления в мире: развитие активного вовлечения в проекты спонсоров-топ менеджеров; контроль границ содержания проектов; рост ценности результатов проектов. Концепции проектного управления: классический и гибкий (Agile) подходы управления проектами.

3.3 Совершенствование подходов, техник, методик представления структуры

Организационная структура как состав, взаимодействие, соподчиненность, а также распределение работы по подразделениям и управленческим органам, между которыми формируются определенные отношения, связанные с реализацией властных полномочий, потоков распоряжений и информации. Организационная структура как основной, системообразующий ресурс СМК. Типы организационных структур, достоинства и недостатки. Тенденции развития организационных структур управления в рамках промышленной революции «Индустрия 4.0»: стремление к созданию «горизонтальной» структуры, стремление к подвижной, гибкой структуры. Основные инструменты формирования организационных структур СМК предприятий. Показатели, используемые при анализе и оценке эффективности организационной структуры СМК в рамках промышленной революции «Индустрия 4.0».

3.4 Совершенствование подходов, техник, методик представления ресурсов (информационных)

Назначение ресурсов в контексте менеджмента качества: внедрение и поддержание в рабочем состоянии СМК, а также постоянного повышения ее результативности; б) повышение удовлетворенности потребителей путем выполнения их требований. Категории ресурсов СМК: персонал, инфраструктура, производственная среда, знания организации. Требования промышленной революции «Индустрия 4.0» к ресурсам СМК. Тенденции развития ресурсов. Информационная поддержка СМК как система информационного обеспечения, которая может быть реализована на основе интегрированной информационной среды (ИИС) организации. Перспективы использования автоматизированных систем управления. Системы планирования потребностей и ресурсов MRP (Material Requirements Planning) и системы управления ресурсами компании ERP (Enterprise Resource Planning) - как основные программные инструменты современного планирования и принятия управленческих решений на предприятии. Система MRP как методология планирования потребностей компании в материалах и запасах, основные цели и задачи MRP. Переход от MRP к MRP II. Информационные системы управления ERP. Совершенствование информационных управленческих систем. Системы автоматизированного проектирования CAD (Computer Aided Design). Объединение концепции «бережливого производства» (Lean production) и информационных систем управления (EPR). Достоинства, недостатки, области рационального применения.

3.5. Совершенствование подходов, техник, методик представления документации

Документация как инструмент эффективного функционирования СМК. Зависимость рационального документооборота в зависимости от размера и типа предприятия, сложности и взаимосвязи процессов, применяемых методов мониторинга и измерений, а также квалификации и степени подготовки персонала, участвующего в выполнении работ. Задачи документации СМК: построение четкой структуры действий в организации, согласованность процессов и предоставление подтверждений достижения целей в области качества. Структура документации СМК. Требования к документации СМК. Концепция «Индустрия 4.0» и переход на электронный документооборот. Системы электронного документооборота как взаимосвязанная система организационного, технического и программного обеспечения для управления различными видами документов и информацией. Электронные системы документооборота как инструмент автоматизации процесса с помощью EDM и PDM-систем. Функции электронных систем документооборота. Тренды и тенденции в развитии электронного документооборота.

Раздел 4. Совершенствование планирования, обеспечения, управления и совершенствования процессов и продукции в рамках СМК (технологии, техники, методики)

4.1 Менеджмент качества как комплексный процесс, включающий планирование, обеспечение, управление и совершенствование процессов и продукции в рамках СМК

Менеджмент качества как комплексный управленческий процесс, включающий планирование качества процессов и продукции, обеспечение качества, управление качеством, улучшение качества. Основные характеристики управленческих процессов в рамках СМК. Требования к управленческим процессам.

Новые инструменты менеджмента качества как часть методологии TQM: мозговая атака (штурм) (brain storming), диаграмма сродства (affinity diagram), диаграмма связей (interrelationship diagram), древовидная диаграмма или дерево решений (tree diagram), матричная диаграмма или таблица качества (matrix diagram or quality table), стрелочная диаграмма (arrow diagram), поточная диаграмма процесса (flow chart) и диаграмма процесса осуществления программы (process decision program chart – PDPC, матрица приоритетов или анализ матричных данных (matrix data analysis).

Новейшие инструменты управления качеством: развертывание функции качества QFD (Quality Function Deployment) или «Дом качества», методология реперных точек (benchmarking), анализ форм и последствий отказов FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), анализ деятельности подразделения, система «Ноль дефектов» ZD- методология (Zero Defect), система «Точно во время» или JIT- методология (Just-in-Time), функционально - стоимостной анализ (ФСА- методология).

4.2 Совершенствование планирования и обеспечения процессов и продукции в рамках СМК

Планирование и обеспечение процессов и продукции является важнейшими этапами в СМК.

Сегодня обеспечение и планирование являются пассивными циклами PDCA. проекты, которые приходят на смену процессам, являются уникальными, не терпящие промахов, нуждающиеся в тщательном планировании ещё на этапе разработки, именно поэтому цикл PDCA в проекте становится активным. понятие «активный цикл PDCA». Система КАНАРСПИ как пример результативной реализации современных тенденций к управлению качеством. Информационные технологии планирования в настоящее время: EP1, EP2, Management Planning, Manufacturing Planning, Resourcing Planning и т.д.

Важность применения методик инновационного менеджмента на данном этапе менеджмента качества. Технологии риск – ориентированного мышления на стадии планирования менеджмента качества. Единообразие понятий в области менеджмента риска для различных применений и видов деятельности. Фундаментальные подходы в области оценки рисков. Системы и инструменты повышения эффективности современного производства: 5S - упорядочение, визуальное управление, SMED и т.д.

4.3 Совершенствование управления процессов и продукции в рамках СМК

Особенности процессов управления качеством в рамках концепции «Индустрия 4.0». Процессы управления качеством в рамках концепции процессного и проектного подходов. Различия в техниках. Основные направления совершенствования процессов управления. Новые методы управления проектами. Применение метода Big Data для повышения результативности управления качеством. Технологии, которые позволяют делать управление более оперативным: техническое зрение, использование датчиков, установленных на продукции, находящейся в пользовании.

Важность применения статистических методов на данном этапе менеджмента качества. Основы статистических методов в управлении качеством. Параметры выборки и распределения вероятностей. Семь классических методов контроля и управления качеством: контрольный листок, гистограмма, диаграмма Парето, метод стратификации, диаграмма разброса, диаграмма Исикавы, контрольные карты.

4.4 Деятельность по совершенствованию процессов и продукции в рамках СМК

Критерии совершенствования процессов СМК в условиях концепции «Индустрия 4.0»: процессы должны быть взаимосвязанными, стабильными, устойчиво управляемыми, эффективными, гибкими, предсказуемыми. Концепция «бережливого производства» или концепция LEAN (Lean production). Инструментарий концепции бережливого производства.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
очная форма получения высшего образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы, занятия	Количество аудиторных часов					Количество часов СР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1 семестр							
1	Развитие философии качества							
1.1	Эволюция методов управления качеством	2	2					
2	Концептуальные основы в области обеспечения качества							
2.1	Методология в области обеспечения качества	2	4					
2.2	Статистические методы контроля и управления качеством	2	2					
2.3	Новые инструменты управления качеством	4	4					
2.4	Новейшие инструменты управления качеством							
	1. Развертывание функции качества QFD	4	2					
	2. Методология реперных точек	2	2					
	3. Анализ форм и последствий отказов FMEA	2						
	4. ZD- методология	2						
	5. JIT- методология	2						
	6. ФСА- методология	2						
3	Системы и инструменты современных производственных предприятий в области обеспечения качества							
3.1	Современные методики повышения эффективности предприятий	4	6					
3.2	Риск- ориентированные подходы в области обеспечения и повышения качества продукции	2						
3.3	Организация и методические аспекты внедрения «Бережливого							

	производства» на предприятии 1. Концепция «бережливого производства» 2. 25 основных инструментов LEAN. Базовые методики LEAN. 3. Алгоритмы внедрения LEAN. 4. Контрольные листы для внедрения LEAN. 5. Стандартизация в области бережливого производства.	2						
		2	4					
		2	2					
		2	2					
		2						
3.4	Современные информационные инструменты обеспечения качества 1. Системы планирования потребностей и ресурсов MRP и системы управления ресурсами компании ERP. 2. Системы автоматизированного проектирования CAD 3. Объединение концепции «бережливого производства» и информационных систем управления(EPR)	4	2					
		2						
		4	2					
	Итого за семестр	52	34					экзамен
	Всего аудиторных часов			86				

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
заочная форма получения высшего образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов СР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1 семестр							
1	Развитие философии качества							
1.1	Эволюция методов управления качеством	1						
2	Концептуальные основы в области обеспечения качества							
2.1	Методология в области обеспечения качества	1	2					
2.2	Статистические методы контроля и управления качеством	1						
2.3	Новые инструменты управления качеством	1						
2.4	Новейшие инструменты управления качеством	1	2					
3	Системы и инструменты современных производственных предприятий в области обеспечения качества							
3.1	Современные методики повышения эффективности предприятий	1						
3.2	Риск-ориентированные подходы в области обеспечения и повышения качества продукции	1						
3.3	Организация и методические аспекты внедрения «Бережливого производства» на предприятии	4	2					
3.4	Современные информационные инструменты обеспечения качества	1						
	Итого за семестр	12	6					экзамен
	Всего аудиторных часов	18						

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Список литературы

Основная литература

1. Вумек, Джеймс Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании / Джеймс Вумек, Дэниел Джонс. - Москва: Гостехиздат, 2016. - 472 с.
2. Голдсби, Томас Бережливое производство и 6 сигм в логистике. Руководство по оптимизации логистических процессов / Томас Голдсби, Роберт Мартиченко. - М.: Гревцов Паблишер, 2013. - 416 с.
3. Джордж, Майкл Бережливое производство плюс шесть сигм в сфере услуг. Как скорость бережливого производства и качество шести сигм помогают совершенствованию бизнеса / Майкл Джордж. - М.: Манн, Иванов и Фербер, 2016. - 413 с.
4. Рассел, Джесси Бережливое производство / Джесси Рассел. - М.: VSD, 2016. - 807 с.

Дополнительная литература

1. Голдсби, Томас Бережливое производство и 6 сигм в логистике. Руководство по оптимизации логистических процессов / Томас Голдсби, Роберт Мартиченко. - М.: Гревцов Паблишер, 2013. - 416 с.
2. ТРМ в простом и доступном изложении / под ред. В.Е. Растимешина, Т.М. Куприяновой; пер. с яп. А.Н. Стерляжникова. – М.: Стандарты и качество, 2008. – 124 с.
3. Манн, Д. Бережливое управление бережливым производством / Д. Манн; Д. Манн; под ред. В. К. Брагина. – М.: Стандарты и качество, 2009. – 208 с.

Средства диагностики результатов учебной деятельности

Для оценки достижений магистранта рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- устный и письменный опрос во время практических занятий;
- собеседование при проведении индивидуальных и групповых консультаций;
- сдача экзамена.

Перечень контрольные вопросы для самостоятельной подготовки магистрантов

1. Концепция СМК, актуальность развития и совершенствования.
2. СМК: сущность и необходимость внедрения.
3. Эволюция развития менеджмента качества и СМК.
4. СМК как часть единой системы менеджмента организации.
5. Инструменты СМК как особой комплекс технологических средств (методов, технологий, техник).
6. Сравнительная характеристика промышленных революций.
7. Промышленная революция «Индустрия- 4.0»: основные особенности.
8. Особенности развития СМК в условиях промышленной революции «Индустрия- 4.0».
9. Основные показатели результативности СМК в условиях промышленной революции «Индустрия- 4.0».
10. Внешние и внутренние факторы, оказывающие на развитие и эффективность СМК в условиях промышленной революции «Индустрия- 4.0».
11. Процессный подход к созданию СМК в условиях цифровой трансформации производства.
12. Адаптивность СМК к изменениям внешней и внутренней бизнес-среды - ключевое свойство в условиях промышленной революции «Индустрия- 4.0».
13. Основные подсистемы СМК в соответствии с требованиями промышленной революции «Индустрия- 4.0».
14. Тенденции развития СМК в целом как концепции в условиях промышленной революции «Индустрия- 4.0».
15. Ожидаемые характеристики и требования к СМК в условиях промышленной революции «Индустрия- 4.0».
16. Совершенствование подходов, техник, методик представления процессов, ресурсов, структуры, документирования в рамках СМК.
17. СМК - как совокупность процессов, ресурсов, структуры, методик.
18. СМК в условиях цифровизации. Требования, принципы, характеристики.

19. Совершенствование подходов, техник, методик представления процессов в рамках СМК.
20. Совершенствование подходов, техник, методик представления организационной структуры в рамках СМК.
21. Совершенствование подходов, техник, методик представления ресурсов (информационных) в рамках СМК.
22. Совершенствование подходов, техник, методик представления документации в рамках СМК.
23. Совершенствование планирования, обеспечения, управления и совершенствования процессов и продукции в рамках СМК (технологии, техники, методики).
24. Трансформация подходов, методов, техник в области качества.
25. Сравнительный анализ концепций «Традиционное качество» и «Качество 4.0» в рамках «Индустрия – 4.0».
26. Этапы реализации принципов концепции «Качество 4.0».
27. Современные подходы к цифровой трансформации СМК предприятий.
28. Менеджмент качества как комплексный процесс, включающий планирование, обеспечение, управление и совершенствование процессов и продукции в рамках СМК.
29. Совершенствование планирования и обеспечения процессов и продукции в рамках СМК в условиях цифровой трансформации производства.
30. Структуры систем планирования ресурсов в условиях цифровой трансформации производства.
31. Тенденции совершенствования организационных структур в рамках СМК в условиях цифровой трансформации производства.
32. Совершенствование управления процессов и продукции в рамках СМК в условиях цифровой трансформации производства.
33. Деятельность по совершенствованию процессов и продукции в рамках СМК в условиях цифровой трансформации производства.

Перечень тем практических занятий:

1. ПЛАНИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА. QFD – метод развертывания функции качества.
2. УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ. Типовой алгоритм управления несоответствиями.
3. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА. Подход «Кайцен».
4. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА Подход «Кайрио».
5. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССОВ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ. Применение методов Тагути для совершенствования методики испытаний.

Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы магистранта

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- подготовка рефератов по индивидуальным темам, в том числе с использованием патентных материалов;
- подготовка разделов магистерской диссертации работы по индивидуальным заданиям в соответствии с планом исследований;

