

# **Подходы к управлению качеством в условиях индустрии 4.0**

## **Approaches to quality management in the context of industry 4.0**

### **Оторов Д.С.**

бакалавр кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация», Московский политехнический университет, г. Москва  
e-mail: otorovdmitri@gmail.com

### **Otarov D.S.**

Bachelor's Degree Student, Department «Standardization, Metrology and certification», Moscow Polytechnic University, Moscow  
e-mail: otorovdmitri@gmail.com

### **Парфеньева И.Е.**

канд. техн. наук, доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация», Московский политехнический университет, г. Москва  
e-mail: iparfeneva@mail.ru

### **Parfenyeva I. E.**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department «Standardization, Metrology and certification», Moscow Polytechnic University, Moscow  
e-mail: iparfeneva@mail.ru

### **Аннотация**

Рассматриваются изменения в подходах и суть требований к управлению качеством в условиях Индустрии 4.0. Показано, что вектор текущего развития в этой области нацелен на цифровизацию управленческих решений.

**Ключевые слова:** управление качеством, Индустрия 4.0, Качество 4.0.

### **Abstract**

Changes in approaches and essence of requirements to quality management in the conditions of the Industry 4.0 are considered. It is shown that the vector of current development in this area is aimed at the digitalization of management decisions.

**Keywords:** quality management, industry 4.0, Quality 4.0.

Симбиоз качества и стоимости в выпускаемой продукции является основополагающим фактором, опираясь на который конечный потребитель принимает решение о приобретении. Понимание этого присутствует у большинства производителей, но найти этот баланс получается далеко не у всех. В большинстве случаев это связано с нежеланием или отсутствием возможности внедрения передовых технологий, которые существенно улучшают положение дел. На сегодняшний день трудно кого-то удивить автоматизированными процессами, ведь лидирующие предприятия уже нацелены на роботизированное производство с применением искусственного интеллекта и постоянным мониторингом жизненного цикла продукции с последующей записью данных. Все это, безусловно, помогает снижать себестоимость продукции без потери качества.

Предприятия прошли через несколько этапов промышленных революций, и на каждом из них качество внедрения новых технологий определялось строгостью соблюдения ряда правил, но Индустрия 4.0 подразумевает элемент самообучения. Сегодня качество управления производством зависит от предоставляемых данных. Поскольку речь идет о машинном обучении, которое впоследствии и будет применяться во всех областях производства, то выигрывать будут производители, которые обладают большими ресурсами и раньше остальных задумались о внедрении передовых технологий в производство.

Несмотря на то, что современные информационные технологии отлично справляются с автоматизированными процессами, им все еще непосильны глобальные вопросы. Они не готовы видеть общий вектор развития компании, понимать политику в области качества и тем более принимать корректные решения в этих вопросах. Именно поэтому Качество 4.0 рекомендует не делегировать задачи качества сторонним подразделениям, а придерживаться ряда правил, соблюдение которых поможет свести к минимуму количество бракованной продукции, риски, сбой оборудования на этапе производства и мн.др.

Ключевым моментом в Индустрии 4.0 является создание инфраструктуры, имеющей в основе три направления цифровизации (рис. 1):

- цифровизация и интеграция вертикальных и горизонтальных цепочек создания стоимости. Вертикальная интеграция означает интеграцию процессов по вертикали в рамках всей организации, начиная от разработки продуктов и закупок и заканчивая производством, логистикой и обслуживанием. Горизонтальная интеграция выходит за рамки внутренних операций и охватывает поставщиков, потребителей и всех ключевых партнеров по цепочке создания стоимости. Здесь используются различные технологии: от устройств слежения и контроля до комплексного планирования, интегрированного с исполнением в режиме реального времени;

- цифровизация предлагаемых товаров и услуг. Это направление цифровизации включает в себя дополнение имеющихся продуктов, например, интеллектуальными датчиками или устройствами связи, совместимыми с инструментами аналитики данных, а также создание новых цифровых продуктов, предназначенных для предоставления комплексных решений. Благодаря внедрению новых методов сбора и анализа данных у компаний появляется возможность получать данные об использовании продуктов и дорабатывать эти продукты в соответствии с новыми требованиями конечных пользователей;

- цифровизация бизнес-моделей и решения, предоставляющие клиентам доступ к системам производителя. Это направление расширяет спектр предоставляемых компаниями услуг, предлагая революционные цифровые решения, включая комплексное персонализированное обслуживание на основе данных и интегрированные платформы. Новые цифровые бизнес-модели направлены не только на получение дополнительной выручки от цифровых решений, но и на оптимизацию взаимодействия с клиентом и улучшение доступа клиентов.



**Рис. 1.** Основные направления цифровизации в Индустрии 4.0

На протяжении всего времени предприятия находятся в постоянной гонке за инновационными решениями. Безусловно, среди них есть явные фавориты, которые не только поддерживают темп развития, но и ускоряют его, но даже они допускают ошибки и сталкиваются с трудностями. Упущения, связанные с контролем качества выпускаемой продукции, в первую очередь, сказываются на репутации компании. Нет необходимости заниматься рекламой продукта, если во время эксплуатации он не функционирует должным образом.

Стремительный прогресс Индустрии 4.0 в большей степени связан с увеличением объема производства. Своевременно поняв преимущества инновационных решений, предприятия возлагают на это массу надежд, распределяя при этом задачи управления качеством по смежным областям. Качество 4.0 не касается технологии, а напрямую взаимодействует с пользователями этой технологии и процессами. Понимание этого влечет за собой сокращение бракованной продукции. Также Качество 4.0 включает в себя оцифровку управления качеством и что еще более важно, то, как эта цифровизация влияет на технологии, процессы и людей.

Производители должны использовать структуру для интерпретации своего текущего состояния и определения того, какие изменения необходимы для перехода в будущее состояние.

Аналитическая компания LNS Research определила 11 осей, по которым должно строиться решение Качества 4.0 (рис. 2).

Термин Качество 4.0 (Quality 4.0) можно трактовать как требования к управлению качеством для Индустрии 4.0. Качество 4.0 не заменяет традиционные методы управления качеством (развиваемые в рамках СМК – систем менеджмента качества), а скорее строится и совершенствуется на их основе.

Рассмотрим более подробно направления, составляющие суть требований к управлению качеством для Индустрии 4.0.

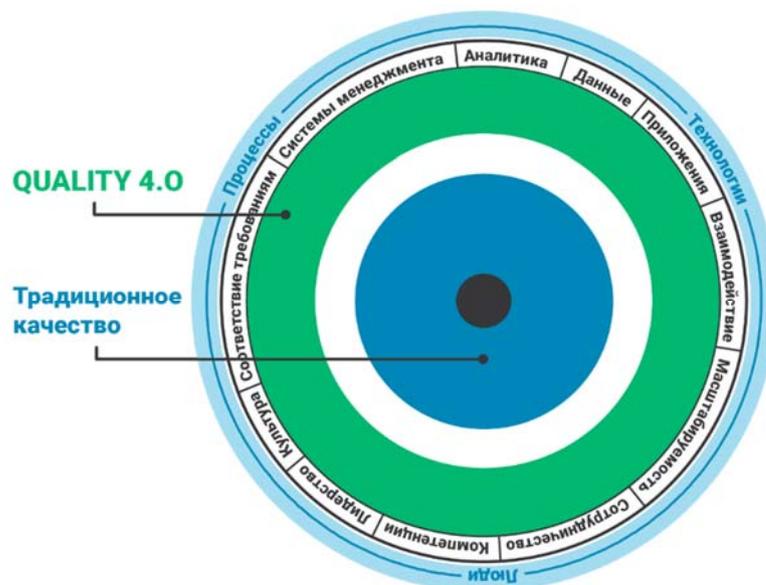


Рис. 2. Качество 4.0

### Данные (data)

Решения, основанные на данных, были в центре улучшения качества на протяжении десятилетий. Многие недавно обновленные стандарты вновь подчеркивают важность принятия решений на основе фактических данных. На сегодняшний день трудно преувеличить их необходимость, но положение на рынке отображает не совсем положительную картину. Несмотря на то, что лидеры рынка уже перешли к отработке больших объемов накопленной информации, все еще присутствуют представители, которые не занимаются даже простейшими операциями. Стоит понимать, что современные технологии позволяют собирать данные в совершенно разных форматах и лишь корректное структурирование принесет пользу. Трудно представить себе аналитику или же обучение нейронной сети на объеме совершенно несвязанных данных.

Данные имеют пять важных элементов для рассмотрения:

*Объем:* количество данных на ежедневной основе увеличивается и, в первую очередь, это связано с тем, что предприятия стараются проследить весь жизненный цикл выпускаемой продукции. Это влечет за собой увеличение количества датчиков и любой другой носимой электроники, которая распространяется даже на сотрудников для обеспечения безопасности и отслеживания эффективности. На первом этапе полученные данные структурировать проблематично, но и записывать абсолютно все является не самым экономным решением. Поэтому правильнее записывать определенный тип данных, а остальные данные записывать при достижении необходимых условий, например, в случае чрезвычайных ситуаций. Данный вопрос все еще остается открытым, так как предприятия и компании нуждаются в новом подходе хранения данных.

*Вариативность:* несмотря на то, что данные могут собираться с неограниченного количества датчиков, их еще необходимо структурировать. Структурированные данные высокоорганизованны и именно по этой причине они так востребованы. Также есть неструктурированные данные и полуструктурированные, отличающиеся лишь только тем, что последние имеют, например теги метаданных.

*Скорость:* важным пунктом является, с какой скоростью компания может реагировать на изменяющиеся ситуации. Мало просто собирать данные, важно это делать максимально оперативно, чтобы успевать, в случае необходимости, быстро принимать решения. На данный момент существуют инновационные решения, позволяющие автоматически останавливать работу отдельных модулей или всего предприятия в случае чрезвычайных ситуаций, но для реагирования необходимо, в первую очередь, получить сигнал.

*Достоверность*: точность данных также является немаловажным фактором. Данные системы качества часто имеют низкую достоверность из-за фрагментации систем и отсутствия автоматизации.

*Прозрачность*: на сегодняшний день технологии позволяют не только собирать и структурировать данные, но и раскрывать их для широких масс. Объем открытой информации может варьироваться в зависимости от политики предприятия или компании, но прозрачность, безусловно, является плюсом. Пользователям проще доверять компании, жизненный цикл продукции которой открыт. Помимо прозрачности данных также рекомендуется использовать технологию децентрализованного хранения информации – Blockchain.

### **Аналитика (analytics)**

Аналитика полученных данных невероятно важна для понимания текущей ситуации, а также для прогнозирования. На сегодняшний день 37% рынка считает, что плохие показатели являются главным препятствием для достижения целей в области качества. Безусловно, причины могут быть разные, но отсутствие мониторинга данных в реальном времени, пожалуй, является основополагающей причиной. Важно не только ежесекундно отслеживать показатели, но и передавать их в корректном формате для предотвращения дальнейших ошибок.

Заинтересованность в улучшении качества влечет за собой постоянный анализ данных, и это единственно верный путь, которого стоит придерживаться для понимания сильных и слабых сторон. Аналитика полученных данных отвечает на вопросы «Что произошло?» и «Как это произошло?», а также может дать детальное представление о том, что произойдет далее, но качество прогнозирования зависит от множества факторов. Чаще всего анализируют сначала общие данные, а в случае необходимости усиливают контроль отдельных участков для более детального понимания произошедшего.

Разумеется, понимание текущей ситуации и понимание того, как это произошло является хорошим подспорьем, но на основе полученных данных необходимо выстраивать процессы. Современные методы позволяют выявлять закономерности, которые ранее для нас либо были закрыты, либо требовали больших затрат. На основе полученных данных можно спрогнозировать ряд событий, которые в той или иной степени могут произойти, и для управления качеством это не является новым. Новизна данного подхода заключается в том, что помимо использования старых приемов мы привлекаем новые технологические решения, увеличивающие точность прогнозирования, а также располагающие возможностью предотвратить нежелательные результаты. Например, корректное использование ML/AI способно определить причину, выявить нетривиальные закономерности, а также предотвратить нежелательный исход или чрезвычайную ситуацию.

Компании, стремящиеся к Качеству 4.0, не должны рассматривать какие бы то ни было процессы обособленно друг от друга, тем более, если это касается данных и аналитики. Нет необходимости и даже, более того, опасно заниматься аналитикой некорректных данных, ведь именно на основе этих данных в дальнейшем будут приниматься решения автоматизированными системами.

### **Взаимодействие (connectivity)**

В широком смысле термин Connectivity определяет взаимодействие между бизнес-информационными технологиями (ИТ) и операционными технологиями (ОТ), где бизнес-технологии включают в себя систему управления качеством предприятия (EQMS), планирование ресурсов предприятия (ERP) и управление жизненным циклом продукта (PLM), а операционные технологии (ОТ) используются в лаборатории, производстве и обслуживании. Индустрия 4.0 преобразует возможности подключения благодаря распространению недорогих подключенных датчиков, которые обеспечивают практически в режиме реального времени обратную связь от взаимодействия людей, продуктов, периферийных устройств и процессов.

*Взаимодействие людей (Connected people).* Использование смарт-устройств, будь то умный браслет или обычный датчик, считывающий определенные данные, уже на протяжении достаточно долгого времени позволяют любому желающему быть более эффективным в необходимой сфере деятельности. В связи с этим они все чаще рассматриваются в качестве варианта для контроля состояния сотрудников. Основной целью является повышение эффективности и безопасности.

*Взаимодействие продуктов (Connected products).* Подключенные продукты на протяжении всего жизненного цикла могут отправлять отчет об их производительности, а также об условии использования и возможных отказах. Это позволяет контролировать, а также своевременно принимать решения, даже на удаленной основе, что, безусловно, является огромным плюсом.

*Взаимодействие периферийных устройств (Connected edge devices).* Современные технологии позволяют отслеживать весь жизненный цикл продукции практически в режиме реального времени, но неконтролируемый поток данных может перегружать центральную систему, что, безусловно, не влечет за собой ничего хорошего. Для предотвращения перегрузки используют периферийные устройства, которые способны проанализировать входящие данные и принять решение о необходимости дальнейшей отправки этих данных центральной системе. Такой подход позволяет быстрее реагировать на непредвиденные ситуации, так как каждая точка решает свои локальные задачи, а не обрабатывает весь объем полученных данных.

*Взаимодействие процессов (Connected processes).* Взаимодействие процессов обеспечивает обратную связь от всех вышеперечисленных звеньев. Это, в первую очередь, позволяет корректно структурировать данные и представлять их в сгруппированном виде, что влечет за собой доступность в понимании и легкость в использовании.

### **Сотрудничество (Collaboration)**

Несмотря на всю необходимость сотрудничества, компании, в большинстве своем, все еще придерживаются стандартных методов. По некоторым данным на сегодняшний день лишь 21% используют единые системы EQMS, а остальные предпочитают электронные письма или различного рода сервисы. Системы EQMS на данный момент – это единая среда, позволяющая централизовать все процессы по управлению качеством.

С развитием Интернета и появлением социальных сетей сотрудничество резко изменилось и получить обратную связь от пользователей, а также удовлетворить конкретные потребности своей аудитории компаниям стало проще, что, безусловно, положительно сказалось на качестве продукта.

Современный рынок не всегда честен с потребителем. Чаще всего, мы лишь можем догадываться, какого качества продукция находится перед нами, но современные технологии способны решать вопросы такого рода. Одной из таких технологий является Blockchain. Это последовательная, неизменяемая и распределенная цепочка блоков, позволяющая быть уверенным в достоверности информации. Несмотря на то, что данная технология, как и любая другая, имеет ряд тонкостей, она занимает одну из лидирующих позиций не только в «Качество 4.0», но и в «Индустрия 4.0» в целом. Данная технология неразрывно связана с контролем качества, ведь она покрывает многие области, благодаря которым мы анализируем, прогнозируем, улучшаем и, в конечном итоге, завоевываем доверие наших пользователей. Неввероятно, но современные технологии позволяют всем желающим отслеживать производство продукции в режиме реального времени. Еще совсем недавно вся эта информация была закрыта от посторонних глаз.

Сотрудничество является мощным толчком для инноваций и повышения качества. Современные технологии, направленные на открытость компаний, являются дополнительным подтверждением этому. Открывая свои данные, компания привлекает на добровольной основе миллионы заинтересованных в качестве лиц, которые, как минимум,

будут поддерживать распределенность данных, а в некоторых случаях даже подсказывать пути улучшения качества продукции.

### **Разработка приложений (App development)**

Приложения – это инструмент, через который компании выстраивают процессы, собирают и обмениваются данными, визуализируют их, а также осуществляют результативное взаимодействие сотрудников.

Рынок приложений практически безграничен, трудно представить задачу, для которой не нашлось бы качественного решения. Однако разработчики не могут учесть всех тонкостей конкретной организации и разрабатывают необходимый минимум, который точно будет необходим пользователям сервиса. Понимая, что задачи у каждой компании индивидуальны, в приложениях все чаще появляются дополнительные модули или сторонние сервисы, которые можно подключить в случае необходимости и тем самым, за счет объединения большинства процессов, повысить эффективность данного сервиса.

Большинство компаний выбирает вышеизложенный вариант с целью экономии ресурсов. Такой подход является нормальным, ведь даже при необходимом количестве ресурсов проблематично создать комплексный продукт высокого качества. Поэтому при создании наилучшим вариантом будет использование собственных наработок с подключенным API сторонних сервисов. Такой вариант не только сэкономит ресурсы компании, но и, в конечном итоге, повысит качество выпускаемой продукции, так как вся необходимая информация будет находиться в рамках единой платформы.

### **Масштабируемость (Scalability)**

Масштабируемость – это способность поддерживать работу с объемом данных пользователями, устройствами и аналитикой на глобальном уровне. Большинство методов Качества 4.0 не так эффективны без применения глобального уровня. Важно не только собрать информацию, но также сделать ее доступной для всех участников. 37% компаний отмечают, что фрагментированные данные являются главной проблемой в достижении качества и по этой причине борются с этим. Ранее в компаниях для хранения информации использовались съемные носители, затем начали использовать внутренние сети для обмена данными, но в том и другом случаях доступ к информации был ограничен. На сегодняшний день компании предпочитают использовать облачные хранилища, позволяющие получить доступ к информации в любом месте и в любое время. Компаниям выгоднее воспользоваться готовым программным обеспечением как услугой (SaaS), ведь такой подход избавляет от необходимости приобретать, устанавливать и управлять программным обеспечением на месте. Облако также предоставляет инфраструктуру как услугу (IaaS), что представляет из себя аренду мощностей серверного оборудования, а также платформу как услугу (PaaS), предоставляющую среду для разработки, тестирования, доставки приложений и управления ими. Масштабируемость важна при переходе от стандартных методов в управлении качеством к Качеству 4.0, а также при расширении системы.

### **Системы менеджмента (management systems)**

Система управления качеством, как и многое другое из обсуждаемого ранее, нуждается в комплексном представлении. Трудно представить себе управление качеством без единой системы, помогающей отслеживать процессы, собирать данные, анализировать их, а также выполнять ряд действий, направленных на улучшение качества в целом. На сегодняшний день существует программное обеспечение для управления качеством на предприятии (EQMS), но эффективность данного подхода напрямую зависит от фрагментированных процессов. Ранее, когда жизненный цикл продукции дробился на несколько локальных процессов, воссоздать единую картину было проблематично. Суть данного подхода заключается в централизации всей деятельности по качеству.

Все большее количество предприятий стремятся внедрить EQMS, но из-за сложности автоматизации фрагментированных процессов это сделать проблематично. Только 21% рынка приняли EQMS, при этом 41% из них использует систему автономно.

Производители должны согласовывать процессы, автоматизировать эти процессы с помощью программного обеспечения, связывать автоматизированные процессы с другими системами и операциями, а также использовать коллективную аналитику и знания для постоянного улучшения автономности системы. Такой подход смещает работу от простого выполнения предписанных процедур к реальным инновациям.

### **Соответствие требованиям (compliance)**

Высокое качество выпускаемой продукции во многом зависит от соблюдения множества требований, начиная от нормативных документов и заканчивая требованиями заказчика. Безусловно, производители на рынке вносят собственные коррективы предлагаемыми инновациями, и поэтому могут также учитываться внутренние требования, но за основу следует принимать вышеизложенные, так как нормативные документы и заказчик находятся в приоритете.

Современные технологии, появляющиеся на рынке, позволяют избегать высокой кастомизации решений, что влечет за собой снижение стоимости работы с требованиями. Также стоит понимать, что высокий уровень кастомизации в любой сфере влечет за собой проблемы, связанные с обновлением продукта, поэтому новые разработки направлены на создание конфигурируемых решений (методики CAPA, 8D, анализ несоответствий и др.).

Качество 4.0 дает больше возможностей для автоматизации управления требованиями. Социальное взаимодействие предоставляет механизмы для обмена опытом посредством созданных групп и сайтов. Предполагается использование аналитики не только для предупреждения, но и для предотвращения нарушений нормативных требований. Интегрированные модели данных IT/OT и технологии совместной работы, такие как Blockchain, обеспечивают подход, который автоматизирует возможности аудита.

С развитием технологий мы все реже сталкиваемся с бракованной продукцией, так как автоматизированным процессам не свойственен человеческий фактор. Автоматизация также позволяет сокращать риски и избавляет от рутинной работы, в связи с этим производители должны пересмотреть свою текущую стратегию соответствия и определить возможности улучшения.

### **Культура (culture)**

Передовые компании стремятся развивать культуру качества, ведь именно это является основополагающим фактором, отличающим случайное качество от целенаправленных действий, ведущих к высоким показателям. Качество влияет на стратегический успех компаний, но 87% опрошенных кросс-функциональных команд, по результатам исследований компании LNS, не имеют четкого представления о культуре качества. При более детальном рассмотрении можно выделить четыре основополагающих элемента культуры качества: участие в процессах, ответственность, доверие и расширение полномочий. Зачастую применяются перекрестное участие в процессах, перекрестная ответственность и перекрестные полномочия.

На сегодняшний день благодаря внедрению технологии Качество 4.0 культура качества становится все более доступной за счет совместной работы, аналитики, визуализации и прозрачности большинства процессов. Качество 4.0 представляет процессы и результаты качества в более заметном, связанном и актуальном формате.

### **Лидерство (leadership)**

Интерес со стороны производителей к улучшению качества растет стремительными темпами, на это влияет множество факторов, начиная от экономии ресурсов и заканчивая жесткой конкуренцией на рынке, но, несмотря на это, функции качества зачастую выглядят обособленными. Отчасти это связано с неверным восприятием отдела по качеству, как надзорного органа, и как группы с неясным

отношением к корпоративному успеху. В большинстве своем все начинается с постановки целей, поэтому команда по качеству должна выстраивать свои цели так, чтобы они увязывались с корпоративными целями, а для достижения наилучшей сплоченности руководство должно уделять этому больше внимания.

Здесь, как и в большинстве вышеописанных пунктах, Качество 4.0 подчеркивается важностью автоматизации процессов и отображения показателей эффективности в реальном времени.

### **Компетенции (competency)**

Компетентность – это способность человека выполнять задачу эффективно и результативно. На сегодняшний день лидирующие компании предоставляют все необходимые условия для того, чтобы сотрудник чувствовал себя частью единого коллектива и стремился привнести что-то новое и инновационное. Многие компании для повышения компетентности сотрудников внедряют различного рода платные курсы, проводят тестирование и многое другое, но Качество 4.0 предлагает дополнительные и альтернативные варианты.

Обмен опытом в передовых компаниях проводится на постоянной основе. Например, организовываются митапы, участие в которых может принять любой желающий, а если нет возможности присутствовать, то всегда доступна онлайн трансляция или впоследствии выкладывается запись встречи. Также на постоянной основе компании через социальные сети делятся необходимыми новостями, литературой и видеокурсами, просмотрев которые всегда есть возможность обсудить детали либо с автором, либо с другими участниками. Это невероятно удобно, ведь в данном случае нет необходимости в личном присутствии, можно улучшать собственные навыки удаленно.

Помимо свободного доступа к обучающим материалам, инновационные компании также стремятся повысить их уровень эффективности и интерактивности. Для этого внедряются инструменты виртуальной реальности, искусственный интеллект, встроенные тесты и мн. др. Качество 4.0 предоставляет инновационные решения для повышения компетентности, большинство из которых доступно на удаленной основе. Это позволяет сделать процесс образования систематизированным и персонализированным под каждого обучающегося.

### **Заключение**

В работе проведен анализ основных требований к управлению качеством для Индустрии 4.0 («цифровой фабрики»). Исследованы основные элементы системы Качества 4.0 как комплекса программного обеспечения и оборудования для управления качеством на производстве в условиях Индустрии 4.0. Показано, что Качество 4.0 не заменяет традиционные методы управления качеством (развиваемые в рамках СМК – систем менеджмента качества), а скорее строится и совершенствуется на их основе.

### **Литература**

1. Клаус Шваб. Четвертая промышленная революция [Текст] / Клаус Шваб; Эксмо, 2016. – 230 с.
2. Клаус Шваб. Технологии четвертой промышленной революции [Текст] / Клаус Шваб, Николас Дэвис; Изд-во «Эксмо», 2018. – 410 с.
3. Нави Раджу. Бережливые инновации. Технологии умных затрат [Текст] / Нави Раджу, Джайдип Прабху; Изд-во «Олимп-Бизнес», 2013. – 480 с.