

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Иркутский национальный исследовательский технический
университет»**

 *На правах рукописи*

КУНАКОВ ЕГОР ПЕТРОВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ РАЗВИТИЯ
ЦИКЛА PDCA**

Специальность 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация.
Организация производства

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Лонцих Павел Абрамович

Иркутск – 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ РАБОТЫ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	11
1.1 Цикл PDCA. История создания, развитие	11
1.2. Мотивация развития цикла PDCA.....	17
1.3. Спираль качества и триада качества Джурана.....	25
1.4. Выводы по главе 1.....	29
ГЛАВА 2. МОДЕРНИЗИРОВАННЫЙ ЦИКЛ PDDCA –ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ЦИКЛА, АЛГОРИТМ ЦИКЛА, АРХИТЕКТУРА СМК.....	30
2.1. Сетецентрическая система менеджмента как развитие цикла PDCA	30
2.2. Модернизированный цикл PDDCA.....	37
2.3. Графическая интерпретация цикла PDDCA. Архитектура системы менеджмента качества	39
2.4. Выводы по главе 2.....	46
ГЛАВА 3. ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО ЦИКЛА PDDCA В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ МАШИНОСТРОЕНИЯ	47
3.1. Описание технологического процесса гибки труб	47
3.2. Применение модернизированного цикла PDDCA в технологических процессах машиностроения	52
3.3. Выводы по главе 3.....	72
ГЛАВА 4. ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ПОДХОД ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО ЦИКЛА PDCA В РАМКАХ ПРОЕКТНОГО УПРАВЛЕНИЯ И В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ.....	73
4.1. Применение модернизированного цикла PDDCA в рамках проектного управления	73
4.2. Интегрированный подход применения цикла PDCA и стандартов CDIO в образовательных процессах	78
4.3. Совершенствование образовательных процессов ИРНИТУ с помощью применения усовершенствованного цикла Деминга и концепции CDIO	82
4.4. Выводы по главе 4.....	102
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	104
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	106
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	122

ПРИЛОЖЕНИЕ 2	123
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	124

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В современных условиях машиностроительная отрасль играет важную роль в развитии экономики РФ и обеспечивает место как одного из мировых лидеров. Высокая значимость машиностроительного сектора для российской экономики требует обеспечения долгосрочной экономической устойчивости предприятий, занимающихся разработкой и производством инновационной продукции, что делает актуальными вопросы выявления проблем и потенциала дальнейшего развития машиностроительных производств.

Развитие машиностроительного производства имеет существенный вклад в технический уровень предприятий всех отраслей экономики, что неизменно способствует обновлению средств производства, внедрению новейших технологий и использованию современных материалов с улучшенными характеристиками. Не менее важным элементом развития машиностроения является обновление продукции и ее технико-экономических характеристик.

Совместно с информационными технологиями машиностроение становится основой для высокотехнологического производства в России, стимулируя внедрение цифровой экономики. В современных условиях быстрых и неопределенных изменений в производственной сфере необходимо постоянно модернизировать производственные процессы и адаптировать их к выбранной стратегии предприятий. В этой связи разработка новых подходов к менеджменту качества машиностроительных предприятий и повышение эффективности производственных процессов представляется важнейшей задачей.

Однако, не все методы и инструменты, используемые для улучшения процессов машиностроительного производства, могут гарантировать достижение желаемых результатов. Поэтому важно улучшить системы менеджмента качества для достижения поставленных целей. Наиболее перспективным подходом является обеспечение системы менеджмента, которая способна определить и поддерживать высокое качество продукции.

Анализ качества продукции и менеджмента качества также необходимо проводить на этапах планирования и проектирования, что предусмотрено

нормативной документацией, устанавливающей порядок разработки и постановки продукции на производство. В связи с этим, задача разработки нового подхода к обеспечению результативности процессов системы менеджмента качества предприятий машиностроительной отрасли на стадиях планирования и технологического проектирования становится особенно актуальной.

Степень разработанность темы исследования. Научное сообщество активно исследует аспекты развития и совершенствования машиностроительных производств. Среди российских ученых, уделяющих значительное внимание этим проблемам, можно назвать Ю.П. Адлера, Д.В. Антипова, В.А. Барвинок, Б.Л. Бенцмана, Б.В. Бойцова, В.В. Бойцова, В.А. Васильева, С.М. Вдовина, Л.С. Верещагина, В.Г. Версана, И.М. Германа, А.В. Гличева, А.В. Гугелева, В.М. Ларина, Ю.С. Клочкова, В.А. Новикова, Б.С. Мигачева и многих других известных ученых.

Важную роль в развитии систем менеджмента качества и практическом применении методов управления процессами играют как отечественные, так и зарубежные ученые: У. Деминг, Ф. Кросби, Г. Тагути, Ф. Тейлор, Г. Л. Гант, К. Исикава, Д. Кавакито, В. Парето, В. Шухарт, И. К. Адизес, Джеймс Харрингтон, Д. Коллинз, М. Юджин Портер, а также Ю.П. Адлер, В.В. Бойцов, В.А. Васильев, М.Л. Рахманов, А. Г. Синотов, В.Н. Азаров и другие известные ученые.

Цифровизация отечественных предприятий и развитие машиностроительных производств также стали объектом серьезного изучения у ряда ученых. Профильные труды в этой области написали Е.Ф. Авдокушин, В.Н. Азаров, В.А. Васильев, А.М. Долгин, И.Л. Авдеева, В.Н. Козловский, В.Е. Петров, А.В. Громова, Н.Д. Гуськова, А.В. Олейник, В.В. Ильинский., М.Е. Ставровский, А.В. Цырков, Н.Н. Аниськина, В.Г. Шуметова и другие известные ученые.

Отметим важность учета новых подходов в исследованиях, связанных с разработкой технологических процессов и реализацией систем менеджмента. Хотя многие исследования посвящены условиям машиностроительного производства, они не всегда уделяют достаточного внимания улучшению процессов механической обработки металлов и гибки труб. Также не хватает

анализа нового оборудования, которое может использоваться для совершенствования технологического процесса и улучшения качества изделий. С учетом цикла Деминга можно достичь дополнительных преимуществ в разработке этих процессов. Тщательное исследование новых подходов и оборудования может не только снизить затраты, но и повысить эффективность производства в целом. Поэтому необходимо уделять внимание имплементации философии цикла Деминга при разработке технологических процессов.

Объектом исследования является система менеджмента качества предприятия.

Предмет исследования - методы и инструменты создания, функционирования и совершенствования систем менеджмента качества предприятий машиностроения.

Цель исследования состоит в совершенствовании системы менеджмента качества машиностроительного производства на основе развития цикла Деминга с учетом особенностей этапов технологических процессов выпуска продукции.

Достижение поставленной цели работы обеспечивается путем постановки и решения следующих задач:

1. Сформировать научно-методический подход, позволяющий определить аналогии и различия цикла PDCA с существующими подходами к управлению качеством, а также триады и спирали качества Дж. Джурана.

2. Разработать алгоритм реализации модернизированного цикла PDCA с учетом специфики этапа проектирования на машиностроительных предприятиях и обосновать его применимость в целях адаптивного управления несоответствиями.

3. Доказать универсальность научно-методического подхода, применительно к системам менеджмента, сформированным на основе требований стандартов ИСО 9001, ИСО 14001, ИСО 45001 и других международных и отечественных стандартов, в том числе, в машиностроении, а также в проектном

управлении и при реализации концепции CDIO в образовательных учреждениях высшего образования.

Научная новизна заключается в разработке теоретических положений по модернизации цикла Деминга PDCA и формировании рекомендаций по совершенствованию процессов системы менеджмента качества на этапах жизненного цикла продукции машиностроительных производств.

В числе основных результатов научного исследования, которые являются научной новизной, необходимо указать следующие:

4. Разработан метод совершенствования системы менеджмента качества за счет нового подхода к циклу PDCA, отличающийся от известных модернизацией цикла в формате PDDCA и применением методов проектного управления.

5. Предложен новый подход к циклу PDCA для различных сфер и объектов, в том числе, проектного управления, внедрения элементов цифровизации и совершенствования образовательных процессов, отличающийся от известных методов повышением результативности процессов, реализуемых этапов планирования, проектирования и реализации.

6. Разработана архитектура систем менеджмента качества, реализуемых в различных сферах производства и услуг, основанных на модернизации цикла Деминга в формате PDDCA.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в развитии теории управления качеством, а именно модернизации цикла PDCA, что позволило:

1. Разработать подход совершенствования систем менеджмента качества и методов непрерывного улучшения процессов за счет развития цикла PDCA.

2. Предложить алгоритм решения задачи совершенствования систем менеджмента качества и методов непрерывного улучшения процессов за счет внедрения модернизированного цикла Деминга.

3. Внедрить разработанный цикл и подход в систему менеджмента качества Улан-Удэнского авиационного завода, входящего в холдинг АО «Вертолёты России», в технологическом процессе гибки труб.

4. Внедрить разработанный цикл в учебный процесс кафедры «Автоматизации и управления» по направления подготовки 27.03.02, 27.04.02 (бакалавриат, магистратура) «Управление качеством» в ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет».

Методы исследования. Для решения поставленных в работе задач использовались труды отечественных и зарубежных специалистов в области менеджмента качества, реализации процессного подхода и принципов менеджмента качества, подходов цифровизации, изучения проблем управления и совершенствования системы менеджмента процессов.

В процессе исследования использовались методы, аппарат и алгоритмы процессного подхода, экспертных оценок, факторного анализа, математической статистики, менеджмента качества, методы системного анализа, статистической обработки данных, методы и инструмент анализа и управления рисками.

Положения, выносимые на защиту:

1. Подход совершенствования системы менеджмента качества на основе модернизации цикла PDCA в формате PDDCA.

2. Цикл и методическое обоснование совершенствования менеджмента качества машиностроительных производств, проектного управления, а также внедрения элементов цифровизации и совершенствования образовательных процессов за счет развития нового подхода к циклу Деминга.

3. Архитектура систем менеджмента качества, реализуемая в различных сферах производства и услуг, основанная на модернизации цикла Деминга в формате PDDCA.

Соответствие паспорту специальности Содержание диссертации соответствует следующим пунктам паспорта специальности 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства: 1. Методы

анализа, синтеза и оптимизации, математические и информационные модели состояния и динамики процессов управления качеством и организации производства; 11. Создание и развитие систем менеджмента, том числе, интегрированных (ИСМ) на основе ИСО 9001, ИСО 14001, ИСО 45001 и смежных отраслевых международных и отечественных стандартов; 15. Научно-практическое развитие инженерных инструментов управления, организации производственных систем, а также баз знаний.

Достоверность научных результатов исследования обеспечивается корректностью постановки цели и задач, глубоким анализом множества зарубежных и отечественных источников, моделированием улучшений процесса при помощи машинных и натуральных экспериментов, а также применением сертифицированного программного обеспечения для проведения расчётов.

Апробация результатов. Апробация результатов диссертации проводилась на международных и всероссийских научно-технических и научно-практических конференциях: Всероссийская научно-практическая конференция «Проблемы развития экономики и предпринимательства» (г. Иркутск, 2016 г.), 2016 IEEE Conference on Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies (IT&QM&IS), (г. Санкт-Петербург, 2016 г.), 2017 International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies"(IT&QM&IS), (г. Санкт-Петербург, 2017 г.), Всероссийская научно-практическая конференция "Проблемы развития экономики и предпринимательства" (г. Иркутск, 2017 г.), International Conference on Information Technologies in Business and Industry 2018 (г. Томск, 2018 г.), 2018 IEEE International Conference Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies; (IT&QM&IS), 2018 (г. Санкт-Петербург, 2018 г.), 2019 IEEE International Conference Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies; (IT&QM&IS), 2019 (г. Санкт-Петербург, 2019 г.), IEEE International Conference Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies; (IT&QM&IS), 2020 (г. Ярославль, 2020 г.), XX Международная научно-практическая конференция «Управление качеством» (г.

Москва, МАИ, 2021 г.), XI Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Перспективы развития технологии переработки углеводородных и минеральных ресурсов» (г. Иркутск, 2021 г.).

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ РАБОТЫ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Цикл PDCA. История создания, развитие

Все товары, произведенные как в материальной, так и в нематериальной форме, могут быть описаны и проанализированы с помощью спецификации. Это позволяет не только описать существующие изделия, но и создать детальные описания будущих продуктов или необходимых организационных процессов.

Однако этот подход имеет свои ограничения. При определении спецификаций возможны различия в понимании требований, которые могут привести к несоответствию результата требованиям заказчика. Согласно Шухарту, кто-то может иметь одно понимание технических требований, но другой человек может их толковать по-другому, что может привести к различным результатам [4, 14, 17, 21, 31 - 35, 55-58, 82-85, 106, 141]. Данный подход изображен схематически на рисунке 1.

Кроме того, создание продуктов или процессов, ориентированных только на спецификации, не гарантирует, что будущий результат будет максимально эффективным или соответствующим конкретным потребностям. Как отметил Деминг, нет возможности понять все необходимые детали только по спецификации.

С начала 20-го века качество продукции и удовлетворенность потребителя стали главным вектором развития предприятий [4, 14, 17, 21, 31 - 35, 55-58, 82-85, 106, 141]. Новый подход, основанный на диктате потребителя, предполагает дополнительный уровень контроля создаваемых продуктов и процессов, который Шухарт изобразил на рисунке 1б.

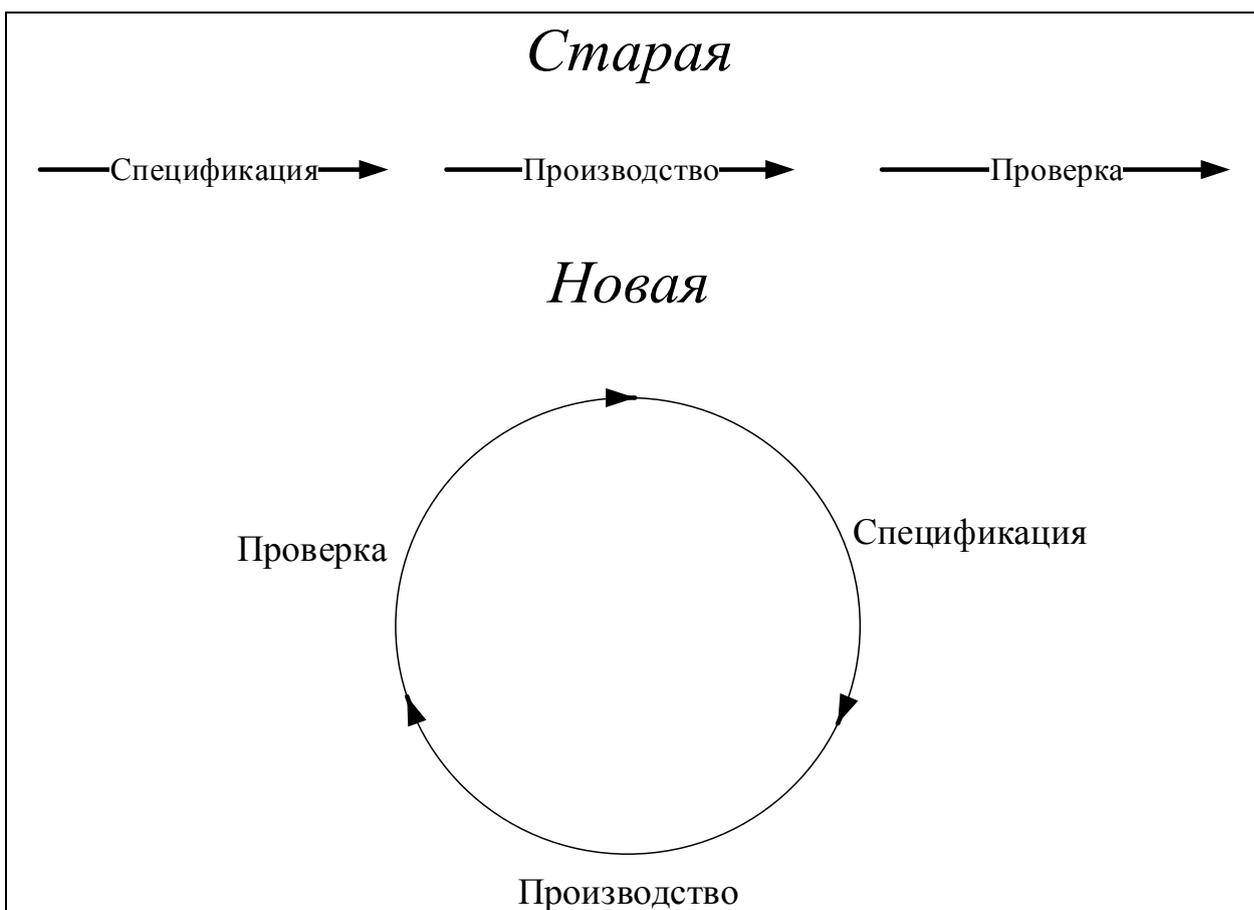


Рисунок 1.1 – Старая и новая система управления качеством предложенная Шухартом [4, 14, 17, 21, 31 - 35, 55-58, 82-85, 106, 141]

При изучении старых и новых систем управления, мы не можем не упомянуть Уильяма Шухарта и его гениальное открытие. Он внес огромный вклад в разработку линейной модели, преобразовав ее в циклическую структуру (Рисунок 1.1). Этот процесс он назвал “динамикой получения знаний” [4, 14, 17, 21, 31 - 35, 55-58, 82-85, 106, 141], что вполне оправдано. После прохождения первого цикла возможность выявить и исправить несоответствия за счет улучшения продукта, а также производственного процесса. Данный подход позволяет изменять спецификации на продукцию и разработать новые технологии в целях удовлетворения новых потребностей потребителей. Также на каждом последующем этапе цикла могут быть внедрены улучшения, тем самым повышая качество продукции. Используя данный цикл в своей практике, открывается возможность удовлетворить новые запросы и требования потребителей. В 1950

году в Японии Деминг представил свою методологию, которую назвал своим именем.

На рисунке 2 показана старый и новый путь производства в представлении Деминга.

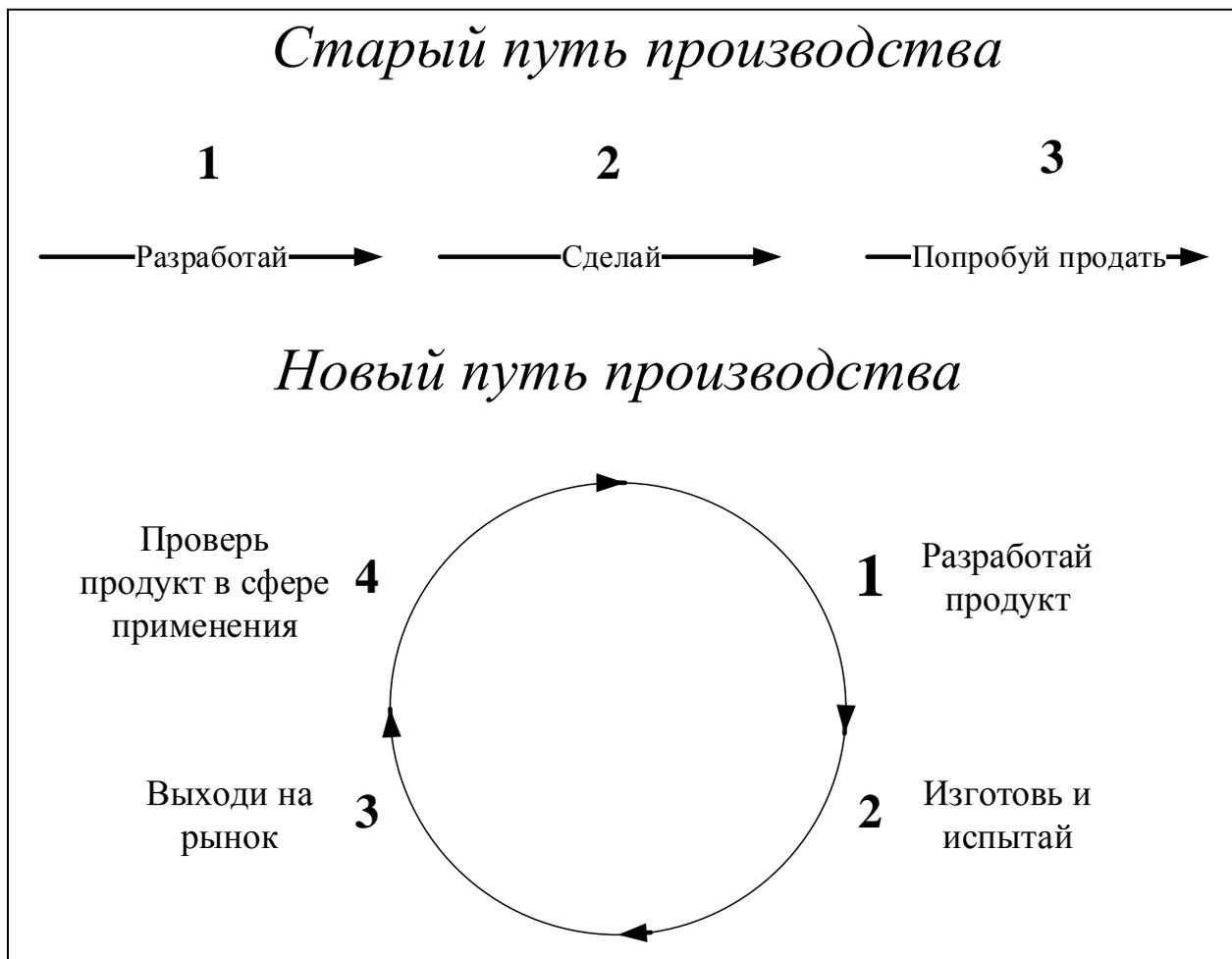


Рисунок 1.2 – Новый и старый путь управления качеством по Демингу
[1-3, 16, 27, 38, 60, 65, 75-76, 89, 99, 102]

Многие представители бизнеса и производители считали, что процесс производства состоит из трех этапов (Рисунок 1.2). По их мнению, успех производства зависит от способности производителя интуитивно выбирать ассортимент и объемы выпускаемой продукции или оказываемых услуг. Данный подход, в котором связь между тремя этапами не была учтена, не позволяла достичь оптимальных результатов [1-3, 16, 27, 38, 60, 65, 75-76, 89, 99, 102].

С новым подходом производитель включает четвертую, после основательного изучения потребностей клиентов (Рисунок 1.2) [36]:

1. Спроектируйте товар.
2. Сделайте его; испытайте на технологической линии и в лаборатории.
3. Поставьте его на рынок.
4. Проверьте его в эксплуатации; узнайте, что о нем думает потребитель, и почему его не купил тот, кто его не купил [36].

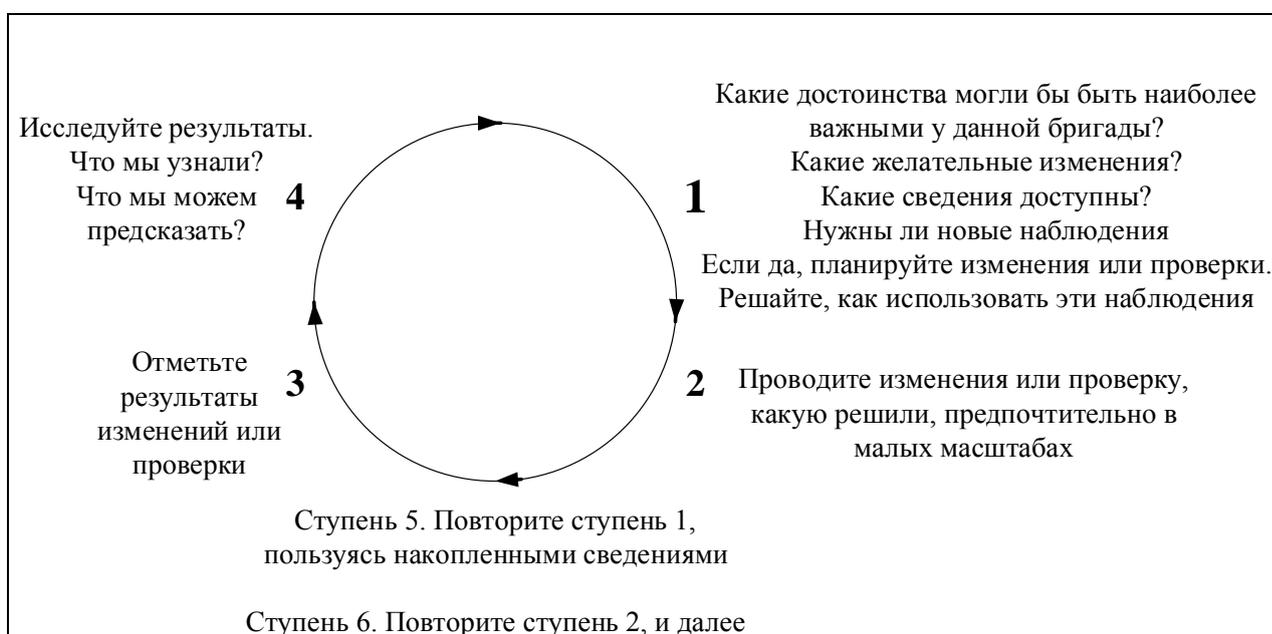


Рисунок 1.3 – Цикл Шухарта-Деминга [1-3, 16, 27, 38, 60, 65, 75-76, 89, 99, 102]

На Рисунке 1.3 представлен цикл Шухарта в том виде, как его описал Деминг. Этапы данного цикла, известного как “колесо Деминга” или “цикл качества Деминга”, повторяются, что приводит к постоянному улучшению качества и снижению затрат [1-3, 16, 27, 38, 60, 65, 75-76, 89, 99, 102].

Цикл PDCA Деминга

Данный цикл содержит четыре стадии [36]:

- Планируй изменения или испытания, направленные на улучшение.
- Попробуй осуществить (предпочтительно в малом масштабе).
- Изучи результаты. Чему мы научились.
- Действуй. [36]

В результате проведенного анализа установлено, что эта версия развития рассматриваемого цикла является изменением классического цикла Шухарта. Основным отличием данного цикла является разделение этапа “Проверка” на два отдельных этапа – проверка и выполнение действий на основе полученных результатов. Автор данного цикла Деминг предложил название - PDSA (План - Выполнение - Изучение - Действие), однако известен данный цикл под аббревиатурой PDCA (План - Выполнение - Контроль - Действие) [1-3, 16, 27, 36, 40, 66, 71, 81-82, 95, 104, 108].



Рисунок 1.4 – Цикл управления из 4-х стадий с выделением 6-ти принципов

Кроме того, процессы производства и оптимизации происходят одновременно, что подтверждает значимость каждой стадии производственного процесса. Однако, Ишикава в своей работе представил цикл PDCA несколько иначе, выделив 6 принципов (Рисунок 1.5), которые являются основой для успешного управления. Эти шаги включают в себя: планирование, выполнение,

проверку, действие, стандартизацию и непрерывное улучшение, которые Ишикава считает необходимым применять в процессе управления.

И эти шесть шагов цикла PDCA следующие [17, 19, 31-35, 55-57, 89, 101-102] (Таблица 1.1):

Таблица 1.1 – Шесть шагов цикла PDCA

1.	Определение целей и задач	P
2.	Определение методов достижения целей	
3.	Проведение обучения и подготовки кадров	D
4.	Реализация деятельности	
5.	Проверка эффекта от выполнения работы	C
6.	Принятие соответствующих мер	A

Более подробное рассмотрение Первого принципа Ишикавы подчеркивает важность определения целей и задач в процессе управления организацией. Как убедительно отмечает сам Ишикава, политика является фундаментом для установления конкретных целей. Без четко определенной политики, никакие цели не могут быть соответствующе выявлены, что приводит к неизбежным проблемам и препятствиям на пути к достижению спланированных результатов [17, 19, 31-35, 62-63, 97, 107-108].

Стоит отметить, что политики и цели должны быть четко определены на всех уровнях в организации - от руководителя до специалиста, принимающего решения. Такой подход помогает перевести общие политики и цели в более конкретные и повседневные, что помогает управлять, а также достигать высокие результаты.

Дальнейшие этапы цикла PDCA включают в себя реализацию стратегии. Иными словами, в этом случае, PDCA-цикл помогает как в разработке стратегии, так и в ее практическом воплощении. Таким образом, определение целей и задач, корректная разработка стратегии и ее осуществление с помощью PDCA-цикла являются важными компонентами в развитии современной организации и обеспечении ее успеха [1-3, 16, 27, 36, 40, 66, 71, 81-82, 95, 104, 108].

1.2. Мотивация развития цикла PDCA

Цикл EPDCA (Engineering — Plan — Do — Check — Act) создан в целях интеграции задач управления качеством и этапов разработки изделия [39], его подготовки к производству в программных продуктах компании (Рисунок 1.5). [1-3, 16, 27, 39, 40, 66, 71, 81-82, 95, 104, 108].

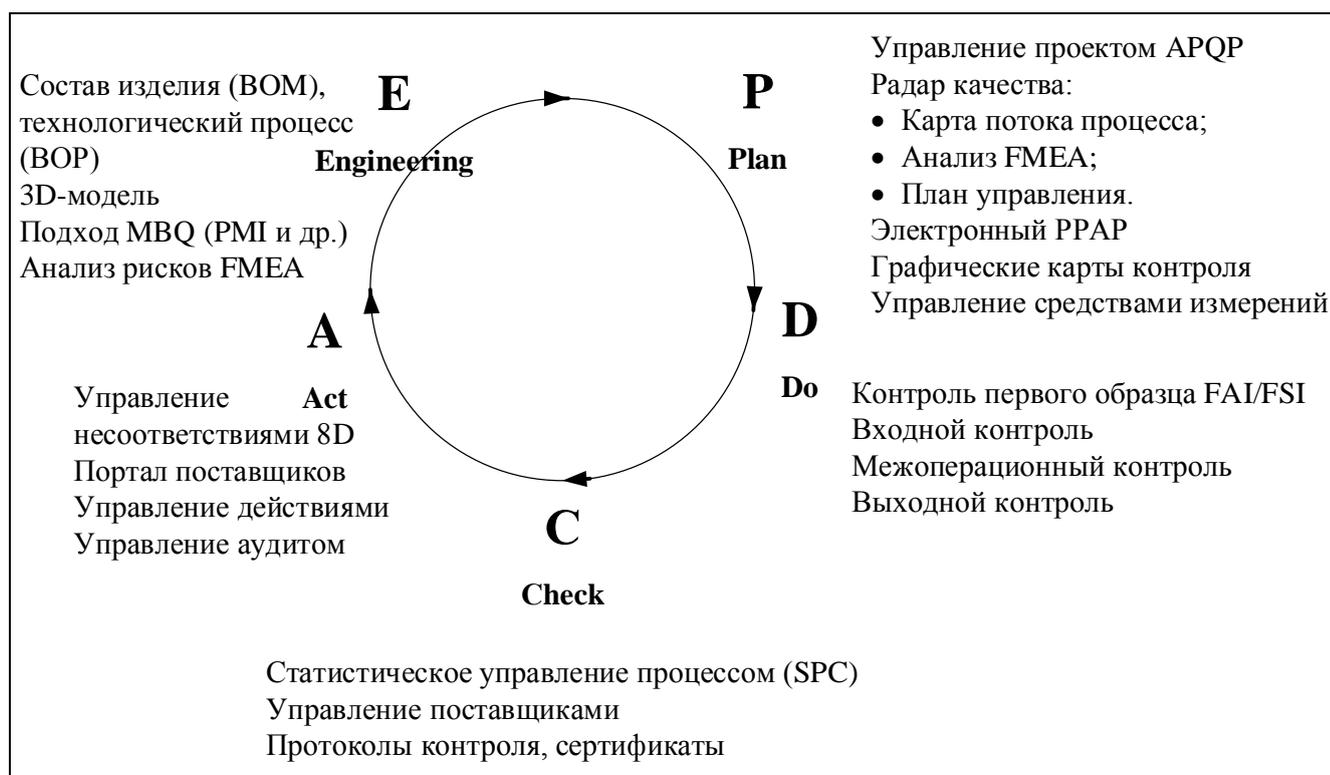


Рисунок 1.5. Цикл EPDCA как инструмент интеграции задач управления качеством и PLM-решений [1-3, 16, 27, 39, 40, 66, 71, 81-82, 95, 104, 108].

В результате изучения литературы было установлено, что идеология работы основывается на применении 3D-модели и 3D-аннотаций, которые создаются с помощью CAD-системы [20, 37, 70, 77, 80, 90, 122, 124]. Также было установлено, что 3D-аннотации, например PMI (Product and Manufacturing Information) [39], используются для описания технологической информации [37] и включают контрольные параметры изделия [18, 36-37, 38, 39, 70, 77, 80, 90, 122, 144, 145]. Использование 3D-аннотаций в производственном процессе обеспечивает связь между безбумажным проектированием и безбумажным производством.

В PLM-системе разрабатываются такие элементы системы как состав изделия (Bill of Material, BOM) и процесс его производства (Bill of Process, BOP) [39], доступные на этапе планирования в QMS. На этом этапе используются модули APQP, FMEA и другие, описанные в литературе [18, 36-37, 38, 39, 70, 77, 80, 90, 122, 144, 145]. Кроме того, на этом этапе можно использовать графические изображения контрольных параметров, основанные на 3D-модели.

QMS- или CAQ-системы обычно включают набор модулей, функционирующих на разных этапах жизненного цикла продукта (ЖЦП). Эти модули обычно содержат классический цикл PDCA (Plan-Do-Check-Act). На стадии планирования (Plan) определяются мероприятия, необходимые для обеспечения готовности к производству и оптимального производства продукции [18, 36-37, 39, 145]. Обычно это достигается с использованием модуля управления проектами (Project Management) [39], который включает статистические инструменты, например диаграмму Ганта.

Управление рисками и последствиями потенциальных отказов [39] являются одной из ключевых задач на стадии проектирования. Для этого используется модуль FMEA, который проводит анализ продукта (DFMEA) и процесса (PFMEA).

Одна из важнейших стадий в процессе производства - стадия планирования (PLAN), на которой определяются все необходимые мероприятия для успешной подготовки и производства высококачественного продукта. Для эффективного управления проектом на этой стадии обычно используются специальные инструменты, такие как диаграмма Ганта, которая помогает планировать и отслеживать выполнение всех задач в рамках проекта.

Для управление рисками и последствиями потенциальных отказов [39] используется модуль FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), который позволяет выявить возможные риски и их влияние на производство, а также определить меры для их предотвращения и управления [39].

Найденные на стадии FMEA критические характеристики влияют на конструкцию [39] изделия в рамках CAD/PLM (Computer-Aided Design/Product

Lifecycle Management) и учитываются на этапе формирования плана контроля (Control plan) [38], который определяет все необходимые этапы проверки качества изделия на разных стадиях его производства [39].

На основе плана контроля формируются планы испытаний (Inspection plan) [38], которые затем используются на этапах входного, промежуточного и итогового контроля. На этих этапах проверяется соответствие изделия всем требованиям и стандартам качества. Все эти процессы обычно управляются в рамках QMS/CAQ-системы (Quality Management System/Computer-Aided Quality Assurance), которая содержит набор модулей, работающих на разных стадиях жизненного цикла изделия (ЖЦИ) [39] и обеспечивает контроль качества на всех этапах производства [37].

В процессе выполнения DO осуществляется сбор данных измерений [37], которые потом сравниваются с изначально установленными лимитами. Если выявляется несоответствие, то генерируется внутренняя рекламация. В свою очередь, на этапе СHECK использует данные для проведения статистического контроля (SPC), расчета разнообразных показателей и составления диаграмм, включая диаграмму Парето [37].

QMS-системы управляет оперативными данными, осуществляя накопление статистики, аналитику и планирование мероприятий по улучшению качества [37]. Если измерения связаны с поставщиками, то можно рассчитать различные рейтинги и ранжирования поставщиков, передав данные в ERP систему [37].

Этап АСТ, или действия/корректировка, играет большую роль в управлении рекламациями. Цель данного этапа - предпринимать действия [37], которые помогут предотвратить возможные проблемы в будущем. Рекламации могут относиться к заказчику, поставщику или быть внутренними. Важно отметить, что аудит необходимо рассматривать как инструмент для улучшения всех процессов, связанных с качеством, а не только формальный анализ соответствия требованиям стандартов качества ISO 9001 [39].

Важно подчеркнуть, что циклическая природа модели Деминга обеспечивает непрерывный обмен информацией между этапами процесса. В

определенных ситуациях эту последовательность можно автоматизировать, что способствует более быстрому и точному выявлению новых недостатков и переносу результатов аудитов в модуль мониторинга. Следует также заметить, что на каждом этапе не только производится оценка стоимости и количества дефектов, но и принимаются меры по их ликвидации. Именно это свойство системы позволяет достигнуть идеального равновесия между потенциальными убытками из-за недостатков и затратами на повышение качества.

Модуль задач и действий (Task manager) [39] задачи автоматически адресует ответственным исполнителям с четким установлением контрольных сроков выполнения. А отметки об исполнении также автоматически возвращаются в систему, обеспечивая прозрачность и эффективность всех процессов.

Применение в системе менеджмента качества модуля APQP, означающего «Перспективное планирование качества», является неотъемлемой частью обеспечения гарантированного качества серийной продукции [39]. Этот механизм помогает пользователю планировать действия, которые будут работать на всех этапах жизненного цикла продукции. Прежде чем более подробно рассмотреть APQP, стоит обратить внимание на концепции системной инженерии, которые помогают лучше понять технологические процессы в системе.

PLM - это промышленная система для обмена информацией, которая позволяет контролировать все данные об изделии и связанных с ним процессах на протяжении всего его жизненного цикла. Исходя из этого определения, PLM становится важной частью любого предприятия и служит основой для решения задач контроля и управления информацией о продукте. Благодаря специальным методам и подходам к работе, PLM можно считать уникальной технологией для управления данными.

Кроме того, применение PLM помогает эффективно решать задачи обеспечения качества продукции. Так, данная система позволяет создавать спецификации и проводить их декомпозицию, а также отслеживать их по функциональным блокам и отдельным составляющим продукта. Данный подход

предполагает, что инженер при разработке системы начинает работу с подготовленными требованиями, включая характеристики продукта и методики контроля и оценки этих характеристик.

В целом, PLM является незаменимым инструментом для эффективного управления данными и решения задач по обеспечению качества продукции на любом предприятии. Успешное внедрение PLM может оказать положительное влияние на весь жизненный цикл продукции, существенно повысить эффективность работы и улучшить конечный результат.

Согласно методике APQP (Перспективное планирование качества продукции), разработанной тройкой лидеров автомобильного рынка — компаниями Chrysler, Ford и General Motors — методика будет актуальна и полезна для любой производственной системы [68], первый этап — этап планирования, который включает в себя анализ требований потребителя и разработке концепции будущего продукта. Выходом данного этапа является план мероприятий и техническое задание для разработки продукции [39].

Второй этап — проектирование конструкции — является не менее важным. Он заключается в верификации конструкции, валидации ее работоспособности и функций нового изделия, а также в составлении перечня ключевых показателей продукции. Результаты этого этапа — конструкторская документация и проверенная функциональность конструкции [39].

Третий этап — проектирование технологии производства — направлен на разработку процесса производства, который позволит воплотить созданную конструкцию в жизнь. Его результаты включают в себя специально проверенную технологическую документацию и перечень ключевых технологических операций и режимов [39].

Четвертый этап — подготовка производства — заключается в тщательной проверке готовности производства к выпуску качественной продукции. Весь процесс производства проходит верификацию путем экспериментальной проверки его способности уверенно обеспечивать высокое качество продукции [39].

Пятый этап — производство и обратная связь с потребителем — является заключительным этапом. На этом этапе оценивается удовлетворенность потребителя по нескольким важным параметрам, а также уменьшается изменчивость производственных процессов. В результате, весь процесс становится более устойчивым и предсказуемым.

Важно отметить, что все этапы APQP выполняются параллельно и последовательно, что позволяет сокращать сроки разработки и обеспечивать высокое качество продукции.

Комплексный метод и система обучения PDCA-CDIO

Нами изучен комплексный метод и система инженерного образования PDCA-CDIO, который предоставляет своего рода интегрированную обучающую систему на базе циклов PDCA и стандартов концепции CDIO [137, 143].

Комплексный метод и система обучения PDCA-CDIO состоит из модуля подготовки плана, модуля выполнения и реализации, модуля сводной информации о проверке и модуля улучшения измерений, описанный модуль подготовки плана хранит предварительные проекты по выборам, описанный модуль обеспечения выполнения и может быть смоделирован и записан прогресс инженерных проектов.

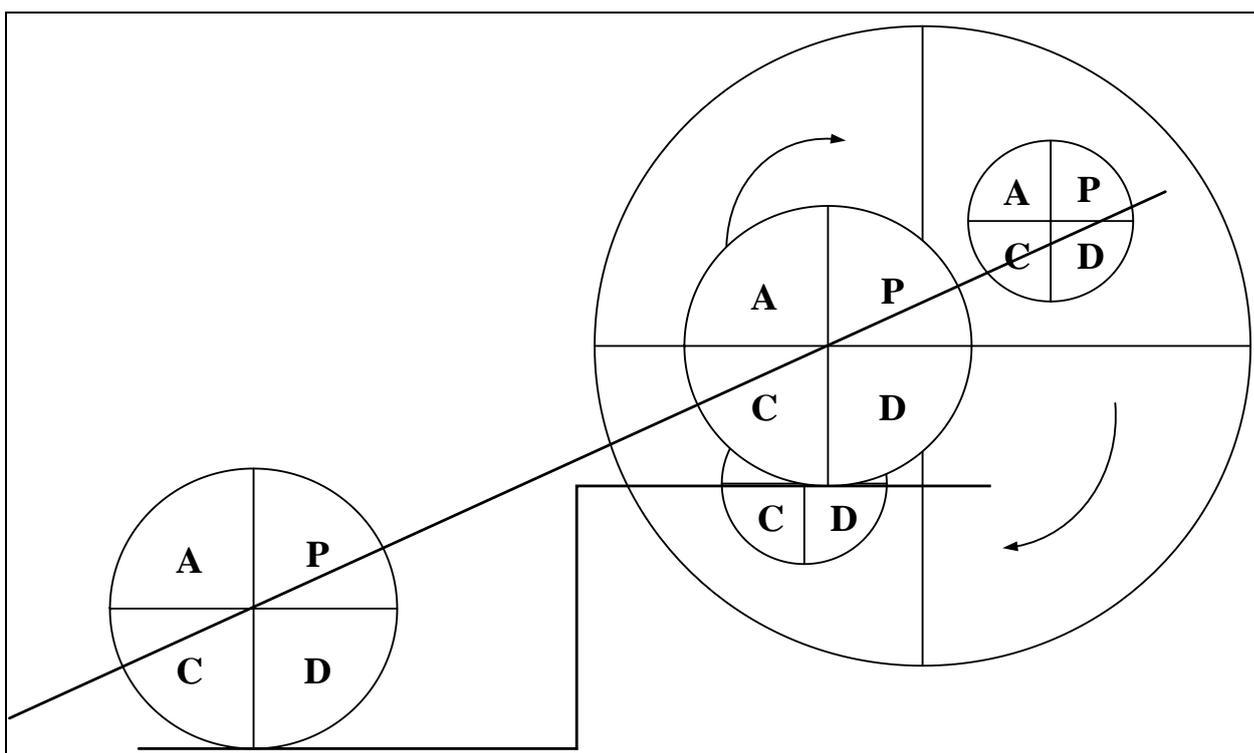


Рисунок 1.6 - Комплексный метод и система обучения PDCA-CDIO

Комплексный метод и система обучения PDCA-CDIO (Рисунок 1.6) включает следующие этапы:

Подготавливается план изложения инженерного проекта: инженерный проект отбора является производным от инженерной реальности. В образовательных процессах при принятой системе обучения эти проекты делятся на четырехлетний одноуровневый командный проект бакалавриата и проходят через него, в некоторых курсах выполняется второстепенный командный проектный элемент органического связи, три уровня элементов дизайна команды по каждому предмету, уровень знаний, сложность каждого охвата проекта умеренные и имеют несколько средств реализации.

Реализация инженерного проекта включает в себя формирование задачи с введением, декомпозицию этой задачи и затем процесс реализации декомпозиции внутреннего цикла PDCA. Декомпозиция задачи выполняется разделением функциональных модулей на режим «разделение кокона нитей, разделением слоя за слоем» для задачи инженерного проекта с помощью простых этапов. Процесс проектирования, в котором внутренний цикл PDCA декомпозирует каждый

функциональный модуль, также будет принимать режим цикла PDCA для выполнения проектирования этого функционального модуля.

Результатом применения данного метода является улучшение деятельности за счет применения цикла PDCA и стандартов СИО на различных этапах и процессах деятельности образовательного учреждения.

1.3. Спираль качества и триада качества Джурана

Джозеф Джуран внес значительный вклад в управление качеством благодаря своей модели системы качества, известной как «спираль качества». Этот подход стал основой для первых версий стандарта ISO 9000 и отличался от предыдущих подходов тем, что включал все этапы жизненного цикла продукта. Постоянное улучшение качества на каждой ступени спирали, от этапа исследования рынка до этапа послепродажного обслуживания, помогает отслеживать изменения в рыночном спросе и поведении продуктов в использовании.

Джозеф Джуран в своей концепции “триады качества” полностью ориентирован на потребителя и считает, что “качество” означает “пригодность для использования”. Он также выделяет три компонента управления - планирование, контроль и совершенствование - и отводит главную роль планированию качества. Деминг и Джуран имеют схожие взгляды на управление качеством, но Джуран скорее ориентируется на потребителя, тогда как Деминг подчеркивает роль статистических методов и человеческих взаимоотношений..

Создание модели системы качества, основанной на спирали и обеспечивающей постоянное улучшение качества, признается одним из наиболее значительных вкладов Джозефа Джурана в теорию и практику управления качеством. Его значительный вклад также заключался в разработке концепции “триады качества”, которая до сих пор актуальна для успешной деятельности организаций.

Согласно высказыванию Д. Джурана, для обеспечения качественного улучшения процесса необходимо соблюдение нескольких условий. Прежде всего, улучшение должно быть спланировано и реализовано проект за проектом. Важно, чтобы каждый этап нововведения завершался фазой удержания достигнутых результатов, которая закрепляет новый уровень и предотвращает регрессию. Все эти условия похожи на пройденный этап лестницы, где каждая следующая ступенька - это шаг к снижению несоответствия. После этого наступает

горизонтальная фаза стабилизации, которая поддерживает достигнутый уровень и устраняет возможные проблемы.

"Спираль Джурана" (Рисунок 1.7) - это модель, которая составляет основу многих современных методик управления качеством и определяет основные этапы работы. Она представляет собой вневременную пространственную модель, которая руководствуется непрерывным развитием и постоянным улучшением процесса. В организации производства и менеджменте существует ЖЦП, который направлен на определение жизненного цикла продукции, учитывая требования научных направлений.

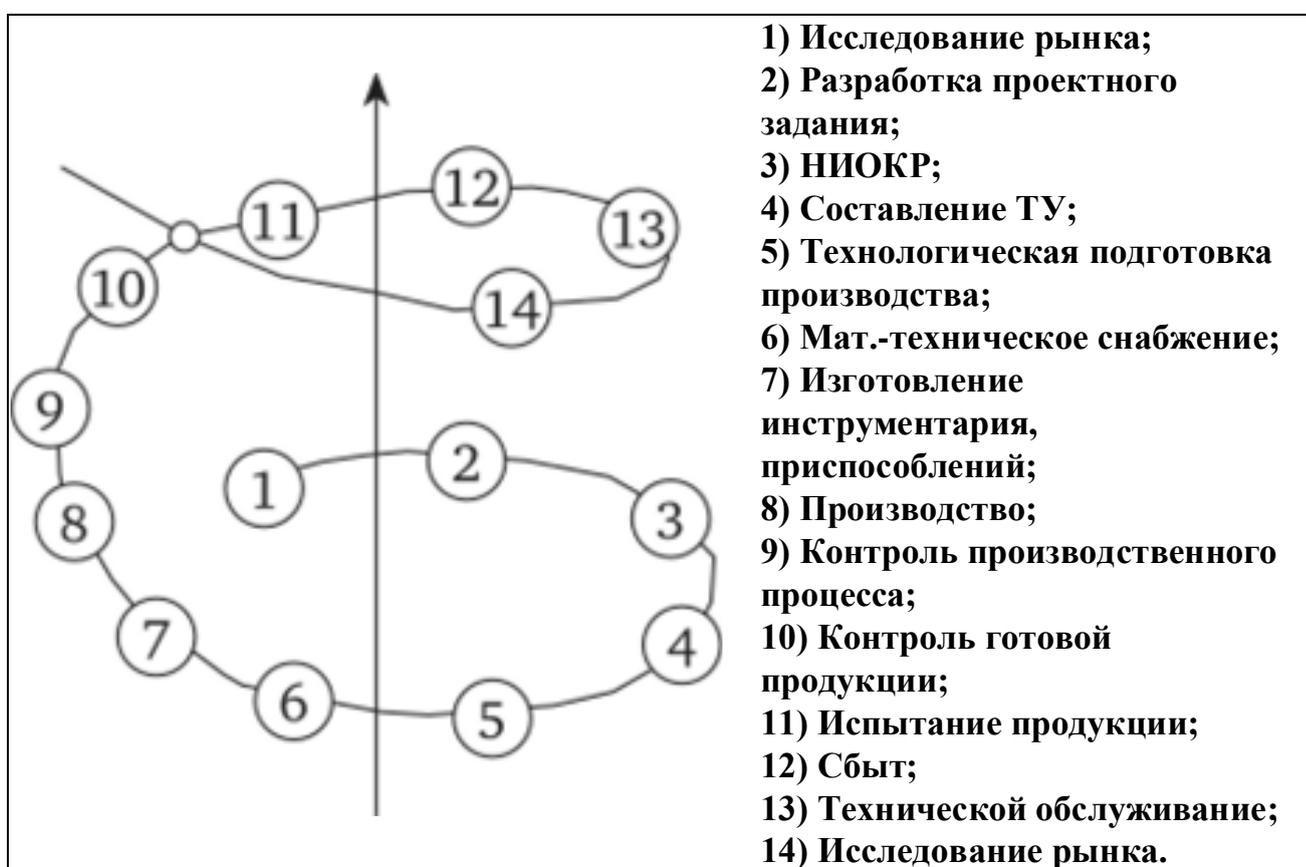


Рисунок 1.7 - Спираль Джурана

AQI концепция, которую предложил Джуран, основана на ежегодном улучшении качества. Это связано со стремлением к превосходству и новыми достижениями. Философия управления предполагает постоянное улучшение. Это означает переход от стабильной политики к политике изменений. Основные акценты в этой концепции сделаны на стратегические решения, высокую

конкурентоспособность и долгосрочные результаты. Благодаря работе Джурана возможно обеспечить качественный менеджмент и достичь значительных успехов в улучшении качества продукции и процессов.

Планирование уровня качества, разработка стратегий, направленных на предотвращение и устранение ошибок в управлении качеством, являются основными принципами АQI, служащих улучшению организации.

Для успешного внедрения принципов АQI на предприятии необходимо реализовать комплекс мероприятий. Он должен включать годовую программу совершенствования качества, разработку методов его измерения и оценки. Также необходимо обучить сотрудников статистическим методам и обеспечить их применение в работе. Кроме того, необходимо улучшить организацию труда в административных процессах.

Именно Джозеф Джуран является предшественником концепции тотального управления качеством - TQM. Сутью TQC является управление качеством, ориентированное на производство с целью выполнения определенных требований, но TQM также предполагает управление целями и самими требованиями. В контексте TQM команды рабочих мотивированы достигать наивысшей степени понимания в сфере качественного труда, что предоставляет необходимую поддержку и мотивацию на пути к успеху.

Если качество во всем видал Э.Деминг, то А.Фейгенбаум предложил идею всеобщего качества, а Дж. Джуран выделил само качество, различая его на большое (философия качества) и маленькое (набор методов и средств обеспечения качества). Синтез всех этих концепций в рамках Total Quality Management позволяет достигнуть максимальной эффективности и успеха в управлении качеством.

Принцип «триад качества» был предложен Джозефом М. Джураном. Он впервые обосновал переход от контроля качества к управлению качеством: “Управление качеством осуществляется через три процесса: планирование, контроль, совершенствование”.

Триада качества Джурана

Один из наиболее значимых концептов, разработанных Джозефом Джураном, - триада качества, которая включает в себя три взаимосвязанных процесса.

Первый процесс - планирование качества. В этом процессе необходимо установить цели в области качества, определить потребности ваших клиентов и разработать продукт в соответствии с требованиями. Также необходимо разработать процессы, необходимые для производства продукта, и способы контроля.

Второй процесс - контроль качества. Он включает оценку результатов процессов, сравнение их с требуемыми параметрами и принятие мер, если есть расхождение.

Третий процесс - улучшение качества. Здесь необходимо создать инфраструктуру, которая будет обеспечивать ежегодные улучшения. Необходимо определить, что вы будете улучшать, создать команду для каждого проекта по улучшению и обеспечить ее ресурсами. Также нужно подготовить людей и создать систему мотивации.

Для Джозефа Джурана очень важным было понимание того, что качество не может быть случайным - оно должно быть планированным. [18, 36-37, 70, 77, 80, 90, 122, 144, 145].

1.4. Выводы по главе 1

1. В ходе проведенного анализа литературных источников, продемонстрирован подход к планированию всех процессов в организации в целях создания возможности управления ими. В результате такого подхода мероприятия по улучшению деятельности планируются по принципу “проект за проектом”, и их выполнение приводит к “прорыву”, то есть к достижению более высокого уровня результатов работы.

2. В данной главе рассматривается важность предложенного Джозефом Джураном принципа “Ориентации на потребителя”. Этот подход позволяет ориентироваться при выборе приоритетов при разработке мероприятий по улучшению качества и выделении их в отдельные проекты, а системный подход к их выполнению по принципу “проект за проектом” ведет к улучшению всех систем и процессов.

3. Проведенный анализ состояния вопроса и постановки задачи позволил сделать следующие выводы:

1). Эффективная и результативная применимость цикла Деминга происходит при его реализации на основе требований постоянного улучшения системы менеджмента в виде спирали качества и триады качества Дж. Джурана;

2). Подтверждена возможность модернизации цикла PDCA. Например, цикл EPDCA (Проектирование - Планирование - Выполнение - Проверка - Действие) разработан и применяется для обеспечения интеграции проблем управления качеством с задачами проектирования изделия и подготовки его производства путем внедрения в корпоративные программные продукты. При этом в основе методологии лежат 3D-модель и 3D-примечания, заданные в САД-системе, которые используются для задания технологической информации;

3). В ходе анализа подтверждено, что требования процессного подхода универсальны; при этом, для достижения заданных параметров технологических процессов машиностроительных производств, они должны быть всегда реализованы на основе процессного подхода.

ГЛАВА 2. МОДЕРНИЗИРОВАННЫЙ ЦИКЛ PDDCA –ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ЦИКЛА, АЛГОРИТМ ЦИКЛА, АРХИТЕКТУРА СМК

2.1. Сетецентрическая система менеджмента как развитие цикла PDCA

Сетецентрический механизм менеджмента является одним из эффективных методов развития цикла Деминга, который позволяет выполнять динамическую оценку качества. Сравнивая два известных цикла – цикл Деминга и цикл Бойда, основанный на сетецентрическом механизме менеджмента, можно сделать вывод о важности анализа принципов построения сетецентрической среды. Эта среда расширяет возможности предприятия и систем за счет коллективного распределения и обработки информации. По этой причине на сегодняшний день все больше и больше компаний ориентируются на создание эффективной сетецентрической среды, основанной на новых технологических принципах, что является не только важным подтверждением справедливости мотивации разрабатываемого нами нового подхода к развитию цикла Деминга, но и основанием возможной валидации процессов.

Учитывая принятое нами решение о преобразовании цикла Деминга в цикла PDDCA, анализ процессов формирования и эволюции сетевых структур становится особенно актуальным, поскольку он позволяет улучшить и расширить возможности применения как цикла Деминга, так и сетецентрического подхода в разных сферах деятельности. Для более глубокого понимания сетецентрического принципа необходимо провести различие между понятиями сетевой и сетецентрической организаций. В научной литературе существует множество классификаций и определений сети и сетевого управления, представленных зарубежными исследователями. Полный список этих источников можно найти в работах Джоунса, Хистерли, Боргатти и других авторов [9, 10, 23-25, 37, 40, 59, 60, 94, 106, 141]. В научных работах также встречаются различные определения понятия “сетевая структура”, и термин “сеть” часто трактуется по-разному. Однако, часто под сетевыми структурами понимают сеть внутри одной организации, где ряд подразделений выделяются в отдельные бизнес-единицы и организуют свое взаимодействие как независимые рыночные субъекты. Такие

организации принято называть “сетевыми”. Но если применить к такой сетевой организации сетецентрический принцип, она становится сетецентрической [40].

В научной литературе можно найти множество определений термина “сетецентричность”, но общепринятого определения этого понятия не существует. Один из наиболее интересных подходов к описанию сетецентрической структуры предполагает, что участники организации могут использовать информацию для улучшения своей конкурентоспособности путем сотрудничества между гибкими и автономными командами [37, 40, 59, 60, 94, 106]. Это, в свою очередь, способствует созданию новых информационно-технологических решений и изменению подходов к управлению в информационную эпоху.

Сетецентрическая организация является примером модели управления сетью, используемой во многих высокотехнологичных компаниях. Эта модель включает новые подходы к управлению инфраструктурой, процессами, персоналом и корпоративной культурой. Она появилась сравнительно недавно и впервые была предложена в 1998 году [40]. Изначально, сетецентрическая модель была разработана военными для управления боевыми действиями и базировалась на использовании информационных технологий и компьютерных сетей в системах военного командования [40]. Это позволяло вооруженным силам достигать стратегических целей посредством формирования информационно-коммуникационной сети и обеспечивать информационное превосходство в ходе боевых операций.

Следует отметить, что сетецентрический метод осуществления последовательной динамической оценки качества может быть представлен в виде цикла повторяющихся действий (OODA), также известного как теория Джона Бойда: наблюдение (Observe) - ориентация (Orient) - решение (Decide) - действие (Act). Этот процесс повторяется на каждом этапе, описанном принципом Деминга PDCA (Планируй-Выполни-Проверь-Действуй). В англоязычных источниках этот цикл иногда называют циклом Бойда. (Boyd Cycle) (Рисунок 2.1). [28 - 29]. Для нас важно подтвердить возможность и корректность принятого нами решения

развить цикл Деминга до PDDCA анализом реализации сетцентрической среды не только на основе исходного цикла PDCA, но и предлагаемого нами цикла PDDCA.

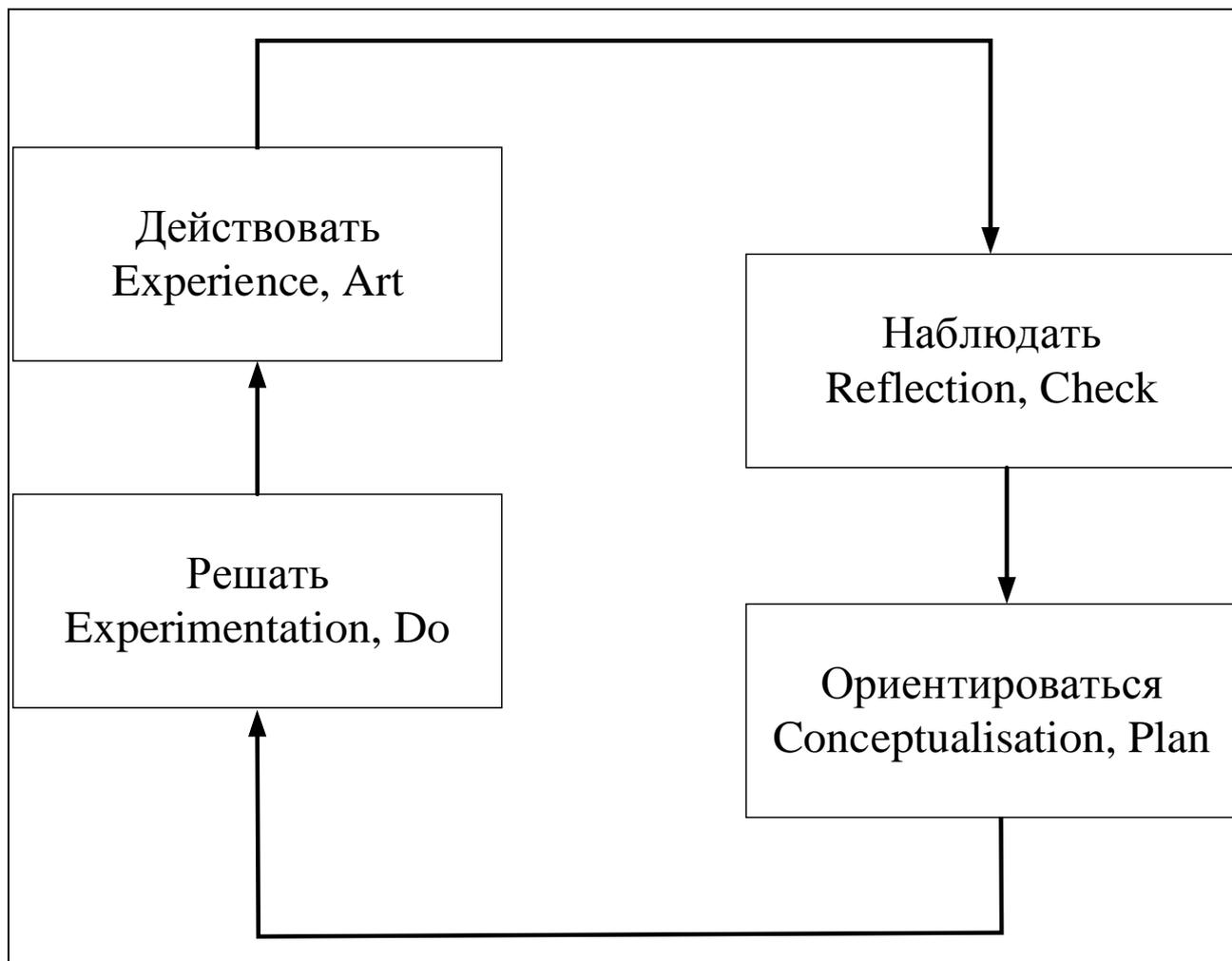


Рисунок 2.1 - Цикл Бойда (Boyd Cycle), или «Observe (наблюдай) - Orient (ориентируйся) - Decide (решай) - Act (действуй)».

Для успешной реализации сетцентрической организации необходимо осуществить переход от традиционной иерархической структуры к гибкой гибридной комплексной форме. Это может соответствовать стандартам SA 8000, созданным Social Accountability International (SAI).

Хотя сетевые структуры обычно имеют иерархический характер, сетевая концепция представляет собой инновационный подход, который сложно представить в контексте традиционной бизнес-модели.

Возможно идентифицировать близость подходов принципа построения сетевых систем и предложенного нами модернизированного цикла PDCA с позиций одного из критериев устойчивого развития, G- критерия и соответственно, стандарта устойчивого развития корпоративного управления: ISO 37101:2016. Этот стандарт устанавливает требования и руководящие указания по созданию структуры, позволяющей сообществам стать более устойчивыми, что может быть сопоставлено с одной из задач сетевой системы

Организационная культура играет ключевую роль в создании такой структуры и переходе к сетевой организации, которая может использовать скрытые ресурсы высококвалифицированных работников для достижения большей конкурентоспособности.

Важно отметить, что использование сетевого подхода требует постоянного мониторинга и регулярного анализа данных, а также быстрой адаптации к любым изменениям в работе организации.

Корректность принятого нами решения развивать цикл Деминга до PDCA в том числе, подтверждена тем, что сетевая среда – это комплекс множества инфраструктурных и информационных систем, которые упрощают процессы взаимодействия пользователями внутри сети. Чтобы организовать данное взаимодействие, необходима распределенная информационная инфраструктура, которая дает возможность циркулировать информации и связывать коллективных и индивидуальных пользователей в глобальную сеть.

Для успешного создания эффективной сетевой среды, разработчики инфраструктуры должны учитывать множество правил, в том числе и адаптацию к изменяющимся требованиям, приоритетам и воздействиям при передаче информации внутри инфраструктуры. Кроме того, инфраструктура должна связывать вместе все пользователей в глобальную сеть, устранять барьеры, создаваемые географическими условиями, а также обеспечивать

необходимую совместимость, которая сохраняет тактические и оперативные возможности в случае отключения от сети.

Таким образом, создание эффективной сетевидрической среды может быть реализовано только при использовании новых технологических принципов, что дает возможность существенно улучшить процессы взаимодействия между пользователями. Это будет способствовать более эффективному распределению и обработке информации, что в свою очередь значительно повышает производительность и конкурентоспособность предприятия.

Инфраструктура должна обеспечивать набор функциональных характеристик [23-25, 63, 88, 95, 109, 135], включая:

- локальное связывание участников в сетевом окружении (peer-to-peer) даже в условиях отсутствия доступа к внешней глобальной сети-центрической среде;
- кэширование и наращивание тиража информации;
- возможность использования обновленной локальной информацией ручным или автоматизированным способом с автоматической однонаправленной синхронизацией информации с данными, уже складироваемыми в глобальной сетевидрической среде;
- автономную восстановление связи в случае обрыва подключения;
- регулирование процедуры замыкания на сетевом участке и визуально прозрачного доступа к информации на основе индивидуального доступа пользователей;
- эффективную динамическую линию защиты сети с учетом изменения полномочий участников и с учетом преднамеренных атак на сетевую инфраструктуру со стороны враждебной силы;
- обеспечение автоматизированного управления информационным потоком, ее манипуляцию, применение механизмов вывода новой информации с ее графической адаптацией.

Отметим важную характеристику развития цикла Деминга до варианта PDDCA, реализуемую в предлагаемом нами подходе на этапе «планирования», а также предлагаемого нами наличия гибкой адаптивной связи, что в сетцентрической системе реализуется как динамическое изменение приоритетов для технологического процесса. Эта характеристика, или взаимозависимость процессов, основанная на высоком уровне взаимного доверия, представляет собой ценный ресурс в области интеграции, который может обеспечить успешное выполнение общих задач. Тем не менее, часто интеграция объединенных сил характеризуется автономностью и бесконфликтностью на более низких уровнях, что приводит к недостаточному использованию возможностей внутри организации.

Сетецентрическая среда может помочь преодолеть эти препятствия, обеспечивая эффективную связь между географически удаленными компонентами действующих внешних, возмущающих сил, или входных сигналов, действующих на систему менеджмента и обеспечивая доступ к специализированным ресурсам, которые могут быть необходимы в решении возникающих при этом задач управления СМ. Это позволяет структурам, или подразделениям компании или холдинга на всех уровнях использовать специализированные возможности других компонентов, что повышает эффективность в достижении общих целей.

Специализированные возможности, которые редко используются внутри отдельных структур компании или холдинга, могут быть использованы в случае необходимости, обеспечивая дополнительные ресурсы для решения общих задач. В результате, взаимозависимость внутри объединенных сил можно использовать эффективнее для достижения поставленных целей. [23-25, 63, 88, 95, 109, 135].

Выполненный анализ принципов построения сетцентрической среды, структурно сформированный на основе цикла Бойда (Boyd Cycle), или «Observe (наблюдай) - Orient (ориентируйся) - Decide (решай) - Act (действуй)», может подтверждает близость к циклу PDCA. В свою очередь, задачи, решаемые на

этапах, определенных циклом PDCA, сопоставимы с функциями сетцентрической среды.

2.2. Модернизированный цикл PDDCA

Одной из решенных нами в ходе диссертационного исследования задач является разработка и описание усовершенствованного метода, основанного на анализе цикла Деминга и относящегося к области управления процессами систем менеджмента, в том числе, построенных на основе стандартов ИСО 9001, ИСО 14001, ИСО 45001, а также интегрированных систем менеджмента (ИСМ), сформированных на этих или иных стандартах семейства ИСО 9000. Ниже показано, что предложенный метод можно использовать на машиностроительных предприятиях для управления процессами, которые дают преимущества благодаря управлению необходимыми данными. Также обосновано, что предложенный метод подходит для адаптивного управления несоответствиями. Таким образом, продемонстрировано, что этот метод отличается от известных методик наличием гибкой адаптивной связи, динамическим изменением приоритетов для технологических процессов, обнаруженных на стадии управления обратной связью [45].

Разработанная нами система состоит из информационных систем в организации, автоматических систем контроля изделий и компьютеризированных систем, собирающих данные о ходе технического процесса и состояния продукции в распределенную базу данных, отличающаяся тем, что с целью организации работы с различными несовместимыми между собой данными о технологическом процессе введена система дата-центров (серверов), каждый из которых работает со своим видом информации, и перенаправляет информацию об инциденте в унифицированном формате на дата-центр (сервер), позволяющем организовать управление жизненным циклом продукции, осуществляемые согласно комплексу международных (ISO), национальных (ИСО) стандартов управления качеством.

Предложенный нами метод базируется на развитии известной модели Деминга PDCA. Техническая задача решается за счет последовательной и пошаговой реализации этапов системы с помощью улучшения деятельности посредством применения цикла PDCA (планирование-действие-проверка-

улучшение) и осуществления технологических решений с использованием компьютеризированных систем на стадиях планирования [44], разработки и реализации технологического процесса.

Предложенный нами метод обеспечения результативности процессов имеет преимущества перед исходным циклом PDCA в следующем:

1. В отличие от классического варианта цикла PDCA, который носит общий характер для всех видов деятельности, предложенная автором система направлена на обеспечение качества технологического процесса обработки деталей, затрагивая все уровни – планирование производства, разработку технологического процесса и детали, производство, контроль и последующее улучшение технологического процесса;

2. Система отличается от базового цикла PDCA наличием гибкой адаптивной связи (на стадии планирования), динамическим изменением приоритетов для технологического процесса, выявленных на стадии управления и быстрой обратной связи (на стадии улучшения) [39 – 52, 43, 44, 66 - 68, 110 – 119, 130, 131].

2.3. Графическая интерпретация цикла PDDCA. Архитектура системы менеджмента качества

Графически принципиальная возможность модернизации цикла PDCA представлена как очередность исполнения этапов цикла, Рисунок 10, а также в виде алгоритма его реализации как блок-схема, Рисунок 11.

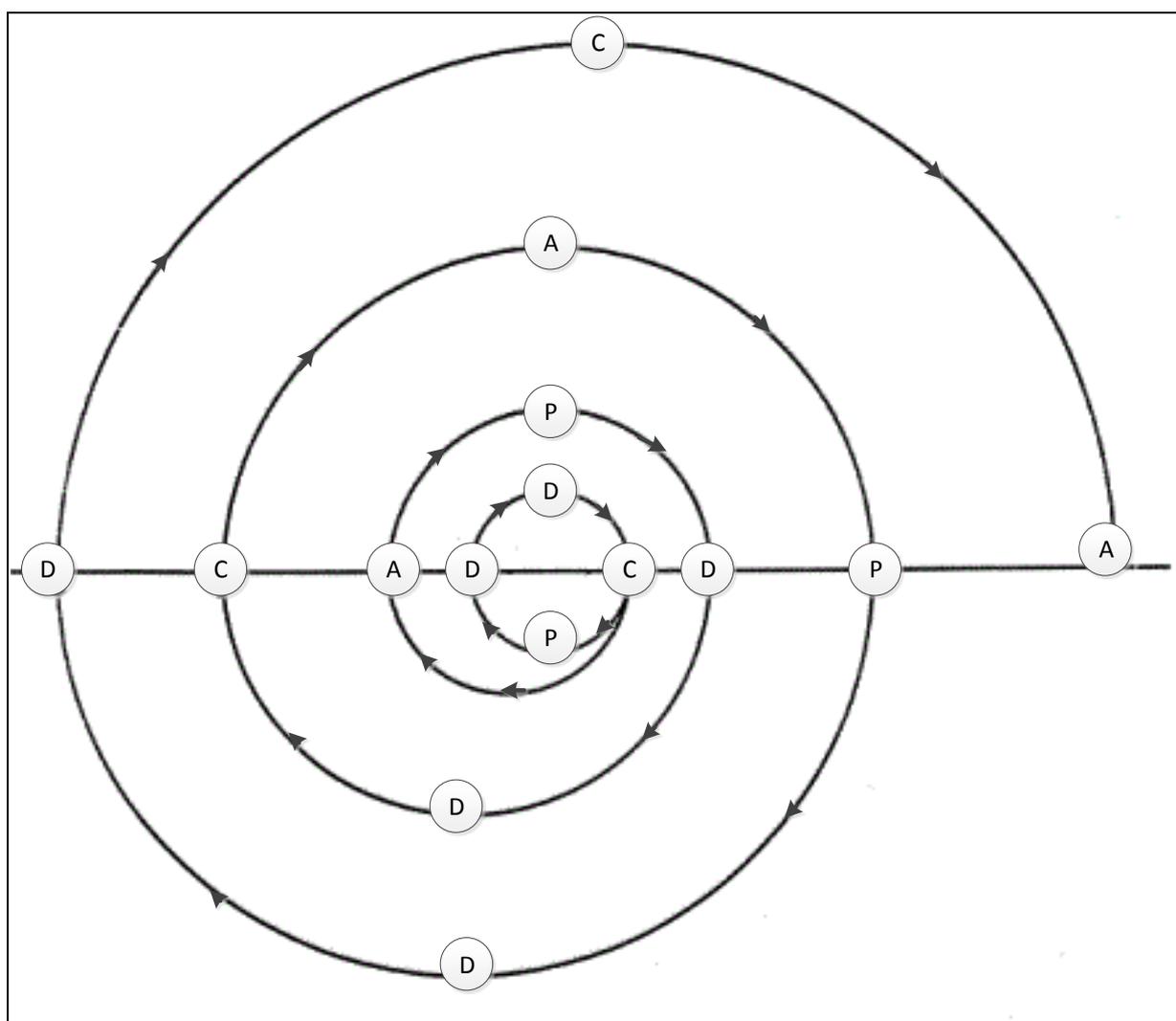


Рисунок 2.2 - Графическое представление цикла PDDCA

Разработанная нами интегрированная система представлена на Рисунке 2.2, где данный цикл [44] состоит из 5 этапов.

- Plan – Планирование;
- Design – Проектирование;

- Do - Производство;
- Check – Проверка;
- Act – Улучшение.

На Рисунке 2.3 разработанный нами цикл представлен ввиду блок-схемы

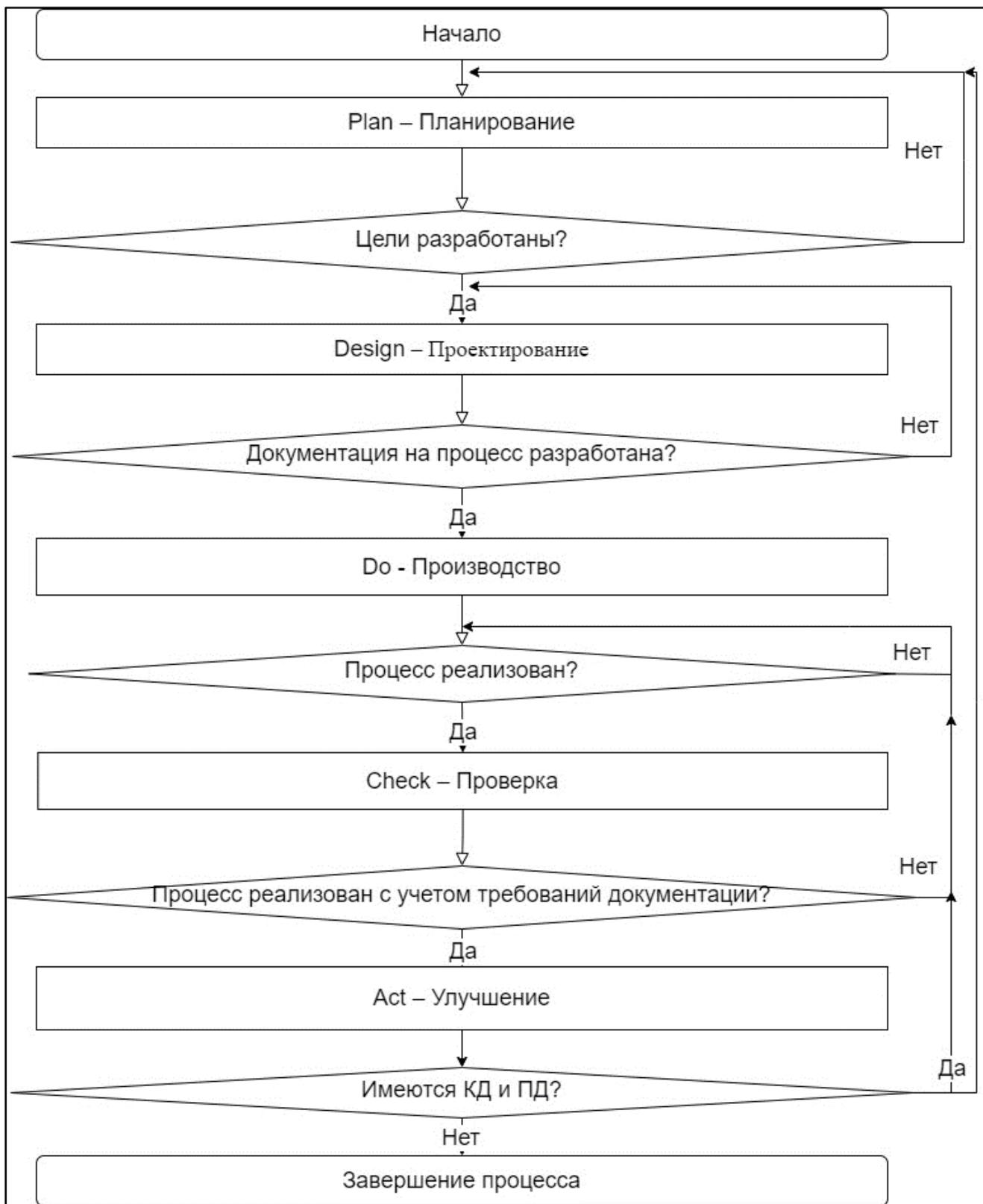


Рисунок 2.3 - Алгоритм реализации цикла PDDCA [44]

На этапе «Планирование» определяются цели технологического процесса и необходимые действия для достижения желаемых результатов в соответствии со

стандартами; планируются процессы, виды деятельности и мероприятия, необходимые для достижения ожидаемых и требуемых результатов с учетом запросов и ожиданий потребителей [44]. Этот этап также включает принятие решений на основе управления рисками. Осуществляется оперативное управление необходимыми ресурсами и адаптация к отклонениям, обнаруженным на стадии «Улучшение».

На втором этапе «Проектирование» устанавливаются числовые значения параметров элементов технологического процесса изготовления деталей, разрабатывается проект конструкторской и технологической документации на деталь, формируются планы, схемы и методики технологического процесса. На основе разработанной конструкторской и технологической документации производится обработка деталей. Проводится первичная проверка технологического процесса [45].

На этапе «Производство» осуществляется технологический процесс с использованием оборудования и инструментов, указанных в технологической документации [45].

На этапе «Проверка» выполняются действия по контролю характеристик технологического процесса и изготовленной детали [45].

Этап «Улучшение» включает действия по непрерывному улучшению показателей технологического процесса исходя из анализа эффективности предыдущего этапа, планированию корректирующих и предупреждающих мер и обновлению планов процессов [45].

Важным элементом является управление рисками. Изменения в системе строятся не только на основе обнаруженных нарушений в технологическом процессе, но также на решении потенциальных проблем [45]. В случае успешного внедрения и реализации корректирующих мер, необходимо использовать полученный опыт для осуществления более значительных изменений. В случае негативных изменений необходимо повторить цикл по новому плану [44].

Постоянное совершенствование системы представлено в форме спирали, на каждом этапе которой происходит выполнение процесса – планирование,

разработка, производство, проверка и последующее совершенствование. На каждом этапе выявляются слабые места технологического процесса, и на каждом следующем витке спирали они, по возможности, исправляются или минимизируются их последствия.

В соответствии с разработанным циклом PDDCA предложена архитектура системы менеджмента качества организации (Рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Архитектура СМК в соответствии с циклом PDDCA

Архитектура системы менеджмента качества — это детальное описание основных компонентов системы менеджмента качества и их взаимодействий.

Разработана архитектура СМК в соответствии с циклом PDCA, которая регламентирует и визуально обосновывает взаимосвязь документированных процедур и процессов в соответствии с разработанным циклом, а именно 5 направлений процессов и документированных процедур:

- Планирование;
- Проектирование;
- Производство;
- Проверка;
- Улучшение.

2.4. Выводы по главе 2

1 В результате проведенной оценки возможности совершенствования цикла PDCA предложен новый подход к обеспечению качества процессов. Рассмотрены и обоснованы принципиальные возможности и методические основы совершенствования системы менеджмента качества на основе развития и модернизации цикла PDCA, как одной из составляющих стандарта ISO 9001:2015, в формате PDDCA.

2 Проведен анализ использования сетецентрического метода как одного из самых эффективных подходов к усовершенствованию цикла PDCA с целью динамической оценки качества. Данный механизм реализуется через алгоритм, который состоит из повторяющихся стадий (OODA): «наблюдение - ориентация - решение - действие», на каждом этапе, определенном циклом PDCA. Из этого можно сделать вывод о связи между сетецентрической моделью и циклом PDCA.

3 Доказано, что предложенный модернизированный цикл Деминга в формате PDDCA дает возможность его результативного и эффективного использования на машиностроительных предприятиях в целях управления процессами. Доказана применимость предложенного модернизированного цикла Деминга в формате PDDCA в целях адаптивного управления несоответствиями в процессах управления и в технологических процессах машиностроительных предприятий.

4 Разработана архитектура СМК в соответствии с циклом, которая регламентирует и визуально обосновывает взаимосвязь процессов и документированных процедур в соответствии с разработанным циклом PDDCA.

ГЛАВА 3. ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО ЦИКЛА PDDCA В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ МАШИНОСТРОЕНИЯ

3.1. Описание технологического процесса гибки труб

В соответствии с созданной в данной работе стратегией обеспечения качества системы менеджмента и организации процессов, основанной на версии цикла PDDCA, проведен анализ реального состояния ключевых этапов технологического процесса производства гибких труб.

На большинстве предприятий машиностроительной отрасли технологический процесс гибки труб выполняется ручным способом с помощью вспомогательных инструментов. Предприятие «Аэротех» не стало исключением – на данном предприятии гибка труб выполняется ручным способом (с наполнителем, нагревом заготовки).

Гибка труб ручным методом производится следующим образом:

- 1) подготавливают заготовку трубы для гибки определенного размера;
- 2) при необходимости трубу заполняют кварцевым песком с размером частиц 0,1 – 0,4 мм. Труба заглушается с двух сторон деревянными пробками. Для труб с наружным диаметром 18 мм и выше применяется пневмомолоток для уплотнения песка в трубе;
- 3) подготовленную заготовку закрепляют в оправке в слесарных тисках. Накладывают на заготовку шаблон (эталон) и размечают места гибов.
- 4) Гнут трубу по шаблону – количество гибов определяется в технологической документации. При гибке труб с наружным диаметром 10 мм и выше применяют газовую горелку для нагрева заготовки;
- 5) При необходимости правят трубу с примеркой по шаблону – зазор между трубой и шаблоном должен быть не более 0,5 мм;
- 6) Зачистка возникших гофр при гibe;
- 7) Контроль трубы на:
 - отсутствие гофр;
 - отсутствие зазора между трубой и ложементом не более 0,5 мм;

- отсутствие механических повреждений трубы;
- перпендикулярность торца к оси трубы;
- конфигурацию и длину трубы по шаблону.

8) При успешном прохождении технического контроля трубы передается на следующую технологическую стадию.

Перечень изготавливаемых труб ручным методом, с указанием длин заготовок, диаметра трубы, ПЗВ*, затраченное время на гибку трубы, радиусгиба и средний % брака представлен в Таблице 3.1.

ПЗВ - время, затрачиваемое рабочим на подготовку к заданной работе и на выполнение действий, связанных с ее окончанием. Оно делится на подготовительное и заключительное время.

Таблица 3.1 – Перечень изготавливаемых труб

Типоразмер	Материал	Длина заготовки, мм	Наружный диаметр трубы, дюйм	ПЗВ, мин	Время гибки, мин	Радиус гiba, дюйм	Ср % бракованных изделий
6x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	370	3/4	13	6	5/8"	33,79
6x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	1760	3/4	14	10	5/8"	31,93
8x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	1100	3/8	15	18,6	1/4"	34,89
8x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	2050	3/4	18	15	1/2"	29,36
12x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	650	5/8	14	17	1/2"	30,77
12x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	2310	3/4	19	39	1/4"	30,08
18x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	500	3/4	14	16,9	1/4"	30,16

Типоразмер	Материал	Длина заготовки, мм	Наружный диаметр трубы, дюйм	ПЗВ, мин	Время гибки, мин	Радиус гиба, дюйм	Ср % бракованных изделий
18x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	1200	5/8	15	33	3/8"	28,93
6x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	220	3/4	13	3	3/8"	29,51
6x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	1200	3/8	15	10	3/4"	34,78
8x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	240	3/4	10	3	3/4"	35,5
8x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	1430	5/8	15	20	5/16"	34,77
12x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	1700	3/4	17	20	1/2"	30,93
12x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	280	3/4	9	7	1/2"	30,39

Типоразмер	Материал	Длина заготовки, мм	Наружный диаметр трубы, дюйм	ПЗВ, мин	Время гибки, мин	Радиус гиба, дюйм	Ср % бракованных изделий
18x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	290	5/8	9	7	1/4"	30,31
18x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	1200	3/4	13	25	1/8"	27,8
22x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	530	5/8	11	8	1/8"	31,59
22x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	1480	3/4	14	13	1/4"	28,41

3.2. Применение модернизированного цикла PDCA в технологических процессах машиностроения

В соответствии с разработанным нами методом обеспечения качества системы управления и улучшения процессов, основанным на усовершенствованном цикле PDCA, первым этапом является “Планирование”. В результате проведенного исследования текущего состояния основных этапов процесса гибки труб было обнаружено, что на машиностроительных предприятиях при производстве деталей используется эталонный метод. В соответствии с эталонным методом на этапе подготовки к производству создаются эталонные конфигурации. Эти эталонные конфигурации используются для создания контрольной и производственной оснастки и их проверки в процессе серийного производства изделий.

Для обеспечения качества технологического процесса гибки труб предложены следующие инструменты обеспечения качества:

- Диаграмма Парето;
- Диаграмма Исикавы (Ишикавы).

В ходе анализа причин возникновения брака в технологическом процессе гибки труб применена диаграмма Парето (Рисунок 3.1).

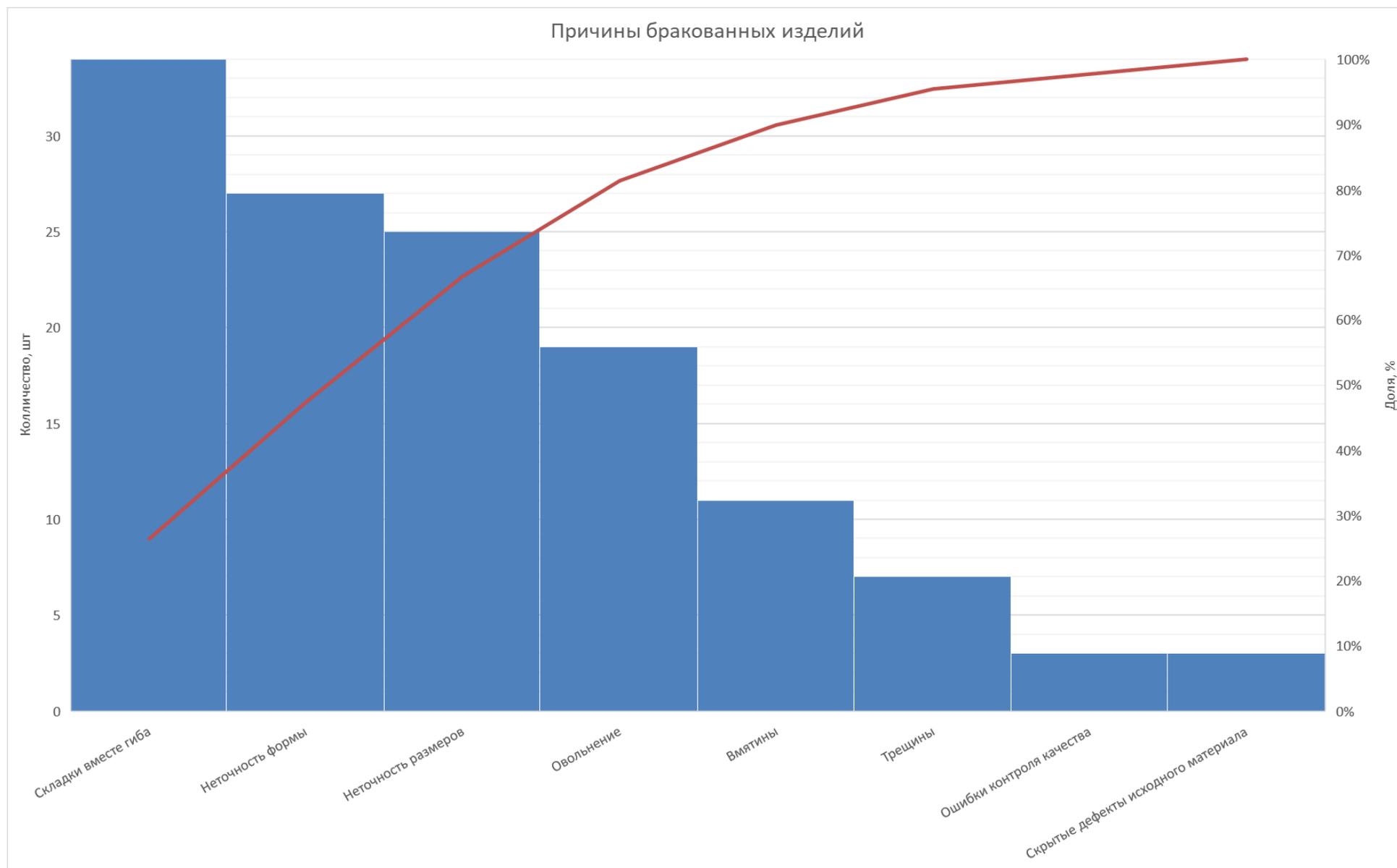


Рисунок 3.1 – Диаграмма Паретто причин возникновения брака в технологическом процессе гибки труб

В результате проведенного анализа причин возникновения брака в технологическом процессе ручной гибки труб с помощью диаграммы Паретто было выявлено что основными причинами бракованных изделий являются:

1. Складки в местегиба;
2. Неточность формы;
3. Неточность размеров.

Для изучения причин выявленных дефектов технологического процесса гибки труб применена Диаграмма Исикавы (Ишикавы). Совместно с сотрудниками «Аэротеха» в ходе мозгового штурма проанализированы весомые причины дефектов и выявлены причины их возникновения. Диаграмма Исикавы (Ишикавы). Представлена на Рисунке 3.2.

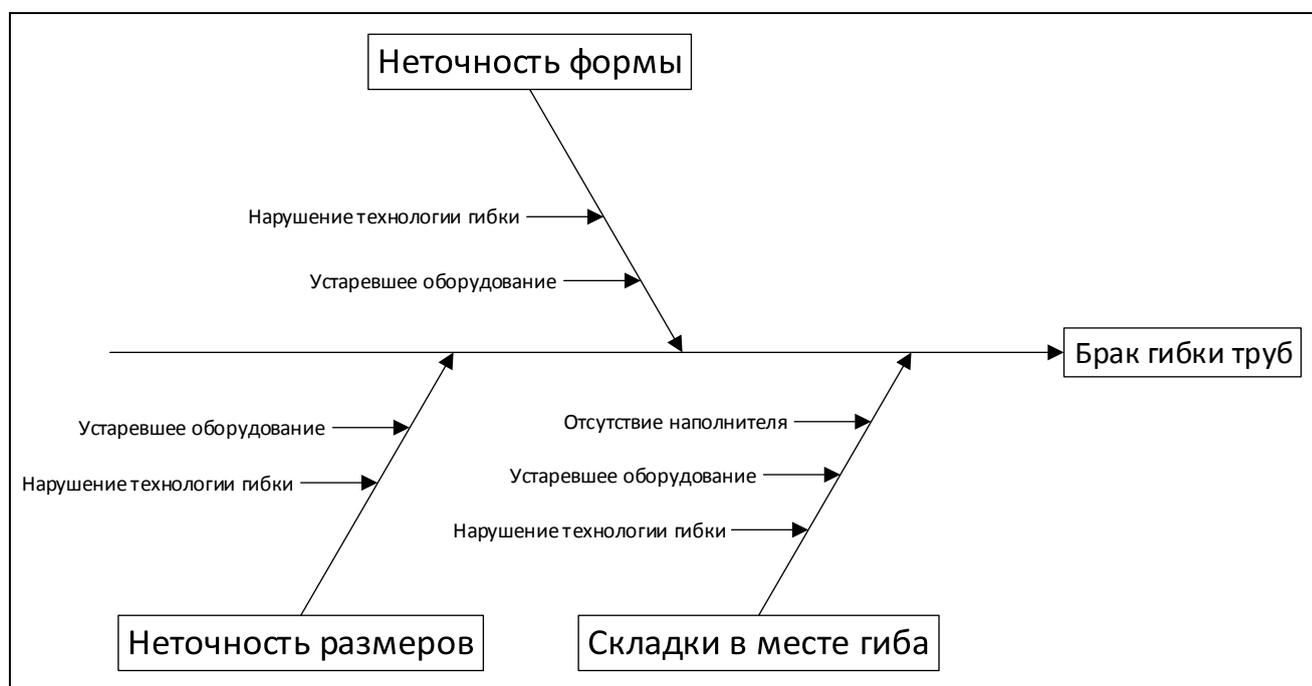


Рисунок 3.2 – Диаграмма Исикавы причин выявленных дефектов

Исходя из проведенного анализа выявлено что основными причинами дефектов на данный момент является устаревшее оборудование и нарушение технологии гибки труб. Для устранения данных дефектов, основным из которых является устаревшее оборудование, автором предложено внедрение нового технологического оборудования в технологический процесс гибки труб.

Расчет параметров и сил технологического процесса гибки труб

Если в качестве примера применения модернизированного цикла PDDCA в технологических процессах машиностроения рассмотреть процесс гибки труб, то на стадии «Проектирование» необходимо проанализировать прошлый опыт реализации данного технологического процесса и, в результате анализа выявленных несоответствий, разработать новые цели технологического процесса. Далее, согласно требованиям стадии «Проектирование», необходимо произвести расчеты технологического процесса, в частном случае произведен расчет параметров технологического процесса гибки труб [45].

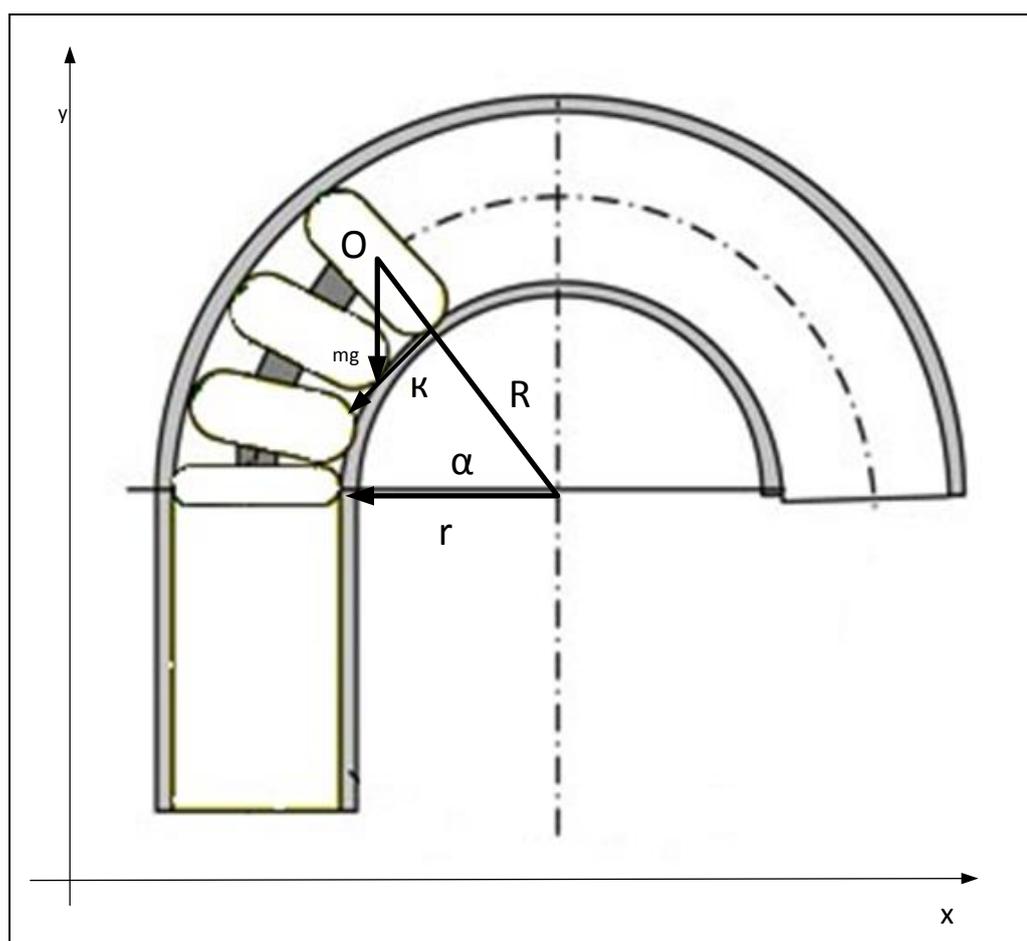


Рисунок 3.3 - Распределение сил во времягиба

Для определения линейных перемещений, или деформаций вдоль продольной оси трубы, с которой совместим ось декартовой системы координат X , или ось главной касательной (Рисунок 3.3), нами составлено

дифференциальное уравнение движения.

Рассмотрим механическую систему, состоящую из n -материальных точек, с голономными, идеальными, стационарными связями. Примем, что уравнения равновесия для такой системы имеют вид [36, 37]:

$$\partial U / \partial q_i = 0; \quad (1)$$

где U - значение потенциальной энергии;

q_i - обобщенные координаты.

В уравнении (1) принимаем, что потенциальная энергия U с s -степенями свободы является функцией обобщенных координат рассматриваемой системы, или:

$$U = U(q_1, q_2, \dots, q_s)$$

При решении поставленной задачи определения линейных перемещений, или деформаций вдоль продольной оси трубы полагаем малые смещения системы из положения равновесия. При этом решаем следующие задачи:

1. составляем функция Лагранжа $L(X)$ в виде линейной комбинации функции $F(X)$ и ограничений $g_i(x)$;
2. находим частные производные функции Лагранжа, $\partial L / \partial x_i$, $\partial L / \partial \lambda_i$;
3. составляем систему из $(n + m)$ уравнений, $\partial L / \partial x_i = 0$.
4. определяем переменные x_i и множители Лагранжа λ_i .

Составим уравнение Лагранжа второго рода для механической системы, имеющей одну степень свободы:

В рассматриваемом случае определения линейных перемещений, или деформаций вдоль продольной оси трубы, с которой совместим ось декартовой системы координат X .

Поскольку механическая система имеет одну степень свободы ($s = 1$), положение этой системы определяется одной обобщенной координатой q , которой соответствует обобщенная сила Q .

Общий вид дифференциальных уравнений, построенных на основе уравнения Лагранжа второго рода имеет вид:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\delta E_K}{\delta \dot{\theta}} \right) - \frac{\delta E_K}{\delta \theta} = Q$$

Исходя из условий задачи, принимаем, что рассмотрим варианты ее представления и как консервативную, и как неконсервативную механическую систему. В случае консервативной механической системы, то есть, такой системы, для которой все действующие на неё внешние и внутренние непотенциальные силы не совершают работы, а все потенциальные силы стационарны, все связи стационарны, а силы не зависят от времени, определим значения энергии. Известно, что для такой системы верен закон сохранения энергии [30, 31].

Определим значение обобщенной силы в функции потенциальной энергии, получим это уравнение Лагранжа в виде:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\delta E_K}{\delta \dot{\theta}} \right) - \frac{\delta E_K}{\delta \theta} = - \frac{\delta U}{\delta \theta}$$

Решение дифференциальных уравнений движения материальных точек механической системы, или двойное интегрирование исходных уравнений определим в такой последовательности:

- выбираем обобщенную координату q ;
- определяем, что рассматриваемая механическая система является консервативной. Если же механическая система – неконсервативна, то имеет место диссипация полной механической энергии. Или, в таком случае, учитываем диссипативные силы – силы сопротивления, зависящие от скоростей точек механической системы и вызывающие убывание её полной механической энергии.
- вычисляем ее кинетическую E_K и потенциальную энергию U , выразив их через обобщенную координату q и обобщенную скорость \dot{q} ;
- вычисляем производные в уравнении Лагранжа второго рода.

Если система не консервативная, это будут производные

$$\frac{\delta E_K}{\delta \dot{q}}, \frac{d}{dt} \left(\frac{\delta E_K}{\delta \dot{q}} \right) \text{ и } \frac{\delta E_K}{\delta q}$$

Если система консервативная, к ним добавится производная $\delta U / \delta q$;

- определяем обобщенную силу Q ;
- все найденные производные и обобщенную силу подставляем в уравнение Лагранжа второго рода для системы с одной степенью свободы, в формулировках для консервативной или неконсервативной системы.

Определим линейную скорость

$$V_3 = V_5 = \dot{x}$$

и угловую скорость:

$$\omega_5 = \frac{V_5}{r} = \frac{\dot{x}}{r}$$

Вычислим кинетическую энергию при гибке труб:

$$E_K = mv_0^2/2$$

Вычислим скорость в точке O равна:

$$v_x = -R\omega_{1z} \sin\left(\frac{\pi}{2} + 1\right);$$

$$v_y = R\omega_{1z} \cos\left(\frac{\pi}{2} + 1\right);$$

$$v_0^2 = R^2\omega^2;$$

Вычислим угловую скорость в точке O:

$$\omega_{1z} = \frac{\dot{y}}{R\cos\alpha};$$

Из вышеприведенного следует:

$$E_K = mv_0^2 = \dot{y}^2 C, \text{ где } C - \text{ константа.}$$

Обобщенная сила во время гибки труб равна:

$$Q = \frac{1}{\dot{Y}} (-F\dot{y} + M\omega_{1z});$$

При интегрировании уравнение приобретает вид:

$$\frac{\delta E_K}{\delta y} = \dot{y}C;$$

При вторичном интегрировании уравнение приобретает вид:

$$\dot{y}C = Q.$$

Двукратное интегрирование этого дифференциального уравнения позволило

нам найти деформацию вдоль продольной оси трубы.

Как видно из приведенных формул, с увеличением угла поворота ролика сила E_K уменьшается, а сила Q увеличивается, что приводит к искажению поперечного профиля сечения изгибаемой трубы.

Двойное интегрирование дифференциального уравнения с заданными начальными условиями (координатами и скоростями) приводит к решению, определяющему, что наибольшее отклонение происходит в тангенциальном направлении (вдоль оси трубы). В соответствии с условием сохранения объема при пластической деформации, материал подвергается деформациям знакового характера в двух взаимно перпендикулярных направлениях – радиальном и поперечном. В выпуклой части изгиба трубы, в области максимального растяжения, поперечная деформация фактически отсутствует. Сделан вывод о том, что радиальная деформация равняется продольной (тангенциальной) деформации. Эти деформации в значительной степени приводят к искажению профиля поперечного сечения деформируемой трубы.

Таким образом, при внедрении предложенного метода, основанного на модернизированном цикле PDCA и произведенных расчетах гибки трубы, заготовке преданы частичные или полные формы с изогнуто-плавными элементами. При этом отсутствует зависимость от сечения самой трубы.

Для совершенствования технологического процесса гибки труб автором диссертации, совместно с представителями «Аэротех», внедрен модернизированный цикл PDCA.

Таким образом, при внедрении предложенного метода, основанного на модернизированном цикле PDCA, возможно совершенствование технологического процесса гибки труб, а именно, устранение выявленных причин брака и потерь данного технологического процесса на этапе «Планирование» путем внедрения нового технологического оборудования в технологический процесс изготовления детали – автоматизированный производственный комплекс изготовления узлов трубопроводов сложной конфигурации с применением 3D-моделирования.

Автоматизированный производственный комплекс изготовления узлов трубопроводов сложной конфигурации с применением 3D-моделирования состоит из:

1) многофункционального трубогибочного станка с полностью автоматическими гибочными циклами CRIPPA;

Данный станок выполняет несколько полностью автоматических циклов изгиба, включая изгиб по часовой стрелке и против часовой стрелки, что создают сложные формы без ручного вмешательства во время цикла изгиба. В данном трубогибочном станке размещаются матрицы с несколькими переменными радиусами с прямыми и составными зажимными матрицами, а конструкция изгибающей головки станка объединяет автоматическую загрузку и разгрузку деталей. Десять осей управляются электродвигателями с цифровой технологией. Это обеспечивает высокое качество и энергосбережение.

Интерфейс ПЛК основан на трехмерном графическом программном обеспечении и интерфейсе ISO (UI), что облегчает моделирование и оптимизацию цикла гнба.

Многофункциональный трубогибочный станок производит изгибы с радиусом менее 0,8 дюйма.

2) Оптической измерительной системы для труб TubeInspect.

TubeInspect P16 - бесконтактная измерительная система. Измерение происходит с помощью шестнадцати цифровых камер высокого разрешения.

Диапазон измерения TubeInspect P16 составляет 2600*1250*700 мм; диаметром труб от 3 до 200 мм; угол изгиба трубы от 1° до 340°.

TubeInspect P16 также измеряет трубы со шланговыми секциями, формованными шлангами и шлангами с креплениями или монтажными приспособлениями. Трубы сравниваются с ранее отсканированным эталоном или с импортированной 3D-моделью эталона.

TubeInspect P16 напрямую связан с многофункциональным трубогибочным станком. Если измерения в трубах указывают на необходимость внесения

изменений в процесс изготовления трубки, поправки непосредственно передаются на гибочный станок через программу ЧПУ. Если автоматическая передача коррекционных данных невозможна, определенные параметры вводятся вручную в программу гиба.

На втором этапе «Проектирование» определяются числовые параметры элементов процесса гибки труб, проектируется конструкторская и технологическая документация на деталь, разрабатываются планы, схемы и алгоритмы процесса гибки труб.

На этапе «Производство» осуществляется сам процесс гибки труб с использованием оборудования и инструментов, предусмотренных в технологической документации.

Гибка труб с помощью автоматизированного комплекса производится следующим образом:

- 1) подготовка заготовки трубы для гибки определенного размера;
- 2) при необходимости трубу заполняют кварцевым песком с размером частиц 0,1 – 0,4 мм. Труба заглушается с двух сторон деревянными пробками. Для труб с наружным диаметром 18 мм и выше применяется пневмомолоток для уплотнения песка в трубе;
- 3) подготовленную заготовку закрепляют в пневматическую цангу патрона;
- 4) Процесс гибки производят согласно управляющей программе станка в соответствии с обозначением трубы – количество гибов определяется в технологической документации;
- 5) Контроль трубы производят с помощью сканера на автоматизированном комплексе;
- 6) При необходимости правки трубу снова устанавливают в пневматическую цангу патрона, в управляющую программу вносятся корректировки ручным, либо автоматическим образом с сканера;
- 7) Контроль трубы с помощью оптической измерительной системы:
 - перпендикулярность торца к оси трубы;

- конфигурацию и длину трубы по шаблону;
- отсутствие гофр;
- отсутствие механических повреждений трубы (визуально).

8) При успешном прохождении технического контроля трубы передается на следующую технологическую стадию.

Изготавливаемые трубы с помощью автоматизированного комплекса, с указанием длин заготовок, диаметра трубы, ПЗВ, затраченное время на гибку трубы, радиусгиба и средний % брака представлены в Таблице 3.2

Таблица 3.2 – Перечень труб, изготавливаемых на автоматизированном комплексе

Типоразмер	Материал	Длина заготовки, мм	Наружный диаметр трубы, дюйм	ПЗВ, мин	Время гибки, мин	Радиус гiba, дюйм	Ср % бракованных изделий
6x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	460	3/4	1	0,8	2,25	13,72
6x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	1840	3/4	1	1,3	2,25	12,34
8x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	820	3/8	1	0,8	1,13	15,27
8x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	1929	3/4	1	1,4	2,25	15,21
12x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	680	5/8	1	0,68	1,88	12,46
12x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	2300	3/4	1	2,4	2,25	15,21
18x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	470	3/4	1	1,9	2,25	14,62

Типоразмер	Материал	Длина заготовки, мм	Наружный диаметр трубы, дюйм	ПЗВ, мин	Время гибки, мин	Радиус гиба, дюйм	Ср % бракованных изделий
18x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	1150	5/8	1	2,5	1,88	13,42
6x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	360	3/4	1	0,68	2,25	14,68
6x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	1340	3/8	1	1,2	1,13	12,61
8x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	290	3/4	1	0,39	2,25	13,51
8x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	1349	5/8	1	1	1,88	15,66
12x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	1670	3/4	1	1,8	2,25	13,55
12x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	380	3/4	1	0,5	2,25	15,16

Типоразмер	Материал	Длина заготовки, мм	Наружный диаметр трубы, дюйм	ПЗВ, мин	Время гибки, мин	Радиус гиба, дюйм	Ср % бракованных изделий
18x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	400	5/8	1	0,8	2,25	12,53
18x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	1072	3/4	1	1,59	1,88	14,90
22x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	510	5/8	1	1,1	2,25	13,74
22x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	1580	3/4	1	2,4	2,25	14,76

В Таблице 3.3, представлен результаты расчета калькуляционного времени для ручного вида гибки труб.

Таблица 3.3 - Калькуляционное времени для автоматизированного вида гибки труб

Типоразмер	Материал	Длина заготовки, мм	ПЗВ, мин	Время гибки, мин	Количество, шт	Калькуляционное время на выполнения операции гибки, мин
6x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	370	1	0,8	125	0,8
8x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	1100	1	0,8	115	0,8
12x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	650	1	0,68	85	0,7
18x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	500	1	1,9	60	1,9
22x1	Ti 3Al-2.5V AMS4945	530	1	1,2	45	1,2

На этапе «Проверка» производятся действия по контролю показателей процесса гибки труб и характеристик изготовленной детали.

На этапе «Улучшение» выполняются действия по постоянному повышению эффективности показателей технологического процесса с учетом проведенного анализа результативности предыдущего этапа, планирование корректирующих и предупреждающих мероприятий и обновление планов процессов [45].

При учете рисков изменения системы основываются не только на результатах выявленных недостатков в технологическом процессе, но и на решениях потенциальных проблем в будущем [44]. В случае успешного внедрения и реализации корректировочных мер необходимо использовать приобретенный опыт для осуществления еще более значимых перемен. В случае негативного исхода необходимо повторить цикл по новому сценарию. С целью улучшения процесса гибки труб был внедрен автоматизированный комплекс для производства.

На Рисунках 3.4, 3.5, 3.6, 3.7 приведен анализ изменения технологического процесса гибки труб до и после применения цикла PDDCA.

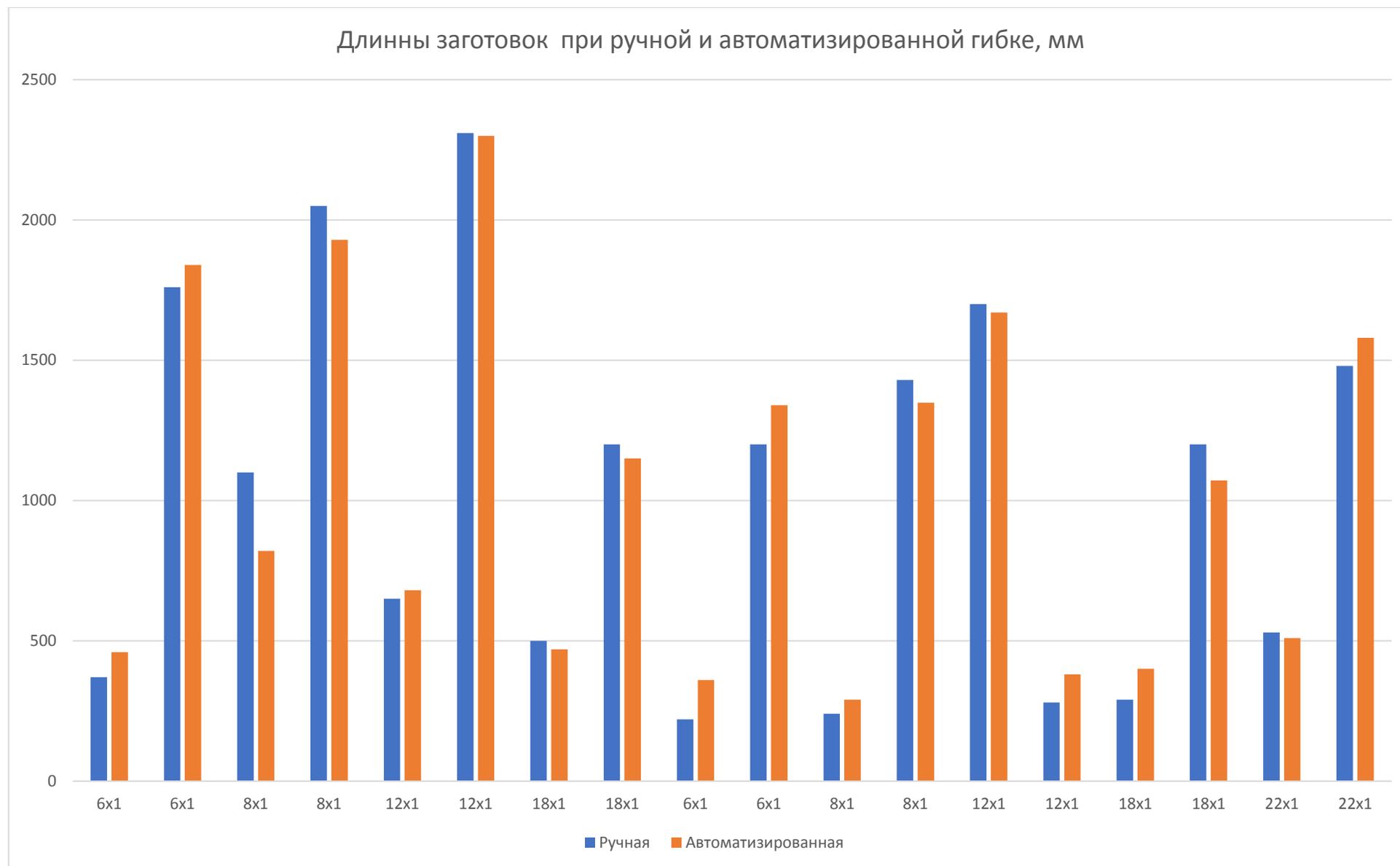


Рисунок 3.4 – Сравнение длин заготовок при ручной и автоматизированной гибке

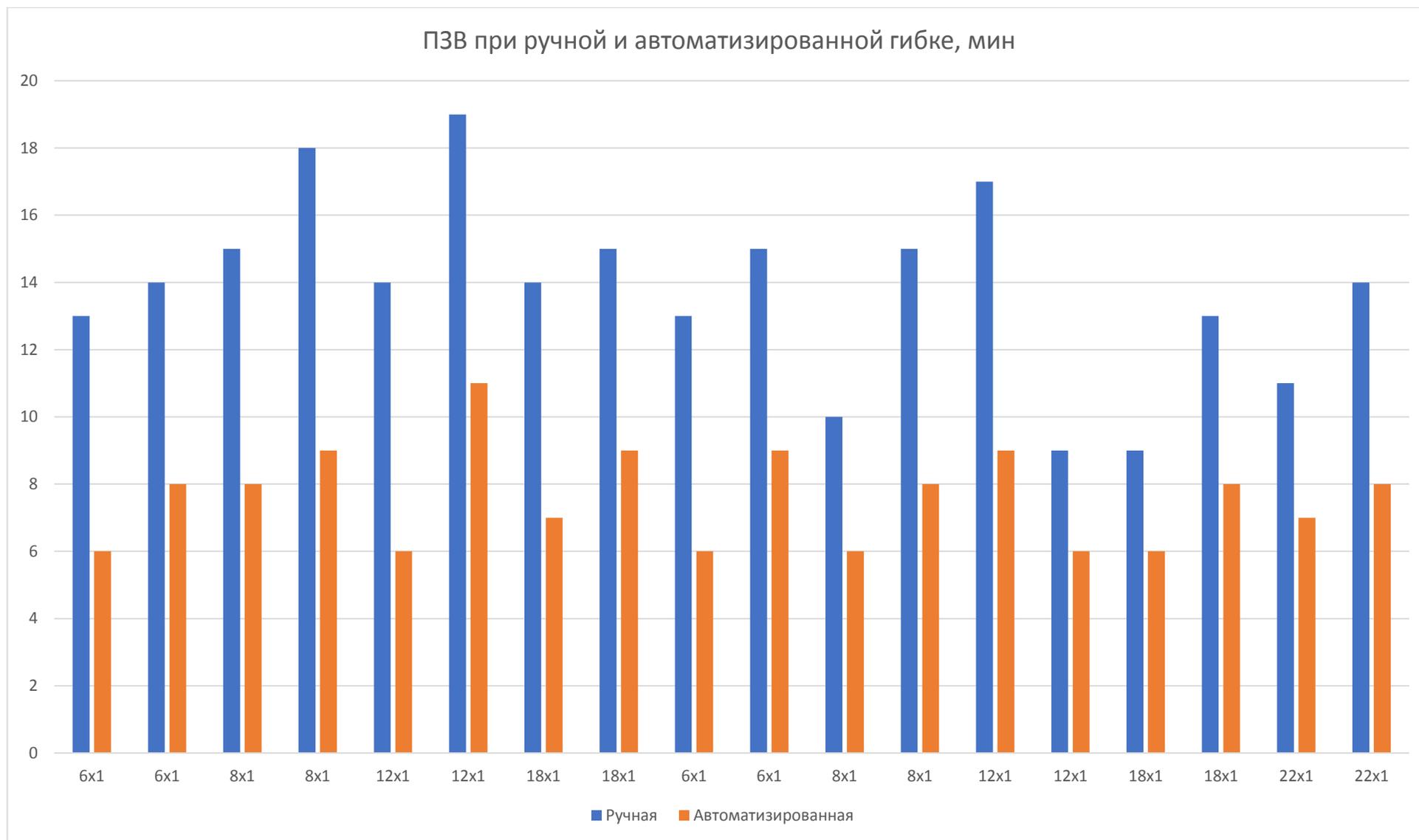


Рисунок 3.5 – Сравнение ПЗВ при ручной и автоматизированной гибке

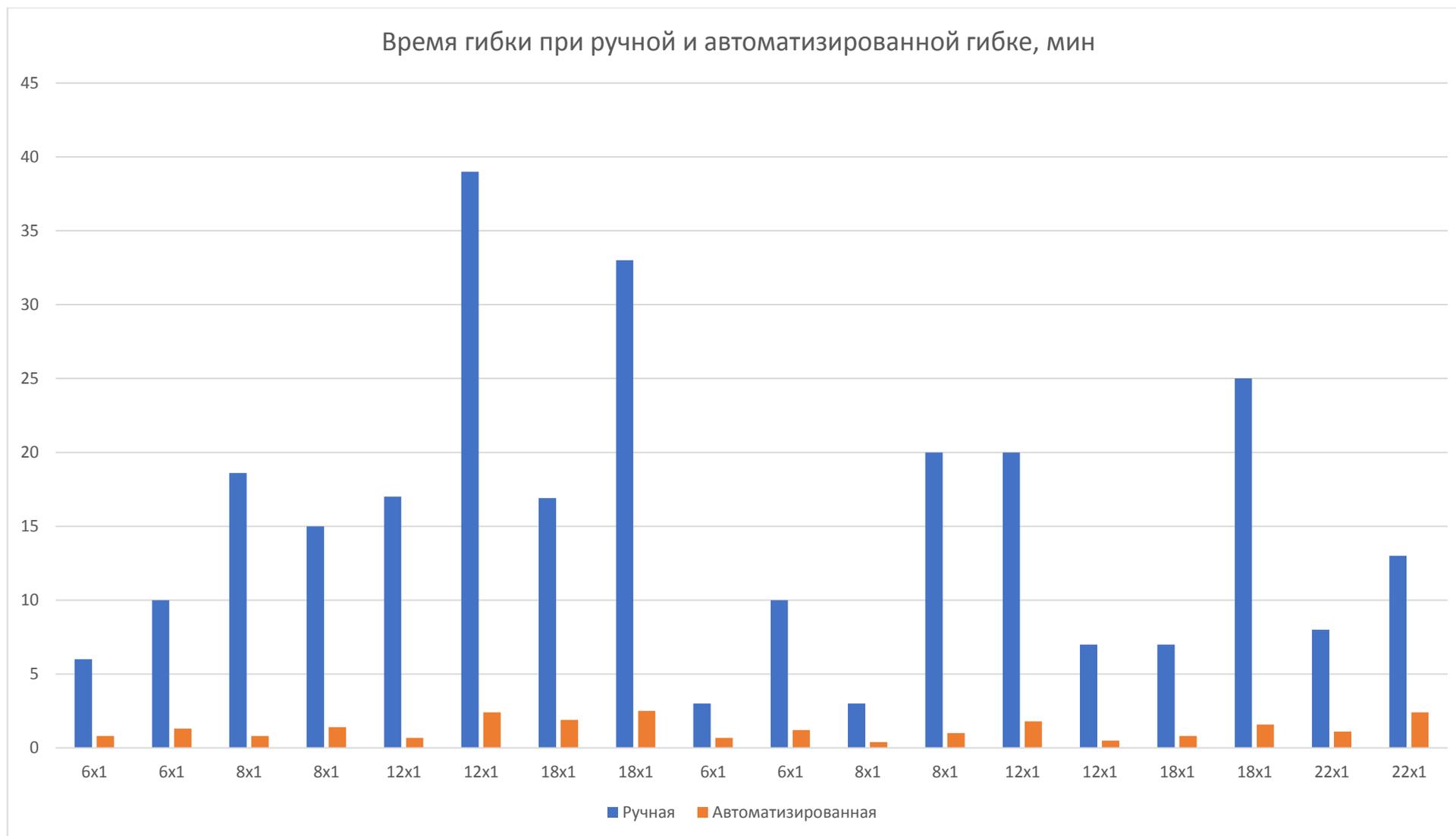


Рисунок 3.6 – Сравнение времени гибки при ручной и автоматизированной гибке

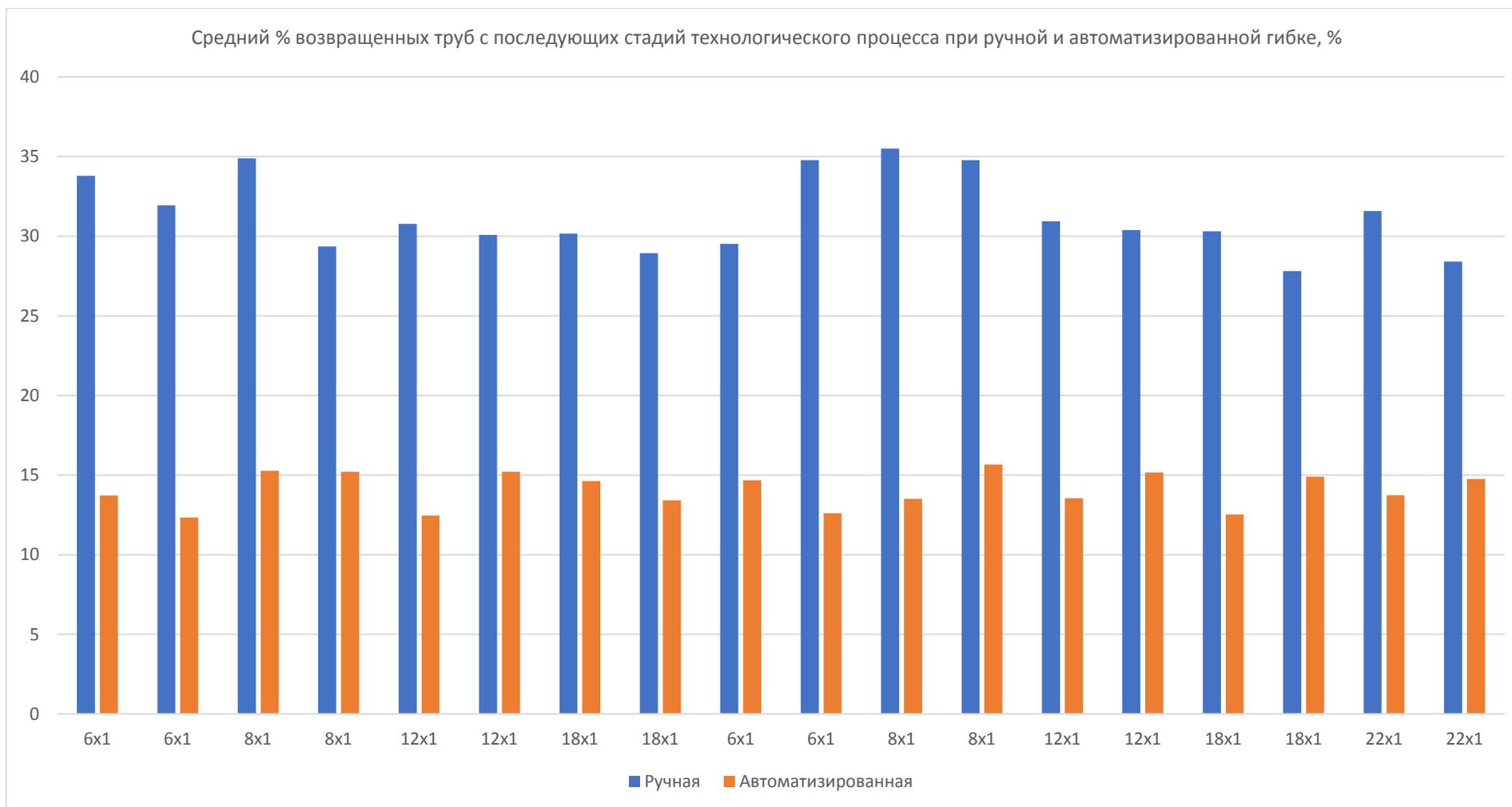


Рисунок 3.7 – Сравнение среднего % возвращенных труб с последующих стадий технологического процесса при ручной и автоматизированной гибке

3.3. Выводы по главе 3

1. Доказана адекватность и универсальность разработанного метода совершенствования процессов на основе развития цикла PDCA и проведена статистическая оценка результатов на примере производств изделий машиностроительного предприятия, в том числе, технологического процесса гибки труб, а именно:

- Возможность уменьшения длины заготовок труб нескольких типоразмеров;
- Значительное сокращение времени выполнения ПЗВ - до 9 раз меньше по сравнению с ручным методом;
- Сокращение времени технологического процесса на 14 минут в среднем;
- Снижение уровня брака данного технологического процесса на 17,25% по сравнению с ручным методом.

2. Доказана правомерность применения модернизированного цикла Деминга в системах менеджмента, реализуемых на основе требований стандартов ИСО 9001, ИСО 14001, ИСО 45001 и других стандартов, составляющих интегрированные системы менеджмента (ИСМ).

3. Разработанные метод и методическое обеспечение внедрены в систему менеджмента качества Улан-Удэнского авиационного завода, входящего в холдинг АО «Вертолёты России». Подтверждено соответствующим Актом внедрения.

ГЛАВА 4. ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ПОДХОД ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО ЦИКЛА PDCA В РАМКАХ ПРОЕКТНОГО УПРАВЛЕНИЯ И В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ

4.1. Применение модернизированного цикла PDDCA в рамках проектного управления

В настоящее время, современные IT-компании неизбежно обращаются к проектному подходу, чтобы эффективно и результативно осуществлять свою деятельность. Одним из основных методов управления проектами является процессный подход, который в настоящее время является наиболее распространённым и популярным. Он предполагает прохождение проектом определённых этапов, которые базируются на цикле Деминга и обеспечивают контроль и управление всеми аспектами проектной деятельности.

Для повышения эффективности управления технологическими процессами и работы с информацией о них все больше организаций применяют методику PDCA. Она позволяет контролировать и регулировать все аспекты проектных операций, включая составление планов, анализ и совершенствование, а также управление и охрану информации о процессе. Это делает процессы более эффективными, что особенно важно при сертификации систем управления на соответствие стандартам ISO 9000.

В разработанной нами системе управления проектами мы используем процессный подход и представляем систему как комплекс взаимосвязанных процессов. Для каждого из них мы определяем основные характеристики: входные и выходные данные, ресурсы, потребителей и их требования. Также мы непрерывно контролируем удовлетворенность результатами процесса, что позволяет совершенствовать и оптимизировать параметры процессов и повышать эффективность технологического процесса.

Разработанная интегрированная система состоит из 5 этапов.

- Plan – Планирование;
- Design – Проектирование;

- Do - Производство;
- Check – Проверка;
- Act – Улучшение.

Разделение на этапы позволило заново осмыслить существующие бизнес-процессы и включить контролирующие ступени в уже используемые методики управления проектами без нарушения или отхода от теории цикла Деминга. Разделение на отдельные этапы обеспечивает возможность перераспределять временные, финансовые и кадровые ресурсы в ходе работы над проектом, сохраняя при этом целостность процессного подхода.

В ходе анализа использования цикла PDDCA для управления проектами, мы выявили его уникальные черты и оценили их эффективность. Однако, добавление еще одного этапа к существующей модели управления проектами затруднительно из-за особенностей этой модели и ресурсоемкости [45].

Одним из наиболее известных и эффективных подходов к управлению проектами считается каскадная модель, основанная на процессном методе [45]. Однако использование этого подхода с циклом Деминга, как классическим, так и усовершенствованным, не представляется возможным из-за отсутствия замкнутого цикла в каскадной модели [45].

Аналогичные ограничения накладывает и V-модель, которая является усовершенствованной каскадной моделью с промежуточным контролем после каждого этапа [45]. Однако и здесь не предусмотрена цикличность прохождения этапов, что делает невозможным применение PDCA и PDDCA [45].

Инкрементная модель, напротив, допускает цикличность прохождения этапов и позволяет с каждым новым циклом наращивать возможности реализуемого продукта [45]. Это не только позволяет избежать издержек, связанных с повторными прохождениями одних и тех же инкрементов, но и придает разрабатываемой системе логичности и предсказуемости, что важно для обеспечения качества конечного продукта [45].

Введение этапа проектирования является ключевым моментом в работе с инкрементной моделью, поскольку спроектированные заранее решения позволяют сократить время прохождения проекта и снизить количество повторов. Кроме того, такой подход позволяет сконцентрироваться на развитии новых функциональных возможностей продукта, что в свою очередь повышает его привлекательность для потенциальных пользователей.

Таким образом, применение инкрементной модели может быть одним из наиболее эффективных методов управления проектами, поскольку позволяет избежать многих ограничений, связанных с каскадной и V-моделями, и обеспечить более предсказуемые и логичные результаты работы.

Итерационный подход к управлению проектами [45] предполагает прохождение различных этапов в жизненном цикле проекта, аналогично инкрементальной модели. Однако, в отличие от инкрементного метода, в котором каждая следующая итерация добавляет новые функции и увеличивает функциональность проекта, при итерационном подходе весь функционал проекта реализуется на ранних стадиях, а на каждой последующей итерации он совершенствуется [45].

При использовании итерационного подхода к планированию требований к функциональности системы становится особенно важным, поскольку каждая следующая версия продукта должна быть гибкой и адаптируемой к изменениям на различных этапах жизненного цикла проекта [45]. Кроме того, поскольку система уже создана и готова к дальнейшим изменениям, планирование требований и их реализация становятся более простыми задачами [45].

Применение усовершенствованного цикла Деминга в рамках итерационной модели позволило сократить затраты на этапах планирования, реализации, тестирования и внедрения конечного продукта в производственные процессы компании [45].

Кроме инкрементных и итерационных моделей, большой популярностью пользуются гибкие Agile методологии [45]. Одним из таких методов является SCRUM, который применяется в проектах, связанных с разработкой программного обеспечения. Этот метод предполагает разделение проекта на

“спринты”, после каждого из которых оцениваются результаты, подводятся итоги и определяются требования к следующему “спринту”. В рамках каждого спринта проект проходит через четыре основных этапа [45]:

- Планирование
- Разработка
- Тестирование
- Демонстрация

После успешного завершения четырёх этапов, ответственный сотрудник переходит к анализу итогов спринта, по результатам которого формулирует требования к предстоящему спринту [45]. Но, используя метод SCRUM в качестве составляющей гибких рабочих процессов, можно вносить правки в задачи и сроки на протяжении каждого спринта. Это даёт хорошую возможность ускорить завершение проекта и разрешить сложные задачи. В то же время, сотрудник может перераспределить доступные ресурсы для следующего спринта при необходимости [45].

Однако, у этого метода есть один недостаток – невозможность предсказать точную стоимость и трудоемкость проекта, когда требования пока не определены. Более того, перераспределение ресурсов становится непредсказуемым фактором, что усложняет расчет окончательного срока и стоимости.

Внедрение усовершенствованного цикла Деминга в рамках каждого спринта помогло предотвратить перераспределение ресурсов, так как каждый спринт заранее проектировался. Это позволило сократить время на разработку и тестирование, а также значительно уменьшить риски непредвиденных ситуаций.

Добавление этапа проектирования при внедрении цикла Деминга в метод SCRUM избежало необходимости в регулярных корректировках ресурсов и привело к динамичному развитию проекта без перебесилений. Еще одним плюсом является то, что были внесены изменения в существующую методологию управления проектами без изменения ее сущности. Таким образом, было

доказано, что можно достичь операционного совершенства, применяя изученные и проверенные методы управления проектами.

Из проведенного исследования следует, что некоторые модели управления проектами не допускают эффективного применения усовершенствованного цикла Деминга не из-за каких-то серьезных изменений самого цикла, а из-за уникальных особенностей выбранной модели проектного управления. Однако, если использование метода PDDCA в управлении проектами считается подходящим, компании не нужно тратить время и силы на переподготовку своего персонала в связи с изменениями в организационной структуре или с прохождением жизненного цикла проекта. Это, в свою очередь, облегчает использование улучшенного цикла Деминга внутри компании и оптимизирует управление проектами на практике. Поэтому, благодаря возможности использования цикла PDDCA на реальной работе, улучшенный цикл Деминга успешно применяется в любой организации, в том числе и там, где уже проходят проекты.

4.2. Интегрированный подход применения цикла PDCA и стандартов CDIO в образовательных процессах

В параграфе 2.2. настоящего исследования обоснован и предложен метод развития цикла Деминга PDCA. Показано, что результат достигается за счет последовательного и поэтапного выполнения отдельных шагов системы при использовании цикла PDCA (Plan-Do-Check-Act) и реализации технологических решений с помощью компьютеризированных систем на этапах планирования, проектирования и реализации технологического процесса. Рассмотрим возможность распространения предложенного подхода в задаче совершенствования образовательных процессов высшей школы.

Развитие систем управления образовательными учреждениями России на основе международного стандарта ISO 9001:2015, базирующегося на цикле Деминга, и концепции обучения технических специалистов CDIO, является актуальным.

Одним из ключевых принципов концепции CDIO является создание эффективных команд, которые смогут обеспечить высокую добавленную стоимость в образовательном процессе. Для достижения этой цели необходимо использовать инструменты управления, в том числе и TQM - всеобщий менеджмент качества.

Важно отметить, что концепция CDIO предполагает непрерывное совершенствование качества. Именно поэтому использование принципов менеджмента качества, таких как цикл Деминга, является необходимым условием для успешной реализации концепции CDIO.

Одним из стандартов концепции CDIO является наличие системы оценки соответствия программы всем 12 стандартам и обратной связи с участниками программы. Это подразумевает не только соблюдение роли менеджера и лидера команды, но и тесное взаимодействие со стейкхолдерами.

Команды, созданные в рамках концепции CDIO, должны быть результативными и способными обеспечить высокую добавленную стоимость образовательного процесса. Это требует строгого соблюдения принципов

менеджмента качества и использования инструментов TQM. Только так можно достичь поставленной цели - непрерывного совершенствования качества образования.

Концепции CDIO - научно обоснованный метод, подтверждающий корректность нашей модели правомерности модернизации цикла PDCA, которую мы предложили во второй главе диссертации. На примерах мы продемонстрировали, как можно привести цикл PDCA к вариантам цикла OODA: «Observe (наблюдай) - Orient (ориентируйся) - Decide (решай) - Act (действуй)» и модернизированного цикла PDDCA, для улучшения процессов различных сфер.

Важным моментом, который мы приняли во внимание при разработке модели, было использование SCRUM в качестве модели управления цифровым проектом. Благодаря этому нам удалось показать, что этот подход позволяет получить точную оценку стоимости и трудоемкости проекта, даже если точные требования не были сформулированы.

Кроме того, мы провели анализ аналогий и различий цикла PDCA, а также триады и спирали качества Дж. Джурана. Мы указали на обоснованность изменений, которые мы предлагаем при модернизации цикла PDCA, учитывая постулаты Д. Джурана и, прежде всего, важнейший принцип менеджмента качества - ориентацию на потребителя.

И, наконец, мы остановились на модернизированном цикле EPDCA, который был предложен В.А. Васильевым (МАИ) и отражает интеграцию задач менеджмента качества и PLM (Product Lifecycle Management - управление жизненным циклом изделия). В целом, наша работа является доказательством того, что модернизация цикла PDCA не только возможна, но и необходима для дальнейшего совершенствования процессов различных сфер деятельности.

Одной из возможностей для улучшения процессов менеджмента качества является интеграция цикла PDCA и стандартов Всемирной концепции CDIO. Не следует, однако, понимать это как дословное сопоставление аббревиатур. В рамках этой интеграции можно выделить четыре основных этапа.

Первый этап - это планирование (P), который включает в себя анализ фактического состояния, оценку потенциала улучшения и разработку плановой концепции. Эта стадия также предполагает осмысление и планирование общих вопросов технологии, стратегии предприятия и нормативных требований.

Второй этап - это осуществление (D), который включает в себя тестирование, апробацию и оптимизацию принятой ранее концепции с помощью быстро реализуемых и простых инструментов. Эта стадия соответствует стадии проектирования (Designing), которая предполагает разработку проекта, включая планы, чертежи и алгоритмы, описывающие то, что будет создаваться, производиться и применяться.

Третий этап - это реализация (I), который включает в себя производство продукта, процесса или системы, а также апробацию, валидацию и сертификацию. Эта стадия соответствует настоящей стадии производства (Implementing).

Четвертый этап - это контроль (A), на котором реализованный в небольшом процессе результат тщательно перепроверяется для широкого перемещения улучшений как нового стандарта. На этой стадии можно выявить недостатки и оптимизировать процессы.

Наконец, важным аспектом внедрения улучшений является претворение их в жизнь (O), который включает в себя проверку соответствия новой концепции стандартам и ее регулярную проверку. Улучшения всегда начинаются с шага планирования, даже если данные действия в области структуры и хода процессов охватывают большие изменения.

Следовательно, мы продемонстрировали, как осуществить эффективное решение главной задачи, выдвинутой в четвертой главе диссертации - интегрировать подход PDCA и стандарты CDIO в образовательные процессы. При этом, было проведено сопоставление подходов CDIO и PDCA, с анализом Стандарта 12 CDIO, который определяет оценку соответствия учебной программы заданным стандартам. Важно отметить, что в самом стандарте содержится полный набор инструментов для оценки, однако основное значение имеет эффективная обратная связь. Эта связь должна сопровождаться

корректирующими действиями в рамках цикла PDCA. Только тогда процесс совершенствования учебной программы по стандартам CDIO окажется наиболее эффективным и результативным. Необходимо также отметить, что образовательная программа является комплексом основных характеристик образования, который включает в себя планируемые результаты, содержание, объем и организационно-педагогические условия. В контексте нашей тематики Syllabus является документом, призванным детально описать объекты (цели и задачи) и результаты обучения, соответствующие концепции CDIO. Learning objectives, в свою очередь, могут рассматриваться как важнейшие задачи, на решение которых нацелено обучение в рамках Syllabus CDIO. Надеемся, что наша работа поможет внедрить в практику управления образовательными процессами цикл PDCA и стандарты CDIO, и таким образом добиться наилучших результатов в обучении студентов.

Карта процесса CDIO имеет большое значение в инженерном образовании и состоит из этапов «Задумай - Проектируй - Реализуй - Управляй». В свою очередь, PDCA является картой процесса с фокусом на стратегические цели организации в целом, а не только на потребности инженерного образования. Интересно отметить, что перед тем, как случится реализация стадий PDCA, команда должна пройти важную предшествующую стадию подготовки, которая называется «Исследуй».

4.3. Совершенствование образовательных процессов ИРНИТУ с помощью применения усовершенствованного цикла Деминга и концепции CDIO

В параграфе 3.1. диссертации нами был предложена реализация модернизированного цикла PDDCA в случае проектного управления. Реализация обучения проектному управлению выполнена нами в рамках образовательных процессов в ИРНИТУ согласно следующей аннотации. В Таблице 4.1 и 4.2 приведена аннотация реализации модернизированного цикла PDDCA.

Таблица 4.1 – Аннотация реализации модернизированного цикла PDDCA

Характеристика проекта	
Название проекта	
Формирование компетенции персонала высокотехнологичного предприятия как инструмент обеспечения его конкурентоспособности. Проектирование UX (пользовательского опыта) и UI (интерфейса) для web-приложения «Система адаптации персонала».	
4-й КУРС	
<i>Характеристика темы проекта (если на момент заполнения аннотации нет информации, ее можно предоставить позднее, в сроки оговоренные положением о проектном обучении, либо оставить поле пустым)</i>	
Источник темы	Данные партнера (мероприятия)
текущие запросы служб ИРНИТУ;	
тематики бизнес акселератора ИРНИТУ	
тематики проектно-образовательных интенсивов (в том числе реализуемых в сетевой форме)	

тематики предприятий и сторонних организаций (в том числе реализуемых в рамках НИР, НИОКР и хоз. договорных работ)	Иркутская Нефтяная Компания. Газпром добыча Иркутск. ВСЖД – филиал РЖД
тематики российских и международных конкурсов и соревнований	
тематики грантов (любого уровня, в том числе ИРННТУ)	
тематики российских и международных акселерационных программ	
Цель проекта	
Спроектировать интерфейс web-приложения, построенного по типу «электронное обучение» на основе СМ	
Описание проекта	
<p>Актуальной задачей обеспечения конкурентоспособности высокотехнологичного предприятия является формирование компетенции персонала. Проблема конкурентоспособности предприятия определяется его ресурсами, и, прежде всего, компетентностью персонала. Это требует формирования СМК, выявление бизнес-процессов, оценку рис-ориентированной деятельности и разработку мер по совершенствованию и улучшению результативности процессов. Предварительное UX/UI проектирование web-приложения необходимо для сокращения временных издержек при внедрении системы адаптации новых сотрудников высокотехнологичного предприятия и повысит качество разрабатываемого web-приложения. Проектирование интерфейса в соответствии с картой пользовательского пути и учетом достоинств/недостатков аналогичных систем.</p>	

Ожидаемый продуктовый результат	
Интерфейс web-приложения, готовый для передачи в разработку. Спроектирован с помощью методологии CJM, обоснованы возможные пользовательские цели и пути их решения.	
Ожидаемый образовательный результат	
<p><i>Знать: основные понятия и методы риск-менеджмента; правовые, нормативно-технические и организационно-правовые основы обеспечения безопасности и менеджмента риска на предприятиях;</i></p> <p><i>Уметь: выявлять риски и оценивать степень риска при управлении качеством; вести документацию по разработке и внедрению систем менеджмента риска;</i></p> <p><i>Владеть: навыками применения инструментов и методов риск-менеджмента по снижению степени риска в системах качества</i></p>	
Уровень сложности проекта (субъективная оценка по шкале от 1 до 3, где 3 проект наибольшей сложности)	
2	
Предварительные критерии оценки полученных результатов	
<i>Осенний семестр</i>	<i>Весенний семестр</i>
<p>Постановка интерфейсных целей в соответствии с задачами предприятия. Исследование аналогичных систем, выявление их достоинств и недостатков. Построение карты пользовательского пути (CJM), разработка описательной части интерфейса, разработка интерфейса.</p>	

Требования к участникам проекта
Основной перечень направлений (специальностей), профилей подготовки участников проекта <i>(профили подготовки (специальности), реализуемые на кафедре/подразделении)</i>
27.03.02 – Управление качеством 27.04.02 – Управление качеством 27.06.01 - Управление в технических системах
Дополнительный перечень направлений (специальностей), профилей подготовки участников проекта <i>(любой из профилей подготовки (специальностей), реализуемых в рамках Института)</i>
Специальные требования (навыки) к кандидатам, необходимые для реализации проекта
Уверенный пользователь ПК

Таблица 4.2 – Аннотация реализации модернизированного цикла PDDCA

Информация о наставнике (-ах) проекта
Институт / факультет
Институт Высоких технологий
Кафедра / подразделение ИРНТУ
Автоматизации и управления
Ф.И.О. наставника проектной группы студентов
Кунаков Егор Петрович, (Договор ГПХ)
Должности наставников

Договор ГПХ
@email
palon@list.ru

Выписка из соотнесения индикаторов достижения компетенций с результатами обучения по дисциплинам (модулям), практикам позволяет определить освоение необходимыми компетенциями Таблица 4.3.

Таблица 4.3 – Соотнесение индикаторов достижения компетенций с результатами обучения по дисциплинам (модулям), практикам

№ п/п	Дисциплина	Код индикатора	Результаты обучения
2	Критическое и системное мышление	УК ОС-1.2	<p>Знать: принципы поиска, анализа, синтеза информации, необходимой для использования в профессиональной и повседневной деятельности.</p> <p>Уметь: проводить поиск, анализ синтез и оценку информации, используемой в профессиональной и повседневной деятельности.</p> <p>Владеть: навыками поиска, анализа, синтеза информации.</p>
4	Проектная деятельность	УК ОС-1.4	<p>Знает инструменты поиска информации.</p> <p>Умеет использовать инструменты поиска информации.</p> <p>Владеет навыками поиска информации.</p>
5	Проектная деятельность	УК ОС-1.5	<p>Умеет выделить из массива информации ключевые моменты.</p> <p>Владеет навыками анализа информации с целью выделения требуемого знания.</p>
6	Проектная деятельность	УК ОС-1.6	<p>Умеет использовать различные инструменты поиска и анализа</p>

			информации. Владеет навыками на основе полученной первичной информации сформировать комплексное понимание предмета изучения.
7	Проектная деятельность	УК ОС-1.7	Владеет навыками выполнения системного анализа полученной информации, выделения «дефицитов» знаний и формулирования запроса на поиск новой информации.
8	Преддипломная практика	УК ОС-1.8	Владеть: навыками поиска и анализа информации, написания и оформления научной публикации.

Как было сформулировано в п. 3.1 диссертации, реализация проектного подхода основана на процессном подходе. Путем анализа приведенной выше выписки из аннотации и сравнения индикаторов можно сделать вывод, что достижение компетенций в контексте изучения дисциплин и отдельный этап разработки позволяют пересмотреть существующие бизнес-процессы и внедрить контролирующие этапы в уже используемые методы управления проектами без нарушения или отклонения от принципов Деминга. Выделение этапа проектирования в отдельный аспект позволяет сохранить целостность процессного подхода и в случае перераспределения ресурсов.

Необходимо учитывать, что важным шагом является установление преимуществ применения различных подходов при реализации проектного подхода, основанных на классическом цикле PDCA, включая итерационную модель управления проектами, гибкие Agile-методологии, а также метод SCRUM,

а также внедрение стандартов CDIO. С помощью этого можно определить оптимальный путь развития и обеспечить единообразие результатов внедрения.

В данной работе проанализировано, насколько целесообразным является сопоставление цикла PDCA и стандартов CDIO для процессов, освещенных в предыдущих главах данного исследования. Прагматичный подход CDIO (концепция «Базового проекта») построен на 12 ключевых стандартах, обладающих особой значимостью в реформировании системы инженерного образования.

Стандарты 1-4 относятся к разработке учебных программ и планов, определению принципов выбора компетенций, которые студент должен усвоить, а также выделению требований к учебно-методическим комплексам. Стандарты 5 и 6 конкретизируют положения организации проектной деятельности и формирования рабочей среды для неё, что позволяет формировать у студентов навыки работы в команде, тесное сотрудничество с коллегами и получение опыта решения реальных проблем в компаниях. Стандарты 7, 8 регулируют методики преподавания и обучения в высших учебных заведениях, что дает основание для модернизации систем контроля знаний студентов. Комплексный набор требований из стандартов 9 и 10 концепции определяет роль повышения профессиональной квалификации преподавательского состава в целях подготовке технических специалистов нового уровня. Стандарты 11 и 12 регулируют оценку результатов обучения и общую эффективность образовательной программы. Ориентация на указанные стандарты позволяет актуализировать учебный процесс, адаптировать его к требованиям современного рынка труда и стимулировать внедрение инновационных методик в образовательный процесс.

Исследования показывают, что сопоставление цикла PDCA и стандартов CDIO для процессов обучения имеет множество достоинств - цикл PDCA позволяет отслеживать и оптимизировать ход обучения, а стандарты CDIO обеспечивают прочную реализацию учебной программы и позволяют получить опыт, необходимый для работы в инженерной сфере. Таким образом, интеграция

этих двух подходов могут стать залогом качественной подготовки высококвалифицированных специалистов в области инженерии.

Улучшенный цикл Деминга может быть применен для повышения эффективности и результативности обучения. Такой подход включает планирование, анализ и улучшение процессов, благодаря которым студенты будут эффективнее усваивать новые знания.

Улучшение текущего менеджмента процессов в высшем образовании может быть достигнуто благодаря системному и последовательному выполнению этапов. Это включает применение концепции CDIO, управление знаниями и компетенциями, адаптивное управление рисками и непрерывное улучшение образовательного процесса на всех ступенях высшего инженерного образования. Исследовательская работа на этих ступенях помогает повысить конкурентоспособность выпускников.

Разработанная модель может быть представлена на следующих этапах [45]:

1) P (Plan) - стадия «Планирование». На этом этапе осуществляется разработка целей процесса, необходимых для достижения результатов в соответствии с требованиями потребителей и политикой образовательного учреждения. Происходит планирование процессов, видов деятельности и мероприятий, необходимых для достижения ожидаемых и требуемых результатов, а также учет рисков. Осуществляется оперативное управление необходимыми знаниями и гибкое управление отклонениями, обнаруженными на этапе «Улучшение» [45].

2) D (Design) - стадия «Проектирование». На этом этапе определяются численные параметры элементов системы. Структура системы была разработана на предыдущем этапе. Составляются планы, схемы и алгоритмы обучения. Происходит построение системы обучения, проектируется учебный процесс в соответствии со стандартами ФГОС и рекомендациями конечных потребителей этого процесса, заинтересованными лицами. Проводится первоначальная оценка этого процесса [44].

3) О (Operate) - стадия «Применение». На этом этапе реализуется образовательный процесс, проводятся научные исследования [44], внедряются инновации. В ходе обучения и научных исследований решаются актуальные практические задачи и проблемы. Знания и навыки бакалавров, специалистов и магистров в области новых, передовых технологий могут быть использованы в результате освоения образовательных программ в более широком и модифицированном виде, по сравнению с CDIO Syllabus, применяемым для совершенствования не только инженерной деятельности [39 – 52, 43, 44, 66 - 68, 110 – 119, 130, 131].

4) А (Act) - стадия «Улучшение». На этом этапе осуществляются действия по непрерывному улучшению показателей процесса планирования на основе проведенного анализа результативности предыдущего цикла. Планируются корректирующие и предупреждающие действия, обновление планов процессов и плана по качеству образовательного учреждения [44]. С учетом рисков изменение системы основывается не только на результатах выявленных несоответствий в образовательном процессе, но и на проблемах, которые могут возникнуть в дальнейшей перспективе [45].

Постоянное совершенствование всей системы может быть представлено в виде спирали, на которой поэтапно осуществляется выполнение процесса: планирование, проектирование, использование и последующее совершенствование. На каждом этапе выявляются проблемные места образовательного процесса, и на каждом следующем витке они, по возможности, устраняются или минимизируется их влияние.

Согласно стадии «Планирования» модернизированного цикла Деминга проведен подробный анализ стандартов и документированных процедур ИРНИТУ, с учетом их соответствия CDIO Standards – международному стандарту инженерной подготовки специалистов. В результате такого сравнения было выявлено высокое соответствие стандартов ИРНИТУ таким мировым требованиям, что свидетельствует о тщательном подходе нашей академии к вопросам качества образования.

В Приложении 3 предоставлен учебный план ИРНИТУ, который показывает, что мы стремимся не только к теоретическому обучению, но также придаем огромное значение практическим знаниям и умениям, включая работу с современным оборудованием и технологиями. Это гарантирует максимально эффективную подготовку будущих специалистов и делает ИРНИТУ явным лидером в сфере инженерного образования.

В Таблице 4.4 представлены результаты сопоставления структуры документированных процедур ИРНИТУ (по вертикали) и Стандартов CDIO (по горизонтали). Знаком «С» отмечено совпадение требований разделов документированных процедур ИРНИТУ требованиями Стандартов CDIO.

Из таблицы видно, что большая часть требований документированных процессов ИРНИТУ совпала с требованиями стандартов CDIO. Но результаты более подробного сравнительного анализа помогли значительно дополнить документированные процессы ИРНИТУ актуальными международными требованиями к учебным программам в сфере техники и технологии, позволяющими сформировать предпосылки для увеличения качества основного инженерного образования. Значком “Р” в таблице помечены разделы документированных процессов ИРНИТУ, содержимое которых было откорректировано с учетом требований соответственного Стандарта CDIO.

Стандарты, документированные процедуры ИРНИТУ	Стандарты CDIO											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Условия реализации (права и обязанности студентов, практики, НИРС, кадровое, учебно-методическое и информационное обеспечение учебного процесса)					С Р	С	С Р	С Р	С Р	С Р	С Р	
График учебного процесса											Р	
Учебный план (базовый и индивидуальный)			С	Р							Р	
Учебно-методический комплекс дисциплины (структура и содержание)							С	С	С	С	С Р	
Требования к оценке результатов освоения (фонд оценочных средств)											С Р	
Требования к мониторингу и совершенствованию												С
Состав нормативной и учебно-методической документации										С	С	С

Стандарты, документированные процедуры ИРНИТУ	Стандарты CDIO												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Порядок утверждения и внесения изменений в документированные процедуры													

Разработанная в ИРНИТУ система менеджмента качества сертифицирована АС «Русским Регистром» на соответствие требованиям стандарта ISO 9001:2015. В силу требований этого стандарта СМК регулярно поддерживается в рабочем состоянии и направлена на совершенствование и улучшение. В СМК ИРНИТУ выявлены процессы, определены документированные процедуры, которые охватывают планирование результатов обучения в соответствии с требованиями ФГОС на различных уровнях, направлениях и специальностях. Эти процедуры также учитывают требования, изложенные в стандарте 2 CDIO, который подробно определяет требования к подготовке бакалавров в области комплексной инженерной деятельности. Актуальность соответствия СМК ИРНИТУ требованиям стандарта ISO 9001:2015 подтверждается как в ходе внутренних аудитов, так и в ходе надзорных аудитов и ресертификации.

Однако, в CDIO Syllabus есть более подробная декомпозиция результатов обучения на четырех уровнях для технических направлений, что делает их более доступными и полезными для преподавателей. Результаты обучения по всей образовательной программе служат основой для определения результатов по каждому модулю или дисциплине, что позволяет эффективно реализовывать компетентностный подход.

Согласно стадии «Проектирования» модернизированного цикла Деминга учебный план по программе бакалавриата 27.03.02 «Управление качеством» был дополнен для соответствия Стандарту 3 CDIO. Это позволило создать связанные дисциплины, которые не только развивают личностные и межличностные компетенции у выпускников, но и позволяют им создавать технические и технологические продукты, процессы и системы на практике.

В рамках обновления учебного плана по программе бакалавриата 27.03.02 «Управление качеством», было принято решение включить курс «Введение в инженерную деятельность», который отвечает требованиям Стандарта 4 CDIO. В основе этого курса лежит практическая направленность, которая является его главной принципиальной особенностью.

Целью курса является развитие студентов, их интереса к инженерной деятельности, а также формирование начальных навыков и умений, необходимых для продвижения в выбранной специальности. Курс способствует усилению мотивации к обучению и помогает студентам лучше понимать будущую профессиональную деятельность и инженерную практику.

Одной из ключевых задач курса является вовлечение студентов в инженерную практику, которая осуществляется через решение относительно небольших задач по проектированию, анализу.

Курс «Введение в инженерную деятельность» также отличается от дисциплины «Введение в специальность», так как у него существенно отличаются цели и задачи. Благодаря этому, студенты могут получить более полное представление о выбранной специальности и инженерной практике уже на начальной стадии обучения.

Курс, который предлагается в рамках программы бакалавриата 27.03.02 «Управление качеством», нацелен на приобретение студентами личностных и межличностных навыков взаимодействия. Этот курс также призван развивать ряд универсальных и профессиональных компетенций, без которых невозможно успешно освоить ООП и приобретению опыта конструирования, внедрения сложной продукции, процессов.

Для достижения цели курса «Основы инженерной деятельности» студентам необходимо изучить теоретический материал, ознакомиться с дисциплинами учебного плана, междисциплинарными модулями и их связью с реальными техническими проблемами. Также студенты должны участвовать в процессе выполнения проектных работ, тематика которых соответствует направлению или специализации их подготовки.

В соответствии с требованиями стандарта 5 CDIO, учебный план программы бакалавриата 27.03.02 «Управление качеством» был дополнен двумя и более проектными работами, которые предполагают приобретение студентами опыта проектной деятельности на базовом и расширенном уровнях. Таким

образом, студенты получают возможность применять свои знания в реальной жизни и развивать свои профессиональные навыки.

В соответствии с требованиями стандарта 7 CDIO, необходимо использовать методы интегративного обучения при реализации образовательных программ. Это обеспечивает приобретение выпускниками профессиональных, личных и межличностных навыков в едином комплексе. Этот подход позволяет студентам учиться более эффективно и дает им возможность развить все необходимые навыки для успешной технической деятельности.

При планировании образовательного процесса по программе бакалавриата 27.03.02 «Управление качеством», важным критерием является интегративное обучение. В данном контексте используются педагогические подходы, способствующие не только освоению предметных и межпредметных знаний, но и формированию личных и межличностных умений, а также навыков создания продуктов, процессов и систем. Важнейшим результатом обучения становятся комплексные навыки, которые включают не только знания и умения, но и опыт их использования на практике.

При создании учебного плана программа бакалавриата 27.03.02 «Управление качеством» предполагает планирование от 12 до 15 комплексных результатов обучения, которые формулируются на основе компетенций выпускника. Компетенция – это не только знания, умения и опыт, но и готовность выпускника проявить их в конкретных условиях. Результаты обучения разрабатываются на основе требований ФГОС, профессиональных стандартов, запросов работодателей и международных стандартов.

В рамках программы бакалавриата 27.03.02 «Управление качеством» результаты обучения разделяются по дисциплинам программы и образовательным модулям на знания, умения и опыт. Оценка приобретаемых знаний, умений и опыта проводится по итогам освоения соответствующих дидактических единиц с применением оценочных средств. Очевидно, что данная программа позволяет получить не только теоретические знания, но и необходимый опыт и навыки, что

существенно повышает качество обучения и готовность выпускника к профессиональной деятельности.

В соответствии со Стандартом 8 CDIO, эффективное обучение предполагает активное использование практико-ориентированных методов, которые позволяют студентам лучше освоить необходимые компетенции. Учебный план, представленный для программы бакалавриата 27.03.02 «Управление качеством», построен на основе компетентностной модели подготовки выпускников, которая готовит их к сложной инженерной деятельности.

Чтобы достичь этой цели, образовательный процесс включает широкое использование различных методов, таких как проектное обучение, командная работа, деловые игры, тренинги и другие интерактивные виды занятий. Эти методы комбинируются с самостоятельной работой, которая предоставляет студентам дополнительные возможности для формирования социальных и личных навыков.

Более того, переменная составляющая учебного плана нацелена на развитие творческих навыков студентов в сфере проектирования и внедрения ресурсосберегающих технологий. С этой целью организуется проблемно-ориентированная и проектная научно-исследовательская работа студентов, как междисциплинарный вид обучения, ориентированный на активное познавательное взаимодействие.

Важно отметить, что методы, формы и средства обучения, включенные в технологии обучения, не просто помогают организовать учебный процесс, но и являются мощным инструментом формирования способностей к обучению у студентов. Таким образом, учебный план по программе бакалавриата 27.03.02 «Управление качеством» готовит выпускников к продуктивной творческой деятельности и учит их учиться.

Неотъемлемой частью образовательного процесса является использование адекватных методов оценки результатов обучения, которые способны сформировать профессиональные, личностные и межличностные компетенции

выпускников. В этом ключевую роль играет Стандарт 11 CDIO, который является директивным руководством для образовательных учреждений.

В соответствии с разработанным учебным планом по программе бакалавриата 27.03.02 “Управление качеством” (Приложение 3) был создан эффективный механизм оценки достижения образовательных результатов студентов. Для этого использовались кредитно-рейтинговая система, показатели, критерии и средства оценки, которые соответствуют целям и задачам измерения достижения комплексных образовательных результатов, а также компонентов образовательных результатов (знания, умения, опыт).

В дополнение к вышесказанному, учебный план по программе бакалавриата 27.03.02 “Управление качеством” включает проведение конференций, которые освобождают студентов от обычных учебных занятий. Основной целью проведения конференций является стимулирование и улучшение результативности и качества самостоятельной образовательной деятельности студентов, а также научно-проектной работы в индивидуально-ориентированной образовательной среде.

Проведенный сравнительный анализ стандартов CDIO и требований к документированным процедурам ИРНИТУ по разработке и реализации программ основного инженерного образования обнаружил потенциал для улучшения образовательной политики и усовершенствования практической деятельности университета. На основе рекомендаций стандартов CDIO была создана новая версия учебного плана программы бакалавриата 27.03.02 “Управление качеством”. Это позволило улучшить качество основного инженерного образования в вузе в условиях перехода на уровневую систему подготовки в контексте новых ФГОС.

Предлагаемый автором опыт создания и совершенствования образовательной деятельности в ИРНИТУ является не только уникальным, но и высокоэффективным. С его помощью возможно значительно повысить качество образовательной программы и достичь новых высот в сфере технических направлений. В частности, такой опыт рекомендуется изучать и применять в

других университетах, прежде всего в национальных исследовательских институтах. Ведь именно они занимаются созданием собственных образовательных стандартов и модернизацией образовательных программ на основе ФГОС. Кроме того, этот метод может быть использован для развития технического образования, мотивации студентов к активной жизненной позиции и добиванию значимых результатов.

4.4. Выводы по главе 4

1. Продемонстрирована универсальность предложенного метода совершенствовании системы менеджмента качества за счет нового подхода к циклу Деминга. Показано, что разработанный комплексный механизм при внедрении элементов цифровизации позволяет повысить результативность процессов проектного управления с применением итерационной модели, что позволило выполнить анализ и выявить оптимизационный потенциал проекта для систем, основанных на Agile-методологии, в т.ч., таких систем, как SCRUM, и отличающихся от известных моделей высокой гибкостью и адаптивностью команд, а также образовательных процессов за счет управлением знаниями, компетенциями и адаптивного управления выявленными несоответствиями, рисками в ходе обучения, непрерывным и систематическим улучшением образовательного процесса на ступенях высшего инженерного образования.

2. В данной главе представлено обоснование применения усовершенствованного цикла Деминга для оптимизации образовательных процессов. Показано, что усовершенствованный цикл Деминга может быть использован для повышения эффективности и результативности обучения путем применения нового подхода к планированию и анализу [45], а также последующему усовершенствованию [45].

3. Подтверждено, что возможность и мотивация интегрированного применения цикла PDCA и стандартов концепции CDIO реализуются на практике, как в международных образовательных проектах, так и в Университетах России.

4. В данной главе показано, что повышение эффективности управления образовательными процессами достигается путем комплексного выполнения этапов цикла PDCA и внедрения концепции CDIO (Conceive — Design — Implement — Operate) [45] (Придумывай-Разрабатывай-Внедряй-Управляй).

5. Подтверждено, что усовершенствование системы управления при реализации классического цикла PDCA и его модифицированного расширения, цикла PDDCA, а также при внедрении концепции CDIO, можно представить в виде спирали, подобной спирали Дж.Джурана, на каждом этапе которой

происходит выполнение следующих процессов: планирование, разработка, применение и дальнейшее улучшение. На каждой из этих стадий выявляются слабые места образовательного процесса, и на каждой последующей стадии они, насколько это возможно, устраняются или минимизируется их влияние.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Сформирован научно-методический подход и подтверждена принципиальная возможность модернизации цикла PDCA, а также разработан алгоритм его реализации в виде блок-схем или очередности исполнения этапов цикла. Предложен анализ совершенствования этого цикла при обращении к известным инструментам менеджмента.

2. Доказана универсальность разработанного подхода совершенствования процессов на основе развития цикла PDCA и проведена статистическая оценка результатов на примере производств изделий машиностроительного предприятия, в том числе, технологического процесса гибки труб, а именно:

- Возможность уменьшения длины заготовок труб нескольких типоразмеров;
- Значительное сокращение времени выполнения ПЗВ - до 9 раз меньше по сравнению с ручным методом;
- Сокращение времени технологического процесса на 14 минут в среднем;
- Снижение уровня брака данного технологического процесса на 17,25% по сравнению с ручным методом;
- Расчетный совокупный экономический эффект от внедрения цикла PDDCA в процессе гибки труб составил 570 тысяч рублей.

3. Продемонстрирована универсальность предложенного метода совершенствовании системы менеджмента качества за счет нового подхода к циклу Деминга на примере процессов проектного управления, образовательных процессов. Показано, что разработанный комплексный механизм при внедрении элементов цифровизации позволяет повысить результативность процессов проектного управления с применением итерационной модели, что позволило выполнить анализ и выявить оптимизационный потенциал проекта для систем, основанных на Agile-методологии, в т.ч., таких систем, как SCRUM, и отличающихся от известных моделей высокой гибкостью и адаптивностью команд, а также образовательных процессов за счет управлением знаниями,

компетенциями и адаптивного управления выявленными несоответствиями, рисками в ходе обучения, непрерывным и систематическим улучшением образовательного процесса на ступенях высшего инженерного образования.

4. Доказана правомерность применения модернизированного цикла Деминга в системах менеджмента, реализуемых на основе требований стандартов ИСО 9001, ИСО 14001, ИСО 45001 и других стандартов, составляющих интегрированные системы менеджмента (ИСМ).

5. Разработанные цикл и методическое обеспечение менеджмента качества внедрены:

- в систему менеджмента качества Улан-Удэнского авиационного завода, входящего в холдинг АО «Вертолёты России»;

- в учебный процесс кафедры «Автоматизации и управления» в следующих дисциплинах: Б1.Б.03.16 «Управление процессами», Б1.В.02.09, «Средства и методы управления качеством» Учебного Плана бакалавриата 27.03.02 «Управление качеством в производственно-технологических системах»; а также Б1.Б.08 «Моделирование и управление бизнес-процессами» Учебного Плана магистратуры 27.04.02 «Управление качеством. Интегрированные системы менеджмента и инжиниринг» в ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет».

Подтверждено соответствующими актами внедрения.

6. Предложена архитектура систем менеджмента качества, реализуемых в различных сферах производства и услуг, основанных на модернизации цикла Деминга в формате PDDCA.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А.Л. Раскин. Руководство по применению стандарта ИСО 9001:2000 при разработке программного обеспечения. М.: РИА "Стандарты и качество", 2002. - 104 с. - ("Дом качества", вып. 9 (18));
2. Автоматизация менеджмента качества: Крупный план / Батов А. // Стандарты и качество. 2016. № 4. С. 76-78.
3. Азаров, В. Н. Всеобщее управление качеством: учебник / В. Н. Азаров, В. П. Майборода. — Москва : , 2013. — 572 с.
4. Амяльев А.А. Новый стандарт по FMEA: совместное издание AIAG и VDA // Методы менеджмента качества. — 2019. — № 11. — С. 22—25.
5. Апиш, Ф. Н. Самостоятельная работа как способ развития мотивации и самоорганизации учебной деятельности студента / Ф. Н. Апиш / Культурная жизнь Юга России. – 2008. – № 2. – С. 45 –48.
6. Аужанова Н. Б Самостоятельная работа студентов в системе их методической подготовки. / Н. Б. Аужанова // Педагогика и современность. – 2014. Т. 2, № 2. С. 14 –18.
7. Байкалова, С. И. Реализация принципов организации учебного процесса в идеологии CDIO / С. И. Байкалова // Наука и образование: проблемы и перспективы развития. Сборник науч. тр. по материалам Международной научно – практической конференции. 30 августа 2014. Часть 3. Тамбов. – 2014. – С. 164.
8. Байназарова, А. В. Использование информационно – коммуникационной технологии в организации самостоятельной работы студентов / А. В. Байназарова, И. К. Проскурина // Ярославский педагогический вестник. – 2012. – №3 – Том II (Психология). – С.39 –44
9. Белопушкин В.И., Кириллычев А.Н. Система информационной безопасности в корпоративных вычислительных сетях // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2005. № 7. С. 223-229;
10. Белоусова Н.В., Грибановская Е.А., Картавцева С.Н., Савва Т.Ю., Черникова С.И. Обеспечение комплексной защищенности информационных

ресурсов, как задача информационного менеджмента // Информационные системы и технологии. 2008. №1-4. С. 153-155;

11. Березовский, Г. С. Организация СРС в рамках модульно –рейтинговой системы / Г. С. Березовский, М. С. Волхонов, А. Ф. Иванова, И. А. Мамаева // Высшее образование в России. – 2013. – № 8 –9. – С. 156 –158.

12. Бидайбеков, Е Ы Информатизация образования как деятельность (задачи и проблемы)/ Е. Ы. Бидайбеков // Вопросы информатизации. - выпуск 14 январь-апрель 2010.

13. Богданов А.А. Тектология: Всеобщая организационная наука. – М.: Финансы, 2003. – 496 с.

14. Бондаренко И.Б., Иванова Н.Ю., Сухостат В.В. Управление качеством электронных средств. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 211с.

15. Борзов В.И. Проблема реализации систем менеджмента качества, соответствующих требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2001, на российских предприятиях. / Борзов В.И., Борисова Е.В., Яропетов А.Р. // XXX Гагаринские чтения. Тезисы докладов международной молодёжной конференции. Москва, 6-10 апреля 2004. – М.: МАТИ-РГТУ им. К.Э. Циолковского, 2004. – С.102- 103.

16. Буракова, М. А. Теоретические основы и методы стандартизации, метрологическое обеспечение и контроль качества объектов машиностроения : учебное пособие / М. А. Буракова. — Ростов-на-Дону : РГУПС, 2022..

17. Буч, Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений. Третье издание / Г.Буч, Р.А.Максимчук, М.У.Энгл, Б.Дж.Янг, Дж.Коналлен, К.А.Хьюстон. Издательский дом "Вильямс". М. – СПб – Киев, 2008. – 715 с.

18. Валетов В.А. Технологии изготовления деталей приборов – СПб: Университет ИТМО, 2017. – 149 с.

19. Васин, С. Г. Управление качеством. Всеобщий подход : учебник для вузов / С. Г. Васин. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 404 с.

20. Вдовин, С.И. Теория и расчеты гибки труб / С.И. Вдовин. – М.: «Машиностроение», Орел: ОрелГТУ, 2009. – 96 с.

21. Ведмидь П.А. Место систем автоматизации СМК в ИТ-ландшафте предприятия. — https://www.plm-ural.ru/sites/default/files/2018-12/uppro_digital_production_03_18_qms.pdf.
22. Ведмидь П.А. Планирование качества: ключевые характеристики в цеховой технологии контроля // Методы менеджмента качества. — 2018. — № 12. — С. 34—38.
23. Ведмидь П.А., Власов В.Н. PLM и системы менеджмента качества // САПР и Графика, 2017, №4, С. 66-69.
24. Вумек П. Джеймс, Джонс Т. Дэниел. Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании. — М.: Альпина Пабlishер, 2011.- 476 с.
25. Гагарина Г.Ю. Сетевые структуры и их роль в формировании и развитии пространственной интеграции экономики регионов // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. – 2012. – №5 (44).
26. Гафурова, Н. В. Потенциал модульного учебного плана в реализации стандартов CDIO / С. И. Осипова, Н. В. Гафурова, С. М. Бутакова // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В. П. Астафьева. – 2016. – №1 (35). – С. 85 –89.
27. Генри, Р. Н. "Пространство Доктора Деминга" / [Электронный ресурс] / Р.Н. Генри, 2008. –341 с.
28. Годик, Ю. О. Цифровое поколение и новые медиа / Ю. О. Годик // Интернет –журналистика – №2 – 2011г.
29. ГОСТ 34.601-90. Информационная технология. Автоматизированные системы. Стадии создания;
30. ГОСТ 34.602-89 "Техническое задание на создание автоматизированной системы";
31. Гродзенский С.Я., Гродзенский Я.С. Цикл PDCA и семь инструментов качества // Методы менеджмента качества, 2013, №11. С.20 – 25.

32. Деминг Э. Выход из кризиса: Новая парадигма управления людьми, системами и процессами. – М.: Альпина Паблишер, 2012. – 419 с.
33. Деминг Э. Выход из кризиса: Новая парадигма управления людьми, системами и процессами. Пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. 370с.
34. Джордж Л. Майкл. Бережливое производство + шесть сигм. Комбинируя качество шести сигм со скоростью бережливого производства. — М.: Альпина Паблишер, 2007.- 464 с..
35. Джордж С., Ваймерскирх А. Всеобщее управление качеством: стратегии и технологии, применяемые сегодня в самых успешных компаниях. (TQM). – СПб.: Виктория плюс, 2002.- 256 с.
36. А.М. ЖЕМЧУГОВ., М.К. ЖЕМЧУГОВ. Цикл pdca деминга. Современное развитие // ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИКИ И МЕНЕДЖМЕНТА- 2016, №2 (54), с 3-28;
37. П. ВЕДМИДЬ. О КОМПЛЕМЕНТАРНОСТИ СИСТЕМ УРОВНЯ PLM, MES И QMS. АВТОМАТИЗАЦИЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ - 2018, №9 (9), с 38 - 40;
38. П. ВЕДМИДЬ. Цикл erdca как отражение интеграции qms и plm-систем. МЕТОДЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА- 2020, №4 (4), с 44 - 48;
39. П. ВЕДМИДЬ, В. ВЛАСОВ. Plm и системы менеджмента качества. САПР И ГРАФИКА- 2017, №4 (246), с 66 - 69;
40. А.В. Карпова. Сетецентрическая концепция - новая реальность в современной экономике// ЭКОНОМИКА И БИЗНЕС: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА- 2016, №10 (10), с 146-149;
41. Е.П. Круглов, Э.Р. Галимов, А.Г. Аблясова, Н.Я. Галимова, С.Ю. Юрасов, М.М. Ганиев, А.Г. Схиртладзе, Е.А. Рябов Выбор и способы изготовления заготовок для деталей машиностроения. Учебник для студентов машиностроительных специальностей, 2015.
42. Е.П. Кунаков, Обеспечение информационной безопасности технологического процесса гибки труб // Качество, Инновации, Образование - 2018, №5 (156), с 126-132;

43. Е.П. Кунаков, П. А. Лонцих, А.В Кокшарев, А.Е. Гулов. Адаптация методов и моделей проектного управления к усовершенствованному циклу PDCA // Качество, Инновации, Образование – 2021, №4 (174), с 42-48;
44. Е.П. Кунаков, П. А. Лонцих, И. И. Лившиц, В.А. Карасева, К. А. Никифорова. Совершенствование процесса подготовки бакалавров и магистров на основе внедрения концепции sdio и цикла деминга// Качество, Инновации, Образование – 2017, №1 (140), с 3-11;
45. Е.П. Кунаков. Применение новых подходов к циклу деминга // вестник магнитогорского государственного технического университета им. Г.и. носова - 2022, №1 (1), с 61-70;
46. Е.П. Кунаков, П. А. Лонцих, И. И. Лившиц, В.А. Карасева, К. А. Никифорова Implementation of Information Security and Data Processing Center Protection Standards// 2016 IEEE Conference on Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies (IT&MQ&IS). Proceedings. - М.: «Качество», 2016;
47. Е.П. Кунаков, П. А. Лонцих, И. И. Лившиц, Н. П. Лонцих, Е. Ю. Дролова. Управление и защита информации как один из способов улучшения деятельности предприятий авиационной промышленности // Качество, Инновации, Образование – 2017, №7 (146).
48. Е.П. Кунаков, П. А. Лонцих, И. И. Лившиц. Совершенствование деятельности машиностроительных предприятий на основе применения современных цифровых технологий// Качество, Инновации, Образование – 2018, №5 (156), с 39-47;
49. Е.П. Кунаков, П. А. Лонцих, И. И. Лившиц. Современные аспекты формирования требований в процессе внедрения ИСМ// Качество, Инновации, Образование – 2018, 65 (157), с 65-71;
50. Е.П. Кунаков, П.А. Лонцих, Е.И. Коршунова, И.В. Ковригина. Анализ цифровых технологий, применяемых в машиностроительной отрасли // Вестник иркутского государственного технического университета – 2018, №9 (40), с. 42-49;

51. Е.П. Кунаков, П.А. Лонцих. Информационная безопасность как перспективное направление сотрудничества России и КНР // Качество, Инновации, Образование – 2016, №6 (133);

52. Е.П. Кунаков. Н.П. Лонцих, Методы работы с персоналом в рамках системы защиты информации // Молодежный вестник ИРГТУ – 2016, №1, с. 19-25;

53. Е.П. Кунаков. Н.П. Лонцих, Работа с персоналом в рамках системы защиты информации на предприятии: Молодежный вестник, ИРНИТУ, 2016;

54. Е.П. Кунаков. П.А. Лонцих, Анализ рисков информационной безопасности при выполнении технологического процесса с помощью автоматических станков с ЧПУ // материалы шестнадцатой всероссийской научно-практической конференции "проблемы развития экономики и предпринимательства" – Иркутск, 2018. – с. 54-58.

55. Е.П. Кунаков. П.А. Лонцих, Анализ стандартов информационной безопасности, построения и эксплуатацию Центров Обработки Данных (Центров обработки данных).// Проблемы развития экономики и предпринимательства : материалы Всероссийской научно-практической конференции (Иркутск, 21-22 мая, 2016 г.) / М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВО "Иркут. нац. исслед. техн. ун-т". - Иркутск: ИРНИТУ, 2016. - 385 с;

56. Е.П. Кунаков. П.А. Лонцих, Роль проблемного персонала и повышения мотивации с точки защиты информации. Основные методы работы с персоналом в рамках системы защиты информации в организации// Проблемы развития экономики и предпринимательства: Сб. статей Всероссийской научной конференции (г. Иркутск, сентябрь, 2017 г.). 2017;

57. Е.П. Кунаков. П.А. Лонцих, Роль проблемного персонала и повышения мотивации с точки защиты информации. Основные методы работы с персоналом в рамках системы защиты информации в организации// Школа аспирантов: Сб. статей Всероссийской научной конференции (г. Иркутск, сентябрь, 2017 г.). 2017, с. 44 – 50;

58. Е.П. Кунаков. Применимость новых подходов к циклу PDCA в задаче совершенствования производственных и образовательных процессов // Качество, Инновации, Образование – 2021, №4 (174), с 105-110;
59. Е.П. Кунаков, П.А. Лончих, Н.П. Лончих, А.В. Федотова. Связь цикла Деминга и спирали качества Джурана в задачах развития цикла PDCA и создания сетцентрической системы менеджмента // Качество, Инновации, Образование – 2023, №1 (183), с 3-10;
60. Ерофеева, Г. В. Информационные технологии в обучении физике / Г. В. Ерофеева, Е. А. Складорова, А. М. Лидер // Фундаментальные исследования. – 2013 – №8-4. – С. 919 –923.
61. Жемчугов А.М. Социо-кибернетическая модель организации // Проблемы экономики и менеджмента. – 2014. – № 6 (34). – С. 3–17.
62. Жемчугов А.М., Жемчугов М.К. Разработка эффективной стратегии и структуры предприятия – практическая пошаговая методика // Проблемы экономики и менеджмента. – 2013. – № 6 (22). – С. 15–21.
63. Жемчугов А.М., Жемчугов М.К. Цель предприятия и стратегия ее достижения. Концептуальные основы // Проблемы теории и практики управления. – 2014. – № 5. – С. 75–80.
64. Жизненный цикл авиационной техники: проблемы и их решение /Розно М.И.//http://centr-prioritet.ru/images/stories/25Conf/19_02_Avia_Rozno.pdf
65. Имаи М. Гемба кайдзен: путь к снижению затрат и повышению качества. – М.: Альпина Паблишер, 2016. – 345 с.
66. Имаи М. Кайдзен: ключ к успеху японских компаний. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2004. – 274 с.
67. Информационное обеспечение управления качеством : учебник / А. Г. Схиртладзе, В. П. Мельников, В. Б. Моисеев, В. П. Смоленцев ; под редакцией В. П. Мельникова. — Пенза : ПензГТУ, 2015. — 398 с.
68. Ишикава К. Что такое всеобщее управление качеством?: Японский путь. – М.: ТКБ Интерсертифика, 1998.

69. Казиев В.М. Введение в анализ, синтез и моделирование систем: учебное пособие. – М.: Интернет-Университет информационных технологий: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 244 с.
70. Кане М.М., Иванов Б.В., Корешков В.Н., Схиртладзе А.Г. Системы, методы и инструменты менеджмента качества: Учебное пособие. СПб.: Питер, 2008. 560 с.
71. Коберн А. Быстрая разработка программного обеспечения. М.: Лори, 2002. 314 с;
72. Кондо Ё. Хосин канри - один из подходов японского менеджмента качества//Качество ведения бизнеса/пер. с англ. – М.: журнал Методы менеджмента качества.- 5/2001.
73. Куинн Дж.Б. Стратегия перемен // Минцберг Г., Куинн Дж.Б., Гошал С. Стратегический процесс. – СПб.: Питер, 2001.
74. Кунаков Е.П., П.А. Лонцих, Е.И. Коршунова, И.В. Ковригина. Анализ цифровых технологий, применяемых в машиностроительной отрасли // Вестник иркутского государственного технического университета – 2018, №9 (40), с. 42-49;
75. Кунаков Е.П., Лонцих П А, Лившиц И И, Лонцих Н П, Дролова Е Ю. Управление и защита информации как один из способов улучшения деятельности предприятий авиационной промышленности // качество. инновации. образование. Издательство: Европейский центр по качеству (Москва) - №7 (146) – 2017;
76. Кунаков Е.П., Лонцих П.А., Лившиц И.И., Лонцих Н.П., Совершенствование деятельности машиностроительных предприятий на основе применения современных цифровых технологий// Качество, Инновации, Образование – 2018, №5 (156), с 39-47;
77. Лapidус В. А. Всеобщее качество (TQM) в российских компаниях. – М.: Типография Новости, 2000.- 432 с.
78. Лукьянов, В.П. Параметры холодной гибки листовых заготовок, прутков и труб / В.П. Лукьянов, И.И. Маткава, В.А. Бойко, Д.В. Доценко. – М.: Машиностроение-1. – 2005. – 151 с.

79. Марьин, Б.Н. Изготовление трубопроводов гидрогазовых систем летательных аппаратов / Б.Н.Марьин, В.М.Сапожников, Ю.Л.Иванов и др. –М.: Машиностроение, 1998. – 400 с.
80. Международный стандарт ISO/IEC/IEEE 29148:2011 Systems and software engineering — Life cycle processes — Requirements engineering.
81. Мильнер Б.З. Теория организации: учебник. – М: ИНФРА-М, 2000. – 480 с.
82. Национальный стандарт ГОСТ Р 57100-2016/ISO/IEC/IEEE 42010:2011 Systems and software engineering. Architecture description;
83. Нив Генри Р. Пространство доктора Деминга: принципы построения устойчивого бизнеса. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. – 370 с.
84. Нив Г. Организация как система: Принципы построения устойчивого бизнеса Эдвардса Деминга. Пер. с англ. – М.:Альпина Бизнес Букс, 2007. 370с.
85. Низкий, В.В. Применение нагрева ТВЧ для крутой гибки труб / В.В. Низкий, В.И. Таран, Н.А. Быков, В.И. Миронов // ТРУДЫ НИКИМТ, том 6. – М.: Изд. АТ, 2003. – С. 53 – 58.
86. Никитин В.А. Управление качеством на базе стандартов ИСО 9000:2000 / Никитин В.А., Филончева В.В. – СПб.: Питер, 2004. 127 с. 2. Гиссин В.И. Управление качеством продукции. – Ростов Н/Д.: Феникс, 2000. 256 с.
87. Никитин, В.А. Проектирование станков холодной и горячей гибки труб / В.А. Никитин. – СПб.: ОАО «ЦТСС». – 2011. – 236 с.
88. Орлик С. Программная инженерия. Качество программного обеспечения (Software Quality). Copyright © Сергей Орлик, 2004-2005;
89. От «Голоса потребителя» до «Производства без проблем»/Розно М.И.//http://quality.eup.ru/materialy14/from_a_consumer_voice_to_manufactures_without_problems.htm.
90. Пономарёв С.В. Управление качеством продукции. Введение в системы менеджмента качества. / Пономарёв С.В., Мищенко С.В., Белобрагин В.Я. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2004. 245 с.

91. Прасол А. Япония: лики времени. Менталитет и традиции в современном интерьере. – М.: Наталис, 2008. – 360 с.
92. Репин В.В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес процессов. – 3-е изд., испр. / Репин В.В., Елиферов В.Г. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2005. 408 с.
93. Самсонова, М. В. Всеобщее управление качеством : учебное пособие / М. В. Самсонова. – Ульяновск : УлГТУ, 2014. – 232 с.
94. Синергетический эффект совместного использования PLM- и MES-систем / Ведмидь П.А. // САПР и графика. 2017. № 2. С. 56-59.
95. Системная инженерия в менеджменте качества предприятия /Шадрин А.Д.// Стандарты и качество. 2016. № 1. С. 58-61.
96. Стив Макконнелл. Влияние итеративных подходов на предварительные условия // Совершенный код = Code Complete. — Русская Редакция, Питер, 2005. — С. 31. — 896 с.
97. Тайити О. Производственная система Тойоты: уходя от массового производства. — М.: Издательство ИКСИ, 2012.- 208 с.
98. Тарновский, И.Я. Теория обработки металлов давлением (Вариационные методы расчета усилий и деформаций) / И.Я. Тарновский, А.А. Поздеев, О.А. Ганаго, В.Л. Колмогоров, В.Н. Трубин, Р.А. Вайсбурд, В.И. Тарновский; под ред. И.Я. Тарновского. – М.: Metallurgizdat. – 1963. – 672 с.
99. Теоретическая механика в примерах и задачах, Том 2, Динамика, Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С., т.2., СПб: Лань, - 231 с. 2006.
100. Теория упругости: основные положения : учеб. пособие / В. В. Стружанов, Н. В. Бурмашева ; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. — 204 с.
101. Терентьев Г.П. Технология изготовления металлических конструкций [Электронный ресурс]: учеб. пособие. / Г.П. Терентьев, В.П. Пестряков; Нижегород. гос. архитектур.- строит. ун-т – Н. Новгород : ННГАСУ, 2016. – 52 с.
102. Тимофеев П.А., Панасенко С.П. Средства защиты критически важной информации // Вопросы защиты информации. 2006. № 3. С. 40-48.

103. Трахтенгерц Э. А., Пашенко Ф.Ф. Сетевые методы управления в крупномасштабных сетях – М.: ЛЕНАНД, 2016. – 200 с.
104. Трещев, А. М. Всемирная инициатива CDIO как контекст третичного образования/ А. М. Трещев, О. А. Сергеева // Наука и образование. – 2012. – № 9.
105. Учебно-методическое пособие по курсу «Организационное поведение» /Д.М.Сафина. – Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет; 2010.- 78 с.
106. Федюкин В.К. Методы оценки и управление качеством промышленной продукции. / Федюкин В.К., Дурнев В.Д., Лебедев В.Г. – М.: Информационноиздательский дом «Филинъ», Рилант, 2000. 328 с.
107. Фещенко, В. Н. Обеспечение качества продукции в машиностроении : учебник / В. Н. Фещенко. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 788 с
108. Хамзатов М.М. Влияние концепции сетецентрической войны на характер современных операций // Военная мысль. – 2006. – №7. [Электронный ресурс]
109. Шибя Ш. Новое американское тотальное управление качеством: учебник / Ш. Шибя, А. Грэхэм, Д. Вальден. – М.: ИНФРА-М, 2001. – 348 с.
110. Эволюция систем управления качеством: критерии, принципы, технологии/О.А.Барабанова, В.А. Васильев, В.А.Полунин. –М.:МАТИ, 2008. 420 с.
111. Экономика и право: словарь-справочник / Л.П. Кураков, В.Л. Кураков, А.Л. Кураков. – М.: Вуз и школа, 2004.
112. Эпоха Agile. Как умные компании меняются и достигают результатов | Деннинг Стивен Издательство Манн, Иванов и Фербер, 2019, 371 с.
113. Яблонский А.А., Норейко С.С. Курс теории колебаний, Учебное пособие. - 4-е изд., стер. СПб: Лань, - 256 с. 2003.
114. Ясухиро Монден. Система менеджмента Тойоты. — М.: Издательство ИКСИ, 2007.- 216 с.
115. CDIO standards. Materials of the round table "Standard of modern engineering education" of the project session of ANO Agency for Strategic Initiatives to

promote new projects. April 10, 2014. Yekaterinburg: LLC Azhur Publishing House, 2014, 32 p. (In Russ.)

116. Clarus Concept of Operations. Publication No. FHWA-JPO-05-072, Federal Highway Administration (FHWA), 2018

117. Department of Defense / The implementation of Network – Centric Warfare. – Washington D.C. 2005.

118. E.P. Kunakov, Lontsikh, P.A., E.Y. Livshitz. Usage of information safety requirements in improving tube bending process // International Conference on Information Technologiess in Business and Industry 2018, ITBI 2018; Tomsk Polytechnic University Tomsk; Russian Federation; 17 January 2018 - 20 January 2018;

119. E.P. Kunakov, Lontsikh, P.A., Livshitz, I.I. Application of a hybrid method for key energy facilities safety assessment// EAI Endorsed Transactions on Energy Webthis link is disabled, 2019, 19(22), c. e2

120. E.P. Kunakov, Lontsikh, P.A., Livshitz, I.I., Golovina, E.Y., Kozhukhova, V.V. Security assessment process of IT-components for cloud infrastructure // Proceedings of the 2020 IEEE International Conference &Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies; IT and QM and IS 2020, c. 110-113;

121. E.P. Kunakov, Lontsikh, P.A., Livshitz, I.I., Lontsikh N.P., Golovina E.Y. Improvement of the Activities of Machine-Building Enterprises Through the Use of Digital Technologies // Proceedings of the 2018 IEEE International Conference &Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies; IT and QM and IS 2018, c. 233-237.

122. E.P. Kunakov, Lontsikh, P.A., Livshitz, I.I., Lontsikh N.P., Tatarnikova, L.I. Improving the Activities of Machine-Building Enterprises Through the Use of Digital Technologies // Proceedings of the 2019 IEEE International Conference &Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies; IT and QM and IS 2019, c. 145-148;

123. E.P. Kunakov, Lontsikh, P.A., Livshitz, I.I., Lontsikh N.P., Vladimirtsev, A.V. Information security methods' application based on the digital management

approaches and the deming cycle in improving the modern production's processes // Proceedings of the 2020 IEEE International Conference & Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies; IT and QM and IS 2020, c. 123-126;

124. E.P. Kunakov, Lontsikh, P.A., Livshitz, I.I., Semenov, V.V., Kibirev, Y.V. Statistic Method for Life-Cycle Processes of Digital Enterprises within Integrated Management Systems // Proceedings of the 2019 IEEE International Conference & Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies; IT and QM and IS 2019, c. 37-41;

125. E.P. Kunakov, Lontsikh, P.A., Lontsikh, N.P., Drolova, E.Y., Livshitz, I.I. Management and protection of information as one of the ways to improve the performance of aviation industry enterprises // Proceedings of the 2017 International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies", IT and QM and IS 2017;

126. E.P. Kunakov. Improvement of the Technological Process of Pipe Bending with the Introduction of Digital Technologies and Information Security Requirements // Proceedings of the 2018 IEEE International Conference & Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies; IT and QM and IS 2018, c. 225-229;

127. E.P. Kunakov. Improving the Process of Bending Pipes with Digital Technology // Proceedings of the 2019 IEEE International Conference & Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies; IT and QM and IS 2019, c. 136-139;

128. GOST R ISO 9000-2015 Quality management systems. Fundamentals and vocabulary.

129. GOST R ISO 9001-2015 Quality management systems. Requirements.

130. Gu, R. Thin-walled aluminium alloy tube NC precision bending based of finite element simulation / R. Gu, H. Yang, M. Zhan, L. Heng // Trans. Nonferrous Metals Soc. China. – 2006.16, Spec. Issue 3. – pp. 1251 – 1256.

131. Hasan H., Warne L. Crawford K. Emergent Collective Learning in Network-Centric Organisations, Society for Organisational Learning Global Forum, Vienna. 2005.

132. Hokook, L. Finite element bending analysis of oval tubes using rotary draw bender for hydroforming applications / Lee Hokook, C.J. Van Tyne, D. Field // J. Mater. Process. Technol. – 2005. 168, №2. – pp. 327 – 335.

133. ISO 9241-220 «ЭРГОНОМИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧЕЛОВЕК-СИСТЕМА. Часть 220. Процессы обеспечения, выполнения и оценки человеко-ориентированного проектирования в организации»;

134. ISO 9241-220 Ergonomics of human-system interaction. Part 220. Processes for enabling, executing and assessing human-centred design within organizations.

135. ISO/IWA 2:2007(en). Quality management systems. Guidelines for the application of ISO 9001:2000 in education.

136. Kondratiev E.V., Chemezov I.S. The transition of Russian higher education to CDIO standards: content, prospects, problems. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i upravlenie [Bulletin of Voronezh State University. Series: Economics and Management], 2015, no. 3, pp. 41–50. (In Russ.)

137. Kuznetsova V.B., Sergeev A.I., Serdyuk A.I., Popov A.V. Sovershenstvovanie protsessa izgotovleniya slozhnykh izdeliy s ispolzovaniem PDM-sistem [Improving the process of manufacturing complex products using PDM systems]. Orenburg: OSU, 2013, 143 p. (In Russ.)

138. Livshitz, I.I., Kunakov, E.P, Lontsikh, P.A. Improvement of the Activities of Machine-Building Enterprises Through the Use of Digital Technologies // Proceedings of the 2018 IEEE International Conference & Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies; IT and QM and IS 2018, с. 233-237;

139. Livshitz, I.I., Kunakov, E.P, Lontsikh, P.A. Usage of information safety requirements in improving tube bending process // International Conference on

Information Technologiess in Business and Industry 2018, ITBI 2018, Volume 1015, Issue 4;

140. Miller J. and Stuart R. NetworkCentric Thinking: The Internet's Challenge to Ego —Centric Institutions, 2005.

141. Neave H.R. The Deming Dimension: Trans. from English. Moscow: MGIET (TU), 1996, 344 p.

142. Net-Centric Environment Joint Functional Concept. 2005.

143. Orlik S. Software engineering. Software quality. Copyright © Sergey Orlik, 2004-2005.

144. Royce, Winston (1970), Managing the Development of Large Software Systems

145. Sale, Denis. Summary of Learning and First Steps in Implementing CDIO [Electronic resource] // The 2013 CDIO Asian Regional Meeting and the Regional Symposium on Rethinking Engineering Education and Policies will be hosted by Singapore Polytechnic on March 26–28, 2013.

146. Scrum and XP from the Trenches - 2nd Edition, 2020, 573 c

147. Shewhart W.A. Statistical method from the viewpoint of quality control. – Washington: The Graduate School, the Department of Agriculture, 1939. – P. 155. // Цитировано по: Нив Генри Р. Пространство доктора Деминга: принципы построения устойчивого бизнеса. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. – 370 с.

148. Stretch Bending of Aluminum Rectangular Tubes / Hong Zhu and K.A. Stelson // J. Manuf. Sci. Eng, February 2003 – Volume 125, Issue 1, 113.

149. The Man: Biography W. Edwards Deming Institute. Accessed: 2006.

150. The promise of PMI: Transforming Engineering Documentation. — https://www.plm.automation.siemens.com/en_us/Images/promise_of_pmi_tcm1023-209190.pdf.

151. Worldwide CDIO Initiative. Expected learning outcomes (CDIO Syllabus): guidance. Translated from English and edited by Chuchalina A.I., Petrovskaya T.S., Kulyukina E.S. Tomsk: Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2011, 22 p.

152. Zhan, M. A study of a 3D FE simulation method of the NC bending process of thin-walled tube / M. Zhan, H. Yang, Z.O. Jiang, Z.S. Zhao, Y. Lin // Journal of Materials Processing Technology, 129. – pp. 273-276 (2002).

153. Zlenko M.A., Nagaytsev M.V., Dovbysh V.M. Additivnye tekhnologii v mashinostroenii: posobie dlya inzhenerov [Additive technologies in mechanical engineering: manual for engineers]. Moscow: SSC RF FSUE NAMI, 2015, 220 p. (In Russ.)

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Акт внедрения цикла PDDCA в ООО «Аэротех»



ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«ПРЕДПРИЯТИЕ «АЭРОТЕХ»
Aerotec Enterprise Ltd.
Россия, 670009, г. Улан-Удэ, ул. Гастелло, 15А
15A, Gastello Str. Ulan-Ude, 670009, Russia
ОКПО 07591211; ОГРН 1020300963330; ИНН/КПП 0323025958/032601001
Факс/Fax: (3012) 25-09-05
Телефон/phone: (3012) 25-09-09
e-mail: zakaz@aerotec-co.ru; <http://www.aerotec-co.ru>



ГОСТ Р ИСО 9001
ГОСТ РВ 0015-002
ГОСТ Р ЕН 9100

«28» июля 2020 г. № 481

Справка о внедрении результатов диссертационного исследования

Настоящим подтверждаем, что «Интегрированная система управления технологическими процессами PDDCA (Plan – Design –Do - Check - Act) (Планирование - Проектирование – Применение - Проверка - Улучшение)» разработанная и описанная в диссертационном исследовании Кунакова Е. П. «Совершенствование управлением технологическими процессами гибки и фрезерования деталей на основе реализации принципов менеджмента качества» обладают актуальностью, представляют практический интерес и в рамках совершенствования технологических процессов были использованы научные результаты данного диссертационного исследования.

Генеральный директор

Смирнов А.А.



ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Акт внедрения цикла PDDCA в ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
ФГБОУ ВО ИРНИТУ

В.В.Смирнов

«13» марта 2023

АКТ

Об использовании в учебном процессе
ФГБОУ ВО ИРНИТУ
результатов диссертационной работы
Кунакова Егора Петровича

Материалы диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук Кунакова Егора Петровича «Совершенствование системы менеджмента качества машиностроительного производства на основе развития цикла PDCA», внедрены в учебный процесс на основании рекомендации методической комиссии института высоких технологий.

Материалы диссертационного исследования используются в образовательном процессе при подготовке бакалавров по направлению 27.03.02 «Управление качеством» профиль: Управление качеством в производственно-технологических процессах», магистров по направлению 27.04.02 «Управление качеством», профиль Управление качеством. Интегрированные системы менеджмента, аспирантуры по направлению 27.06.01 «Управление в технических системах», направленность «Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства».

Результаты исследований используются при чтении лекций и проведения практических занятий по следующим дисциплинам: «Менеджмент качества», «Управление качеством», «Стандартизация в наукоемких отраслях», «Основы современного инжиниринга», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Технология и организация производства продукции и услуг», «Интегрированные системы менеджмента», «Риск-менеджмента», а также при выполнении обучающимися научно-исследовательских работ, курсовых проектов, промежуточных и итоговых аттестаций.

Результаты диссертационного исследования отражены в учебно-методическом издании:

-Лончих П.А., Головина Е.Ю., Кунаков Е.П., Лончих Н.П. Менеджмент качества: оценка рисков и конкурентоспособности: учеб. пособие.- Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2021.-146с.

Председатель ученого совета
института высоких технологий
к.х.н., доцент

Анциферов Е.А.

Заведующий кафедрой
автоматизации и управления
д.т.н., профессор

Елшин В.В.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Копия учебного плана ФГБОУ ВО «ИРНИТУ» по программе бакалавриата по направлению 27.03.02

«Управление качеством»

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Иркутский национальный исследовательский технический университет»

УЧЕБНЫЙ ПЛАН

по программе бакалавриата

27.03.02 Управление качеством

УТВЕРЖДАЮ



Ректор

05 20 22 г.

М.В.Корняков

Профиль: Управление качеством в производственно-технологических системах
Кафедра: Автоматизации и управления
Институт: Высоких технологий

Квалификация: бакалавр

Форма обучения: Очная
Срок получения образования: 4г

+	Типы задач профессиональной деятельности
+	организационно-управленческая
+	производственно-технологическая

Год начала подготовки (по учебному плану) 2022

СОГЛАСОВАНО

Проректор по учебной работе

 / В.В. Смирнов/

Директор института

 / Е.А. Анциферов/

Руководитель ООП

 / П.А. Лончик/

Зав.кафедрой

 / В.В. Елшин/

Руководитель направления

 / Е.А. Анциферов/

