

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»  
(Самарский университет)

*На правах рукописи*

ТУЛАЕВА ТАТЬЯНА СЕРГЕЕВНА

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ  
ПРОДУКЦИИ**

2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация.

Организация производства

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор

Антипов Д.В.

Самара – 2025

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1 Теоретические подходы к проектированию параметров качества машиностроительной продукции .....	10
1.1 Анализ существующих подходов к проектированию параметров качества машиностроительной продукции .....	10
1.2 Развертывание требований потребителя в зависимости от профиля качества .....	30
1.3 Применение закона Вебера-Фехнера при структурировании функций качества .....	41
1.4 Выводы по главе 1.....	48
2 Моделирование процесса проектирования машиностроительной продукции для обеспечения ее конкурентоспособности.....	51
2.1 Разработка структурно-функциональной модели процесса проектирования параметров качества машиностроительной продукции.....	51
2.2 Математическая модель расчета весоности характеристик продукции в зависимости от уровня качества конкурентов .....	56
2.3 Алгоритм расчета весоности характеристик продукции в зависимости от уровня качества конкурентов.....	65
2.4 Выводы по главе 2.....	68
3 Разработка методики расчета значимости характеристик с учетом закона Вебера-Фехнера .....	70
3.1 Применение закона Вебера-Фехнера при проектировании характеристик продукции .....	70
3.2 Математическая модель расчета весоности характеристик продукции с учетом закона Вебера-Фехнера.....	76
3.3 Математическая модель расчета весоности балла с учетом закона Вебера-Фехнера .....	79
3.4 Выводы по главе 3.....	82

4 Практическая апробация разработанных методик и моделей проектирования параметров качества.....	84
4.1 Практическая апробация методик и моделей проектирования параметров качества на АО «Метровагонмаш» .....	84
4.2 Практическая апробация методик и моделей проектирования параметров качества на ООО «Самараавтожгут» .....	96
4.3 Проведение QFD анализа процесса установки блокиратора КПП «Гарант Консул» для автомобилей Nissan с учетом конкуренции и закона Вебера-Фехнера .....	109
4.4 Вывод по главе 4 .....	122
Заключение .....	124
Список литературы .....	126
Приложение А Требования стандарта ISO 9001, реализующие принцип ориентация на потребителя.....	137
Приложение Б Анкета оценки удовлетворенности потребителя продукцией АО «Метровагонмаш».....	139
Приложение В Анкета оценки удовлетворенности потребителя продукцией ООО «Самараавтожгут» (жгуты проводов).....	140
Приложение Г Анкета оценки удовлетворенности потребителя сервисным центром Nissan по установке блокиратора КПП «Гарант Консул»).....	141
Приложение Д Акт о внедрении результатов диссертационного исследования..	142
Приложение Е Справка о внедрении (использовании) результатов диссертационного исследования в учебный процесс.....	143

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время важной задачей является удовлетворение требований потребителей и повышение конкурентоспособности. Постоянно изменяющиеся потребности рынка, усиливающаяся конкуренция предъявляют повышенные требования к способности компании адаптироваться к изменяющимся рыночным условиям и предлагать новые продукты, соответствующие запросам конечных потребителей. В современных условиях проведя анализ причин успеха и неудач новых товаров на рынке, можно сделать вывод, что успех новой продукции на 70-90 % определяется точностью соответствия предпочтениям потребителей и только на 10-30 % зависит от технических/ технологических факторов [1].

Выполнить требования потребителей возможно только при результативном и эффективном процессе проектирования параметров качества. Особо это значимо для машиностроительной продукции, т.к. параметры качества влияют на надежность и функционирование сложной машиностроительной продукции. На сегодняшний день отсутствуют единые подходы и инструментарий проектирования параметров качества машиностроительной продукции, позволяющих повысить качество выпускаемой продукции на стадии ее проектирования. Повысить качество машиностроительной продукции на этапе проектирования можно за счет совершенствование методики проектирования параметров качества.

На основе анализа теоретических и практических работ Антипова Д.В., Адлера Ю.П., Аристова О.В., Антиповой О.И., Барабановой О.А., Барвинка В.А., Брагина Ю.В., Васильева В.А., Васина С.А., Глудкина О.Г., Круглова М.Г., Козловского В.Н., Михеева Е.Н., Разу М.Л., Панюкова Д.И., Пантюхина О.В., Панюкова Д.И., Полунина В.А., Хайзера Д.Р., Чекмарева А.Н., Щипанова В.В. и других авторов можно заключить, что в настоящее время проблемам исследования проектирования параметров качества достаточно много работ.

Большая часть исследовательских работ посвящена вопросам обеспечения качества продукции на каждом этапе ее жизненного цикла, что должно способствовать достижению конечного результата, полностью удовлетворяющего

ожидания и потребности потребителей [7]. В меньшей степени уделяется внимание вопросам совершенствования методики проектирования параметров качества, что в настоящий момент является наиболее актуальной проблемой для отечественных предприятий.

Таким образом **актуальность темы исследования** обусловлена необходимостью повышения конкурентоспособности машиностроительной продукции путем совершенствования методики проектирования параметров качества, учитывающей ожидания потребителей и уровень качества аналогичных изделий конкурентов.

Сегодня организации сталкиваются с жестокой конкуренцией, вынуждающей прилагать серьезные усилия для максимального удовлетворения потребностей клиентов и, соответственно, поддержания их лояльности [2].

Высшее руководство берет на себя ответственность за качественное обслуживание потребителей. Чтобы обеспечить оптимальное обслуживание клиентов, поддержку внутри ведомств и компаний, высшему руководству необходимо организовать эффективный обмен информацией [3].

Для увеличения вероятности успешного выхода нового товара на рынок рекомендуется активно привлекать представителей целевой аудитории к процессу его создания. Продукт, согласованный с конечными пользователями ещё на этапе проектирования, помогает минимизировать финансовые риски, возникающие из-за возможной невостребованности готового изделия [4].

Процесс проектирования параметров качества как часть процесса проектирования и разработки машиностроительной продукции является ключевым для большинства предприятий машиностроения, а значит и повышение результативности функционирования является приоритетной задачей.

Научной проблемой является то, что на сегодняшний день отсутствуют единые подходы и инструментарий проектирования характеристики (показателей качества) машиностроительной продукции, с учетом уровня качества конкурентов, позволяющих повысить качество выпускаемой продукции на стадии ее проектирования.

Повысить качество машиностроительной продукции на этапе проектирования можно за счет совершенствования методики проектирования показателей качества и расчета их уровней весомости.

**Степень разработанности темы:** диссертационное исследование обладает высокой степенью разработанности темы исследования, обзором современного состояния предметной области, актуальным инструментарием и значимостью для практического применения.

**Целью** диссертационного исследования является повышение качества машиностроительной продукции за счет совершенствования подходов к проектированию параметров качества.

Для достижения цели диссертационного исследования необходимо решить **ряд задач:**

1. Провести теоретический анализ существующих подходов и инструментария к проектированию машиностроительной продукции и определению параметров качества.
2. Провести моделирование процесса проектирования параметров качества машиностроительной продукции для обеспечения ее конкурентоспособности.
3. Разработать методику расчета значимости характеристик с учетом закона Вебера-Фехнера.
4. Провести комплексную апробацию предложенных решений по проектированию параметров качества машиностроительной продукции.

**Объектом исследования** являются процесс проектирования параметров качества машиностроительной продукции.

**Предметом исследования** – модели, методики и процедуры проектирования параметров качества машиностроительной продукции.

**Научной новизной обладают следующие результаты** диссертационного исследования:

1. Классификатор методов проектирования параметров качества машиностроительной продукции, содержащий все существующие методы проектирования параметров качества, и отличающейся от существующих

наличием области применения (п. 9. Разработка и совершенствование научных инструментов оценки, мониторинга и прогнозирования качества продукции и процессов).

2. Структурно-функциональная модель процесса проектирования машиностроительной продукции, содержащая этапы проектирования параметров качества, отличающаяся от существующих тем, что при проектировании параметров качества проводится сравнение с конкурентами (п. 9. Разработка и совершенствование научных инструментов оценки, мониторинга и прогнозирования качества продукции и процессов).

3. Методика уточнения весовых характеристик продукции при развертывании функций качества, содержащая Математическую модель расчета весомости характеристик продукции в зависимости от уровня качества конкурентов и алгоритм сравнения моделей расчета весомости характеристик продукции в зависимости от уровня качества конкурентов (п. 5. Методы оценки качества объектов, стандартизации и процессов управления качеством).

4. Методика расчета значимости характеристик продукции с учетом закона Вебера-Фехнера, содержащая математическую модель расчета весомости характеристик продукции и модель расчета весомости балла с учетом закона Вебера-Фехнера (п. 5. Методы оценки качества объектов, стандартизации и процессов управления качеством).

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Теоретическая значимость результатов работы заключается в разработке структурно-функциональной модели проектирования параметров качества машиностроительной продукции, которая обеспечивает требования потребителя, при этом учитывает уровень качества продукции конкурентов.

Практическая значимость заключается в разработке методики расчета значимости характеристик с учетом закона Вебера-Фехнера, а также в применении математических моделей при проектировании параметров качества машиностроительной продукции с учетом уровня качества конкурентов.

**Методология и методы исследования** – методы математического и структурно-функционального моделирования процессов проектирования параметров качества, экспертные методы оценки и управления параметрами качества, статистические методы оценки и повышения качества выпускаемой продукции машиностроения, такие как QFD и др., а также экспериментальные исследования с целью проверки адекватности теоретических положений.

**Положения, выносимые на защиту**

1. Классификатор методов проектирования параметров качества.
2. Структурно-функциональная модель процессов проектирования машиностроительной продукции.
3. Методика уточнения весовых характеристик продукции при развертывании функций качества.
4. Методика расчета значимости характеристик с учетом закона Вебера-Фехнера.
5. Результаты применения разработанных решений по проектированию параметров качества машиностроительной продукции.

**Апробация работы.** Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных научно-практических конференциях: Международная научно-прикладной конференции «Современные информационные технологии в управлении качеством», Пенза (2012), Международная молодежная научная конференция «XII Королевские чтения», Самара (2013), круглых столах и семинарах, посвящённых актуальным проблемам управления качеством, проводимых в Самарском университете им. академика С.П. Королева (2024). Также апробация разрабатываемых моделей и методик проведена на предприятиях АО «Метровагонмаш», ООО «Самараавтожгут» и в сервисном центре Nissan.

Также проведена апробация результатов диссертационного исследования в учебном процессе Самарского университета на кафедре производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении, при реализации инженерного блока дисциплин по проектированию и разработки продукции и

производственных процессов, на что получен акт о внедрении результатов исследования в учебный процесс.

Высокая **степень достоверности** и обоснованности научных результатов диссертационного исследования подтверждается проведенным анализом научных трудов и материалов по теме исследования, отсутствием противоречий положениям организации производства, примененными в работе методами и инструментами.

# 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

## 1.1 Анализ существующих подходов к проектированию параметров качества машиностроительной продукции

В диссертационном исследовании проведен анализ существующих подходов к проектированию параметров качества машиностроительной продукции.

Основополагающим принципом управления качеством продукции является фокусировка на интересах покупателя. Реализуя данный принцип, важно планировать и обеспечивать качество продукции и процессов проектирования. Удовлетворённость потребителей представляет собой степень соответствия восприятия клиентом уровня исполнения его ожиданий относительно предлагаемого продукта или услуги. Она формируется исходя из разницы между представлениями потребителей о товаре и фактическим впечатлением от приобретённого продукта компании [25].

Оценивая удовлетворённость или недовольство потребителей, мы получаем важную обратную связь, отражающую эффективность взаимодействия компании с клиентами. Тем не менее, простое изучение удовлетворённости пользователей не даёт полного понимания всех аспектов клиентских отношений. Для глубокого анализа необходимо учитывать ряд ключевых индикаторов, среди которых выделяются:

- уровень удовлетворённости потребителей – показатель, характеризующий степень соответствия результатов деятельности компании ожиданиям и потребностям ее клиентов;
- рыночная доля компании – процентная величина, показывающая долю выручки или объема продаж конкретной компании на определенном рынке относительно суммарного объема рынка;
- скорость роста целевого сегмента рынка – темп прироста размера рынка за определенный период времени, выражаемый в процентах или абсолютных показателях;

- средние расходы на привлечение каждого клиента – сумма расходов, понесенных компанией на привлечение одного нового клиента;
- время, необходимое для разрешения поступающих претензий – время реакции на претензии.

Эти показатели позволяют оценить успешность взаимодействия с покупателями и общее состояние системы менеджмента качества. Следовательно, возникает необходимость разработать эффективные способы сбора и обработки подобной информации, способствующие улучшению процесса управления отношениями с клиентами.

Уровень удовлетворённости потребителей варьируется в зависимости от сферы деятельности и особенностей конкретной организации. Можно выделить две группы факторов, оказывающих влияние на этот показатель:

- внешние обстоятельства: число компаний-конкурентов, трудности выхода на рынок, финансовая неопределённость;
- внутренние аспекты: стоимость продукции, имидж фирмы, качественные показатели товара, узнаваемость торговой марки, эксплуатационная надёжность изделий, своевременность поставок, сервисное обслуживание, удобство расчётов [26].

Фирмы, ориентированные на развитие своего дела, ставят перед собой приоритетную цель – увеличить число покупателей в определённом рыночном секторе. Таким образом, данным предприятиям необходим расчёт показателя, способного продемонстрировать эффективность привлечения и удержания новых клиентов [27].

Сегодня ориентация на потребителя перестала быть просто двигателем экономического прогресса – она превратилась в основополагающую стратегию бизнеса. Фирмы пристально следят за покупательским поведением перед покупкой и исследуют, каким образом клиенты используют купленные товары. Полученная информация используется для создания новых решений, ориентированных на пожелания потребителей, стремясь максимально точно соответствовать их требованиям. Анализ предпочтений потребителей предполагает применение

широкого спектра методик, позволяющих выявить удовлетворённость клиентов товарами, услугами, самим брендом и уровнем взаимодействия с ним. Такие подходы помогают детально изучить мотивы и решения покупателей в процессе приобретения и последующего пользования продуктом или сервисом.

Однако современная научная литература пока не содержит исчерпывающего описания подходов к оценке отношений с клиентами. Нет чёткого свода классифицированных инструментов для измерения этой области. Классификатор методов представлен на рисунке 1.1 [28].



Рисунок 1.1 – Классификация методов управления взаимоотношениями с потребителями

Рисунок 1.1 наглядно демонстрирует деление существующих способов оценки взаимоотношений с клиентами на три ключевые категории:

- качественные,
- количественные,
- комплексные.

Отношения с клиентами представляют собой коллективную цель всей команды компании – выявление возможных покупателей, определение их потребностей, создание и поддержание долгосрочных партнерских связей с ними до тех пор, пока сотрудничество остается выгодным обеим сторонам. Работа над

управлением этими связями – сравнительно новая область, направленная на улучшение качества сервиса и удовлетворение запросов клиентов [29].

Также существует альтернативная система классификации методов управления взаимодействием с клиентами, согласно которой они подразделяются на две группы:

- основанные на внутренних маркетинговых данных;
- использующие внешние источники информации.

Формирование партнёрских отношений между предприятием и клиентами является важнейшей целью концепции интерактивного маркетинга. Данный подход ориентирован на:

- персонализированный контакт с каждым потребителем;
- активное взаимодействие;
- совместную работу производителя и клиента, направленную на удовлетворенность потребителей продукцией.

Применение принципов партнёрства эффективно не только для стимулирования продаж существующего ассортимента, но и при разработке новых видов продукции.

Любая компания, работающая на потребительском или промышленном рынке, не может удовлетворить всех потребителей. Объясняется это неоднородностью потребителей, которые различаются по уровню дохода, потребностям, особенностям характера и многим другим характеристикам. Чтобы лучше удовлетворять потребителей компания разделяет их на группы, и для каждой группы выпускает свою модификацию товара, или изменяет другие элементы комплекса маркетинга. В этом и заключается сущность сегментирования рынка. Сегментирование рынка – это формирование в пределах рынка групп потребителей, однородных по своим характеристикам, мотивам и поведению, для которых предприятие может разработать специальные комплексы маркетинга [30].

Для обеспечения эффективного, высококачественного и надёжного обслуживания клиентов, были сформулированы следующие базовые принципы:

– принятие обязательств. Целью каждого сотрудника компании на любом уровне иерархии должно стать обязательство предоставлять клиентам высококласные и своевременные услуги. Первостепенную роль в принятии таких обязательств играет руководство организации;

– надёжность. Организация обязана исполнять все свои обязательства перед потребителями своевременно и гарантировать предоставление услуг именно тогда, когда они ожидаются клиентами. Важно внедрение устойчивых систем коммуникации с потребителями;

– высокий стандарт обслуживания. Следует разработать и интегрировать систему высокого стандарта обслуживания в каждую сферу деятельности компании;

– компетентность. Работники, непосредственно контактирующие с клиентами, обязаны иметь необходимую квалификацию, знания и опыт, а также демонстрировать способность применять их на практике. Регулярный контроль работы персонала обязателен;

– ответственность. Каждый сотрудник, работающий с клиентами, должен осознавать свою ответственность, обладая всеми нужными полномочиями и ресурсами для эффективной работы. Обязательно наличие специалиста, ответственного за разрешение вопросов и проблем, возникающих у потребителей;

– ресурсы. Компания должна выделять достаточное количество ресурсов, необходимых для поддержания высоких стандартов обслуживания;

– выявление проблем. Организация должна вести постоянную работу по выявлению и анализу трудностей, возникающих при взаимодействии с клиентами, в каждой сфере своей деятельности;

– качество обслуживания. Всем сотрудникам следует участвовать в обеспечении и постоянном мониторинге качества обслуживания клиентов, учитывая рост и изменение их ожиданий;

– обратная связь. Нужно создавать и поддерживать действенные механизмы обратной связи с клиентами и сотрудниками;

- непрерывное совершенствование. Должна функционировать система регулярного улучшения, поддерживающая сервис на уровне, соответствующем или превосходящем ожидания потребителей;

- внутреннее информирование. Внутри компании необходимо установить эффективную коммуникацию между внутренними отделами и работниками, так как это важный элемент формирования корпоративной культуры обслуживания клиентов [3].

Политика взаимодействия компании с клиентами при разработке нового продукта является неотъемлемой частью общей корпоративной стратегии. Она включает в себя формирование направлений действий, установку приоритетов и целей в управлении взаимоотношениями с клиентами, а также методы их достижения. Согласно концепции маркетинга взаимодействия, принято выделять пять основных стратегий взаимодействия предприятий с клиентами:

- стратегия сотрудничества с клиентами при запуске совершенно нового продукта, ранее отсутствовавшего на глобальном рынке. Такая стратегия направлена на минимизацию рисков неудачи и максимальное соответствие новым запросам рынка;

- стратегия привлечения клиентов при внесении изменений в уже существующие на рынке продукты. Такой подход позволяет увеличить привлекательность продукта, повысить интерес со стороны потребителей и укрепить позиции компании на рынке;

- стратегия завоевания новых потребителей. Главная задача этой стратегии – убедить потенциальных клиентов выбирать именно вашу компанию и сделать первую покупку;

- стратегия сохранения лояльной клиентской базы. Данная стратегия направлена на удержание существующих клиентов и мотивацию их к продолжительному сотрудничеству с компанией;

- стратегия повторного привлечения потерянных клиентов. Данная стратегия направлена на возвращение тех потребителей, которые прекратили сотрудничество с компанией.

Реализация выбранной стратегии взаимодействия с клиентами детализируется применительно ко всем основным направлениям функционирования компании:

- маркетинговая деятельность,
- научные исследования,
- конструкторско-технологические разработки (НИОКР),
- финансовая политика,
- логистика,
- кадровое администрирование,
- информационно-техническое сопровождение.

Данная программа охватывает полный спектр мер по установлению контакта с клиентами и устанавливает конкретные инструменты взаимодействия для каждого подразделения компании. Процесс взаимодействия реализуется посредством различных инициатив, таких как:

- проведение маркетингового исследования;
- продажа продукции;
- послепродажное и гарантийное обслуживание;
- обработка отзывов и предложений клиентов.

Общение между компанией и её клиентами выражается в информационной взаимосвязи, маркетинге, заключении сделок купли-продажи, движении денежных средств, изменениях в поведении обеих сторон. Здесь очевидно, что такое взаимодействие затрагивает практически все сферы деятельности компании.

Контакт компании с частными лицами возможен несколькими способами:

- через личное общение представителя компании с клиентами;
- по средствам телекоммуникаций;
- используя третьих лиц – посредников.

Содержание программы взаимодействия варьируется в зависимости от новизны продукта и наличия достаточного количества ресурсов у компании. Например, создание принципиально нового продукта, ранее неизвестного

мировому рынку, подразумевает значительные инвестиции и тщательную проработку взаимодействия с клиентами на каждом этапе разработки. Причина заключается в больших рисках, связанных с возможным коммерческим провалом нового продукта, а также сложностью производства уникального продукта без мировых аналогов. Напротив, модификация уже существующего товара допускает упрощённый подход к взаимодействию с клиентами, который может исключать отдельные формы и методы взаимодействия.

Наиболее перспективным источником для создания нового продукта становится изучение предпочтений и нужд трех категорий потребителей:

- потенциальные покупатели,
- бывшие клиенты,
- неактивные пользователи.

Потеря бывших клиентов зачастую свидетельствует о недостаточной привлекательности текущих товаров и сервисов компании, а также ошибках в построении доверительных отношений с аудиторией [31]. Изучение пассивной аудитории указывает на скрытые возможности расширения рынка сбыта. Что касается постоянных клиентов, то их мнение полезно получать на протяжении всего периода разработки нового продукта. Но особенно ценно привлечь постоянных потребителей к участию в подробном изучении характеристик создаваемого товара. Именно эта группа обладает ценнейшими сведениями о преимуществах товара и общего положения компании на рынке.

Анализируя и совершенствуя подходы к проектированию машиностроительной продукции необходимо основываться на вышеуказанном принципе ориентации на потребителя.

В соответствии с процессной логикой, процесс проектирования параметров качества является подпроцессом процесса проектирование и разработка. В теории управления качеством процесс проектирование и разработка состоит из двух составляющих:

- проектирование и разработка продукта;

– проектирование и разработка процесса (процесса производства продукта).

В соответствии с ГОСТ 2.103 – 2013 предусматривается шесть стадий разработки конструкторской документации (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Этапы разработки конструкторской документации

№	Стадия разработки	Этапы выполнения работ
1	Разработка технического предложения	<p>Разработка ТП состоит из следующих шагов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– изучение и анализ ТЗ. ТЗ, как правило, должно содержать наименование и область применения изделия, основание для его разработки, цель и назначение разработки, технические требования, экономические показатели, необходимые стадии работ, порядок контроля и приемки изделия. ТЗ согласуется с заказчиком;</li> <li>– подбор материалов;</li> <li>– разработка КД технического предложения;</li> <li>– рассмотрение и утверждение КД технического предложения.</li> </ul>
2	Разработка эскизного проекта (ЭП)	<p>ЭП дает представление о назначении, устройстве и принципе работы изделия, а также определяет основные параметры и габаритные размеры нового изделия.</p> <p>Разработка ЭП состоит из следующих шагов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– разработка эскизного проекта;</li> <li>– изготовление и испытание и /или разработка и анализ материальных макетов (при необходимости) и (или) разработка, анализ электронных макетов (при необходимости);</li> <li>– рассмотрение и утверждение КД эскизного проекта.</li> </ul>
3	Разработка технического проекта (ТП)	<p>ТП – это совокупность конструкторских документов, которые содержат окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве проектируемого изделия, и исходные данные для разработки рабочей конструкторской документации. На этой стадии выполняются следующие работы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– расчеты на прочность, жесткость, долговечность и т.д.;</li> <li>– разработка компоновочных чертежей, чертежей агрегатов, сборочных единиц и ответственных деталей;</li> <li>– макетирование;</li> <li>– составление технических условий на эксплуатацию;</li> <li>– экономическое обоснование проекта.</li> </ul>
4	Разработка конструкторской документации опытного образца	<p>Разработка КД опытного образца состоит из следующих этапов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– разработка КД, предназначенной для изготовления и испытания опытного образца (опытной партии) изделия, без присвоения литеры;</li> <li>– изготовление и предварительные испытания опытного образца (опытной партии) изделия;</li> </ul>

№	Стадия разработки	Этапы выполнения работ
		<ul style="list-style-type: none"> <li>– корректировка КД по результатам изготовления и предварительных испытаний опытного образца (опытной партии) изделия с присвоением КД;</li> <li>– приемочные испытания опытного образца (опытной партии) изделия;</li> <li>– корректировка КД по результатам приемочных испытаний опытного образца (опытной партии) изделия.</li> </ul> <p>В состав РД входят:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– чертежи, схемы и спецификации всех сборочных единиц и комплектов;</li> <li>– технические условия и документы, регламентирующие условия эксплуатации и ремонта машин.</li> </ul>
5	Разработка КД на изделие серийного производства	<p>Разработка КД на изделие в производстве состоит из следующих этапов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– изготовление и испытание установочной серии по документации;</li> <li>– корректировка КД по результатам изготовления и испытания установочной серии, а также оснащения технологического процесса изготовления изделия.</li> </ul>
6	Разработка КД на изделие единичного производства	Разработка КД предназначенной для изготовления и испытания изделия.

В соответствии с ГОСТ РВ серии 15000 этапы проектирования и разработки состоят из пяти этапов, приведенных в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Этапы проектирования и разработки военной продукции

№ п/п	Стадия разработки	Этапы выполнения работ
1	ТТЗ (ТЗ) и прочие документы из МО	МО РФ: прогнозирование, выявление, анализ и оценка угроз национальной безопасности, оценка военной опасности и военной угрозы, выработка мер по их нейтрализации, в том числе разработка перспективных систем вооружения.
2	Проведение НИР	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Разработка ТЗ на НИР;</li> <li>– выбор направления исследований;</li> <li>– теоретические исследования;</li> <li>– экспериментальные исследования;</li> <li>– патентные исследования;</li> <li>– научно-технический отчет.</li> </ul>
3	Проведение ОКР	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Разработка ТЗ на ОКР;</li> <li>– разработка эскизного проекта;</li> <li>– разработка технического проекта;</li> <li>– разработка РКД;</li> <li>– изготовление опытного образца;</li> <li>– проведение испытаний;</li> <li>– утверждение РКД для серийного производства.</li> </ul>

4	Постановка на производство	1) Подготовка производства: – разработка ТД; – отработка конструкции на технологичность; – заключение договоров с поставщиками. 2) Освоение производства: – изготовление установочной серии; – квалификационные испытания; – отработка конструкции на технологичность (при необходимости); – утверждение ТД.
5	Эксплуатация и обслуживание	– Разработка РР; – ввод в эксплуатацию; – обслуживание (ремонт).

Требования к организации процесса проектирования и разработки также определены в стандарте ISO 9001. В стандарте установлены основные этапы проектирования и разработки, а также требования к верификации, валидации и управлению изменениями проекта.

Проведенный анализ позволил систематизировать, обобщить и разработать типовые этапы проектирования и разработки продукции и процессов. Типовые этапы проектирования и разработки приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Типовые этапы проектирования и разработки

№ п/п	Стадии	Этапы	Результат
1	Маркетинговые исследования, бенчмаркинг	1) Маркетинговые исследования: – описать продукцию; – узнать цену продукции на рынке; – узнать государственные ТТ; – определить целевого потребителя. 2) Бенчмаркинг: – найти и проанализировать аналоги на рынке; – определить основных конкурентов.	1) Отчет маркетинговых исследований; 2) отчет по результатам проведения бенчмаркинга и рекомендации по внедрению уникальных изменений продукции, дающие конкурентные преимущества на рынке.
2	Составление матрицы ключевых характеристик продукции, проведение исследования Кано	1) Матрица ключевых характеристик продукции: – определить требования потребителя; – определить инженерные характеристики; – составить матрицу. 2) Исследование Кано:	1) Матрица ключевых характеристик; 2) модель Кано; 3) ТЗ на НИР.

№ п/п	Стадии	Этапы	Результат
		<ul style="list-style-type: none"> <li>– провести опрос потребителя;</li> <li>– проанализировать результаты опроса;</li> <li>– по результатам исследования составить ТЗ на НИР.</li> </ul>	
3	Создание НТЗ (проведение НИРОКР)	<p>1) Проведение НИР:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– составить перечень новых материалов и провести (виртуально смоделировать) исследования и испытания;</li> <li>– изучить и отработать (виртуально смоделировать) новые (инновационные) технологии производства;</li> <li>– составить перечень нового технологического оборудования и изучить их возможности;</li> <li>– по результатам НИР составить ТЗ на ОКР.</li> </ul> <p>2) Проведение ОКР:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– составить ТТ;</li> <li>– смоделировать предварительные 3D-модели;</li> <li>– изготовить и продемонстрировать прототипы с последующим выбором одного из них.</li> </ul>	<p>1) Перечень рекомендуемых новых материалов;</p> <p>2) перечень рекомендуемого технологического оборудования;</p> <p>3) ТЗ на ОКР;</p> <p>4) ТТ на продукцию;</p> <p>5) предварительные 3D-модели продукции, процессов исследования и испытаний материалов и технологий изготовления.</p>
4	Организация и планирование	<p>1) Сформировать команду проекта;</p> <p>2) определить сроки подготовки продукции;</p> <p>3) определить затраты;</p> <p>4) проанализировать риски проекта.</p>	<p>1) Список команды;</p> <p>2) график подготовки продукции;</p> <p>3) отчет по затратам;</p> <p>4) отчет по анализу рисков проекта.</p>

№ п/п	Стадии	Этапы	Результат
5	<b>Проектирование и разработка продукции</b>	1) Проведение QFD-анализа; 2) проектно-конструкторская проработка продукта и САД проектирование; 3) проведение DFMEA-анализа; 4) <b>параметрическое проектирование;</b> 5) разработать ДПП; 6) разработать программу испытаний; 7) провести виртуальные испытания в программной системе инженерного анализа (например, ANSYS); 8) изготовить опытный образец; 9) провести экспериментальную отработку для подтверждения адекватности 3D-модели процесса виртуальных испытаний; 10) уточнить 3D-модели продукции по результатам испытаний.	1) Результаты QFD-анализа; 2) САД модели и КД на продукт; 3) протокол DFMEA-анализа; 4) параметры качества продукта; 5) программа испытаний; 6) 3D-модели процесса испытаний продукции; 7) уточненная 3D-модель; 8) протокол испытаний.
6	Проектирование и разработка процесса	1) Провести PFMEA-анализ; 2) разработать карту потока процесса; 3) составить перечень покупного технологического оборудования и инструмента; 4) разработать КД и изготовить технологическую оснастку; 5) разработать ТП; 6) разработать предварительный план управления серийным производством; 7) выбрать поставщиков; 8) закупить технологическое оборудование и инструмент.	1) Протокол PFMEA-анализа; 2) карта потока процессов; 3) перечень покупного технологического оборудования и инструмента; 4) ТД; 5) предварительный план управления серийным производством; 6) список поставщиков.

№ п/п	Стадии	Этапы	Результат
7	Подготовка производства	1) Произвести пробную партию; 2) провести испытания; 3) провести анализ измерительных систем (MSA); 4) провести анализ стабильности процесса SPC; 5) провести коррекцию 3D-модели по результатам испытаний; 6) провести коррекцию ТП; 7) разработать окончательный план управления серийным производством.	1) Протокол испытаний; 2) протокол MSA-анализа; 3) протокол SPC-анализа; 4) откорректированная 3D-модель; 5) откорректированный ТП; 6) окончательный план управления серийным производством.
8	Запуск серийного производства и наращивание серийного производства	1) Запуск серийного производства; 2) управление изменения продукции; 3) управление изменениями процесса; 4) аудит процесса; 5) наращивание производства.	Отчет по аудиту процесса.
9	Поставка, сервис	1) Собрать замечания к продукции от целевого покупателя; 2) провести FMEA-анализа продукции по замечания целевого покупателя; 3) провести коррекцию 3D-моделей и ТП по результатам FMEA-анализа.	1) Отчеты по замечаниям от целевого покупателя; 2) протокол FMEA-анализа; 3) откорректированные 3D-модели и ТП.

Ключевым этапом процесса проектирования и разработки является этап проектирование и разработка продукта, содержащий:

- 1) проведение QFD-анализа;
- 2) проектно-конструкторская проработка продукта и САД проектирование;
- 3) проведение DFMEA-анализа;
- 4) **параметрическое проектирование;**
- 5) разработка диаграммы потока процессов ДПП;
- 6) разработка программы испытаний;
- 7) проведение виртуальных испытания в программной системе инженерного анализа (например, ANSYS);
- 8) изготовление опытного образца;

9) проведение экспериментальной отработки для подтверждения адекватности 3D-модели процесса виртуальных испытаний;

10) уточнение 3D-модели продукции по результатам испытаний.

На основании проведенного исследования построена типовая диаграмма SIPOC для машиностроительного предприятия, приведенная на рисунке 1.2. Метод SIPOC позволяет рассмотреть процесс на высоком уровне, сосредоточившись на его ключевых компонентах: поставщиках, входных данных, самом процессе, выходных данных и потребителях. Помогает визуализировать и систематизировать основные этапы и элементы процесса.

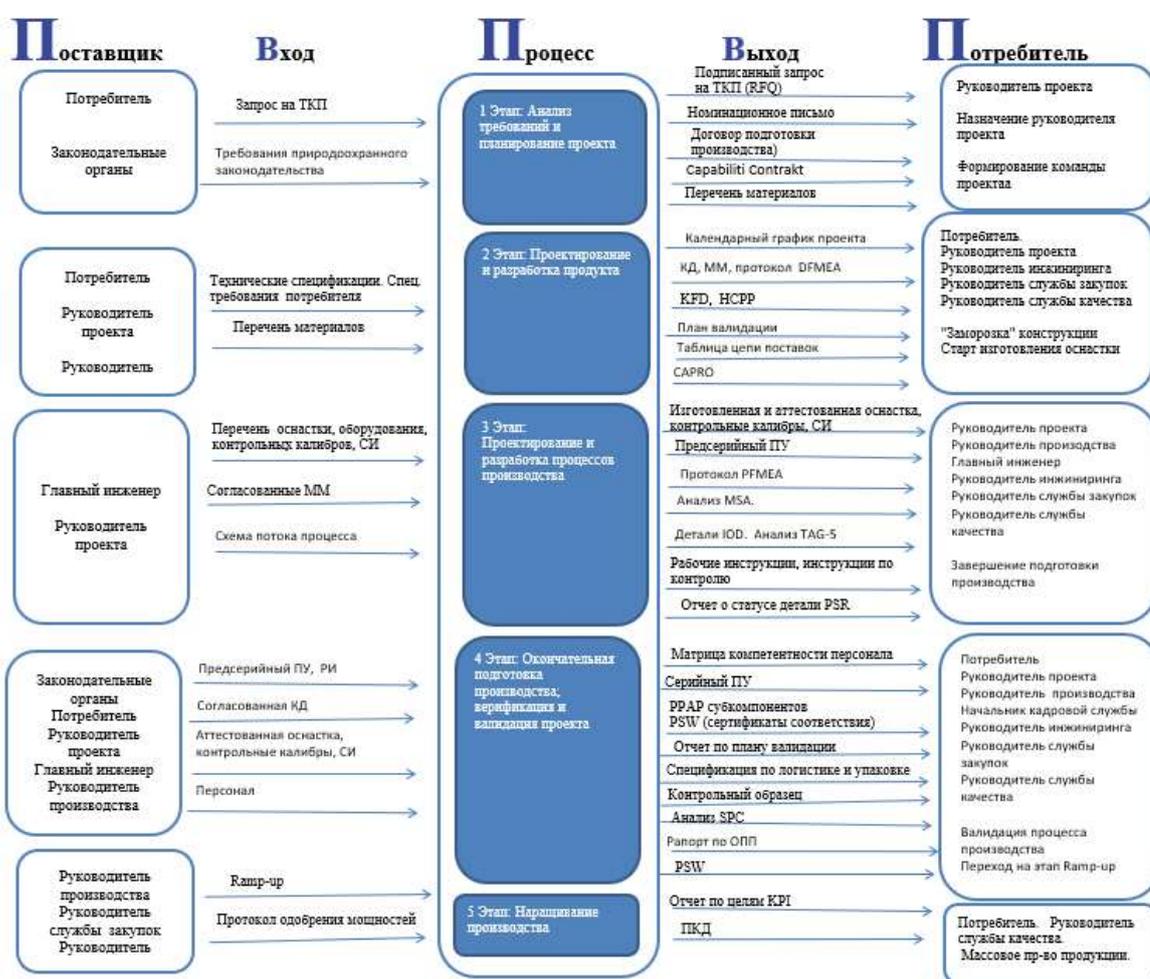


Рисунок 1.2 – Диаграмма SIPOC процесса проектирования машиностроительной продукции

Главным условием обеспечения результативного процесса проектирования машиностроительной продукции является управление взаимоотношениями с потребителем.

Управление отношениями с клиентами приобретает особую значимость в условиях жесткой рыночной конкуренции, когда цены и качество товаров постепенно выравниваются. В такой среде необходимо не только глубоко понимать нужды клиентов, но и оперативно реагировать на их запросы, предвидеть и формировать их потребности, иными словами, целенаправленно управлять ими.

Восемь принципов всеобщего управления качеством подчеркивают важность ориентации на клиента. Один из этих принципов утверждает, что стабильный успех приходит лишь тогда, когда компания заслужила и поддерживает доверие клиентов. Любое взаимодействие с клиентом открывает дополнительные возможности для создания большей ценности для потребителя. Понимание настоящих и будущих пожеланий клиентов способствует достижению долговременного успеха организации [5].

В соответствии с международным стандартом ISO 9000 «Система менеджмента качества. Словарь», потребитель – это организация или физическое лицо, получающее продукцию. Клиентами могут выступать заказчики, конечные пользователи, ритейлеры, покупатели и т.д. [6].

Ряд авторов [7, 8, 9, 10, 11] обращают внимание на то, что при управлении качеством продукции и услуг главным является ориентация на потребителя. Чем полнее производитель удовлетворяет запросы и предугадывает желания потребителя, тем больший экономический эффект получит компания.

Потребителей любого предприятия традиционно разделяют на две большие группы: внутренних и внешних клиентов.

Внутренних и внешних потребителей дополнительно подразделяют на действующих и потенциальных. Внедряя принцип «Клиентоориентированности», предприятию необходимо уделять внимание обеим категориям. Стоит учесть, что стоимость привлечения новых клиентов примерно в пять раз превышает расходы на сохранение старых. Вместе с тем установление прочных связей и превращение случайного клиента в постоянного – это длительный путь.

Потребности клиентов относительно качества товаров и услуг рассматриваются через призму трёх уровней качества, предложенных японским специалистом Нориаки Кано:

- базовое – обязательные свойства продукции, которые потребитель воспринимает как само собой разумеющееся и ожидаемое;
- требуемое – технические и функциональные характеристики продукции, напрямую оцениваемые потребителем и сильно влияющие на его восприятие ценности продукта;
- желаемое – дополнительная ценность продукта, которую потребитель хотел бы увидеть.

Три указанных типа качества соответствуют различным группам критериев оценки удовлетворённости клиентов.

Ценность – это оценка потребителем способности товара в целом удовлетворять весь комплекс потребностей.

Исследование управления взаимоотношениями с клиентами зародилось в научной среде в 1980-е годы благодаря работам американских исследователей Б. Джексона, Л. Берри, Д. Уилсона, Т. Левитта, Х. Хаканссона и других авторов. Их идеи подчёркивали важность изучения возможностей длительного конкурентного преимущества путём удовлетворения настоящих и будущих потребностей клиентов.

Наибольшее распространение тема управления взаимоотношениями получила в 1990-е годы благодаря трудам таких учёных, как Р. Морган, Ш. Хант, М. Хаммер, Дж. Шет, П. Гембл, М. Стоун, Н. Вудкок, Д. Форд. Они рассматривали управление взаимоотношениями как формирование компетенций организации, направленных на результативное взаимодействие с клиентами, основанное на доверии и соблюдении договорённостей.

Уже в первой половине XX века многие специалисты пришли к выводу, что успех связан с прочными и длительными отношениями с потребителями. За последние два десятилетия сформировалась современная концепция управления взаимоотношениями с потребителями. В исследовании, проведенном В. Чиховской

и М. Яшиной, проанализированы предпосылки и условия формирования в компаниях маркетинга взаимоотношений и системы управления взаимоотношениями с клиентами (CRM-систем). Итогом проведенного анализа стало повышение прибыльности организаций [12].

Современные исследования показывают, что маркетинговая деятельность последовательно развивалась в сторону комплексного управления взаимоотношениями с клиентами, создавая единую базу для всех маркетинговых усилий, направленных на привлечение, удержание и укрепление связей с клиентами [13-22].

Ориентация на клиента предусматривает формирование управленческой структуры, позволяющей наладить бесперебойную цепь «компания-клиент», ясно определив требования каждой составляющей этой цепи для эффективного построения производственной деятельности, нацеленной на выполнение и даже опережение ожиданий клиентов.

Требования к таким системам управления представлены в международных стандартах ISO 9001 «Система менеджмента качества. Требования» [23] и ISO 9004 «Система менеджмента качества. Рекомендации по улучшению» [24]. Основные требования, касающиеся принципа «ориентация на потребителя», прописанные в ISO 9001, отражены в Приложении А.

Результатом процесса проектирования и разработки является машиностроительная продукция, обладающая характеристиками и параметрами качества, удовлетворяющими и, в ряде случаев, превосходящими требования потребителей.

Под характеристикой машиностроительной продукцией понимается совокупность свойств и признаков, которые определяют качество и функциональность изделия, а также его соответствие установленным требованиям и стандартам. Нами предлагается уточнить термин «параметр качества продукции», чтобы он не дублировал, а дополнял термин «характеристика продукции».

Параметр качества продукции – это структурированная характеристика продукции, которая определяет его способность удовлетворять требования и ожидания потребителей. Параметр качества рассчитывается (определяется) с учётом расчёта весоности характеристики и в сравнении с параметрами качества конкурентов. Структурированным в нашем случае параметр качества становится по причине точности и обоснованности расчёта (с учётом весоности и влияния конкурентов).

Ключевой задачей этапа проектирования и разработки продукции является проектирование параметров качества – структурированных характеристик продукции. В диссертационном исследовании рассмотрены подходы к совершенствованию процесса проектирования параметров качества машиностроительной продукции.

В диссертационном исследовании разработана новая классификация методов проектирования параметров качества машиностроительной продукции, содержащая все существующие методы проектирования параметров качества, и отличающаяся от существующих наличием области применения (рисунок 1.3).

Метод проектирования параметров качества	Назначение метода	Область применения
QFD – структурирования функций качества для расчета и определения характеристик и параметров качества.	Определение свойств продукции, параметров качества продукции, параметров процессов, параметров оборудования, параметров средств измерения контроля.	Стандартизация требований потребителей к продукции. Трансформация требований в параметры качества продукции, процессов, оборудования.
Ранжирование ключевых характеристик продукции и развертывания в показатели процессов и характеристики технологического оборудования.	Расчет значимости параметров качества продукции.	Определение свойств продукции, параметров качества продукции, параметров процессов, параметров оборудования, параметров средств измерения контроля.
Планирование экспериментов для определения оптимальных характеристик продукции.	Установление требований к параметрам производственных и технологических процессов.	Учет влияние конкуренции и конкурентов при проектировании продукции и ее параметров качества.
Математическое моделирование для проектирования параметров качества.	Установление требований к параметрам технологического и вспомогательного оборудования.	Повышение чувствительности и точности оценки значимости параметров качества с учетом закона Вебера-Фехнера.
Построение размерных цепей.	Определение значимости характеристик продукции с учетом уровня качества конкурентов.	Снижение производственных затрат и повышение качества за счет упрощения, оптимизации и совершенствования конструкции изделия на этапе проектирования.
Построение диаграммы Кано.	Определение значимости характеристик продукции с учетом чувствительности голоса потребителя (закон Вебера-Фехнера).	Снижение производственных затрат и повышение качества за счет упрощения, оптимизации и совершенствования конструкции изделия на этапе проектирования.
Реверс инжиниринг параметров качества продукции.	Снижение производственных затрат и повышение качества за счет упрощения, оптимизации и совершенствования конструкции изделия на этапе проектирования.	Сокращение затрат и времени на сборку продукта при повышении качества и надежности.
Методика DFM (Design for Manufacturing) – Проектирование для производства.	Снижение производственных затрат и повышение качества за счет упрощения, оптимизации и совершенствования конструкции изделия на этапе проектирования.	
Методика DFA (Design for Assembly) – Проектирование для сборки.	Сокращение затрат и времени на сборку продукта при повышении качества и надежности.	

Рисунок 1.3 – Классификатор методов проектирования параметров качества продукции

Таким образом проведен теоретический анализ существующих подходов и инструментария по проектированию параметров качества машиностроительной продукции и разработана классификация методов проектирования параметров качества машиностроительной продукции, содержащая все существующие методы

проектирования параметров качества, и отличающаяся от существующих наличием области применения.

Наиболее системным инструментом проектирования параметров качества является методика QFD-анализа [32-37]. Quality Function Deployment (QFD) заключается в поэтапном процесс развертывания ожиданий и пожеланий потребителей через последовательное внедрение функций и операционных процедур компании, обеспечивающих соответствующее качество продукции на каждом этапе его жизненного цикла, с целью предоставления конечному покупателю продукции, соответствующей ожиданиям потребителя. Таким образом «Развертывание функции качества» это «структурирование функции качества» [38].

Теи не менее, применение QFD иногда учитывает не все требования потребителей.

## **1.2 Развертывание требований потребителя в зависимости от профиля качества**

Метод QFD находит наибольшее применение в таких отраслях промышленности, как машиностроение, химическая отрасль, электроника, пищевая и текстильная промышленность, строительная индустрия, а также в сфере услуг.

На рисунке 1.4 представлена структура (состоящую из нескольких таблиц-матриц), используемая в рамках QFD, визуально напоминает дом, поэтому получила название «Дом качества» (quality house).



Рисунок 1.4 – Базовая структура QFD-анализа («дома качества»)

Целью QFD является обеспечение такого уровня качества продукции на каждом этапе жизненного цикла, который бы позволил достичь конечного результата, полностью соответствующего ожиданиям и требованиям потребителей.

Суть метода сводится к тому, как передать представления о качестве, собранные от потребителей, распространить внутри организации и довести их до каждого подразделения. Этот подход должен привести к наиболее рациональному использованию всех ресурсов организации. Значит у нее будут максимальные шансы удержаться на рынке. С помощью метода QFD-анализа потребности заказчика могут быть перенесены на конкретные требования и характеристики продукта в отдельные подразделения предприятия. Там они должны стать понятными и должна быть обеспечена их реализация [39].

Поскольку качество продукта обусловлено его техническими характеристиками, стоимостью и функциональностью, отделы, занимающиеся

разработкой, производством, доставкой и обслуживанием, должны систематически учитывать пожелания заказчиков, переведенные на «языки» этих подразделений. После производство уточняет техническую возможность изготовления продукции, при необходимости ищет компромиссы и на выходе получает продукцию, максимально удовлетворяющую требованиям потребителей [40-45].

Успех применения QFD зависит от точного соответствия продукции ожиданиям потребителя. Часто потребители не озвучивают некоторые свои ожидания, принимая их как нечто само собой разумеющееся и полагающиеся на производителя в плане учета этих ожиданий. Исходя из этого, производителю крайне важно сформировать ясное представление о структуре качества продукта («профиле качества»), чтобы созданный продукт максимально отвечал ожиданиям покупателей [46].

Модель качества, представленная Н. Кано [47], способна помочь группе специалистов, работающих с методом QFD, глубже понять воображаемые ожидания потребителей, так как она описывает взаимосвязь между воспринимаемым качеством продукции и объективными показателями качества.

На рисунке 1.5 показана зависимость уровня удовлетворенности потребителя (ось Y) от степени реализации заявленных параметров качества (ось X) в предлагаемом продукте для трех профилей качества.

Базовый профиль качества объединяет характеристики продукции, которые потребитель воспринимает как обязательные и очевидные, не считаясь необходимым уведомлять производителя о них отдельно [48].

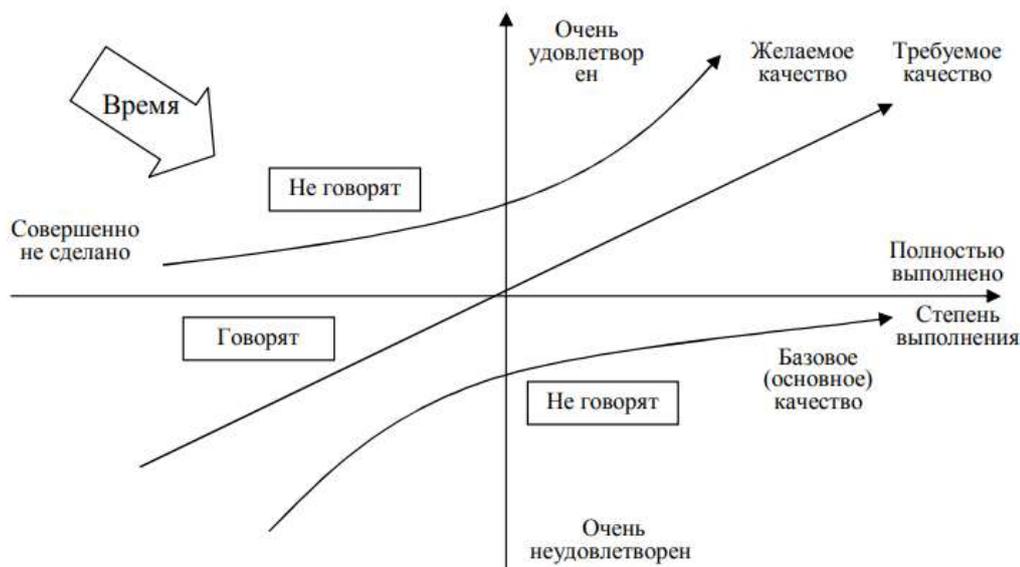


Рисунок 1.5 – Удовлетворённость потребителя

Обеспечение базовых характеристик качества иногда сопряжено с большими усилиями и расходом ресурсов компании. Производитель должен осознавать, что базовые показатели качества не определяют основную ценность продукта для потребителя. Недостаточный контроль базовых характеристик может серьёзно ударить по репутации компании и привести к финансовым потерям.

Требуемый профиль качества – это совокупность технических и функциональных характеристик продукта, являющихся главными критериями оценки ценности продукта потребителем.

Именно эти характеристики являются основой для оценки продукта потребителем.

Профиль желаемого качества — это набор параметров, придающих продукту особенные, удивляющие для потребителя свойства, что добавляет дополнительную ценность продукту.

Эти параметры повышают удовлетворенность, хотя изначально они могли не фигурировать в сознании потребителя.

Идея реализации таких дополнительных параметров основана на сочетании различных технологий и глубоких знаниях производителя о привычках и желаниях потребителей. Как правило, потребители не требуют дополнительных характеристик продукции, но сразу отметит их появление у продукции.

Различные типы качества продукта, представленные в виде определенных групп параметров, образуют своеобразные профили, каждый из которых отражается в степени удовлетворенности потребителя. Данные профили иллюстрируют, какую ценность получает потребитель от продукта, как это продемонстрировано в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Профили качества потребителя

Ощущаемое потребителем качество	Характеристики продукта
Ожидаемое качество	Базовые параметры качества
Требуемое качество	Показатели качества (значения технических характеристик продукта и его функциональные возможности)
Желаемое качество	Параметры нововведений

Правильное и заблаговременное понимание производителем требований клиента на этапе подготовки проекта способствует успеху продукта на рынке и сокращает время разработки, что, в свою очередь, снижает себестоимость продукции и усиливает конкурентные позиции производителя.

Производитель должен учитывать, что предпочтения потребителей и профиль качества продукции подвержены значительным изменениям. Временная шкала на рисунке 1.5 подчеркивает динамичность этих изменений, что требует постоянной работы над повышением качества продукции и поиском эффективных решений. Поэтому производитель должен постоянно улучшать качество продукции, совершенствовать ее.

Установление требований потребителя включает следующие шаги:

- выявление потенциального потребителя;
- оценку значимости данного потребителя для производителя;
- сбор сведений о пожеланиях потребителя;
- обработку собранных пожеланий;
- ранжирование параметров качества продукта с точки зрения потребителя.

Завершив эту работу по уточнению требований потребителей, можно переходить к следующему шагу – выработке целей компании и определению их приоритетов. Подготовительная работа производителя, выполняемая до этапа планирования продукта, имеет ключевое значение для точности и полноты информации о требованиях потребителей, на основе которой позже будет проводиться развёртывание функции качества (QFD), состоящее из пяти этапов.

Этапы QFD:

1) Точное выявление потребностей потребителей.

Изначально пожелания клиентов бывают расплывчатыми и неопределёнными. Такие неясные пожелания называются «голосом потребителя». Производителю предстоит с помощью специальных методов, таких как личные беседы, уточняющие вопросы и обмен мнениями, трансформировать голос потребителя из абстрактной формы в конкретные требования, лежащие в основе общей ценности продукта. Затем полученные пожелания следует сопоставить с основными характеристиками продукта, сделав их измеримыми (см. рисунок 1.6). Лишь завершив эту работу, производитель сможет уверенно ответить на вопрос: «Какие меры предпринять, чтобы оправдать ожидания потребителя?» [49]

Характеристики должны полностью соответствовать требованиям потребителей, общепринятым нормам контроля качества продукции и производственных процессов, а также ресурсам и производственным мощностям предприятия.

При составлении перечня показателей потребительских предпочтений и количественно измеримых характеристик, характеризующих качество продукта, следует придерживаться следующих принципов:

- учёт требований нормативно-технической документации;
- достаточная полнота перечня;
- отсутствие дублирующих и противоречивых друг другу показателей;
- обновление списка показателей [50].

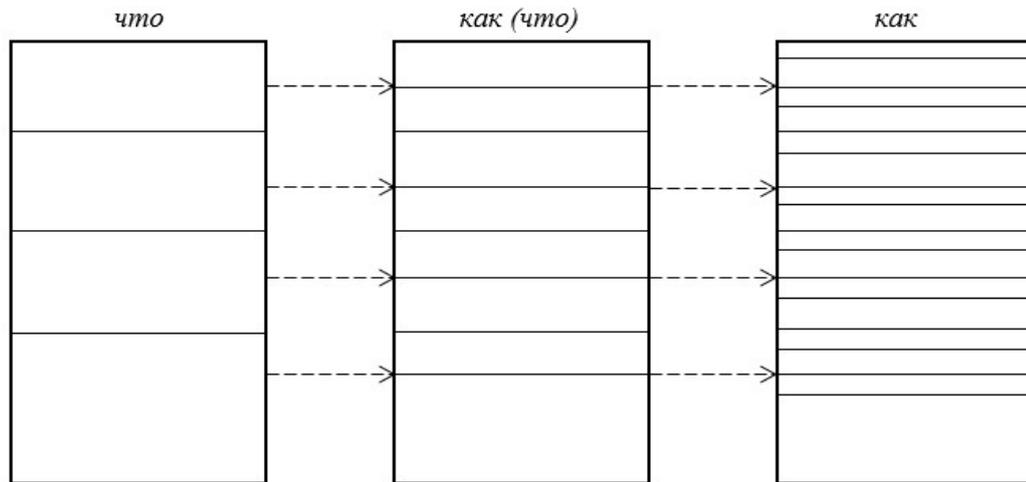


Рисунок 1.6 – Преобразование «голоса потребителя» в требования потребителя

Проблема невозможности контроля и коррекции определенных параметров игнорируется как лишняя переменная («шум»), препятствующая созданию продукта с требуемыми свойствами.

2) Задача перевода пожеланий потребителя в конкретные характеристики продукта (качественные параметры) заключается в поиске ответа на вопрос: «Как реализовать пожелания потребителя?» после того, как они были выявлены («Что создать?») [51].

Некоторые характеристики продукта могут положительно влиять на одни ожидания потребителя, но негативно воздействовать на другие аспекты удовлетворенности. Несмотря на это, задача должна быть обязательно решена участием высококвалифицированных специалистов. Для этого нужно что бы большая часть выбранных характеристик имела измеримую природу, иначе возникнет сложность в достижении поставленных целей и оптимизации качества.

3) Выявление степени корреляции между элементами потребностей («Что») и характеристиками продукта («Как») позволяет оценить силу влияния каждой характеристики продукта на удовлетворение конкретной потребности потребителя.

				как				
	●				▲		○	
что		▲		○				●
			▲			○		
		●						
	○				●		▲	

Рисунок 1.7 – Матрица связей между компонентами *что* и *как*:

● – сильные связи, ○ – средние, ▲ – слабые

Для установления связи возможно применение математических методов, например, корреляционного анализа с последующим применением шкалы Шеддока. Чаще всего сила взаимосвязи между показателями определяется с применением экспертных методов с привлечением высококвалифицированных специалистов отрасли.

Установление силы взаимосвязи между потребностями потребителей и количественно измеряемыми характеристиками позволяет выявить те показатели, которые оказывают наибольшее влияние на удовлетворение потребностей потребителей.

4) Установление связи между требованиями потребителей и общими характеристиками вновь создаваемого продукта. Основываясь на предположениях производителя, выбираются параметры, которые, предположительно, позволят удовлетворить ожидания потребителей и обеспечить конкурентоспособность продукта на рынке (рисунок 1.8).

5) Определение приоритетности характеристик продукта на основе рейтингов, полученных в результате опроса потребителей. Результаты этих оценок позволяют ранжировать компоненты качества продукта и концентрироваться на наиболее значимых характеристиках, обеспечивающих наивысшую удовлетворённость потребителей (рисунок 1.9). Весовые коэффициенты связи между компонентами показаны в таблице 1.5.

Важные что (требования потребителей) преобразуются в важнейшие как (характеристики продукта). Для этого присвоим символам, характеризующим связи, соответствующий вес.

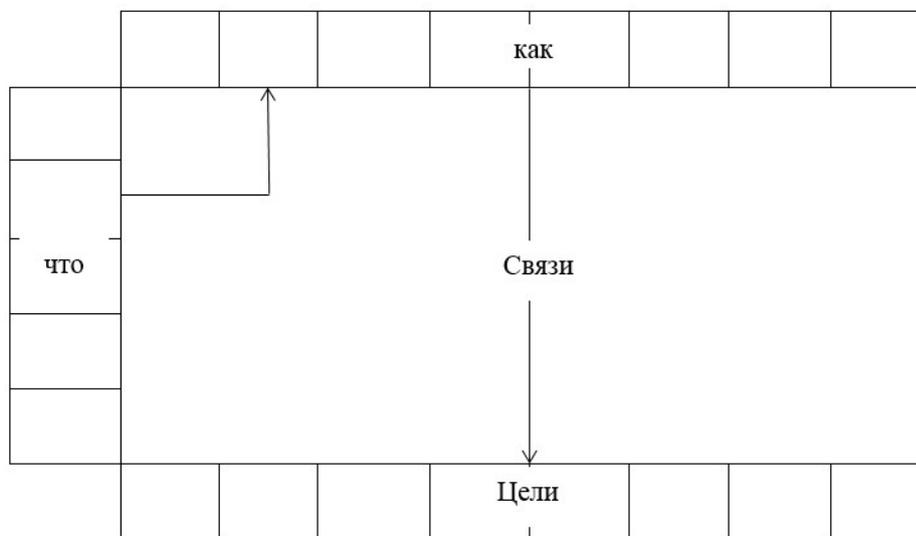


Рисунок 1.8 – Выбор целевых характеристик

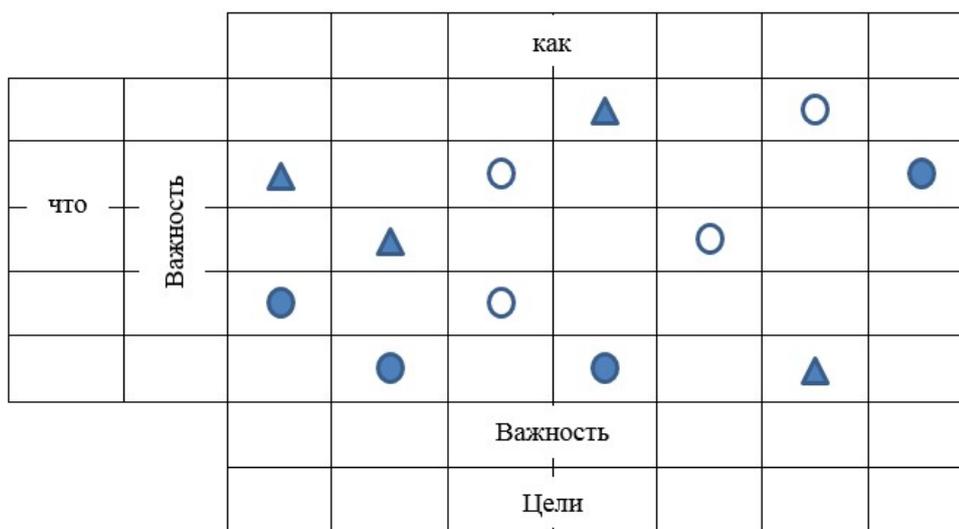


Рисунок 1.9 – Рейтинг важности пожеланий потребителя и важности планируемых параметров качества

Таблица 1.5 – Обозначения веса связи между компонентами *что* и *как*

Связи	Вес
● – сильные	9
○ – средние	3
▲ – слабые	1

Присвоение символов с соответствующим весом («9 – 3 – 1») позволяет отчетливо различать важные компоненты от менее значимых. Возможно применение и других систем весов, обеспечивающих достаточно точную градацию.

Каждая ячейка таблицы (или каждая характеристика) оценивается по важности для потребителя, после чего оценка умножается на весовой коэффициент, соответствующий степени влияния данной характеристики на удовлетворенность потребителя. Итоговое значение указывается в конце строки, отражая значимость каждой характеристики продукта для потребителя.

$$V_{\text{хар.прод.}} = \sum(I_x \cdot R_x), \quad (1.1)$$

где  $V_{\text{хар.прод.}}$  – весомость характеристик продукции;

$I_x$  – связь между требованием и характеристиками продукции (▲ – 1; ○ – 3; ● – 9);

$R_x$  – абсолютный вес требования.

Полностью развернутая функция качества включает четыре этапа отслеживания «голоса потребителя» при создании продукта, соответствующих самым начальным стадиям его жизненного цикла: планированию и разработке [52].

Нами разработана методика развертывания требований потребителей в зависимости от профиля качества. Данная методика приведена в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Методика развертывания требований потребителей с учетом профиля качества

Этап	Результат
Планирование продукта: идентификация требований потребителя; определение возможностей производителя для конкуренции; определение общих характеристик продукта; определение целей производителя; определение вопросов для дальнейшего изучения.	1) Требования и пожелания потребителя с помощью матричной диаграммы трансформируются в характеристики продукта. 2) Идентификация важнейших характеристик продукта, соответствующих ожиданиям потребителя и обеспечивающих его конкурентоспособность на рынке.
Определение профиля качества: выбор профиля качества; построение зависимости матрицы профиля качества и характеристик продукта, согласование с потребителем выбранных характеристик продукта.	Матрица зависимости профиля качества и характеристик продукта.

Этап	Результат
Проектирование продукта: идентификацию наиболее критичных частей и компонент создаваемого продукта; корректировку свойств продукта в зависимости от реакции рынка на его появление.	Возможные пути улучшения их параметров качества и дальнейшего проведения соответствующих работ.
Проектирование процесса: трансформацию параметров качества спроектированного продукта в конкретные технологические операции, обеспечивающие получение продукта с заданными свойствами.	1) Идентификацию критичных параметров каждой операции и выбор методов их контроля. 2) Система контроля технологического процесса. 3) Пути дальнейшего улучшения процесса в соответствии с реакцией рынка на готовый продукт.
Проектирование производства: разработка производственных инструкций; выбор инструмента контроля качества производства продукта.	Инструкции предусматривающие возможность совершенствования работы оператора в зависимости от того, сколько замеров должно производиться и как часто они должны делаться, какие измерительные инструменты должны при этом применяться.

Основными достоинствами использования QFD являются:

- точная идентификация потребностей потребителей и трансформации их в характеристики продукта;
- гарантия принятия продукта потребителями еще до завершения производственного цикла;
- значительное ускорение процесса от исследования рынка до реализации продукта;
- снижение затрат на изготовление опытных образцов и предварительные исследования (до 20%);
- быстрый выход продукции на рынок, захватывая большую долю рынка благодаря высокому качеству.
- более рациональная организация рабочих процессов и эффективное использование ресурсов компании для достижения как краткосрочных, так и долгосрочных целей.

Преодолевая возникшие трудности, удается осознать важность аспектов процесса, которым ранее не придавалось должного значения при применении традиционных технологий.

В результате анализа QFD следует отметить, что при расчете веса характеристики продукции не учитываются: уровень качества продукции конкурентов, степень интенсивности ощущения эксперта-потребителя.

### **1.3 Применение закона Вебера-Фехнера при структурировании функций качества**

Трендом в теории управления качеством является применение междисциплинарных подходов и методов, позволяющих системно подойти к решению проблемы повышения качества и удовлетворенности потребителей.

Закон Вебера-Фехнера представляет собой важнейшее открытие в области психофизики, который позволяет охарактеризовать то, что, казалось бы, не способно поддаваться какой бы то ни было характеристике, а именно, ощущения человека. Всякое чувство характеризуется определенным уровнем интенсивности или силы. Интересно выяснить, какая связь существует между интенсивностью чувства и интенсивностью вызвавшего его внешнего воздействия. Вероятно, сила ощущений никак не связана с интенсивностью раздражителя, либо полностью является отражением, либо между ними установлена особая зависимость, подчиняющаяся определенной закономерности [53, 54].

Существует минимальный уровень интенсивности раздражителя, при котором человек впервые замечает его воздействие. Этот уровень называется нижним порогом ощущения. Однако имеется и верхний предел, превысив который дальнейшее усиление раздражителя не приводит к возрастанию интенсивности ощущений. Верхнюю границу называют верхним порогом ощущения.

Мы способны воспринимать внешний раздражитель только в диапазоне между двумя указанными пределами, поэтому их называют внешними порогами ощущения. Примечательно, что в пределах данного диапазона также отсутствует полная параллельность между изменениями силы раздражения и чувств.

Минимальное увеличение интенсивности раздражителя, достаточное для обнаружения малейшего различия между ощущениями, именуется порогом различения. Раздражитель, чья интенсивность выше указанной величины, называется сверхпороговым, а тот, чей уровень ниже — подпороговым.

Размер порога различения (низкий или высокий) находится в прямой зависимости от индивидуальной чувствительности к различиям: чем выше чувствительность, тем ниже порог различения. Впервые Вебером было отмечено, что существуют два вида порогов различения – абсолютный и относительный, и важно уметь различать их. Абсолютная мера порога различения отражает прибавку интенсивности раздражителя, нужную для преодоления указанного порога. Абсолютная величина этого параметра непостоянна и зависит от силы первоначального раздражителя.

Если рассматривать разницу в увеличении интенсивности не в абсолютных числах, а как пропорцию по отношению к силе первичного раздражителя, то речь идет об относительном пороге различения. Когда Вебер подсчитал величину относительного порога для различных воздействий, оказалось, что этот показатель остаётся неизменным. Для массы предметов он составил около 0,1. Это значит, что заметить минимальное изменение веса предмета можно только при изменении его массы приблизительно на одну десятую.

Закон Вебера стал основой важного открытия в психологии, получившего широкое признание и оказавшего большое влияние на развитие науки.

Существует 2 подхода: классическая психофизика (основное понятие – порог), и современная психофизика (теория обнаружения сигнала). Основатель сенсорной психофизики – Густав Фехнер. Фехнер искал определенное функциональное соотношение между областью интенсивности воспринимаемых раздражителей и областью интенсивности вызываемых ими ощущений.

Базовая посылка этого закона связана с экспериментами Эрнста Генриха Вебера, немецкого анатома, физиолога, основоположника научной психологии. Вебер показал, что каждый новый раздражитель должен иметь разницу с предыдущим вариантом на величину, которая пропорциональна исходному, чтобы человек мог воспринимать его как отличающийся от предыдущего.

В диссертационном исследовании был проведен анализ влияния закона Вебера-Фехнера на процесс проектирования параметров качества. Также, нами

были сформулированы системные факторы – постулаты, влияющие на процесс проектирования параметров качества (таблица 1.7).

Таблица 1.7 – Системные факторы, влияющие на процесс проектирования параметров качества

Наименование системного фактора – постулата, влияющего на процесс проектирования	Совершенствование процесса проектирования параметров качества
Постулат 1: Ощущение, возникающее у потребителя можно выразить в количественном выражении.	Перевод ощущения потребителей в количественные и качественные показатели продукции и процессов.
Постулат 2: Абсолютный порог чувствительности как абсолютный нуль на его шкалах.	При проектировании параметров качества продукции и процессов необходимо выбирать шкалы с необходимым порогом чувствительности.
Постулат 3: Все едва заметные различия (ЕЗР) субъективно равны.	Порог чувствительности ниже различимого не учитывается при проектировании параметров качества продукции и процессов.

Психофизический закон Фехнера состоит из трех постулатов, главным из которых является утверждение о линейной связи между физическим воздействием и ощущением:

**Постулат исходный (первый):** физический раздражитель (стимул) и ощущение выступают как точки на определенной шкале, то есть ощущение можно считать числом (сегодня психофизику считают, что ощущения – это функции от ощущений, которые расположены рядом в пространстве и во времени. Но Фехнер считал, то ощущение это число).

Шкалы по Фехнеру делятся на:

- метрические,
- неметрические.

Неметрические шкалы:

1) Шкала названий объекта (имен) (номинальная шкала) это названия множества объектов. Фехнер считал, что такая шкала слабая и не устанавливает соответствия.

2) Шкала порядка (ранговая шкала), где фиксируется только последовательность объектов по какому-либо признаку, причем не уточняется, насколько по этому показателю различаются объекты.

Метрические шкалы:

3) Шкала интервалов (например, градусник) – на ней есть числа и операции с ними, единица измерений, но на ней нет абсолютного нуля. На ней можно, например, отмечать, насколько одно ощущение больше или меньше другого.

4) Шкала отношений, где имеются единицы измерения и абсолютный ноль, что позволяет производить арифметические операции. Так же можно измерять не только на сколько, но и во сколько раз одно ощущение больше или меньше другого.

Фехнер стремился прийти к шкале отношений как наиболее сильной шкале, что привело к введению второго постулата.

**Постулат второй:** Фехнер вводит абсолютный порог чувствительности как абсолютный ноль на своей шкале (он появляется только на 4-й шкале – шкале отношений).

Нижний абсолютный порог чувствительности – минимальная интенсивность раздражителя, приводящая к возникновению ощущения в 75 % случаев.

Верхний абсолютный порог чувствительности – максимальная интенсивность раздражителя, вызывающая ощущение той же модальности в 75 % случаев (когда увеличение стимула ведет не к увеличению, а к снижению ощущения, к замене его на болевое или к исчезновению вовсе).

*Разностный порог чувствительности* – минимальное различие между двумя раздражителями, ведущее к обнаружению едва заметного различия в 75% случаев.

**Постулат третий основной:** все минимальные различия в ощущениях субъективно воспринимаются как одинаковые, так как испытуемые сообщают только о порядке, не имея возможности точно измерить разницу. То есть, испытуемый нам дает шкалу порядка, а мы получаем шкалу отношений.

Психофизический закон можно истолковывать по-разному. Существуют четыре основных способа объяснения:

- психофизический,
- физиологический,
- психологический,
- косвенный.

Психофизическое объяснение принадлежит Г. Фехнеру, который считал, что его логарифмический закон отражает связь между физической природой стимулов и ментальными реакциями человека. Логарифмическая природа закона символизирует переход от мира физических явлений к миру психических реакций.

В процессе восприятия происходят три стадии:

- внешнее физическое событие,
- вызванное им нервное возбуждение,
- наконец, психическое ощущение.

Рассмотрим закон Вебера-Фехнера – психофизиологический закон, установленный эмпирическим путем, утверждающий, что сила ощущения человека пропорциональна логарифму интенсивности раздражителя [55]. Формулу измерений разработал Фехнер, отталкиваясь от экспериментов Вебера, доказавших постоянство соотношения минимальной добавки к силе раздражителя, необходимой для осознания различия [56].

Еще в 19 веке ученый Э. Вебер сумел показать при помощи нескольких экспериментов, что каждый новый раздражитель, чтобы человек имел возможность воспринимать его как отличающийся от предыдущего, должен иметь разницу с предыдущим вариантом на величину, которая пропорциональна исходному раздражителю.

Формулировка, которую мы рассмотрели выше, подкрепляется формулой, которая выражает действие психофизического закона Вебера-Фехнера. В 1860 году Фехнер сумел сформулировать «основной психофизический закон», который гласит, что сила ощущения  $p$  пропорциональна логарифму интенсивности раздражителя  $S$ :

$$p = k \ln \frac{S}{S_0} \quad (1.2)$$

где  $k$  – константа, зависящая от субъекта ощущения;

$S$  – интенсивность раздражителя;

$S_0$  – нижний порог интенсивности раздражителя: если  $S < S_0$ , раздражитель совсем не ощущается.

Формула выглядит следующим образом:

$$dr/r = \text{const} \quad (1.3)$$

где  $dr$  – величина дополнительного раздражения;

$r$  – величина основного раздражения.

Для того, чтобы интенсивность ощущения росла в математической прогрессии, интенсивность раздражения должна расти в геометрической прогрессии.

Формулу также можем представить в виде:

$$E = \log R \quad (1.4)$$

где  $E$  – интенсивность ощущения,

$R$  – интенсивность раздражения.

По своей форме этот закон в точности соответствует уравнению субъективной ценности Бернулли. На это сходство обратил внимание ещё сам Фехнер, цитируя Бернулли. Сегодня принято считать, что это не просто сходство, а выражение одной и той же закономерности человеческого восприятия – ведь количество товара в уравнении Бернулли можно трактовать как интенсивность стимула, а его субъективную ценность – как интенсивность реакции на стимул.

Закон Вебера-Фехнера имеет приблизительное значение, в соответствии с проведенными исследованиями, закон действителен в определенных пределах. В этих пределах величина порога различения для разных модальностей оказалась следующей:

- вес – 10 % в пределах от 2000 до 6000 кг;
- давление – 5 % на кончике указательного пальца, в пределах от 50 до 2000 Па;
- свет – от 1 % до 3 % в пределах от 1000 до 2000 люкс;
- острота зрения – 2 % при сравнении линий, плоскостей;
- тон – 12 % в пределах средней высоты и средней силы;
- шум – 33 %.

Этот закон применяется в областях оценки величины, таких как работа с большими масштабами и оценка расстояний. Он также может сыграть роль в

объяснении того, почему потребители отказываются ходить по магазинам, чтобы сэкономить небольшой процент на крупной покупке, но будут ходить по магазинам, чтобы сэкономить большой процент на небольшой покупке, которая представляет собой гораздо меньшую абсолютную сумму в долларах.

В измерительной технике имеют значение ряды следующих величин: размеры длин, величины площадей, поверхностей, погрешностей, допусков, усилий и др. На основе многочисленных наблюдений установлено, что ряды соответствующих числовых величин в большинстве случаев являются геометрическими рядами. Это основано в некоторой степени на законе Вебера–Фехнера, который по отношению к физиологическим ощущениям гласит: если интенсивность ощущения изменяется по закону арифметической прогрессии, то сила раздражения изменяется по геометрической [57].

Методы измерения, предложенные Фехнером, и «прямое» измерение по Стивенсону рассматривают присваивание числовых значений субъективным величинам. По теории Стивенса, при установлении единиц измерения и абсолютного нуля создается шкала отношений, отличная от номинальной, порядковой, интервальной шкал. Многие исследователи сосредоточились на рассмотрении природы измерений физических величин и их связи с психологическими феноменами [58]. Большинство трудов по психофизическому шкалированию обращались к изучению свойств функции, связывающей физические и субъективные шкалы, оставляя измерение самого физического стимула второстепенным вопросом [59].

Закон Вебера-Фехнера возможно применить для QFD-анализа в части ранжирования потребительских требований. Требования потребителей всегда противоречивы, поэтому создать продукцию, отвечающую всем потребительским требованиям, невозможно. Необходимо иметь четкое представление о том, какие требования необходимо удовлетворить обязательно, а какими можно в известной степени поступиться. Для этого следует упорядочить список потребительских требований по степени их важности. Рассмотрим подробнее во 2 главе применение

закона Вебера-Фехнера для расчёта весомости характеристик конструкции, технологии или процесса производства.

#### **1.4 Выводы по главе 1**

1. Проведен теоретический анализ существующих подходов и инструментария по проектированию параметров качества машиностроительной продукции. При проектировании качества необходимо реализовывать ключевой принцип современных систем менеджмента качества – ориентация на потребителя. При реализации принципа ориентации на потребителя необходимо обеспечить удовлетворенность потребителей. Проведенный теоретический анализ позволил выявить факторы удовлетворенности потребителей. Формализованы и обобщены этапы проектирования и разработки машиностроительной продукции, что позволило выявить ключевые этапы и задачи, связанные с проектированием параметров качества продукции.

2. На основании проведенного теоретического анализа подходов к проектированию и разработки продукции разработана диаграмма SIPOC, в которой идентифицированы ключевые заинтересованные стороны (поставщики и потребители), а также входы и выходы процесса.

3. Разработан классификатор методов проектирования параметров качества машиностроительной продукции, обладающий научной новизной, содержащий основные методы проектирования параметров качества, и отличающийся от существующих наличием области применения. Наиболее системным методом проектирования параметров качества является QFD-анализ. Однако применение QFD-анализ не всегда учитывает все требования потребителей. Поэтому целесообразно разработать методику развертывания требований потребителей в зависимости от профиля качества.

4. В результате анализа существующих методов проведения параметров качества следует отметить, что при расчете веса характеристики продукции не учитываются: уровень качества продукции конкурентов, степень интенсивности ощущения эксперта-потребителя.

5. Рассмотрены ключевые моменты закона Вебера-Фехнера и предложено применить закон для QFD-анализа в части ранжирования потребительских требований. При проектировании параметров качества и их весовых коэффициентов, использование закона Вебера-Фехнера позволит повысить чувствительность и точность проектируемых показателей.

6. Разработана и формализована в виде последовательности действий и результатов методика развертывания требований потребителей с учетом профиля качества. Основными достоинствами использования данной методики являются:

- эффективная идентификация ожидания потребителей и выделение ключевых требований для воплощения их в продукцию; обеспечение гарантии того, продукт будет принят и использован потребителями еще до его массового производства и поступления на рынок;

- существенное сокращение продолжительности цикла «исследование рынка – проектирование – производство – реализация»;

- уменьшение затрат на опытные образцы (от 20% до 40%) и снижение затрат на подготовку к производству более чем в 5 раз;

- повышение доли рынка за счет раннего вывода на рынок продукции с более высоким уровнем качества;

- четкое определение процессов компании, требующих меньших доработок после запуска продукта в серийное производство;

- возможность оптимальным образом распределять ограниченные ресурсы организации для достижения как тактических, так и стратегических целей.

7. Установлено, что для совершенствования процессов проектирования параметров качества продукции необходимо разработать методику расчета весовых коэффициентов продукции, основанную на математических моделях расчета весомости характеристик продукции в зависимости от уровня качества конкурентов и с учетом закона Вебера-Фехнера.

**Целью** диссертационного исследования является повышение качества машиностроительной продукции за счет совершенствования подходов к проектированию параметров качества.

**Задачами исследования являются:**

1. Провести теоретический анализ существующих подходов и инструментария к проектированию машиностроительной продукции и определению параметров качества.
2. Провести моделирование процесса проектирования параметров качества машиностроительной продукции для обеспечения ее конкурентоспособности.
3. Разработать методики расчета значимости характеристик с учетом закона Вебера-Фехнера.
4. Провести комплексную апробацию предложенных решений по проектированию параметров качества машиностроительной продукции.

## **2 МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ**

### **2.1 Разработка структурно-функциональной модели процесса проектирования параметров качества машиностроительной продукции**

Удовлетворенность потребителя (как известно, зависит от ценности продукта и его стоимости) возрастает, когда значения параметров качества предлагаемого ему продукта лучше, чем ожидалось. Неудовлетворенность появляется в том случае, когда показатели качества продукта хуже ожидаемого потребителем уровня. При этом производитель должен всегда помнить, что требования потребителя и соответствующие профили качества продукта очень изменчивы. Поэтому производитель должен постоянно работать по улучшению качества за счет постоянного поиска усовершенствований, нововведений на первоначальном этапе анализа QFD, учитывая степень выполнения требований у конкурентов.

Качество определено в ISO 9000 как степень соответствия совокупности присущих характеристик требованиям [6]. Как видно, в определении отсутствует необходимость обеспечения конкурентоспособности за счет качества. Что привело к тому, что в расчетах весомостей характеристик продукции не учитывается степень выполнения требований потребителя конкурентами. Изучение конкурентоспособности производимой продукции создает основу для выработки стратегии и тактики деятельности предприятия на рынке, выбора правильного пути повышения технического уровня и качества изделия. Предприятие должно выработать свою методику определения и анализа конкурентоспособности собственной продукции.

При сравнении потребностей покупателей выбирают наиболее значимые характеристики и устанавливают их параметры, которыми пользуются потребители для оценки продукции на рынке, а также оценивают значимость этих параметров в общем списке. Для более точных расчетов абсолютного веса характеристики нужно учитывать степень реализации этого требования, тогда

будет определено направление, над которым нужно работать в дальнейшем, чтобы удовлетворить потребности потребителей.

Конкурентоспособность товара определяется только той совокупностью свойств, которые представляют несомненный интерес для определенной группы покупателей, и обеспечивает удовлетворение данной потребности. Остальные характеристики и свойства продукта остаются без внимания. Высококачественный продукт может утратить конкурентоспособность, если его цена значительно увеличивается из-за введения новых свойств, не востребованных целевой аудиторией. Тот же самый продукт может быть успешным на одном рынке и непродаваемым на другом [60-63].

Конкурентоспособность продукции – комплекс потребительских стоимостных характеристик продукции, определяющих его предпочтительность для потребителя по сравнению с аналогичной продукцией: других отечественных и зарубежных предприятий.

Рост конкурентоспособности продукта – это сложный эволюционный процесс, связанный с необходимостью выработки управленческих решений, не зависящих только от прошлых примеров или простых прогнозов. Решить такую задачу можно только через создание особых моделей и механизмов, задействующих научный и технический потенциал предприятий. Это порождает потребность в активном развитии инструментария и методов управления конкурентоспособностью продукции, способных обеспечить принятие правильных управленческих решений.

В результате возникает необходимость серьезного научного исследования экономической категории конкурентоспособности продукции и механизмов её оценки в реальном времени и пространстве.

Наиболее сложным при оценке конкурентоспособности продукции является выбор тех параметров, по которым потребитель судит о качестве предлагаемой ему продукции. Рассмотрим модель существующего QFD-анализа, которая способствует определению характеристик для усовершенствования товара и

предлагаемую модель QFD-анализа, с помощью которой можно повысить конкурентоспособность товара на рынке.

Модель существующего QFD (рисунок 2.1):

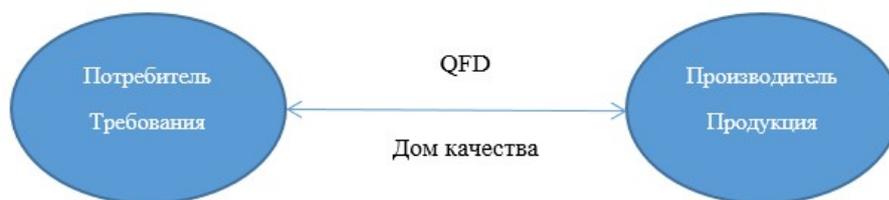


Рисунок 2.1 – Модель QFD

Модель разворачивания функций качества (QFD – Quality Function Deployment) представляет технологию проектирования продукции и процессов, позволяющую преобразовывать пожелания потребителя в технические характеристики продукции. Важным долгосрочным преимуществом использования QFD является обеспечение или расширение рынка за счет довольных заказчиков.

Одна из потенциальных проблем метода QFD – не учитывается конкурентоспособность продукции, включая такие аспекты, как действия конкурентов (новые продукты, технологии, материалы). Таким образом, исключительная ориентация на желаниях клиентов не решает проблему качества целиком.

В связи с тем, что процесс совершенствования конструкций, технологий или процессов производства теперь ориентируется на действия конкурентов, модель расчета значимости характеристик продукции можно описать рисунком 2.2. Давайте рассмотрим предложенную модель QFD подробнее.

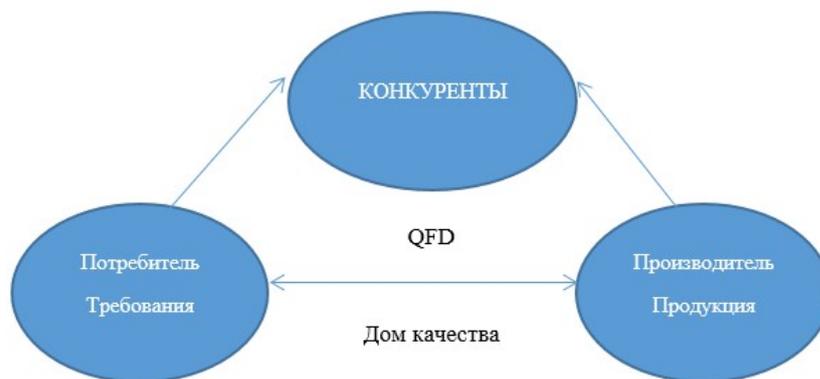


Рисунок 2.2 – Модель QFD с учетом конкуренции

Предлагаемая модель QFD позволяет выделить сильные стороны продукции конкурентов и, проанализировав их, предложить еще более сильные технические решения в качестве альтернативы. Применение метода QFD позволяет отслеживать лучшие практики лидирующих производителей на рынке, выявлять их технические и технологические преимущества и использовать их в качестве основы для разработки собственных оригинальных решений, соответствующих ожиданиям потребителей [64].

Усовершенствование продукта может проводиться по двум направлениям: выработка идеи нового продукта по последним тенденциям развития рынка и новейшим требованиям потребителей; разработка усовершенствованного продукта на основании прямого запроса от потребителя. Анализ конкурентоспособности проводится для определения возможностей конкурирования с продукцией, представленной на рынке (для внесения корректив в параметры продукта на стадии разработки, исключая тем самым необходимость модификации готового продукта) и с целью расширения рынка сбыта. Существует также необходимость анализа конкурентоспособности существующей продукции, для внесения изменений в конструкцию (модернизацию) в соответствии с последними рыночными требованиями.

Анализируя системы управления качеством продукции на предприятиях [65-73] можно сделать вывод, что глубокий анализ конкурентов при помощи предлагаемого QFD позволяет выявить не только их преимущества, но и недостатки и учесть их в работе над характеристиками собственного продукта, кардинально отличающимися его от продукта конкурента.

Набираемые при помощи предлагаемого QFD характеристики могут далее использоваться при выводе на рынок новых продуктов уже с меньшим количеством проблем и ошибок, таких как, например, трудоемкое и высокочатное производство.

Таким образом, сделан вывод, что для обеспечения конкурентоспособности продукции необходимо усовершенствовать подходы к процессу проектирования параметров качества машиностроительной продукции.

Для этого в диссертационном исследовании разработаны структурно-функциональная модель процесса проектирования параметров качества машиностроительной продукции (рисунок 2.3).

Ключевым фактором структурно-функциональной модели проектирования машиностроительной продукции является расчет весовых характеристик (показателей качества) продукции. При этом, для обеспечения конкурентоспособности продукции необходимо учитывать характеристики продукции конкурентов. Для этого необходимо разработать математическую модель расчета весовости характеристик продукции в зависимости от уровня качества конкурентов.

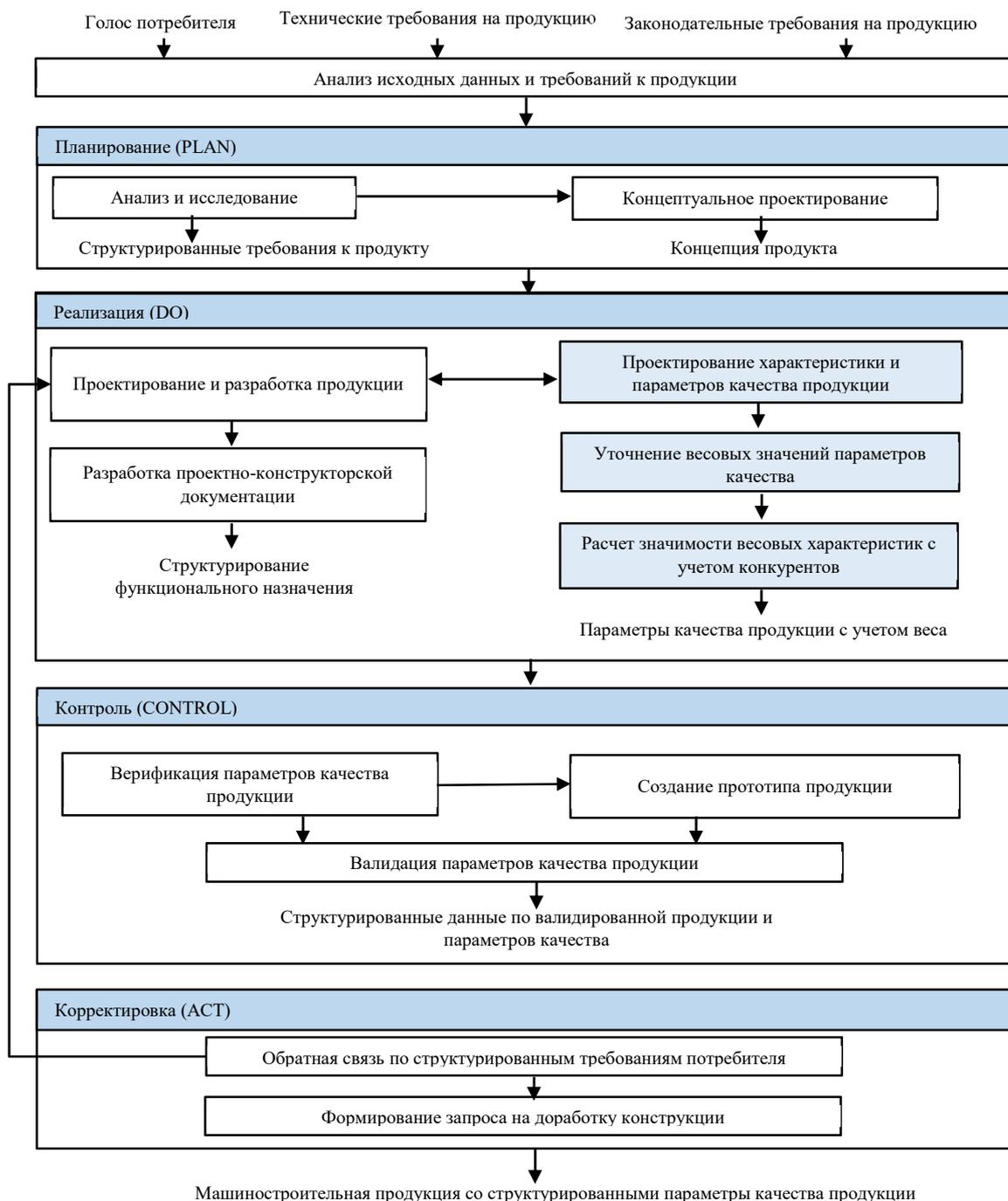


Рисунок 2.3 – Структурно-функциональная модель процесса проектирования параметров качества машиностроительной продукции

## 2.2 Математическая модель расчета весомости характеристик продукции в зависимости от уровня качества конкурентов

Развертывание функций качества (QFD) это методология, которая позволяет наиболее грамотно, эффективно распределить ресурсы организации для повышения конкурентоспособности её продукции. Т.е. становится возможным определять пути совершенствования конструкции, технологии и процесса

производства в зависимости от того насколько данное совершенствование целесообразно с точки зрения увеличения потребительской привлекательности. В данной главе решаются установленные ранее (в первой главе) проблемы методологии QFD-анализа [74-82].

Рассчитанный вес характеристики конструкции, технологии или процесса производства является ключевым при определении пути совершенствования, т.е. повышения конкурентоспособности продукции [83-87]. Так как в условиях конкуренции на рынке присутствует несколько организаций, поэтому необходимо учитывать степень выполнения (удовлетворенность) требований потребителя (конкурентные преимущества) в отношении не только рассматриваемой организации, но и по всем конкурентам. Для этого изменим модель расчёта веса характеристики продукции. В данной модели необходимо учесть следующие переменные:

$$V_{\text{хар.прод.}} = f(I_x; R_x; \Pi_{\text{отс}_x}; \Pi_x; k_2), \quad (2.1)$$

где  $I_x$  – связь между требованием и характеристиками продукции (▲ – 1; ○ – 3; ● – 9);

$R_x$  – абсолютный вес требования;

$\Pi_{\text{отс}_x}$  – разница между целевым и полученным значениями уровня удовлетворенности потребителя (или разница между значениями у конкурента и рассматриваемой организации) (учитывается только в случае если результаты расчетов неотрицательные);

$\Pi_x$  – целевое значение степени реализации требования потребителя;

$k_2$  – уровень конкуренции.

Это метод преобразования пожеланий вашего потребителя (в том числе и скрытых) в реальные требования к качеству продукции, услуги или бизнес-процесса организации. Это очень эффективный, но трудоемкий инструмент планирования. «Дома» качества в данной методологии – это серия матриц, позволяющая преобразовать требования потребителя в параметры продукта, необходимые параметры в инженерные характеристики, инженерные характеристики в производственные операции, а производственные операции в

характеристики производства. Вот так, построив «улицу» из «домов качества», Вы пройдёте весь нелегкий путь планирования производства новой продукции от самого его начала – требований потребителя, до логического завершения – подготовки производства [88-93].

Для построения модели расчёта весомости характеристик конструкции, технологии или процесса производства, которая учитывает конкурентное положение организации, приведем пример элемента Дома качества (таблица 2.1).

Рассмотрим таблицу 2.1 в которой в столбце Б указаны требования потребителя, в столбце В указан вес (важность) каждого требования соответственно, в столбцах с Г по И указаны характеристики конструкции, технологии или процесса, в столбце К указана удовлетворенность потребителя продукцией рассматриваемой организации, в столбцах с Л по Н указана удовлетворенность продукцией конкурентов. В столбце О указана цель, которая является максимальным значением по шкале (по умолчанию равно 5). В столбце П указано отставание от цели, которое вычисляется как разница между целью и удовлетворенностью потребителя продукцией рассматриваемой организации. В столбце Р указано максимальное значение у конкурентов. В столбце С указаны потери – разница между максимальной удовлетворенностью потребителя и удовлетворенностью потребителя продукцией рассматриваемой организации.

Таблица 2.1 – Развитие метода QFD

	Требования потребителя	Абсолютный вес требования	Характеристики конструкции, технологии или процесса						Удовлетворенность потребителя продукцией рассматриваемой организации	Удовлетворенность продукцией конкурентов			цель	отставание	максимум	потери
			1	...	n	1	...	m		I	II	III				
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>Г</i>	<i>Д</i>	<i>Е</i>	<i>Ж</i>	<i>З</i>	<i>И</i>	<i>К</i>	<i>Л</i>	<i>М</i>	<i>Н</i>	<i>О</i>	<i>П</i>	<i>Р</i>	<i>С</i>
1	Тр 1	X	▲			●			I <sub>тр1</sub>	II <sub>р1</sub>	III <sub>тр1</sub>	...	Максимальное значение по шкале (по умолчанию равно 5)	О-К	Max(Л,М,...)	Р-К
2	Тр 2	Y	○		▲			○	I <sub>тр2</sub>	II <sub>р2</sub>	III <sub>тр2</sub>	...		О-К	Max(Л,М,...)	Р-К
3	Тр 3	Z		○		○			I <sub>тр3</sub>	II <sub>р3</sub>	III <sub>тр3</sub>	...		О-К	Max(Л,М,...)	Р-К
4	Тр 4	P	●			▲			I <sub>тр4</sub>	II <sub>р4</sub>	III <sub>тр4</sub>	...		О-К	Max(Л,М,...)	Р-К
...	...	...							...	...		...		...	...	...

В классической модели расчета веса характеристик конструкции, технологии или процесса **не учитывается положение на рынке** [94]. То есть необходимо выполнять не только требования потребителя, но и ориентироваться на конкурентов. Можно расширить список составляющих конкурентоспособности продукции и при анализе потребительской оценки продукции производимой предприятием и его конкурентами, возможно, задавать степень реализации требований в зависимости от веса его важности, тогда уточненный расчет весомости характеристик конструкции, технологии или процесса может выглядеть следующим образом:

$$V_{\text{хар.прод.1}} = \sum(I_x \cdot R_x) + \sum\left[\frac{P_{\text{отсх}}}{C_x}(I_x \cdot R_x)\right], \quad (2.2)$$

где  $I_x$  – связь между требованием и характеристиками продукции (▲ – 1; ○ – 3; ● – );

$R_x$  – абсолютный вес требования;

$P_{\text{отсх}}$  – разница между целевым и полученным значениями уровня удовлетворенности потребителя (или разница между значениями у конкурента и организации) (учитывается только в случае если результаты расчетов неотрицательные);

$C_x$  – целевое значение степени реализации требования потребителя.

В этой формуле введено отношение двух дополнительных параметров  $P_{\text{отсх}}$  и  $C_x$ , которые учитывают степень реализации требований в зависимости от веса его важности. В результате изменятся значения весомости характеристик продукции.

В таблице 2.2 приведем пример дома качества.

Таблица 2.2 – Пример структурирования функций качества «дома качества» с учетом расчета весовых характеристик

Требование	Важность	Характеристики продукта							Мы	Конкуренты		Цель	Отставание	Максимум	Потери
		a	b	c	d	e	f	g		А	Б				
1	10	3	9	1			3	1	4	4	3	5	1	4	0
2	9			3		3			4	4	5	5	1	5	1
3	10		9		9		9		4	5	5	5	1	5	1
4	8	9			1		9	3	4	5	4	5	1	5	1
5	10			9		9	3		3	4	5	5	2	5	2
6	7			1			1		4	4	4	5	1	4	0
7	10	1	1			3	9	9	4	4	5	5	1	5	1
8	8		9	3		3	1		4	4	3	5	1	4	0
9	8			9		3			3	3	3	5	2	3	0
10	9			1		1		1	3	3	5	5	2	5	2

В таблице 2.3 можно увидеть, как изменится весомость характеристик продукции, если учитывать степень реализации требований в зависимости от веса его важности.

Таблица 2.3 – Результаты расчетов характеристик продукции с учетом положения на рынке

	a	b	c	d	e	f	g
$V_{\text{хар.прод.}}(1.1)$	112	262	239	98	204	327	133
$V_{\text{хар.прод.}}(2.2)$	134,4	314,4	321	117,6	269,4	398,4	161,4

Вес характеристик продукции без учета конкуренции рассчитывается по формуле  $V_{\text{хар.прод.}} = \sum(I_x \cdot R_x)$ .

Построим график (рисунок 2.4) и посмотрим, как влияет отношение этих параметров  $P_{\text{отс}_x}$  и  $C_x$  на формулу без учета конкуренции (1.1).

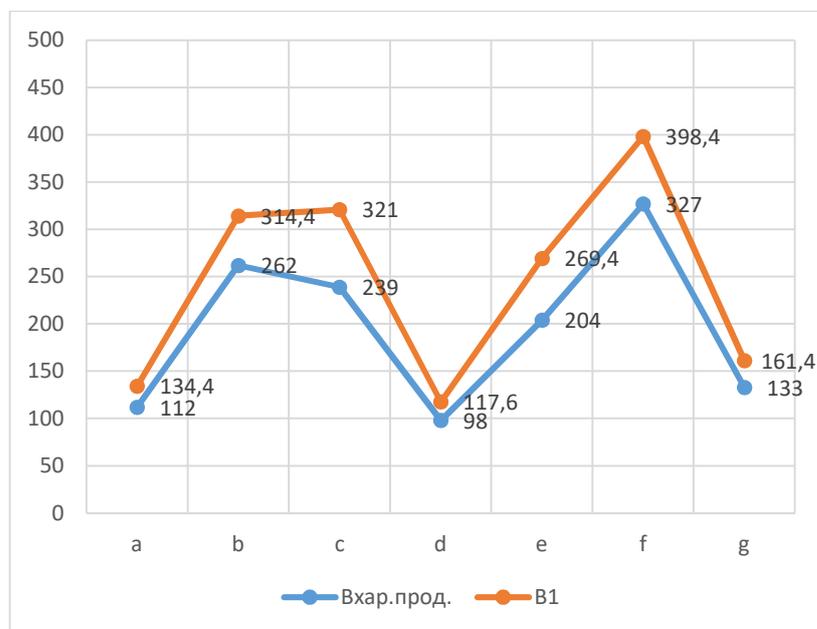


Рисунок 2.4 – Карта весомостей характеристик продукции

На графике видно, что формула (2.2) ведет себя аналогично формуле  $V_{\text{хар.прод.}} = \sum(I_x \cdot R_x)$  (1.1) и характеризует положение степени удовлетворенности потребителем каждого требования к продукции организации по сравнению с конкурентами. Заметим, что если рассчитывать вес характеристики продукции без учета конкуренции, то мы начнем усовершенствование характеристики f, b, c и далее, но, если учитывать конкуренцию, начнем усовершенствовать характеристике в другой последовательности f, c, b, т.е. приоритет по дальнейшей

работе изменится. Т.е. мы видим влияние конкуренции на выбор характеристики для удовлетворения требований потребителя.

Допустим, что для каждого потребительского требования выбрана 5-ти бальная шкала оценки: чем больше балл, тем выше оценка потребителем каждого потребительского требования на указанной шкале, для продукции выпускающей организации. Если при расчете весомости характеристики конструкции, технологии или процесса учитывать степень реализации требования в зависимости от степени его важности, то видно, что значение формулы будет возрастать при увеличении отставания от целевого значения, чем больше отставание, тем значительнее увеличивается значение формулы от  $V_{\text{хар.прод.}} = \sum(I_x \cdot R_x)$ , возможно меняется приоритет. Что будет наглядно показывать взаимосвязь этих показателей. Но эта формула действительна только если  $P_{\text{отс}_x} > 0$ ,  $C_x > 0$ . Т.е. ею можно воспользоваться, только если есть отставание реализации требования от целевого значения. Если же  $P_{\text{отс}_x} = 0$ , то формула принимает вид  $V_{\text{хар.прод.}} = \sum(I_x \cdot R_x)$ .

Оценка конкурентов осуществляется по критериям, насколько полно они отвечают установленным требованиям потребителей. Конкуренты выступают своеобразными образцами, по сравнению с которыми определяется потенциал компании на рынке.

Сравнение оценок удовлетворенности потребителей новой продукцией и продукцией конкурентов помогает выявить направления улучшения собственной продукции [92].

Рассмотрим еще один расчет весомости характеристик конструкции, технологии или процесса с учетом разницы между целевым и полученным значениями уровня удовлетворенности потребителя ( $P_{\text{отс}_x} + 1$ ):

$$V_{\text{хар.прод.2}} = \sum(I_x \cdot R_x) \left(1 + k_2 \frac{P_{\text{отс}_x}}{C_x}\right), \quad (2.3)$$

где  $I_x$  – связь между требованием и характеристиками продукции (▲ – 1; ○ – 3; ● – 9);

$R_x$  – абсолютный вес требования;

$k_2$  – коэффициент конкуренции;

$P_{отсх}$  – разница между целевым и полученным значениями уровня удовлетворенности потребителя (или разница между значениями у конкурента и организации) (учитывается только в случае если результаты расчетов неотрицательные);

$C_x$  – целевое значение степени реализации требования потребителя.

Уровень конкуренции на рынке рассчитывается с помощью анализа рыночных данных и использования специальных показателей. Цель – оценить соперничество на рынке, выявить, когда одна или несколько фирм начинают доминировать, и определить тип рыночной структуры. В данных расчетах примем, что  $k_2$  варьируется от 0 до 5. При  $k_2 = 0$ , формула принимает вид  $V_{хар.прод.} = \sum(I_x \cdot R_x)$ . Результаты расчетов с учетом разницы между целевым и полученным значениями уровня удовлетворенности потребителя сведем в таблицу 2.4. А данном варианте расчета принято, что  $k_2 = 3$ .

Таблица 2.4 – Результаты расчетов с учетом разницы между целевым и полученным значениями уровня удовлетворенности потребителя

	a	b	c	d	e	f	g
$V_{хар.прод.}(1.1)$	112	262	239	98	204	327	133
$V_{хар.прод.2}(2.3)$	179,2	419,2	485	156,8	400,2	541,2	218,2

Построим график (рисунок 2.5) по данным из таблицы 2.4 и посмотрим, как влияет  $(1 + k_2 \frac{P_{отсх}}{C_x})$ .

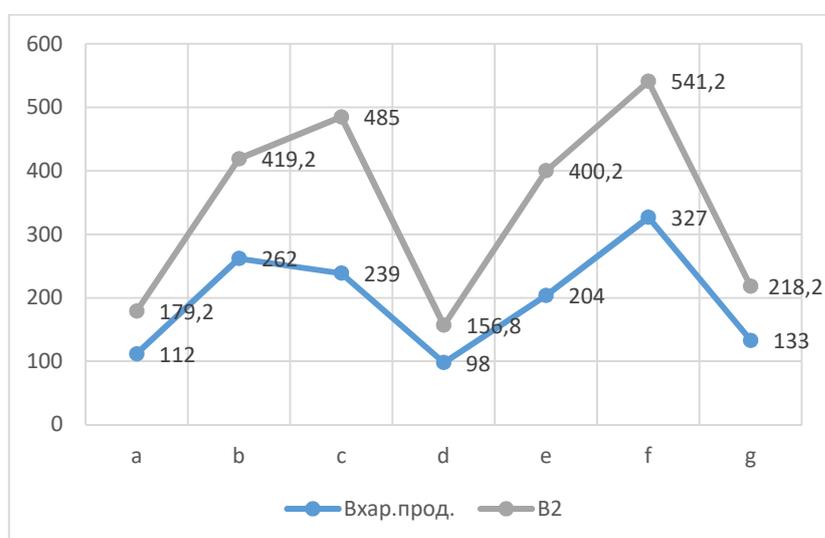


Рисунок 2.5 – Карта весомостей характеристик продукции

На графике видно, что формула (2.3) при изменении на единицу отставания от целевой функции показывает, что произошло смещение относительно  $V_{\text{хар.прод.}} = \sum(I_x \cdot R_x)$  (1.1). Аналогично формуле (2.2) приоритет в точка b и с изменится, что нам говорить о влиянии конкуренции.

Веса характеристик продукции увеличились относительно формулы  $V_{\text{хар.прод.}} = \sum(I_x \cdot R_x)$ , это говорит о том, что если есть отставание от конкурентов, то приоритет по характеристикам может измениться. Весомости характеристики конструкции, технологии или процесса значительно увеличиваются при увеличении разницы между целевым и полученным значениями уровня удовлетворенности потребителя, полученные значения и приоритет по дальнейшей работе изменится.

Ещё одна потенциальная проблема QFD – отсутствие учёта конкурентоспособности продукции, которая включает такие аспекты, как активность конкурентов, инновации и материалы. Таким образом, узконаправленная ориентация на пожелания потребителей не всегда приводит к максимальному эффекту в комплексе качества [95].

### **2.3 Алгоритм расчета весомости характеристик продукции в зависимости от уровня качества конкурентов**

Для того чтобы оставаться конкурентоспособными, организациям необходимо уметь находить, привлекать и удерживать клиентов, управляя отношениями с ними с максимальной отдачей. В современном бизнесе управление взаимоотношениями с клиентами понимается как система процессов, направленная на формирование профессиональной компетенции в области эффективного взаимодействия с клиентами для достижения совместных целей и создания ценности, основанной на доверии и надежности.

Сравним рассматриваемые ранее математические модели расчета весомости характеристик продукции в зависимости от уровня качества конкурентов.

Рассмотрим формулы расчета характеристик продукции с учетом конкуренции:

$$- V_{\text{хар.прод.1}} = \sum(I_x \cdot R_x) + \sum\left[\frac{\text{Потс}_x}{\text{Ц}_x}(I_x \cdot R_x)\right] \quad (2.2),$$

$$- V_{\text{хар.прод.2}} = \sum(I_x \cdot R_x) \left(1 + k_2 \frac{\text{Потс}_x}{\text{Ц}_x}\right) \quad (2.3),$$

а также формулу без учета конкуренции:

$$- V_{\text{хар.прод.}} = \sum(I_x \cdot R_x) \quad (1.1).$$

В таблице 2.5 приведем расчеты веса характеристик продукции с учетом конкурентоспособности и  $V_{\text{хар.прод.}} = \sum(I_x \cdot R_x)$ . Данные взяты из таблиц 2.3, 2.4.

Таблица 2.5 – Расчеты веса характеристик продукции

Формулы	Характеристика продукции						
	a	b	c	d	e	f	g
$V_{\text{хар.прод.}}(1.1)$	112	262	239	98	204	327	133
$V_{\text{хар.прод.1}}(2.2)$	134,4	314,4	321	117,6	269,4	398,4	161,4
$V_{\text{хар.прод.2}}(2.3)$	179,2	419,2	485	156,8	400,2	541,2	218,2

Для того, чтобы выбрать одну из трех формул для расчета веса характеристик продукции с учетом конкуренции мы сравним значения по трем формулам и сведем данные в таблицу 2.6.

Таблица 2.6 – Расчеты веса характеристик продукции относительно

$$V_{\text{хар.прод.}} = \sum(I_x \cdot R_x)$$

Формулы	Характеристика продукции						
	a	b	c	d	e	f	g
$V_{\text{хар.прод.}}(1.1)$	1	1	1	1	1	1	1
$V_{\text{хар.прод.1}}(2.2)$	1,2	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2	1,2
$V_{\text{хар.прод.2}}(2.3)$	1,6	1,6	2	1,6	2	1,7	1,6

Получается, что при расчете веса характеристики продукции с учетом конкуренции по формуле (2.2) значения увеличились ~1,2 раза, при расчете по формуле (2.3) значения увеличились в ~1,6 раза относительно  $V_{\text{хар.прод.}} = \sum(I_x \cdot R_x)$ . Поэтому можно сделать вывод, что формулы различаются по своей чувствительности по отношению к классическому варианту расчета.

Построим график по приведенным в таблице 2.6 значениям (рисунок 2.6).

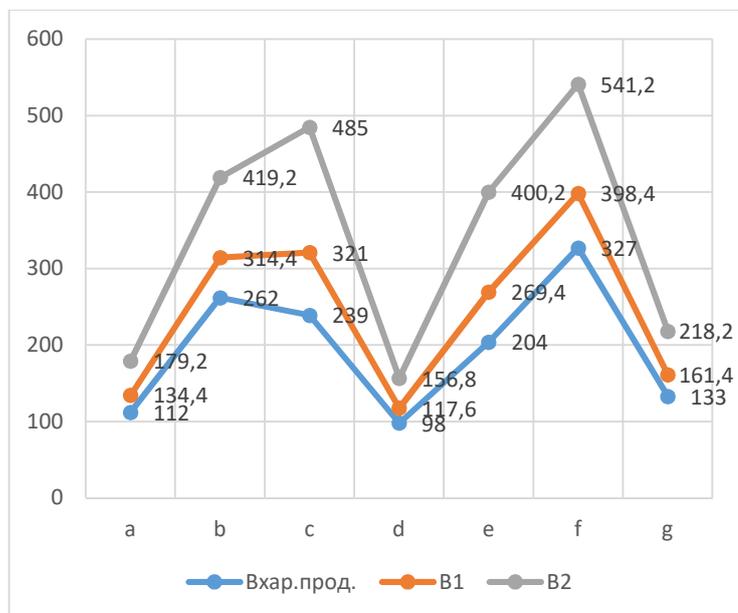


Рисунок 2.6 – Карта весомостей характеристик продукции с учетом конкуренции

Из графика видно, что значения по формуле (2.3) возрастают стремительнее относительно двух других формул, а значения по формуле (1.1) возрастают менее всего. Если конкуренция относительно других организаций равна нулю, то нужно пользоваться формулой без учета конкуренции  $V_{\text{хар.прод.}} = \sum(I_x \cdot R_x)$ .

Алгоритм расчета весомости характеристики продукции в зависимости от уровня качества конкурентов, приведен на рисунке 2.7.

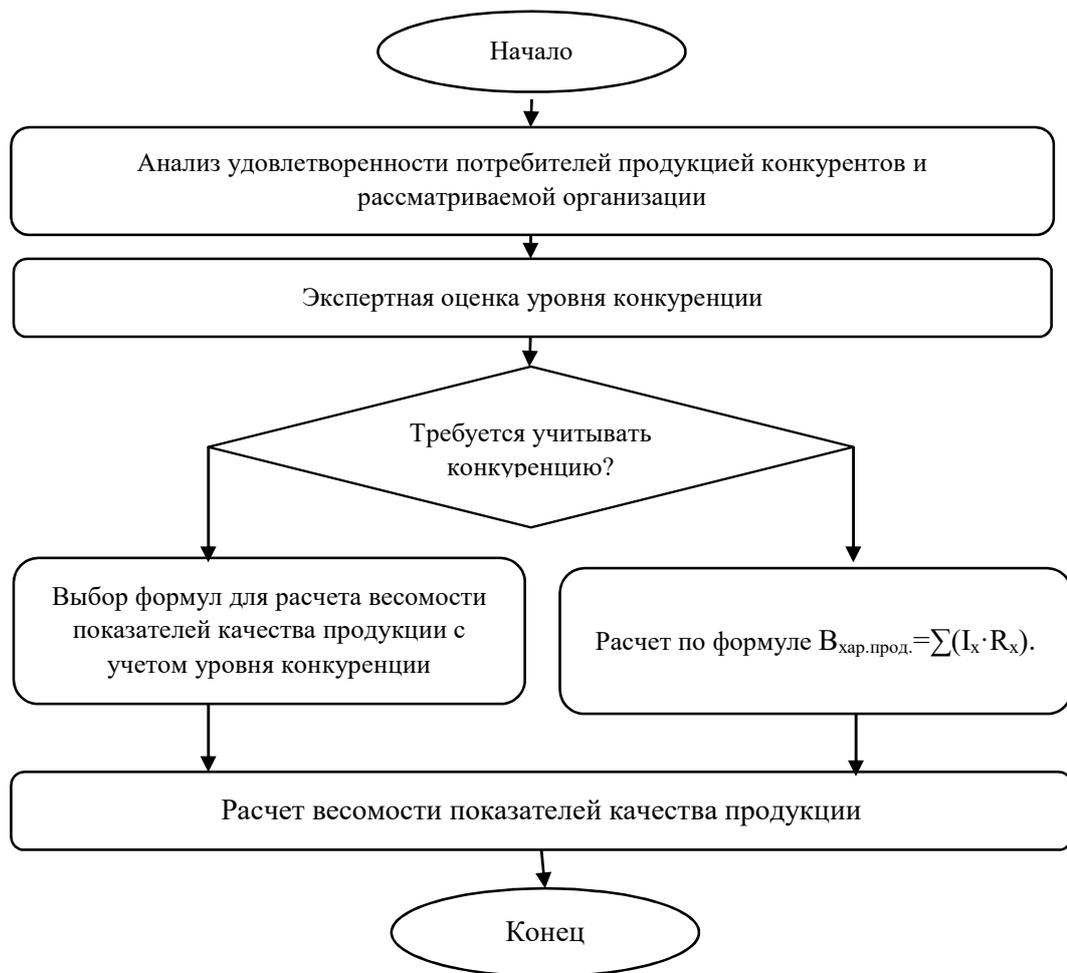


Рисунок 2.7 – Алгоритм расчета весоности показателей качества продукции

Для производства технически совершенной продукции, устраивающей и производителя, и потребителя, необходимо учитывать все требования, предъявляемые как к самому продукту, так и к процессам его производства и монтажа. Это позволяет повысить точность постановки требований к продукции, обеспечить оптимальное сочетание параметров оптимизации, повысить надежность и экономичность продукции.

## 2.4 Выводы по главе 2

1. Разработана структурно-функциональная модель процесса проектирования параметров качества машиностроительной продукции, учитывающая динамику потребительских ожиданий и конкурентной среды. Модель также включает такие аспекты, как соответствие требованиям ISO 9000, управление ожиданиями и адаптивность производителя. Ключевым фактором структурно-функциональной модели проектирования машиностроительной продукции является расчет расчета весовых характеристик (показателей качества)

продукции. При этом, для обеспечения конкурентоспособности продукции необходимо учитывать характеристики продукции конкурентов. Для этого необходимо разработать математическую модель расчета весоности характеристик продукции в зависимости от уровня качества конкурентов.

2. Разработана математическая модель расчета весоности характеристик продукции в зависимости от уровня качества конкурентов. Проведены расчёты значений весовых характеристик с учетом и без учета конкуренции на рынке. Предложены три варианта расчета веса характеристик продукции, учитывающий уровень качества продукции конкурентов. Проведено сравнение вариантов расчета, показаны их преимущества и недостатки. Доказано, что расчет весоности характеристик с учетом конкуренции более достоверно и точно дает оценку конкурентоспособности продукции с заданными характеристиками.

3. Разработан алгоритм расчёта весоности характеристик продукции в зависимости от уровня качества конкурентов. Предложено применение карты весоностей характеристик продукции, которая наглядно демонстрирует влияние конкурентов. Предложена математическая модель расчета весоности характеристик продукции, учитывающей данные конкурента, приоритет улучшений и динамику рынка.

4. Для производства продукции, соответствующей высоким техническим стандартам и удовлетворяющей как производителя, так и потребителя, необходимо учитывать все предъявленные требования, как к самой продукции, так и к процессам её изготовления и комплектации. Это позволяет повысить точность заданных требований, оптимизировать параметры проектируемой продукции, усилить её надежность и экономичность.

### **3 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ЗНАЧИМОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК С УЧЕТОМ ЗАКОНА ВЕБЕРА-ФЕХНЕРА**

#### **3.1 Применение закона Вебера-Фехнера при проектировании характеристик продукции**

Так как конечное качество продукции определяет потребитель, который чаще всего пользуется органолептическим методом, то при анализе результатов потребительских оценок значимости требований и степени их реализации различными предприятиями, необходимо учитывать действия закона Вебера-Фехнера.

На ранних этапах изучения процесса восприятия и переработки информации доминирующими были психофизиологические методы, а в последующем стали широко использоваться электрофизиологические, морфологические, биохимические и другие методы [98-99]. Важную роль играет использование вычислительной техники как при осуществлении модельных экспериментов (создание системных моделей различных сторон процессов рецепции), так и при анализе полученных результатов.

Закон Вебера-Фехнера служит основой для построения равноступенчатых шкал цветов, в том числе и для построения равноступенчатых шкал серых эталонов, применяемых для оценки прочности окрасок к физико-химическим воздействиям. Согласно этому закону для получения равноступенчатых шкал ахроматических цветов (т.е. ряда цветов, отличающихся визуально друг от друга по светлоте на одно и то же число порогов) необходимо, чтобы светлота этих цветов изменялась в геометрической прогрессии.

Закон Вебера-Фехнера объясняет отчасти тот факт, что к белой краске требуется добавить довольно много черной краски для заметного понижения ее светлоты, в то время как малейшая примесь белой краски к черной сразу же резко высветляет глубокий черный цвет.

Закон Вебера-Фехнера действует в допороговом диапазоне изменения силы раздражителя. В запороговой области механизм ощущений резко меняется и при дальнейшем усилении раздражителя наступает пресыщение или шок. С

экономических позиций это проявление закона убывающей предельной полезности. Он действует как в отношении количества, так и качества товаров, в той мере, в какой качество определяет полезность продукта. Существование порога насыщения и убывания предельной полезности по мере приближения к нему обусловлено как субъективными закономерностями процесса потребления, так и объективными факторами формирования потребительского эффекта повышения качества. Полезность многих товаров оценивается субъектом именно по интенсивности ощущений. В квалиметрии это означает, что количественное возрастание какого-либо свойства может превратить его из полезного во вредный. Тем самым создается естественная предпосылка существования оптимального уровня качества. Как правило, она дополняется или сложным образом сопрягается с экономической предпосылкой. Данное замечание справедливо по отношению к свойствам почти всех товаров.

Классической иллюстрацией выполнимости закона Вебера-Фехнера служит зависимость интенсивности запаха, определяемая органами чувств человека, от концентрации пахнущего вещества в воздухе. В этом случае результат внешнего воздействия непосредственно связан с ответом собственно самих сенсорных систем, которые на малых временах являются квазизакрытыми.

В диапазоне яркостей, для которого справедлив закон Вебера-Фехнера, зрительное ощущение яркости пропорционально логарифму яркостей объекта. Возможно определить только среднюю яркость, не влияя на закон ее восприятия.

Следует заметить, что вблизи порога слышимости закон Вебера-Фехнера теряет силу; поэтому уровень громкости очень слабых звуков не дает количественного представления об их субъективной громкости.

Способность глаза реагировать на изменение яркости характеризуется законом Вебера-Фехнера. Исследователями установлено, что для любого органа чувств изменение ощущения прямо пропорционально относительному приращению раздражения. Применительно к ощущению света закон означает, что реакция глаза на изменение яркости света прямо пропорциональна относительному изменению яркости. Можно сказать, что для темных цветов изменение светлоты

будет визуально более заметно, чем ее изменение на эту же величину для светлых цветов, поскольку относительное приращение светлоты в первом случае будет выше, чем во втором.

Выбор количественной меры в телефонной практике основан на законе Вебера-Фехнера, согласно которому прирост силы ощущения громкости пропорционален логарифму раздражения. Вместо коэффициента полезного действия пользуются логарифмом отношения мощности, подводимой к началу, и мощности, полученной в конце данного устройства. Человеческое ухо приспособлено к таким крайним значениям величины силы звука. По закону Вебера-Фехнера нервное слуховое восприятие пропорционально не силе звука, а ее логарифму. Поэтому в акустике для измерения силы звука пользуются логарифмическим масштабом.

Физиологическое субъективное восприятие (ощущение) интенсивности звука человеком, так называемая громкость звука, не поддается точному количественному измерению. Оно оценивается по закону Вебера-Фехнера.

Следует заметить, что в условиях очень яркого или, наоборот, чрезмерно слабого освещения наблюдаются отклонения от закона Вебера-Фехнера. При очень большой яркости освещения, например, под прямыми лучами солнца, большинство предметов (особенно светлых) кажутся почти одинаково светлыми. Эти предметы кажутся плоскими, так как тени, которыми передается рельеф, в условиях яркого освещения мало заметны. При очень слабом освещении все предметы (особенно наиболее темные из них) кажутся почти одинаковыми по цвету и лишены деталей, ввиду чего объемные формы становятся плохо различимыми.

Принцип Вебера-Фехнера также применяется при проектировании графического дизайна и взаимодействия с пользователем. Для улучшения удобства пользования интерфейсами необходимо понимать, насколько сильно изменяется восприятие пользователями изменений размеров элементов управления, контрастности цветов или масштабирования изображений.

Пример: Изменение размера шрифта с маленького на средний воспринимается как значительное улучшение читаемости текста, тогда как дальнейшее увеличение большого шрифта почти незаметно влияет на восприятие.

Таким образом, понимание и применение закона Вебера-Фехнера позволяет эффективно управлять восприятием человеком различных стимулов, будь то физические явления, продукты потребления или элементы дизайна.

Закон Вебера-Фехнера находит широкое применение в ряде других сфер науки и практики:

– Медицина и психология здоровья. Диагностика заболеваний: Врачи учитывают порог чувствительности пациентов к боли, температуре и другим физическим факторам. Например, при определении порога болевых ощущений пациента, врачу важно осознавать, что ощущение растет непропорционально силе воздействия.

Фармакология: Влияние дозировки лекарства на организм часто подчиняется принципу Вебера-Фехнера. Увеличение дозы препарата может приводить к меньшей прибавке эффекта, чем ожидалось изначально.

– Инженерия и эргономика. Проектирование приборов: При создании устройств, особенно измерительных инструментов, инженеры учитывают чувствительность человеческого восприятия. Например, шкалы приборов калибруются таким образом, чтобы обеспечить максимальную информативность измерений.

Безопасность труда: Оценивая воздействие шума, вибрации или светового излучения на работников, специалисты применяют принципы психофизики, включая закон Вебера-Фехнера, чтобы минимизировать риски нарушения слуха, зрения и общего самочувствия сотрудников.

– Экология и охрана окружающей среды. Оценка уровня загрязнения: Восприятие людьми загрязнителей воздуха, воды или почвы также подвержено эффекту Вебера-Фехнера. Небольшое повышение концентрации загрязняющих веществ в чистом воздухе заметно ощутимо, однако сильное ухудшение в загрязненной среде практически не воспринимается организмом.

– Социальные исследования и поведение потребителей. Анализ общественного мнения: ученые-психологи используют данный закон для оценки реакции населения на экономические реформы, налоговые нагрузки и социальные программы. Например, повышение налогов на небольшие доходы значительно меняет отношение людей, тогда как аналогичное повышение для высоко обеспеченных групп населения почти незаметна.

– Культурная антропология и этнография. Восприятие культурных символов: исследователи изучают различия в восприятии цвета, формы и музыки представителями разных культур, учитывая специфику влияния закона Вебера-Фехнера на развитие культурных традиций и художественных предпочтений народов мира.

Таким образом, сфера применения закона Вебера-Фехнера охватывает широкий спектр наук и отраслей практической деятельности, помогая лучше понять механизмы восприятия человека и оптимально адаптироваться к ним в процессе проектирования технологий, разработки товаров и предоставления услуг.

– Наука и техника. Физико-химический анализ: Определение минимальных различимых концентраций растворов, газов и твердых тел основывается на законе Вебера-Фехнера. Эта область важна в фармацевтической промышленности, экологии и пищевой индустрии.

– Геодезия и картография. При составлении топографических карт необходимо учитывать разницу в высоте рельефа, которую способен воспринять человеческий глаз. Масштаб карты выбирается таким образом, чтобы избежать избыточной детализации там, где восприятие человека ограничено.

– Спортивная медицина и реабилитация. Реабилитационные технологии: При восстановлении двигательных функций организма учитываются закономерности развития моторных навыков, основанные на законе Вебера-Фехнера. Постепенное усложнение упражнений помогает спортсменам и пациентам восстанавливать утраченные способности наиболее эффективным способом.

Психологическая подготовка спортсменов: Повышение выносливости и устойчивости к стрессовым ситуациям требует учета особенностей адаптации организма к нагрузкам. Оптимизация тренировочного процесса возможна благодаря применению принципов Вебера-Фехнера.

– Искусство и культура. Теория искусства: Художники и композиторы знают, что человеческое восприятие чувствительно к небольшим изменениям в цвете, звуковой частоте и форме объектов. Они активно используют это знание для достижения эмоционального отклика зрителей и слушателей.

Литературный процесс: Писатели создают произведения, ориентируясь на особенности восприятия читателей. Напряжение сюжета строится на постепенном увеличении драматизма и конфликтности ситуаций, вызывая у аудитории максимальный отклик.

– Образование и обучение. Педагогические методики: Процесс усвоения новых знаний зависит от частоты повторений и интенсивности подачи материала. Принцип Вебера-Фехнера объясняет, почему постепенно увеличивающаяся сложность заданий эффективнее способствует обучению, чем резкое увеличение объема информации.

Тестирование студентов: Разработчики тестов стремятся создать задания, которые позволяют точно оценить знания учащихся, используя законы восприятия. Сложность вопросов должна соответствовать уровню подготовки учеников, иначе оценка окажется недостоверной.

– Правоохранительная деятельность и криминалистика. Расследование преступлений: Учет индивидуальных особенностей восприятия свидетелей и потерпевших важен при оценке показаний. Различия в интерпретации фактов зависят от многих факторов, включая психологическое состояние участников события.

Судебная экспертиза: Эксперты, работающие с доказательствами, понимают важность правильного измерения следов преступления. Минимальные отклонения в размерах отпечатков пальцев или траектории полета пуль важны для точной идентификации виновника происшествия.

Эти примеры демонстрируют разнообразие сфер, где проявляется влияние закона Вебера-Фехнера, подчеркивая его значимость для понимания механизмов человеческой психики и эффективного функционирования в профессиональной деятельности.

При разработке продуктов и услуг важно учитывать восприятие потребителей. По закону Вебера-Фехнера, большие улучшения продукта могут восприниматься как незначительные, если исходный уровень качества уже высок. Поэтому организациям выгоднее сосредоточиться на улучшении менее качественных аспектов продукта, чтобы максимизировать восприятие ценности потребителями.

Пример – улучшение характеристик телефона с минимальным объемом памяти приведет к большему увеличению удовлетворенности пользователей, чем улучшение устройства с высоким уровнем производительности.

Применим закон Вебера-Фехнера при построении Дома качества, за счет которого усовершенствуем расчет весомости характеристик конструкции, технологии или процесса.

### **3.2 Математическая модель расчета весомости характеристик продукции с учетом закона Вебера-Фехнера**

Разработана методика расчета значимости характеристик продукции, основанная на использовании закона Вебера-Фехнера и показан алгоритм выбора методов расчета значимости характеристик продукции, обеспечивающий достоверность результатов расчета.

Модель расчёта весомости характеристик конструкции, технологии или процесса, основанная на использовании закона Вебера-Фехнера включает коэффициент  $k_2$ , который варьируется от 0 до 5, т.к. зависит от субъекта ощущения.

В данной главе рассмотрены установленные ранее зависимости с учетом положения продукции на рынке и введен дополнительный коэффициент  $k_2$  по закону Вебера-Фехнера и построена карта весомостей характеристик продукции с учетом Вебера-Фехнера.

Рассмотрим формулу расчета весомости характеристик конструкции, технологии или процесса с учетом степени реализации требований в зависимости от веса его важности и введем дополнительный коэффициент  $k_2$  по закону Вебера-Фехнера.

$$V_{\text{хар.прод.3}} = \sum I_x \cdot R_x \left(1 + k_2 \lg_{10} \frac{\Pi_x}{\Pi_{\text{ср.х}}}\right), \quad (3.1)$$

где  $I_x$  – связь между требованием и характеристиками продукции (▲ – 1; ○ – 3; ● – 9);

$R_x$  – абсолютный вес требования;

$k_2$  – уровень конкуренции;

$\Pi_x$  – уровень удовлетворенности;

$\Pi_{\text{ср.х}}$  – целевое и/ или средний по рынку уровень удовлетворенности.

В этой формуле введен  $\lg_{10}$ , который учитывает степень интенсивности ощущения эксперта-потребителя, т.о. изменятся значения весомости характеристик. При  $\Pi_x = \Pi_{\text{ср.х}}$  формула приобретает вид  $V_{\text{хар.прод.}} = \sum (I_x \cdot R_x)$ .

Сведем в таблицу 3.1 результаты расчетов характеристик продукции с учетом положения на рынке и с учетом коэффициента  $k_2$ .

Таблица 3.1 – Результаты расчетов с учетом уточненных значений потребительских оценок

Формулы	Характеристика продукции						
	a	b	c	d	e	f	g
$V_{\text{хар.прод.}}(1.1)$	112	262	239	98	204	327	133
$V_{\text{хар.прод.1}}(2.2)$	134,4	314,4	321	117,6	269,4	398,4	161,4
$V_{\text{хар.прод.2}}(2.3)$	179,2	419,2	485	156,8	400,2	541,2	218,2
$V_{\text{хар.прод.3}}(3.1)$	79,4	185,8	105,4	69,5	98,6	220,7	91,0

Из таблицы 3.1 видно, что веса характеристик продукции пропорционально увеличились относительно формулы  $V_{\text{хар.прод.}} = \sum (I_x \cdot R_x)$ , что говорит о том, что если есть отставание от конкурентов и это значение увеличить на  $k_2 \lg_{10} \frac{\Pi_x}{\Pi_{\text{ср.х}}}$ , то мы увидим интенсивность ощущения эксперта-потребителя. Учитывая закон Вебера-Фехнера, действия по совершенствованию характеристик в некоторых случаях

изменяться, и будут учитывать степень интенсивности ощущения эксперта-потребителя.

Построим график (рисунок 3.1) и посмотрим, как влияет коэффициент  $k_2$  на формулу (1.1). Данные для построения графика взяты из Таблицы 3.1.

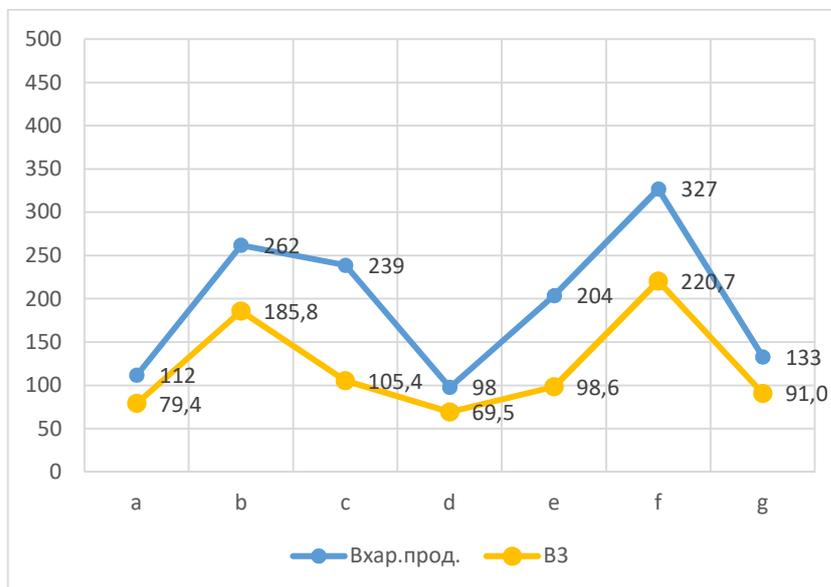


Рисунок 3.1 – Карта весомостей характеристик продукции с учетом Вебера-Фехнера

Далее рассмотрим если уровень конкуренции и коэффициент  $k_2=5$ , сведем значения в таблицу 3.2 и посмотрим график (рисунок 3.2).

Таблица 3.2 – Результаты расчетов с учетом уточненных значений потребительских оценок

Формулы	Характеристика продукции						
	a	b	c	d	e	f	g
$V_{\text{хар.прод.}}(1.1)$	112	262	239	98	204	327	133
$V_{\text{хар.прод.1}}(2.2)$	134,4	314,4	321	117,6	269,4	398,4	161,4
$V_{\text{хар.прод.2}}(2.3)$	224	524	649	196	531	684	275
$V_{\text{хар.прод.3}}(3.1)$	57,7	135,0	16,4	50,5	28,3	149,8	62,9

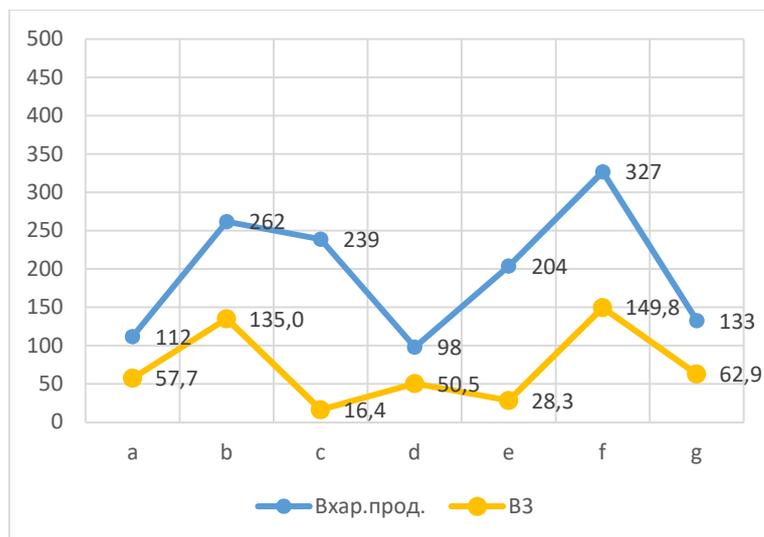


Рисунок 3.2 – Карта весомостей характеристик продукции с учетом Вебера-Фехнера ( $k_2=5$ )

Расчет по формуле 3.1 позволяет улучшить наш продукт, где это больше всего работает для восприятия потребителя. Чем выше конкуренция ( $k_2$ ), тем сильнее меняется график, приоритет у характеристик значительно меняется. При  $k_2=5$  приоритет по характеристикам значительно изменился f, b, g, a, d, e, c, а был f, c, e, b, g, a, d. Т.е. приоритет по дальнейшей работе изменится, и мы видим, интенсивность ощущения эксперта-потребителя, а также конкуренция влияют на выбор характеристики для удовлетворения требований потребителя.

Алгоритм выбора метода расчета значимости характеристик продукции с учетом конкуренции и закона Вебера-Фехнера аналогичен алгоритму, который рассмотрели в главе 2.3 на рисунке 2.4., вкратце выглядит следующим образом:

- сбор сведений по удовлетворенности потребителей продукцией конкурентов и рассматриваемой организации;
- определение разницы между значениями у конкурента и рассматриваемой организацией;
- выбор формулы.

### 3.3 Математическая модель расчета весомости балла с учетом закона Вебера-Фехнера

Основой метода экспертных оценок является проведение интуитивно-логического анализа проблемы с последующей количественной оценкой суждений.

Получаемое усредненное мнение экспертов принимается в качестве решения проблемы. Совместное использование интуиции, логического мышления и количественных оценок с их формальной обработкой позволяет достигать эффективных решений [100].

В некоторых случаях для получения оценок профессионально важных качеств используются достаточно сложные методы математической статистики: факторный, кластерный анализы и т. п. В ряде случаев они дают неплохие результаты, но их применение в практике психодиагностики во многом ограничено сложностью и неоднозначностью интерпретации результатов этих видов статистического анализа, существенными ограничениями, налагаемыми на характер входной (исходной) психодиагностической информации (как правило, результаты тестирования должны быть не ниже интервального уровня измерения) [101-106].

Рассмотрим подробнее элемент Дома качества и оценки эксперта-потребителя. Следует отметить, что поставленные потребителем оценки за выполнение его требования чаще всего не подчиняются прямолинейному распределению. Так как ощущения обусловлены внешними впечатлениями, то интенсивность ощущения должна явно зависеть от силы впечатления. Иными словами, мы должны попытаться не только численно определять интенсивность ощущений, но и найти закон, связывающий изменения этих интенсивностей с изменениями величины впечатлений.

Так как конечное качество продукции определяет потребитель, который чаще всего пользуется органолептическим методом, то при анализе результатов потребительских оценок значимости требований и степени их реализации различными организациями, необходимо учитывать действия закона Вебера-Фехнера.

В соответствии с законом Вебера-Фехнера разница в один балл будет соответствовать двукратному улучшению, тогда в случае, если оценка выполняется по пятибалльной шкале, необходимо пересмотреть разницу между максимальной

оценкой и оценкой организации, например, используя следующую шкалу (таблица 3.3, рисунок 3.3).

Таблица 3.3 – Пример определения весомости балла в соответствии с законом Вебера-Фехнера

Баллы	1	2	3	4	5
Весомость балла	5	10	20	40	80

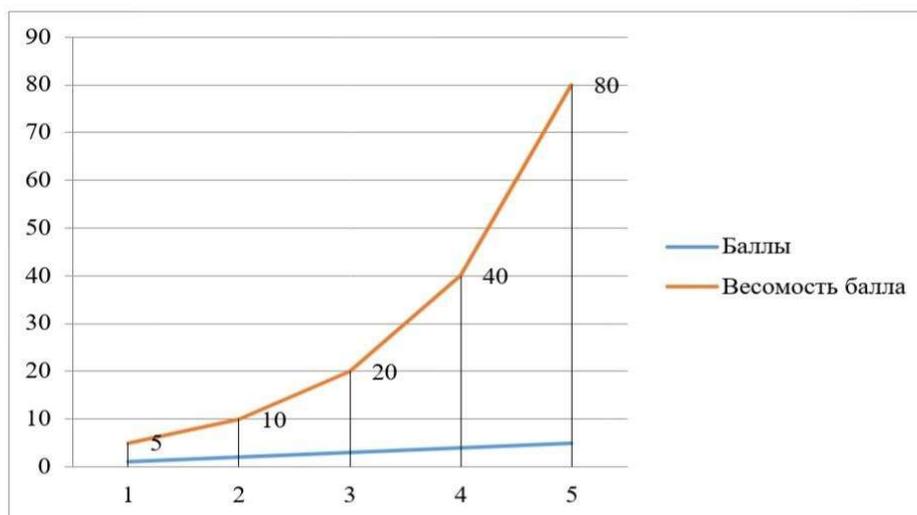


Рисунок 3.3 – Пример определения весомости балла в соответствии с законом Вебера-Фехнера

Тогда разницу между баллами можно рассчитать следующим образом. Разница между 5 баллами и 4 баллами составит 40 единиц (80-40). Разница между 4 баллами и 3 составит 20 единиц (40-20). Разница между 3 баллами и 2 составит 10 единиц (20-10). Разница между 2 баллами и 1 составит 5 единиц (10-5).

В результате изменятся значения в «правой комнате» Дома качества. Расчеты веса характеристик сведем в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Уточненные значения оценки потребителем организаций (конкурентов)

Оценка потребителем организаций		
Мы	Конкуренты	
	А	Б
20	20	40
20	40	80
40	20	40
20	20	80

Оценка потребителем организаций		
Мы	Конкуренты	
	А	Б
80	40	40
20	40	80
40	80	40
80	80	80
40	20	20
20	20	80

Поставленные экспертные оценки являются новой информацией, на основе которой формируется решение проблемы.

Конечно, такое определение весомости балла имеет свои недостатки, так если число баллов изменяется от 1 до 10, то разница весомостей балла может оказаться слишком большой. Возможны другие варианты определения весомости балла, поставленного потребителем, например, в случаях, когда оценок нет от 1-7, то весомости баллов могут принять такой вид – таблица 3.5.

Таблица 3.5 – Пример определения весомости балла в соответствии с законом Вебера-Фехнера

Баллы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Весомость балла	0	0	0	0	0	0	0	10	20	40

Если есть значения не важные, то их можно исключить. Определить весомость балла в общем виде можно следующим образом:

$$x_i = i_{к.б.} \cdot 2^{(i - i_{н.б.})}, \quad (3.2)$$

где  $x_i$  – вычисляемый балл;

$i_{к.б.}$  – конечный выставленный балл;

$i_{н.б.}$  – начальный выставленный балл.

### 3.4 Выводы по главе 3

1. Обосновано и предложено использование закона Вебера-Фехнера при расчете весомости характеристик конструкции, технологии или процесса. Применение закона Вебера-Фехнера позволит повысить чувствительность и точность методики расчета значимости весовых характеристик при проектировании параметров качества машиностроительной продукции.

2. Разработана математическая модель для расчета значимости характеристик продукции с учетом закона Вебера-Фехнера. Модель расчёта весомости характеристик конструкции, технологии или процесса, основанная на использовании закона Вебера-Фехнера включает коэффициент  $k_2$ , который является константой, зависящей от субъекта ощущения. Разработан алгоритм выбора методов расчета значимости характеристик продукции, обеспечивающий достоверность результатов расчета.

3. Разработана математическая модель расчета весомости балла с учетом закона Вебера-Фехнера и приведены и визуализированы примеры расчета весомости. Приведен пример определения весомости балла в соответствии с законом Вебера-Фехнера.

## **4 ПРАКТИЧЕСКАЯ АПРОБАЦИЯ РАЗРАБОТАННЫХ МЕТОДИК И МОДЕЛЕЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА**

### **4.1 Практическая апробация методик и моделей проектирования параметров качества на АО «Метровагонмаш»**

В данной работе рассмотрим вагоны метро серии 81-765/766/767, производимые АО «Метровагонмаш».

Первый опытный состав из вагонов метро серии 81-765/766/767 «Москва» поступил в электродепо «Выхино» Московского метрополитена в январе 2017 года, где проводились его испытания, наладка оборудования и обучение машинистов. С февраля 2017 года запущено серийное производство вагонов метро данной серии.

14 апреля 2017 года, по результатам успешных испытаний, началась пассажирская эксплуатация составов на Таганско-Краснопресненской линии.

В марте 2018 года началась поставка вагонов данной серии в Бакинский метрополитен.

В июле 2019 года был выпущен первый состав для Ташкентского метрополитена.

Ключевые характеристики:

- конструкционная скорость – 90 км/ч;
- дверные проемы – 140 мм;
- индикаторы маршрута с высоким разрешением;
- электродинамическая тормозная система для полной остановки: плавное торможение;
- большая площадь остекления дверей – 47 %;
- сквозные проходы между вагонами шириной от 1050 до 1500 мм;
- адаптивное освещение в зависимости от времени суток;
- интерактивные экраны (19 дюймов), светодиодные и жидкокристаллические табло с расписанием маршрутов над дверями (900-1200 мм), рекламные щиты (12 дюймов);
- в головных вагонах предусмотрены места для инвалидов и детских колясок.

Общий вид вагона метро серии 81-765/766/767 «Москва» показан на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 – Вагон метро серии 81-765/766/767 «Москва»

АО «Метровагонмаш» осуществлял проектирование и разработку продукции с учетом требований и ожиданий потребителей и заказчиков.

Если потребитель устанавливает дополнительные требования к качеству и характеристикам продукции, специалисты технической дирекции вырабатывают конструкторские решения и технологические методы по их реализации и обеспечению качества данной продукции.

Для установки критериев наиболее ценной является информация, полученная непосредственно от потребителя. Исследование проводилось методом анкетирования, который отличается невысокой трудоемкостью. Процедура анкетирования проводилась письменно в московском метрополитене в течение 2019 года. Для пилотного тестирования продукта или идеи достаточно небольшое количество респондентов (например, от 50 до 100). Для маркетинговых исследований или изучения потребительских предпочтений обычно выбирают от 300 до 1000 респондентов. В роли респондентов выступало 300 пассажиров вагонов метро «Москва» для выяснения у них требований и пожеланий к данной продукции, а также качество исполнения данных требований. Анкета представлена в Приложении Б. Важность оценивалась по 10 бальной шкале, удовлетворенность качеством исполнения по пяти бальной шкале.

В первую очередь составим список уточненных пожеланий потребителей и определим, какие ожидания наиболее важны. Были выявлены следующие пожелания (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Пожелания потребителей и важность планируемых параметров качества

Требование	Важность
Широкие дверные проемы	10
Интерактивная карта метро	9
Повышение уровня шумоизоляции	10
Более широкие межвагонные переходы	8
Тканевая обивка сидений	10
Система обеззараживания воздуха	7
Ограждение крайних сидений от стоящих пассажиров	10
Панорамное остекление	8
USB порты	8
Поручни с теплым покрытием	9

Преобразуем пожелания потребителя в характеристики продукции. Для проведения данного преобразования, необходимо назначить символам, характеризующим связи, соответствующий вес (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Символы, характеризующие связи

Связь	Вес
● – сильная связь	9
○ – средняя	3
▲ – слабая	1

Присвоение символам веса «9 – 3 – 1» дает значимое различие между важными и не очень важными компонентами рассматриваемых связей.

На основании полученных анкетных данных была сформирована таблица 4.3. По горизонтали – требования потребителя к вагонам метро «Москва», по вертикали их характеристики.

Таблица 4.3 – QFD-анализ вагонов метро «Москва»

Требования потребителя	Важность	Характеристики продукта						
		Максимальная Вместимость пассажиров	Габариты дверных проемов	Ремонтопригодность	Динамические характеристики	Вандало-устойчивость	Обеспечение требований к личному пространству пассажиров	Система предотвращения травмирования пассажиров
Широкие дверные проемы	10	○	●	▲			○	▲
Интерактивная карта метро	9			○		○		
Повысить шумоизоляцию	10		●		●		●	
Более широкие междвагонные переходы	8	●			▲		●	○
Тканевая обивка сидений	10			●		●	○	
Система обеззараживания воздуха	7			▲			▲	
Ограждение крайних сидений от стоящих пассажиров	10	▲	▲			○	●	●
Панорамное остекление	8		●	○		○	▲	
USB порты	8			●		○		
Поручень с теплым покрытием	9			▲		▲		▲
Абсолютный вес		122	262	239	98	204	327	133

Абсолютное значение требования к характеристике продукции определяется как сумма произведений оценки потребителей на соответствующий вес, отражающий степень взаимосвязи. Итоговое значение выставляется в конце колонки, показывая важность того или иного требования к характеристике продукции, то есть ключевые показатели качества для потребителя по классической формуле  $B_{\text{хар.прод.}} = \sum(I_x \cdot R_x)$ .

Для выяснения конкурентоспособности продукции Дирекцией по продажам АО «Метровагонмаш» провел анализ характеристик продукции конкурентов в сравнении со своей продукцией по заданным требованиям. Сравнительный анализ проводился со следующими предприятиями-конкурентами:

– японская фирма Kinki Sharyo, которая производит вагоны метро для США (Лос-Анджелес, Бостон, Сиэтл, Финикс), ОАЭ (Дубай), Египта (Каир, Александрия) и Катара (Доха);

– канадская компания Bombardier Transportation, осуществляющая поставки вагонов метро в Китай (Гуанчжоу, Шанхай, Шэньчжень), Великобританию (Лондон), Индию (Дели), Канаду (Торонто), Румынию (Бухарест), Тайланд (Бангкок) и Швецию (Стокгольм).

Данные сведем в таблицу 4.4.

Таблица 4.4 – Удовлетворенность продукцией конкурентов

Требование	АО «Метровагонмаш»	Kinki Sharyo	Bombardier
Широкие дверные проемы	4	4	3
Интерактивная карта метро	4	4	5
Повысить шумоизоляцию	4	5	5
Более широкие междвагонные переходы	4	5	4
Тканевая обивка сидений	3	4	5
Система обеззараживания воздуха	4	4	4
Ограждение крайних сидений от стоящих пассажиров	4	4	5
Панорамное остекление	4	4	3
USB порты	3	3	3
Поручень с теплым покрытием	3	3	5

Сведем в таблицу 4.5 оценки продукцией, производимой АО «Метровагонмаш» и конкурентами.

Таблица 4.5 – Значимость характеристик продукта

Требование	Важность	Характеристики продукта							Мы	Конкуренты		Цель	Отставание	Максимум	Потери
		a	b	c	d	e	f	g		А	Б				
1	10	3	9	1			3	1	4	4	3	5	1	4	0
2	9			3		3			4	4	5	5	1	5	1
3	10		9		9		9		4	5	5	5	1	5	1
4	8	9			1		9	3	4	5	4	5	1	5	1
5	10			9		9	3		3	4	5	5	2	5	2
6	7			1			1		4	4	4	5	1	4	0
7	10	1	1			3	9	9	4	4	5	5	1	5	1
8	8		9	3		3	1		4	4	3	5	1	4	0
9	8			9		3			3	3	3	5	2	3	0
10	9			1		1		1	3	3	5	5	2	5	2

Проведем расчёт по формулам (2.1), (2.2), (3.1) и сведём данные в таблицу 4.6.

Таблица 4.6 – Результаты расчёта при  $k_2=3$

Формулы	a	b	c	d	e	f	g
$V_{\text{хар.прод.}}(1.1)$	112	262	239	98	204	327	133
$V_{\text{хар.прод.1}}(2.2)$	134,4	314,4	321	117,6	269,4	398,4	161,4
$V_{\text{хар.прод.2}}(2.3)$	179,2	419,2	485	156,8	400,2	541,2	218,2
$V_{\text{хар.прод.3}}(3.1)$	79,4	185,8	105,4	69,5	98,6	220,7	91,0

Формулы (2.2) и (2.3) сильно не отличаются друг от друга, т.к. наша компания и конкуренты стремятся к цели для удовлетворения требований потребителей. В точках с и b поменялся приоритет по усовершенствованию характеристик относительно классической формулы.

Расчет по формуле  $V_3$  позволяет улучшить наш продукт, где это больше всего сработает для восприятия потребителя. Чем выше конкуренция ( $k_2$ ), тем сильнее меняется график, приоритет у характеристик значительно меняется. При  $k_2=5$  приоритет по характеристикам значительно изменился f, b, g, a, d, e, c, а был f, b, c, e, g, a, d.  $k_2$  должен варьироваться от 0 до 5. Значимость характеристик продукта приведена в таблице 4.6.

Ниже приведены графики визуализации расчетов в соответствии с математическими моделями (рисунки 4.2-4.5).

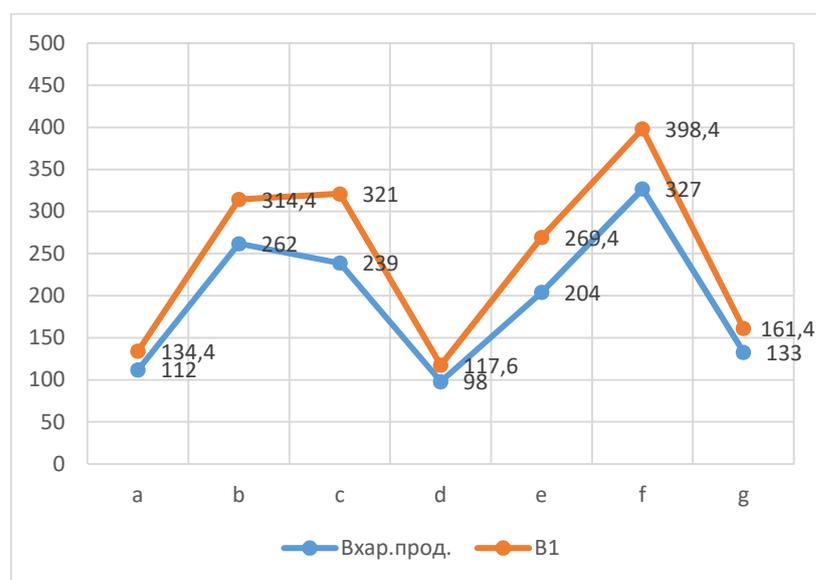


Рисунок 4.2 – Сравнение расчётов по формулам (1.1) и (2.2) при  $k_2=3$

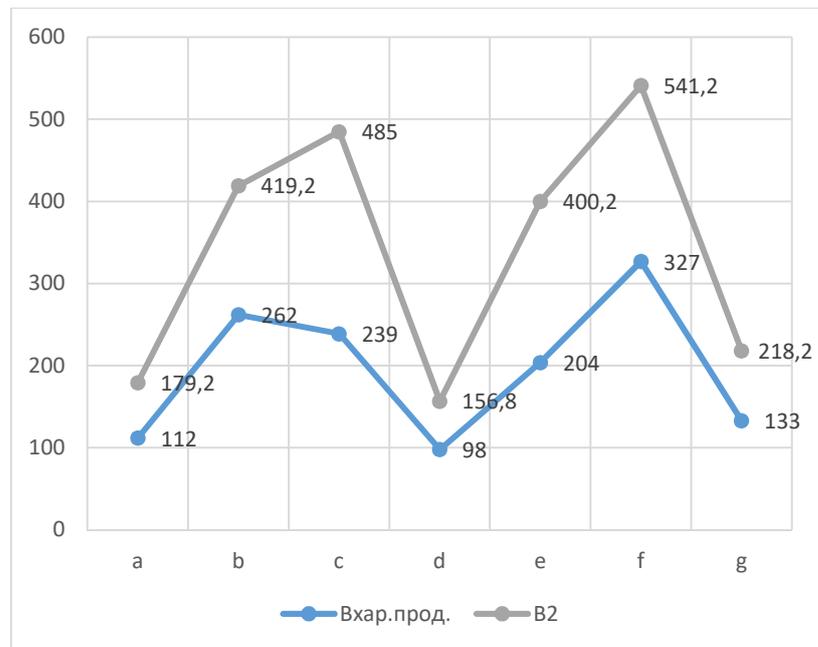


Рисунок 4.3 – Сравнение расчётов по формулам (1.1) и (2.3) при  $k_2=3$

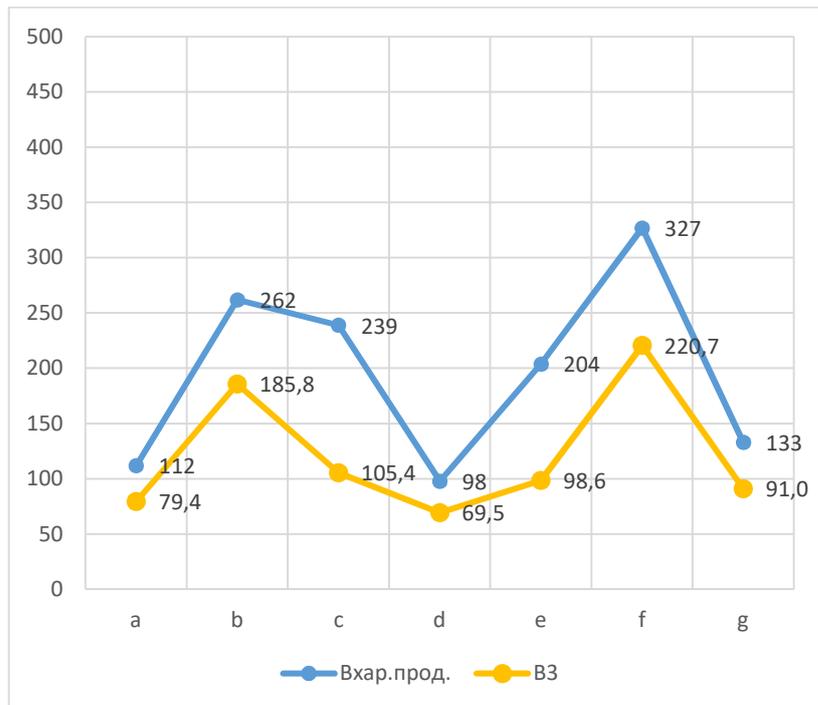


Рисунок 4.4 – Сравнение расчётов по формулам (1.1) и (3.1) при  $k_2=3$

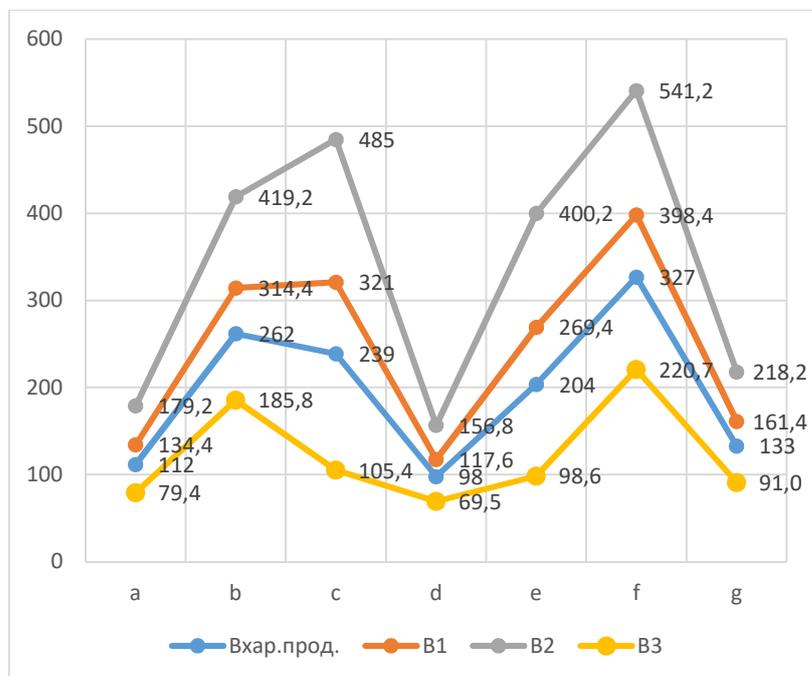


Рисунок 4.5 – Расчёт по формулам (1.1), (2.2), (2.3), (3.1) при  $k_2=3$

Если  $k_2=5$ , то полученные результаты отражены в таблице 4.7 и на рисунках 4.6-4.9.

Таблица 4.7 – Результаты расчёта при  $k_2=5$

Формулы	a	b	c	d	e	f	g
$V_{\text{хар.прод.}}(1.1)$	112	262	239	98	204	327	133
$V_{\text{хар.прод.1}}(2.2)$	134,4	314,4	321	117,6	269,4	398,4	161,4
$V_{\text{хар.прод.2}}(2.3)$	224	524	649	196	531	684	275
$V_{\text{хар.прод.3}}(3.1)$	57,7	135,0	16,4	50,5	28,3	149,8	62,9

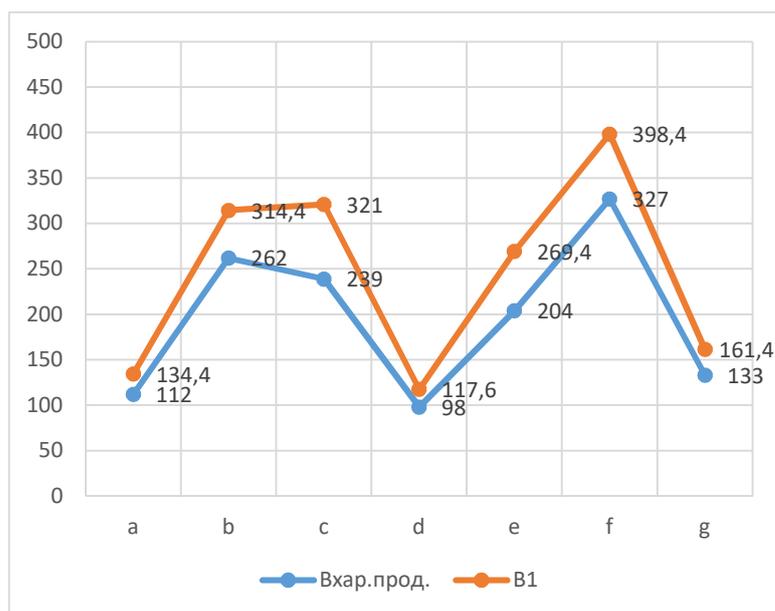


Рисунок 4.6 – Сравнение расчётов по формулам (1.1) и (2.2) при  $k_2=5$

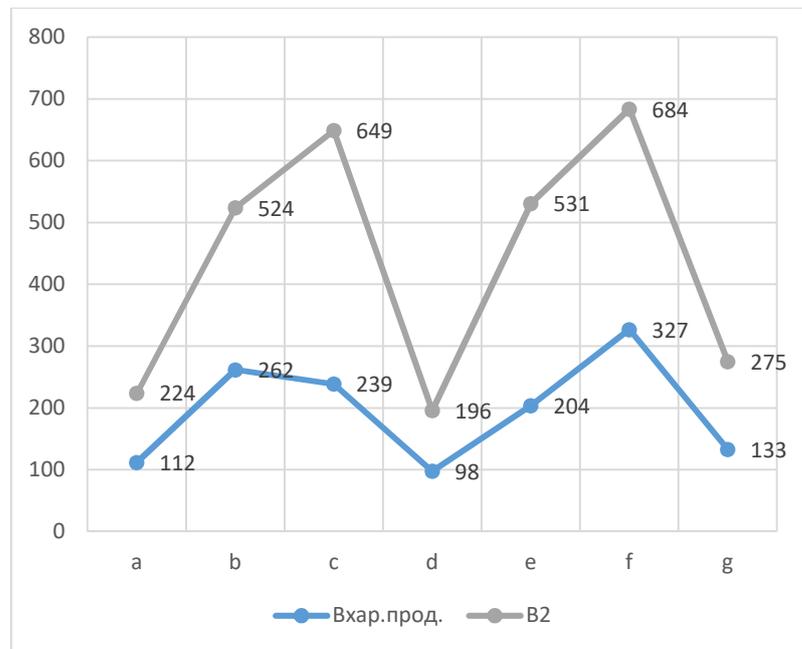


Рисунок 4.7 – Сравнение расчётов по формулам (1.1) и (2.3) при  $k_2=5$

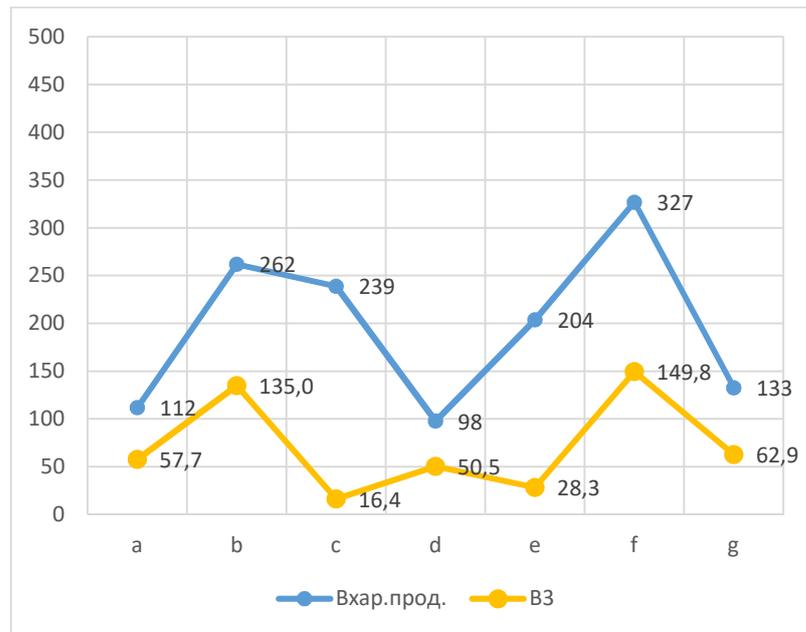


Рисунок 4.8 – Сравнение расчётов по формулам (1.1) и (3.1) при  $k_2=5$

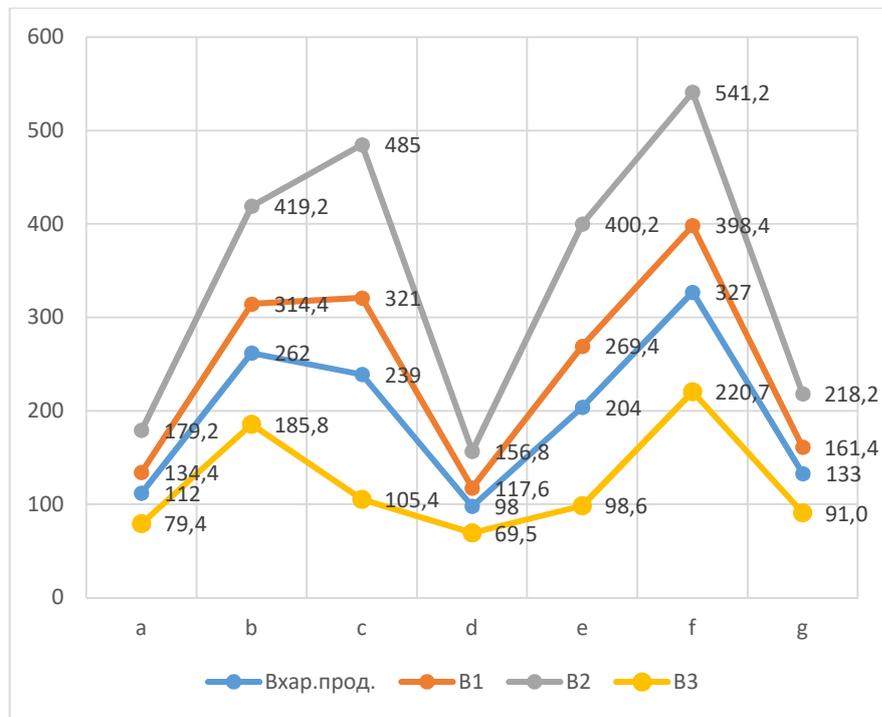


Рисунок 4.9 – Расчёт по формулам (2.2), (2.3), (3.1) при  $k_2=5$

Если  $k_2=6$ , то получаются отрицательные результаты при расчете логарифма.

Полученные результаты отражены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Результаты расчёта при  $k_2=6$

Формулы	a	b	c	d	e	f	g
$V_{\text{хар.прод.}}$	112	262	239	98	204	327	133
$V_{\text{хар.прод.}}(1.1)$	134,4	314,4	321	117,6	269,4	398,4	161,4
$V_{\text{хар.прод.}}1(2.2)$	246,4	576,4	731	215,6	596,4	755,4	303,4
$V_{\text{хар.прод.}}2(2.3)$	46,9	109,7	-28,2	41,0	-6,8	114,4	48,9

Сравнивая оценки удовлетворенности потребителей новыми вагонами метрополитена и продукцией конкурентов на рынке, можно выявить направления для улучшения проектируемой продукции. Таким образом, можно сделать вывод, что для повышения качества производства вагонов метро на АО «Метровагонмаш» необходимо в первую очередь заняться улучшением таких характеристик, как:

- ремонтпригодность;
- вандалоустойчивость;
- обеспечение требований к личному пространству пассажиров.

Для оценки результативности применения данных методик рассмотрим эффекты, получаемые от реализации пожеланий и новых требований потребителей к продукции:

Повышение уровня удовлетворенности потребителей, за счет точного понимания запросов рынка и реализации соответствующих характеристик позволяют создать продукцию, соответствующую ожиданиям потребителей, что существенно улучшает лояльность покупателей и увеличивает продажи. Повышение уровня комфорта и удовлетворенности пассажиров обеспечивает увеличение пассажиропотока в метрополитене и создает дополнительный спрос на новую продукцию.

В следствие внедрения QFD-анализа увеличились расходы на этапе проведения маркетинговых исследований, за счет необходимости дополнительного проведения QFD-анализа с учетом конкуренции. При этом общее время этапа проведения маркетинговых исследований остается неизменным или меняется незначительно, так как данный анализ может проводиться одновременно с другими элементами маркетинговых исследований.

Результаты маркетинговых исследований с применением QFD-анализа с учетом конкуренции позволили оптимизировать процесс проектирования и разработки новой продукции. За счет фокусировки на ключевых характеристиках, наиболее важных для потребителей, и одновременным сокращением трудозатрат и расходов на проработку менее значимых свойств продукции, прогнозируемое сокращение длительности этапа проектирования и разработки составляет 20-25 %.

Учет наиболее значимых для потребителя характеристик способствует повышению уровня удовлетворенности потребителей новой продукцией. Потребители проявляют повышенный интерес к новой продукции, наилучшим образом соответствующей их предпочтениям и ожиданиям, формируя тем самым дополнительный рыночный спрос. Ожидаемое увеличение объема продаж от повышения спроса составляет более 10% в год.

В конце 2020 г. выпущена новая серия вагонов метро 81-775/776/777 «Москва 2020», учитывающая в себе значимые для потребителя характеристики качества

продукции. Общий объем закупки новых вагонов в период 2020-2023 гг. увеличился на 10-15% в год по сравнению с предыдущей серией.

В период 2021-2024 гг. проведена модернизация рассматриваемых вагонов метро серии 81-765/766/767 «Москва», с учетом опыта внедрения значимых характеристик качества продукции, в следствие чего заключены новые контракты на поставку модернизированных вагонов в регионы РФ и страны СНГ.

За счет формирования конкурентных преимуществ продукция, разработанная с использованием QFD-анализа с учетом конкуренции, обладает высоким уровнем соответствия потребностям целевой аудитории, что выделяет компанию среди конкурентов и обеспечивает устойчивое положение на рынке. Точечное внедрение важных для потребителей характеристик позволяет привлечь интерес новых заказчиков и обеспечить выход на новые рынки, расширив географию поставок за счет увеличения привлекательности новой продукции. Заключение новых контрактов на поставку новых вагонов в зарубежные страны и регионы РФ обеспечило прирост плана производства в среднем на 10-15 %, в сравнении с предыдущими периодами.

Проработка каждого этапа развития продукции с точки зрения потребительских предпочтений снижает риски выхода на рынок недостаточно востребованного решения и минимизирует риски провала новой продукции.

Применение QFD-анализа с учетом конкуренции поддерживает систематический подход к развитию продукции, позволяющей последовательно улучшать качество и инновационность выпускаемой продукции, обеспечивая стабильный рост бизнеса.

#### **4.2 Практическая апробация методик и моделей проектирования параметров качества на ООО «Самараавтожгут»**

В данной работе рассмотрим электрооборудование, производимое компанией ООО «Самараавтожгут», установленное в передней и задней частях автомобиля Lada Granta. Передняя секция оборудования включает стартер, генератор, осветительные приборы, звуковой сигнал, блок предохранителей, электровентилятор и другое электронное оборудование, соединённые между собой

передним жгутом проводов, проложенным в моторном отсеке автомобиля. Его принципиальная схема представлена на рисунке 4.14.

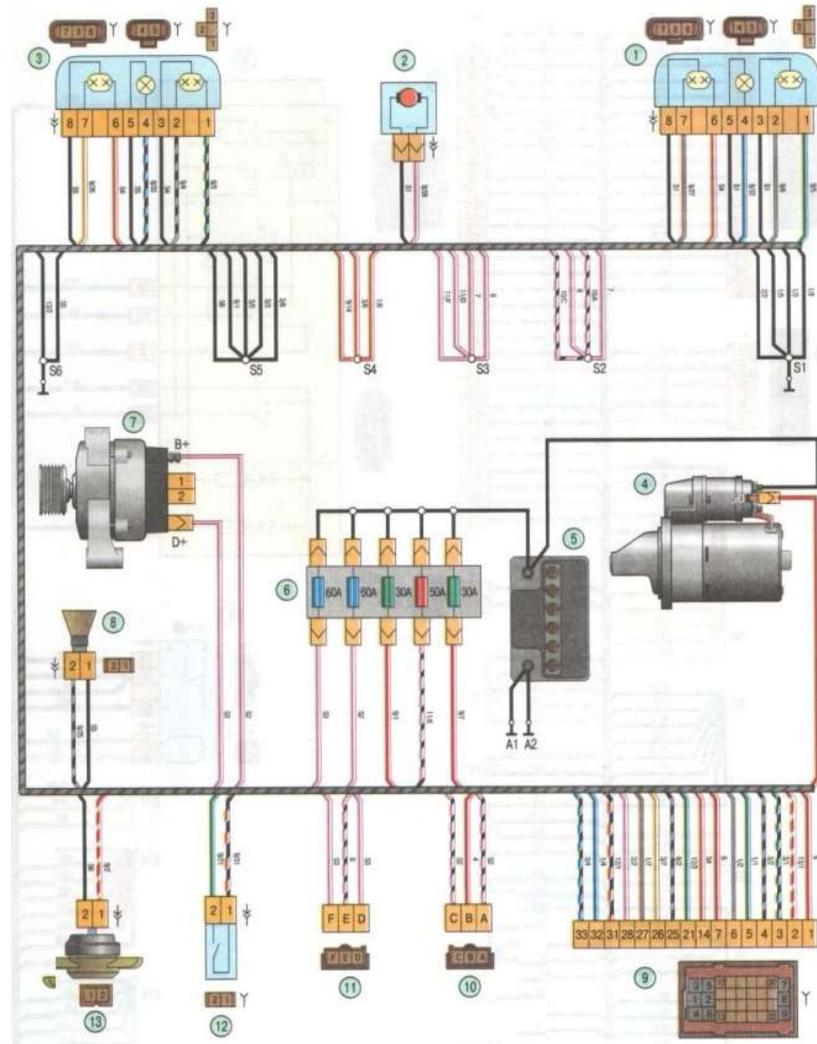


Рисунок 4.10 – Схема переднего жгута

Обозначения на схеме (рисунок 4.10):

- 1,3 – блок-фара;
- 2 – электродвигателя бачка омывателя;
- 4 – стартер двигателя;
- 5 – аккумуляторная батарея;
- 6 – блок силовых предохранителей;
- 7 – генератор;
- 8 – звуковой сигнал;
- 9, 10, 11 – к разъемам панели приборов;
- 12 – концевой выключатель лампы заднего хода;

## 13 – вентилятор системы охлаждения.

На схеме приведено следующее обозначение цифр: первая указывает к какому элементу ведет провод, а вторая – к какому номеру контакта.

Таким образом, практически каждый электронный элемент в моторном отсеке соединены при помощи данного жгута проводов.

Далее рассмотрим подключения схему заднего жгута проводов на автомобиле Лада Гранта. Задний жгут проводов обеспечивает соединение устройств, установленных в задней части авто. Например, к задним фонарям, подсветке номера, электро-бензонасоса и другим. Задний жгут проводов также соединен со жгутами дверей, жгутом панели приборов (рисунок 4.11).

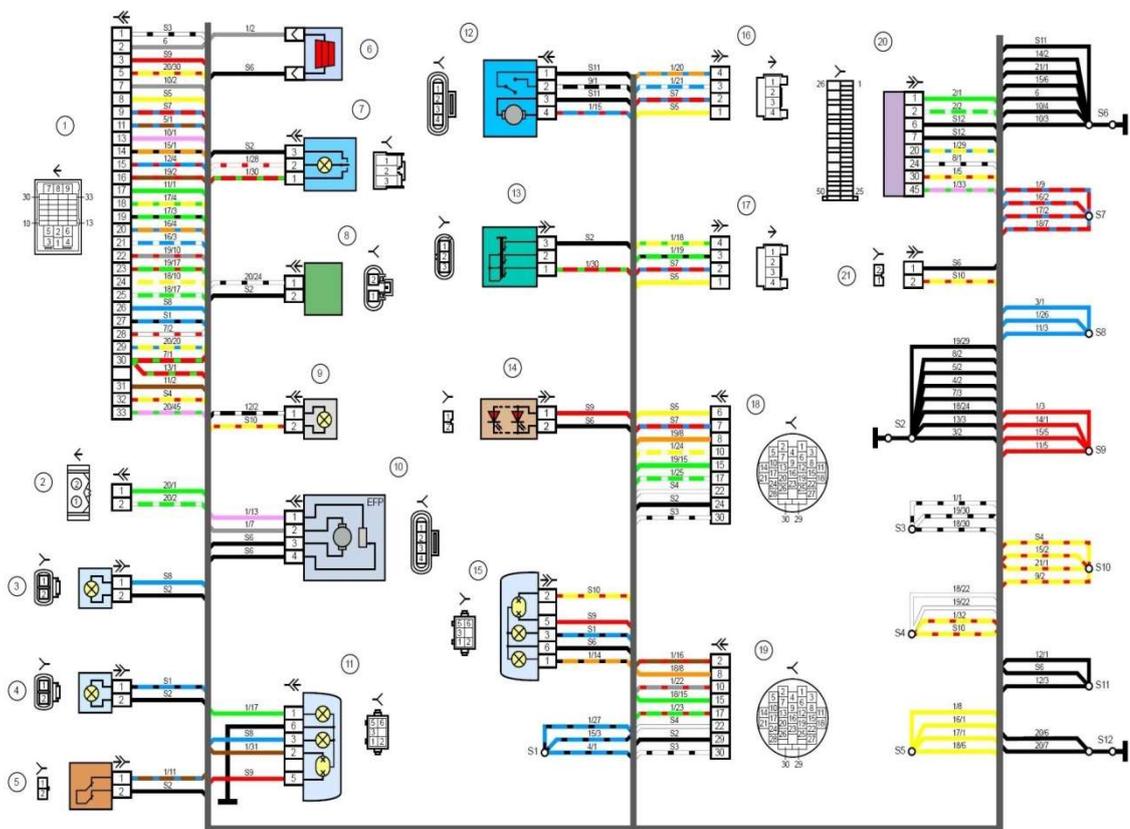


Рисунок 4.11 – Схема заднего жгута

На данной схеме принято следующее обозначение проводов: сначала указывается символом, к какому элементу идет указанный провод, а через дробь – к какому контакту данного элемента.

Обозначения на схеме:

1, 2 – колодка заднего жгута проводов к колодке жгута проводов панели приборов;

- 3 – правый бортовой указатель поворота;
- 4 – левый бортовой указатель поворота;
- 5 – датчик положения рычага ручного тормоза;
- 6 – элемент обогрева заднего стекла;
- 7 – плафон освещения салона;
- 8 – концевик ремня безопасности водителя;
- 9 – фонарь освещения в багажнике;
- 10 – модуль электробензонасоса;
- 11 – лампочка на правом борту автомобиля;
- 12 – электродвигатель открывания багажника;
- 13 – выключатель потолочного освещения салона;
- 14 – дополнительный светодиодный стоп сигнал;
- 15 – фонарь по левому борту автомобиля;
- 16 – колодка заднего жгута проводов к колодке жгута проводов задней левой двери (провода для динамика – коричнево-синий и сине-белый);
- 17 – колодка заднего жгута проводов к колодке жгута проводов задней правой двери (провода для динамика – зелено-коричневый и желто-зеленый);
- 18 – колодка заднего жгута проводов к колодке жгута проводов передней правой двери (провода для динамика – желто-белый и зелено-белый);
- 19 – колодка заднего жгута проводов к колодке жгута проводов передней левой двери (провода для динамика – серо-красный и зелено-красный);
- 20 – блок управления системой подушек безопасности;
- 21 – колодка заднего жгута проводов к колодке жгута проводов фонарей освещения государственного регистрационного номера.

При проведении исследования использовался метод письменного анкетирования, метод, требующий меньших затрат. Письменное анкетирование проходило в сервисном центре Самара-Лада в течение 2014 года. В роли респондентов выступали 300 непосредственных потребителей автомобилей Лада Гранта у которых возникли гарантийные случаи по дефекту жгутов проводов, для

выяснения у них требований и пожеланий к данной продукции. Анкета представлена в Приложении В.

В первую очередь составим список уточненных пожеланий потребителей и определим, какие ожидания наиболее важны. Были выявлены следующие пожелания (таблица 4.9):

Таблица 4.9 – Пожелания потребителей и важность планируемых параметров качества

Требование	Важность
Регулярный запуск двигателя автомобиля с первой попытки	10
Повышение защиты электропроводки от коротких замыканий (возгорания автомобиля)	10
Стабильный заряд аккумулятора	9
Отсутствие шума в проводке	8
Бесперебойная работа фонаря освещения в багажнике	9
Бесперебойная работа фар	9
Бесперебойная работа обогрева заднего стекла	8
Стабильная работа освещения в салоне	8
Стабильная работа блокировки дверей	9
Стабильная работа датчика парковки	9

Преобразуем пожелания потребителя в характеристики продукции. Для того, чтобы провести это преобразование, необходимо присвоить символы, характеризующие связи, соответствующий вес (таблица 4.10).

Таблица 4.10 – Символы, характеризующие связи

Связь	Вес
● – сильная связь	9
○ – средняя	3
▲ – слабая	1

Присвоение символам веса «9 – 3 – 1» дает значимое различие между важными и не очень важными компонентами рассматриваемых связей.

На основании полученных анкетных данных была сформирована таблица 4.11. По горизонтали – требования потребителя к жгутам проводов, по вертикали – характеристики жгутов проводов.

Таблица 4.11 – QFD-анализ жгутов проводов

Требования потребителя	Важность	Характеристики продукта							
		Усилие отрыва клеммы от провода	Усилие отрыва гильзы от провода	Усилие отрыва наконечника от провода	Целостность изоляции	Наличие защитного колпачка	Наличие липкой ленты (Scapa)	Отсутствие окисления контакта	Отсутствие раковин в структуре металла клемм
Регулярный запуск двигателя автомобиля с первой попытки	10	●	▲	○	●				●
Повышение защиты электропроводки от коротких замыканий (возгорания автомобиля)	10				●	●			
Стабильный заряд аккумулятора	9							●	
Отсутствие шума в проводке	8						●		
Бесперебойная работа фонаря освещения в багажнике	9							●	
Бесперебойная работа фар	9			●				●	
Бесперебойная работа обогрева заднего стекла	8							●	
Стабильная работа освещения в салоне	8			●				●	
Стабильная работа блокировки дверей	9			●				●	
Стабильная работа датчика парковки	9			●				●	
Абсолютный вес	1426	90	10	345	180	90	72	549	90

Найдем абсолютное значение требования к характеристике продукции, вычислив сумму произведений оценки потребителей на вес, соответствующий степени связи, согласно формуле (1.1). Итоговое значение отображается в конце столбца, демонстрируя значимость того или иного требования к характеристике продукции, то есть ключевые показатели качества для потребителя.

Для выяснения конкурентоспособности продукции ООО «Самараавтожгут» провели анализ характеристик продукции конкурентов в сравнении со своей продукцией по заданным требованиям. Сравнительный анализ проводился со следующими предприятиями-конкурентами: ЗАО «ПЭС/СКК» и ООО «Язаки». Данные сведем в таблицу 4.12.

Таблица 4.12 – Удовлетворенность продукцией конкурентов

Требование	ООО «Самараавтожгут»	ЗАО «ПЭС/СКК»	ООО «Язаки»
Регулярный запуск двигателя автомобиля с первой попытки	3	3	4
Повышение защиты проводки от коротких замыканий (возгорания автомобиля)	3	4	5
Стабильный заряд аккумулятора	4	3	4
Отсутствие шума в проводке	3	3	5
Бесперебойная работа фонаря освещения в багажнике	5	4	4
Бесперебойная работа фар	3	4	5
Бесперебойная работа обогрева заднего стекла	4	5	4
Стабильная работа освещения в салоне	5	5	5
Стабильная работа блокировки дверей	4	3	3
Стабильная работа датчика парковки	3	3	5

Рассчитаем весомость характеристик продукции с учетом положения на рынке. Значимость характеристик продукта представлена в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Значимость характеристик продукта

Требования	Важность	Характеристики продукта								Мы	Конкуренты		Цель	Отставание	Максимум	Потери
		a	b	c	d	e	f	g	h		А	Б				
1	10	9	1	3	9				9	3	3	4	5	2	4	1
2	10				9	9				3	4	5	5	2	5	2
3	9							9		4	3	4	5	1	4	0
4	8						9			3	3	5	5	2	5	2
5	9							9		5	4	4	5	0	4	0
6	9			9				9		3	4	5	5	2	5	2
7	8							9		4	5	4	5	1	5	1
8	8			9				9		5	5	5	5	0	5	0
9	9			9				9		4	3	3	5	1	3	0
10	9			9				9		3	3	5	5	2	5	2

Если  $k_2=1$ , то полученные результаты отражены в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Результаты расчёта при  $k_2=1$

Формулы	a	b	c	d	e	f	g	h
$V_{\text{хар.прод.}}(1.1)$	90	10	345	180	90	72	549	90
$V_{\text{хар.прод.1}}(2.2)$	126	14	438	252	126	100,8	660,6	126
$V_{\text{хар.прод.2}}(2.3)$	126	14	438	252	126	100,8	660,6	126
$V_{\text{хар.прод.3}}(3.1)$	70,0	7,8	294,6	140,1	70,0	56,0	490,4	70,0

Ниже приведены графики визуализации расчетов в соответствии с математическими моделями (рисунки 4.12-4.15).

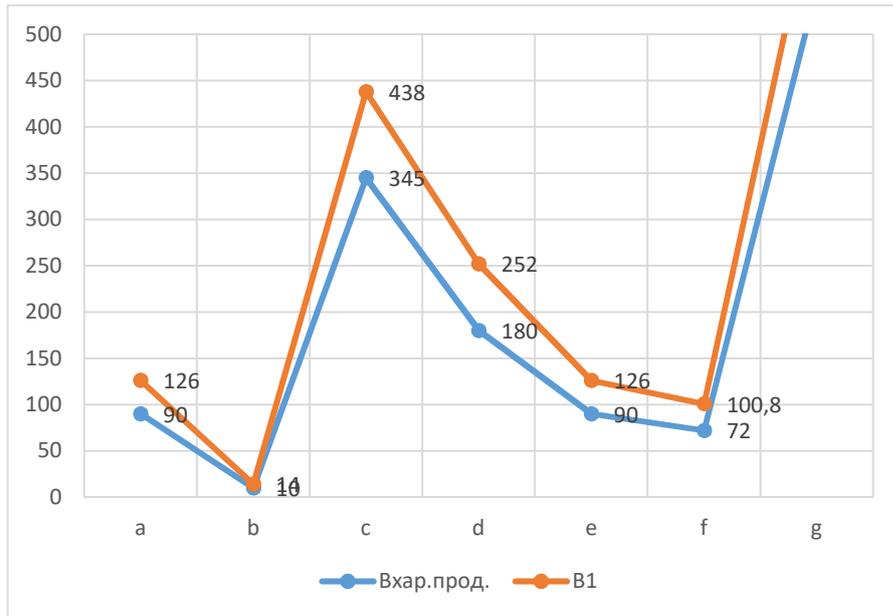


Рисунок 4.12 – Сравнение расчётов по формулам (1.1) и (2.2) при  $k_2=1$

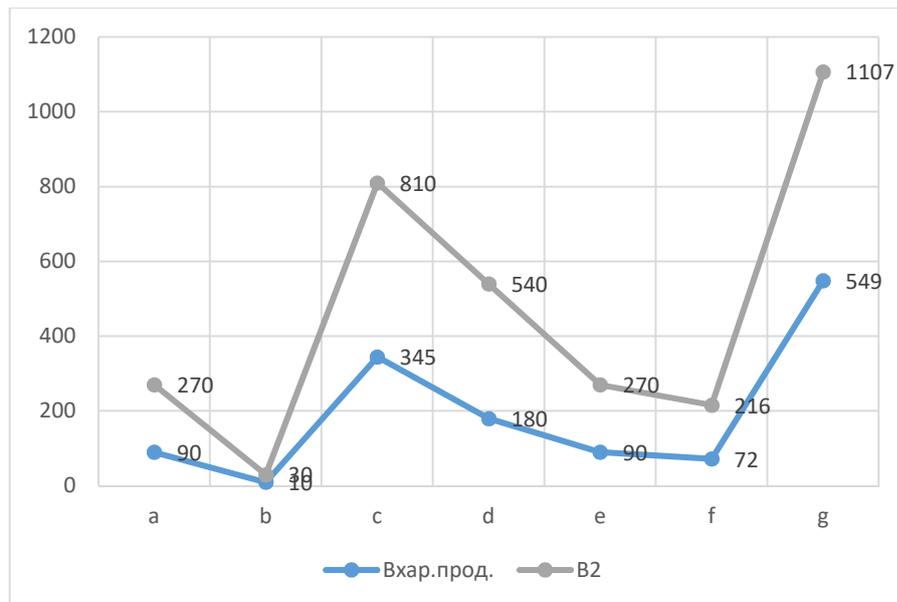


Рисунок 4.13 – Сравнение расчётов по формулам (1.1) и (2.3) при  $k_2=1$

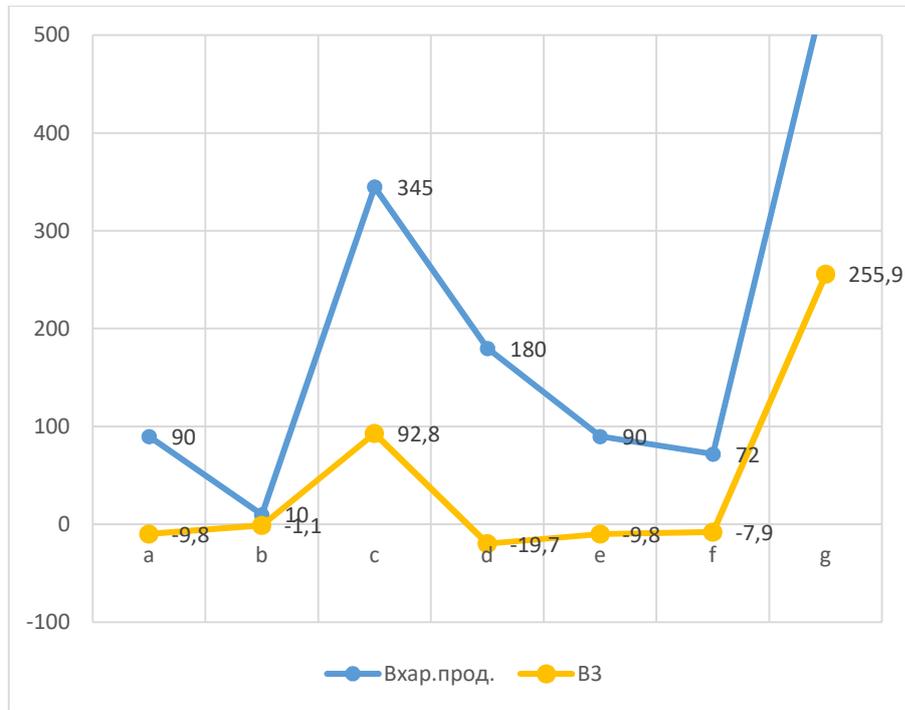


Рисунок 4.14 – Сравнение расчётов по формулам (1.1) и (3.1) при  $k_2=1$

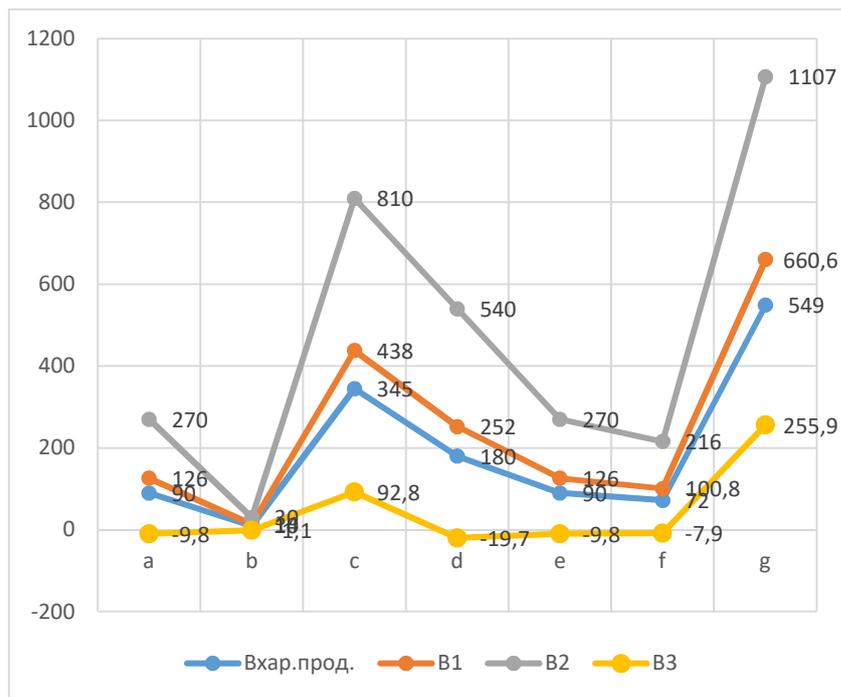


Рисунок 4.15 – Расчёт по формулам (2.2), (2.3), (3.1) при  $k_2=1$

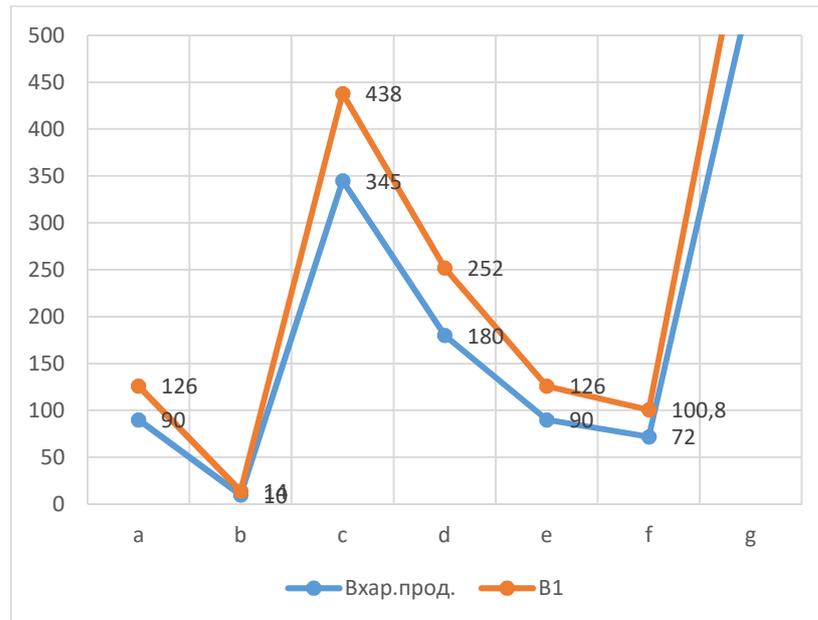
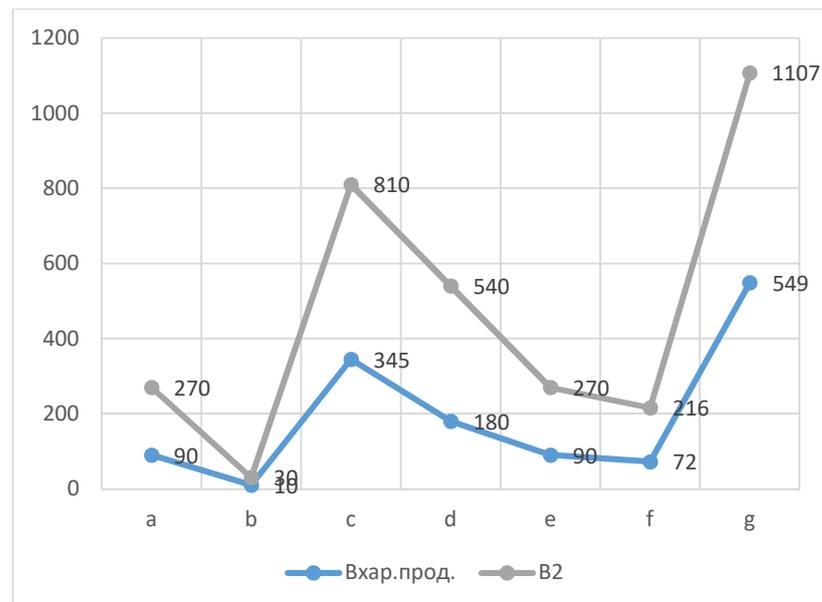
Из графика на рисунке 4.15 и таблицы 4.14 видно, что формулы (2.2) и (2.3) идентичны. Т.е. если конкуренция равно единице стоит пользоваться формулой (2.3).

Примем  $k_2=3$  и сведём результаты в таблицу 4.15.

Таблица 4.15 – Результаты расчёта при  $k_2=3$ 

Формулы	a	b	c	d	e	f	g	h
$V_{\text{хар.прод.}}(1.1)$	90	10	345	180	90	72	549	90
$V_{\text{хар.прод.1}}(2.2)$	126	14	438	252	126	100,8	660,6	126
$V_{\text{хар.прод.2}}(2.3)$	198	22	624	396	198	158,4	883,8	198
$V_{\text{хар.прод.3}}(3.1)$	30,1	3,3	193,7	60,2	30,1	24,1	373,2	30,1

Ниже приведены графики визуализации расчетов в соответствии с математическими моделями (рисунки 4.16-4.19).

Рисунок 4.16 – Сравнение расчётов по формулам (1.1) и (2.2) при  $k_2=3$ Рисунок 4.17 – Сравнение расчётов по формулам (1.1) и (2.3) при  $k_2=3$

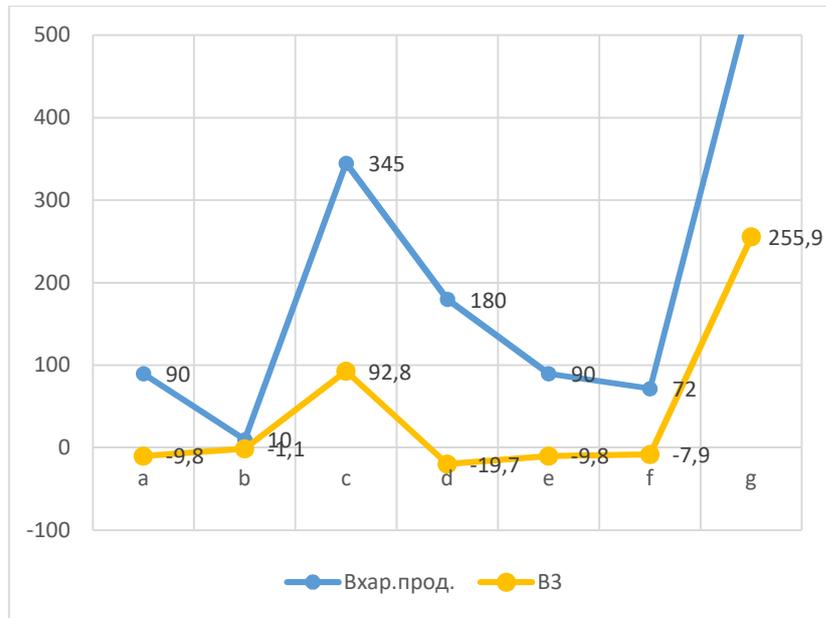


Рисунок 4.18 – Сравнение расчётов по формулам (1.1) и (3.1) при  $k_2=3$

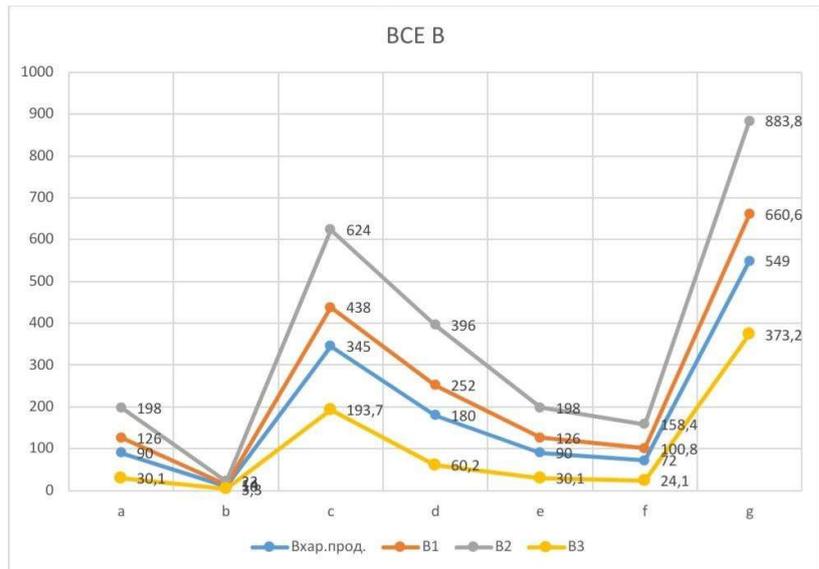


Рисунок 4.19 – Расчёт по формулам (2.2), (2.3), (3.1) при  $k_2=3$

Если  $k_2=5$ , то отрицательные результаты у логарифма. Результаты расчета приведены в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Результаты расчёта при  $k_2=5$ 

Формулы	a	b	c	d	e	f	g	h
$V_{\text{хар.прод.1(1.1)}}$	90	10	345	180	90	72	549	90
$V_{\text{хар.прод.1(2.2)}}$	126	14	438	252	126	100,8	660,6	126
$V_{\text{хар.прод.2(2.3)}}$	270	30	810	540	270	216	1107	270
$V_{\text{хар.прод.3(3.1)}}$	-9,8	-1,1	92,8	-19,7	-9,8	-7,9	255,9	-9,8

Сравнивая оценки удовлетворенности потребителей новой продукцией и продукцией конкурентов на рынке, можно выявить перспективы улучшения проектируемой продукции. Для повышения качества производства жгутов проводов на ООО «Самараавтожгут» следует сосредоточиться на совершенствовании таких характеристик, как:

- отсутствие окисления контакта;
- усилие отрыва наконечника от провода;
- целостность изоляции.

#### **4.3 Проведение QFD анализа процесса установки блокиратора КПП «Гарант Консул» для автомобилей Nissan с учетом конкуренции и закона Вебера-Фехнера**

Рассмотрим противоугонный бесштыревой замок консольного или линейного действия **Гарант Консул** (рисунок 4.20), который устанавливается на КПП автомобиля Nissan в сервисном центре Nissan. Он препятствует переключению передач, предотвращает несанкционированное использование автомобиля.



Рисунок 4.20 – Блокиратор КПП для автомобилей Nissan

В блокираторе КПП «Гарант Консул» используется замковый механизм секретов Abloy Protec (1,97 млрд комбинаций), смонтированный в массивном корпусе, обеспечивающем высокий уровень защиты от несанкционированного проникновения. Простота и комфорт использования достигнуты за счет отсутствия съёмных деталей, скрытой установки и небольшого отверстия под ключ, что позволяет сохранить стильный вид салона автомобиля. Кронштейны изготовлены из стального листа толщиной 5 мм, покрыты черным матовым покрытием, стойким к коррозии и гармонично дополняющим интерьер машины. Улучшен эргономичный дизайн замка, длина выступающей части механизма уменьшена до 14 мм, что втрое меньше, чем у аналогов, что облегчает установку на любые поверхности.

Заблокировать или разблокировать коробку передач можно простым поворотом ключа ABLOY на 180°, как по часовой, так и против часовой стрелки. Надежность обеспечивается специальным замковым механизмом, управляемым встроенной тягой. Блокировка выполняется переводом рычага переключения передач в указанное положение по инструкции.

Исследование процесса установки блокиратора КПП проводилось методом письменного анкетирования, требующим небольших затрат. Анкетирование

прошло в дилерском центре Nissan в 2014 г. В роли респондентов выступали 300 непосредственных потребителей автомобилей Nissan, которые установили блокиратор КПП «Гарант Консул», для выяснения у них требований и пожеланий к данному процессу. Анкета представлена в Приложении Г.

В первую очередь составим список уточненных пожеланий потребителей и определим, какие ожидания наиболее важны. Были выявлены следующие пожелания к процессу установке блокиратора КПП «Консул Гарант» (таблица 4.17):

Таблица 4.17 – Пожелания потребителей и важность планируемых параметров качества

Требование	Важность
Простота использования, меньше действий (бесштыревой)	10
Функциональность, удобный доступ к замку	10
Увеличить надежность механизма	10
Увеличить надежность фиксации рычага переключения (с большим усилием убрать с передачи)	7
Совместимость устройства с автозапуском на механ. КПП	10
Совместимость охраны с устройством	5
Возможность блокировки КПП без ключа (чип, метка)	7
Удешевить конструкцию и услугу по установке	10
Возможность покупки и установки не в дилерском центре с сохранением гарантии	10
Уменьшение изменений в штатную конструкцию автомобиля	10
Время установки	10

Преобразуем пожелания потребителя в этапы процесса установки «Гарант Консул». Для проведения данного преобразования необходимо присвоить символам, обозначающим связи, соответствующий вес (таблица 4.18).

Таблица 4.18 – Символы, характеризующие связи

Связь	Вес
 – сильная связь	9
 – средняя	3

 – слабая	1
--	---

Присвоение символам веса «9 – 3 – 1» дает значимое различие между важными и не очень важными компонентами рассматриваемых связей.

На основании полученных анкетных данных была сформирована таблица 4.19. По горизонтали – требования потребителя к процессу установки «Гарант Консул», по вертикали – этапы процесса установки.

Таблица 4.19 – QFD-анализ процесса установки «Гарант Консул» в сервисном центре Nissan

Требования потребителя	Важность	Этапы процесса							Сервисный центр Nissan	Конкуренты	
		Прием автомобиля и определение услуги	Разборка автомобиля (частично)	Примерка	Монтаж	Регулировка	Сборка салона, доработка панели салона	Сдача		Блюз мобилъ Тронинг центр	Уа7auto
Простота использования, меньше действий (бесштыревой)	10			●				●	5	4	5
Функциональность, удобный доступ к замку	10						●	○	4	5	3
Увеличить надежность механизма	10			●		●		○	5	5	5
Увеличить надежность фиксации рычага переключения (с большим усилием убрать с передачи)	7			○	●	○			4	5	4
Совместимость устройства с автозапуском на механ. КПП	10	●	●			▲	▲	▲	4	4	5
Совместимость охраны с устройством	5	○	○	▲			▲	▲	5	5	4
Возможность блокировки КПП без ключа (чип, метка)	7				●	○	●		3	5	4
Удешевить конструкцию и услугу по установке	10	●		▲		○		▲	4	4	5
Возможность покупки и установки не в дилерском центре с сохранением гарантии	10	●							5	4	5
Уменьшение изменений в штатную конструкцию автомобиля	10		○		●		●		4	4	4
Время установки	10	▲	○	●	●	●	○	▲	5	5	5
Абсолютный вес	1807	295	165	306	306	262	288	185			
Относительный вес, %		16,4	9,2	16,9	16,9	14,5	15,9	10,2			

Определим абсолютное значение требования к этапу процесса установки блокиратора КПП по формуле (1.1). Результат выставляется в конце колонки, отражая значимость требования к этапу процесса, то есть ключевые показатели качества для потребителя.

Для выяснения конкурентоспособности сервисный центр Nissan по установке блокиратора КПП «Гарант Консул» провел анализ характеристик продукции конкурентов в сравнении со своей продукцией по заданным требованиям. Сравнительный анализ проводился со следующими предприятиями-конкурентами: тюнинг центр «Блюз мобиль» и Ya7auto. Данные сведем в таблицу 4.20.

Таблица 4.20 – Удовлетворенность процессом установки блокиратора КПП «Гарант Консул» у конкурентов

Требование	Сервисный центр Nissan	Блюз мобиль Тюнинг центр	Ya7auto
Простота использования, меньше действий (бесштыревой)	5	4	5
Функциональность, удобный доступ к замку	4	5	3
Увеличить надежность механизма	5	5	5
Увеличить надежность фиксации рычага переключения (с большим усилием убрать с передачи)	4	5	4
Совместимость устройства с автозапуском на механ. КПП	4	4	5
Совместимость охраны с устройством	5	5	4
Возможность блокировки КПП без ключа (чип, метка)	3	5	4
Удешевить конструкцию и услугу по установке	4	4	5
Возможность покупки и установки не в дилерском центре с сохранением гарантии	5	4	5
Уменьшение изменений в штатную конструкцию автомобиля	4	4	4
Время установки	5	5	5

Рассчитаем весомость характеристик продукции с учетом положения на рынке. Значимость характеристик продукта представлена в таблице 4.21.

Таблица 4.21 – Значимость характеристик продукта

Требования	Важность	Характеристики продукта								Мы	Конкуренты	Цель	Отставание	Максимум	Потери
		a	b	c	d	e	f	g	h	А	Б				
1	10			9				9	5	4	5	5	0	5	0
2	10						9	3	4	5	3	5	1	5	1
3	10			9		9		3	5	5	5	5	0	5	0
4	7			3	9	3			4	5	4	5	1	5	1
5	10	9	9			1	1	1	4	4	5	5	1	5	1
6	5	3	3	1			1	1	5	5	4	5	0	5	0
7	7				9	3	9		3	5	4	5	2	5	2
8	10	9		1		3		1	4	4	5	5	1	5	1
9	10	9							5	4	5	5	0	5	0
10	10		3		9		9		4	4	4	5	1	4	0
11	10	1	3	9	9	9	3	1	5	5	5	5	0	5	0

Если  $k_2=1$ , то полученные результаты отражены в таблице 4.22.

Таблица 4.22 – Результаты расчёта при  $k_2=1$

Формулы	a	b	c	d	e	f	g
$V_{\text{хар.прод.}}(1.1)$	295	165	306	306	262	288	185
$V_{\text{хар.прод.1}}(2.2)$	331	189	312,2	361,8	282,6	351,2	195
$V_{\text{хар.прод.2}}(2.3)$	331	189	312,2	361,8	282,6	351,2	195
$V_{\text{хар.прод.3}}(3.1)$	277,6	153,4	303,0	277,2	251,4	255,6	180,2

Ниже приведены графики визуализации расчетов в соответствии с математическими моделями (рисунки 4.21-4.24).

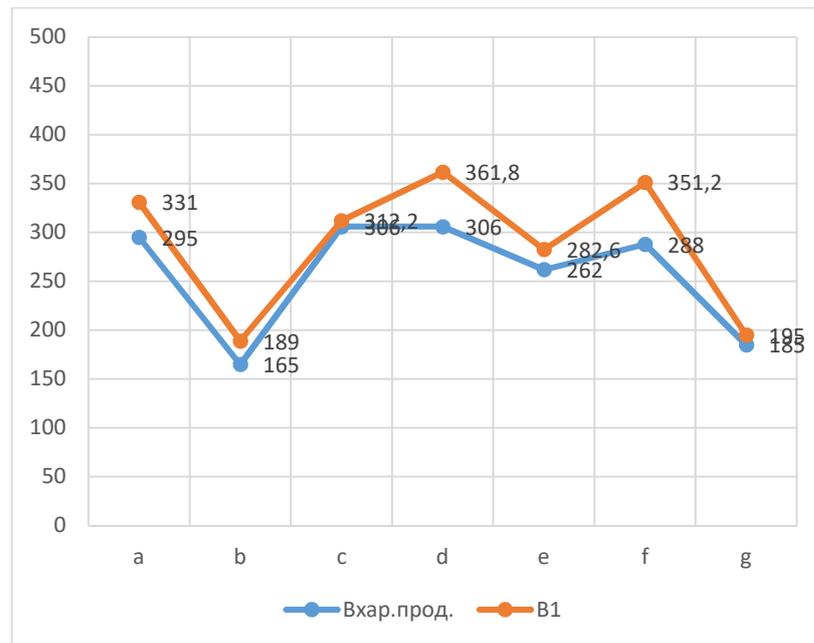


Рисунок 4.21 – Сравнение расчётов по формулам (1.1) и (2.2) при  $k_2=1$

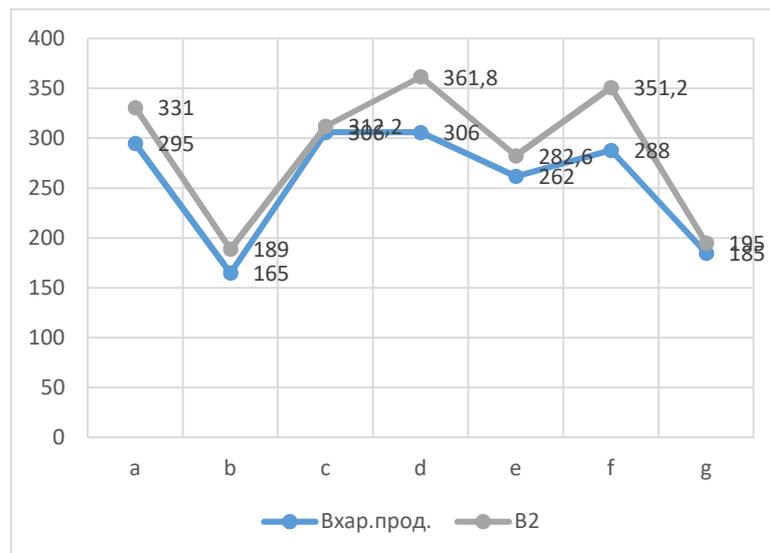


Рисунок 4.22 – Сравнение расчётов по формулам (1.1) и (2.3) при  $k_2=1$

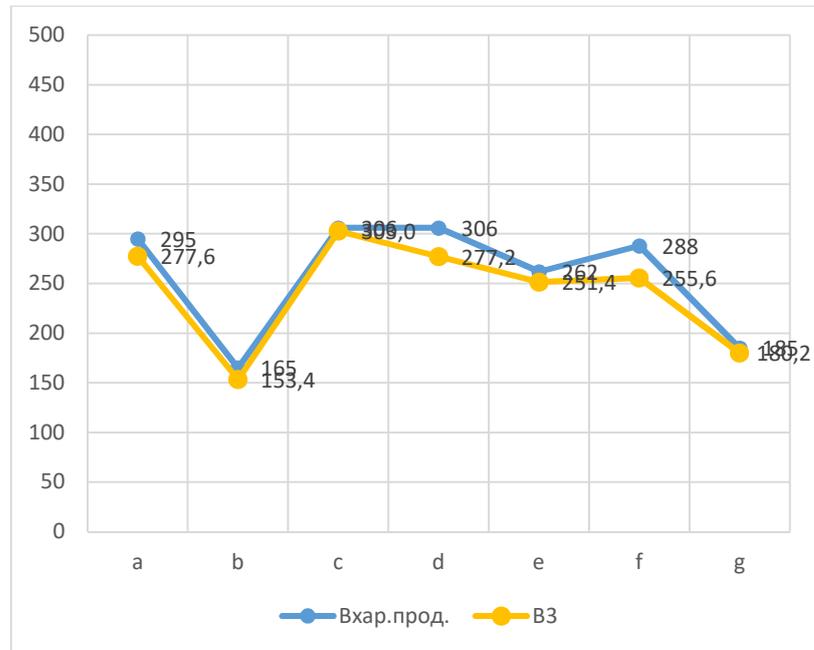


Рисунок 4.23 – Сравнение расчётов по формулам (1.1) и (3.1) при  $k_2=1$

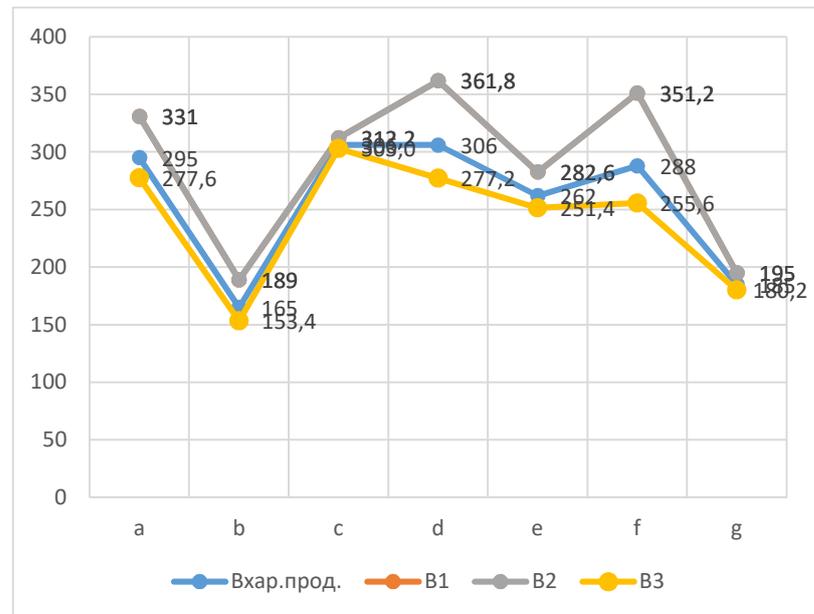


Рисунок 4.24 – Расчёт по формулам (2.2), (2.3), (3.1) при  $k_2=1$

Если  $k_2=3$ , то полученные результаты отражены в таблице 4.23.

Таблица 4.23 – Результаты расчёта при  $k_2=3$

Формулы	a	b	c	d	e	f	g
Вхар.прод.(1.1)	295	165	306	306	262	288	185
Вхар.прод.1(2.2)	331	189	312,2	361,8	282,6	351,2	195
Вхар.прод.2(2.3)	403	237	324,6	473,4	323,8	477,6	215
Вхар.прод.3(3.1)	242,7	130,1	297,0	219,6	230,3	190,8	170,5

Ниже приведены графики визуализации расчетов в соответствии с математическими моделями (рисунки 4.25-4.28).

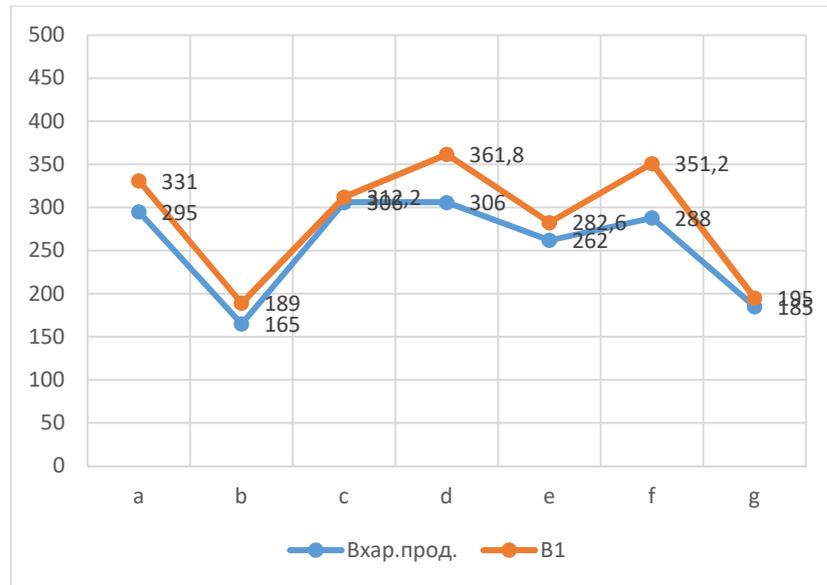


Рисунок 4.25 – Сравнение расчётов по формулам (1.1) и (2.2) при  $k_2=3$

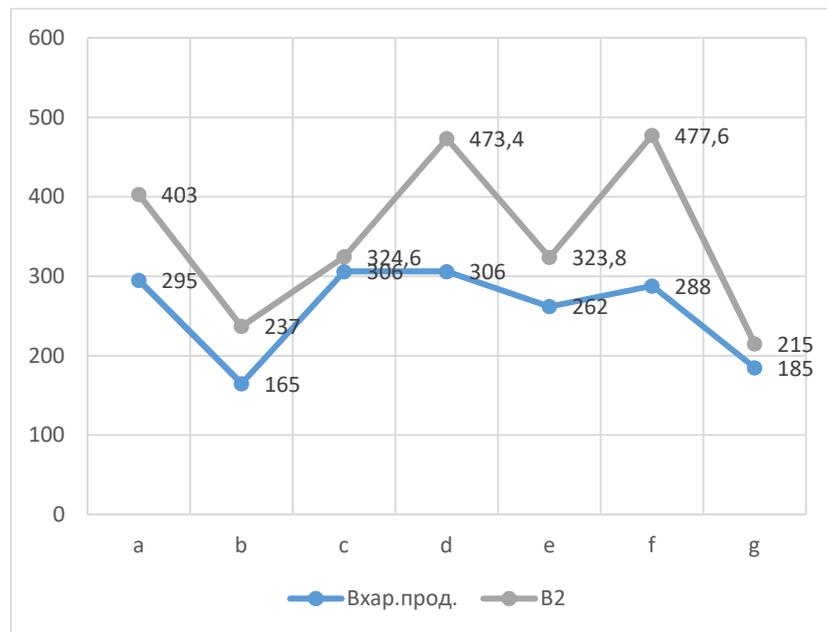


Рисунок 4.26 – Сравнение расчётов по формулам (1.1) и (2.3) при  $k_2=3$

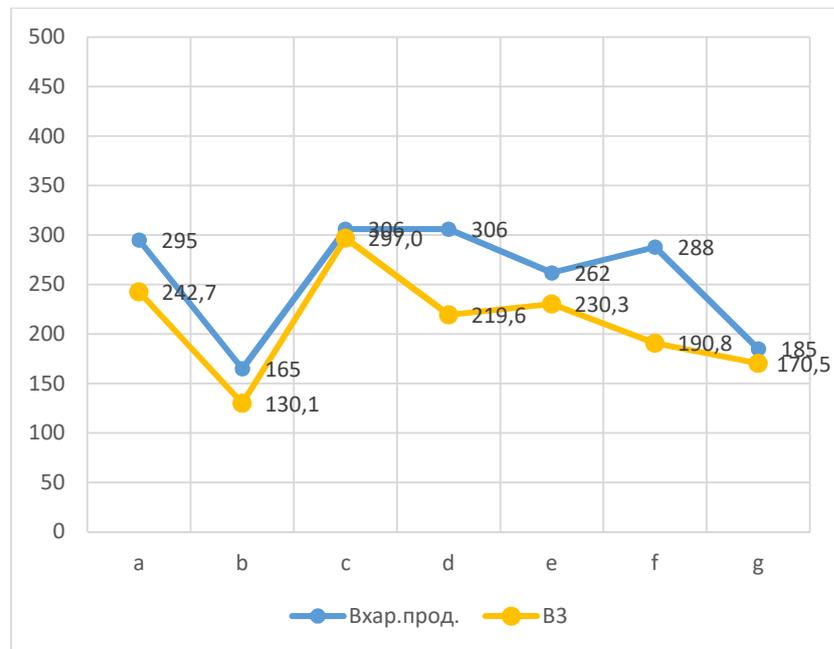


Рисунок 4.27 – Сравнение расчётов по формулам (1.1) и (3.1) при  $k_2=3$

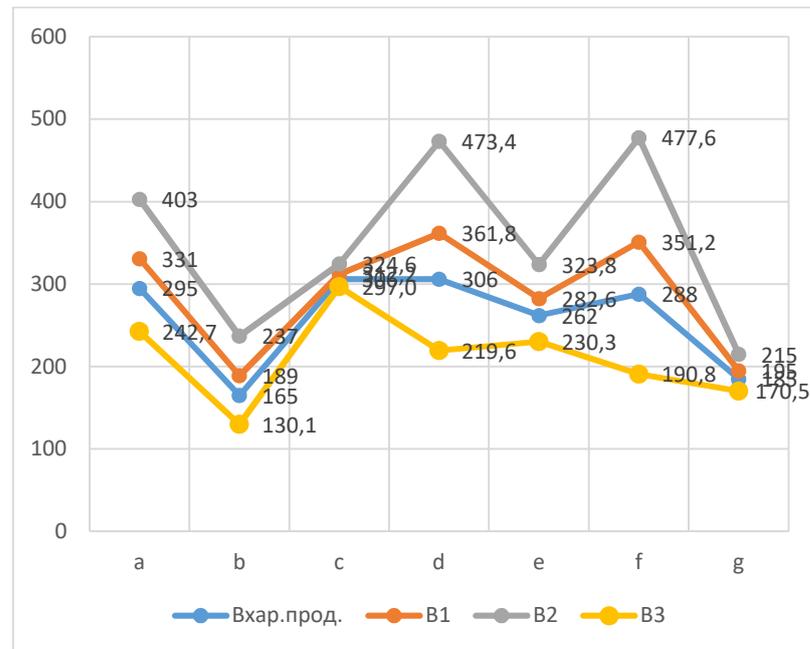


Рисунок 4.28 – Расчёт по формулам (2.2), (2.3), (3.1) при  $k_2=3$

Если  $k_2=5$ , то полученные результаты отражены в таблице 4.24.

Таблица 4.24 – Результаты расчёта при  $k_2=5$

Формулы	a	b	c	d	e	f	g
Вхар.прод.(1.1)	295	165	306	306	262	288	185
Вхар.прод.1(2.2)	331	189	312,2	361,8	282,6	351,2	195
Вхар.прод.2(2.3)	475	285	337	585	365	604	235
Вхар.прод.3(3.1)	207,8	106,9	291,0	162,0	209,1	126,1	160,8

Ниже приведены графики визуализации расчетов в соответствии с математическими моделями (рисунки 4.29-4.32).

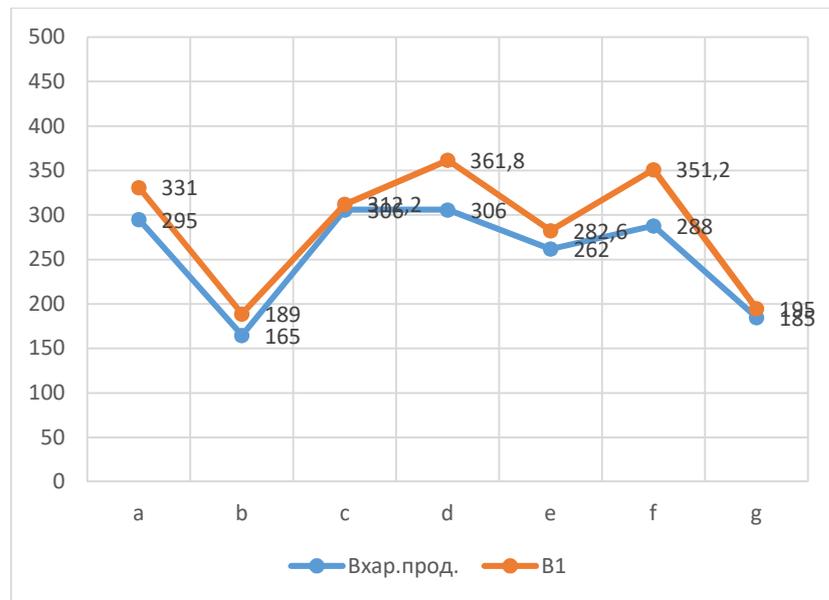


Рисунок 4.29 – Сравнение расчётов по формулам (1.1) и (2.2) при  $k_2=5$

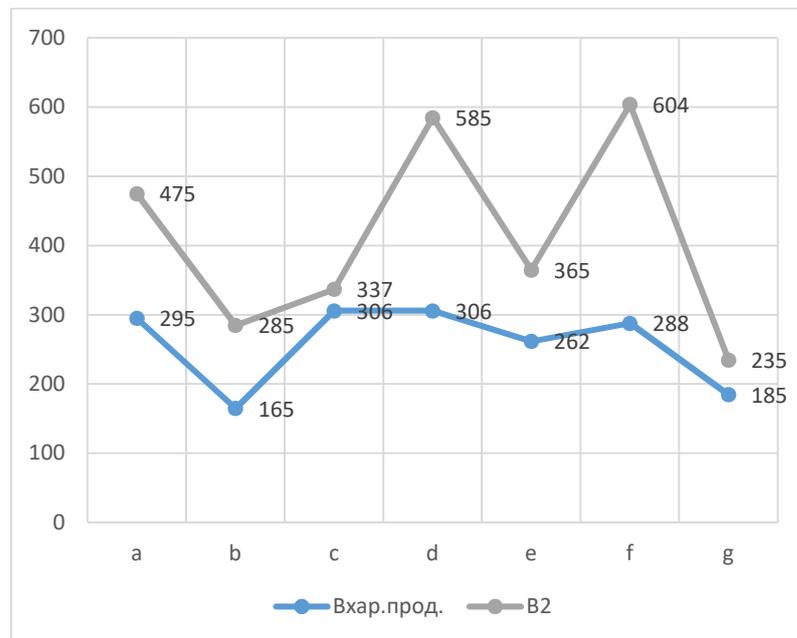


Рисунок 4.30 – Сравнение расчётов по формулам (1.1) и (2.3) при  $k_2=5$

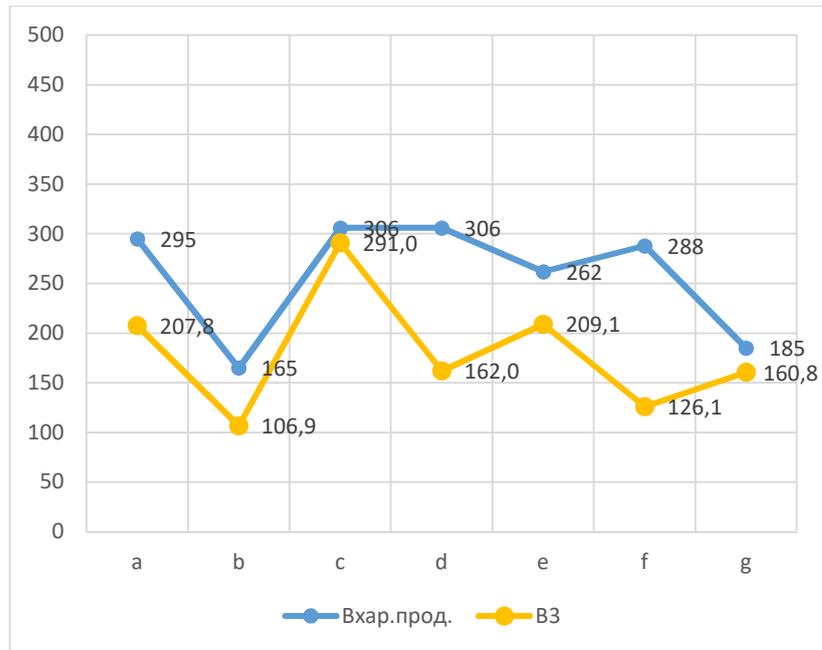


Рисунок 4.31 – Сравнение расчётов по формулам (1.1) и (3.1) при  $k_2=5$

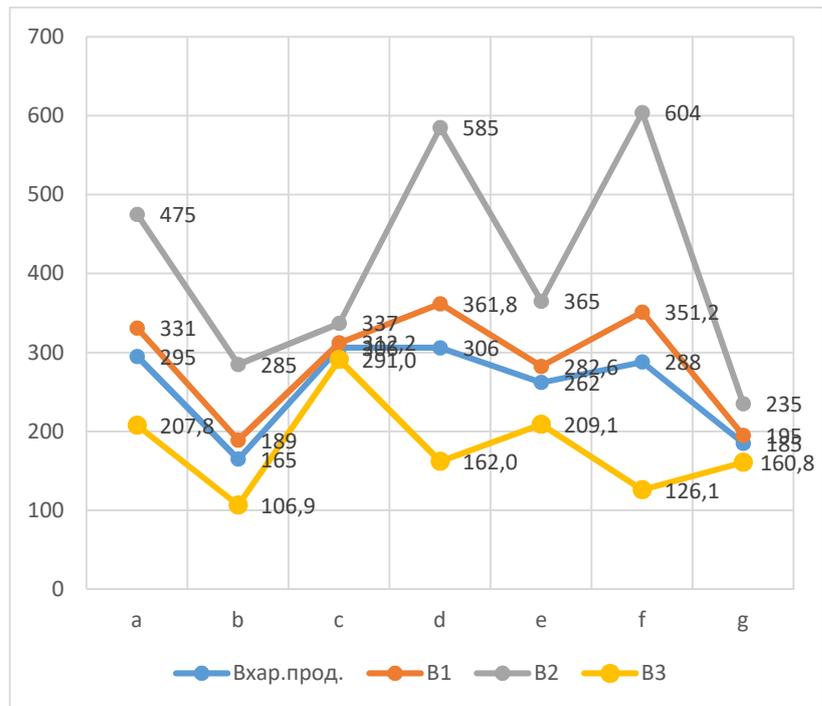


Рисунок 4.32 – Расчёт по формулам (2.2), (2.3), (3.1) при  $k_2=5$

Сравнивая оценки степени удовлетворенности процесса установки блокиратора КПП «Консул Гарант» сервисного центра Nissan и его конкурентов, можно выявить направления совершенствования процесса. С учетом конкуренции и законом Вебера-Фехнера можно сделать вывод, что для повышения качества процесса установки блокиратора КПП «Консул Гарант» в сервисном центре Nissan

нужно обратить внимание в первую очередь на совершенствование таких этапов процесса как:

- сборка салона, доработка панели салона;
- монтаж;
- прием автомобиля и определение услуги.

#### **4.4 Вывод по главе 4**

1. Проведена практическая апробация разработанных методик и моделей проектирования параметров качества на машиностроительном предприятии АО «Метровагонмаш». Проведена экспертная оценка и анкетирование потребителей (пассажиры вагонов метро), выявлены и проранжированы пожелания потребителей и важность планируемых параметров качества. Установлены связи требований потребителей с характеристиками продукции. Проведен расчет удовлетворенности потребителей продукцией конкурентов. Проведено сравнение расчета коэффициентов весомости с разным уровнем конкуренции.

2. Проведена практическая апробация разработанных методик и моделей проектирования параметров качества на машиностроительном предприятии ООО «Самараавтожгут». Проведена экспертная оценка и анкетирование потребителей (пассажиры вагонов метро), выявлены и проранжированы пожелания потребителей и важность планируемых параметров качества. Установлены связи требований потребителей с характеристиками продукции. Проведен расчет удовлетворенности потребителей продукцией конкурентов. Проведено сравнение расчета коэффициентов весомости с разным уровнем конкуренции. Сравнение оценки удовлетворенности потребителями новой продукции и продукции конкурентов позволяет выявить направления улучшения проектируемой продукции.

3. Проведена практическая апробация разработанных методик и моделей проектирования параметров качества на в сервисном центре Nissan. Проведена экспертная оценка и анкетирование потребителей (покупатели автомобилей Nissan), выявлены и проранжированы пожелания потребителей и важность

планируемых параметров качества. Установлены связи требований потребителей с характеристиками продукции. Проведен расчет удовлетворенности потребителей продукцией конкурентов. Проведено сравнение расчета коэффициентов весомости с разным уровнем конкуренции. Данное сравнение оценки степени удовлетворенности требований новой продукции и продукции конкурентов на рынке выявляет направления для совершенствования проектируемой продукции. Сравнивая оценки степени удовлетворенности процесса установки блокиратора КПП «Консул Гарант» сервисного центра Nissan и его конкурентов, можно выявить направления совершенствования процесса. С учетом конкуренции и законом Вебера-Фехнера можно сделать вывод, что для повышения качества процесса установки блокиратора КПП «Консул Гарант» в сервисном центре Nissan нужно обратить внимание в первую очередь на совершенствование таких этапов процесса как: сборка салона, доработка панели салона; монтаж; прием автомобиля и определение услуги.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итоги проведенного исследования:

1. Решена важная комплексная научно-практическая задача по проектированию параметров качества выпускаемой продукции. Достигнута цель и решены задачи диссертационного исследования по повышению качества машиностроительной продукции за счет совершенствования методики проектирования параметров качества. Получен акт о внедрении результатов диссертационного исследования (Приложение Д), а также справка о внедрении результатов диссертационного исследования в учебный процесс (Приложение Е).

2. Проведен теоретический анализ существующих подходов и инструментария по проектированию параметров качества машиностроительной продукции. Разработан классификатор методов проектирования параметров качества машиностроительной продукции, описывающий основные методы проектирования параметров качества, назначение и область применения методов и содержащий 24 элемента, отличающейся от существующих наличием области применения.

3. Разработана структурно-функциональная модель процесса проектирования машиностроительной продукции, содержащая этапы проектирования параметров качества, которая позволяет повысить уровень качества продукции за счет более точного и рационального назначения целевых значений характеристик продукции за счет учета результатов сравнения с конкурентами и использовании закона Вебера-Фехнера. Структурно-функциональная модель процесса проектирования машиностроительной продукции позволяет сократить длительность процесса проектирования на 20-25 %, соответственно оптимизировать затраты на проектирование и разработку новой продукции, за счет повышения достоверности прогнозирования параметров качества, отвечающих требованиям потребителя.

4. Разработана методика уточнения весовых характеристик продукции при развертывании функций качества, позволяющая рассчитать весомость характеристик продукции в зависимости от уровня качества конкурентов.

Разработанная методика позволяет повысить конкурентоспособность продукции, и тем самым увеличить долю рынка на 10-15 %

5. Разработана методика расчета значимости характеристик продукции с применением закона Вебера-Фехнера. Данная методика позволила повысить удовлетворенности потребителя на 25 %.

6. Проведена комплексная апробация предложенных решений по проектированию параметров качества машиностроительной продукции.

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки данной темы исследования:

1. Необходимо разработать специализированные компьютерные программы, способные автоматизировать процедуру построения структурно-функциональных моделей и расчета значимости характеристик продукции. Такие инструменты упростят использование методик и сделают их доступнее для широкого круга специалистов.

2. Требуется расширение базы тестирования методики, проведение масштабных пилотных проектов на разных предприятиях машиностроительной отрасли, с привлечением представителей малого и среднего бизнеса, чтобы подтвердить универсальность и эффективность подхода.

3. Рекомендуется организовать мониторинг изменений показателей качества продукции на протяжении длительного периода времени, чтобы оценить устойчивость достигнутых улучшений и стабильность эффекта от внедрения предложенных методов.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Шмелева, Ю.А. Принципы взаимодействия предприятия на этапе разработки нового товара / Ю.А. Шмелева // Проблемы маркетинга. Логистика. – 2011. – №3 (39).
2. Научный журнал «Научное обозрение. Экономические науки». – М.: 2018. – № 2 – С. 11–17.
3. Р 50.1.076-2011 Менеджмент организации. Методы работы с потребителями. – М.: Стандартиформ, 2012. – 19 с.
4. Петровский, Э.А. Управление качеством производственных и технологических систем: учебное пособие / Э.А. Петровский. – 2-е изд., перераб. и доп. – ООО «Тонкие накоемкие технологии», 2022. – 352 с.
5. ГОСТ Р ИСО 9000–2015 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. – М.: Стандартиформ, 2018. –48 с.
6. ИСО 9000 «Система менеджмента качества. Словарь», 2015 – 56 с.
7. Аристов, О.В. Управление качеством: учебное пособие / О.В. Аристов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: НИЦ Инфра-М, 2013. – 224 с.
8. Коновалова, Е.Е. Клиентоориентированность как ключевой фактор эффективной деятельности туристского предприятия/ Е.Е. Коновалова / Сервис в России и за рубежом. – 2015. – Т. 9. № 5 (61). – С. 118-128.
9. Латышова, Л.С. Клиентоориентированность персонала - ключевой фактор клиентоориентированности компании / Л.С. Латышова / сборнике: Современный менеджмент: проблемы и перспективы. – 2016. – С. 343-346.
10. Лисогор, О.А. Формирование стратегического конкурентного преимущества сервис-компаний на основе клиентоориентированного подхода / О.А. Лисогор / Экономика и управление в XXI веке: тенденции развития. 2014. – № 19-2. – С. 155-160.
11. Михеева, Е.Н. Управление качеством: учебное пособие / Е.Н. Михеева, М.В. Сероштан. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Дашков и К, 2012. – 532 с.
12. Чиховска, В. Построение отношений с клиентами как эффективная бизнес-концепция увеличения удовлетворенности клиентов и их удержания /

В. Чиховска, М. Яшина / Economics, management, law: socio-economic aspects of development. Collection of scientific articles, 2016. – С. 190–198.

13. Алексеенко, А.М. Международные стандарты ISO серии 9000:2000 / А.М. Алексеенко/ Российское предпринимательство. – 2011. – № 7/2. – С. 69-74.

14. Емельянов, С. Управление качеством в стандартах ISO / С. Емельянов / Вестник Института экономики РАН. – 2010. – № 4. – С. 244-249.

15. Добросельский, В.В. Управление качеством организационных процессов и продукции на основе стандартов семейства ISO 14001:2004 / В.В. Добросельский / Современные инновации в науке и технике: сборник научных статей 4-ой Международной научно-практической конференции – 2014. – С. 34-38.

16. Клецов, Ю.В. Концепция TQM как методологическая основа построения моделей обеспечения качества согласно требованиям стандартов ISO / Ю.В. Клецов / Профессиональное образование в России и за рубежом. – 2014. – № 3 (15). – С. 13-21.

17. Кудрявцева, Е.П. Ориентация на удовлетворение потребностей потребителей как связующее звено функций маркетинга и международных стандартов управления качеством ISO серии 9000:2008 / Е.П. Кудрявцева / Ars Administrandi. – 2010. – № 2. – С. 114-123.

18. Лонцих, П.А. Единство принципов и инструментов реализации менеджмента качества, управления недвижимостью и менеджмента активов / П.А. Лонцих, Е.П. Кунаков / Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015. – № 9 (104). – С. 193-197.

19. Лю, Ч. ISO 9001:2015: новый шаг к всеобщему управлению качеством / Лю Ч., О.В. Парфентьева / Актуальные проблемы права, экономики и управления. – 2015. – № 11. – С. 47-50.

20. Норенко, Ю.И. Пути повышения конкурентоспособности предприятий на основе использования современных технологий управления качеством / Ю.И. Норенко, А.И. Момот / Экономический вестник Донбасса. – 2012. – Т. 30, № 4. – С. 152-155.

21. Равицкая, О.А. Мировая практика управления качеством и стандарт ISO 9001 / О.А. Равицкая / Дельта науки. – 2015. – № 2. – С. 94-96.
22. Сальжанова, З.А. Управление затратами на качество в рамках международных стандартов ISO / З.А. Сальжанова, З.С. Гельманова / Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014 №11-4, С. 634-636.
23. ISO 9001-2015 «Система менеджмента качества. Требования». – М.: Стандартиформ, 2015. – 36 с.
24. ГОСТ Р ИСО 9004-2019 «Менеджмент качества. Качество организации. Руководство по достижению устойчивого успеха организации». – М.: Стандартиформ, 2020. – 57 с.
25. ГОСТ Р 54732-2011/ISO/TS 10004:2010 «Менеджмент качества. Удовлетворенность потребителей. Руководящие указания по мониторингу и измерению». – М.: Стандартиформ, 2012. – 28 с.
26. Лобарева, Н.В. Оценка эффективности взаимоотношений с потребителями продукции высокотехнологичных предприятий / Н.В. Лобарева, А.А. Сиганьков / Вопросы инновационной экономики. – 2020. – Том 10. – № 1. – С. 585-600.
27. Каплан, Р.С. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию / Р.С. Каплан, Д.П. Нортон. – М.: Олимп-Бизнес, 2017. – 320 с.
28. Баурина, С.Б. Экономика предприятия (фирмы) / С.Б. Баурина / НИР. Экономика фирмы. – М.: Инфра-М, 2017. – С.38–43.
29. Быкова, А.П. Управление взаимоотношениями с потребителями в системе менеджмента качества / А.П. Быкова / Актуальные вопросы экономических наук. – 2010. – № 11-2. — С. 144–148.
30. Карасев, А.П. Управление маркетингом: учебное пособие / А.П. Карасев. – Ярославль: ООО «ПКФ «СОЮЗ-ПРЕСС», 2021. – 148 с.
31. Гембл, П., Маркетинг взаимоотношений с потребителями / П. Гембл, М. Стоун, Н. Вудкок, перевод с английского В. Егорова. – М.: Фаир-Пресс, 2002. – 511 с.

32. Замеры удовлетворенности потребителей и управление предприятием [Электронный ресурс] / Т. Глушакова/ Режим доступа: <http://ateh.h12.ru/articles/method/zamery-1.html>.

33. Власов, А.И. Системный анализ «Бережливого производства» инструментами визуального моделирования / А.И. Власов, Ю.М. Ганев, А.А. Карпунин / Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2015. – № 4 (160). – С. 19–24.

34. Власов, А.И. Картирование потока создания ценностей в концепции «Бережливого производства» / А.И. Власов, Ю.М. Ганев, А.А. Карпунин / Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2016. – № 2 (162). – С. 23–27.

35. Власов, А.И. Система 5s-технология создания эффективного рабочего места в концепции «Бережливого производства» / А.И. Власов, Ю.М. Ганев, А.А. Карпунин / Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2016. – № 1 (161). – С. 65–68.

36. Момот, А.И. Менеджмент качества: учебное пособие для вузов / А.И. Момот. Донецк: ДонНТУ, 2000. – 120 с.

37. Вашуков, Ю.А. QFD: Разработка продукции и технологических процессов на основе требований и ожиданий потребителей: методические указания / Ю.А. Вашуков, А.Я. Дмитриев, Т.А. Митрошкина. – Самара: Самарский государственный аэрокосмический университет, 2012. – 32 с.

38. Адлер, Ю.П. Сколько ни развертывай, а структурировать все равно придется / Ю.П. Адлер / Методы менеджмента качества. – 2002. – №4. – С. 11-13.

39. Захаров, Д., Любинский А. «Насколько доволен Ваш клиент?» / Д. Захаров, А. Любинский/ Управление компанией / № 4-2003.

40. Маркелов, В.В. Системный анализ процесса управления качеством изделий электронной техники / В.В. Маркелов, А.И. Власов, Э.Н. Камышная / Надежность и качество сложных систем. – 2014. – № 1 (5). – С. 35–42.

41. Сулливан, Л.П. Структурирование функции качества / Л.П. Сулливан / Курс на качество. – 1992. – № 3-4. – С. 156–177.

42. Хайзер, Д.Р. Дом качества / Д.Р. Хайзер, Д. Клозинг / Курс на качество. – 1992. – № 1. – С. 85–102.
43. Адлер, Ю.П. Новое направление в статистическом контроле качества – методы Тагути / Ю.П. Адлер. – М.: Знание, 1988. – С. 3–25.
44. Адлер, Ю.П. Методы Тагути – современные методы разработки продукции высокого качества / Ю.П. Адлер / Вестник машиностроения. – 1994. – № 8. – С. 35–39.
45. Власов, А.И. Управление и контроль качества изделий электронной техники. Семь основных инструментов системного анализа при управлении качеством изделий электронной техники / А.И. Власов, В.В. Маркелов, Д.Е. Зотьева / Датчики и системы. – 2014. – № 8 (183). – С. 55–66.
46. Барабанова, О.А. Семь инструментов контроля качества. Инновационный технологический центр МАТИ / О.А. Барабанова, В.А. Васильев, С.А. Одинокоев. – М.: ИЦ «Мати» - Российский государственный технологический университет им. К.Э. Циолковского, 2001.
47. Брагин, Ю.В. Путь QFD: проектирование и производство продукции исходя из ожиданий потребителей / Ю.В. Брагин, В.Ф. Корольков. – Ярославль: Центр качества, 2003. – 240 с.
48. Нефедов, Ю.В. – Управление качеством: учебное пособие. – М.: 2005.
49. Шушерин, В.В. Средства и методы управления качеством: учебное пособие / В.В. Шушерин, С.В. Кортов, А.С. Зеткин. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2006. 202 с.
50. Дунченко, Н.И. Управление качеством продукции. Пищевая промышленность. Для бакалавров: учебное пособие / Н.И. Дунченко, В.С. Янковская / Издательство: Лань, 2018 – 304 с.
51. Елиферов, В.Г. Бизнес-процессы: регламентация и управление / В.Г. Елиферов, В.В. Репин. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 319 с.
52. Протасьев, В.Б. Этапы отслеживания «голоса потребителя» при развертывании функции качества / В.Б. Протасьев, О.Л. Панченко / Известия ТулГУ. Технические науки. Выпуск 2 часть 1. Тула, 2010 – С. 204.

53. Общая психология [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.rusmedserver.ru/med/obschaya/113.html>.
54. Закон Вебера-Фехнера в психологии ощущений [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fb.ru/article/187357/zakon-vebera---fehnera-v-psihologii-oschuscheniy>.
55. Выготский, Л.С. Психология развития человека / Л.С. Выготский. – М.: Издательство «Эксмо», 2005. –1136 с.
56. Головин, С.Ю. Словарь практического психолога / С.Ю. Головин. – М.: АСТ, Харвест., 1998, с. 209.
57. Фролов, К.В.Машиностроение. Том 1-3. Динамика и прочность машин. Теория механизмов и машин. Книга 1 / К.С. Колесников, Д.А. Александров, В.К. Асташев и др., под общ. ред. К.С. Колесникова. Энциклопедия. – М.Машиностроение, 1995. – 624 с.
58. Кранц, Д. Измерение, Физические измерения / Д. Кранц, Р. Люс, П. Саппес / Нью-Йорк: Академическая пресса, 1971.
59. Пахомов, А.П. Выбор меры физического стимула и уравнения в психофизике / А.П. Пахомов / Экспериментальная психология. 2010. Том 3. № 4. С. 25–37.
60. Горфинкеля, В.Я. Экономика предприятия: учебное пособие для вузов/ В.Я. Горфинкеля, В.А. Швандара. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2006.
61. Сафронов, Н.А. Экономика организации (предприятия): учебное пособие/ Н.А. Сафронова. М.: Экономистъ, 2004.
62. Карлика, А.Е. Экономика предприятия: учебное пособие/ А.Е. Карлика и М.Л. Шухгальтера. – М.: ИНФРА-М, 2004.
63. Энциклопедия рыночного хозяйства. Ресурсный потенциал экономического роста. – М.: Путь России; Экономическая литература, 2002.
64. Розно, М.И. QFD: анализируем требования потребителей / М.И. Розно / Методы менеджмента качества. 2011. №7. С.4-10.
65. Быстрицкая, А.Ю. Исследование инновационного потенциала общества и формирование направлений его стратегического развития /

А.Ю. Быстрицкая, А.А. Афанасьев : сборник научных статей 8 всероссийской научно-практической конференцией с международным участием. – Курск, 2018. – С. 115-117.

66. Григорян, Е.С. Анализ современных систем управления качеством на предприятиях оборонно-промышленного комплекса / Е.С. Григорян, С.С. Киреева / Крымский научный вестник. – 2018. – № 3 (20). – С. 24-28.

67. Давиденко, Д.Ю. Анализ систем управления качеством продукции на предприятиях легкой промышленности / Д.Ю. Давиденко / Факторы успеха. – 2016. – № 1 (6). – С. 9-14.

68. Криулин, В.А. Критический анализ развития системы управления качеством на предприятии с учетом критериев социально-экономической эффективности / В.А. Криулин, Л.А. Афанасьева, Э.В. Сукманов / Экономика и предпринимательство. – Москва, 2018. – № 9 (98). – С. 949-953.

69. Климов, Г.Ю. Оценка качества и анализ программного обеспечения в информационной системе управления предприятием / Г.Ю. Климов, Е.С. Михалин, В.Г. Чипко / Наука сегодня: опыт, традиции, инновации: материалы международная научно-практическая конференция / Научный центр «Диспут». – Вологда, 2016. – С. 53-54.

70. Родионов, А.В. Формирование и развитие системы управления качеством продукции предприятий / А.В. Родионов, И.В. Ширяева. – Донецк: Фолиант, 2017. – С. 155-171.

71. Воронцова, А.А. Анализ системы управления качеством, соответствующей требованиям стандарта GMP, на предприятии фармацевтической промышленности / А.А. Воронцова, О.А. Травина / Евразийский Союз Ученых. – 2017. – № 12-1 (45). – С. 35-38.

72. Цзинькэ, Ц. Управление качеством предприятий: анализ и модели управления качества / Ц. Цзинькэ, Р.Г. Киматова, Г.А. Кубашева / Социально-экономические явления и процессы. – 2017. – № 3. – С. 183-192.

73. Григорян, Е.С. Методологические аспекты построения интегрированной системы управления качеством / Е.С. Григорян, С.С. Киреева /

Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. – 2018. – № 2 (71). – С. 62-66.

74. Сальжанова, З.А. Управление затратами на качество в рамках международных стандартов ISO / З.А. Сальжанова, З.С. Гельманова / Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований – 2014. – № 11/4. – С. 634-636.

75. Барабанова, О.А. Семь инструментов управления качеством: учеб. пособие / О.А. Барабанова, В.А. Васильев, П.В. Москалев. – Новосибирск: НГТУ, 2007.

76. Домик качества [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.kpms.ru/Implement/Qms\\_QFD.htm](http://www.kpms.ru/Implement/Qms_QFD.htm) (21.04.2014).

77. Ключков, Ю.С. Развитие модели построения дома качества / Ю.С. Ключков/ Сертификация. – 2013. – № 3. – С. 19-23.

78. Круглов, М.Г. Инновационный проект: управление качеством и эффективностью: учебное пособие / М.Г. Круглов / Академия народного хозяйства при Правительстве Российской Федерации. – М.: Дело, 2009. – 336 с.

79. Солдатова, И.Н. Применение «дома качества» для оценки конкурентных преимуществ компаний / И.Н. Солдатова, М.Б. Левина / Современные тенденции в экономике и управлении: новый взгляд. – 2012. – № 15. – С. 282 -287.

80. Барабанова, О.А. Эволюция систем управления качеством: критерии, принципы, технологии / О.А. Барабанова, В.А. Васильев, В.А. Полунин / Федеральное агентство по образованию, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «МАТИ» – Российский государственный технологический университет. им. К.Э. Циолковского. – М.: МАТИ, 2008. – 416 с.

81. Разу, М.Л. Дом качества: метод структурирования нужд и желаний потребителя [Электронный ресурс] / М.Л. Разу / Элитариум: центр дистанционного образования. – СПб., 2009.

82. Салахов, Ф.Н. Сложные статистические методы управления качеством / Ф.Н. Салахов / Вестник Курганского государственного университета. Технические науки. – 2010. – № 7. – С. 181-184.
83. Семенов, В.Л. Реализация механизма формирования факторов повышения качества продукции с применением методов прогнозирования / В.Л. Семенов, Ж.В. Иванова / Вестник Поволжского государственного университета сервиса. Экономика. – 2012. – № 5 (25). – С. 119-126.
84. Мелихов, А.В. Управление нечеткими множествами как инструмент совершенствования QFD-метода/ А.В. Мелихов / Компетентность. 2015.№ 4 (125). С. 20-27.
85. Шпер, В.Л. Метод QFD/ В.Л. Шпер / Методы менеджмента качества. 2015.№ 4. С. 52-53.
86. Овчинникова, К.Д. Применение метода QFD для решения проблем на российских предприятиях / К.Д. Овчинникова, Т.Ю. Шкарина / Научные исследования: от теории к практике. 2014.№ 1(1). С. 315-316.
87. Азарова, С.П. Анализ факторов, определяющих удовлетворенность потребителей качеством услуг / С.П. Азарова / Научные труды Вольного экономического общества России. 2013. Т.179. С. 13-19.
88. Алешков, А.В. О перспективах QFD-анализа при разработке инновационной продукции / А.В. Алешков, М.А. Алешкова /Baikal Research Journal. 2015. Т.6. № 1.С. 10.
89. Абомелик, Т.П. Управление качеством электронных средств: учебное пособие / Т.П. Абомелик. – Ульяновск: УлГТУ, 2007. – 127 с. – Из содержания: Концепция «Дома Качества». – С. 123-124.
90. Адлер, Ю.П. Дом качества [Электронный ресурс] / Ю.П. Адлер / Режим доступа: <http://quality.eur.ru/MATERIALY4/house-q.htm> (06.04.2012).
91. Брагин, Ю.В. Путь QFD: проектирование и производство продукции исходя из ожиданий потребителей / Брагин Ю.В., Корольков В.Ф. – Ярославль: ННОУ «Центр качества», 2003. – 240 с.

92. Ефимов, В.В. Улучшение качества проектов и процессов: учебное пособие / В.В. Ефимов. – Ульяновск: УлГТУ, 2004. – 185 с. – Из содержания: Технология метода QFD. – С. 27-38.
93. Разу, М.Л. Дом качества: метод структурирования нужд и желаний потребителя [Электронный ресурс] / М.Л. Разу / Элитариум: Центр дистанционного образования. – СПб., 2009.
94. Салимова, Т.А. Управление качеством: учебное пособие по специальности «Менеджмент организации» / Т.А. Салимова. – 2-е изд., стер. — М.: Омега-Л, 2008. – С. 218-222.
95. Попов, С.А. QFD: метод повышения конкурентоспособности продукции/ С.А. Попов, Т.В. Суркова, П.Ю. Бабкин /Вестник Международной академии системных исследований. Информатика, экология, экономика. 2013. Т.15. № 2. С. 134-138.
96. Шарашкина, Т.П. Применение QFD-метода в целях повышения эффективности управления процессом проектирования и разработки продукции / Т.П. Шарашкина / Системное управление. 2013. №2 (19). С. 30.
97. Хакимов, Р.М. Управление качеством на основе структурирования функций качества QFD / Р.М. Хакимов, Д.М. Гильванова / Экономика и управление: анализ тенденций и перспектив развития. 2013. №9. С. 122-125.
98. Семенов, В.Л. Определение требований потребителя в рамках применения QFD-метода / В.Л. Семенов, Ж.В. Иванова / Экономика и эффективность организации производства. 2012. №17. С. 90-93.
99. Выготский, Л.С. Психология развития человека / Л.С. Выготский. – М.: Изд-во «Эксмо», 2005. –1136 с.
100. Шиффман, Х. Ощущение и восприятие / Х. Шиффман, перевод с английского языка З. Замчук – СПб. : Питер, 2003. – 928 с.
101. Гуцыкова, С.В. Метод экспертных оценок. Теория и практика / С.В. Гуцыкова, Т.А. Сарыева. – Институт психологии РАН, 2011 г. – 144 с.
102. Андреев, Э.П. Измерение как средство познания / Э.П. Андреев / Вопросы философии № 9, 1982, с. 87-94.

103. Глушко, А.Е. Основы психометрии / А.Е. Глушко. М.: 1994. – 100 с.
104. Косачев, В.Е. Квалиметрические аспекты оценки функционального состояния человека-оператора / В.Е. Косачев, И.В. Агапов / Медицинские информационные системы. ТРТИ. Таганрог: 988, С. 100-105.
105. Паповян, С.С. Математические методы в социальной психологии / С.С. Паповян. М.: Наука, 1988, с. 343.
106. Стивенс, С.С. Экспериментальная психология / С.С. Стивенса. – М.: Из-во иностранная литература, 1963, с. 681.
107. Петров, В.Е. Психологическая диагностика профессионально важных качеств руководителей органов внутренних дел на основе компьютерных технологий: Диссертация канд. психол. наук: Москва, 2001, 250 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Требования стандарта ISO 9001, реализующие принцип ориентации на потребителя

Таблица А.1 – Основные требования стандарта ISO 9001, отражающие принцип «ориентации на потребителя»

Требования	Раздел ISO 9001
<p>Высшее руководство должно демонстрировать лидерство и приверженность в отношении ориентации на потребителей посредством обеспечения того, что:</p> <p>а) требования потребителей, а также применимые законодательные и нормативные правовые требования определены, поняты и неизменно выполняются;</p> <p>б) риски и возможности, которые могут оказывать влияние на соответствие продукции и услуг и на способность повышать удовлетворенность потребителей, определены и рассмотрены;</p> <p>с) в центре внимания находится повышение удовлетворенности потребителей.</p>	5.1
<p>Высшее руководство должно распределить обязанности, ответственность и полномочия для поддержки ориентации на потребителя во всей организации.</p>	5.3
<p>Организация должна установить цели в области качества для соответствующих функций, уровней, а также процессов, необходимых для системы менеджмента качества. Цели в области качества должны быть связанными с обеспечением соответствия продукции и услуг и повышением удовлетворенности потребителей.</p>	6.2
<p>Организация должна определять и осуществлять эффективные меры по поддержанию связи с потребителями.</p>	8.2.1
<p>При определении требований к продукции и услугам, которые будут предлагаться потребителям, организация должна убедиться, что:</p> <p>а) требования к продукции и услугам определены, включая:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) применимые законодательные и нормативные правовые требования;</li> <li>2) требования, рассматриваемые организацией как необходимые;</li> </ol> <p>б) может выполнять требования к продукции и услугам, которые она предлагает.</p>	8.2.2
<p>Организация должна убедиться, что обладает способностью выполнять требования к продукции и услугам, которые она предлагает потребителям. Организация должна проводить анализ, прежде чем принять обязательство поставить продукцию или предоставить услуги потребителям.</p>	8.2.3.1
<p>При определении этапов и средств управления проектированием и разработкой организация должна рассматривать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– необходимость вовлечения потребителей и пользователей в процесс проектирования и разработки;</li> <li>– уровень управления процессом проектирования и разработки, ожидаемый потребителями и другими соответствующими заинтересованными сторонами.</li> </ul>	8.3.2
<p>Организация должна определять средства управления, применимые для процессов, продукции и услуг, поставляемых внешними поставщиками, в тех случаях, когда:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– продукция и услуги поставляются внешними поставщиками напрямую потребителю(ям) от имени организации.</li> </ul>	8.4.1

Требования	Раздел ISO 9001
<p>Организация должна обеспечить, чтобы процессы, продукция и услуги, поставляемые внешними поставщиками, не оказывали негативного влияния на способность организации постоянно поставлять своим потребителям соответствующую продукцию и услуги.</p>	8.4.2
<p>Организация должна проявлять заботу о собственности потребителей или внешних поставщиков, когда она находится под управлением организации или используется ею.</p> <p>Организация должна идентифицировать, верифицировать, сохранять и защищать собственность потребителя или внешнего поставщика, предоставленную для использования или включения в продукцию и услуги.</p> <p>В случае, когда собственность потребителя или внешнего поставщика утеряна, повреждена или признана непригодной для использования, организация должна уведомить об этом потребителя или внешнего поставщика, а также регистрировать и сохранять документированную информацию о произошедшем.</p>	8.5.3
<p>При определении объема требуемой деятельности после поставки организация должна рассматривать:</p> <p>d) требования потребителей;</p> <p>e) обратную связь с потребителями.</p>	8.5.5
<p>Выпуск продукции и услуг для потребителя не должен происходить до окончания реализации всех запланированных мероприятий с удовлетворительными результатами, кроме тех случаев, когда это санкционировано уполномоченным органом и/или лицом и, когда это применимо, самим потребителем.</p>	8.6
<p>Организация должна осуществлять в отношении несоответствующих результатов процессов одно или несколько из следующих действий:</p> <p>c) информирование потребителя.</p>	8.7.1
<p>Организация должна проводить мониторинг данных, касающихся восприятия потребителями степени удовлетворения их потребностей и ожиданий. Организация должна определить методы получения, мониторинга и анализа этой информации.</p>	9.1.2
<p>Организация должна анализировать и оценивать соответствующие данные и информацию, полученную в ходе мониторинга и измерения.</p> <p>Результаты анализа должны быть использованы для оценки:</p> <p>b) степени удовлетворенности потребителей.</p>	9.1.3
<p>Анализ со стороны руководства должен планироваться и включать в себя рассмотрение:</p> <p>c) информации о результатах деятельности и результативности системы менеджмента качества, включая тенденции, относящиеся:</p> <p>1) к удовлетворенности потребителей и отзывам от соответствующих заинтересованных сторон.</p>	9.3.2
<p>Организация должна определять и выбирать возможности для улучшения и осуществлять необходимые действия для выполнения требований потребителей и повышения их удовлетворенности.</p> <p>Это должно включать:</p> <p>a) улучшение продукции и услуг в целях выполнения требований, а также учета будущих потребностей и ожиданий;</p>	10.1



## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Анкета оценки удовлетворенности потребителя продукцией ООО «Самараавтожгут» (жгуты проводов)

Рассмотрите, пожалуйста, свой опыт сотрудничества с ООО «Самараавтожгут» (в части жгутов проводов) и оцените выдвинутые требования по уровню важности (от 1 до 10) и по качеству исполнения (от 1 до 5).

**Шкала важности требований    Шкала оценки качества исполнения:**

1-2 – очень низкая;

1 – значительно ниже ожидаемого;

3-5 – низкая;

2 – ниже ожидаемого;

6-7 – средняя;

3 – соответствует ожиданиям;

8-9 – высокая;

4 – выше ожидаемого;

10 – самое важное.

5 – значительно выше ожидаемого.

**Как Вы оцениваете качество выпускаемой ООО «Самараавтожгут» продукции (жгуты проводов)?**

0	1	2	3	4	5

**Был ли ранее брак на жгуты проводов? Удовлетворены ли Вы их качеством?**

0	1	2	3	4	5

**Какие требования можно предъявить к Вашему ТС в части электропроводки:**

Требования	Важность требования для Вас	Качество исполнения ООО «Самараавтожгут»



## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

### Акт о внедрении результатов диссертационного исследования



МЕТРОВАГОНМАШ

ул. Колонцова, стр. 4Б/3, г. Мытищи, Московская обл., Россия,

Тел.: +7 495 581 12 44

Email: info@metrowagonmash.ru

www.metrowagonmash.ru

**АКТ ВНЕДРЕНИЯ  
РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ  
ТУЛАЕВОЙ ТАТЬЯНЫ СЕРГЕЕВНЫ  
ПО ТЕМЕ «СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ»**

Настоящий акт подтверждает, что в целях повышения эффективности работы были успешно применены рекомендации кандидатской диссертационной работы Тулаевой Татьяны Сергеевны «Совершенствование методики проектирования характеристик качества машиностроительной продукции».

Внедрение предложений диссертационной работы позволило достичь значительных успехов в совершенствовании процессов проектирования машиностроительной продукции. Новые методы проектирования параметров качества способствуют созданию продукции, которая максимально полно отражает запросы и предпочтения современного рынка. Улучшенная структурно-функциональная модель проектирования помогла сделать этот процесс быстрее и эффективнее, снизив сроки подготовки документации и увеличив предсказуемость результатов. Полученные улучшения подтверждают высокий потенциал предложенных механизмов для повышения конкурентоспособности предприятия и обеспечивают основу для дальнейшего роста и укрепления позиций на отечественном и мировом рынках.

Предлагаемые инструменты нашли успешное применение в рамках производственного цикла при создании новых серий вагонов метро «Москва». Их использование показало высокую эффективность и подтвердило значительную пользу от применения новой системы проектирования параметров качества продукции. Положительные эффекты внедрения демонстрируют готовность предприятия эффективно реагировать на изменения рыночной среды и укреплять своё лидерство в отрасли.

**Технический директор  
АО «Метровагонмаш»**



**А.А. Гафуров**



Система менеджмента предприятия сертифицирована  
на соответствие требованиям ISO 9001:2015,  
ISO 22163:2023, ISO 14001:2015

## ПРИЛОЖЕНИЕ Е

## Справка о внедрении (использовании) результатов диссертационного исследования в учебный процесс



УТВЕРЖДАЮ

Директор института авиационной и ракетно-космической техники

/Ткаченко И.С.

«\_\_\_\_\_» 2025 г.

## СПРАВКА

о внедрении (использовании) результатов диссертационного исследования в учебный процесс

Результаты диссертационного исследования на тему «Совершенствование методики проектирования характеристик качества машиностроительной продукции» Тулаевой Татьяны Сергеевны в виде:

- Классификатор методов проектирования параметров качества;
- Методика уточнения весовых характеристик продукции при развертывании функций качества;
- Методика расчета значимости характеристик с учетом закона Вебера-Фехнера.

внедрены в учебный процесс кафедры производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении (ПЛАиУКМ) института авиационной и ракетно-космической техники Самарского университета на основании решения кафедры (протокол №2 от 11.09.2025).

Указанные результаты включены в курс «Квалиметрия» образовательной программы бакалавриата по направлению 27.03.02 Управление качеством.

Заведующий кафедрой ПЛАиУКМ

/Антипов Д.В./