



Разработка онлайн-приложения для автоматизации построения «дома качества» при проведении QFD-анализа

М. С. Остапенко ✉, У. Ш. Холбоева, А. М. Тверяков
Тюменский индустриальный университет, ул. Володарского, 38, Тюмень, 625000, Российская Федерация

✉ ms_ostapenko@mail.ru

► **Аннотация.** QFD-анализ – один из немногих инструментов качества, который позволяет охватить широкий спектр процессов при производстве продукции. Данный анализ позволяет эффективно планировать внедрение различных инструментов технической поддержки, которые дополняют друг друга для определения приоритетности каждой проблемы – несовершенства продукции, низкой конкурентоспособности. Но существенным недостатком QFD-анализа следует считать то, что построение итоговой таблицы/матрицы – «дома качества», требует значительных затрат времени и сил. В ходе исследования были изучены существующие решения для сокращения времени на проведение анализа и определены основные параметры их реализации. На основании полученных данных были выявлены основные достоинства и недостатки существующих решений и разработано собственное веб-приложение. Цель статьи – разработка онлайн-приложения, направленного на упрощение и ускорение QFD-анализа. Веб-приложение, разработанное в рамках данного исследования, способствует автоматизации процесса проведения QFD-анализа, что значительно повысит эффективность работы специалистов в области управления качеством и позволит сократить время на данную процедуру.

Ключевые слова: «дом качества», QFD-анализ, управление качеством, инструменты качества

Для цитирования: Остапенко М. С., Холбоева У. Ш., Тверяков А. М. Разработка онлайн-приложения для автоматизации построения «дома качества» при проведении QFD-анализа. *Архитектура, строительство, транспорт*. 2024;(4):114–123. <https://doi.org/10.31660/2782-232X-2024-4-114-123>

Developing an online application for automating "house of quality" construction for QFD analysis

Maria S. Ostapenko ✉, Umida S. Kholboeva, Andrey M. Tveryakov
Industrial University of Tyumen, 38 Volodarskogo St., Tyumen, 625000, Russian Federation

✉ ms_ostapenko@mail.ru

► **Abstract.** QFD analysis is among the few quality tools that can encompass a wide range of processes in product manufacturing. This analysis enables effective planning for the implementation of various technical support tools, which complement each other in prioritizing each problem - product imperfections and low competitiveness. A significant drawback of QFD analysis is the considerable time and effort required to construct the final table/matrix, known as the "house of quality". The study investigated existing solutions aimed at reducing analysis time and identified the main parameters for their implementation. Based on the collected data, the key strengths and weaknesses of existing solutions were identified, and a web application

was developed. This article aimed to develop an online application that simplifies and accelerates QFD analysis. The developed application facilitates the automation of the QFD analysis process, significantly enhancing the efficiency of quality management professionals and reducing the time required for this procedure.

Keywords: "house of quality", QFD analysis, quality management, quality tools

For citation: Ostapenko M. S., Kholboeva U. S., Tveryakov A. M. Developing an online application for automating "house of quality" construction for QFD analysis. *Architecture, Construction, Transport*. 2024;(4):114–123. (In Russ.) <https://doi.org/10.31660/2782-232X-2024-4-114-123>



1. Введение

В настоящее время автоматизация внедряется в различные области управления проектами, что значительно повышает эффективность работы специалистов не только в области управления качеством, но и во всех сферах производства продукции и предоставления услуг потребителям. Обеспечение удовлетворенности потребителей исходя из их ожиданий и потребностей является основной целью производства. Необходимость проведения анализа ожиданий и перевод их в конкретные технические характеристики продукции становится основной целью данного рода исследований. Одним из наиболее популярных и эффективных инструментов, позволяющих интерпретировать ожидания потребителей в технические характеристики, проводить глубокий анализ рынка и учитывать при этом мнение экспертов в области производства определенной продукции, является анализ Quality Function Deployment (QFD-анализ). Данный инструмент применяется в машиностроении [1–4], авиастроении [5], оборонной промышленности [6], пищевой промышленности [7], медицине [8, 9], образовании [10], в банковской [11], а также в социальной [12] сферах. Но у данного анализа есть существенный недостаток: без автоматизации процесс проведения QFD-анализа значительно затягивается, что сказывается на задержках в разработке продукции и увеличении издержек. Классический метод проведения QFD-анализа и, как результат, построения «домов качества» требует значительных временных затрат, что приводит к отказу от данного инструмента качества в пользу более простых и быстрых [1, 3, 13–15].

Данное исследование было проведено с целью разработки онлайн-приложения, которое способствовало бы упрощению и ускорению QFD-анализа при помощи автоматизации процесса построения «дома качества». Приложение позволяет авторизованным пользователям создавать QFD-команды, где они могут в онлайн-режиме работать над проектом, сохранять результаты исследований в базу данных, обрабатывать их в автоматизированном режиме и оформлять «дом качества» для дальнейшего использования.

Применение разработанного веб-приложения способствует повышению эффективности процедуры обработки ожиданий потребителей, увеличению скорости обработки полученных данных и принятия решений командой, а также оптимизации работы QFD-команд.

2. Материалы и методы

QFD является методологией, которая была разработана для систематической интерпретации потребностей и пожеланий потребителей и перевода их в конкретные технические параметры и характеристики продукции или услуг. Данная методология позволяет внедрять определенные производственные процессы и процедуры для реализации продукции или услуг, соответствующих ожиданиям и потребностям потребителей. Основные принципы QFD-анализа:

1. Регулярная оценка ожиданий и потребностей потребителей, которая заключается в определении динамически развивающихся пожеланий и предпочтений потребителей по отношению к определенной продукции или услуге, при этом оценка должна отвечать не только требованиям потребителей, но и техническим возможностям производственных процессов в организации.

2. Интерпретация потребностей потребителей и перевод их в технические характеристики и операции проектирования продукции. Определение должно проводиться при помощи кросс-функциональных команд, что обеспечит глубокий анализ полученных результатов исследований.
3. Создание кросс-функциональных команд с целью интеграции различных областей производственного процесса, начиная от маркетинга и заканчивая проектированием производственных процедур, для обеспечения учета всех потребностей потребителей на всех этапах разработки продукции или услуг.
4. Постоянное совершенствование процессов как часть управления качеством, которое позволяет производству адаптироваться к постоянно меняющимся требованиям рынка и оперативно реагировать на реакцию потребителей.

Приведенные выше принципы позволяют QFD-анализу быть универсальным инструментом качества во всех сферах производства или предоставления услуг.

QFD-анализ широко применяется на различных этапах производственного процесса, самым распространенным примером может служить разработка и проектирование новых продуктов или услуг, но также он может служить инструментом для совершенствования уже существующих продуктов или услуг с учетом изменений на рынке или ожиданий потребителей или лечь в основу методологии для проектирования производственных процессов и улучшения уже существующих бизнес-процессов и операций [1, 8, 12, 14].

В качестве объекта исследования был выбран металлорежущий инструмент (токарные резцы).

3. Результаты и обсуждение

Был проведен обзор наиболее популярных решений для автоматизации процесса применения QFD-анализа на рынке, проанализированы их сильные и слабые стороны для дальнейшего применения при разработке приложения (таблица 1).

Проведенный анализ существующих программ позволил определить основные характеристики, которые были учтены при разработке собственного приложения. Приложение должно обеспечивать следующие требования: давать возможность одновременного доступа всех пользователей к рабочему документу и предоставлять доступ к обмену данными, интерфейс приложения должен быть интуитивно понятным и применять метод рока-уоке для анализа пользовательских историй, иметь гибкие инструменты для формирования «дома качества», давать пользователям возможность доступа к приложению через веб-браузер без необходимости установки дополнительных программных обеспечений, поддерживать различные форматы данных.

Таблица 1. Анализ существующих решений для проведения QFD-анализа
Table 1. Review of existing solutions for conducting QFD analysis

Название программы	Сильные стороны	Слабые стороны
QI Macros for Excel	Интеграция с Excel, простота использования, широкий набор инструментов для проведения анализа QFD	Ограниченные возможности для совместной работы, зависимость от Excel, необходимость дополнительного обучения пользователей
QFD Online	Возможность совместной работы и обмена данными, доступ через веб-браузер, гибкие функции настройки	Платная подписка, возможные ограничения в функциональности в зависимости от выбранного тарифного плана
TeamworkIQ	Автоматизация рабочих процессов, гибкие инструменты для совместной работы, удобство использования	Ориентированность на широкий спектр бизнес-процессов, а не только на QFD, что может затруднить поиск специализированных инструментов
QFD Designer	Широкий набор функций для проведения анализа, поддержка различных форматов данных, интеграция с другими инструментами	Платная лицензия, ограниченные возможности для совместной работы

Описание архитектуры онлайн-приложения. На основе проведенного анализа полученных данных была создана архитектура онлайн-приложения, которая состоит из клиентской и серверной частей, базы данных, веб-сервера, а также модуля обработки полученной от клиента информации.

Разработка клиентской части приложения (frontend) включала в себя проектирование пользовательского интерфейса. Работа с приложением, с точки зрения пользователя, заключается в вводе необходимых данных для построения «дома качества», а именно: формы для регистрации и авторизации, формы для введения и выбора технических характеристик и ожиданий потребителей, формы для ранжирования показателей, формы для работы с пользователями и также формы с работой базы данных. Приложение разработано с использованием языка программирования JavaScript для клиентской части, а также HTML и CSS для создания гипертекстового интерфейса.

Серверная часть приложения (backend) занимается обработкой полученных от пользователей данных, взаимодействует с базой данных для сохранения, редактирования и удаления этих данных, обрабатывает запросы на формирование таблицы «дома качества», генерирует и отправляет ссылки участникам команды QFD для доступа к редактированию форм таблицы «дома качества», обрабатывает полученные ранги и формирует итоговую таблицу. Серверная часть приложения разработана на языке программирования Python с использованием встроенных библиотек и фреймворков.

База данных SQLite хранит полученные из форм данные, предоставляет доступ к их обработке, хранит информацию о пользователях, сгенерированные ссылки доступа к формам, а также сформированную базу технических характеристик, к которым предоставляет доступ в формах приложения.

Модуль обработки данных анализирует полученную от пользователей информацию и выполняет необходимые вычисления для формирования окончательных результатов в таблице «дома качества». Модуль отправки уведомлений обеспечивает своевременную отправку уведомлений авторизованным пользователям со ссылками на таблицу «дома качества». Модуль аутентификации и авторизации управляет доступом пользователей к функционалу онлайн-приложения и предоставляет возможность аутентификации пользователей перед получением доступа к данным и внесением изменений в таблицу. Модуль интерфейса загрузки таблицы позволяет пользователям получать доступ к загрузке таблицы «дома качества» после завершения анализа и внесения данных.

Веб-сервер обеспечивает связь между клиентской и серверной частями приложения и обрабатывает HTTP-запросы от пользователей и передает их соответствующим модулям приложения.

Основной функционал и особенности приложения. Приложение для построения «дома качества» состоит из нескольких блоков, а сам процесс включает в себя семь этапов работы. Приложение представляет собой онлайн-платформу, в которой пользователь поэтапно работает над проектом. У проекта «дома качества» может быть только один владелец, который согласовывает промежуточные и итоговые результаты, но у пользователя или владельца проекта может быть в работе несколько проектов, находящихся на разных этапах. Работа пользователя с приложением начинается на этапе авторизации либо регистрации, новые пользователи в качестве логина вводят адрес электронной почты, куда впоследствии будут приходить уведомления, а также пароль.

После авторизации пользователь попадает на главную страницу приложения. В верхнем правом углу находится кнопка «Инструкция» с подробной инструкцией по работе с приложением, также на верхней панели находится меню для простой навигации по сайту. Для удобства пользователей в приложении также имеется боковое меню, доступ к которому можно получить, наведя мышь на верхний правый угол сайта.

Из верхнего и бокового меню пользователи получают доступ к проектам, участникам QFD-команды, базе данных технических характеристик и личному кабинету.

В разделе «QFD-команда» пользователь может добавлять участников к себе в команду (при наличии зарегистрированной учетной записи на сайте) либо отправлять ссылки для регистрации

неавторизованным пользователям, так как редактирование и создание проектов возможно только для авторизованных пользователей. Если пользователь уже имеет учетную запись в приложении, владелец проекта может его найти в разделе «Поиск участников», добавить его к себе в команду и в дальнейшем при проведении проекта выбрать его из списка для отправки уведомлений для совместной работы над проектом. Поиск участников проводится по электронной почте пользователя. Структура раздела «QFD-команда» приведена на рис. 1.

В случаях, когда владелец проекта не создал команду QFD, ему дается возможность добавления новых участников при помощи указания адреса электронной почты, куда также будет выслана ссылка для регистрации. После регистрации проект будет доступен новому пользователю в разделе «Проекты».

В разделе «База данных» хранится база технических характеристик, касающихся объекта исследования. На данный момент база технических характеристик токарных резцов собрана из ГОСТов, применяющихся на территории РФ [1]. Внешний вид страницы приведен на рис. 2.

Построение «дома качества» начинается с раздела «Проекты», где пользователю дается возможность не только создать новый проект, но и управлять уже существующими. Ранее упоминалось, что пользователь может быть как владельцем проекта, так и участником команды, но пользователь, который создал проект, автоматически становится его владельцем без возможности передачи прав. После создания нового проекта пользователю необходимо выбрать дополнительные колонки и строки «дома качества», указать количество исследуемых конкурентов и название проекта. На рис. 3 приведен внешний вид страницы со структурой «дома качества». Дополнительные колонки являются рекомендательными и не входят в основу «дома качества», который состоит из блоков: «Потребительские ожидания», «Технические характеристики», «Матрица взаимосвязей», «Корреляционная матрица технических характеристик» и «Ранг значимости потребительских ожиданий».

После определения структуры «дома качества» владелец проекта вводит результат анализа «голоса потребителей» в виде характеристик потребительских ожиданий и формирует команду QFD. Указанным участникам на адрес электронной почты отправляется ссылка со страницей ранжирования потребительских ожиданий, также новый проект появляется у участника в разделе «Проекты». На самой странице с определением рангов потребительских ожиданий есть подсказка для пользователей с описанием значения каждого ранга, после указания всех рангов участник проекта сохраняет данные. После получения рангов от всех участников команды QFD формируется промежуточная

Рис. 1. Структура страницы «QFD-команда» (фото авторов)
Fig. 1. Structure of "QFD Team" page (authors' photo)



Рис. 2. Страница «База данных» (фото авторов)
Fig. 2. "Database" page (authors' photo)

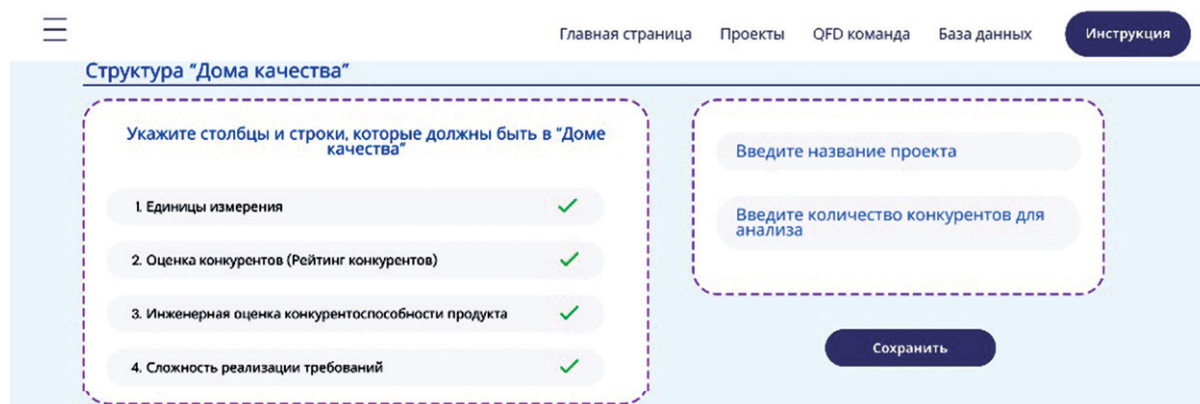


Рис. 3. Страница «Структура "дома качества"» (фото авторов)
Fig. 3. "House of quality" structure page (authors' photo)

таблица с потребительскими предпочтениями и отправляется на согласование владельцу проекта, после согласования результатов ранжирования проект переходит на следующий этап – указания технических характеристик.

Технические характеристики могут вноситься непосредственно владельцем проекта либо он может выбрать их из базы данных. Сама база технических характеристик является уникальным инструментом для сокращения времени на определение необходимых требований. Также при определении технических характеристик пользователю необходимо указать единицы измерения (кг, г, т и др.). На рис. 4 изображен вид страницы определения технических характеристик, владелец проекта в правой части окна приложения либо вводит собственные технические характеристики, либо выбирает из базы данных и добавляет их в правую часть приложения. После определения всех характеристик сохраняет данные, и далее формируется промежуточная таблица «дома качества», которая отправляется всем участникам команды QFD для определения взаимосвязей.

Каждому участнику команды QFD на адрес электронной почты приходит ссылка на промежуточную таблицу. В правой части приложения находятся подсказки для пользователей. Им необходимо установить взаимосвязь между техническими характеристиками и потребительскими ожиданиями, определить уровень зависимости технических характеристик между собой, оценить уровень выполнения потребительских требований для подобной продукции, существующей на рынке, провести инженерную оценку технических характеристик рассматриваемой продукции с конкурирую-

Рис. 4. Страница «Выбор технических характеристик» (фото авторов)
Fig. 4. "Technical feature selection" page (authors' photo)

щей, установить сложность реализации инженерных характеристик, а также определить направления для их улучшения (рис. 5).

После введения всех рангов формируется таблица со средними показателями, полученными от команды, и отправляется на согласование владельцу проекта. Если владелец проекта не будет удовлетворен результатами (ввиду опечаток, значительного расхождения значений и т. д.), он может сверить данные с членом команды и скорректировать оценки на этапе согласования. После согласования результатов формируется окончательный вариант таблицы «дома качества», после этого необходимо завершить проект. Полученную таблицу пользователи могут скачивать либо возвращаться к ней, но после завершения проекта у них не будет возможности редактировать данные.

Особенность приложения в том, что оно дает доступ к многопользовательской работе над одним проектом, каждый участник имеет возможность вносить, изменять и удалять введенные данные, также онлайн-платформа не привязывает пользователей к определенному времени работы над проектом и не требует установки сторонних приложений. Простота интерфейса позволяет пользователям легко ориентироваться в работе над проектом и на сайте приложения. На данном этапе проекта проводится апробация удобства и скорости работы при проведении QFD-анализа специалистами и рассчитывается время при применении данного инструмента.

4. Заключение

Данная работа посвящена описанию функционала работы созданного в ходе исследования онлайн-приложения для построения «дома качества» при проведении QFD-анализа. В ходе разработки были учтены лучшие практики существующих программ и приложений для проведения QFD-анализа на рынке, исследование позволило определить ключевые характеристики, необходимые для создания эффективного приложения: одновременный доступ всех пользователей к рабочему документу и обмену данными; интуитивно понятный интерфейс приложения; гибкие инструменты для формирования «дома качества»; доступ пользователей к приложению через веб-браузер (без установки дополнительных программных обеспечений); поддержка различных форматов данных. Разработанное приложение предоставляет возможность работы над проектом всем участникам команды и обладает базой собранных технических характеристик, что обеспечивает сокращение времени на проведение анализа. Оно также обладает доступом через веб-браузер, что делает его удобным для использования на различных устройствах без необходимости установки дополнительного программного обеспечения.

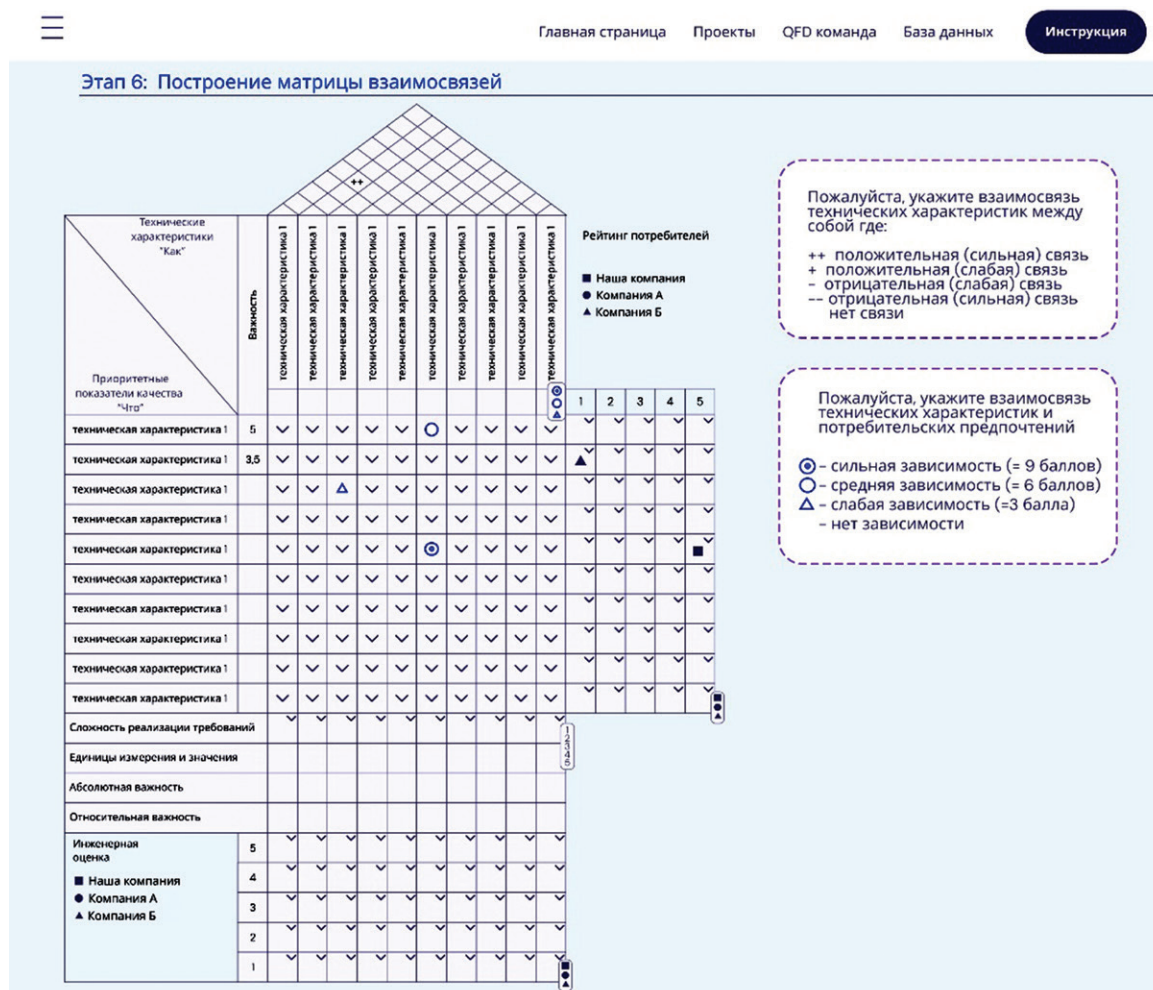


Рис. 5. Страница «Построение матрицы взаимосвязей» (фото авторов)

Fig. 5. "Relationship matrix construction" page (authors' photo)

В перспективе для развития приложения необходимо сосредоточиться на более глубоком анализе потребительских предпочтений, интеграции различных инструментов качества с QFD и расширении функционала приложения. Планируется сосредоточиться на удовлетворении потребностей пользователей программного обеспечения, повышении качества проведения анализа и обеспечении конкурентоспособности на рынке программного обеспечения для инструментов управления качеством. Данное приложение является инструментом для организаций, которые стремятся повысить качество своих продуктов и услуг путем более эффективного понимания и учета потребностей клиентов.



Вклад авторов. Авторы внесли равный вклад в подготовку публикации.

Authors contributions. The authors contributed equally to the preparation of this publication.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no relevant conflict of interest.

Список литературы

1. Остапенко М. С. Применение методики QFD для стандартизации параметров металлорежущего инструмента. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2020;22(1):31–42. Режим доступа: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2020/2020_1_31_42.pdf.

2. Фирсов А.С. QFD-метод макропроектирования металлорежущих станков. *Вестник Витебского государственного технологического университета*. 2003;(5):72–77.
3. Шакаруба Н. Ж., Леонов О. А., Темасова Г. Н., Вергазова Ю. Г., Черкасова Э. И., Голиницкий П. В., Антонова У. Ю. *Совершенствование QFD-анализа для оценки качества специальной техники*. Москва: Логос; 2020. 90 с.
4. Fatma Kutlu Gündoğdu, Cengiz Kahraman. A novel spherical fuzzy QFD method and its application to the linear delta robot technology development. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 2020;87:103348. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2019.103348>
5. Norhafizah Dasuki, Fairuz Izzuddin Romli. Quality function deployment for new standing cabin concept of commercial transport aircraft. *Journal of Mechanical Engineering*. 2018;SI(5):247–257. Available at: https://www.researchgate.net/publication/327528753_Quality_Function_Deployment_for_new_standing_cabin_concept_of_commercial_transport_aircraft.
6. Лаптев Н. И., Зорин Ю. В., Газизулина А. Ю., Карсунцева А. А. Развитие методологии QFD на примере производства удлиненных кумулятивных зарядов. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2016;18(4):53–57. Режим доступа: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2016/2016_4_53_57.pdf.
7. Kai-Jung Chen, Tsu-Ming Yeh, Fan-Yun Pai, Der-Fa Chen. Integrating refined Kano model and QFD for service quality improvement in healthy fast-food chain restaurants. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018;(7):1310. <https://doi.org/10.3390/ijerph15071310>
8. Gonzalez M. E. Improving customer satisfaction of a healthcare facility: reading the customers' needs. *Benchmarking: An International Journal*. 2019;(3):854–870. <https://doi.org/10.1108/BIJ-01-2017-0007/full/html>.
9. Alireza Alinezad, Azadeh Seif, Nima Esfandiari. Supplier evaluation and selection with QFD and FAHP in a pharmaceutical company. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2013;68(1):355–364. <https://doi.org/10.1007/s00170-013-4733-3>.
10. Karanjekar S. B., Lakhe R. R., Deshpande V. S. Building QFD model for technical education: Students as stakeholders. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD)*. 2018;8(1):621–634. Available at: https://www.academia.edu/36512606/BUILDING_QFD_MODEL_FOR_TECHNICAL_EDUCATION_STUDENTS_AS_STAKEHOLDERS.
11. Kazemi M. A. A., Poorebrahimi A., Estemdad N. Developing the model of CRM and QFD in the banking industry by customer participation in service delivery. *European Journal of Business and Social Sciences*. 2014;3(1):137–145. Available at: https://www.academia.edu/6940240/DEVELOPING_THE_MODEL_OF_CRM_AND_QFD_IN_THE_BANKING_INDUSTRY_BY_CUSTOMER_PARTICIPATION_IN_SERVICE_DELIVERY.
12. Pandey R., Mukherjee T. Fuzzy QFD for decision support model in evaluating basic cause of children falling into Blue whale game Mumbai. In: *2018 IEEE 18th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), Mumbai, 13 August, 2018*. Mumbai, India; 2018. P. 108–110. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2018.00032>.
13. Кушнир В. И. Опыт внедрения статистических методов управления качеством в системе TechnologiCS. *CADmaster*. 2003;(2):14–18. Режим доступа: https://www.cadmaster.ru/magazin/articles/cm_17_technologies.html.
14. Klochkov Y. S., Tveryakov A. M. Approaches to the improvement of quality management methods. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*. 2020;11(2):163–172. <https://doi.org/10.1007/s13198-019-00939-x>
15. Papić L., Klochkov Yu., Aronov J., Gazizulina A. *Systems reliability: statistical analysis and applications*. Belgrad: The Research Center of Dependability and Quality Management DQM; 2022. 164 p.

References

1. Ostapenko M. S. Application of the QFD method for standardization of metal-cutting tool parameters. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2020;22(1):31–42. (In Russ.) Available at: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2020/2020_1_31_42.pdf.
2. Firsov A. S. QFD Method for macro-design of metal-cutting machines. *Vestnik of Vitebsk State Technological University*. 2003;(5):72–77. (In Russ.)
3. Shkaruba N. Zh., Leonov O. A., Temasova G. N., Vergazova Yu. G., Cherkasova E. I., Golinitkiy P. V., Antonova U. Yu. *Improving QFD analysis for evaluating the quality of special machinery*. Moscow: Logos; 2020. (In Russ.)
4. Fatma Kutlu Gündoğdu, Cengiz Kahraman. A novel spherical fuzzy QFD method and its application to the linear delta robot technology development. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 2020;87:103348. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2019.103348>
5. Norhafizah Dasuki, Fairuz Izzuddin Romli. Quality function deployment for new standing cabin concept of commercial transport aircraft. *Journal of Mechanical Engineering*. 2018;SI(5):247–257. Available at: https://www.researchgate.net/publication/327528753_Quality_Function_Deployment_for_new_standing_cabin_concept_of_commercial_transport_aircraft.

- researchgate.net/publication/327528753_Quality_Function_Deployment_for_new_standing_cabin_concept_of_commercial_transport_aircraft.
6. Laptev N. I., Zorin Y. V., Gazizullina A. Y., Karsuntseva A. A. QFD methodology development on the example to elongated shaped charge. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2016;18(4):53–57. Available at: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2016/2016_4_53_57.pdf.
 7. Kai-Jung Chen, Tsu-Ming Yeh, Fan-Yun Pai, Der-Fa Chen. Integrating refined Kano model and QFD for service quality improvement in healthy fast-food chain restaurants. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018;(7):1310. <https://doi.org/10.3390/ijerph15071310>
 8. Gonzalez M. E. Improving customer satisfaction of a healthcare facility: reading the customers' needs. *Benchmarking: An International Journal*. 2019;(3):854–870. <https://doi.org/10.1108/BIJ-01-2017-0007/full/html>.
 9. Alireza Alinezad, Azadeh Seif, Nima Esfandiari. Supplier evaluation and selection with QFD and FAHP in a pharmaceutical company. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2013;68(1):355–364. <https://doi.org/10.1007/s00170-013-4733-3>.
 10. Karanjekar S. B., Lakhe R. R., Deshpande V. S. Building QFD model for technical education: Students as stakeholders. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD)*. 2018;8(1):621–634. Available at: https://www.academia.edu/36512606/BUILDING_QFD_MODEL_FOR_TECHNICAL_EDUCATION_STUDENTS_AS_STAKEHOLDERS.
 11. Kazemi M. A. A., Poorebrahimi A., Estemdad N. Developing the model of CRM and QFD in the banking industry by customer participation in service delivery. *European Journal of Business and Social Sciences*. 2014;3(1):137–145. Available at: https://www.academia.edu/6940240/DEVELOPING_THE_MODEL_OF_CRM_AND_QFD_IN_THE_BANKING_INDUSTRY_BY_CUSTOMER_PARTICIPATION_IN_SERVICE_DELIVERY.
 12. Pandey R., Mukherjee T. Fuzzy QFD for decision support model in evaluating basic cause of children falling into Blue whale game Mumbai. In: *IEEE 18th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), Mumbai, 13 August, 2018*. Mumbai, India; 2018. Pp. 108–110. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2018.00032>.
 13. Kushnir V. I. Experience of implementing statistical methods of quality management in TechnologiCS system. *CADmaster*. 2003;(2):14–18. (In Russ.) Available at: https://www.cadmaster.ru/magazin/articles/cm_17_technologies.html.
 14. Klochkov Y. S., Tveryakov A. M. Approaches to the improvement of quality management methods. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*. 2020;11(2):163–172. <https://doi.org/10.1007/s13198-019-00939-x>
 15. Papić L., Klochkov Yu., Aronov J., Gazizullina A. *Systems reliability: statistical analysis and applications*. Belgrad: The Research Center of Dependability and Quality Management DQM; 2022. 164 p.



Информация об авторах

Остапенко Мария Сергеевна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры станков и инструментов, Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Российская Федерация, ms_ostapenko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3838-3815>

Холбоева Умида Шавкатовна, обучающийся, Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Российская Федерация, umida.kholboeva@mail.ru

Тверяков Андрей Михайлович, канд. техн. наук, доцент, директор Нефтегазового института, Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Российская Федерация, tverykov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6444-2559>

Information about the authors

Maria S. Ostapenko, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Associate Professor in the Department of Machines and Tools, Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation, ms_ostapenko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3838-3815>

Umida S. Kholboeva, Student, Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation, umida.kholboeva@mail.ru

Andrey M. Tveryakov, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Director of Oil and Gas Institute, Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation, tverykov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6444-2559>

Получена 14 мая 2024 г., одобрена 08 октября 2024 г., принята к публикации 15 октября 2024 г.
Received 14 May 2024, Approved 08 October 2024, Accepted for publication 15 October 2024