

УДК 65.011.48

МЕТОДИКА УЛУЧШЕНИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НАУКОЕМКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ УПРАВЛЕНИЯ НЕФОРМАЛИЗОВАННЫМИ СВЯЗЯМИ В МЕЖПРОЦЕССНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА

© 2024 М.В. Иванов, Е.А. Фролова

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения,
г. Санкт-Петербург, Россия

Статья поступила в редакцию 07.11.2024

Предлагается методика улучшения системы менеджмента качества производства с применением подхода к управлению неформализованными связями в системе технического документооборота на предприятии, изготавливающем наукоемкую продукцию. Проведен анализ причинно-следственных связей возникновения несоответствий в процессах создания технической документации на основе применения классических инструментов концепции Всеобщего Управления Качеством (TQM). Предложено использование элементов теории искусственных нейронных сетей как инструмента управления неформализованными связями в межпроцессном пространстве системы технического документооборота. Сформулированы показатели результативности изменения процессов технического документооборота.

Ключевые слова: имитационная модель, искусственная нейронная сеть, технический документооборот, техническая документация, система менеджмента качества, наукоемкое производство, неформализованная связь.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-6-14-19

EDN: FDZZHQ

ВВЕДЕНИЕ

Основу наукоемкого производства составляют процессы реализации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ [1]. В них существенную роль играет, обмен информацией об изделии, отраженной в технической документации (ТД), между участниками производства, образуя систему технического документооборота (ТДО), которая реализует основные принципы документирования информации как одного из компонентов системы менеджмента качества (СМК) согласно требованиям стандартов ГОСТ Р ИСО 9000 [2] и ГОСТ Р ИСО 9001 [3].

СМК наукоемкого производства представляет собой цикл, в котором ТДО осуществляет актуализацию, обновление, изъятие и передачу в производство ТД. Процессы СМК осуществляются с применением автоматизированной системы (АС) управления жизненным циклом изделия и регламентируются нормативно-технической документацией (рис.1).

На качество конечных результатов разработки изделий и на количество возникающих при производстве изделий несоответствий

оказывают влияние неформализованные связи в межпроцессном пространстве ТДО. Их использование в соответствии с возможностями среды АС и требованиями СМК организации позволяет изменить структуру процессов ТДО для предоставления недостающих сведений об изделии участникам производства, снижая вероятность возникновения несоответствий на стадиях проектирования и производства изделий и повышая результативность процессов ТДО.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ УЛУЧШЕНИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА ОСНОВЕ УПРАВЛЕНИЯ НЕФОРМАЛИЗОВАННЫМИ СВЯЗЯМИ

В состав жизненного цикла производства входят процессы ТДО (рис.2), в которых могут возникать несоответствия, иницирующие группу рисков технического и управленческого свойства. Их возникновение порождает противоречие в плане обеспечения единого и непрерывного (в соответствии с ГОСТ Р ИСО 15489-1) [4] источника информации об изделии между этапами проектирования и производства.

Анализ причинно-следственных связей возникновения несоответствий осуществляется с помощью классических инструментов управления качеством, таких как FMEA, ETA и QFD.

Для определения характера несоответствий, а также степени их влияния на про-

Иванов Максим Викторович, инженер каф. 5 "Инноватики и интегрированных систем качества".

E-mail: umka62@list.ru, SPIN-код РИНЦ: 6209-9122

Фролова Елена Александровна, доктор технических наук, доцент, заведующая кафедрой «Инноватика и интегрированные системы качества».

E-mail: frolova_ea@guap.ru, SPIN-код РИНЦ: 9285-1102.

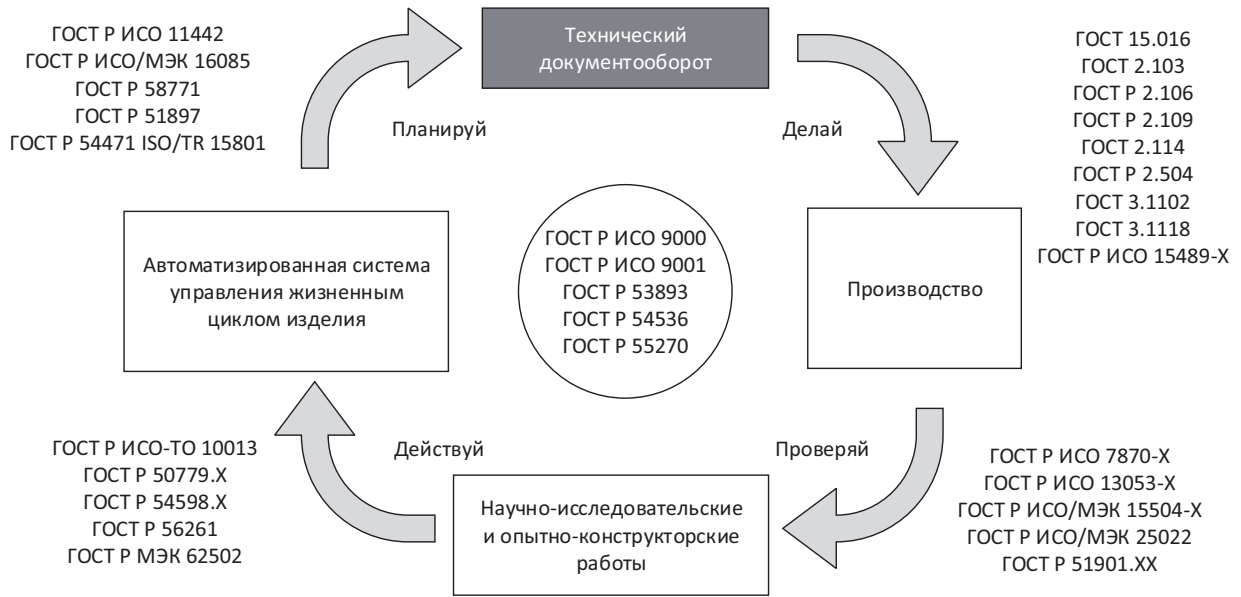


Рисунок 1 – Система менеджмента качества наукоемкого производства

цессы ТДО, применяется анализ видов и последствий отказов (FMEA) [5]. Принимая во внимание известные недостатки данного подхода, по результатам анализа проводится их ранжирование экспертным методом с последующим взвешиванием.

Построение дерева событий (ETA) [6] позволяет уточнить результаты FMEA-анализа

в установлении причинно-следственных связей возникновения несоответствий.

На основе результатов взвешивания ранжированных рисков FMEA-анализа экспертным методом осуществляется построение матрицы корреляции рисков процессов ТДО и выпускаемой организации ТД с целью определения степени влияния несоответствий на создание раз-

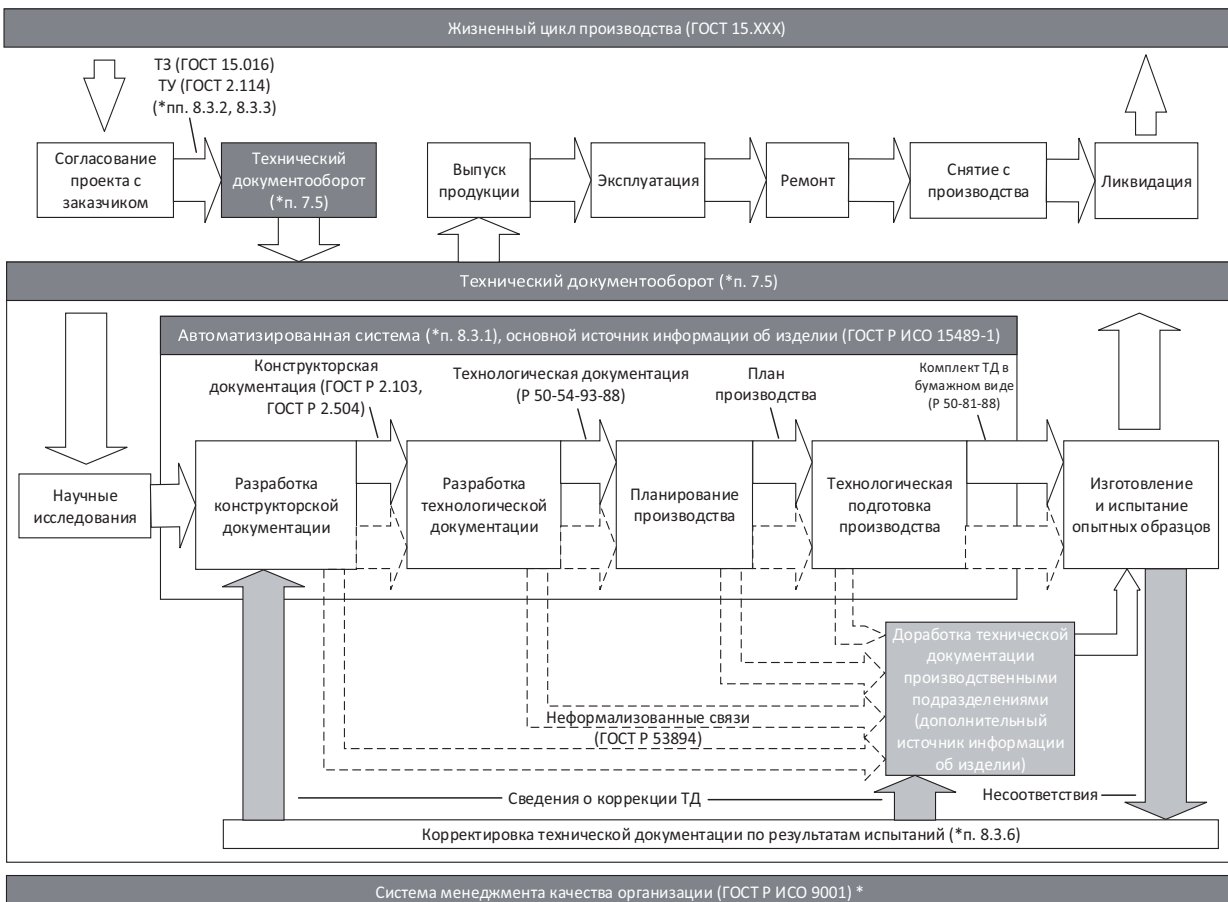


Рисунок 2 – Технический документооборот в составе жизненного цикла производства наукоемкой продукции

личной информации об изделии, выраженной в ТД различных видов (табл. 1).

Неформализованные связи в системе ТДО представляют собой информационные каналы между участниками процесса разработки изделий, не учтенные СМК организации при проектировании системы, и предоставляющие неформализованные знания об изделии (в соответствии с ГОСТ Р 53894) [7].

С целью управления неформализованными связями в межпроцессном пространстве ТДО используются элементы теории искусственных нейронных сетей (ИНС), которые могут быть применены в имитационном моделировании [8]. Они позволяют агрегировать отличительные особенности входных данных с последующим их объединением и усложнением на каждом слое нейросети.

Исследование процессов обмена информацией об изделии внутри системы осуществляется на основе ее имитационной модели, учитывающей наличие неформализованных связей между элементами [9]. При обнаружении проблемной подсистемы происходит ее модернизация путем построения замещающей модели, включающей в себя межэлементные неформализованные связи [10].

Контроль состояния системы ТДО осуществляется на основе показателя Производитель-

ности ТДО (количество ТД, введенное в действие за период времени):

$$P = \frac{K_{КД} + K_{ТД} + K_{ТД_{скв.}}}{T}, \quad (1)$$

где $K_{КД}$, $K_{ТД}$, $K_{ТД_{скв.}}$ – количество конструкторских, технологических документов и технологических документов сквозного производства соответственно, введенных в действие за период времени T .

Относительное изменение производительности ТДО вычисляется по следующей формуле:

$$P_{\%} = \frac{P_{t_2} - P_{t_1}}{P_{t_1}} * 100\%, \quad (2)$$

где P_{t_2} и P_{t_1} – производительность измененного ТДО за период времени t_2 и исходного за период времени t_1 соответственно, рассчитанные по формуле (1).

Структура методики улучшения системы менеджмента качества наукоемкого производства на основе управления неформализованными связями в межпроцессном пространстве технического документооборота представлена на рисунке 3.

Изменение структуры процессов ТДО с учетом неформализованных связей при обработке информации об изделии позволило повысить результативность кон-

Таблица 1 - Фрагмент матрицы корреляции рисков процессов технического документооборота с видами выпускаемой организацией технической документации

Наименование риска	ТД															q_i
	ЭЗ	ПЭЗ	ТБ	ВП	Ч.ДЕ	Ч.СБ	МЧ	Сп.п.СБ	Сп.с.СБ	СП.К	МК	КТТП	КЭ	ВУН	ПСп	
Отсутствие материалов и ПКИ, указанных в ТД	9/ 1,323	9/ 1,323	1/ 0,147	9/ 1,323	3/ 0,441	3/ 0,441	3/ 0,441	9/ 1,323	9/ 1,323	3/ 0,441	9/ 1,323	9/ 1,323	3/ 0,441	9/ 1,323	3/ 0,441	0,147
Превышение длительности согласования ТД	1/ 0,135	1/ 0,135	1/ 0,135	3/ 0,405	1/ 0,135	3/ 0,405	1/ 0,135	3/ 0,405	3/ 0,405	3/ 0,405	9/ 1,215	3/ 0,405	3/ 0,405	9/ 1,215	9/ 1,215	0,135
Ошибки при проектировании ТД, выявленные на этапе производства	9/ 1,134	9/ 1,134	3/ 0,378	9/ 1,134	3/ 0,378	3/ 0,378	3/ 0,378	3/ 0,378	3/ 0,378	3/ 0,378	3/ 0,378	1/ 0,126	1/ 0,126	3/ 0,378	3/ 0,378	0,126
Использование предыдущей версии ТД в процессе производства изделия	9/ 1,107	3/ 0,369	1/ 0,123	9/ 1,107	9/ 1,107	3/ 0,369	3/ 0,369	3/ 0,369	3/ 0,369	3/ 0,369	9/ 1,107	1/ 0,123	1/ 0,123	9/ 1,107	9/ 1,107	0,123
Ошибки при проектировании основной или реквизитной части ТД	9/ 1,062	9/ 1,062	3/ 0,354	3/ 0,354	3/ 0,354	3/ 0,354	3/ 0,354	3/ 0,354	3/ 0,354	3/ 0,354	9/ 1,062	9/ 1,062	3/ 0,354	9/ 1,062	9/ 1,062	0,118

*ЭЗ – схема электрическая принципиальная; ПЭЗ – перечень элементов; ТБ – таблица соединений; ВП – ведомость покупных изделий; ч.ДЕ – чертеж детали; ч.СБ – сборочный чертеж; МЧ – монтажный чертеж; Сп.п.СБ - спецификация на простую сборочную единицу; Сп.с.СБ – спецификация на сложную сборочную единицу; СП.К – спецификация на комплекс; МК – маршрутная карта технологического процесса; КТТП – карта типового технологического процесса; КЭ – карта эскизов; ВУН – ведомость удельных норм; ПСп – производственная спецификация

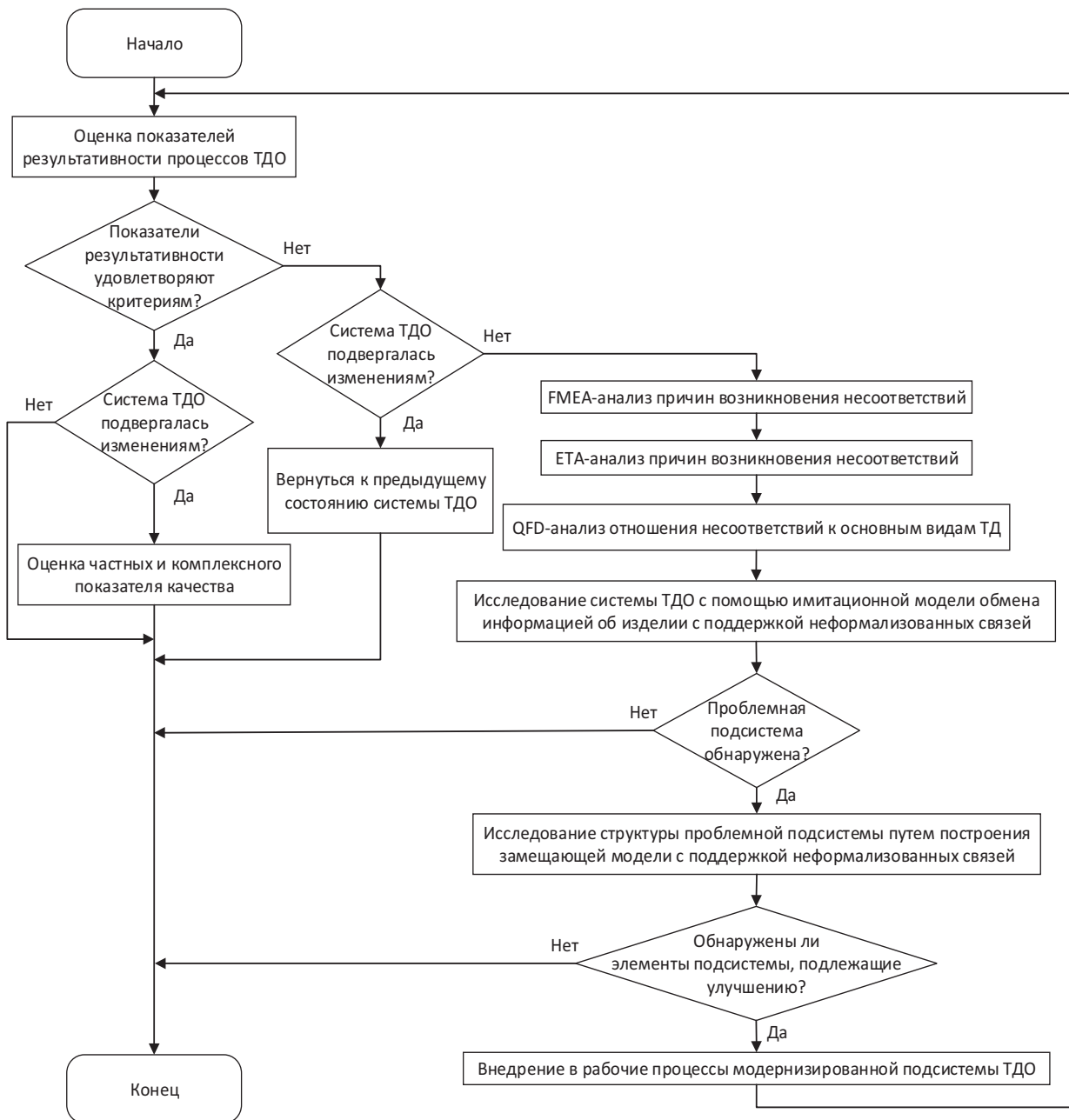


Рисунок 3 – Структура методики улучшения системы менеджмента качества наукоемкого производства на основе управления неформализованными связями в межпроцессном пространстве технического документооборота

структурских и технологических отделов в части увеличения количества введенной в действие ТД за счет увеличения производительности труда (рис.4).

В соответствии с формулой (2) по результатам изменения структуры ТДО в соответствии с разработанной методикой достигнуто относительное повышение производительности процессов ТДО по сравнению с их предыдущим состоянием на 6%:

$$P_{\%} = \frac{P_{t_2} - P_{t_1}}{P_{t_1}} * 100\% = 6\% .$$

ВЫВОДЫ

Разработана методика улучшения системы менеджмента качества наукоемкого производства на основе управления неформализованными связями в межпроцессном пространстве технического документооборота.

Применение аппарата ИНС в качестве инструмента управления неформализованными связями позволило выявить элементы процессов ТДО, подлежащие улучшению;

Модернизация процессов ТДО, как части СМК организации, позволило улучшить их качество путем повышения производительности.

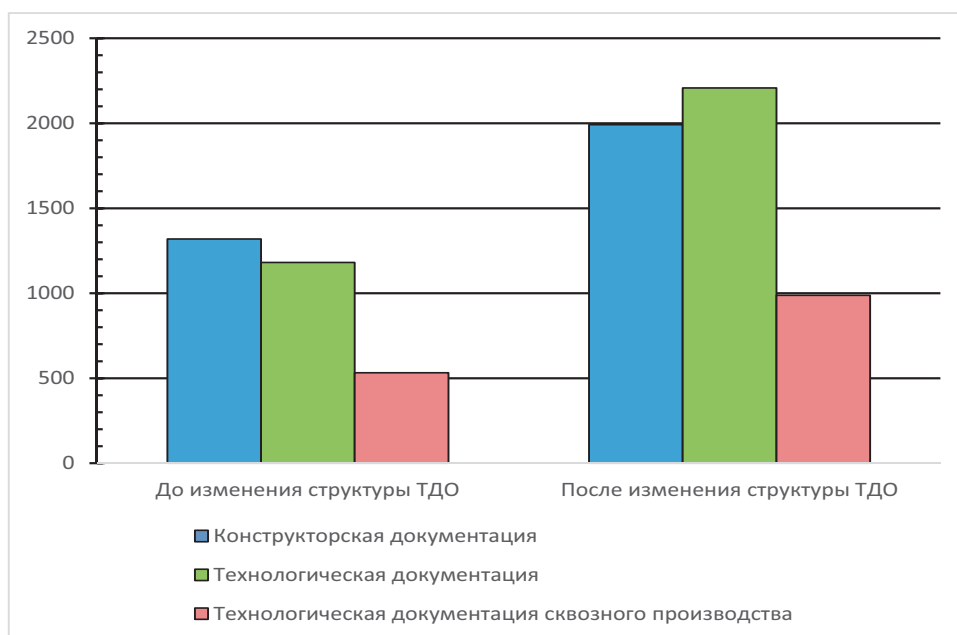


Рисунок 4 – Количество введенной в действие технической документации за периоды времени до и после изменения структуры процессов технического документооборота

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моргунов, Ю.А. Научность машиностроительного производства и его элементов / Ю.А. Моргунов // Научность технологии в машиностроении. – 2019. – № 6 (96). – С. 37-44.
2. ГОСТ Р ИСО 9000-2015 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. – М.: Стандартинформ, 2020. – 54 с.
3. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования // М.: Стандартинформ, 2020. – 32 с.
4. ГОСТ Р ИСО 15489-1-2019 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Информация и документация. Управление документами. Часть 1. Понятия и принципы. – М.: Стандартинформ, 2019. – 23 с.
5. ГОСТ Р 51901.12-2007 Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов. – М.: Стандартинформ, 2008. – 40 с.
6. ГОСТ Р МЭК 62502-2014 Менеджмент риска. Анализ дерева событий. – М.: Стандартинформ, 2015. – 35 с.
7. ГОСТ Р 53894-2016 Менеджмент знаний. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2020, – 24 с.
8. Иванов, М.В. Применение искусственных нейронных сетей в задачах имитационного математического моделирования систем / М.В. Иванов // Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – № 8(98). – С. 57-60.
9. Иванов, М.В. Применение искусственных нейронных сетей в управлении результативностью технического документооборота / М.В. Иванов // Инновационное приборостроение. – 2024. – Т. 3. – № 2. – С. 11-17.
10. Иванов, М.В. Разработка методики модернизации маршрута технического документооборота наукоемкого производства / М.В. Иванов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2023. – Т. 25. – № 2. – С. 22–26.

METHOD OF THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM IMPROVEMENT OF HIGH-TECH PRODUCTION BASED ON THE TACIT LINKS MANAGEMENT IN THE INTERPROCESS SPACE OF TECHNICAL DOCUMENT FLOW

© 2024 M.V. Ivanov, E.A. Frolova

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation,
Saint-Petersburg, Russia

A method is proposed for improvement the production quality management system using an approach to managing tacit links in the technical document flow system of high-tech production. An analysis of the cause-and-effect relationships of the occurrence of nonconformities in the processes of design technical documentation was carried out based on the application of classic tools of the Total Quality Management (TQM) concept. It is proposed to use elements of the artificial neural networks theory as a tool for managing tacit links in the interprocess space of the technical document flow system. Indicators of the efficiency changes of technical document flow processes have been formulated.

Keywords: simulation model, artificial neural network, technical document flow, technical documentation, quality management system, high-tech production, tacit link.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-6-14-19

EDN: FDZZHQ

REFERENCES

1. *Morgunov, Yu.A.* Naukoemkost' mashinostroitel'nogo proizvodstva i ego elementov / Yu.A. Morgunov // Naukoemkie tekhnologii v mashinostroenii. – 2019. – № 6 (96). – S. 37-44.
2. GOST R ISO 9000-2015 Sistemy menedzhmenta kachestva. Osnovnye polozheniya i slovar'. – M.: Standartinform, 2020. – 54 s.
3. GOST R ISO 9001-2015 Sistemy menedzhmenta kachestva. Trebovaniya // M.: Standartinform, 2020. – 32 s.
4. GOST R ISO 15489-1-2019 Sistema standartov po informacii, bibliotechnomu i izdatel'skomu delu. Informaciya i dokumentaciya. Upravlenie dokumentami. Chast' 1. Ponyatiya i principy. – M.: Standartinform, 2019. – 23 s.
5. GOST R 51901.12-2007 Menedzhment riska. Metod analiza vidov i posledstvij otkazov. – M.: Standartinform, 2008. – 40 s.
6. GOST R MEK 62502-2014 Menedzhment riska. Analiz dereva sobytij. – M.: Standartinform, 2015. – 35 s.
7. GOST R 53894-2016 Menedzhment znaniy. Terminy i opredeleniya. – M.: Standartinform, 2020, – 24 s.
8. *Ivanov, M.V.* Primenenie iskusstvennyh nejronnyh setej v zadachah imitacionnogo matematicheskogo modelirovaniya sistem / M.V. Ivanov // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2019. – № 8(98). – С. 57-60.
9. *Ivanov, M.V.* Primenenie iskusstvennyh nejronnyh setej v upravlenii rezul'tativnost'yu tekhnicheskogo dokumentooborota / M.V. Ivanov // Innovacionnoe priborostroenie. – 2024. – Т. 3. – № 2. – S. 11-17.
10. *Ivanov, M.V.* Razrabotka metodiki modernizacii marshruta tekhnicheskogo dokumentooborota naukoemkogo proizvodstva / M.V. Ivanov // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2023. – Т. 25. – № 2. – С. 22–26.

Maksim Ivanov, Applicant of the Department 5 "Innovation and Integrated Quality Systems".

E-mail: umka62@list.ru, SPIN-code RSCI: 6209-9122.

Elena Frolova, Head of the Department 5 "Innovation and Integrated Quality Systems".

E-mail: frolova_ea@guap.ru, SPIN-code RSCI: 9285-1102.