

УДК 65.011.48

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ МОДЕРНИЗАЦИИ МАРШРУТА ТЕХНИЧЕСКОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА НАУКОЕМКОГО ПРОИЗВОДСТВА

© 2023 М.В. Иванов

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

Статья поступила в редакцию 20.04.2023

Предлагается методика модернизации маршрута технического документооборота на предприятии, изготавливающем наукоемкую продукцию, с помощью элементов теории искусственных нейронных сетей. Рассмотрен традиционный маршрут процессов согласования и утверждения технической документации в среде автоматизированной системы предприятия. С помощью анализа с применением элементов теории искусственных нейронных сетей выявлены элементы рассматриваемого маршрута, требующие улучшения. Предложена улучшенная модель маршрута технического документооборота в среде автоматизированной системы предприятия, позволившая улучшить качество процессов согласования и утверждения технической документации предприятия.

*Ключевые слова:* система, имитационная модель, искусственная нейронная сеть, искусственный нейрон, технический документооборот, техническая документация, качество, модернизация, предприятие, организация.

DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-2-22-26

END: DABSCV

### ВВЕДЕНИЕ

На предприятии техническая документация (ТД) представлена конструкторской [1] и технологической документацией [2] об изделии. В процессе производства изделий возникают несоответствия, требующие оперативного устранения, а также соответствующих правок в ТД. В связи с этим необходимо улучшить маршрут технического документооборота (ТДО) в части сокращения сроков согласования, утверждения и передачи ТД в производство.

В среде автоматизированной системы (АС), используемой на предприятии, реализован маршрут ТДО в соответствии со стандартами организации (СТО), регламентирующими требования к согласованию, утверждению и передаче в производство ТД на бумажном носителе. Введение в действие модернизированного маршрута ТДО также потребует его стандартизации, не противоречащей требованиям СМК организации.

Инструментом для анализа традиционного маршрута ТДО в среде АС выбраны элементы теории искусственных нейронных сетей (ИНС), которые также применимы и в имитационном моделировании различных систем [3]. Применение данного подхода позволило улучшить качество рассматриваемых процессов согласования и утверждения ТД.

*Иванов Максим Викторович, соискатель каф. 5 "Инноватика и интегрированные системы качества".  
E-mail: umka62@list.ru*

### РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ МОДЕРНИЗАЦИИ МАРШРУТА СОГЛАСОВАНИЯ И УТВЕРЖДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Маршрут ТДО в среде АС предприятия представляет собой цепь последовательно соединенных между собой статусов ТД. Связями между статусами являются переходы из одного статуса в другой. Продвижение ТД по маршруту осуществляется с помощью протокола электронного согласования, допускающего смену статуса ТД, согласно маршруту. Переход между статусами возможен при наличии электронно-цифровой подписи лиц, согласующих документ, на каждом конкретном переходе.

Традиционный маршрут ТДО в среде АС предприятия представлен на рисунке 1.

Согласно нормативно-справочной документации организации, процессы проверки, согласования, предварительного и окончательного нормоконтроля, отправки на учет в архив происходят в жестко определенной последовательности. Доработка ТД происходит при возникновении несоответствий на любом из этапов согласования ТД и в конечном итоге также ведет к последующему этапу согласования ТД. Возврат ТД на доработку или выпуск новой версии ТД с соответствующими исправлениями отражены в маршруте ТДО обратной связью.

Механизм обратной связи является необходимым элементом в алгоритмах обучения ИНС [4] и находит свое применение в имитационном

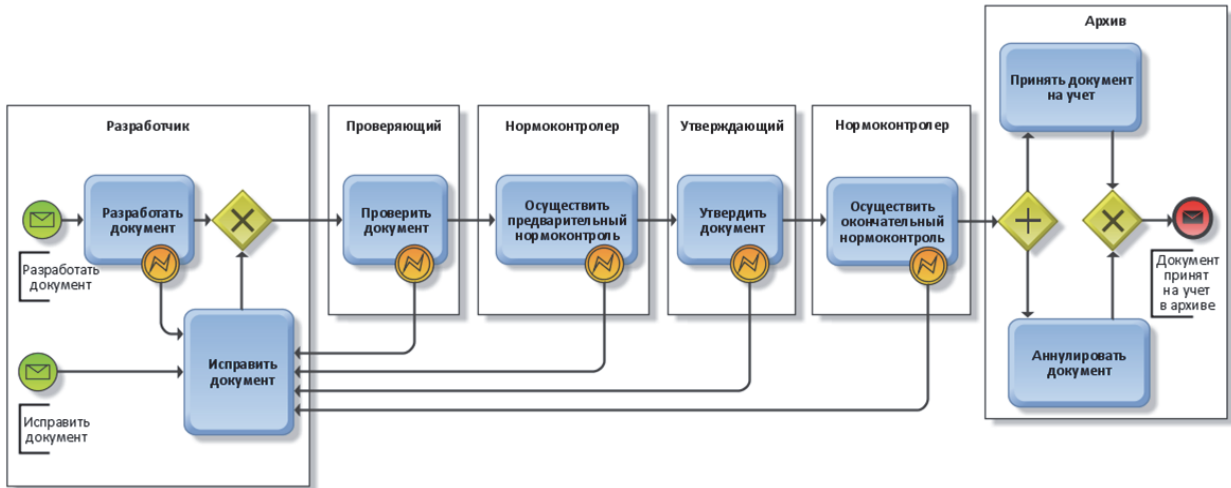


Рисунок 1 – Традиционный маршрут ТДО в среде АС предприятия

моделировании систем, в связи с чем становится возможным создание ИНС-модели традиционного маршрута ТДО [5].

Структуру маршрута ТДО следует читать справа налево сверху вниз, выделяя необходимые структурные элементы для будущей ИНС-модели, а именно: в качестве искусственных нейронов [6] выступают возможные в статусе переходы, их совокупность составляет слой ИНС. Слои нейронных элементов составляются таким образом, чтобы обеспечивались связи между всеми нейронами соседних слоев. Таким образом, становится возможным получить ИНС-модель традиционного маршрута ТДО, в которой выделяются группы однотипных элементов:

- элементы, возвращающие ТД в начало маршрута (группа 1);
- элементы промежуточной обработки ТД (группа 2);
- элементы окончательной обработки ТД (группа 3).

ИНС-модель традиционного маршрута ТДО с выделенными группами элементов представлена на рисунке 2.

В среде АС часть процессов возможно осуществлять параллельно, что позволяет распределить группы элементов в слой ИНС. В полученных слоях ИНС-модели повторяющиеся в функциональном назначении нейронные элементы объединяются в подгруппы (рис. 3).

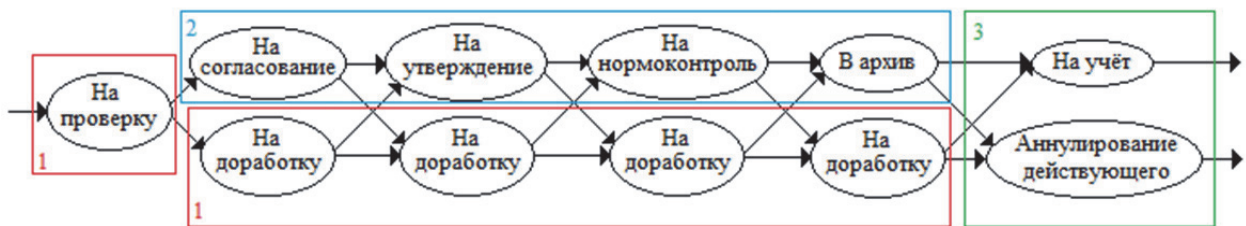


Рисунок 2 – ИНС-модель традиционного маршрута ТДО с выделенными группами элементов

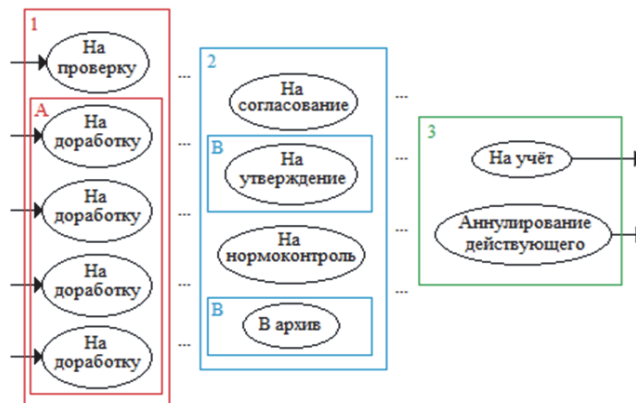


Рисунок 3 – ИНС-модель традиционного маршрута ТДО с учетом возможностей АС с выделение подгрупп функционально повторяющихся нейронных элементов

Функционально повторяющиеся элементы в подгруппах возможно заменить одним нейронным элементом с аналогичной функцией. Четыре элемента отправки ТД на доработку заменяются одним элементом. Согласно СМК организации, конечным результатом операций предварительного (согласование) и окончательного нормоконтроля становится отправка ТД на окончательное решение о приеме ТД или его аннулировании. Вследствие того, что данные операции производятся одним и тем же уполномоченным лицом, в совокупности с возможностями АС параллельной обработки ТД, становится возможным их объединение в один нейронный элемент. Модернизированная ИНС-модель маршрута ТДО с замененными подгруппами на соответствующие нейронные элементы представлена на рисунке 4.

Каждый слой полученной модели возможно представить в виде отдельного статуса согласования ТД с указанием лиц, участвующих в подписании ТД в соответствии с действующими СТО. В результате создан модернизированный маршрут ТДО, отличающийся

от исходного меньшим количеством статусов с возможностью параллельной процедуры подписания, что достигается веерной рассылкой ТД абонентам, позволяя сократить длительность согласования ТД (рис. 5).

Вновь разработанный маршрут согласования и утверждения ТД на основе улучшенной структуры ИНС-модели стандартизован и введен в действие СТО, актуализированы смежные СТО.

Оценка качества процессов согласования и утверждения ТД потребовала разработки соответствующей методики:

- в среде АС разработан инструмент [7], позволяющий получить данные по единичным показателям качества процессов ТДО;
- определены весовые коэффициенты единичных показателей качества экспертным методом;
- выполнен расчет комплексного показателя качества до и после внедрения обновленного маршрута согласования и утверждения ТД.

Документация разделена на группы: конструкторская, технологическая и сквозная технологическая (выполняемая на различных площадках предприятия). Рассматривались

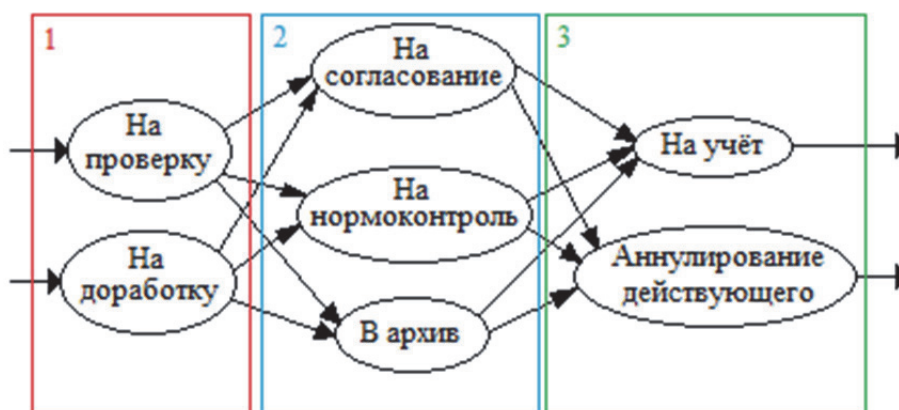


Рисунок 4 – Модернизированная ИНС-модель маршрута ТДО

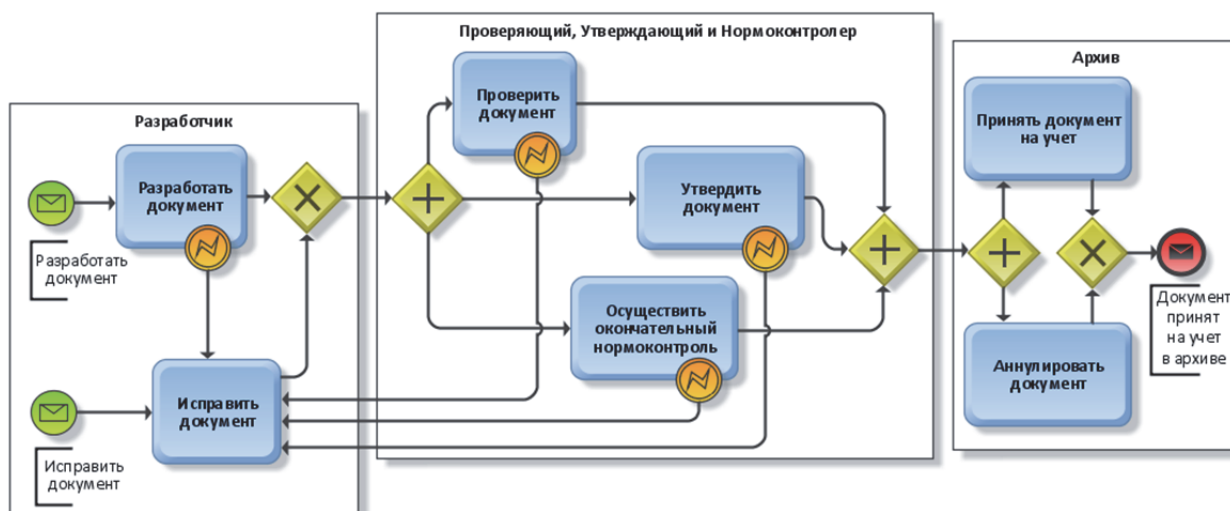


Рисунок 5 – Модернизированный маршрут ТДО

**Таблица 1** – Значения показателей качества процессов согласования и утверждения ТД до и после обновления маршрута ТДО

Наименование показателя, единица измерения	$t_1$	$t_2$	$Q_i$	$\alpha_i$
Средняя длительность согласования конструкторской документации (дней)	52	42	-0,2	0,24
Средняя длительность согласования технологической документации (дней)	35	29	-0,32	0,2
Средняя длительность согласования сквозной технологической документации (дней)	45	34	-0,41	0,16
Общее количество ТД, введенное в действие	3032	5188	0,71	0,15
Общее количество ошибок в ТД, выявленных в процессе согласования и утверждения	509	463	-0,43	0,24
Комплексный показатель качества ( $Q$ )	0,17			
Коэффициент конкордации ( $W$ )				0,845

периоды до ( $t_1$ ) и после ( $t_2$ ) внедрения нового маршрута ТДО. Результаты расчета уровня согласованности экспертных оценок по Кендаллу, в соответствии с шкалами Марголина и Харрингтона показывают, что полученные результаты экспертной оценки обладают достаточным уровнем согласованности, что позволяет использовать их для дальнейшего расчета комплексного показателя качества за рассматриваемые периоды.

В результате проведенных мероприятий по модернизации маршрута ТДО наблюдается общее улучшение качества процессов согласования и утверждения ТД на 17% по сравнению с предыдущим состоянием рассматриваемой системы.

## ВЫВОДЫ

Разработана методика модернизации маршрута согласования и утверждения ТД с применением элементов теории ИНС.

Применение предложенной методики позволило выявить элементы традиционного маршрута ТДО, требующие улучшения.

Ввод в действие модернизированного маршрута ТДО позволило улучшить качество процессов согласования и утверждения ТД.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ 2.102-2013 ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов.
- ГОСТ 3.1102-2011 ЕСТД. Стадии разработки и виды документов. Общие положения.
- 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.
- Rumelhart D.E., Hinton G.E., Williams R.J. Learning Internal Representations by Error Propagation // Parallel Distributed Processing. Vol. 1. 1986. pp. 318–362.
- Ivanov, M.V. Improving the quality of the approval procedure for electronic design and technological documentation using the apparatus of artificial neural networks / M.V. Ivanov, S.A. Afanasenkov, E.A. Skorniakova // Proceedings 2021 International Conference on Metrological Support of Innovative Technologies (ICMSIT-II-2021). Saint-Petersburg, Russia. 3-6 Mar. 2021. - ICMSIT-II-1074.
- McCulloch W.S., Pitts W. A logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity // Bulletin of Mathematical Biology vol. 52, №1/2. 1990. pp. 99–115.
- Бабаев, С.А. Разработка инструмента контроля готовности конструкторско-технологической документации к запуску изделия в производство на платформе IT-технологии / С.А. Бабаев, М.В. Иванов, Г.В. Невокшенов // Радиопромышленность. 2017. № 4. С.110-115.

## REFERENCES

1. GOST 2.102-2013 ESKD. Vidy i komplektnost' konstruktorskih dokumentov.
2. GOST 3.1102-2011 ESTD. Stadii razrabotki i vidy dokumentov. Obshchie polozheniya.
3. *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.
4. *Rumelhart D.E., Hinton G.E., Williams R.J.* Learning Internal Representations by Error Propagation // *Parallel Distributed Processing*. Vol. 1. 1986. pp. 318–362.
5. *Ivanov, M.V.* Improving the quality of the approval procedure for electronic design and technological documentation using the apparatus of artificial neural networks / M.V. Ivanov, S.A. Afanasev, E.A. Skorniakova // *Proceedings 2021 International Conference on Metrological Support of Innovative Technologies (ICMSIT-II-2021)*. Saint-Petersburg, Russia. 3-6 Mar. 2021. - ICMSIT-II-1074.
6. *McCulloch W.S., Pitts W.* A logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity // *Bulletin of Mathematical Biology* vol. 52, № 1/2. 1990. pp. 99-115.
7. *Babaev, S.A.* Razrabotka instrumenta kontrolya gotovnosti konstruktorsko-tehnologicheskoy dokumentacii k zapusku izdeliya v proizvodstvo na platforme IT-tehnologii / S.A. Babaev, M.V. Ivanov, G.V. Nevokshenov // *Radiopromyshlennost'*. 2017. № 4. S.110-115.

## DEVELOPMENT OF A METHOD FOR MODERNIZATION OF THE ROUTE OF TECHNICAL DOCUMENT MANAGEMENT IN HIGH-TECH PRODUCTION

© 2023 M.V. Ivanov

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

A method for modernizing the route of technical document flow at an enterprise manufacturing high-tech products proposed using elements of the theory of artificial neural networks. The traditional route of the processes of approval of technical documentation in the environment of an automated enterprise system revised. With analysis using elements of the theory of artificial neural networks, elements of the route that require improvement identified. An improved model of the technical document flow route in the environment of an enterprise automated system is proposed, which made it possible to improve the quality of the processes of approval of the enterprise's technical documentation.

Keywords: system, simulation model, artificial neural network, artificial neuron, technical document flow, technical documentation, quality, modernization, enterprise, organization.

DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-2-22-26

END: DABSCV