

Научная статья

УДК 303.732.4

EDN HFCISD

DOI 10.17150/2713-1734.2023.5(2).205-221



И.Ю. Сольская

*Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, Российская Федерация*

А.А. Войлошников

*Восточно-Сибирский учебный центр профессиональных квалификаций,
г. Иркутск, Российская Федерация*

Применение методов системного анализа и алгоритмизации в управлении воздействием человеческого фактора на функционирование технологических процессов

Аннотация. В любом технологическом процессе, который не может быть полностью автоматизирован участвует специалист, выполняющий необходимые операции, поэтому от его безошибочных действий зависит надежность функционирования технологического процесса. В сложных технологических системах, предъявляются требования к квалификации персонала, обслуживающего и эксплуатирующего оборудование, машины и механизмы.

В статье приводятся результаты исследования в области оценки причин технологических нарушений по вине персонала при эксплуатации сложных технических систем и применение методов алгоритмизации для обработки информации процесса управления воздействием человеческого фактора на функционирование технологических процессов. На примере технологических процессов, реализуемых в практике ОАО «Российские железные дороги (РЖД)», рассмотрены примеры технологических нарушений функционирования технологических процессов. Выявлены причины таких нарушений и проведена оценка воздействия человеческого фактора на их проявления.

Ключевые слова. Системный подход, методы алгоритмизации, надежность технических систем, обработка информации, автоматизация процессов.

Информация о статье. Дата поступления: 25 января 2023 г.; дата принятия к публикации: 14 апреля 2023 г.; дата онлайн-размещения: 14 мая, 2023 г.

Original article

I.Yu. Solskaya

*Irkutsk State Transport University,
Irkutsk, Russian Federation*

A.A. Voiloshnikov

*East-Siberian Training Center for Professional Qualifications,
Irkutsk, Russian Federation*

Application of System Analysis Methods and Algorithmization in Impact Management the Human Factor on the Functioning of Technological Processes

Abstract. In any technological process that cannot be fully automated, a specialist performs the necessary operations, therefore, the reliability of the functioning of the technological process depends on his error-free actions. In complex technological

systems, there are requirements for the qualification of personnel servicing and operating equipment, machines and mechanisms. The article presents the results of research in the field of assessing the causes of technological violations caused by personnel during the operation of complex technical systems and the use of methods of legitimization for processing information about the process of managing the impact of the human factor on the functioning of technological processes. We examined examples of technological improvements in the functioning of technological processes are considered using the example of technological processes implemented in the practice of JSC "Russian Railways (RZD). The causes of such violations have been identified and the impact of the human factor on their manifestations has been assessed.

Keywords. System approach, methods of legitimization, reliability of technical systems, information processing, automation of processes.

Article info. Received 25 January, 2023; Accepted 14 April, 2023; Available online 14 May, 2023.

Введение

Норберт Винер в управлении связями живых организмов и машин видел главное не столько «управление» и «связь», а взаимодействие, что и стало толчком к развитию теоретических основ науки об информационном управлении. Поэтому объектом исследования в кибернетике являются системы управления взаимосвязанной совокупностью элементов, предназначенных для целенаправленного воздействия управляющего органа на управляемый объект [1].

С точки зрения теории систем технологический процесс можно рассматривать как совокупность отдельных элементов или подсистем, которые обеспечивают его функционирование, а взаимосвязи и взаимодействие между подсистемами будут играть ключевую роль в реализации управляющих воздействий на элементы (свойства элементов) с целью повышения эффективности функционирования управляемого процесса (отсутствие технологических нарушений и отказов в работе технических средств) [2].

Другими словами, эффективность управления человеко-машинным технологическим процессом будет в большей степени зависеть от эффективности методов и средств обработки информации о причинах допущенных технологических нарушений, которая будет использоваться для определения достаточности уровня профессиональных компетенций персонала и их развития.

Факт возникновения технологических нарушений в процессе эксплуатации технических систем свидетельствуют о том, что уровень квалификации технического персонала, допустившего нарушение, не соответствует требованиям к надежности функционирования технологического процесса.

Методы и модели

В классификации систем можно выделить подходы к классификации, предлагаемые В.И. Чернышовым [3], В.М. Никоноро-

вым [4], А.Д. Холлом и Р.Е. Фейджином [5], позволяющее охарактеризовать технологический процесс как систему и предмет исследования в системном анализе, следующим образом:

- искусственные системы, т.е. созданные человеком;
- технические системы, т.е., состоящие из различного рода машин, аппаратов, механизмов и прочих технических средств;
- сложные системы, т.е. включающие иерархии множества элементов и подсистем, связанных единой системой координации; характеризуются многомерностью и разнородностью структуры элементов и связей между ними;
- человеко-машинные, в состав элементов которых входят люди и различного рода автоматизированные системы со своими базами данных и сетями передачи информации;
- организованные системы, т.е. упорядоченные, имеющие структуру, в которой определены элементы и связи между ними; при этом системы могут быть хорошо организованные (когда определены все элементы и установлены необходимые связи между ними для исполнения заданной цели системы), плохо организованные (когда цель системы не исполняется или исполняется не в полной мере из-за недостатков, связанными с элементами или связями в структуре системы);
- детерминированные системы, т.е. системы, в которых значения на выходах определяются точно в соответствии с управляющими воздействиями на входах; другими словами, это хорошо организованные системы, в которых элементы системы взаимодействуют точно в соответствии с определенным алгоритмом.

А.Н. Даниленко в обосновании своей гипотезы [6] с точки зрения эффективности функционирования технологических процессов приводит примеры актуальности борьбы с негативным воздействием человеческого фактора, а именно недостатков квалификации персонала, которые приводят к поломке дорогостоящего оборудования, производству некачественной продукции, срыву сроков поставок, а иногда к человеческим жертвам. Отмечается сложность решения данной проблемы и необходимость применения комплексного подхода, который по мнению автора является основным фактором, определяющим успешность в разработке моделей систем управления воздействием человеческого фактора на функционирование технологических процессов.

А.М. Завьялов в описании проблемы исследования [7] отмечает основной причиной производственного травматизма и нарушений безопасности движения поездов ошибочные действия человека.

П.А. Угаровым [8; 9] разработаны алгоритмы координации для двухуровневых систем управления, обеспечивающих гаран-

тированное качество при управлении сложными техническими объектами. Алгоритмы координации позволяют гарантировать заданное качество на верхнем уровне системы управления и существенно уменьшить общий объем вычислений за счет снижения размерности задач построения множеств достижимости.

В работе Ю.С. Кабальнова [10] рассматриваются системы координированного управления. В качестве основной задачи координации при синтезе сложных информационных систем управления, автор отмечают разработку алгоритмов, используемых для согласования работы автономно функционирующих подсистем [там же].

Наиболее распространенным методом разработки алгоритмов является блок-схемный метод, который позволяет получить графическую модель в виде ориентированного графа, являющуюся универсальной формой для последующего преобразования в программный код с помощью различных языков программирования [11].

Успешное применение алгоритмов для решения различных задач, и, прежде всего, для математических вычислений и обработки информации вместе с понятием «Кибернетика» вошло в практику для управления человеко-машинными технологическими процессами [12].

Автоматизация профилактической работы, направленной на снижение технологических нарушений возможна, как отмечает в своей статье Е.П. Попова [13], при наличии алгоритмов обработки информации о причинах допущенных нарушений и принятия решения о необходимости профессионального обучения технического персонала или развития его профессиональных компетенций.

Нарушения технологических процессов в ОАО «Российские железные дороги»

В анализе эксплуатационной работы в ОАО «РЖД» особое внимание уделяется вопросам безопасности движения [14–16]. Так за 6 месяцев 2022 г. 15 % случаев нарушений безопасности перевозочного процесса допущено по причине человеческого фактора (рис. 1а), 51 % причин неудовлетворительного текущего содержания инфраструктуры является следствием ошибок технического персонала, а 25 % причин следствием недостаточной квалификации технического персонала.

За 6 месяцев 2022 г. в границах Восточно-Сибирской железной дороги — филиала ОАО «РЖД» допущено более 3 000 технологических нарушений (рис. 1 б), из которых 9 % технического характера и 39 % технологического характера.

В ОАО «РЖД» для управления воздействием человеческого фактора на функционирование технических систем использу-

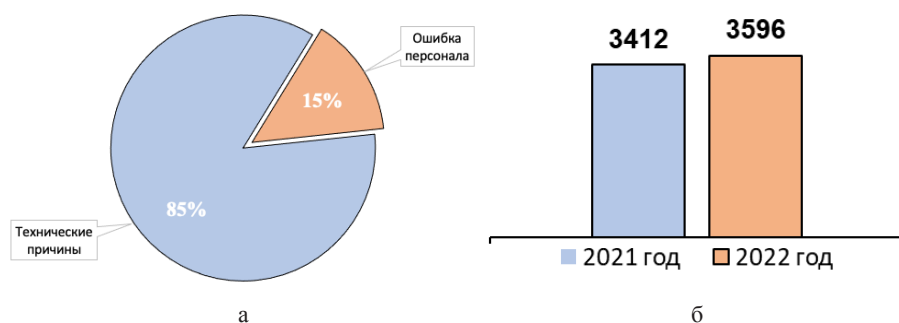


Рис 1. Статистика нарушений безопасности технологии перевозочного процесса ОАО «РЖД» (а) по причинам; б) по количеству случаев)

ется система КАСАТ¹. В настоящую систему вносятся данные по результатам служебных расследований причин технологических нарушений. Для каждого технологического нарушения создается электронная форма, в которой хранится информация с результатами служебного расследования. База данных автоматизированной системы КАСАТ может быть использована для автоматизации процесса управления воздействием человеческого фактора на функционирование технических систем. Однако при этом требуется персонализированный учет технологических нарушений по причинности и причастности персонала.

Решение проблемы персонализированного учета технологических нарушений

Причастность к технологическому нарушению персонала определяется при обеспечении ввода в отдельное поле формы технологического нарушения табельного номера работника, допустившего нарушение. По табельному номеру возможен автоматический поиск и идентификация персонала в сформированной базе данных. В ОАО «РЖД» применяется автоматизированная система управления трудовыми ресурсами ЕКАСУТР, в которой аккумулируются персональные данные работников ОАО «РЖД».

Таким образом, используя табельный номер работника и базы данных, содержащие персональные данные персонала и технологические нарушения, которые приняты к учету в процессе

¹ Положение об учете, расследовании и анализе отказов в работе технических средств на инфраструктуре с использованием автоматизированной системы КАСАНТ : утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 1 окт. 2018 г. № 2160р // СПС «КонсультантПлюс»; Классификатор причин нарушений технологической дисциплины для Комплексной автоматизированной системы учета, расследования и анализа случаев технологических нарушений КАСАТ : утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 13 мая 2021 г. № 1018р.

эксплуатационной деятельности, становится возможным вести персонализированный учет технологических нарушений.

Автоматизация процесса профилактики технологических нарушений

Персонализированный учет технологических нарушений делает возможным автоматизацию процесса назначения каждому работнику, допустившему технологические нарушения, развивающихся мероприятий, соответствующих причинам нарушений². Для этого необходимо наличие базы данных перечня развивающихся мероприятий, ранжированных по цифровому коду нарушений.

В качестве развивающихся мероприятий целесообразно использовать учебные модули программ профессионального обучения персонала. В ОАО «РЖД» все учебные модули с программами профессионального обучения персонала содержатся в автоматизированной системе управления учебными центрами АСУ УЦПК. Такой подход позволит в автоматическом режиме формировать индивидуальный план профессионального обучения персонала по результатам эксплуатационной деятельности.

Для автоматизации процесса обработки информации на ЭВМ на основании методических положений, отраженных в работах В.М. Кайнова [17] и Р.Г. Асадулаева [18; 19], разработаны авторские алгоритмы и таблично-графические формы визуального представления информации.

В качестве основы для формирования модели обработки информации была использована структурная схема взаимосвязей баз данных [20], поддерживаемых в ОАО «РЖД» (рис. 2).



Рис. 2. Схема обработки информации при автоматизации процесса управления воздействием человеческого фактора на функционирование технологических процессов

² Модель профессиональных компетенций Дирекции тяги, профиля к типовым штатным должностям эксплуатационных локомотивных депо, утвержденная в ОАО «РЖД» от 4 июля 2016 г.

Здесь: автоматизированные системы (АС), задействованные в процессе обработки информации:

АС КАСАТ — автоматизированная система для учета технологических нарушений (содержатся карточки технологических нарушений).

АС КСОТП — автоматизированная система учета нарушений безопасности труда (содержатся карточки нарушений безопасности труда).

ЕКАСУТР — автоматизированная система управления трудовыми ресурсами (содержатся карточки с персональными данными работников).

В АСУ-УЦПК — автоматизированная система управления корпоративными учебными центрами (содержатся учебные модули программ профессионального обучения).

На рис. 3 приведена форма персональной карточки для вывода информации о необходимых персональных обучающих мероприятиях. Карточка содержит активные кнопки, нажатие которых открывает соответствующую форму.

Для обработки информации в карточке предусмотрено 5 дополнительных табличных форм:

Персональная карточка

Персональные данные			
<div style="background-color: #b0c4de; width: 100px; height: 100px; margin: 0 auto;"></div> <p>Фото 1</p>	ФИО:	Иванов	Иван Иванович
	Должность:	Машинист тепловоза	
	Общий стаж:	3	
	Стаж:	1	
	Класс	0	
Т№ 1			
Структурное подразделение			
Центральная дирекция		ЦТ	
Региональная дирекция		ВСТ	
Предприятие		ТЧЭ-1	
Показатели профессиональной компетентности		2023	
Объем профессионального обучения:	Требуется обучение	78,00	V
Объем обучения по программе ПК:	Требуется обучение	72,00	
Объем обучения по программам ТН и БД:	Требуется обучение	6,00	
Технологические нарушения:	Не соответствие	3	N
Нарушения безопасности труда:	Не соответствие	1	

Рис. 3. Персональная карточка*

* Составлен авторами.

- 1 форма — ведомость с персональными данными (рис. 4).
- 2 форма — ведомость с результатами оценки профессиональных компетенций (рис. 5).
- 3 форма — ведомость технологических нарушений (рис. 6).
- 4 форма — ведомость нарушений безопасности труда (рис. 7).
- 5 форма — план профессионального развития (рис. 8).

Входными формами для ввода информации являются 1–4 формы. После обработки данных формируется форма 5 и заполняется персональная карточка (рис. 3). Где V — количество академических часов учебных модулей сформированной программы профессионального развития работника на предстоящий год по результатам оценки профессиональных компетенций и допущенных технологических нарушений в отчетном периоде (год, выбранный в окне карточки); N — количество технологических нарушений, которые допустил работник за отчетный период времени с разбивкой по нарушениям технологии и нарушениям безопасности труда. Показатели V и N рассчитываются автоматически.

Карточка имеет порядковый номер, который совпадает с табельным номером работника в базе данных персонала.

Ведомость оценки профессиональных компетенций работника, разработанная в соответствии с основными положениями модели оценки профессиональных компетенций, предлагаемой И.Б. Елтуновой [21] и частично реализованной Дирекции тяги ОАО «РЖД»³, представляет собой табличную форму (рис. 4), в которой содержится информация из базы данных автоматизированной системы, в которой персонал проходит обязательную оценку профессиональных компетенций в соответствии с моделью, утвержденной в компании ОАО «РЖД». При получении балла ниже требуемого, работнику требуется пройти обучение по программе развития профессиональных компетенций.

Ведомость технологических нарушений				
№ учебного модуля	Категории технологических нарушений	1	2	3
ИТМ3-2	Проверка автотормозов в пути следования	2	1	
ТП-4	Контроль параметров работы тепловоза в пути следования по КИП, регулирование температурных параметров в режимах ручного и автоматического управления	1	1	

Рис. 4. Ведомость персональных данных

³ Модель профессиональных компетенций Дирекции тяги, профиля к типовым штатным должностям эксплуатационных локомотивных депо, утвержденная в ОАО «РЖД» от 4 июля 2016 г.

Ведомость оценки профессиональных компетенций

№ проф. компетенции	Профессиональные компетенции	Профильный балл	1	2	3
			▼	▼	▼
ПК-1	Основы организации работы дирекции тяги	1	1	1	1
ПК-5	Технические условия эксплуатации тепловозов	2	1	2	2
ПК-6	Устранение неисправностей в работе оборудования тепловозов	2	2	1	2
ПК-7	Экипировка тепловозов	2	2	2	2
ПК-8	Организация работы локомотивных бригад	1	1	1	1
ПК-13	Техническое обслуживание и ремонт тепловозов	1	1	1	1
ПК-14	Организация движения поездов	2	2	1	2
ПК-15	Вождение поездов	3	2	3	3
ПК-18	Организация взаимодействия со смежными хозяйствами	2	2	2	2
ПК-25	Охрана труда	2	2	1	2
ПК-27	Пожарная безопасность	1	1	1	1
ПК-28	Электробезопасность	1	1	1	1
ПК-30	Сигнализация	3	2	3	3
ПК-31	Безопасность движения	1	1	1	1
ПК-32	Использование топливно-энергетических ресурсов	2	2	2	2
Итоговый балл:		1,73	1,53	1,53	1,73

Рис. 5. Ведомость оценки профессиональных компетенций

Ведомость технологических нарушений

№ учебного модуля	Категории технологических нарушений	1	2	3
		▼	▼	▼
ПТМ3-2	Проверка автотормозов в пути следования	2	1	
ТП-4	Контроль параметров работы тепловоза в пути следования по КИП, регулирование температурных параметров в режимах ручного и автоматического управления	1	1	
ПРОПМ-7	Порядок действий локомотивной бригады при срабатывании устройств КТСМ		1	
ПРИПТМ-5	Запись в книгу установленной формы о выявленных нарушениях, угрожающих безопасности движения поездов		1	
Итого технологических нарушений:		3	4	0

Рис. 6. Ведомость принятых к учету технологических нарушений

План профессионального развития

2022 год

№ учебного модуля	Профессиональная компетенция	Объем, час
		▼
Развитие профессиональных компетенций		
ПК-15	Вождение поездов	8

Рис. 7. Ведомость принятых к учету нарушений безопасности труда

В результате автоматизации обработки данных по разработанной модели для каждого работника может быть сформирован план профессионального развития в табличной форме для использования в качестве заявок для формирования годового плана профессионального обучения персонала.

План профессионального развития		2022 год
№ учебного модуля	Профессиональная компетенция	Объем, час
Развитие профессиональных компетенций		
ПК-15	Вождение поездов	8
ПК-18	Организация взаимодействия со смежными хозяйствами	8
ПК-30	Сигнализация	8
ПК-32	Использование топливно-энергетических ресурсов	8
Развитие профессиональных компетенций (час):		32
Целевое обучение по допущенным нарушениям		
ПТМЗ-2	Проверка автотормозов в пути следования	2
ТП-4	Контроль параметров работы тепловоза в пути следования по КИП, регулирование температурных параметров в режимах ручного и автоматического управления	2
ПТМ1-2	Вождение грузовых и пассажирских поездов	2
ПРОПМ-9	Проверка исправности приборов торможения на локомотиве. Включение режимов воздухораспределителей на локомотиве и вагоне	2
ПРПТМ2-4	Контроль плотности тормозной магистрали при проверке срабатывания тормозов локомотива соответствующего типа, вагонов в составе поезда с устранением выявленных несоответствий либо информированием о них дежурного по эксплуатационному локомотивному депо	2
Целевое обучение по допущенным нарушениям (час):		10
Профессиональное развитие итого (час):		42

Рис. 8. Индивидуальный план профессионального обучения*

* Составлен авторами.

Полагаем, что исключение участия человека из процессов взаимодействия между отдельными автоматизированными системами позволит решить проблему, связанную, как отмечает П.А. Клеменков с обработкой информации в крупной транспортной компании [22], скоординировать процесс взаимодействия подсистем, повысить надежность функционирования технических средств.

В предлагаемой модели учебный модуль, соответствующий профессиональной компетенции, по которой зафиксирован балл ниже заданного автоматически включается в план развития про-

фессиональных компетенций работника и поддерживает концепцию гибкости образовательной траектории [23].

Для обработки информации и формирования персональной карточки и плана профессионального обучения работника в соответствии с методологическим положениями, опубликованными в работах Д.А. Арсентьева [24], А.И. Долгова [25], и И.П. Карпова [26] разработан алгоритм (рис. 9).

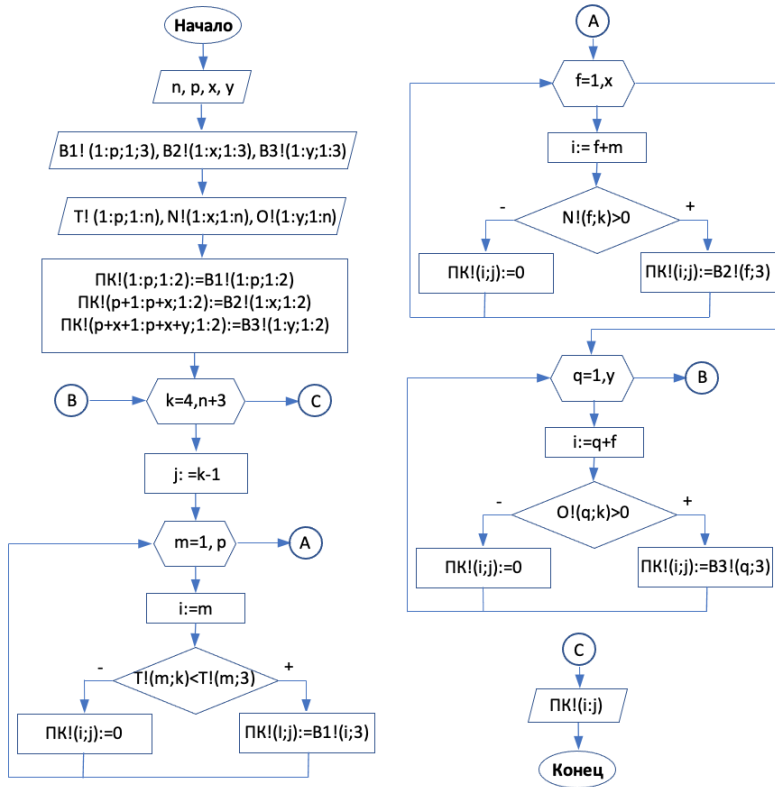


Рис. 9. Алгоритм формирования годового плана профессионального обучения персонала*

* Составлен авторами.

В качестве исходных данных используются 3 блока информации.

Здесь:

В первом блоке: n — количество персонала, задействованного в эксплуатационной деятельности технических систем; p — количество профессиональных компетенций, входящих в модели профессий, по которым проводится оценка персонала; x — количество категорий технологических нарушений в соответствии с классификатором системы учета; y — количество категорий на-

рушений безопасности труда в соответствии с классификатором системы учета.

Во втором блоке: В1 —персональные данные персонала, задействованного в эксплуатационной деятельности технических систем; В2 —учебные модули (с объемом часов) программы обучения персонала, ранжированные в соответствии с классификатором технологических нарушений;

В3 —учебные модули (с объемом часов) программы обучения персонала, ранжированные в соответствии с классификатором нарушений безопасности труда.

В третьем блоке: Т —результаты оценок профессиональных компетенций персонала, задействованного в эксплуатационной деятельности технических систем; N —перечень технологических нарушений, допущенных персоналом в результате эксплуатационной деятельности технических систем; О —перечень нарушений безопасности труда, допущенных персоналом в результате эксплуатационной деятельности технических систем.

Задачей первого цикла является процедура последовательного сравнения результатов оценки профессиональных компетенций работника с заданными баллами по каждой компетенции в отдельности с выводом из базы В2 учебных модулей.

Задачей последующих циклов является поиск в базе данных нарушений (нарушений технологии и нарушений безопасности труда), которые приняты к учету за работником с выводом соответственно из баз данных В2 и В3 учебных модулей с записью в уже созданный массив на предыдущем цикле.

После завершения 3-х циклов сформирован индивидуальный план профессионального обучения работника в виде массива с разрядом $3 * (p + x + y)$.

Далее, по аналогии, в последовательном порядке для каждого работника в соответствии с его табельным номером выполняется цикл записей в массив данных. Разряд массива с каждым шагом цикла увеличивается на $1 * (p + x + y)$ и в результате завершения алгоритма становится равным $(2 + n) * (p + x + y)$.

Сформированный массив представляет собой годовой план профессионального обучения технического персонала, сформированный по результатам индивидуальной оценки и результатов нарушений технологического процесса эксплуатационной деятельности.

Персональная карточка формируется путем настройки активных адресных ссылок на сформированные массивы данных.

Выводы

Развитие технических средств и информационных технологий в рамках цифровизации экономики находит применение в сфе-

ре использования безлюдных технологий, основанных на принципах искусственного интеллекта [30, 31].

В статье рассмотрен разработанный авторский вариант внедрения безлюдных технологий в управление надежностью функционирования технологических процессов железнодорожного транспорта в части обеспечения качества обслуживания и эксплуатации.

Применение методов системного анализа и алгоритмизации на практике позволяет связать систему учета технологических нарушений с системой профессионального обучения технического персонала и автоматизировать процесс обработки информации и принятия решений в соответствии с авторской моделью.

Список использованной литературы

1. Винер Н. Кибернетика или Управление и связь в животном и машине / Н. Винер. — Москва : Сов. радио, 1968. — 326 с.
2. Теория систем и системный анализ в управлении организациями : справочник : учеб. пособие / В.А. Баринев, Л.С. Болотова, В.Н. Волкова [и др.] ; под ред. В.Н. Волковой, А.А. Емельянова — Москва : Финансы и статистика, 2006. — 848 с.
3. Чернышов В.Н. Теория систем и системный анализ : учеб. пособие / В.Н. Чернышов, А.В. Чернышов. — Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. — 96 с.
4. Никоноров В.М. Классификация систем для управления / В.М. Никоноров. — EDN ХААРFB // Наука Красноярья. — 2016. — Т. 5, № 5. — С. 146–160.
5. Холл А.Д. Определение понятия системы / А.Д. Холл, Р.Е. Фейджин // Исследования по общей теории систем / ред. В.Н. Садовский, Э.Г. Юдин. — Москва : Прогресс, 1969. — С. 252–282.
6. Даниленко А.Н. Система интеллектуальной поддержки принятия решений при оценивании человеческого фактора в сфере профессиональной деятельности : дис. канд. тех. наук : 05.13.10 / А.Н. Даниленко. — Самара, 2012. — 156 с.
7. Завьялов А.М. Повышение безопасности труда на железнодорожном транспорте на основе снижения влияния человеческого фактора : дис. д-ра тех. наук : 05.26.01 / А.М. Завьялов. — Москва, 2022. — 395 с.
8. Угаров П.А. Координация в иерархических гибридных системах управления с использованием поведенческих абстракций / П.А. Угаров. — EDN GRNRS� // Известия Челябинского научного центра УРО РАН. — 2004. — № 1 (22). — С. 186–191.
9. Угаров П.А. Синтез двухуровневых дискретно-непрерывных систем управления с гарантированным качеством : дис. канд. техн. наук : 05.13.01 / П.А. Угаров. — Челябинск, 2005. — 147 с.
10. Кабальнов Ю.С. Анализ статической точности систем координированного управления / Ю.С. Кабальнов, И.В. Кузнецов, Е.А. Смирнова. — EDN MTEUDV // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. — 2009. — Т. 13, № 2. — С. 126–131.
11. Втюрин В.А. Автоматизированные системы управления технологическими процессами : учеб. пособие / В.А. Втюрин. — Санкт-Петербург, 2006. — 151 с.
12. Топорин М.А. Автоматизация процессов и ее влияние на работу предприятий. Автоматизация бизнес-процессов в Sales & Marketing / М.А. Топорин. — EDN USCICY // Молодой ученый. — 2018. — № 24 (210). — С. 45–49.

13. Попова Е.П. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Теоретические основы разработки и моделирования несложных систем автоматизации с учетом специфики технологических процессов отрасли для обучающихся по специальности «Автоматизация технологических процессов и производств»: метод. пособие / Е.П. Попова. — Краснодар, 2015. — 44 с.
14. Дружинин Г.В. Анализ человеко-машинных систем на железнодорожном транспорте: учебник / Г.В. Дружинин, Ю.Г. Дружинин. — Москва, 2008. — 287 с.
15. Репина И.Б. Учет влияния человеческого фактора на организационно-технологическую надежность производственных процессов инфраструктуры железных дорог: дис. канд. тех. наук: 05.02.22 / И.Б. Репина. — Москва, 2015. — 211 с.
16. Кулагин М.А. Интеллектуальная система анализа и прогнозирования нарушений при управлении подвижным составом: дис. канд. тех. наук: 2.9.8 / М.А. Кулагин. — Москва, 2022. — 229 с.
17. Кайнов В.М. Алгоритмическое обеспечение базы знаний информационно-аналитической системы подготовки специалистов по анализу отказов аппаратуры железнодорожной автоматики и телемеханики: дис. канд. тех. наук: 05.13.06 / В.М. Кайнов. — Москва, 2004. — 198 с.
18. Асадуллаев, Р.Г. Применение алгоритмов адаптации в автоматизированных системах управления процессом обучения / Р.Г. Асадуллаев, В.В. Ломакин, С.С. Трухачев // Дистанционное образование XXI века: проблемы, опыт, перспективы: сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Белгород, 27 апр. 2012 г. — Белгород, 2012. — С. 13–19.
19. Ломакин В.В. Автоматизация процесса построения индивидуальных траекторий обучения в системе подготовки кадров промышленных предприятий / В.В. Ломакин, Р.Г. Асадуллаев, С.С. Трухачев. — EDN PEJLVJ // Информационные системы и технологии. — 2012. — № 6 (74). — С. 75–84.
20. Сольская И.Ю. Системный подход к организации информационного обеспечения системы профессионального обучения в крупной транспортной компании. / И.Ю. Сольская, А.А. Войлошников. — DOI 10.26731/1813-9108.2020.4(68).195-202. — EDN ASRTJR // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. — 2020. — № 4 (68). — С. 195–202.
21. Елтунова И.Б. Модель системы оценки профессиональных компетенций / И.Б. Елтунова. — EDN VIENRB // Современные проблемы науки и образования. — 2015. — № 1-1. — С. 839.
22. Клеменков П.А. Большие данные: современные подходы к хранению и обработке информации / П.А. Клеменков, С.Д. Кузнецов. — EDN PLUXCD // Труды Института системного программирования РАН. — 2012. — № 23. — С. 143–159.
23. Сольская И.Ю. Адаптация системы профессионального обучения ОАО «Российские железные дороги» к вызовам цифровой трансформации экономики / И.Ю. Сольская, А.А. Войлошников. — EDN LMPPRF // Тренды экономического развития транспортного комплекса России: форсайт, прогнозы и стратегии. — Москва, 2021. — С. 16–23.
24. Арсентьев Д.А. Алгоритмы и программные средства автоматизации процессов адаптивного обучения персонала предприятий: дис. канд. тех. наук: 05.13.06 / Д.А. Арсентьев. — Москва, 2013. — 135 с.
25. Долгов А.И. Алгоритмизация прикладных задач: учеб. пособие / А.И. Долгов. — 2 изд., стер. — Москва: Флинта, 2011. — 136 с. — EDN UUIVHX.
26. Карпова И.П. Базы данных: учеб. пособие / И.П. Карпова. — Москва: Московский гос. ин-т электроники и математики, 2009. — 117 с.

References

1. Wiener N. *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*. New York, The Technology Press, 1961. 212 p. (Russ. ed.: Wiener N. *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*. Moscow, Sovetskoe radio Publ., 1968. 326 p.).
2. Barinov V.A., Bolotova L.S., Volkova V.N. [et al.]; Volkova V.N., Emel'yanov A.A. (eds). *Systems Theory and System Analysis in Organizational Management*. Moscow, Finansy i statistika Publ., 2006. 848 p.
3. Chernyshov V.N., Chernyshov A.V. *Theory of Systems and System Analysis*. Tambov State Technical University Publ., 2008. 96 p.
4. Nikonorov V.M. Classifications of Systems for Management. *Nauka Krasnoyarska = Krasnoyarsk Science*, 2016, vol. 5, no. 5, pp. 146–160. (In Russian). EDN: XAAPFB.
5. Hall A.D., Fagen R.E. Definition of the Concept of a System. In Sadovskii V.N., Yudin E.G. (eds). *Studies on the General Systems Theory*. Moscow, Progress Publ., 1969, pp. 252–282. (In Russian).
6. Danilenko A.N. *The system of intelligent decision support in assessing the human factor in the field of professional activity*. Cand. Diss. Samara, 2012. 156 p.
7. Zavyalov A.M. *Improving labor safety in railway transport based on reducing the impact of the human factor*. Doct. Diss. Moscow, 2022. 395 p.
8. Ugarov P.A. Coordination in hierarchical hybrid control systems using behavioral abstractions. *Izvestiya Chelyabinskogo nauchnogo tsentra URO RAN = News of the Chelyabinsk Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*, 2004, no. 1, pp. 186–191. (In Russian). EDN: GRNRSI.
9. Ugarov P.A. *Synthesis of two-level discrete-continuous control systems with guaranteed quality*. Cand. Diss. Chelyabinsk, 2005. 147 p.
10. Kabalnov Yu.S., Kuznecov I.V., Smirnova E.A. The Analysis of Static Accuracy of Coordinated Management System. *Vestnik Ufimskogo gosudarstvennogo aviationsionnogo tekhnicheskogo universiteta = Ufa State Aviation Technical University*, 2009, vol. 13, no. 2, pp. 126–131. (In Russian). EDN: MTEUDV.
11. Vtyurin V.A. *Automated process control systems*. Saint Petersburg, 2006. 151 p.
12. Toporin M.A. Automation of processes and its impact on the work of enterprises. Automation of business processes in Sales & Marketing. *Molodoi uchenyi = Young Scientist*, 2018, no. 24, pp. 45–49. (In Russian). EDN: USCICY.
13. Popova E.P. *Automated control systems for technological processes. Theoretical foundations for the development and modeling of simple automation systems, taking into account the specifics of the technological processes of the industry for students majoring in "Automation of technological processes and production"*. Krasnodar, 2015. 44 p.
14. Druzhinin G.V., Druzhinin Yu.G. *Analysis of human-machine systems in railway transport*. Moscow, 2008. 287 p.
15. Repina I.B. *Accounting for the influence of the human factor on the organizational and technological reliability of production processes of the railway infrastructure*. Cand. Diss. Moscow, 2015. 211 p.
16. Kulagin M.A. *Intelligent system for analyzing and predicting violations in the management of transportation set*. Cand. Diss. Moscow, 2022. 229 p.
17. Kainov V.M. *Algorithmic support of the knowledge base of the information-analytical system for training specialists in the analysis of failures of equipment for railway automation and telemechanics*. Cand. Diss. Moscow, 2004. 198 p.

18. Asadullaev R.G., Lomakin V.V., Trukhachev C.S. Application of adaptation algorithms in automated control systems for the learning process. Distance education of the 21st century: problems, experience, prospects. *International Scientific and Practical Conference, Belgorod, 27 April, 2012*. Belgorod, 2012, pp. 13–19. (In Russian).

19. Lomakin V.V., Asadullaev R.G., Trukhachev S.S. Automation of the Process of Building Individual Learning Paths for Training System in Industrial Enterprises. *Informatsionnye sistemy i tekhnologii = Information Systems and Technologies*, 2012, no. 6, pp. 75–84. (In Russian). EDN: PEJLVJ.

20. Solskaya I.Yu., Voiloshnikov A.A. A System Approach to Organization of the Information Supply of a Professional Training System in a Large Transport Company. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie = Modern Technologies. System Analysis. Modeling*, 2020, no. 4, pp. 195–202. (In Russian). EDN: ASRTJR. DOI: 10.26731/1813-9108.2020.4(68).195-202.

21. Eltunova I.B. The Model of the System of Evaluating Professional Competencies. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya = Modern Problems of Science and Education*, 2015, no. 1-1, pp. 839. (In Russian). EDN: VIENRB.

22. Klemenkov P.A., Kuznetsov S.D. Big data: modern approaches to information storage and processing. *Trudy Instituta sistemnogo analiza Rossiiskoi akademii nauk = Proceedings of the Institute for Systems Analysis Russian Academy of Sciences*, 2012, no. 23, pp. 143–159. (In Russian). EDN: PLUXCD.

23. Solskaya I.Yu., Voyloshnikov A.A. Adaptation of the Professional Training System of JSC "Russian Railways" Towards the Challenges of the Digital Transformation of the Economy. *Trends in the Economic Development of the Russian Transport Complex: Foresight, Forecasts and Strategies*. Moscow, 2021, pp. 16–23. (In Russian). EDN: LMPPRF.

24. Arsentev D.A. *Algorithms and software tools for automating the processes of adaptive training of enterprise personnel*. Cand. Diss. Moscow, 2013. 135 p.

25. Dolgov A.I. *Algorithmization of applied problems*. 2nd ed. Moscow, Flinta Publ., 2011. 136 p. EDN: UUIVHX.

26. Karpova I.P. *Databases*. Moscow State Institute of Electronics and Mathematics Publ., 2009. 117 p.

Информация об авторах

Сольская Ирина Юрьевна — доктор экономических наук, профессор, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация, e-mail: irina_solskaya_@mail.ru.

Войлошников Алексей Анатольевич — аспирант, Иркутский государственный университет путей сообщения; заместитель начальника центра, Восточно-Сибирский учебный центр профессиональных квалификаций — структурное подразделение Восточно-Сибирской железной дороги — филиала ОАО «РЖД», г. Иркутск, Российская Федерация, e-mail: valex.82@mail.ru.

Information about the Authors

Irina Yu. Solskaya — Doctor of Economics, Professor, Department of Economics, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: irina_solskaya_@mail.ru.

Aleksey A. Voyloshnikov — PhD Student, Irkutsk State Transport University; Deputy Head of the East-Siberian Training Center for Professional Qualifications — a Structural Unit of the East-Siberian Railway — a Branch of RZD JSC, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: valex.82@mail.ru.

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the Authors

The authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Для цитирования

Сольская И.Ю. Применение методов системного анализа и алгоритмизации в управления воздействием человеческого фактора на функционирование технологических процессов / И.Ю. Сольская, А.А. Войлошников. — DOI 10.17150/2713-1734.2023.5(2).205-221. — EDN HFCISD // System Analysis & Mathematical Modeling. — 2023. — Т. 5, № 2. — С. 205–221.

For Citation

Solskaya I.Yu., Voiloshnikov A.A. Application of System Analysis Methods and Algorithmization in Impact Management the Human Factor on the Functioning of Technological Processes. *System Analysis & Mathematical Modeling*, 2023, vol. 5, no. 2, pp. 205–221. (In Russian). EDN: HFCISD. DOI: 10.17150/2713-1734.2023.5(2).205-221.