

и применима лишь для наиболее важных или же находящихся в угрожающем техническом состоянии мостов.

Другим перспективным направлением использования ЦД на железнодорожном транспорте является обучение персонала. Они незаменимы при отработке действий в опасных ситуациях, где в реальности человек может ошибиться только один раз, а также при обучении персонала управлению сложными дорогостоящими техническими объектами, особенно если они существуют в единственном экземпляре. Примером второго могут служить крупные железнодорожные станции, каждая из которых имеет некие особые местные условия, и при этом ошибки в управлении ими могут иметь тяжёлые последствия. Использование ЦД в обучении имеет множество преимуществ. Это экономит ресурсы по сравнению с обучением на реальных объектах, позволяет отрабатывать широкий диапазон различных ситуаций, в том числе опасных и редко встречающихся.

При внедрении ЦД на железнодорожном транспорте важно принимать в расчёт специфику, обусловленную высокими требованиями безопасности и надёжности, предъявляемыми к железнодорожному транспорту. Скорость цифровизации на ЖД ограничивается наличием строгих нормативов по безопасности, которым обязаны следовать перевозчики [2]. Необходимо постоянно обеспечивать соблюдение требований информационной безопасности при сборе, хранении и обработке информации, поскольку сбой, вызванный ошибками в программном обеспечении, поломкой оборудования или злонамеренным вмешательством, может иметь самые тяжёлые последствия вплоть до массовой гибели людей. Внедрение цифровых двойников связано с кратным ростом числа датчиков и объёма передаваемой от них информации, что требует принятия мер для обеспечения её конфиденциальности, таких как использование шифрования и протоколов для контроля целостности переданной информации. Также необходимы системы контроля и управления доступом и надежные механизмы аутентификации. В случае применения ЦД для обслуживания пассажиров приобретает важность обеспечение сохранности персональных данных пассажиров.

Список литературы

- 1 Werbińska-Wojciechowska, S. Digital Twin Approach for Operation and Maintenance of Transportation System – Systematic Review / S. Werbińska-Wojciechowska, R. Giel, K. Winiarska // Sensors. – 2024. – 24 (18), 6069. – <http://doi.org/10.3390/s24186069>.
- 2 Digitalization of railway transportation through AI-powered services: digital twin trains / S. Sarp, M. Kuzlu, V. Jovanovic [et al.] // European Transport Research Review. – 2024. – 16.10.1186/s12544-024-00679-5.
- 3 Всемирный геоматический журнал. – URL: <https://www.gim-international.com/content/news/germany-builds-digital-twin-of-rail-network-in-nvidia-omniverse>.
- 4 Прогноз от Нутаникс. – URL: <https://www.nutanix.com/theforecastbynutanix/industry/how-digital-twin-technology-is-helping-build-a-smart-railway-system-in-italy> (дата обращения: 19.10.2025).
- 5 Armijo, A. Integration of Railway Bridge Structural Health Monitoring into the Internet of Things with a Digital Twin: A Case Study // A. Armijo, D. Zamora-Sánchez // Sensors. – 2024. – 24 (7), 2115. – <http://doi.org/10.20944/preprints202401.1805.v1>.

УДК 656.21/22

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОТКЛОНЕНИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ

A. A. ЕРОФЕЕВ, A. A. НАУМЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Технология управления сортировочной станцией базируется на многоуровневом планировании: от годовых и квартальных планов до оперативного планирования на сутки и часы смены [1]. Эффективность работы железнодорожной станции напрямую зависит от качества ее планирования. Основная задача сменно-суточного планирования – своевременная доставка груза на станции назначения с учетом минимальных затрат [2].

Суточный план-график является основным инструментом, который координирует взаимодействие всех подсистем станции, выявляет узкие места, проверяет достаточность пропускной и перерабатывающей способности станции [3].

Выполнение сменных заданий контролируется начальником смены, осуществляющим текущее планирование на основе поступающей информации о подходе поездов, вагонов, локомотивов и их наличии на начало планируемого периода. Функции планирования и оперативного управления маневровой работой на станции возложены на маневрового диспетчера [5].

На железнодорожной станции при производстве маневровой работы в процессе смены часто возникают отклонения от плана работы. Основные виды отклонений представлены на рисунке 1.

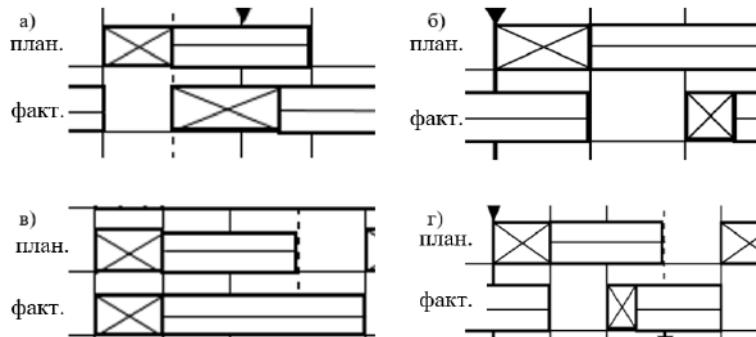


Рисунок 1 – Основные виды отклонений в работе сортировочной станции:

a – фактическое время надвига больше, чем планируемое; *б* – фактическое время надвига меньше, чем планируемое; *в* – фактическое время роспуска больше, чем планируемое; *г* – фактическое время роспуска меньше, чем планируемое

Причиной таких отклонений в работе сортировочной горки являются ситуации, приводящие к увеличению времени выполнения маневровых операций: превышающая норму масса состава, наличие вагонов, запрещенных к роспуску и другие.

Отклонения могут возникать во всех подсистемах железнодорожной станции. В зависимости от идентификации отклонений в производстве маневровой работы применяются различные корректировки: изменение путей приема и роспуска, использование дополнительных маневровых локомотивов, перераспределение персонала и другие. Эти действия направлены на минимизацию простоев и выполнение сменно-суточного плана работы станции.

В настоящее время маневровый диспетчер выявляет отклонения в работе сортировочной станции и оперативно вносит корректировки в планирование и управление маневровой работой. Однако ввиду большой загруженности и недостатка времени на принятие решения диспетчер часто принимает неверное решение, которое влияет на время выполнения маневровых операций. Контроль за определением времени начала и окончания технологических операций осуществляется дежурным оперативным персоналом. Для этого используется визуальное наблюдение, обмен информацией через внутреннюю связь и другое.

На сортировочных станциях внедрены автоматизированные системы, из которых возможно получение информации о моменте начала и окончания технологической операции. Например, информация о начале и окончании операции «прибытие состава» может быть получена из автоматизированного рабочего места дежурного по станции (сообщение об отправлении/проследовании составом станции, сообщение о прибытии состава на станцию).

Расчетная формула определения времени прибытия состава на станцию в данном случае будет выглядеть следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} t_{\text{пр.с.ф.}} = t_{\text{ок.пр.с.ф.}} - t_{\text{нач.пр.с.ф.}}, \\ t_{\text{пр.с.пл.}} = t_{\text{ок.пр.с.пл.}} - t_{\text{нач.пр.с.пл.}}, \\ t_{\text{пр.с.ф.}} = t_{\text{пр.с.пл.}}, \\ t_{\text{пр.с.ф.}} < t_{\text{пр.с.пл.}}, \\ t_{\text{пр.с.ф.}} > t_{\text{пр.с.пл.}}, \end{array} \right.$$

где $t_{\text{пр.с.ф.}}$, $t_{\text{пр.с.пл.}}$ – фактическое и плановое время выполнения технологической операции «прибытие состава»; $t_{\text{ок.пр.с.ф.}}$, $t_{\text{нач.пр.с.ф.}}$ – фактическое время окончания и начала операции «прибытие состава»; $t_{\text{ок.пр.с.пл.}}$, $t_{\text{нач.пр.с.пл.}}$ – плановое время окончания и начала операции «прибытие состава».

В условиях автоматизации маневровой работы возможно распознавание возникающих отклонений и принятие решений, а также внесение корректировок в оперативное планирование и управление работой на железнодорожной станции. Для этого необходимо внедрение интеллектуальных систем управления на основе методов искусственного интеллекта и машинного обучения. Такие системы способны автоматически распознавать отклонения в работе станции, прогнозировать риски срывов в маневровой работе и оптимизировать корректирующие решения. Разработка модулей с возможностью самообучения позволит уменьшить влияние человеческого фактора, связанного с высокой нагрузкой и ограничениями по времени, с повышением надежности и эффективности управления [6].

Интеграция различных автоматизированных систем и создание на основе этой информации единой интеллектуальной системы обеспечит комплексное управление процессами с учетом множества факторов и оперативной обстановки. Расширение и анализ данных для создания прогностических моделей позволит повысить точность и адаптивность управления.

Таким образом, интеллектуализация управления сортировочными станциями трансформирует традиционные методы планирования в процессы, способные адаптироваться и прогнозировать, что обеспечит существенное повышение пропускной способности и устойчивость железнодорожных перевозок. Это актуальное направление для модернизации транспортной инфраструктуры с большим научно-практическим потенциалом.

Список литературы

- 1 Эксплуатация железных дорог : учеб. пособие / под ред. профессоров В. В. Повороженко, В. М. Акулиничева. – М. : Транспорт, 1974. – 472 с.
- 2 Алгоритм сменно-суточного планирования формирования и пропуска поездов методом оптимального сетевого потока / А. Б. Шабунин, А. К. Такмазьян, А. В. Есаков, С. В. Зайцев // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование (ИСУЖТ-2019) : тр. восьмой науч.-техн. конф., Москва, 21 нояб. 2019 г. – М. : Науч.-исслед. и проектно-конструкторский ин-т информатизации, автоматизации и связи на ж.-д. трансп., 2019. – С. 42–46. – EDN QIYKGE.
- 3 Кузнецов, В. Г. Технология работы сортировочной станции : пособие по курсовому проектированию / В. Г. Кузнецов, А. А. Ерофеев, Е. А. Фёдоров ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2022. – 126 с.
- 4 Управление эксплуатационной работой на железнодорожном транспорте : учеб. для студентов вузов ж.-д. трансп. В 2 т. Т. 1 / под ред. В. И. Ковалева и А. Т. Осьминина. – М. : Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп., 2009. – 263 с.
- 5 Белых, А. А. Оценка влияния искусственного интеллекта на оперативное управление участковой железнодорожной станции / А. А. Белых, В. В. Широкова // Национальная Ассоциация Ученых. – 2020. – № 56-1(56). – С. 36–41. – DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2020.1.56.229.
- 6 Ерофеев, А. А. Интеллектуальная система управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте : монография / А. А. Ерофеев ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2022. – 407 с. – ISBN 978-985-554-972-8.

УДК 159.9

СТРУКТУРА СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РУКОВОДИТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЕЙ РУКОВОДСТВА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ КАДРОВОГО РЕЗЕРВА

A. Г. ЗЕНКЕВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Руководителю ГО «Белорусская железная дорога» требуются знания психологических особенностей работников для работы по формированию кадрового резерва. Сегодня качество комплексного изучения действующих и потенциальных руководителей зависит от многих факторов, в частно-