

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 надёжные механизмы аутентификации. В случае применения ЦД для обслуживания пассажиров приобретает важность обеспечения 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

*А. А. ЕРОФЕЕВ, А. А. 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.

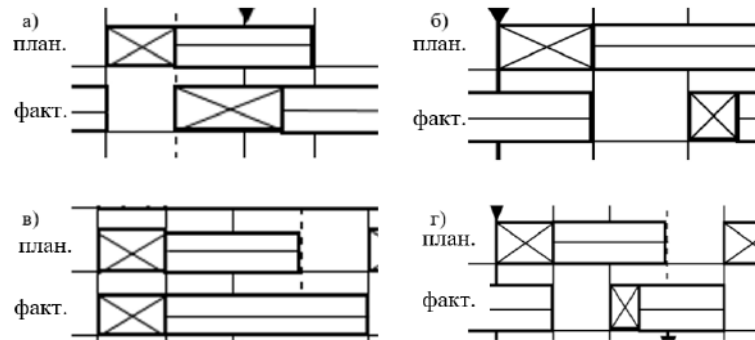


Рисунок 1 – Основные виды отклонений в работе сортировочной станции:

*а* – фактическое время надвига больше, чем планируемое; *б* – фактическое время надвига меньше, чем планируемое; *в* – фактическое время отпуска больше, чем планируемое; *г* – фактическое время отпуска 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 выпуску 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 отпуска, 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. Такмазян, 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

А. 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-