

## **Список литературы**

- 1 Грунтов, П. С. Эксплуатационная надежность станций : монография / П. С. Грунтов. – М. : Транспорт, 1986. – 247 с.
- 2 Северцев, Н. А. Надежность сложных систем в эксплуатации и отработке : учеб. пособие / Н. А. Северцев. – М. : Высш. шк., 1989. – 432 с.
- 3 Каретников, А. Д. График движения поездов : монография / А. Д. Каретников, Н. А. Воробьев. – М. : Транспорт, 1979. – 301 с.
- 4 Кузнецов, В. Г. Оценка технологической устойчивости работы железнодорожных станций при их модернизации / В. Г. Кузнецов // Сб. трудов 7-й Междунар. науч. конф. специалистов ж.-д. трансп., 4–6 окт. 2000 г., Враньска Баня, Югославия. – Белград : Совет инженеров и техников, 2000. – С. 600–603.
- 5 Кузнецов, В. Г. Моделирование использования суточного бюджета времени при оценке пропускной способности объектов железнодорожного узла / В. Г. Кузнецов, А. А. Ерофеев, П. М. Дулуб // Проблемы безопасности на транспорте : материалы X междунар. науч.-практ. конф. Ч. III / под ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2020. – С. 36–38.

УДК 656.21

## **ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ТЕХНИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЧАСТКОВ**

*В. Г. КУЗНЕЦОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*О. В. МЛЯВАЯ*

*Белорусская железная дорога, г. Гомель*

Качество эксплуатационной работы на железнодорожном транспорте определяется исходя из выбранной на железной дороге единой технологии перевозочного процесса (ЕТПП), а также технологии работы железнодорожных направлений (линий, коридоров) и их подсистем: технических станций и железнодорожных участков. Устойчивость движения поездов и выполнения маневровой работы является одной из характеристик качества перевозочного процесса и устанавливается на основе оценки соответствия динамики изменений в объемах транспортной нагрузки, надежности инфраструктуры и подвижного состава, системы мер адаптивного оперативного управления и параметров ЕТПП. Поэтому параметры устойчивости процессов на технических станциях и участках должны устанавливаться с учетом множества эксплуатационных факторов: эксплуатационной нагрузки, технологий работ, технического оснащения и т. п. [1, 2].

Параметры качества эксплуатационной работы на технических станциях и участках устанавливаются исходя из нормативных требований как по обеспечению потребных объемов перевозки с учетом динамики (неравномерности), так и по обеспечению безопасности поездов и маневровые работы, сохранности перевозимых грузов и иных условий [3].

Устойчивость эксплуатационной работы таких сложных подсистем, как техническая станция и железнодорожный участок может быть оценена комплексом характеризующих ее параметров и показателей. Технические характеристики (путевое развитие, уровень технического оснащения, эксплуатационная надежность и т. п.), параметры ПФ (структуре вагонопотока, количество и мощность назначений и т. п.), ГДП (структуре поездопотока, равномерность и интенсивность поездной нагрузки и т. п.) определяют параметры устойчивости и могут быть выражены такими интегральными параметрами, как пропускная, провозная и перерабатывающая способность, а также наличие резерва ресурсов для компенсации неравномерности перевозок и отказов в эксплуатационной работе.

Оценка параметров состояния эксплуатационной работы на технических станциях и участках позволяет установить изменения характеристик поездной и маневровой работы и исследовать связь между показателями экономичности эффективности и устойчивости. Организационно-техническое обеспечение устойчивой работы технических станций и участков должно быть экономически обосновано во взаимосвязи с их функционированием и величиной издержек при нахождении системы в неустойчивом состоянии.

Параметры устойчивости следует рассматривать как показатели качества перевозочного процесса, характеризующие способность подсистем железной дороги адаптироваться к эксплуатационным условиям и обеспечивать свою деятельность в пределах допустимых нормативов, установлен-

ных в НПА. Под устойчивостью эксплуатационной работы технических станций и участков следует понимать свойства этих подсистем, заключающиеся в их способности выполнять технологические процессы в заданных условиях эксплуатации [4].

Для технической станции устойчивость эксплуатационной работы связана с беспрепятственным приемом поездов на станцию в соответствии с ГДП и дальнейшим их пропуском и переработкой на станции в соответствии с нормами технологического процесса. Всякое недопустимое отклонение от технологических норм, вызывающее задержки в обслуживании вагонопотока, можно считать свойством нарушения устойчивости работы станции. Для железнодорожного участка устойчивость эксплуатационной работы связана с пропуском заявленного поездопотока по установленным ниткам в соответствии с нормативами ГДП (в том числе вариантовых и актуальных ГДП). Степень устойчивости железнодорожных подсистем зависит от быстродействия проведения регулировочных мер по восстановлению эксплуатационного состояния в нормы, определенные в локальных НПА.

Кортеж параметров для оценки устойчивости может включать: для железнодорожной станции – рабочий парк вагонов различных категорий, темп приема, расформирования, формирования, отправления поездов, простой вагонов и т. п.; для железнодорожного участка – темп приема поездов на участок, интенсивность движения, плотность расположения поездов на участке, участковую скорость, выполнение графика движения поездов и т. п.).

Возникающие в подсистемах возмущения (внутреннего и внешнего характера), как правило, носят случайной характер и дискретны по времени. Нахождение подсистем в неустойчивом состоянии возможно установить на основе риск-ориентированного подхода [5], позволяющего моделировать процесс перехода в неустойчивое состояние и возникновение эксплуатационных и иных потерь. Система оперативного управления на железной дороге должна обеспечивать мониторинг состояния эксплуатационной работы в реальном масштабе времени на основе прикладных программ АСУ и быть готова к проведению мер предупредительного или последующего характера [3, 4].

Процесс оперативного регулирования выполняется на основе контроля параметров насыщения подсистем транспортным потоком (вагонами, составами, поездами). Процесс предельного насыщения может быть вызван множеством причин: увеличение подхода поездов в подсистему (неравномерность перевозок), отказ технических устройств, технологический сбой в обслуживании транспортного потока на объектах подсистем. Оценка значения регулируемого параметра проводится по отклонению текущего (прогнозного) значения ( $\Pi_n$ ) от допустимого ( $\Pi_{\text{доп}}$ ): ( $\Delta\Pi_{\text{доп}} = \Pi_n - \Pi_{\text{доп}}$ ). Степень отклонения (рассогласования) определяет характер и длительность мер регулирования [2].

Устойчивость в обслуживании транспортного потока взаимосвязано с работоспособностью железнодорожных подсистем. Исходя из этого можно установить коэффициент оперативной готовности подсистем как вероятность того, что объект, находясь в режиме обслуживания транспортного потока, окажется работоспособным в произвольный момент времени в процессе эксплуатации и начиная с этого момента будет работать безотказно в течение заданного интервала времени:

$$R(t_0) = 1 - \frac{T_{\text{в}}}{T_p + T_{\text{в}}},$$

где  $T_p$  – математическое ожидание времени безотказной работы подсистемы в течение заданного (планового) периода времени  $t_0$ ;  $T_{\text{в}}$  – математическое ожидание (среднее значение) времени восстановления работоспособности системы.

Коэффициент  $R(t_0)$  является важным параметром оценки устойчивости подсистем, и его возможно определить как статистическим путем, так и моделированием возникновения нестандартных ситуаций. Например, при моделирования ситуаций, связанных с нарушением обслуживания в поездной работе на технических станциях (уменьшение путей обслуживания, замена поездных локомотивов, прием поездов длинносоставных или повышенной длины и т. п.), установлены негативные процессы, характеризующиеся снижением коэффициента  $R(t_0)$  до 0,73–0,84, а нарушения в выполнении маневровой работы на станции (отказы при расформировании составов, отказ маневровой радиосвязи, переработка вагонов с опасными грузами и т. п.) могут приводить к снижению коэффициента  $R(t_0)$  до 0,81–0,92 и существенным эксплуатационным издержкам.

Анализ функционирования технических станций и участков в различных эксплуатационных условиях показывает, что большинство станций имеют устойчивый характер работы, случаи возникновения нарушения работоспособности по отдельным процессам и объектам маловероятны, а пери-

оды времени восстановления минимальны и в большинстве случаев не приводят к предельному насыщению подсистем поездами (вагонами). В то же время при переходе работы технических станций и железнодорожных участков к загруженному режиму эксплуатационной работы возможны системные задержки в обслуживания транспортного потока.

Определение параметров устойчивости процессов на станциях или участках как сложных динамических систем, отдельных их объектов позволяет дать системную оценку качества эксплуатационной работы и решать оперативные задачи поездной и маневровой работы с учетом реальных условий, выбирать меры по выполнению технологических процессов, ПФ, ГДП, плановых заданий и нормативов, совершенствованию ЕТПП и усилению пропускной и провозной способности, использованию ресурсов.

#### Список литературы

- 1 Управление эксплуатационной работой железных дорог и качеством перевозок : учеб. / П. С. Грунтов, Ю. В. Дьяков, А. М. Марочкин [и др.] ; под общ. ред. П. С. Грунтова. – М. : Транспорт, 1994. – 542 с.
- 2 **Грунтов, П. С.** Эксплуатационная надежность станций : монография / П. С. Грунтов. – М. : Транспорт, 1986.– 247 с.
- 3 **Пищик, Ф. П.** Безопасность движения на железнодорожном транспорте : учеб. пособие / Ф. П. Пищик. – Гомель : БелГУТ, 2009. – 267 с.
- 4 Автоматизированные диспетчерские центры управления эксплуатационной работой железных дорог : монография / П. С. Грунтов, С. А. Бабенко, В. Г. Кузнецов [и др.] ; под ред. П. С. Грунтова. – М. : Транспорт, 1990. – 288 с.
- 5 **Млявая, О. В.** Параметрическое представление рисков в процессах регулирования движением поездов / О. В. Млявая, В. Г. Кузнецов // Инновационное развитие транспортного и строительного комплексов : материалы междунар. науч.-практ. конф. В 2 ч. Ч. 1. – Гомель : БелГУТ, 2023. – С. 160–163.

УДК: 656.078

## ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ТРАНСПОРТНОГО РЫНКА НА ПОДХОДЫ К РАЗВИТИЮ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

*О. Н. ЛИСОГУРСКИЙ, В. Г. КУЗНЕЦОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Деятельность на железнодорожном транспорте выполняется достаточно большим количеством участников перевозочного процесса, каждый из которых руководствуется целевыми отраслевыми показателями и собственными экономическими интересами [1]. В таких условиях актуальным является наличие согласованной системы показателей, позволяющей объективно оценивать деятельность каждого участника и обеспечивать сбалансированное стратегическое управление перевозочным процессом на железнодорожном транспорте.

Организационное взаимодействие участников перевозки регламентируется системой нормативно-правовых актов (НПА) и единым технологическим процессом перевозки (ЕТПП). Для организации и реализации ЕТПП на железнодорожном транспорте определена система показателей эксплуатационной работы [1]. Каждый участник перевозочного процесса определяет собственные целевые показатели исходя из целевых задач государства, отрасли, организаций бизнес-процессов и формирует меры по их достижению. Наличие нечеткого множества локальных показателей работы участников перевозочного процесса не всегда позволяет достичь максимального синергетического эффекта, приводит к увеличению энтропии и снижению управляемости всей транспортной системы, системно ухудшаются показатели эксплуатационной работы: время оборота вагона, использование провозной способности железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава и т. п.

Сложившаяся на железнодорожном транспорте и регламентированная в ЕТПП и других НПА система показателей, методология их расчета не позволяет учесть бизнес-интересы участников перевозочного процесса и их взаимодействие для достижения общесистемных целей [2–4]. Необходимы изменения подходов к нормированию и анализу эксплуатационной деятельности на железнодорожном транспорте, которые должны учитывать важные тенденции рынка перевозок:

- увеличение числа участников перевозочного процесса во многих сферах транспортных услуг;
- нормирование показателей транспортной деятельности участников перевозочного процесса с учетом их бизнес-процессов, прав и обязанностей на рынке перевозок;