

ОБ ОЦЕНКЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ



А.В. Горелик



А.Н. Малых

Рассмотрен вопрос оценки чувствительности процесса технической эксплуатации систем железнодорожной автоматики и телемеханики. Приведены наиболее значимые факторные и результативные показатели, применяемые для анализа чувствительности основных производственных процессов в хозяйстве автоматики и телемеханики.

Ключевые слова: железнодорожная автоматика и телемеханика, оценка чувствительности, критерии чувствительности

EDN: APCNYW

Известно [1;2], что устойчивость работы железнодорожного транспорта является одним из основных условий его эффективного функционирования.

Уточним определение устойчивости перевозочного процесса, приведенного в [2]. Устойчивость перевозочного процесса — способность сохранять (восстанавливать) основные параметры перевозочного процесса в заданных пределах (объем перевозок, пропускная способность железной дороги и т.п.) после прекращения воздействия внешних и внутренних дестабилизирующих факторов, вызвавших отклоне-

ния этих параметров. К внешним дестабилизирующим факторам относятся направленные злоумышленные действия при несанкционированном вмешательстве посторонних лиц, стихийные бедствия, техногенные аварии и др. К внутренним дестабилизирующим факторам относятся отказы технических средств объектов инфраструктуры, ошибки в программном обеспечении, ошибки персонала и др.

Главным критерием для оценки степени устойчивости перевозочного процесса на железных дорогах является время его восстановления (возвращение параметров перевозочного процесса в заданные гра-

Горелик Александр Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Системы управления транспортной инфраструктурой» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: эффективность функционирования и технической эксплуатации систем железнодорожной автоматики и телемеханики. Автор 350 научных и методических работ, в том числе трех монографий и четырех учебников. Имеет 61 патент на изобретения.

Малых Алексей Николаевич, ассистент кафедры «Системы управления транспортной инфраструктурой» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: функциональная надежность и технологическая эффективность систем железнодорожной автоматики и телемеханики. Автор восьми научных работ.

Неваров Павел Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Системы управления транспортной инфраструктурой» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: надежность и эффективность функционирования объектов транспортной инфраструктуры. Автор 73 научных работ.

Щедрина Татьяна Сергеевна, аспирант кафедры «Системы управления транспортной инфраструктурой» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: влияние транспортной инфраструктуры на пропускную способность железнодорожных линий.

ницы) после прекращения воздействия дестабилизирующих факторов. Соответственно, чем быстрее перевозочный процесс возвращается в исходное состояние после прекращения воздействия дестабилизирующих факторов, тем выше его устойчивость.

В [3] приведен обзор различных моделей, рассматривающих устойчивость некоторых транспортных процессов, а также предложена методика определения устойчивости и чувствительности графика движения поездов.

По аналогии с теорией автоматического регулирования и управления, рассмотрим понятие чувствительности транспортных технологических процессов к воздействию различных дестабилизирующих факторов. Согласно [4], под чувствительностью системы автоматического управления понимается свойство системы изменять свои выходные характеристики (показатели качества) при отклонении тех или иных параметров от своих номинальных (расчетных) значений. В рассматриваемом авторами случае, под чувствительностью транспортного технологического процесса к воздействию некоторого фактора (внешнего и внутреннего) будем понимать свойство технологического процесса, заключающееся в изменении показателей качества (эффективности) данного процесса при отклонении степени воздействия данного фактора на технологический процесс от некоторого расчетного значения.

Согласно дереву [5], основным производственным процессом в хозяйстве железнодорожной автоматики и телемеханики является содержание технических средств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ), который включает в себя следующие подпроцессы:

- техническая эксплуатация средств ЖАТ;
- капитальный ремонт технических средств ЖАТ;
- обновление (модернизация) технических средств ЖАТ.

В качестве основного показателя эффективности, на основе которого следует оценивать чувствительность технологического процесса содержания технических средств ЖАТ и его отдельных подпроцессов, целесообразно выбрать уровень риска функционирования объектов ЖАТ [6], так как этот показатель наиболее полно характеризует влияние процесса функционирования объекта ЖАТ на перевозочный процесс в целом.

Степень воздействия различных факторов, влияющих на рассматриваемый технологический процесс, оценивается рядом количественных показателей, которые будем называть факторными показателями.

Уровень риска функционирования систем ЖАТ, как показатель качества технологического процесса, определяется в зависимости от конкретных значений показателей функциональной надежности объектов ЖАТ [6;7]:

- потеря поездо-часов по объекту ЖАТ T_3 ;
- частоты отказов 1 и 2 категории объекта ЖАТ n_3 .

Эти показатели назовем результативными показателями, значения которых непосредственно определяют уровень риска функционирования систем ЖАТ. В свою очередь, значения этих показателей зависят от многочисленных факторов, степень влияния которых определяется значениями соответствующих факторных показателей.

Степень влияния изменения значений факторных показателей на изменение величины результативных показателей следует оценивать при помощи известных статистических методов (регрессивного анализа, корреляционного анализа), либо на основе метода экспертных оценок. Примеры такой оценки приведены в [8]. Перечень наиболее значимых факторных и результативных показателей, применяемых для анализа чувствительности основных процессов в хозяйстве автоматики и телемеханики, приведен в табл. 1.

Качественным критерием чувствительности процесса технической эксплуатации является результат сравнения фактического или прогнозного и соответствующего уровня риска функционирования объекта ЖАТ и уровня риска функционирования объекта ЖАТ при изменении значений одного или нескольких факторных показателей, влияющих на чувствительность данного процесса. В том случае, если уровень риска функционирования объекта ЖАТ качественно не изменяется, то процесс признается нечувствительным к изменению соответствующих факторных показателей. Пример качественной оценки чувствительности производственного процесса технической эксплуатации объекта ЖАТ к влиянию дестабилизирующих факторов представлен в табл. 2.

Следует отметить, что в табл. 2 оценивается степень влияния дестабилизирующих факторов, усиление которых предполагает негативные последствия для технологического процесса (сокращение численности работников, увеличение потребной пропускной способности, увеличение объема выполняемых работ и т.д.). В этом случае при «недопустимом» фактическом (расчетном) уровне риска функционирования объекта ЖАТ оценка чувствительности технологического процесса не производится. При анализе чувствительности технологического процесса к воздействию факторов, изменение значений которых предполагает

Таблица 1

**Перечень факторных и результативных показателей
для анализа процессов технического содержания средств ЖАТ**

№ п/п	Факторный показатель X	Результативный показатель Y
Вторичные показатели		
1	Время до восстановления объекта ЖАТ T_b , ч	Потери поездо-часов по объекту ЖАТ T_3 , поездо-час
2	Интенсивность инцидентов объекта ЖАТ λ_n , 1/ч	Частота отказов 1 и 2 категории объекта ЖАТ n_3 , 1/ч
Первичные показатели		
3	Потребная пропускная способность $N_{\text{п}}$, пар поездов в сутки	Интенсивность инцидентов объекта ЖАТ λ_n , 1/ч
4	Объем работ V , тех. ед.	Время до восстановления объекта ЖАТ T_b , ч
5	Интенсивность отказов 1 и 2 категории для участка железной дороги λ_{12}^{yc} , 1/ч	Интенсивность инцидентов объекта ЖАТ λ_n , 1/ч
6	Интенсивность инцидентов для участка железной дороги λ_n^{yc} , 1/ч	Интенсивность инцидентов объекта ЖАТ λ_n , 1/ч
7	Количество работников n , чел.	Время до восстановления объекта ЖАТ T_b , ч

Таблица 2

**Пример оценки чувствительности технической эксплуатации объекта ЖАТ
к влиянию дестабилизирующих факторов**

Фактический или прогнозный уровень риска функционирования объекта ЖАТ	Фактический или прогнозный уровень риска функционирования объекта ЖАТ с учетом изменения одного или нескольких факторных показателей, влияющих на чувствительность процесса технической эксплуатации объекта ЖАТ	Оценка чувствительности процесса технической эксплуатации объекта ЖАТ ¹
Нежелательный	Недопустимый	Чувствительный
Нежелательный	Нежелательный	Нечувствительный
Нежелательный	Допустимый	Нечувствительный
Нежелательный	Не принимаемый в расчет	Нечувствительный
Допустимый	Недопустимый	Чувствительный
Допустимый	Нежелательный	Чувствительный
Допустимый	Допустимый	Нечувствительный
Допустимый	Не принимаемый в расчет	Нечувствительный
Не принимаемый в расчет	Недопустимый	Чувствительный
Не принимаемый в расчет	Нежелательный	Чувствительный
Не принимаемый в расчет	Допустимый	Чувствительный
Не принимаемый в расчет	Не принимаемый в расчет	Нечувствительный

¹ При увеличении степени влияния дестабилизирующих факторов

положительный эффект, оценка чувствительности, выделенная курсивом в табл. 2, изменяется на противоположную. При этом не производится оценка чувствительности технологического процесса при «не принимаемом в расчет» фактическом (расчетном) уровне риска функционирования объекта ЖАТ.

При оценке чувствительности транспортных технологических процессов к определенным отклонениям значений факторных показателей от заданных значений необходимо определить минимальную величину этих отклонений, используемую при анализе. В технике чувствительность обычно рассматривается как способность объекта реагировать определенным образом на определенное малое воздействие [9]. В нашем случае при определении минимального отклонения для значений каждого факторного показателя следует приводить качественное обоснование. Например, для финансовых ресурсов минимальным отклонением размера инвестиций может служить объем денежных средств, необходимых и достаточных для осуществления закупки единицы оборудования или привлечения одного работника для выполнения минимального объема работ. В любом случае, данный вопрос требует отдельного детального рассмотрения.

Оценка чувствительности основных технологических процессов хозяйства автоматики и телемеханики может производиться комплексно для процесса технической эксплуатации с учетом влияния на него процессов капитального ремонта и обновления (модер-

низации) технических средств ЖАТ как отдельных дестабилизирующих факторов.

Основными этапами процедуры оценки чувствительности процесса технической эксплуатации объектов ЖАТ являются:

- анализ целесообразности оценки чувствительности технологического процесса в зависимости от фактического уровня риска функционирования рассматриваемого объекта ЖАТ;
- выбор в качестве критерия оценки значения фактического или прогнозного уровня риска;
- оценка чувствительности технологического процесса к «малому» отклонению значений одного или нескольких факторных показателей.

Более подробный аналогичный алгоритм оценки устойчивости рассматриваемого технологического процесса приведен в [10].

Оценка чувствительности технологического процесса содержания технических средств ЖАТ позволяет:

- повысить эффективность распределения материальных, трудовых и финансовых ресурсов, необходимых для функционирования структурных подразделений хозяйства автоматики и телемеханики;
- повысить эффективность управленческих решений при реализации организационно-технических мероприятий, направленных на снижение экономических и технических рисков функционирования систем ЖАТ. 

Литература

1. Российская Федерация. Законы. О железнодорожном транспорте в Российской Федерации: Федеральный закон от 10.01.2003 №17-ФЗ: принят Государственной Думой 24 декабря 2002 года: одобрен Советом Федерации 27 декабря 2002 года. — Москва, 2003. — 30 с. — Текст: непосредственный.
2. Шевченко, А.И. Оценка устойчивости перевозочного процесса / А.И. Шевченко. — Текст: непосредственный // Мир транспорта. — 2013. — №1. — С. 136–143.
3. Горелик, В.Ю. Модель диспетчерского управления для анализа устойчивости графика движения поездов / В.Ю. Горелик. — Текст: непосредственный // Наука и техника транспорта. — 2003. — №1. — С. 35–37.
4. Основы автоматического регулирования и управления: учебное пособие для вузов / Под ред. В.М. Пономарева, А.П. Литвинова. — Москва: Высшая школа, 1974. — 439 с. — Текст: непосредственный.
5. Положение о системе ведения хозяйства автоматики и телемеханики: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 14 декабря 2015 №2920р. — Текст: электронный: справочно-правовая система / АСПИЖТ.
6. Методология управления рисками в хозяйстве автоматики и телемеханики / А.Е. Ерж, А.В. Горелик, Д.В. Солдатов, А.В. Орлов. — Текст: непосредственный // Автоматика, связь, информатика. — 2017. — №7. — С. 2–6.

7. Принципы управления качеством функционирования инфраструктуры в хозяйстве автоматики и телемеханики / В.В. Аношкин, А.В. Горелик, А.В. Орлов [и др.]. – Текст: непосредственный // Железнодорожный транспорт. – 2018. – №9. – С. 55–61.

8. Статистическая оценка ресурса стрелочных электроприводов / А.В. Горелик, В.С. Дорохов, А.В. Орлов, Ю.С. Смагин. Текст: непосредственный // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – №9. – С. 58–63.

9. Горохов, П.К. Толковый словарь по радиоэлектронике: Основные термины: Ок. 6000 терминов / П.К. Горохов. – Москва: Русский язык, 1993. – 254 с. – Текст: непосредственный.

10. Методика мониторинга устойчивости процессов хозяйства автоматики и телемеханики: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 28 февраля 2022. Текст: электронный: справочно-правовая система / АСПИЖТ.