

ФУНКЦИОНАЛЬНО-МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СПОСОБА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРЕРВАННОГО ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОБИЛЬНЫХ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ, ТЕЛЕМЕХАНИКИ И СВЯЗИ

ЯШИН Михаил Геннадьевич, канд. техн. наук, доцент, доцент¹; e-mail: maikl771@rambler.ru

ПАНТЕЛЕЕВ Роман Анатольевич, канд. техн. наук, доцент¹; e-mail: pantel98@mail.ru

НИКИТИН Александр Борисович, д-р техн. наук, профессор²; e-mail: nikitin@crtc.spb.ru

КУШПИЛЬ Игорь Васильевич, канд. техн. наук, доцент²; e-mail: i_kushpil@mail.ru

¹Военный институт (Железнодорожных войск и военных сообщений) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулева, кафедра «Восстановления устройств автоматики, телемеханики и связи на железных дорогах», Петергоф

²Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, кафедра «Автоматика и телемеханика на железных дорогах», Санкт-Петербург

Статья посвящена исследованию и разработке методики применения мобильных восстановительных комплексов железнодорожной автоматики, телемеханики и связи для оперативного восстановления прерванного движения поездов после чрезвычайных ситуаций как в мирное, так и в военное время. Рассматриваются особенности современных существующих и перспективных мобильных восстановительных комплексов, их преимущества и недостатки, а также предлагаются подходы к повышению устойчивости и надежности функционирования железнодорожного транспорта в условиях чрезвычайных ситуаций. Особое внимание уделяется вопросам эффективности функционирования мобильных восстановительных комплексов железнодорожной автоматики, телемеханики и связи, их мобильности, автономности и возможности адаптации к различным ситуациям. Предлагается методика эффективного применения таких комплексов, основанная на последовательности действий при подготовке, развертывании и завершении аварийно-восстановительных работ и направленная на повышение оперативности и эффективности восстановления прерванного движения поездов.

Ключевые слова: инфраструктура железнодорожного транспорта; устройства железнодорожной автоматики и телемеханики; чрезвычайные ситуации; восстановление движения поездов; мобильный восстановительный комплекс; оперативность восстановления.

DOI: 10.20295/2412-9186-2025-11-03-210-225

▼ Введение

Железнодорожный транспорт (ЖДТ) является составной частью единой транспортной системы РФ. От состояния и качества работы ЖДТ зависят не только перспективы дальнейшего социально-экономического развития, но также возможности государства эффективно выполнять такие важнейшие функции, как защита национального суверенитета и безопасности страны. ЖДТ призван своевременно и качественно обеспечивать потребности физических лиц, юридических лиц и государства в перевозках, а также способствовать созданию условий для развития экономики и

обеспечения единства экономического пространства на территории РФ.

Одним из основных принципов стабильной работы ЖДТ является строгое соблюдение безопасности движения поездов при обеспечении эффективности перевозок, которая зависит от пропускной и провозной способности железнодорожных направлений. Для обеспечения заданных размеров перевозок и высокой пропускной способности, а также существенной степени безопасности движения поездов применяются системы и устройства железнодорожной автоматики, телемеханики и связи (ЖАТ), полноценное функционирование ЖДТ без них

невозможно. В то же время ЖДТ подвержен воздействию чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного, техногенного и биолого-социального характера, которые наносят ущерб железнодорожному хозяйству, снижают уровень безопасности перевозок, ухудшают качество предоставляемых услуг населению и бизнесу, создают финансовые потери государству и операторам транспортных компаний.

Для минимизации последствий ЧС важно развивать механизмы оперативного реагирования на возникающие угрозы, укрепляя устойчивость инфраструктуры ЖДТ и повышая готовность восстановительных систем. Вследствие этого определяющее значение играет оперативность восстановления системы ЖАТ, так как длительность цикла восстановления в зависимости от складывающейся обстановки и степени (объема) разрушений может составлять до нескольких суток, что скажется на эффективности работы ЖДТ.

Восстановление системы ЖАТ после воздействия ЧС возможно по трем принципиальным решениям (способам) [1, 2]:

- восстановление существующей системы ЖАТ;
- переход на другие (более простые) системы ЖАТ;
- монтаж взамен разрушенных устройств типовых инвентарных комплексов (комплектов).

Первое решение может быть принято при незначительном разрушении объекта инфраструктуры ЖДТ и частичном разрушении устройств ЖАТ, а также при наличии аварийно-восстановительного запаса и квалифицированных специалистов.

По второму решению выходит так, что если заранее договориться о переводе станций или участков дорог на упрощенную систему, то это означает вынужденное согласие со снижением размеров движения, срывом плана перевозок и необходимостью привлечения дополнительного количества персонала на объект инфраструктуры ЖДТ.

По мнению авторов, наилучшим решением остается поддержание существующих высокотехнологичных восстановительных систем управления и своевременное обновление

оборудования для повышения эффективности и надежности ЖДТ.

В [3] для оперативного развертывания управления устройствами (ЖАТ) в случаях повреждений при землетрясениях, взрывах, пожарах, затоплениях и других катаклизмах предлагается использовать мобильные восстановительные комплексы (МВК-ЖАТ).

В данной статье рассмотрены особенности современных МВК-ЖАТ, проанализированы существующие способы восстановления системы ЖАТ с применением МВК-ЖАТ после воздействия ЧС и предложены подходы для повышения устойчивости и надежности функционирования ЖДТ как в мирное, так и военное время.

1. Особенности современных МВК-ЖАТ

МВК-ЖАТ предназначен для решения широкого спектра задач, связанных с обеспечением безопасности движения поездов и оперативной восстановительной деятельностью при возникновении ЧС как в мирное, так и военное время. Основное назначение МВК-ЖАТ заключается в следующем:

- создание временных центров управления движением поездов для обеспечения бесперебойной работы устройств ЖАТ при выходе из строя стационарных систем вследствие аварий, ЧС или иных обстоятельств;
- оперативная проверка и устранение неисправностей в устройствах ЖАТ, включая тестирование и профилактику отказов, что существенно сокращает сроки восстановления прерванного движения поездов;
- поддержка эффективной связи и координации между всеми участниками процесса ликвидации последствий аварий и восстановление нормальных условий работы инфраструктуры ЖДТ;
- постоянный мониторинг выполнения мероприятий по восстановлению, фиксация выполненных работ и передача необходимой информации заинтересованным сторонам.

Исходя из общего предназначения МВК-ЖАТ формируются его ключевые цели, обеспечивающие безопасность и эффективность работы ЖДТ, из которых выводится ряд соответствующих функций, направленных на

Таблица 1. Взаимосвязь ключевых целей с основными функциями и выполняемыми задачами МВК-ЖАТ

Цели МВК-ЖАТ	Основные функции и задачи МВК-ЖАТ	
Обеспечение безопасности движения поездов	Организация временного центра управления	Обеспечение непрерывности транспортного процесса и минимизация негативных последствий ЧС
	Восстановление работоспособности	Оперативное восстановление работоспособности систем и устройств ЖАТ после аварий и повреждений после ЧС или износа
		Монтаж и подключение нового оборудования взамен вышедшего из строя для временного (краткосрочного) восстановления прерванного движения поездов
	Замена и ремонт оборудования	Замена неисправных элементов и целых систем ЖАТ при разрушениях в условиях ЧС, а также мелком и капитальном ремонте или реконструкции
		Наладка и тестирование оборудования после аварийно-восстановительных или ремонтных работ
	Экспресс-диагностика и тестирование	Диагностика состояния устройств ЖАТ с использованием специального оборудования
		Анализ состояния оборудования ЖАТ и выявление скрытых дефектов после воздействия ЧС
	Сбор и анализ данных	Оперативное определение отказов, неисправности, отклонений в работе устройств ЖАТ и оценивание масштаба повреждений
		Учет и анализ результатов диагностических мероприятий и аварийно-восстановительных (ремонтных) работ
Обеспечение аварийно-восстановительных работ	Организация аварийно-спасательных работ, связи и коммуникации	Подготовка отчетности по итогам аварийно-восстановительных (ремонтных) работ для предоставления заказчику
		Быстрое реагирование на аварии и катастрофы, связанные с воздействием ЧС
	Координация действий экстренных служб	Обеспечение надежной связи между различными элементами инфраструктуры ЖДТ
Повышение эффективности эксплуатации устройств ЖАТ	Внедрение новых технологий и материалов	Согласование работ различных служб и ведомств, участвующих в ликвидации последствий аварии при крупных ЧС
		Оперативное восстановление прерванного движения поездов с требуемой пропускной и провозной способностью всего железнодорожного направления (станций, перегонов)
		Монтаж и настройка новых систем ЖАТ, внедряемых в эксплуатацию впервые
	Обслуживание и профилактика	Тестирование и испытание новых систем перед началом их эксплуатации
Снижение затрат на эксплуатацию	Контроль исполнения мероприятий	Оказание содействия в проведении планового технического обслуживания и профилактики устройств ЖАТ для предотвращения отказов и аварий
		Рациональное использование ресурсов и материалов, оптимизация процессов ремонта и обслуживания
		Мониторинг текущих работ по устранению повреждений и контролю исправности вновь введенных в эксплуатацию устройств ЖАТ
Развитие кадрового потенциала	Подготовка и обучение персонала	Автоматизация процессов и внедрение цифровых технологий для повышения производительности
		Организация учебных полигонов и тренажеров для отработки навыков по применению МВК-ЖАТ с проведением тренингов и курсов повышения квалификации
		Создание условий для профессионального роста и карьерного продвижения сотрудников с привлечением молодых специалистов и стажеров
		Поддержка научных исследований и разработок в области восстановления устройств и систем ЖАТ

обеспечение оперативной и качественной работы в условиях воздействия ЧС, а также при ремонте и реконструкции систем и устройств ЖАТ. Цели, функции и задачи МВК-ЖАТ представлены в табл. 1.

Представленные функции с выполняемыми задачами делают МВК-ЖАТ важным инструментом для обеспечения безопасности и стабильности работы инфраструктуры ЖДТ в условиях воздействия ЧС, позволяя оперативно реагировать на сбои в управлении движением поездов.

Особенности МВК-ЖАТ реализуются через совокупность характерных показателей качества и эффективности функционирования, выраженную в показателе обеспечения непрерывности работы железнодорожного направления [4, 5].

Продуктом или результатом работы МВК-ЖАТ является потребная пропускная способность и обеспечение безопасности движения поездов при восстановлении разрушенных объектов ЖДТ. Эти задачи достигаются посредством сокращения и приведения к однотипности перечня допустимых элементов и технических решений в результате использования для разнородных систем и технологий. Приведение изделий к единообразию на основе установления рационального числа их разновидностей называется унификацией¹, которая вместе со стандартизацией является разновидностью систематизации и важным показателем функционирования МВК-ЖАТ.

Автономность МВК-ЖАТ — один из важнейших показателей, выражающийся в способности функционировать независимо, без помощи каких-либо вспомогательных внешних систем энергоснабжения, связи и поддержки. Помимо энергоснабжения, связи и передачи данных, к ключевым элементам автономности относится система управления ресурсами (расходными материалами, комплектующими, оборудованием и техникой).

Для повышения автономности МВК-ЖАТ, как правило, проектируется по модульному принципу [3, 6, 7], что делает его гибким,

масштабируемым и удобным в использовании. Это достигается путем применения функциональных блоков, выполняющих различные задачи, с возможностью их замены и изменения конфигурации, что обеспечивает способность системы адаптироваться к различным новым условиям эксплуатации. Внутренняя комплектация каждого модуля или блока также строится по модульному принципу [8]. При нештатных ситуациях, например при выходе из строя технического устройства, его можно быстро заменить аналогичным.

В то же время модульный принцип построения МВК-ЖАТ и его компактность позволяют повысить транспортабельность, подвижность и способность к быстрому передвижению, обеспечивая постоянную готовность к автономному использованию. Это, в свою очередь, делает комплекс более маневренным и мобильным, с возможностью перемещения между объектами и перехода из одного работоспособного состояния в другое в ответ на управляющие и возмущающие воздействия в допустимые сроки [5].

Все сказанное формирует обязательное требование к МВК-ЖАТ — оперативность, которая отражает скорость и точность реакции на скорейшее восстановление прерванного движения поездов и определяется способностью системы правильно и быстро выполнять различные практические задачи. Данный показатель влияет на производительность МВК-ЖАТ и зависит от маневренности, мобильности и транспортабельности комплекса.

Отдельные зависимости основных показателей эффективности функционирования МВК-ЖАТ представлены на рис. 1.

2. Анализ существующих и перспективных МВК-ЖАТ

История создания МВК-ЖАТ начинается в первой половине XX в., когда возникла необходимость в оперативном восстановлении прерванного движения поездов. Первоначально такие комплексы представляли собой специализированные поезда, оснащенные необходимым оборудованием и инструментами для ремонта, устранения последствий аварий и ликвидации повреждений, вызванных

¹ ГОСТ 23945.0—80. Унификация изделий. Основные положения. — М.: Издательство стандартов, 1991. Переиздание с Изменением № 1, утвержденным в июне 1988 г. (ИУС 11-88).

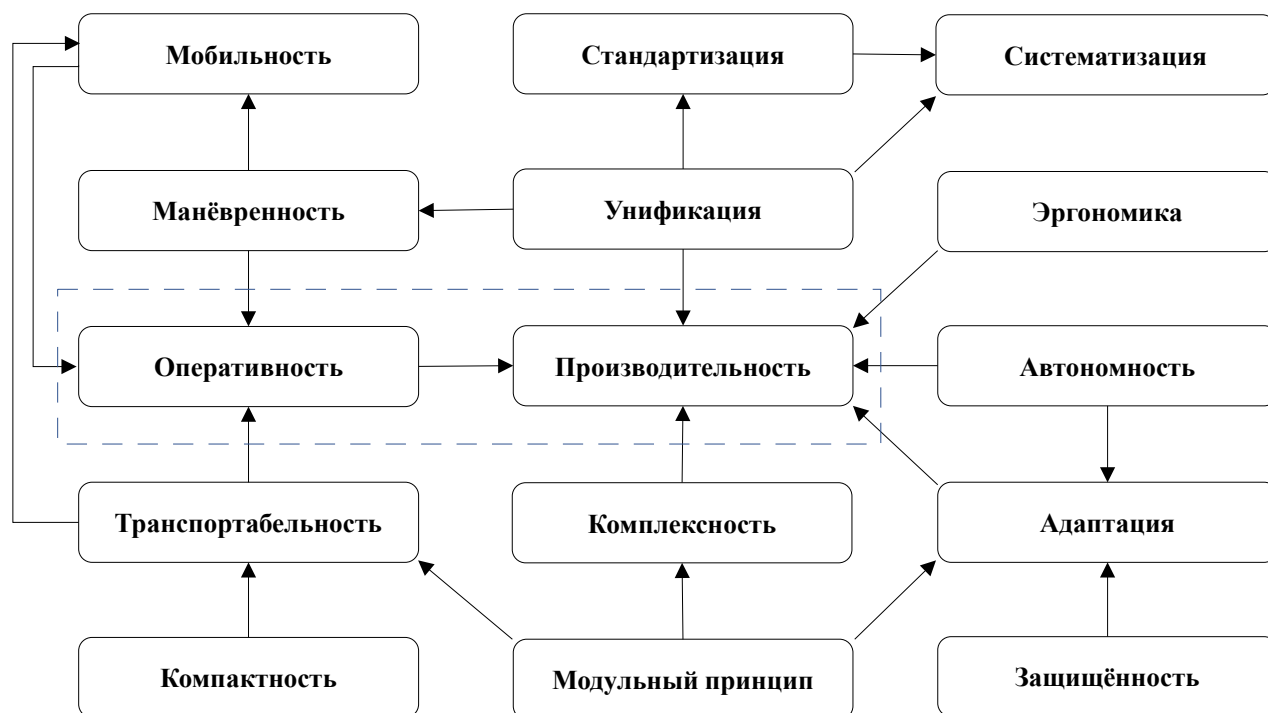


Рис. 1. Основные показатели эффективности функционирования МВК-ЖАТ

природными катаклизмами или техногенными катастрофами. В послевоенный период продолжилось развитие восстановительной техники. Так, в 70–80-х годах прошлого века были созданы типовые инвентарные комплекты:

- СЦДУ — система централизованного диспетчерского управления;
- точечная блокировка «Перегон»;
- передвижные комплекты ЩЦ-1-ДСК и ЩЦ-2-ДСК «Кама».

В настоящее время эти системы морально и физически устарели и не представляют интереса для рассмотрения.

В конце XX в. для замены разрушенных устройств регулирования движения поездов разработано семь типов комплектов [9], позволяющих быстро восстанавливать все виды железнодорожной связи, не затрагивая восстановление устройств ЖАТ. Экспериментальные образцы этих комплектов прошли испытания. Все они смонтированы в железнодорожных вагонах и имеют следующие специальные наименования: ШС-1-ОК, ШС-2-ОВК, ШС-3-ПВК, ШС-4-О2К, ШС-5-П2К, ШС-6, ШС-4/1-О2К.

Комплект ШС-1-ОК устанавливается на железнодорожной станции, где размещается

управление отделения дороги, или на крупной узловой станции. Он состоит из коммуникационной и оконечной аппаратуры для организации каналов телефонной и телеграфной связи. В его состав входят также два полукомплекта радиорелейной станции РРС-1М, которые могут применяться для устройства вставки в кабельную или воздушную линию связи.

ШС-2-ОВК и ШС-3-ПВК — комплекты аппаратуры для восстановления соответственно оконечных и промежуточных узлов связи на участках дорог с воздушными линиями.

На участках с кабельными линиями устанавливаются ШС-4-О2К (комплект оконечной аппаратуры) и ШС-5-П2К (комплект промежуточной аппаратуры). Комплект ШС-6 представляет собой аппаратную диспетчера. Комплект ШС-4/1-О2К включает аппаратуру крупного линейно-аппаратного зала для участков дорог с кабельными линиями связи.

На современном этапе особый интерес представляют системы, предназначенные для оперативного развертывания управления устройствами электрической централизации (ЭЦ) в случаях повреждения постов и устройств ЭЦ при ЧС [3].

К таким системам относится мобильный комплекс «Инвентарный пост управления МК ЭЦ-ИН» разработанный в ООО «ПОЛИВИД» [10], который представляет собой универсальный передвижной автономный комплекс поста ЭЦ на базе модулей «Север». Он состоит из модуля дежурного по станции (далее — ДСП), релейного модуля и модуля дизель-генератора (ДГА). В состав модуля также входят два релейных шкафа ШРУ-М. Базовый МК ЭЦ-ИН позволяет максимально управлять двенадцатью стрелками на четырех приемо-отправочных путях с помощью ЭЦ-9, в которой используются модернизированные блоки БМРЦ-БН. МК ЭЦ-ИН можно в короткие сроки (не более 8 часов) адаптировать без доработки под путевое развитие любой станции с действующим напольным оборудованием ЭЦ и перегонными устройствами для организации движения поездов.

Полагаем, что недостатком системы МК ЭЦ-ИН является применение рельсовых цепей, которые являются наименее живучими элементами в военное время [11]. Наиболее известной и достаточно хорошо проработанной альтернативой рельсовым цепям являются устройства электронной системы счета осей. Контроль свободного состояния участков пути после разрушения рельсовых цепей может быть осуществлен на принципе системы счета осей входящих и выходящих с участка колесных пар. Данный принцип применяется в ЭЦ-МПК-М и МК МПЦ, что является их преимуществом по сравнению с МК ЭЦ-ИН.

Мобильная ЭЦ стрелок и сигналов на базе микро-ЭВМ и программируемых контроллеров ЭЦ-МПК-М², которая представляет собой комплекс средств микропроцессорной техники, смонтированный в блок-контейнерах, и состоит из аппаратного модуля, технологического модуля и модуля ДГА. ЭЦ-МПК-М обеспечивает выполнение функций АРМ ДСП, ЭЦ и сопряжение с напольными объектами (стрелками, сигналами, устройствами

контроля свободности рельсовых участков и т. п.), системами интервального регулирования, переездной автоматикой, а также телеинформационного обмена с системами вышестоящего уровня. Благодаря реализации ряда функций средствами вычислительной техники достигается сокращение площадей служебно-технических помещений по сравнению с ЭЦ релейного типа.

Также известны:

- мобильный комплекс микропроцессорной системы управления стрелками и светофорами участка железной дороги МК МПЦ, разработанный в ОАО «РЖД» [12];
- мобильный восстановительный комплекс МВК-ЭЦ, предложенный институтом военно-системных исследований МТО ВС РФ [13], который использует микропроцессорную систему ОАО «Радиоавионика» ЭЦ-ЕМ с управляющим вычислительным комплексом УВК РА.

Достоинствами МК ЭЦ-ИН, МК МПЦ и МВК-ЭЦ являются:

- компактность;
- возможность использования бесконтактного интерфейса для управления устройствами регулирования движения поездов.

К основным недостаткам данных систем относятся:

- необходимость работоспособности действующих напольных устройств регулирования движения поездов;
- зависимость от состояния кабельной сети;
- отсутствие необходимых сил и средств для восстановления вышедших из строя устройств.

Модульный восстановительный пункт сигнализации, централизации и блокировки (МВП-СЦБ), разработанный в Военном институте Железнодорожных войск и военных сообщений [14], представляет собой комплекс прогрессивных технических решений для поэтапного наращивания пропускной способности железнодорожной станции.

Все представленные выше МВК-ЖАТ объединяет один значительный недостаток — отсутствие возможности организовать восстановление регулирования движения поездов на перегоне.

² Мобильная электрическая централизация стрелок и сигналов на базе микро-ЭВМ и программируемых контроллеров ЭЦ-МПК-М: Техническое описание. Том I. Пояснительная записка. — СПб.: ПГУПС, 2002. — 23 с.

Для устранения данного недостатка был специально разработан модульный восстановительный пункт регулирования движения поездов (МВП-РДП) [15]. Для увеличения пропускной способности на перегонах совместно с МВП-РДП может быть применены несколько мобильных автоматизированных блок-постов, аппаратура которых размещается в транспортабельных модулях [16]. Как и представленные ранее МВК-ЖАТ (за исключением МВП-СЦБ), данный восстановительный пункт не имеет возможностей для мелкого ремонта и восстановления напольных устройств.

На представленные для анализа системы распространяются общие технические условия³, применяемые к системам, устройствам и аппаратуре ЖАТ. Такие восстановительные комплекты, как ШС-1-ОК, ШС-2-ОВК, ШС-3-ПВК, ШС-4-О2К, ШС-5-П2К, ШС-6, ШС-4/1-О2К, в сравнительном анализе участие не принимали, так как у них отсутствует оборудование для регулирования движения поездов. Для сравнительного анализа были использованы критерии, характеризующие МВК-ЖАТ, которые были рассмотрены ранее. Сравнительная характеристика анализируемых образцов МВК-ЖАТ представлена в табл. 2.

Из сравнительного анализа, выполненного по многочисленным критериям, видно, что представленные технические решения:

- имеют ограниченные функциональные возможности (постовое оборудование, регулирование движением поездов на станции, зависимость от местного электропитания и т. п.), что требует их доукомплектования для увеличения производительности и

повышения эффективности в процессе восстановления прерванного движения поездов;

- основная масса представленных систем ЖАТ реализует выполнение алгоритмов на базе микропроцессорной техники, благодаря чему достигается существенная экономия пространства для обеспечения компактности, упрощается обслуживание оборудования и значительно повышается производительность за счет возможности унификации;
- используют модульный принцип и могут размещаться в транспортабельных модулях, повышая мобильность, что, в свою очередь, влияет на оперативность восстановления прерванного движения поездов.

Таким образом, по совокупности основных показателей все представленные технические решения имеют предпосылки стать основой МВК-ЖАТ, который может быть принят в качестве инвентарного восстановительного средства в системе железнодорожного транспорта (ОАО «РЖД», Железнодорожные войска и т. п.).

3. Разработка методики применения МВК-ЖАТ

Жизненный цикл МВК-ЖАТ состоит из нескольких ключевых этапов, каждый из которых играет важную роль в обеспечении бесперебойной работы комплекса и поддержании его в постоянной готовности.

На этапах проектирования, разработки и создания особое внимание уделяется формированию оптимального состава МВК-ЖАТ. На наш взгляд, с помощью предложенного в [2] подхода оценки и значимости отдельных компонентов структуры, а также выполненного анализа основных функциональных задач, МВК-ЖАТ должен включать следующие основные элементы:

- временную систему управления движением поездов на станциях, соответствующую требованиям⁴ и включающую: постовой комплект аппаратуры (устройства управления и

³ ОСТ 32.146—2000. Аппаратура железнодорожной автоматики, телемеханики и связи. Общие технические условия. — URL: http://static.scbist.com/scb/uploaded/1_1388549311.pdf (свободный, дата обращения 29.10.2019); ГОСТ Р 55369—2012. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики. Общие технические требования. — М.: Стандартинформ, 2014. — 40 с.; ГОСТ Р 53431—2009. Автоматика и телемеханика железнодорожная. Термины и определения. — М.: Стандартинформ, 2010. — 25 с.; ГОСТ 15150—69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. — М.: Стандартинформ, 2006. — 57 с.

⁴ ГОСТ 33894—2016. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики на железнодорожных станциях. Требования безопасности и методы контроля. — М.: Стандартинформ, 2017. — 27 с.

Таблица 2. Сравнительная характеристика анализируемых образцов МВК-ЖАТ

Критерии качества	МК ЭЦ-ИН	ЭЦ-МПК-М	МК МПЦ	МВК-ЭЦ	МВП-СЦБ	МВП-РДП
Восстановление технических средств (создание избыточности, резервирование)	Слабо (или не предусмотрено)	Да (среднее время восстановления системы не более 2 часов)				
Воздействие климатических условий (температура, влага и т. п.)	Класс МС1					
Электромагнитная совместимость (помехоустойчивость, помехоэмиссии, воздействие РЭБ)	Помехоустойчивость — А3, помехоэмиссия — Д1, защита от воздействия РЭБ — не предусмотрена			А3, Д1, +		
Воздействие кибератак (повреждение, кража информации)	Нет	ГОСТ 24.402—80 ¹ и ГОСТ Р 56205—2014 ²				
Суммарная интенсивность отказов технических средств	5 · 10 ^{−7}	5 · 10 ^{−5}			5 · 10 ^{−6}	
Интенсивность опасных отказов технических средств	1,8 · 10 ^{−7} (без учета напольного оборудования)					
Наличие/отсутствие электроэнергии (электроопасность)	Полная автономность	Зависимость от местного электропитания			Полная автономность	
Действия персонала (наличие квалифицированных работников, дисциплина обслуживания)	Не предусмотрено			Штат ЖДВ		Не предусмотрено
Условия монтажа и демонтажа устройств (постового и напольного оборудования)	Да/да	Да/нет	Да/нет	Да/нет	Да/да	Да/нет
Механические воздействия (вибрационные и ударные нагрузки)	класс К4.1					
Воздействие ЧС (непреднамеренное)	Нет	Нет	Нет	Да	Да	Да
Применение ВТО (МРАУ)	Нет	Нет	Нет	Да	Да	Да
Применения ОМП (РХБ воздействие)	Нет	Нет	Нет	Да	Да	Да
Пожаровзрывоопасность	ГОСТ 12.1.00491 ССБТ ³					
Эргономика	ГОСТ Р 56274—2014 ⁴					
Уровень шума	ГОСТ 12.1.003—83 ССБТ ⁵					
Унификация и стандартизация: станции/перегоны (возможность)/перегоны (наличие)	Да/нет/нет	Да/да/нет	Да/нет/нет	Да/нет/нет	Да/да/нет	Да/да/да
Мобильность/маневренность (использование радиоканала) возможность/наличие	Да/нет/нет	Да/да/нет	Да/да/нет	Да/да/нет	Да/да/да	Да/да/да

¹ ГОСТ 24.402—80. Система технической документации на АСУ. Учет, хранение и обращение. — М.: Стандартинформ, 2009. — 10 с.

² ГОСТ Р 56205—2014. Сети коммуникационные промышленные. Защищенность (кибербезопасность) сети и системы Терминология, концептуальные положения и модели. — М.: Стандартинформ, 2014. — 81 с.

³ ГОСТ 12.1.004—91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования. — М.: Стандартинформ, 2006. — 64 с.

⁴ ГОСТ Р 56274—2014. Общие показатели и требования в эргономике. — М.: Стандартинформ, 2016. — 27 с.

⁵ ГОСТ 12.1.003—83. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. — 12 с.

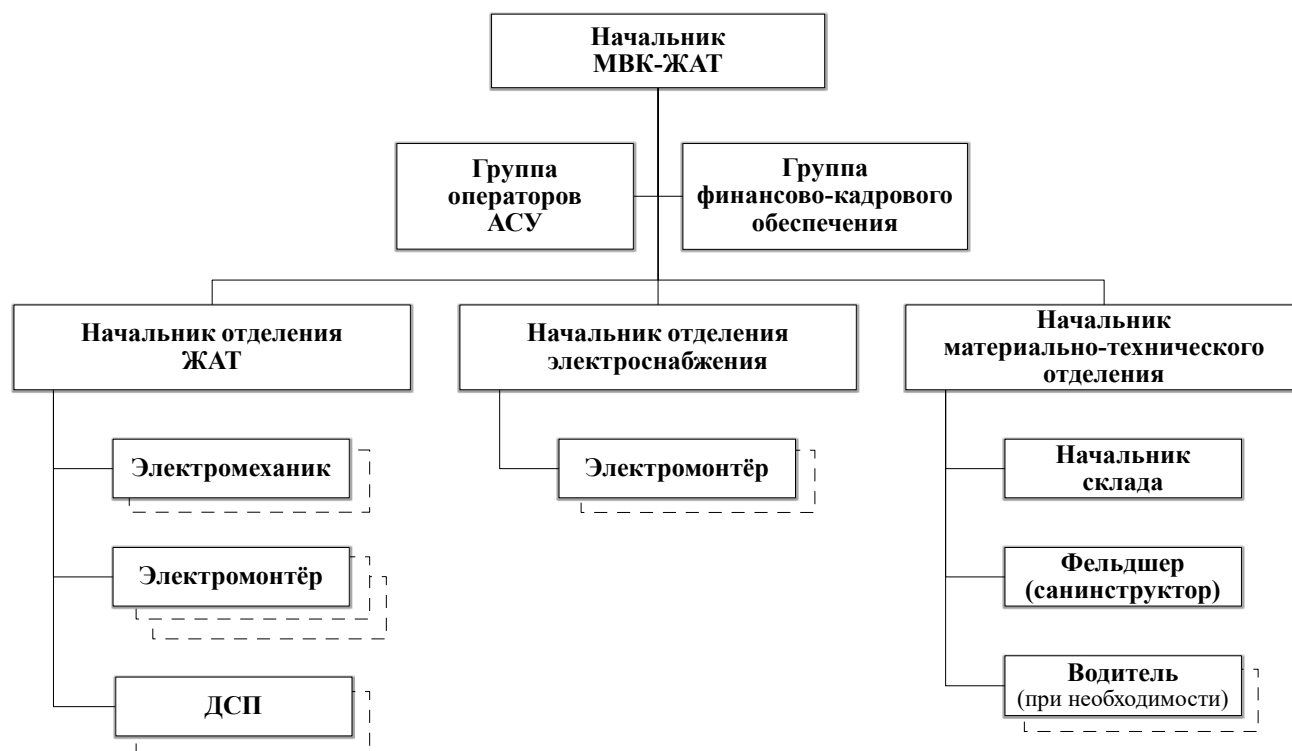


Рис. 2. Организационно-штатная структура MBK-ЖАТ (вариант)

контроля, средства отображения информации и ведения диалога, устройства резервирования и дублирования и т. п.); комплект напольного оборудования (устройства контроля свободности состояния участков, стрелочные приводы, станционные светофоры и т. п.);

- временную систему интервального регулирования движения поездов на перегонах, соответствующую требованиям⁵ и предусматривающую: возможность быстрого перехода как на ручные (телефонные средства связи), так и на альтернативные способы (например, мобильные сигнальные точки [17, 18]); наличие центра управления движением; оборудование блок-участков; алгоритмы расчета интервалов движения; прочие необходимые компоненты;
- систему связи, содержащую каналобразующие устройства (проводные, радио-, радиорелейные, спутниковые), которые обеспечивают: работу систем управления движением

⁵ ГОСТ 33895—2016. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики на перегонах железнодорожных линий. Требования безопасности и методы контроля. — М.: Стандартинформ, 2017. — 10 с.

поездов на станциях и перегонах; железнодорожную электросвязь (поездную, диспетчерскую и т. п.); коммуникацию между участниками восстановительного процесса; взаимодействие экстренных служб; передачу данных;

- независимую систему энергоснабжения, включающую автономные генераторы электроэнергии и источники бесперебойного питания для систем и устройств ЖАТ, восстановительных работ с использованием электроинструмента, освещения, отопления и т. п.;
- комплексную автоматизированную систему поддержки принятия решений при восстановлении объектов инфраструктуры ЖДТ [19], содержащую: АРМ операторов мобильной группы, объединенных в локальную сеть, где используются специальное программное обеспечение и базы данных, например [20, 21];
- средства контроля и диагностики, применяемые для проведения обследования разрушенных объектов инфраструктуры ЖДТ при возникновении ЧС, выявления неисправностей и оценки состояния

оборудования ЖАТ, в том числе используемого для временного восстановления прерванного движения поездов;

- пространство для хранения инструментов, измерительных приборов, средств индивидуальной защиты, оборудования и запасных частей, необходимых для выполнения восстановительных работ с возможностью выполнять мелкий и средний ремонт устройств ЖАТ (склад, мастерская, аддитивное производство и т. п.);
- медицинское отделение с аптечкой первой помощи и оборудованием для экстренной доврачебной медицинской помощи работникам, занятым на восстановительных работах (при травмах, ожогах, отравлениях и других несчастных случаях);
- специальные транспортные средства (при необходимости) повышенной проходимости, оборудованные всем необходимым для автономного размещения техники и персонала и служащие базой для размещения оборудования и инструментов.

Мы полагаем, что такое техническое оснащение позволяет МВК-ЖАТ эффективно и качественно выполнять задачи по диагностике, ремонту и восстановлению устройств ЖАТ, обеспечивая безопасность и бесперебойность работы инфраструктуры ЖДТ.

В состав МВК-ЖАТ, кроме технического оснащения, входят сотрудники разного профиля, обладающие необходимыми компетенциями для диагностики, ремонта и восстановления устройств ЖАТ. Организационно-штатная структура МВК-ЖАТ предполагает несколько основных отделений (по ремонту и восстановлению ЖАТ, энергоснабжению, материально-техническому обеспечению, группы автоматизированных систем управления (АСУ) и т. п.) и может быть представлена в виде схемы (рис. 2).

Таким образом, минимальное количество сотрудников МВК-ЖАТ составляет около 12–15 человек. Количество штата, необходимого для полноценного функционирования МВК-ЖАТ, зависит от объема возложенных задач, его специализации и региональных особенностей.

На каждом МВК-ЖАТ должны находиться определенные документы, подтверждающие его техническую исправность, порядок эксплуатации и правила безопасности (паспорта изделий, руководства по эксплуатации, сертификаты соответствия, акты приема-передачи, различные книги учета, графики проведения технических осмотров и ремонтов, формы отчетности, каталоги запасных частей, таблицы регламента и другие нормативно-справочные материалы, необходимые для качественного выполнения задач). Наличие вышеуказанных документов является обязательным для каждого МВК-ЖАТ, что обеспечивает прозрачность и законность его эксплуатации. Отсутствие или неправильное заполнение любого из документов может привести к проблемам при проведении официальных проверок и оценке качества проводимых работ. В целях экономии времени и затрат получают развитие некоторые элементы электронной системы документооборота (например, комплексная автоматизированная система поддержки принятия решений при восстановлении объектов инфраструктуры ЖДТ [19]).

Совокупность технического оснащения, персонала и документации, необходимая для решения широкого спектра задач по обеспечению безопасности движения поездов и оперативной восстановительной деятельности при возникновении ЧС, образует целостную гибкую производственную систему МВК-ЖАТ.

Одним из центральных этапов жизненного цикла МВК-ЖАТ является его эксплуатация. Эксплуатационный этап охватывает весь период использования МВК-ЖАТ, где он может находиться в двух основных состояниях (активный, ожидания). Методика применения МВК-ЖАТ представлена на рис. 3.

Под режимом ожидания МВК-ЖАТ будем понимать организационно-технические мероприятия для обеспечения сохранности и постоянной готовности мгновенно перейти к выполнению задач по функциональному предназначению при возникновении ЧС. Данное состояние (режим ожидания) занимает наибольшую продолжительность в эксплуатационном этапе и является крайне важным, поскольку от него зависит общая

эффективность процесса восстановления прерванного движения поездов в целом. На этой стадии организовывается хранение, техническое обслуживание и ремонт МВК-ЖАТ, проводятся мероприятия по поддержанию постоянного уровня готовности не только техники, но и персонала (учения, инструктажи, тренировки и т. п.), разрабатываются четкие регламенты действий при ЧС, ведется документооборот.

Организация правильного хранения чрезвычайно важна для обеспечения их сохранности и готовности. Она осуществляется с соблюдением определенных правил и норм (выбор и подготовка места хранения, правила и условия хранения, маркировка и инвентарный учет, порядок выдачи и возврата оборудования и т. п.).

Для обеспечения исправности МВК-ЖАТ и его постоянной готовности к выполнению задач по функциональному назначению при возникновении ЧС в любое время суток и при любых погодных условиях необходимо:

- регулярное проведение технического обслуживания;
- осуществление ремонтных работ;
- постоянный контроль состояния всего оборудования и устройств, входящих в состав комплекса.

Частота проверок зависит от ряда факторов, таких как интенсивность эксплуатации, окружающая среда и специфика региона. Однако общая практика предусматривает еженедельные, ежемесячные, ежеквартальные и годовые проверки, на которых осуществляют внешний осмотр, тестирование и испытание аппаратуры ЖАТ, ревизию электрооборудования и источников питания, замену изношенных деталей и расходных материалов, проверку уровня жидкостей (при наличии), обновление программного обеспечения и инструкций.

Для оперативного, безопасного и грамотного восстановления прерванного движения поездов в условиях воздействия ЧС и минимизации сбоев и простоев ЖДТ с персоналом МВК-ЖАТ организуется и проводится непрерывный процесс подготовки, сочетающий теоретическое обучение (изучение устройств и принципа работы МВК-ЖАТ, нормативных документов, техники безопасности и т. п.),

практические вопросы (работа на тренажерах, выездные учения, тренировки по взаимодействию и т. п.), регулярные проверки квалификации (аттестация, внезапные проверки, совместные тренировки с МЧС и т. п.) и особые формы подготовки (стажировки, разбор реальных аварийных случаев, обучение новым технологиям и т. п.). Обучение и тренировки должны проводиться на учебных полигонах, специализированных тренажерах и реальных объектах инфраструктуры ЖДТ.

В целях совершенствования и внедрения перспективных технологий аварийно-восстановительных работ (цифровизация, искусственный интеллект, квантовая связь, новые материалы и т. п.) научно-исследовательская работа в области восстановления устройств и систем ЖАТ является важнейшим элементом подготовки МВК-ЖАТ в режиме ожидания.

Таким образом, режим ожидания МВК-ЖАТ — это комплексное состояние, обеспечивающее максимальную оперативность и надежность в работе техники и персонала, направленное на минимизацию последствий ЧС на ЖДТ.

Под активным режимом МВК-ЖАТ будем понимать организационно-технические мероприятия от возникновения необходимости восстановления прерванного движения поездов до возвращения его в режим ожидания.

На подготовительном этапе активного режима, когда возникает необходимость восстановить поврежденную инфраструктуру ЖДТ, происходит получение информации о возникновении ЧС, выполняется сбор информации о произошедшем событии, исходя из величины нанесенного ущерба и ресурсных ограничений принимается решение о применении МВК-ЖАТ (в полном составе или частичном). Далее в рамках подготовительного этапа оповещается руководящий состав о принятом решении, формируется восстановительная команда и проверяется готовность МВК-ЖАТ к выходу на место происшествия.

На втором этапе активного режима прокладывается маршрут с учетом расчета расстояний по различным видам дорог, способам доставки МВК-ЖАТ и доступности (дорожные условия, ограничения и т. п.). Транспортировка

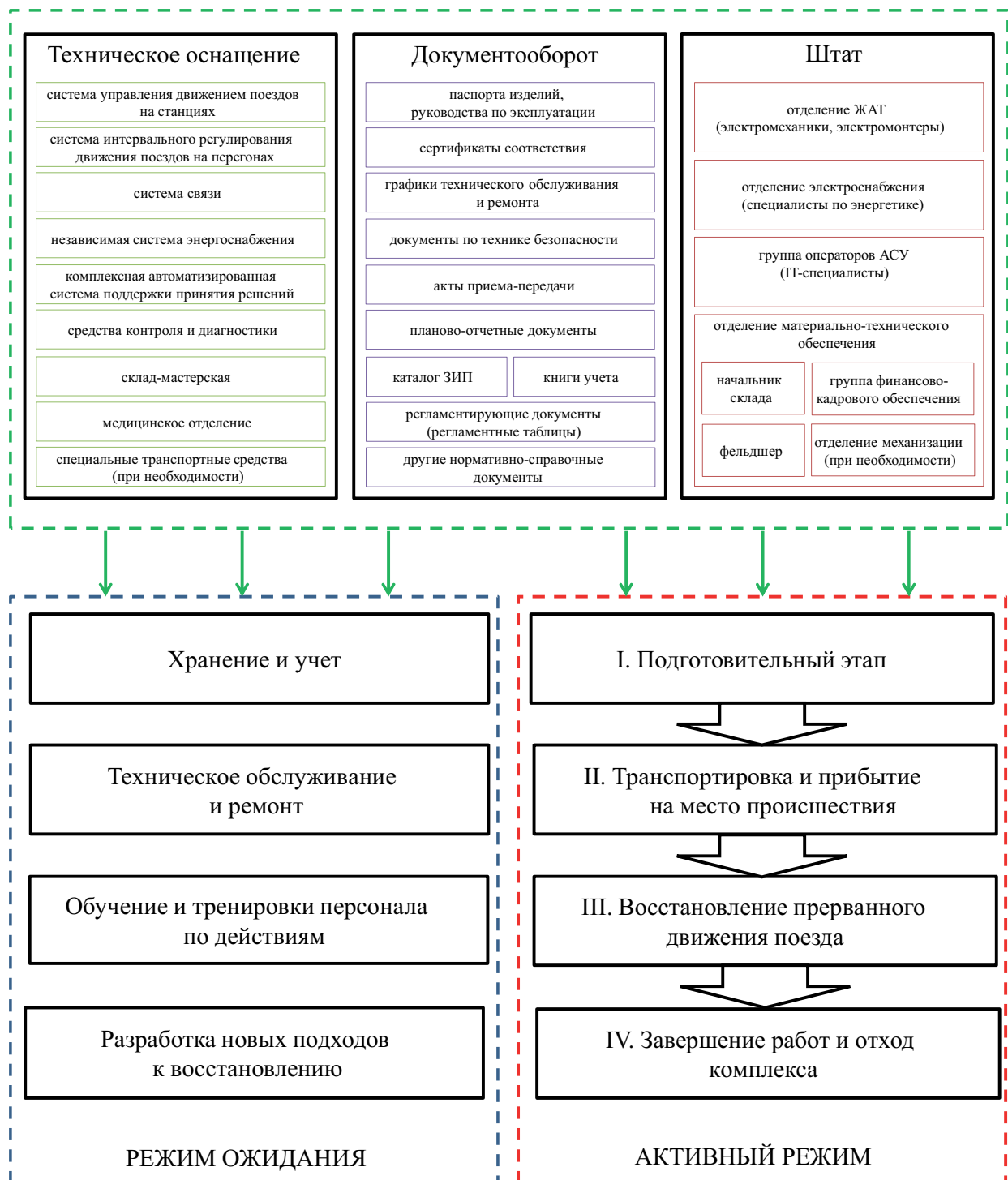


Рис. 3. Методика применения MBK-ЖАТ

МВК-ЖАТ на место происшествия может осуществляться следующими способами:

- железнодорожным транспортом — при удаленных ЧС, если пути не разрушены;
- автомобильным транспортом повышенной проходимости — для доставки вне железнодорожных путей;

- комбинированным способом, включая использование вертолетов — для труднодоступных зон.

По прибытии на место происшествия осуществляется оценка обстановки, организуется связь между участниками восстановительного процесса и взаимодействия экстренных служб,

подготавливается площадка для оборудования, разворачивается система энергоснабжения, выполняется монтаж оборудования, наладывается работа операторов мобильной группы АСУ, а также изучается состояние пострадавших объектов инфраструктуры ЖДТ.

На следующем этапе после технической разведки выполняются первоочередные аварийно-восстановительные работы, связанные с расчисткой завалов; локализацией пораженных объектов; их изоляцией от работающих систем.

Развертываются необходимые временные системы управления движением поездов и железнодорожной электросвязи, подключаются к внешним источникам питания и водоснабжения (независимой системе энергоснабжения). Параллельно реализуется: демонтаж разрушенных напольных устройств; монтаж новых взамен поврежденных; прокладка кабелей (радиоканала) для установления связей между компонентами.

После монтажа и подключения всех устройств ЖАТ выполняются: окончательная настройка оборудования; проверка его работоспособности; организация пробного пуска восстановленного объекта инфраструктуры ЖДТ; подтверждение его пригодности к использованию.

Затем осуществляется движение поездов с использованием временных систем управления до полного восстановления объекта инфраструктуры ЖДТ.

На завершающем этапе подготавливаются и подписываются акты приемки выполненных работ с фото- и видеофиксацией, выполняется свертывание и отход МВК-ЖАТ обратно на базу с параллельной утилизацией отходов и уборкой территории вокруг объекта инфраструктуры ЖДТ. По завершении работ осуществляется комплексный анализ эффективности проведенных аварийно-восстановительных мероприятий, формируется отчетная документация для руководства и разрабатываются рекомендации по оптимизации последующих операций.

Таким образом, активный режим состоит из четких последовательных действий (подготовительный этап, транспортировка и прибытие на место происшествия, восстановление инфраструктуры ЖДТ, завершение работ и

«отход» комплекса), направленных на эффективное восстановление прерванного движения поездов.

Из анализа разработанной методики применения МВК-ЖАТ, представленной на рис. 3, видно, что целостная гибкая производственная система представляет собой живой организационно-технический организм, который может находиться в одном из двух основных состояний (активном режиме или режиме ожидания); способен адаптироваться к внешним условиям; обеспечивает устойчивое функционирование ЖДТ.

При этом режим ожидания, занимающий по времени большую часть жизненного цикла, является не менее важным, чем активный режим. Разделение режимов на активный и ожидания помогает обеспечить максимальную готовность МВК-ЖАТ к немедленному реагированию и эффективному решению любых проблем на ЖДТ. Данная методика обеспечивает:

- систематизацию действий при применении МВК-ЖАТ;
- упорядочивание процессов как в активном режиме, так и в режиме ожидания;
- повышение эффективности работы комплекса;
- снижение рисков при выполнении аварийно-восстановительных работ;
- обеспечение безопасности в условиях воздействия ЧС.

Заключение

Проведенное исследование показало, что наиболее эффективным способом оперативного восстановления прерванного движения поездов после воздействия ЧС является применение МВК-ЖАТ. Из рассмотренных особенностей современных МВК-ЖАТ видно, что производительность и оперативность тесно связаны с другими основными показателями эффективности функционирования, такими как мобильность, автономность и возможность адаптации к различным ситуациям. Это позволяет при создании инвентарного восстановительного средства в системе ЖДТ сформировать целостную гибкую производственную систему МВК-ЖАТ, состоящую из совокупности технического оснащения, персонала,

документооборота и четкой организации действий по применению.

Разработанная методика применения МВК-ЖАТ обеспечивает высокую степень готовности комплекса к действиям в условиях воздействия ЧС, оптимальное распределение ресурсов и повышение эффективности аварийно-восстановительных работ, так как основана на комплексном подходе, который включает проектирование, создание, эксплуатацию и подготовку персонала. Важно отметить, что режим ожидания, занимающий значительную часть жизненного цикла МВК-ЖАТ, столь же важен, как и активный режим действий по предназначению. Правильная организация хранения, технического обслуживания и подготовки персонала позволяет достичь максимальной готовности к незамедлительному реагированию и эффективному решению возникающих проблем. Таким образом, данная методика способствует повышению эффективности и снижению рисков при выполнении аварийно-восстановительных работ, обеспечивая надежную работу ЖДТ в сложных условиях. Следовательно, современные способы и технологии позволяют сократить сроки восстановления, повысить безопасность и надежность функционирования ЖДТ даже в экстремальных ситуациях, а МВК-ЖАТ становятся незаменимым инструментом для обеспечения безопасности и непрерывности железнодорожного движения в условиях воздействия ЧС. ▲

Список источников

1. Яшин М. Г. Моделирование работы инфраструктуры железнодорожного транспорта в условиях чрезвычайных ситуаций с учетом применения инвентарных комплектов / Р. А. Пантелеев, И. В. Кушпиль, Н. Н. Фомин // Автоматика на транспорте. — 2022. — Т. 8. — № 4. — С. 354–366. — DOI: 10.20295/2412-9186-2022-8-04-354-366.
2. Савинов К. Н. Обоснование гибридного (нетрадиционного) способа восстановления прерванного движения поездов с применением аддитивных и информационных технологий: отчет о НИР «Комплект — 23» (заключ.) / М. Г. Яшин, Р. А. Пантелеев и др.; рук. К. Н. Савинов. — Петергоф: ВИ (ЖДВ и ВОСО), 2024. — 150 с.
3. Никитин А. Б. Транспортабельные модули электрической централизации как средство восстановления систем управления движением поездов / М. Г. Яшин, Р. А. Пантелеев // Автоматика на транспорте. — 2015. — Т. 1. — № 2. — С. 127–142.
4. Кочнев Д. В. Обоснование показателя системы обеспечения безопасного регулирования движения поездов на железнодорожной станции / Д. В. Кочнев, Р. А. Пантелеев // Специальная техника и технологии транспорта. — 2020. — № 5(43). — С. 101–110.
5. Рябинин И. А. Надежность и эффективность структуры сложных технических систем / И. А. Рябинин, Ю. М. Парфенов // Основные вопросы теории и практики надежности. — Минск: Наука и техника, 1982. — С. 25–39.
6. Савинов К. Н. Современные конструктивно-технологические решения для восстановления систем регулирования движения поездов / К. Н. Савинов, Р. А. Пантелеев // Специальная техника и технологии транспорта. — 2019. — № 4(42). — С. 112–120.
7. Пантелеев Р. А. Современный подход к восстановлению регулирования движения поездов на раздельных пунктах / Р. А. Пантелеев // Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации: сб. науч. тр. / под общ. ред. д-ра экон. наук, проф. В. С. Ивановского. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. — С. 332–341.
8. Бабошин В. А. Современные модульные технологии для восстановления железных дорог (Modern Modular Technologies for Railway Rehabilitation) / В. А. Бабошин, Р. А. Пантелеев, П. Н. Фомин // INTERNATIONAL Symposium Rail Transport in The Modern World. — 2019. — С. 117–123.
9. Организация восстановления железных дорог: учебное пособие. Часть I. Организация восстановления участка отдельной железнодорожной бригады. — СПб.: БАТТ, 2007. — 174 с.
10. Загидуллин Э. З. Мобильный комплекс МКЭЦ-ИН/Э. З. Загидуллин, А. Г. Карпунин // Автоматика, связь, информатика. — 2009. — № 1. — С. 32–35.
11. Яшин М. Г. Восстановление регулирования движения поездов по участкам железнодорожных направлений в условиях военных действий / М. Г. Яшин, Р. А. Пантелеев // Транспорт Урала. — 2016. — № 2(49). — С. 99–104. — DOI: 10.20291/1815-9400-2016-2-99-104.
12. Смагин Ю. С. Мобильный комплекс микропроцессорной системы управления стрелками и светофорами участка железной дороги: пат. 2622522. С1 Российская Федерация / Ю. С. Смагин, О. Ю. Шатковский, Я. Ю. Плавник и др. — № 2016115775; заявл. 22.04.2016; опубл. 16.06.2017.
13. Ласточкин Н. Н. Мобильный восстановительный комплекс электрической централизации: пат. на полезную модель 172264. U1 Российская Федерация / Н. Н. Ласточкин, С. И. Завальнюк, К. С. Кононов и др. — № 2016116226; заявл. 25.04.2016; опубл. 03.07.2017. — заявитель ФГКВ ОУ ВО «ВА МТО имени генерала армии А. В. Хрулева».
14. Пантелеев Р. А. Модульный восстановительный пункт сигнализации, централизации и блокировки: пат. 2747520. С1 Российская Федерация / Р. А. Пантелеев, М. Г. Яшин, В. А. Грошев и др. — № 2020111008; заявл. 19.11.2019; опубл. 06.05.2021.

15. Никитин А. Б. Модульный восстановительный пункт регулирования движения поездов: пат. 2790210. С1 Российская Федерация / А. Б. Никитин, И. В. Кушпиль, М. Г. Яшин и др. — № 2022126857; заявл. 14.10.2022; опубл. 15.02.2023. — заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I».

16. Гелашвили О. Г. Комплекс транспортабельный оборудования железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: пат. на полезную модель 109722. U1 Российская Федерация / О. Г. Гелашвили, Б. Т. Кондратьев-Черкасов, В. Б. Мехов и др. — № 2010148496/11; заявл. 19.11.2010; опубл. 27.10.2011.

17. Яшин М. Г. Мобильная сигнальная точка: пат. на полезную модель 198136. U1 Российская Федерация / М. Г. Яшин, Р. А. Пантелеев, А. В. Мелешко и др. — № 2020101177; заявл. 10.01.2020; опубл. 19.06.2020.

18. Пантелеев Р. А. Мобильная сигнальная точка усовершенствованная: пат. на полезную модель 210536. U1 Российская Федерация / Р. А. Пантелеев, М. Г. Яшин, К. Н. Савинов и др. — № 2021128363; заявл. 27.09.2021; опубл. 19.04.2022.

19. Савинов К. Н. Комплексная автоматизированная система поддержки принятия решений при восстановлении объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта: монография / К. Н. Савинов, М. Г. Яшин, Р. А. Пантелеев, А. В. Коновалова. — СПб.: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2025. — 100 с.

20. Пантелеев Р. А. База данных инфраструктуры железнодорожного транспорта для решения задач в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024621344 Российская Федерация / Р. А. Пантелеев, А. А. Сапко, А. В. Коновалова и др. — № 2024620996; заявл. 19.03.2024; опубл. 28.03.2024.

21. Пантелеев Р. А. База данных технологических процессов эксплуатации и восстановления устройств железнодорожной автоматики и телемеханики: свидетельство о гос. регистрации базы данных № 2019620594 Российская Федерация / Р. А. Пантелеев, К. Н. Савинов, В. В. Трубицин и др. — № 2019620505; заявл. 04.04.2019; опубл. 15.04.2019.

TRANSPORT AUTOMATION RESEARCH, 2025, Vol. 11, No. 3, pp. 210–225
DOI: 10.20295/2412-9186-2025-11-03-210-225

Functional and Morphological Description of the Method for Recovering Disrupted Train Movement Using Mobile Recovery Systems of Railway Automation, Remote Control and Communications

Information about authors

Yashin M. G., PhD in Engineering, Associate Professor¹. E-mail: maikl771@rambler.ru
Panteleev R. A., PhD in Engineering, Associate Professor¹. E-mail: pantel98@mail.ru
Nikitin A. B., D. Sci. in Engineering, Professor². E-mail: nikitin@crtc.spb.ru
Kushpil I. V., PhD in Engineering, Associate Professor². E-mail: i_kushpil@mail.ru

¹Military Institute of Railway Troops and Military Communications of the Military Academy of Logistics named after Army General A.V. Khrulev, "Restoration of Automation and Remote Control devices and Communication on Railways" Department, Petergof

²Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, "Automation and remote control on railways" Department, Saint Petersburg

Abstract: The present paper is devoted to the study and development of the methodology for using a mobile recovery system of railway automation, remote control and communications for prompt restoration of disrupted train traffic due to emergencies, both in peacetime and in wartime. The features of contemporary and future mobile recovery systems, in addition to their respective advantages and disadvantages, have been thoroughly examined. Furthermore, approaches to enhancing the stability and reliability of railway transport in emergency situations have been proposed. A particular focus has been placed on the efficiency of mobile recovery systems in the context of railway automation, remote control and communications. The discussion has encompassed the mobility, autonomy and adaptability of these systems to diverse scenarios. A methodology for the effective use of such systems is proposed, based on the sequence of actions during the preparation, deployment and completion of emergency recovery operations. The aim of this methodology is to increase the efficiency and effectiveness of restoring interrupted train traffic.

Keywords: railway transport infrastructure; railway automation and remote control devices; emergency situations; recovery of train traffic; mobile recovery system; restoration efficiency.

References

1. Yashin M. G., Panteleev R. A., Kushpil I. V., Fomin N. N. Modelirovanie raboty infrastruktury zheleznodorozhnogo transporta v usloviyakh chrezvychaynykh situatsiy s uchetom primeneniya inventarnykh komplektov [Modeling of railway transport infrastructure operation in emergency situations taking into account the use of inventory sets]. *Avtomatika na transporte* [Automation in Transport]. 2022, vol. 8, Iss. 4, pp. 354–366. DOI: 10.20295/2412-9186-2022-8-04-354-366. (In Russian)
2. Savinov K. N., Yashin M. G., Panteleev R. A. et al. *Obosnovanie gibridnogo (netraditsionnogo) sposoba vosstanovleniya prervannogo dvizheniya poezdov s primeneniem additivnykh i informatsionnykh tekhnologiy: otchet o NIR "Komplekt — 23" (zaklyuch.)* [Justification of a hybrid (non-traditional) method for restoring interrupted train traffic using additive and information technologies]: report on research work "Komplekt — 23" (final)]. Petergof: VI (ZhDV i VOSO) Publ., 2024, 150 p. (In Russian)
3. Nikitin A. B., Yashin M. G., Panteleev R. A. Transportabel'nye moduli elektricheskoy tsentralizatsii kak sredstvo vosstanovleniya sistem upravleniya dvizheniem poezdov [Transportable modules of electrical centralization as a means of restoring train control systems]. *Avtomatika na transporte* [Transport automation research]. 2015, vol. 1, Iss. 2, pp. 127–142. (In Russian)
4. Kochnev D. V., Panteleev R. A. Obosnovanie pokazatelya sistemy obespecheniya bezopasnogo regulirovaniya dvizheniya poezdov na zheleznodorozhnoy stantsii [Justification of the indicator of the system for ensuring safe train traffic control at a railway station]. *Spetsial'naya tekhnika i tekhnologii transporta* [Special Equipment and Technologies of Transport]. 2020, Iss. 5(43), pp. 101–110. (In Russian)
5. Ryabinin I. A., Parfenov Yu. M. Nadezhnost' i effektivnost' struktury slozhnykh tekhnicheskikh sistem [Reliability and efficiency of the structure of complex technical systems]. *Osnovnye voprosy teorii i praktiki nadezhnosti* [Basic Issues of Theory and Practice of Reliability]. Minsk: Nauka i tekhnika Publ., 1982, pp. 25–39. (In Russian)

6. Savinov K. N., Pantelev R. A. Sovremennye konstruktivno-tehnologicheskie resheniya dlya vosstanovleniya sistem regulirovaniya dvizheniya poezdov [Modern design and technological solutions for restoring train control systems]. *Spetsial'naya tekhnika i tekhnologii transporta* [Special Equipment and Technologies of Transport]. 2019, Iss. 4(42), pp. 112–120. (In Russian)
7. Pantelev R. A. Sovremennyy podkhod k vosstanovleniyu regulirovaniya dvizheniya poezdov na razdel'nykh punktakh: sb. nauch. tr.; pod obshch. red. d-ra ekon. nauk, prof. V. S. Ivanovskogo [Modern approach to restoring train traffic control at dividing points]. *Nauchnye problemy material'no-tehnicheskogo obespecheniya Vooruzhennykh Sil Rossiyskoy Federatsii* [Scientific Problems of Material and Technical Support of the Armed Forces of the Russian Federation: collection of scientific papers; ed. by V. S. Ivanovskiy]. St. Petersburg: Politekh. un-t Publ., 2015, pp. 332–341. (In Russian)
8. Baboshin V. A., Pantelev R. A., Fomin P. N. *Sovremennye modul'nye tekhnologii dlya vosstanovleniya zheleznykh dorog* [Modern Modular Technologies for Railway Rehabilitation]. INTERNATIONAL Symposium Rail Transport in The Modern World. 2019, pp. 117–123. (In Russian)
9. *Organizatsiya vosstanovleniya zheleznykh dorog: uchebnoe posobie. Chast' I. Organizatsiya vosstanovleniya uchastka ot del'noy zheleznodorozhnoy brigady* [Organization of Railway Restoration: A Tutorial. Part I. Organization of Restoration of a Section of a Separate Railway Brigade]. St. Petersburg: VATT Publ., 2007. 174 p. (In Russian)
10. Zagidullin E. Z., Karpukhin A. G. Mobil'nyy kompleks MK ETs-IN [Mobile Complex MK EC-IN]. *Avtomatika, svyaz', informatika* [Automation, Communications, Informatics]. 2009, Iss. 1, pp. 32–35. (In Russian)
11. Yashin M. G., Pantelev R. A. Vosstanovlenie regulirovaniya dvizheniya poezdov po uchastkam zheleznodorozhnykh napravleniy v usloviyakh voennykh deystviy [Restoration of train traffic control in railway sections during military operations]. *Transport Urala* [Transport of the Urals]. 2016, Iss. 2(49), pp. 99–104. DOI: 10.20291/1815-9400-2016-2-99-104. (In Russian)
12. Smagin Yu. S., Shatkovskiy O. Yu., Plavnik Ya. Yu. et al. Mobil'nyy kompleks mikroprotsessornoy sistemy upravleniya strelkami i svetoforami uchastka zheleznoy dorogi [Mobile complex of microprocessor control system for switches and traffic lights of a railway section]. Patent RF, no. 2016115775, 2017. (In Russian)
13. Lastochkin N. N., Zaval'nyuk S. I., Kononov K. S. et al. Mobil'nyy vosstanovitel'nyy kompleks elektricheskoy tsentralizatsii [Mobile recovery complex for electrical centralization]. Patent RF, no. 2016116226, 2017. (In Russian)
14. Pantelev R. A., Yashin M. G., Groshev V. A. et al. Modul'nyy vosstanovitel'nyy punkt signalizatsii, tsentralizatsii i blokirovki [Modular recovery point for signaling, centralization, and blocking]. Patent RF, no. 2020111008, 2021. (In Russian)
15. Nikitin A. B., Kushpil' I. V., Yashin M. G. et al. Modul'nyy vosstanovitel'nyy punkt regulirovaniya dvizheniya poezdov [Modular recovery point for train traffic control]. Patent RF, no. 2022126857, 2023. (In Russian)
16. Gelashvili O. G., Kondrat'ev-Cherkasov B. T., Mekhov V. B. et al. Kompleks transportabel'nyy oborudovaniya zheleznodorozhnoy avtomatiki, telemekhaniki i svyazi [Transportable complex of railway automation, remote control and communications equipment]. Patent RF, no. 2010148496/11, 2011. (In Russian)
17. Yashin M. G., Pantelev R. A., Meleshko A. V. et al. Mobil'naya signal'naya tochka [Mobile signal point]. Patent RF, no. 2020101177, 2020. (In Russian)
18. Pantelev R. A., Yashin M. G., Savinov K. N. et al. Mobil'naya signal'naya tochka usovershenstvovannaya [Improved mobile signal point]. Patent RF, no. 2021128363, 2022. (In Russian)
19. Savinov K. N., Yashin M. G., Pantelev R. A., Konovalova A. V. Kompleksnaya avtomatizirovannaya sistema podderzhki prinyatiya resheniy pri vosstanovlenii ob'ektov infrastruktury zheleznodorozhnogo transporta: monografiya [Integrated automated decision support system for the restoration of railway infrastructure facilities: monograph]. St. Petersburg: Izdatel'sko-poligraficheskaya assotsiatsiya vysshikh uchebnykh zavedeniy Publ., 2025, 100 p. (In Russian)
20. Pantelev R. A., Sapko A. A., Konovalova A. V. et al. Baza dannykh infrastruktury zheleznodorozhnogo transporta dlya resheniya zadach v oblasti preduprezhdeniya i likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy [Database of railway transport infrastructure for solving problems in the field of prevention and elimination of emergency situations: certificate of state registration of database]. Svidetel'stvo RF, no. 2024620996, 2024. (In Russian)
21. Pantelev R. A., Savinov K. N., Trubitsin V. V. et al. Baza dannykh tekhnologicheskikh protsessov ekspluatatsii i vosstanovleniya ustroystv zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki [Database of technological processes for the operation and restoration of railway automation and remote control devices]. Svidetel'stvo RF, no. 2019620505, 2019. (In Russian)