

Автоматизированная система управления учета запасными частями на железнодорожной станции



А. В. Клюканов,
канд. техн. наук, доцент
кафедры «Технологии
грузовой и коммерческой
работы, станции
и узлы» Приволжского
государственного
университета путей
сообщения

В текущей эксплуатационной работе на объектах железнодорожной инфраструктуры важнейшее значение имеет сокращение ручного труда и влияния человеческого фактора. Это достигается путем автоматизации производственных процессов. Далеко не последнюю роль в этом направлении играет и создание автоматизированных систем по работе с запасными частями.

Автоматизация железных дорог является важнейшим компонентом современных железнодорожных систем. Она обеспечивает безопасную и эффективную работу железнодорожной сети, а ее внедрение позволяет максимально оптимизировать и упростить рабочие процессы любого железнодорожного предприятия¹. Особенно актуальна автоматизация систем управления хранением и учета запасных частей на объектах инфраструктуры железнодорожного транспорта (грузовые дворы, контейнерные площадки, железнодорожные станции, пункты осмотра и технического обслуживания, сортировочные горки, пункты подготовки вагонов под погрузку и др.).

Согласно техническому регламенту «О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта», в состав запасных частей, используемых на объектах железнодорожного транспорта, входят: болты для рельсовых стыков и креплений; запорно-пломбировочные устройства; костыли путевые; упругие пружинные элементы; накладки для изолирующих стыков; реле электромагнитные; шурупы путевые; тормозные колодки; шплинты; валики подъемника автосцепок и др.².

Из приведенной номенклатуры запасных частей видно, что такие эле-

менты используются в разных подсистемах инфраструктуры железнодорожного транспорта. Ненадлежащий учет и управление запасами этих деталей может привести к сбою в работе отдельных устройств и возникновению простоя технологического процесса.

Запасные части обычно хранятся на стеллажах с размещением непосредственно в зоне работы или на складских комплексах. Стеллажи применяются стоечного типа с набором неавтоматизированных секций хранения, статичный учет расхода и пополнения деталей ведется на компьютере.

При этом сохраняется высокая доля ручного труда. Работник склада должен самостоятельно вести поиск и сортировку деталей на стеллажах. Это отнимает много времени, а также существует высокий риск ошибок при поиске и выборе требуемой детали.

Кроме того, стеллажи, размещенные на открытых пространствах объектов инфраструктуры, трудно пополнять и вести учет необходимых деталей в условиях оперативной работы. Автоматизированная система хранения запасных частей является более эффективным решением. Автоматизированные системы хранения и поиска — это роботизированные или управляемые компьютером технологии, которые могут извлекать или хранить изделия в определенных местах на складе³. Существует много разных вариантов автоматизации систем хранения:

¹ ГОСТ 59853-2021. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 2022. 16 с.

² Технический регламент ТС. «О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта». URL: <https://clck.ru/3FF8xt> (дата обращения: 15.12.2024).

³ ГОСТ Р 59282-2020. Системы управления складом. Функциональные требования. М.: Изд-во стандартов, 2021. 26 с.

- кубическое хранилище AR/RS — технология извлечения единичных грузов из определенных мест хранения;
- Pick-by-light и Pick-by-voice — технологии отбора материальных ценностей по свету и голосовых команд;
- RFID-системы — технология распознавания промаркированных объектов посредством радиосигналов;
- автоматизированные стеллажи — системы адресного хранения и поиска мелкоступных изделий с использованием измерительных датчиков [1–3].

В России автоматизированные системы хранения применяются ограниченно и преимущественно на крупных складах. На объектах инфраструктуры железнодорожного транспорта (станции, грузовые дворы, пункты осмотра и др.) автоматизация стеллажного хозяйства находится на низком уровне. Автоматизация стеллажей на таких объектах позволит: повысить производительность труда; сократить количество ошибок комплектации и извлечения требуемых деталей; проводить мониторинг хранимых элементов в реальном времени; оптимизировать управления запасными частями.

Рассмотрим развитие системы обеспечения и хранения запасных частей на примере технического обслуживания грузовых вагонов на крупных станциях. Здесь замена неисправных деталей и сборочных единиц вагонов без их отцепки от составов ведется со стационарных и неавтоматизированных корпусных стеллажей.

Часто для накопления деталей используются малотоннажные контейнеры и переоборудованные самодельные устройства. Разная вместимость стеллажных конструкций и вероятностный характер расхода запасных частей приводит к сбою производительности труда. Нарушение работ может быть обусловлено и поиском нужной детали в условиях оперативного технического обслуживания вагонов.

Традиционно управление ресурсом запасных частей включает в себя централизованную схему (рис. 1). Работник склада вручную ведет подсчет запасов и учет местонахождения комплектующих, отслеживает нехватку запасных частей, осуществляет их доставку на стеллажи.

На современных складах снабжения значительная часть операций по вводу, обработке, сортировке данных о запасных частях выполняется с привлечением компьютерных программных комплексов [4].

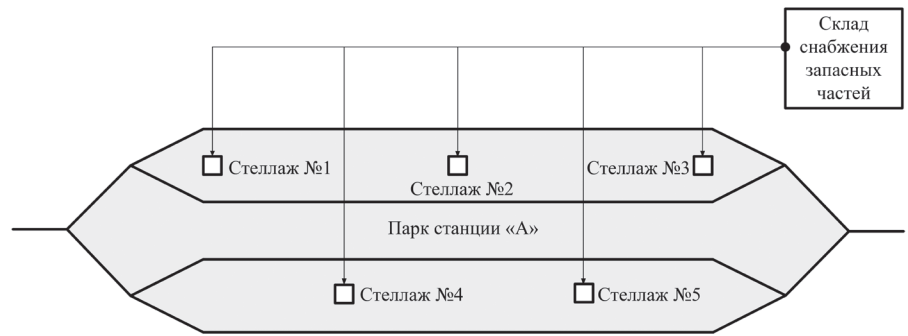


Рис. 1. Централизованная схема раздачи запасных частей со склада снабжения на неавтоматизированные стеллажи

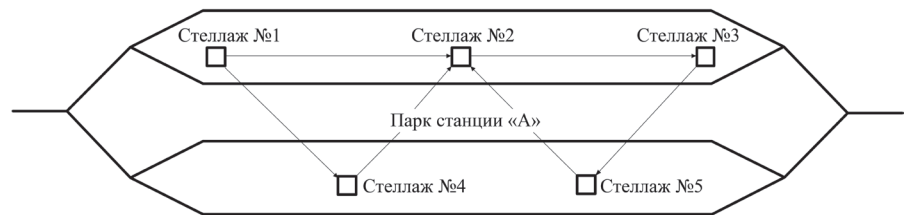


Рис. 2. Децентрализованная схема доукомплектования стеллажей запасными частями

Раздача запасных частей со склада на стеллажи производится по заявкам и по мере необходимости комплектования. При этом автоматизация склада не синхронизирована со стеллажами, которые находятся в парках станции. Это приводит к снижению скорости и своевременности комплектования стеллажей, возникновению незапланированных простоев и другим операционным проблемам.

Для устранения недостатков технологии раздачи запасных частей из одного источника предлагается пополнять стеллажи по децентрализованной схеме, когда каждый из них может обеспечиваться комплектующими в реальном времени с других стеллажей. Децентрализованная схема доукомплектования парковых стеллажей запасными частями приведена на рис. 2.

Сущность такой децентрализованной схемы состоит в том, что наполнение стеллажей деталями происходит со склада (плановая логистика снабжения), а их доукомплектование — с любых соседних стеллажей. Это позволяет всегда иметь требуемые запасные части в зоне технического обслуживания с большей частотой расхода деталей за счет перераспределения запасных частей между стеллажами. Данное техническое решение позволяет значительно ускорить поиск требуемых деталей в текущей оперативной работе и создать резерв времени для пополнения мало задействованных стеллажей со склада снабжения.

Предлагается автоматизированная система управления и учета запасных частей, общий вид которой изображен на рис. 3 [5].

Исходным этапом ячейки хранения 2, находящиеся внутри корпуса стеллажа 1, заполняются запасными частями, причем на каждой секции размещаются детали с одинаковым типоразмером [5, 6]. Состояние занятости ячеек определяется тензодатчиком 3, который пропорционально приложенному усилию нагруженной полки выдает дискретный выходной сигнал в виде цифрового кода.

Переключение тензодатчика 3 в положение ячейки хранения «занятая/свободная» обеспечивается двухпозиционным переключателем 4, а электрический сигнал на удаленный терминал 6 через кабельный разъем 5 передается по проводной или радиосвязи.

В удаленном терминале цифровой сигнал с тензометрических ячеек с каждого стеллажа обрабатывается и преобразуется в численный показатель занятости ячеек. Таким образом формируется адресная система хранения и учета запасных частей, общая структура которой для парка «А» показана на рис. 4, где 1–5, n — номер автоматизированных стеллажей; a – c — номер тензометрические ячейки хранения. Например, адрес тензометрической ячейки a : А-1- a .

Блок анализа удаленного терминала определяет загрузку стеллажей запасными частями в течение определенного временного цикла. Это позволяет увидеть пики и провалы в использовании

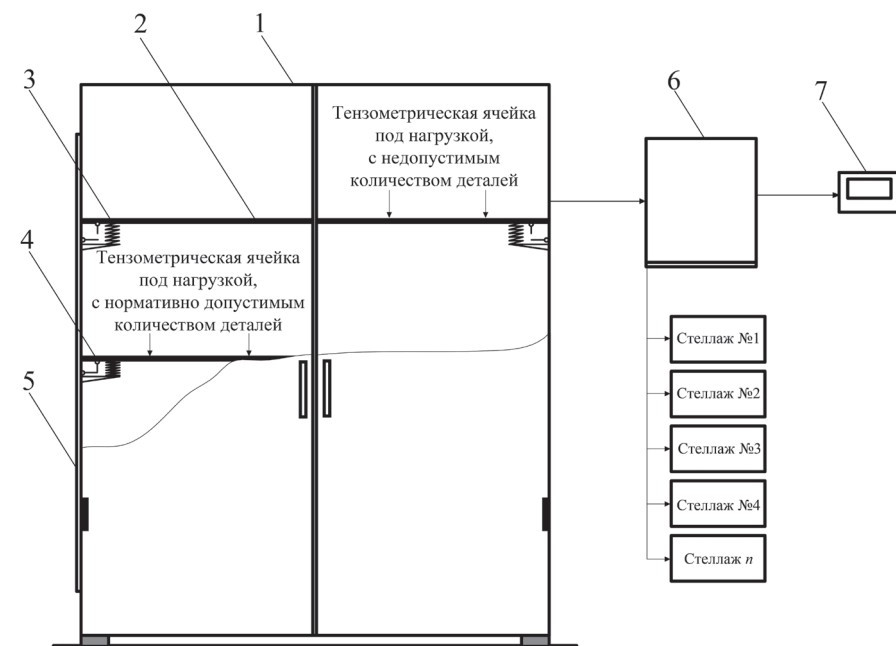


Рис. 3. Автоматизированная система управления и учета запасных частей

1 — корпус стеллажа; 2 — ячейка хранения; 3 — тензодатчик; 4 — двухпозиционный замыкатель; 5 — кабельный разъем; 6 — удаленный терминал; 7 — мобильное устройство

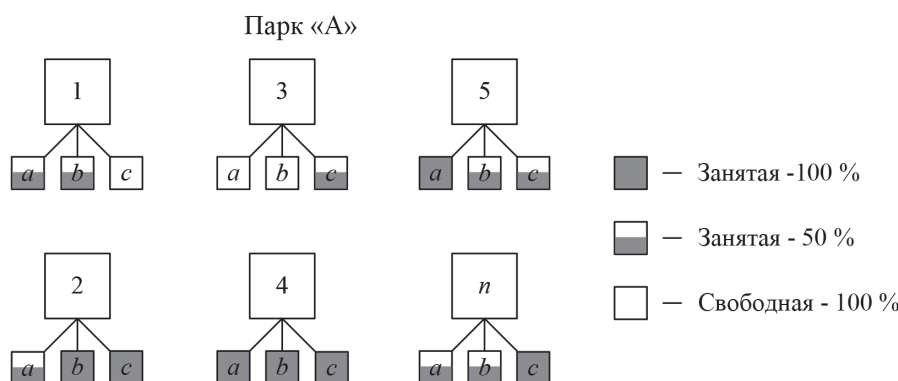


Рис. 4. Адресная система хранения и учета запасных частей

стеллажей. График их загрузки по времени показан на рис. 5.

Загрузка единичных тензометрических ячеек 31, 32, 33 и каждого стеллажа 3ст1, 3ст2...3стn на графике отображается площадью прямоугольников, где одна из сторон — это временной интервал, другая — текущее количество запасных частей в процентах. Из рис. 5 видно, что в стеллажах № 1 и 3 запасные части расходуются наиболее интенсивно.

В условиях оперативной работы запасные части могут быть заимствованы из соседних стеллажей № 2 и 4, менее занятых в работе. Это позволяет улучшить логистику запасных частей в системе снабжения «склад — стеллажи» за счет наличия требуемой детали в должном количестве в нужном месте в текущий момент времени.

При этом в оперативной работе затраты времени на поиск необходимых деталей на соседних стеллажах и их пере-

мещение в задействованные стеллажи не должны превышать времени на подвоз запасных частей со склада снабжения. Опрос автоматизированных стеллажей программным комплексом удаленного терминала происходит каждые 30 с.

Программное обеспечение терминала может быть эффективно интегрировано в применяемую автоматизированную систему управления склада. Информация о занятости ячеек посредством коротких сообщений также передается в мобильное устройство. Оно позволяет принимать сигнал от терминала и интерпретировать его с выводом готовой информации об укомплектовании запасными частями ближайших стеллажей. Использование такого устройства позволяет упростить поиск требуемых запчастей за счет определения местоположения укомплектованных стеллажей в реальном времени.

Предлагаемая автоматизированная система поиска и хранения запасных частей обеспечивает:

- высокий отклик в поиске требуемых деталей с укомплектованных парковых стеллажей;
- анализ текущей загрузки автоматизированных стеллажей и прогнозирование расхода запчастей на каждом стеллаже;
- эффективное распределение запасных частей в условиях оперативной работы между стеллажами рабочей группы;
- выявление критического остатка и резерва запчастей на стеллажах.

Для оценки эффективности применения рассматриваемой системы может быть введен комплексный критерий KI , состоящий из подкритериев $KI_{\text{ваг}}$, $KI_{\text{ст}}$, $KI_{\text{скл}}$, $KI_{\text{му}}$, $KI_{\text{жд}}$. Их выбор включает в себя меры оценки. Структурная схема расположения критериев показана на рис. 6.

Разработанные критерии позволяют оценить эффективность применения автоматизированной системы управления по шкале от 0 до 1 [7]. Чем выше значение, тем лучше внедрение. Комплексный критерий может быть записан в виде:

$$KI = (KI_{\text{ваг}} f_{\text{ваг}} + KI_{\text{ст}} f_{\text{ст}} + KI_{\text{скл}} f_{\text{скл}} + KI_{\text{му}} f_{\text{му}} + KI_{\text{жд}} f_{\text{жд}}),$$

где $KI_{\text{ваг}}$ — определяет количественные и качественные характеристики вагонов. Этот показатель основан на учете плана перевозок вагонов и показателей их безотказной работы:

$$KI_{\text{ваг}} = (KM_{\text{ваг}} d_{\text{ваг}1} + KM_{\text{ваг}} d_{\text{ваг}2} + KM_{\text{ваг}} d_{\text{ваг}3}),$$

при этом должно соблюдаться условие:

$$\begin{cases} d_{\text{ваг}1} + d_{\text{ваг}2} + d_{\text{ваг}3} = 1 \\ 0 \leq d_{\text{ваг}1}, d_{\text{ваг}2}, d_{\text{ваг}3} \leq 1 \end{cases},$$

где $KI_{\text{ст}}$ — определяет эффективность применения автоматизированных стеллажей в зависимости от технической конфигурации компонентов, определяющих нормальную работу стеллажей. Этот показатель взвешивается в том числе и количеством автоматизированных стеллажей, используемых в работе:

$$KI_{\text{ст}} = (KM_{\text{ст}} d_{\text{ст}1} + KM_{\text{ст}} d_{\text{ст}2} + KM_{\text{ст}} d_{\text{ст}3} + KM_{\text{ст}} d_{\text{ст}4} + KM_{\text{ст}} d_{\text{ст}5}),$$

при этом должно соблюдаться условие:

$$\begin{cases} d_{\text{ст}1} + d_{\text{ст}2} + d_{\text{ст}3} + d_{\text{ст}4} + d_{\text{ст}5} = 1 \\ 0 \leq d_{\text{ст}1}, d_{\text{ст}2}, d_{\text{ст}3}, d_{\text{ст}4}, d_{\text{ст}5} \leq 1 \end{cases},$$

где $KI_{\text{скл}}$ — определяет эффективность взаимодействия автоматизированных стеллажей со складом снабжения. Этот показатель зависит от скорости и стабильности передачи информации между стеллажами и складом. Эффективная передача

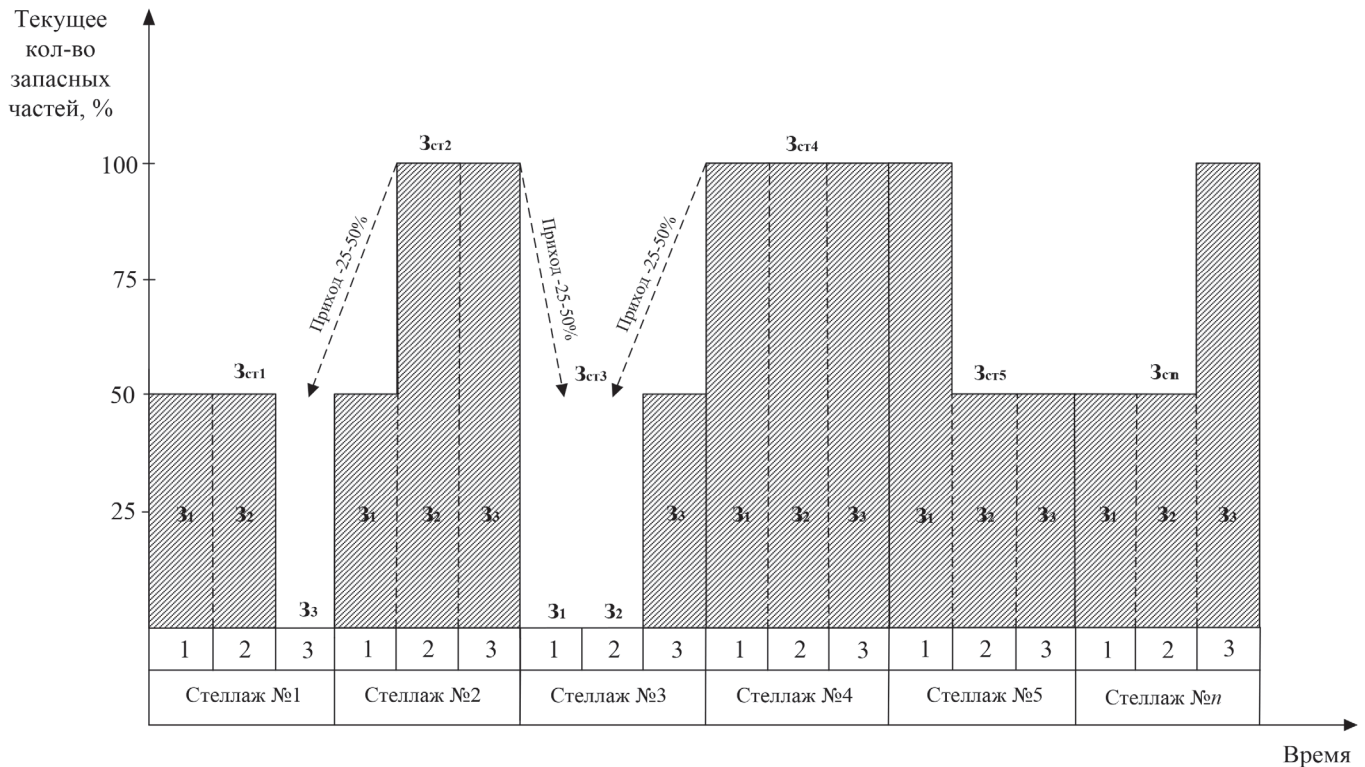


Рис. 5. График текущей загрузки автоматизированных стеллажей от времени

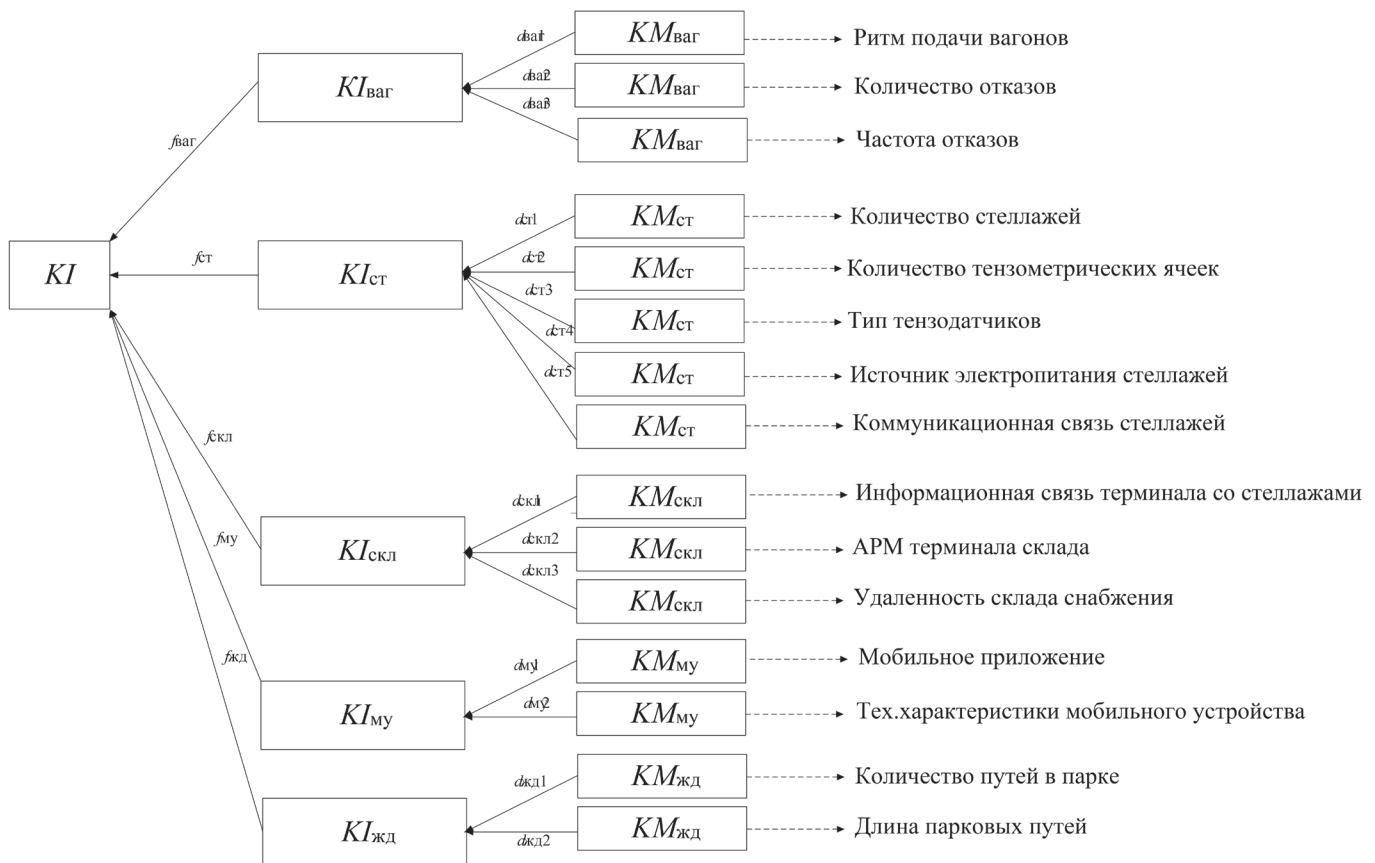


Рис. 6. Структурная схема критериев, влияющих на эффективность использования автоматизированной системы управления и учета запасных частей

ча данных обусловлена множеством факторов, включая тип используемых сетей и программно-го обеспечения:

$$KI_{скл} = (KM_{скл1}d_{скл1} + KM_{скл2}d_{скл2} + KM_{скл3}d_{скл3}),$$

при этом должно соблюдаться условие:

$$\begin{cases} d_{скл1} + d_{скл2} + d_{скл3} = 1 \\ 0 \leq d_{скл1}, d_{скл2}, d_{скл3} \leq 1 \end{cases},$$

где $KM_{му}$ — определяет быстроедействие мобильного устройства и визуализацию информации о наличии запасных частей на стеллажах, объединенных в единую информационную сеть:

$$KI_{му} = (KM_{му1}d_{му1} + KM_{му2}d_{му2}),$$

при этом должно соблюдаться условие:

$$\begin{cases} d_{му1} + d_{му2} = 1 \\ 0 \leq d_{му1}, d_{му2} \leq 1 \end{cases},$$

где $KI_{жд}$ — определяет зависимость железно-дорожных путей от количества и расположе-

ния автоматизированных стеллажей в парке станций. Этот показатель зависит от технико-эксплуатационных характеристик путей:

$$KI_{\text{жд}} = (KM_{\text{жд}} d_{\text{жд1}} + FM_{\text{жд}} d_{\text{жд2}}),$$

при этом должно соблюдаться условие:

$$\begin{cases} d_{\text{жд1}} + d_{\text{жд2}} = 1 \\ 0 \leq d_{\text{жд1}}, d_{\text{жд2}} \leq 1 \end{cases}.$$

Выбор этих подкритериев и включение в себя меры оценки. Как показатели, так и подкритерии, требуют определения их веса при оценке, который может быть определен с помощью опросов или интервью с экспертами.

Таким образом, предложенная автоматизированная система управления и учета запасных частей может быть использована не только для технического обслуживания грузовых вагонов на крупных станциях, но и на других объектах железнодорожной инфраструктуры (грузовые дворы, контейнерные площадки, пункты подготовки вагонов под погрузку), на которых необходимо улучшить организацию логистики запасных частей в реальном времени.

Внедрение такой автоматизированной адресной системы позволит ускорить

поиск и инвентаризацию комплектующих, упростить учет операций по подбору и сортировке запчастей на участках хранения, сократить риск ошибок, проводить анализ текущей загруженности стеллажей и оборот запасных частей, снизить потери, связанные с обработкой запросов на поиск деталей с требуемыми параметрами.

Оценка эффективности автоматизированной системы управления и учета запасных частей взвешивается на основании разработанного комплексного критерия методом экспертного анализа.

Источники

1. Гумберг Н. С. О проектировании информационной системы складской логистики с использованием RFID-меток // Наука и бизнес: пути развития. 2023. № 8(146). С. 61–63. EDN: GPZEBV.
2. Карякин А. Т., Жантуева А. В. Особенности использования в складской логистике rfid-технологий // Московский экономический журнал. 2021. № 4. DOI: 10.24411/2413-046X-2021-10251. EDN: XGLYWI.
3. Automated Storage and Retrieval System. URL: <https://modula.us/blog/automated-storage-retrieval-system/> (дата обращения: 15.12.2024).

automated-storage-retrieval-system/ (дата обращения: 15.12.2024).

4. Спешилова И. В. Эволюция логистики и цепей поставок в условиях цифровой парадигмы // Научное обозрение: теория и практика. 2024. Т. 14. № 1(101). С. 95–105. DOI: 10.26088/2226-0226-2024-14-1-95-105. EDN: WGYHUI.
5. Патент RU 2778490 C2. Автоматизированный комплекс стеллажей для хранения и учета запасных частей / Г. Г. Киселев, А. В. Ключанов. Заявл. 06.08.2019. Опубл. 22.08.2022. EDN: FOOQFR.
6. Левченко Д. А., Ключанов А. В. Автоматизированное адресное хранение и учет запасных частей на объектах железнодорожного транспорта // Дни студенческой науки: Сборник материалов 50-й научной конференции обучающихся СамГУПС, посвященной 50-летию СамГУПС, 4–28 апреля 2023 г., Самара, Россия. Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2023. Т. 1. Вып. 24. С. 45–47. EDN: ZHIQNH.
7. Демин В. А. Критерии эффективности транспортно-логистических систем // Мир транспорта. 2021. Т. 16. № 5 (78). С. 192–198. EDN: YNQNVB.



Общероссийская общественная организация РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА

Академия включает
48 РЕГИОНАЛЬНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ

ДАТА ОСНОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
ТРАНСПОРТА:

26 июня 1991 года



Президент Академии:
Д.Т.Н.
АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВИЧ МИШАРИН

СОСТАВ АКАДЕМИИ В 2023 ГОДУ

> **680 УЧЕНЫХ-ТРАНСПОРТНИКОВ:**

170 ДОКТОРОВ НАУК

510 КАНДИДАТОВ НАУК

260 ПОЧЕТНЫХ ЧЛЕНОВ РАТ

