

УДК 621.867

**К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ
ЭКСПЛУАТАЦИИ ТОННЕЛЬНЫХ ЭСКАЛАТОРОВ МЕТРОПОЛИТЕНА.
ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО
ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА
ЭСКАЛАТОРНОГО ХОЗЯЙСТВА МЕТРОПОЛИТЕНА**

Еланцев В.В.

*Петербургский государственный университет путей сообщения им. Александра I,
Санкт-Петербург, e-mail: evv3012@gmail.com*

Целью данной работы является рассмотрение исторической ретроспективы формирования системы технического обслуживания и ремонта эскалаторного хозяйства метрополитена. На основе анализа рассмотренной ретроспективы обозначить возможные точки приложения современных решений в области технического обслуживания и ремонта с целью повышения эффективности и безопасности эксплуатации тоннельных эскалаторов метрополитена. Намечить возможные способы повышения достоверности определения текущего и прогнозного технического состояния элементов подсистем эскалатора. В качестве метода исследования в статье выступает сравнение существующей структуры работ из состава системы технического обслуживания и ремонта со структурой работ, преобразованной посредством внедрения информационного пространства, в которое интегрированы элементами искусственного интеллекта с использованием теории нечетких множеств. Практическая значимость настоящей работы заключается в определении базовых принципов построения системы технического обслуживания и ремонта эскалаторного хозяйства метрополитена. Предлагаемые в данной статье решения позволят осуществить постепенное внедрение в обозначенные точки структуры работ современные методологические подходы к организации технического обслуживания и ремонта, позволяющие более рационально распределять выделяемые ресурсы, обеспечивая при этом необходимый уровень безопасности транспортировки пассажиров.

Ключевые слова: эскалатор, информационное пространство, техническое обслуживание и ремонт, управление ресурсами, электронный документооборот

**TO THE QUESTION OF IMPROVEMENT EFFICIENCY AND SAFETY
OPERATION OF UNDERGROUND TUNNEL ESCALATORS. HISTORY
OF UNDERGROUND ESCALATOR MAINTENANCE AND REPAIR SYSTEM**

Elantsev V.V.

*Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University,
Saint Petersburg, e-mail: evv3012@gmail.com*

The purpose of this paper to consider historical retrospective of formation of the underground escalator infrastructure maintenance and repair system. On the basis of the retrospective analysis have to identify the possible application points of modern solutions in the field of maintenance and repair for increase efficiency and safety of operation of underground escalators. To indicate possible ways to increase the reliability of determining the current and predicted technical state of escalator subsystem elements. As a method of research, the article uses a comparison of the existing structure of works from the maintenance and repair system, with the structure of works transformed by the means of implementation of information space into which are integrated by elements of artificial intelligence using the fuzzy sets theory. The practical significance of this work is define the basic creating principles of maintenance and repair system of the escalator department of the metro. The solutions proposed in this article will allow the gradual introduction of modern methodological approaches to the organization of maintenance and repair into the designated points of the work structure, allowing for more rational allocation of allocated resources, while ensuring the necessary safety level of passenger transportation.

Keywords: escalator, information space, maintenance and repair system, resource management, electronic workflows

В текущих условиях постоянно изменяющейся экономической обстановки ключевой характеристикой любого предприятия является способность сбалансированно маневрировать в ситуации постоянного дефицита материальных, трудовых и организационных ресурсов.

Среди предприятий городской общественной транспортной инфраструктуры на метрополитен приходится значительная часть постоянно увеличивающегося пассажиропотока, что обостряет вопрос поиска

баланса при управлении выделяемым ресурсам на развитие и поддержание штатной работы всех подразделений. Из всей инфраструктуры метрополитена, в силу специфики расположения, особое значение имеет эскалаторное хозяйство.

Сегодня эскалаторный парк ГУП «Петербургский метрополитен» насчитывает 301 эскалатор. Для поддержания эскалаторного хозяйства в безопасном работоспособном состоянии используется система технического обслуживания и ремонта

(далее – ТОиР) в основу которой были положены результаты крупномасштабных фундаментальных исследований в области организации ТОиР эскалаторного хозяйства под эгидой Главметрополитена СССР. Исследования проводились с конца 70-х по начало 90-х годов XX века в рамках государственного заказа, реализуемого коллективом кафедры «Строительно-дорожные машины» Ленинградского института инженеров железнодорожного транспорта им. ак. В.Н. Образцова.

История вопроса

За пятнадцатилетний период коллектив кафедры выполнил всесторонний анализ вопроса построения оптимальной системы ТОиР эскалаторного хозяйства метрополитена с учётом развития науки и техники на тот момент времени.

Основные результаты исследований кафедры, позволяющие определить базовые принципы построения системы ТОиР эскалаторного хозяйства метрополитена, представлены в таблице.

Результаты исследований

№ п/п	Год работы	Основные результаты исследования
1	1978 [1]	– Выполнен анализ опыта эскалаторостроения. – Разработана организационная структура эскалаторного хозяйства Главметрополитена. – Разработаны методические основы подбора комплекта технических средств для выполнения технического воздействия и его основные показатели.
2	1979 [2]	– Выполнен патентный поиск технических решений ТОиР. – Разработаны технологические карты необходимых работ.
3	1980 [3]	– Сформированы исходные данные для построения оптимальной структуры ТОиР. – Сформирован перечень факторов, влияющих на периодичность ТОиР. – Описаны основные мероприятия системы планово-предупредительных работ.
4	1981 [4]	– Выполнен анализ работ, необходимых для устранения отказа. – Определен количественный и качественный анализ необходимых запасных частей (далее – ЗПЧ).
5	1982 [5]	– Определены параметры потока требований. – Построена графическая гипотетическая модель процесса появления отказа. – Приведены данные о наработке среднестатистического эскалатора до планового обслуживания или ремонта. – Выполнен расчет потока требования ЗПЧ, норм количества деталей для эскалаторов, общей потребности в ЗПЧ для обеспечения ТОиР эскалаторного хозяйства в год в стоимостном выражении. – Определены числовые значения коэффициентов нагрузки для различных станций. – Выполнена классификация станций в зависимости от пассажиропотока.
6	1986 [6]	– Установлено распределение видов отказов в следующей пропорции: 2% – непредвиденные отказы и 98% – прогнозируемые отказы. – Сформулированы стержневые работы и основные требования к ним. – Описана схема группировки единичных работ в виды технического обслуживания. – Установлена закономерность распределения трудоемкости работ. – Описан состав ремонтных бригад и состав комплекта технических средств, оснастки и инструмента, необходимого для выполнения работ. – Выполнен расчет хранящегося на станции неснижаемого запаса сборочных единиц, деталей и материала, предназначенных для устранения и предупреждения отказов. – Выполнен расчёт количественного состава отдельных сборочных единиц и деталей.
7	1986 [7]	– Проведена количественная оценка эскалаторного парка типа ЭТ Московского метрополитена и качественный анализ условий их работ. – Выполнена систематизация и классификация причин отказов эскалаторов типа ЭТ и расхода их технического ресурса. – Предложен теоретический метод определения периода выполнения КР эскалаторов типа ЭТ. – Определено ориентировочное значение межремонтной наработки, равное 135 тыс. км.
8	1987 [8]	– Установлены причины снижения межремонтной наработки эскалаторов типа ЭТ, эксплуатируемых на Ленинградском метрополитене. – Установлена доля отказов, приходящихся на основные элементы эскалатора. – Установлены основные факторы расхода технического ресурса эскалаторов типа ЭТ. – Установлен оптимальный интервал межремонтного пробега эскалатора, равный 132,9 тыс. км.

Окончание таблицы		
№ п/п	Год работы	Основные результаты исследования
9	1988 [9]	<ul style="list-style-type: none"> – Выполнена оптимизация параметров технологического процесса капитального ремонта эскалаторов типа ЛТ-2 и ЭТ-2. – Определены основные лимитирующие факторы оптимизации выполнения работ. – Предложена математическая модель связи срока простоя эскалатора в КР со значениями рассмотренных факторов. – Установлено, что значительная доля трудоёмкости всех работ приходится на демонтаж-но-монтажные и ремонтные работы, а из элементов – на ступени и направляющие. – Установлено среднее значение простоя при КР: для эскалаторов типа ЛТ-2 составляет 60 кал. дней (20 712 н/часов), для эскалаторов типа ЭТ-2 составляет 79 кал. дней (27 237 н/часов). – Рассчитан экономический ущерб от простоя эскалатора в ремонте в течение одних суток.
10	1991 [10]	<ul style="list-style-type: none"> – Определены факторы, влияющие на расход ЗПЧ и агрегатов. – Описаны теоретические нормы расхода ЗПЧ на основе их срока службы.
11	1991 [11]	<ul style="list-style-type: none"> – Разработаны рекомендации по составу комплекта технологических средств для выполнения ТО эскалаторов метрополитена. – Описаны преимущества бригадной организации труда при выполнении технического воздействия и расчет ее численности. – Сформирован комплект технических средств для выполнения ТО эскалатора.



Рис. 1. Структура системы ТОиР

Заложенные в исследованиях кафедры базовые принципы построения системы ТОиР реализуются и сегодня в нормативных документах ГУП «Петербургский метрополитен».

В соответствии с руководством по ремонту эскалаторов и инструкцией по техническому обслуживанию эскалаторов существующая система ТОиР имеет вид, представленный на рис. 1.

Согласно [12] в состав технического обслуживания входят: ежемесячное техническое обслуживание (ЕТО – раз в смену

(сутки)); техническое обслуживание объёма 1 (ТО-1 – 1 раз в 10 дней); техническое обслуживание объёма 2 (ТО-2 – 1 раз в месяц); техническое обслуживание объёма 3 (ТО-3 – 1 раз в 3 месяца); техническое обслуживание объёма 4 (ТО-4 – 1 раз в 6 месяцев); техническое обслуживание объёма 5 (ТО-5 – 1 раз в год).

На основе вышеописанных временных интервалов формируется годовой план планово-предупредительных работ, приведённый на рис. 2.

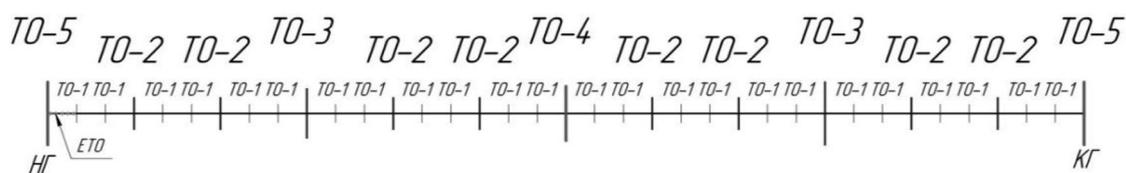


Рис. 2. Циклограмма обслуживания эскалаторов

В свою очередь, согласно [13], ремонтные работы на эскалаторе подразделяются на текущий, средний, капитальный (двух объёмов). Под ремонтными работами на эскалаторе понимается комплекс мероприятий по устранению неисправности и восстановлению работоспособности. В объём регламентных работ при среднем и капитальном ремонте на основе расчётного остаточного ресурса могут быть включены дополнительные сборочные единицы и узлы эскалатора. Восстановление ресурса узлов и деталей, состояние которых на момент проведения предремонтной дефектации не соответствует требованиям нормативно-технической документации и конструкторской документации, также может быть включено в объёмы предстоящих ремонтных работ.

Каждая работа из состава системы, представленной на рис. 1, включает подготовительные организационно-технические мероприятия (этап 1), основные мероприятия (этап 2) и заключительные мероприятия (этап 3), последовательность которых представлена на рис. 3.

Рассмотренная на рис. 1–3 система является системой планово-предупредительных работ (далее – ППР) – статичной структурой, при которой все мероприятия строго определяются параметром «времени/наработки».

Основными достоинствами существующей системы ТОиР являются чёткость и прогнозируемость ремонтных горизонтов, позволяющие своевременно подготовить материально-техническую базу, персонал и бюджет для проведения предстоящих работ.

Однако существующая система имеет и ряд существенных недостатков: установленные ремонтные интервалы зачастую опережают эксплуатационные показатели для проведения работ, оказывая избыточное воздействие, нарушающее нормальную (штатную) работу оборудования, способствуя неэффективному использованию финансовых, трудовых и материально-технических ресурсов; не существует адекватной обратной связи между проведенными

мероприятиями, фактическим техническим состоянием и планируемым; в ряде случаев по объективным и субъективным причинам заносимая в бумажные журналы информация может не соответствовать действительности, что затрудняет как экономическую, так и техническую оценку проведенных ремонтно-ревизионных мероприятий. В связи с чем снижается общая эффективность всей системы ТОиР.

Перечисленные недостатки являются следствием отсутствия современных методов диагностики и мониторинга состояния систем эскалатора, позволяющих оценивать правильность принятых краткосрочных решений и производить коррекцию (поэлементную диверсификацию) существующей стратегии ТОиР в целом, а также следствием отсутствия современных механизмов формирования, обогащения и обработки информационных потоков, позволяющих оптимально использовать и распределять имеющиеся ресурсы для обеспечения эффективной и безопасной эксплуатации тоннельных эскалаторов метрополитена.

Точки приложения новых решений

С учетом вышеперечисленных недостатков, а также обобщенного представления о структуре работ существующей системы ТОиР, сформулируем точки приложения современных решений. В качестве таких точек предлагается использовать входы/выходы каждого из этапов работ, представленных на рис. 3.

Результатом применения современных решений на входах/выходах каждого из этапов работ является преобразованная структура работ, представленная на рис. 4.

Предложенная на рис. 4 структура работ основана на описанной в работе [14] современной концепции информационного пространства, включающего электронный документооборот.

В качестве базовых компонентов предлагаемого информационного пространства выступают механизм преобразования информационного потока и модель комплексного электронного документа (наряда-допуска), рассмотренные в работе [15].

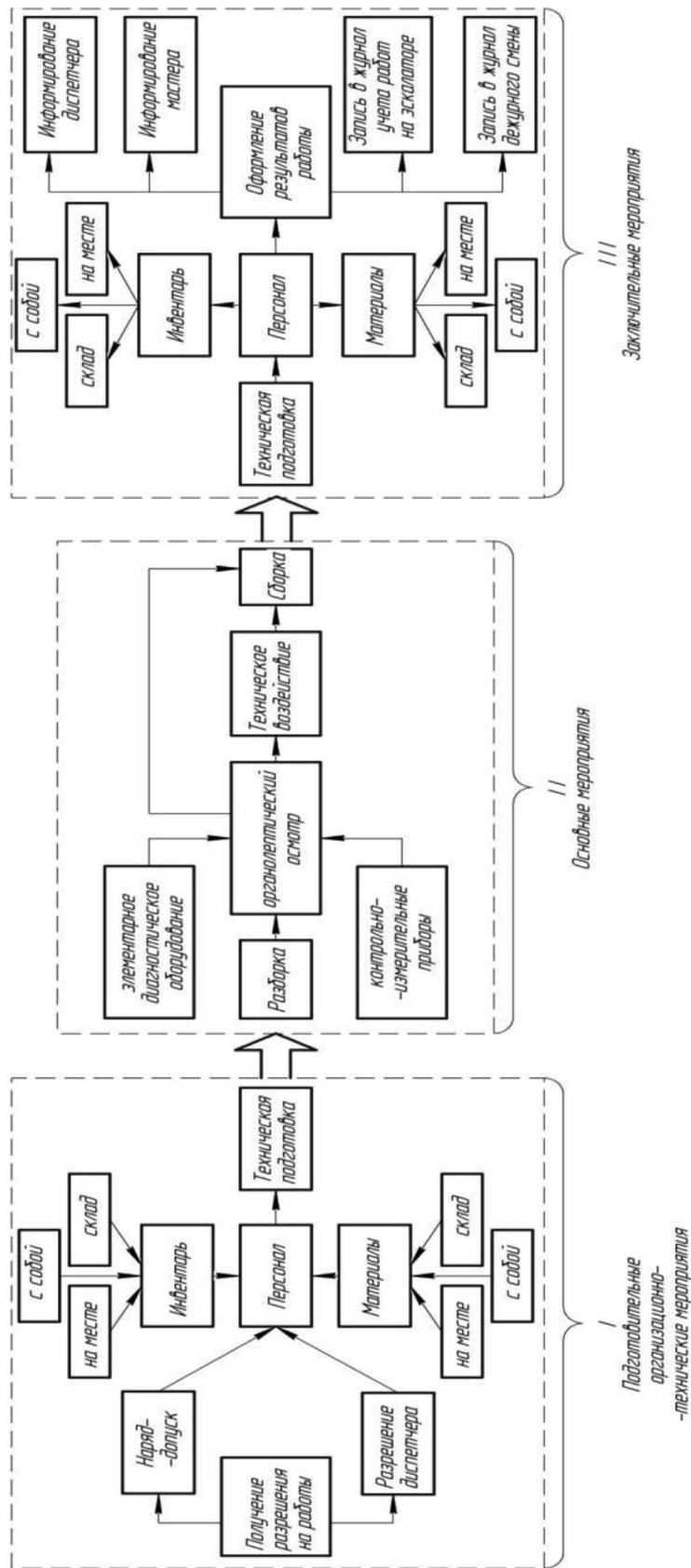


Рис. 3. Структура работ

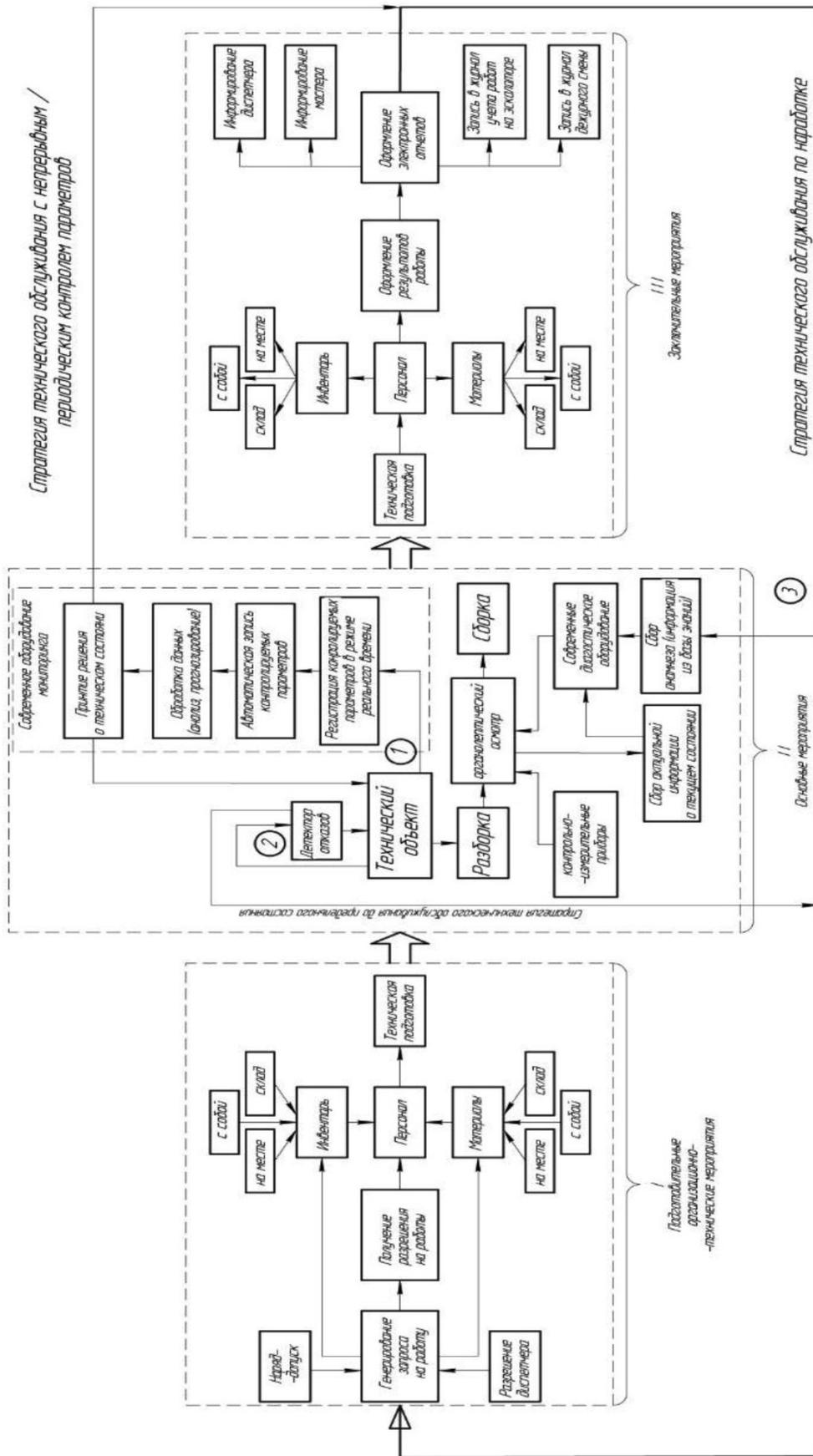


Рис. 4. Преобразованная структура работ

Заключение

Ретроспективный анализ ранее выполненных научных исследований демонстрирует достаточную проработку основных принципов, положенных в базис системы ТОиР эскалаторного хозяйства ГУП «Петербургский метрополитен». Вместе с тем в связи с длительным отсутствием прикладных исследований, направленных на совершенствование системы ТОиР, сейчас наблюдается некоторое отставание в существующих стратегических целях и тактических задачах, решаемых ГУП «Петербургский метрополитен», от реальный постоянно меняющейся социально-экономической ситуации в городской агломерации.

Для обеспечения более гибкого подхода, отвечающего современным реалиям, в структуру работ системы ТОиР эскалаторного хозяйства предлагается внедрить средства комплексной компьютеризации информационных потоков от элемента подсистемы эскалатора к оператору (лицу, принимающему решение) и обратно, через создание информационного пространства и интегрированного в него специализированного электронного документооборота. Создаваемое единое информационное пространство способно обеспечить более эффективные обратные связи на каждом этапе преобразованной структуры работ системы ТОиР, позволяя получить постоянно накапливаемые (обновляемые) знания о текущем состоянии эскалатора, формируя наиболее оптимальные и актуальные управленческие решения, актуальный и эффективный бюджет для эксплуатации эскалатора, в достаточном количестве и с требуемым уровнем квалификации эксплуатационный персонал, а также необходимый и достаточный объем материально-технического снабжения.

Перечисленные преимущества позволяют перевести системы эскалатора на более высокий уровень культуры эксплуатации, с поддержанием необходимой и достаточной безопасности перевозки пассажиров.

Список литературы

1. Разработка системы ремонта и обслуживания эскалаторного хозяйства: отчет о НИР (промежуточ.): Том № 1 / ЛИИЖТ; рук. А.В. Каракулев; исполн.: коллект. авторов. Л., 1978. Инв. № С21961р-1.
2. Разработка системы ремонта и обслуживания эскалаторного хозяйства: отчет о НИР (промежуточ.): Том № 2 / ЛИИЖТ; рук. А.В. Каракулев; исполн.: коллект. авторов. Л., 1979. Инв. № С21961р-2.
3. Разработка системы ремонта и обслуживания эскалаторного хозяйства: отчет о НИР (промежуточ.): Том № 3 / ЛИИЖТ; рук. А.В. Каракулев; исполн.: коллект. авторов. Л., 1980. Инв. № С21961р-3.
4. Разработка системы ремонта и обслуживания эскалаторного хозяйства: отчет о НИР (промежуточ.): Том № 4 / ЛИИЖТ; рук. А.В. Каракулев; исполн.: коллект. авторов. Л., 1981. Инв. № С21961р-4.
5. Разработка системы ремонта и обслуживания эскалаторного хозяйства: отчет о НИР (заключ.): Том № 5 / ЛИИЖТ; рук. А.В. Каракулев; исполн.: коллект. авторов. Л., 1982. Инв. № С21961р-5.
6. Определение норм расхода запасных частей для эскалаторов метрополитена: отчет о НИР (заключ.): / ЛИИЖТ; рук. А.В. Каракулев; исполн.: коллект. авторов. Л., 1986. Инв. № С20286р.
7. Организация и технология технического обслуживания и ремонта эскалаторов: отчет о НИР (заключ.): / ЛИИЖТ; рук. А.В. Каракулев; исполн.: коллект. авторов. Л., 1986. Инв. № С24035р.
8. Исследование и разработка норм межремонтного пробега эскалаторов типа ЭТ: отчет о НИР (промежуточ.): Часть 1 / ЛИИЖТ; рук. А.В. Каракулев; исполн.: коллект. авторов. Л., 1987. Инв. № С24359р.
9. Разработка норм межремонтного пробега эскалаторов типа ЭТ: отчет о НИР (промежуточ.): Часть 2 / ЛИИЖТ; рук. А.В. Каракулев; исполн.: коллект. авторов. Л., 1988. Инв. № С24362р.
10. Оптимизация параметров технологического процесса капитального ремонта эскалатора типа ЛТ-2, ЭТ-2 в условиях объединенных мастерских метрополитена: отчет о НИР (промежуточ.): / ЛИИЖТ; рук. А.В. Каракулев; исполн.: коллект. авторов. Л., 1991. Инв. № С26346р.
11. Разработка рекомендаций по составу комплекта технологических средств для выполнения технического обслуживания эскалаторов метрополитена: отчет о НИР (промежуточ.): / ЛИИЖТ; рук. А.В. Каракулев; исполн.: коллект. авторов. Л., 1991. Инв. № С23194р-5.
12. Инструкция по техническому обслуживанию эскалаторов типа ЭТ-2, ЭТ-2М, ЭТ-3. СПб.: ГУП «Петербургский метрополитен», 2005. 169 с.
13. Руководство по ремонту эскалаторов: РР-ЭМ 002-17. СПб.: ГУП «Петербургский метрополитен», 2017. 96 с.
14. Еланцев В.В. К вопросу о повышении эффективности и безопасности тоннельных эскалаторов. Информационный комплекс оперативного мониторинга состояния эскалатора // Инновационные внедрения в области технических наук: сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-практ. конф. № 5 (Москва, 25 января 2020 г.). Нижний Новгород: Изд-во Ареал, 2020. С. 10–16.
15. Еланцев В.В. К вопросу повышения эффективности и безопасности эксплуатации тоннельных эскалаторов метрополитена. Механизмы управления ресурсами // Вопросы современных технических наук: свежий взгляд и новые решения: сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-практ. конф. № 7 (Екатеринбург, 11 марта 2020 г.). Нижний Новгород: Изд-во Ареал, 2020. С. 19–26.