

DOI: <https://doi.org/10.17816/2074-0530-492274>

Оригинальное исследование



# К вопросу повышения эффективности и безопасности эксплуатации тоннельных эскалаторов метрополитена. Адаптация процессов планирования и контроля

В.А. Попов, В.В. Еланцев

Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I, Санкт-Петербург, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Темпы развития транспортной системы, несоответствующие текущим требованиям города, являются значимым препятствием на пути достижения целевых показателей деловой активности и качества жизни. Одним из основных показателей качества жизни в современном мегаполисе является удовлетворённость городским пассажирским транспортом общего пользования. Системообразующим видом городского пассажирского транспорта общего пользования Санкт-Петербурга является метрополитен, показателями эффективности которого являются процент выполнения графика движения поездов и выполнение графика работы станций. Однако, дотационный характер финансирования и требование надлежащего исполнения установленных показателей эффективности обязывают ГУП «Петербургский метрополитен» проводить поиск на базе современных информационных технологий новых способов адаптации процессов планирования и контроля для управления имеющимися ресурсами, обеспечивающие поддержание в работоспособном состоянии стареющую инфраструктуру и снижение себестоимости.

**Цель работы** — установление укрупнённого аппаратного состава и базового конструктивного решения необходимых для разворачивания программного обеспечения для планирования и контроля проведения технического обслуживания и ремонта эскалаторного хозяйства метрополитена. Объект исследования — эскалаторное хозяйство метрополитена. Предмет — автоматизация системы технического обслуживания и ремонта.

**Материалы и методы.** В первой части работы в результате статистического обобщения и сопоставления однородных данных из годовых отчётных материалов ГУП «Петербургский метрополитен», сведённых в табличную форму, а также анализа качественных и количественных характеристик эскалаторного парка, с учетом информации об истории формирования системы технического обслуживания и ремонта было сформулировано утверждение о наличии взаимосвязи между изменениями происходящими в транспортной системе города и потребностью адаптации процессов планирование и контроля работ из состава системы технического обслуживания и ремонта эскалаторного хозяйства. Во второй части на основе анализа нормативной базы и требований к проектированию центров обработки данных был установлен основной конструктивный элемент для реализации устройства планирования и контроля проведения технического обслуживания и ремонта эскалаторного хозяйства метрополитена.

**Результаты.** Теоретически значимым результатом работы является установленная взаимосвязь изменений, проводимых на уровне транспортной системы города и потребности в изменении системы технического обслуживания и ремонта эскалаторного хозяйства метрополитена для достижения комплексного развития транспортной системы. В свою очередь, рассмотренный в работе базовый состав аппаратно-программного комплекса, основным конструктивным элементом которого является система изоляции коридоров, реализующий инструмент адаптации процессов планирование и контроля работ, имеет существенное значение для практического применения.

**Заключение.** Конструкция и оборудование аппаратно-программного комплекса, а также установленное на нем программное обеспечение мониторинга, планирования и контроля работ, обеспечивающих/не обеспечивающих исполнение показателей эффективности, дают возможность перевести части инфраструктуры с системы технического обслуживания и ремонта по наработке на систему по состоянию.

**Ключевые слова:** эскалатор; показатели эффективности; общественный транспорт; система изоляции коридоров; техническое обслуживание и ремонт.

## Как цитировать:

Попов В.А., Еланцев В.В. К вопросу повышения эффективности и безопасности эксплуатации тоннельных эскалаторов метрополитена. Адаптация процессов планирования и контроля // Известия МГТУ «МАМИ». 2023. Т. 17, № 3. С. 305–319. DOI: <https://doi.org/10.17816/2074-0530-492274>

Рукопись получена: 23.05.2023

Рукопись одобрена: 30.08.2023

Опубликована онлайн: 07.10.2023

DOI: <https://doi.org/10.17816/2074-0530-492274>

Original study article

# On the improvement efficiency and safety of operation of underground tunnel escalators. Adaptation of processes of planning and control

Valery A. Popov, Valentin V. Elantsev

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint Petersburg, Russian Federation

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** The pace of transport system development not corresponding to current demands of a town is a significant obstacle on the way of achieving target values of business activity and quality of life. One of the main indicators of quality of life in a modern large city is satisfaction with city public transport. The backbone mean of public transport in Saint Petersburg is underground which efficiency indicators are share of accomplishment of train schedule and accomplishment of stations' operation schedule. However, funding based on subsidies and requirement of proper fulfillment of given efficiency indicators make the Petersburg Underground SUE look for new ways of adaptation of planning and control processes for managing available resources ensuring keeping outdated infrastructure operable and cost reduction based on state-of-the-art informational technologies.

**AIMS:** Establishment of enlarged hardware facility and basic structural solution necessary for unrolling software for planning and control of maintenance of the underground's escalator park. The study object is the underground's escalator park; the study subject is automation of maintenance system.

**METHODS:** In the first part of the paper, as a result of statistical compilation and comparison of homogeneous data from annual reports of the Petersburg Underground SUE in the tabular form as well as analysis of qualitative and quantitative indicators of the escalator park considering the information on the history of maintenance system formation, the statement was made about existence of interaction between the changes taking place in the city transport system and demands of adaptation of processes of planning and control of operations in the escalator park maintenance system. In the second part of the paper, on the basis of analysis of regulatory framework and requirements to development of data processing centers, the main structural element for implementation of facility of planning and control of performing the underground's escalator park maintenance was established.

**RESULTS:** The theoretically valuable result of the study is the found interaction between changes taking place at the level of the city transport system and demands in changing the underground's escalator park maintenance system for achieving the comprehensive evolution of the transport system. Meanwhile, the basic structure of the hardware-software facility, main structural element of which is the corridor isolation system implementing the tool of adaptation of processes of planning and control the operation, is significantly valuable for practical use.

**CONCLUSIONS:** Structure and equipment of the hardware-software facility as well as the installed software for monitoring, planning and control of the operations ensuring/not ensuring fulfillment the efficiency indicators give the opportunity to transfer the infrastructure parts from the running hours-based maintenance system to the state-based maintenance system.

**Keywords:** escalator; efficiency indicators; public transport; corridor isolation system; maintenance.

## To cite this article:

Popov VA, Elantsev VV. On the improvement efficiency and safety of operation of underground tunnel escalators. Adaptation of processes of planning and control. *Izvestiya MGTU «MAMI»*. 2023;17(3):305–319. DOI: <https://doi.org/10.17816/2074-0530-492274>

Received: 23.05.2023

Accepted: 30.08.2023

Published online: 07.10.2023

## ВВЕДЕНИЕ

Сбалансированное и эффективное развитие транспортной системы современного города — фактор роста общественной, экономической и инвестиционной активности в том числе за счет повышения мобильности населения.

Среди городов России ориентиром по темпам развития транспортной инфраструктуры, обеспечивающих мобильность населения, является Москва. На ее фоне развитие транспортной системы Санкт-Петербурга, второго по численности населения города России, демонстрирует значительное отставание, к основным причинам которого относятся [1]:

- расположение на многочисленных островах в дельте реки Невы, в месте ее впадения в Финский залив, требующее многочисленных искусственных дорожных и берегозащитных сооружений (среди которых мостов — 437, включая 18 разводных; путепроводов — 70; тоннелей — 53 (среди которых транспортных — 15); набережных протяженностью 162,8 км и пр.);
- комбинированная планировочная структура улично-дорожной сети, включающая элементы схем различного геометрического начертания: прямоугольное, радиально-дуговое, лучевое, секущее, свободная планировка;
- недостаток магистралей скоростного и непрерывного движения (опорной сети) для формирования транспортного каркаса;
- низкая плотность улично-дорожной сети (2,41 км/кв) и протяженности общей сети рельсового или иного внеуличного городского пассажирского транспорта (0,19 км/кв. км или 0,27 км на 1 млн жителей);
- перегруженность транспортом из-за роста автомобилизации и транзитных потоков, и, как следствие, перенасыщение припаркованными автомобилями;
- разница в объемах бюджетных ассигнований.

В свою очередь, замедленное развитие на фоне роста спроса на перевозки со стороны населения, особенно на новых территориях градостроительного освоения, и бизнеса ухудшает условия движения и снижает уровень безопасности транспортной деятельности, и как следствие, снижает качество жизни населения. Поэтому для нивелирования описанных выше причин, в рамках национальных проектов [2], а также целевых адресных государственных программ [3], реализуются различные системные мероприятия по организации мультимодальных перевозок в том числе для замещения личного транспорта общественным пассажирским. При этом пассажирский транспорт по объему и качеству перевозок, параметрам безопасности, а также по экологическим показателям не удовлетворяет потребностям жителей (на 01.01.2022 доля жителей, удовлетворенных качеством обслуживания — 81,3% [1]). Основное ожидание граждан, отвечающее высокому качеству жизни

населения, предъявляемое пассажирскому транспорту заключается в обеспечении приемлемой доступности деловых поездок, за счет большой плотности сети, гарантирующей личную безопасность, защиту окружающей среды и охрану культурного наследия [4].

Согласно принятым программам развития транспортной системы, структурной основой городского пассажирского транспорта общего пользования Санкт-Петербурга является метрополитен, основная задача которого обеспечение магистральных перевозок населения между периферийными районами и центром, а также между районами. В структуре перевозок городским пассажирским транспортом на долю метрополитена приходится около 42% [5], что обусловлено высокой скоростью и частотой движения (метрополитен 32–40 км/час, а автобус/трамвай/троллейбусе не более 15–18 км/час, в часы пик 5–10 км/ч; в часы пик средний интервал движения поездов метрополитена — 2,11 мин), надежностью, большой перевозной способностью (около 400 тыс. пассажиров в час, при максимальной суммарной вместимости подвижного состава 387,1 тыс. мест.), а также относительной приемлемой пешей доступностью, в некоторых районах. На начало 2023 года около 36 % территории плотной застройки (площадь определена без учета акваторий, парков и садов, объектов транспорта и т.п.) находятся в зоне пешеходной доступности станций метрополитена (в центре — 58%, на севере — 24%, на востоке — 23,5%, а на юге только 12,7%). Красносельский, значительная часть Приморского, Красногвардейского, Фрунзенского, Калининского, Выборгского районов Санкт-Петербурга и вовсе не обслуживаются метрополитеном.

Однако, из-за тарифного регулирования Правительством Санкт-Петербурга, использования проездных билетов длительного пользования и льготных проездных билетов, не все затраты метрополитена (доходная ставка на перевозку одного пассажира около 63% [1] от разового тарифа) покрываются доходами от перевозки пассажиров, поэтому бюджет Санкт-Петербурга субсидирует перевозку пассажиров и багажа для ГУП «Петербургский метрополитен». В связи с чем для ГУП «Петербургский метрополитен» главной задачей становится эффективное управление ресурсами для поддержания устойчивого безопасного функционирования через своевременное планирование и контроль замены, ремонта и обслуживание изношенной и выработавшей нормативные сроки службы инфраструктуры. Поэтому авторы, в продолжение цикла статей, посвященного повышению эффективности и безопасности эксплуатации тоннельных эскалаторов метрополитена, определяют в качестве цели работы установление укрупненного аппаратного состава и базового конструктивного решения необходимого для разворачивания программного обеспечения для планирования и контроля проведения технического обслуживания и ремонта эскалаторного хозяйства метрополитена. Таким образом, объект настоящего исследования является

эскалаторное хозяйство метрополитена, а предметом — автоматизация системы технического обслуживания и ремонта.

## 1. ОТ ИЗМЕНЕНИЙ В ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ ГОРОДА К ЭСКАЛАТОРНОМУ ХОЗЯЙСТВУ МЕТРОПОЛИТЕНА

Для повышения качества транспортных услуг и безопасности в 2022 году в несколько этапов Санкт-Петербург перешел на новую модель транспортного обслуживания (НМТО) (произошла транспортная реформа) [6], в результате чего с 15 июля все маршруты наземного пассажирского транспорта стали социальными. А с декабря 2022 года запущено тактовое движение пригородных поездов в направлении Павловска [7], что стало один из первых шагов по интеграции железнодорожного транспорта и городского общественного. Вместе с тем наряду со значительными положительными результатами проводимых изменений прояснились и вопросы, связанные с изолированностью/независимостью развития наземного и внеуличного городского пассажирского транспорта (метрополитена). Так как на фоне реализуемых изменений наблюдается запаздывание темпов ввода новых станций Петербургского метрополитена (с 2020 по 2023 годы отсутствие ввода в эксплуатацию, ввод двух станций и увеличение эксплуатационной длины линий метрополитена на 5,15 км только в 2025 году [1]), а также отсутствие новых транспортно-пересадочных узлов, обеспечивающих непрерывность пассажиропотоков между различными видами городского и пригородного пассажирского транспорта, что способствует увеличению пассажирской нагрузки на имеющуюся транспортную инфраструктуру и ее ускоренному старению.

Далее более подробно рассмотрим возможные причины запаздывания в темпах развития метрополитена.

### 1.1 Особенности на уровне метрополитена

Согласно данным из таблицы 1 за период с 2013 по 2022 годы объем перевозимого метрополитеном пассажиропотока составил от около 772 до около 500 (с учётом противозидемических ограничений) млн. пассажиров в год.

Значительные объёмы перевозимого пассажиропотока объясняются внеуличным расположением станций

глубокого заложения метрополитена, обеспечивающим высокую скорость перемещения из одной части города в другую, в том числе для обслуживания маятниковой миграции населения, проживающего в разных районах Санкт-Петербурга, ряд которых в последние годы испытывает взрывной рост числа пассажиров, связанный с массовой многоэтажной застройкой. Так, с учетом большой длины межстанционных перегонов (среднее 1775 м) и наличия у большинства станций одного выхода, в направлении с юга на север среднее время в пути занимает около 50 минут, в направлении с запада на восток порядка 40 минут.

В связи с чем, безопасная и бесперебойная перевозка пассажиров — это основной производственный процесс метрополитена с одной стороны и социальная функция с другой, базовыми ключевыми показателями [8] которого являются процент выполнения графика движения поездов (рис. 1) и выполнение графика работы станций (рис. 2). Достижение нормативных значений указанных показателей обеспечивается взаимодействием всего коллектива работников, соблюдением требований нормативных документов и применением современных технических средств, за счёт чего минимизируются риски возникновения нештатной работы, влекущие причинение вреда жизни и здоровью людей, окружающей среде, объектам инфраструктуры и подвижному составу.

В тоже время, с учётом особенностей Петербургского метрополитена, описанных выше, безопасная и бесперебойная перевозка пассажиров, и, следовательно, исполнение вышеуказанных показателей, невозможны без надлежащего содержания подъёмно-транспортного оборудования, находящегося в заведовании у эскалаторной службы, обеспечивающей транспортировку пассажиров после выхода из вагонов с подземных платформ на наземные вестибюли и обратно.

Вместе с тем, согласно данным годовых отчётов ГУП «Петербургский метрополитен» за период с 2013 по 2022 годы (таблица 2) [9–16] к приоритетным группам основных средств, на которые приходятся капитальные вложения относятся «Приобретение парка пассажирского подвижного состава» (около 40%), «Реконструкция зданий и сооружений» (около 30%) и «Электротехническое оборудование» (около 7%). При этом, — на «Эскалаторное хозяйство» приходится всего около 2%.

За тот же период среди групп основных средств в программе ремонтов «Эскалаторы» занимают третьи

**Таблица 1.** Динамика пассажиропотока

**Table 1.** Change of passenger traffic

Показатель	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022 (6M)
Количество перевезённых пассажиров, млн. пасс	771,9	763,1	741,7	740,4	726,5	743,2	762,3	495,3	603,1	313,4

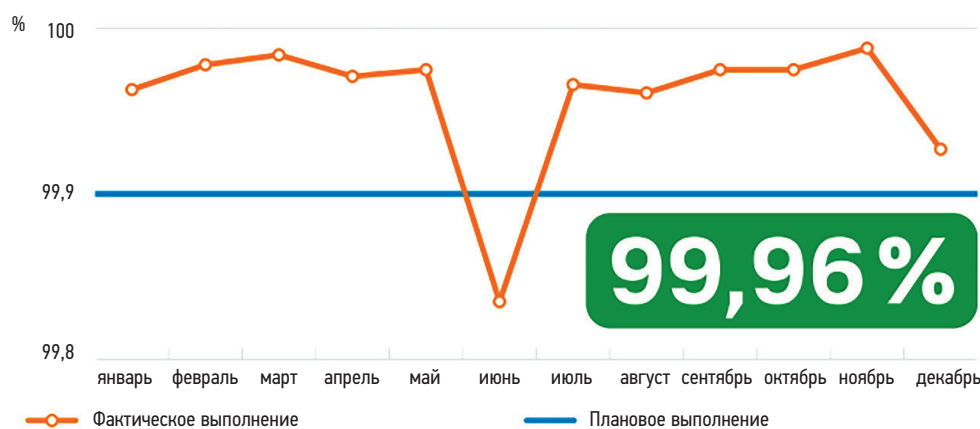


Рис. 1. Выполнение графика движения поездов (2021 год).

Fig. 1. Accomplishment of the train schedule (year 2021).

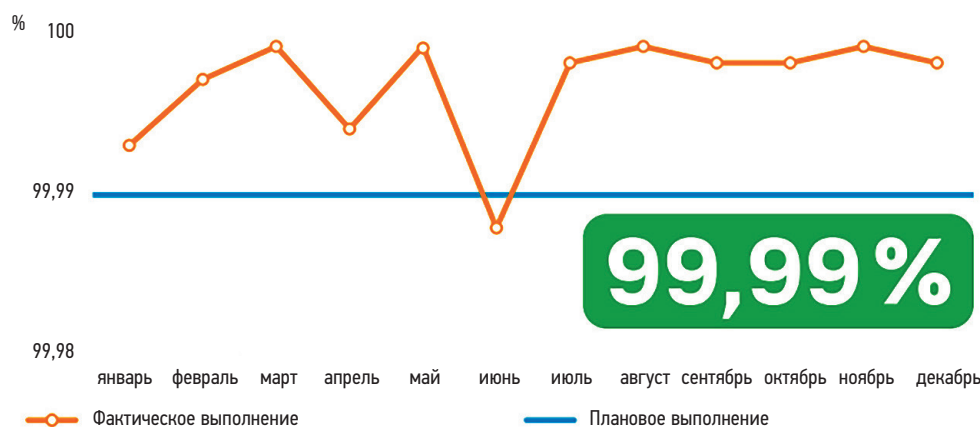


Рис. 2. Выполнение графика работы станций (2021 год).

Fig. 2. Accomplishment of the stations' operation schedule (year 2021).

Таблица 2. Перечень ключевых показателей

Table 2. List of key indicators

Показатель	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022 (6М)
Капитальные вложения за счёт собственных средств Эскалаторное хозяйство, тыс. руб.	50 380	39 951	85 650	111 507	158 659	91 476	38 072	80 379	0	41 666
Удельный вес, %	2,4	1,3	3	2	1	2	0,6	1,7	0	2,0
Программа ремонтов, тыс. руб.	407,33	403,64	532,19	512,71	592,20	623,34	675,34	625,67	647,60	344,10
Удельный вес, %	9	7,3	9,5	8	9	11,2	10,5	10,3	10,2	11,1
Статья расходов на перевозку пассажиров (ФОТ), млрд. руб.	6,29	6,93	7,44	8,17	9,23	10,66	12,06	12,10	13,30	6,94
Доля, %	29,12	28,1	27,4	26,7	27,5	30,4	29,7	29,7	30,4	28,4
Статья расходов на перевозку пассажиров (Текущие и капитальные ремонты), млрд. руб.	4,52	5,51	5,62	6,35	6,58	5,52	6,42	6,05	6,32	3,1
Доля, %	20,9	22,3	20,7	20,7	19,6	15,7	15,8	14,9	14,4	12,7

место (растущий тренд от 7,3% до 11%) после «Подвижного состава» (около 39%) и «Зданий и тоннельных сооружений» (около 30%). При этом мероприятия по повышению эффективности использования средств бюджета включают в себя сокращение программы ремонтов, что подтверждается ежегодным снижением расходов на текущие и капитальные ремонты от около 21% в 2013 году до около 13% в 2022 году, при удержании за тот же период среднего значения около 29% уровня расходов на оплату труда (за это же период произошло изменение долевого (%) соотношения категорий работников — рабочие/специалисты/машинисты в сторону увеличения категории специалисты и уменьшения категорий рабочие и машинисты от 42,9/47,0/10,1 до 37,3/53,8/8,9).

Анализ представленных выше данные показал, что текущая деятельность эскалаторного хозяйства имеет ряд

ограничений: не является приоритетным направлением с точки зрения капитальных вложений; на его содержание расходуются значительные средства; формирование программы технических воздействий на элементы эскалатора осуществляется с учётом требований к сокращению затрат на ремонтные работы; эпизодические крупные проекты по реконструкции/модернизации и замене эскалаторов зависят от прямого финансирования из регионального и федерального бюджета по отдельным целевым инвестиционным программам (то есть зависят от наличия финансовой возможности).

При этом основными подразделениями, выполняющими текущую деятельность в рамках ремонтно-восстановительных мероприятий для эскалаторного хозяйства, являются эскалаторные дистанции и объединённые мастерские, показатели работы последних приведены в таблице 3 и таблице 4.

**Таблица 3.** Результаты работы объединённых мастерских

**Table 3.** Results of operation of joint workshops

Показатель	2019	2020	2021
Капитальные ремонты эскалаторов	22	23	20
Изготовлено ступеней эскалаторов	7 061	4 610	3 402
Отремонтировано ступеней эскалаторов	8 066	6 625	7 153
Изготовлено погонных метра тяговых цепей эскалаторов	5 764	5 372	6 923
Отремонтировано погонных метра тяговых цепей эскалаторов	4 822	4 074,5	2 844
Изготовлено, отремонтировано и собрано главных валов эскалаторов	18	16	18
Изготовлено новых главных валов эскалаторов (по договорам)	22	8	7
Собрано и отправлено на станции для замены главных валов	н/д	9	14

**Таблица 4.** Анализ работ объединённых мастерских по потенциальному валовому доходу (ПВД)

**Table 4.** Analysis of operation of joint workshops according to potential gross income (PGI)

Показатели	Факт 2016	Факт 2017	Рост 2017/2016, %	Факт 2018	Рост 2018/2017, %	Факт 2019	Рост 2019/2018, %	Факт 2020	Рост 2020/2019, %
Валовый оборот внутри метрополитена	741 557 016	938 811 182	126,6	1 033 939 193	110,1	1 224 323 698	118,4	1 158 495 996	94,6
Отгрузки готовой продукции на склад	728 478 837	900 399 842	123,6	943 463 722	104,8	1 214 955 566	128,8	1 181 263 935	97,2
Стоимость полуфабрикатов, подлежащих дальнейшей переработке	13 078 179	38 411 340	293,7	90 475 471	235,5	9 368 132	10,4	-22 767 939	-243,0
Материальные расходы	606 512 142	787 859 272	129,9	870 932 442	110,5	1 082 533 992	124,3	985 639 245	91
Оплата труда	103 915 936	119 191 579	114,7	124 807 100	104,7	133 699 175	107,1	133 484 658	99,8

Вместе с тем, анализ данных приведённых в таблице 3 и таблице 4 показывает, что: количество капитальных ремонтов эскалаторов в год является условно стабильным и составляет в среднем 21; имеется тренд на снижение объёмов работ по ступеням (от около 15 000 в 2019 году до около 10 500 в 2021 году); объёмы работ по тяговым цепям условно стабильны и составляют около 10 000 погонных метров в год; объёмы работ с главными валами являются условно стабильными и составляют около 40 единиц в год. При этом финансовые показатели работы мастерских имеют возрастающий тренд, за исключением 2020 года в связи с проведением противоэпидемических мероприятий.

Таким образом, выше описаны показатели эффективности на уровне метрополитена и направлений хозяйственной деятельности, а также общие особенности, влияющие на их исполнение в части финансирования, ограничений текущей деятельности, а также неснижаемого объёма ремонтных работах.

Ниже сконцентрируем внимание на характеристиках эскалаторного хозяйства и их связи с исполнением ключевых показателей на уровне всего метрополитена.

### 1.2 Характеристики эскалаторного хозяйства

На начало 2023 года в ГУП «Петербургский метрополитен» эксплуатировалось 302 эскалатора более 20 типов и 30 траволаторов.

Ввиду недавней истории внедрения траволаторов на метрополитене, их максимальный срок эксплуатации составляет чуть больше десяти лет (рис. 3) и не оказывает существенного влияния на исполнение ключевых показателей на уровне метрополитена.

Иначе обстоят дела с эскалаторным парком. Согласно рис. 4 доля эскалаторов, находящихся в эксплуатации более 25 лет, составляет около 60%, среди которых 95 эскалаторов (около 31%) в эксплуатации более 50 лет, отработали нормативный срок службы и подлежат замене. В связи с длительностью и дороговизной используется альтернатива замене — экспертиза

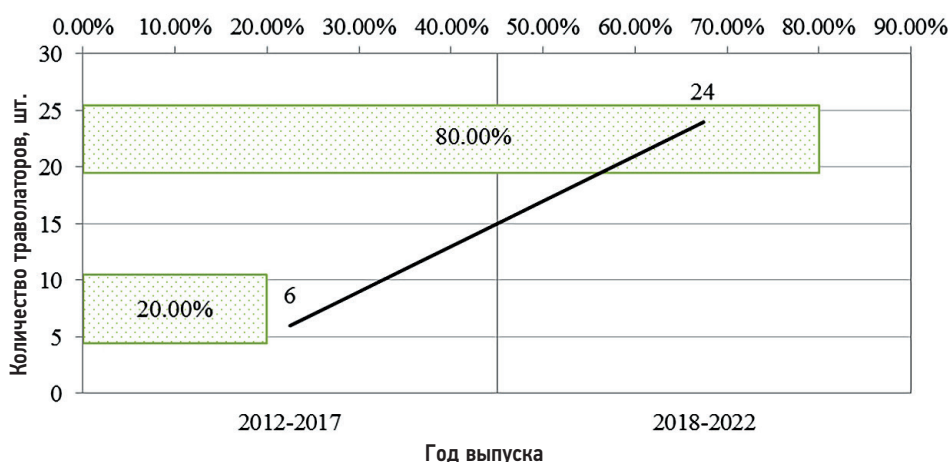


Рис. 3. Соотношение количества траволаторов к сроку эксплуатации.  
Fig. 3. Comparison of quantity of travelators to service life.

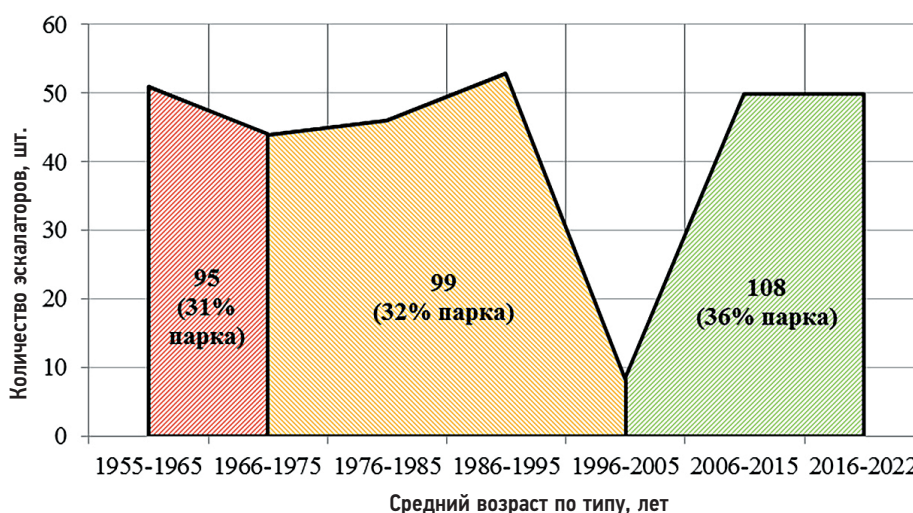


Рис. 4. Соотношение количества эскалаторов к сроку их эксплуатации.  
Fig. 4. Comparison of quantity of escalators to service life.

промышленной безопасности [17], которую прошло около двухсот эскалаторов (около 68% парка), после которой имеют продление срока службы от 18 до 25 лет.

В целом, количественные и качественные характеристики показывают большую неоднородность, как самого эскалаторного парка, так и комплектующей базы подъёмно-транспортного оборудования, свидетельствуют о нарастающей потребности в замене эскалаторов, отработавших свой срок службы, и, как следствие, о нецелесообразности использования одинаковых подходов к декомпозиции ключевых показателей на уровне эскалаторного хозяйства. Формируется потребность в учёте индивидуальных особенностей на уровне группы, типа и конкретного эскалатора, в свою очередь, требующих адаптации процессов планирования и контроля и диверсификации системы менеджмента качества и системы технического обслуживания и ремонта (ТОиР), так как базовые принципы системы ТОиР были сформулированы в результатах исследований конца XX века, приведённых в [18], согласно которым среди основных особенностей, влияющих на расходование ресурса эскалатора, выделяется пассажиропоток, специфика которого [19] должна стать основой для принятия управленческих решений при приоритизации, формировании модели ключевых показателей на уровне дистанции и станционных выходов, а также для обеспечения гибкости при выполнении технических воздействий на элементы эскалаторов

парка. Совместное рассмотрение результатов работ [18] и [19] формирует матрицу факторов влияния на эксплуатацию эскалаторного хозяйства [20], информация из которой должна быть учтена на этапах жизненного цикла эскалатора, а также при определении возможности перехода подсистем эскалаторов с системы ТОиР по наработке на систему по состоянию.

В результате обобщения всего вышесказанного, на рис. 5 показано как изменения, инициированные на первых двух верхних уровнях принятия решения, формируют через третий, четвёртый и пятый на нижнем уровне необходимость адаптации процессов планирования и контроля проведения технических воздействий (из состава существующей системы и стратегий ТОиР) на эскалаторное хозяйство метрополитена, и приведение регламентирующих их нормативно-технических документов в соответствие с современными методами обслуживания, диагностики и мониторинга состояния оборудования.

## 2. АДАПТАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПЛАНИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ

В рамках адаптации процессов планирования и контроля проведения технических воздействий на эскалаторное хозяйство метрополитена была разработана концепция цифровой трансформации, рассмотренная

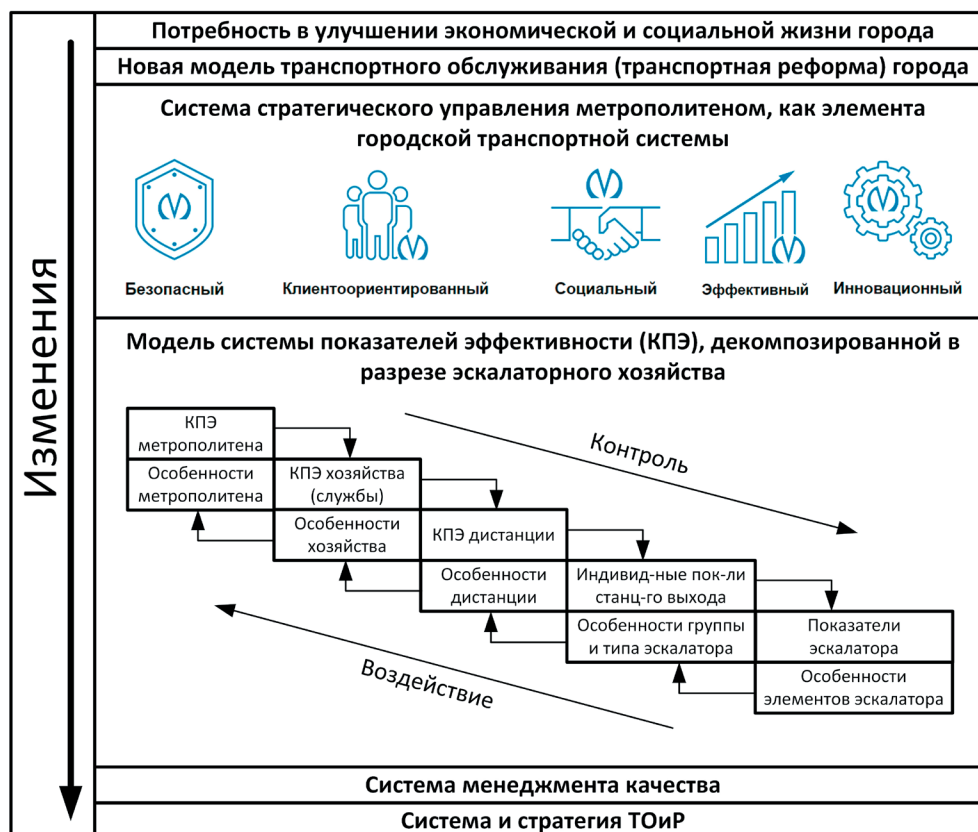


Рис. 5. Взаимосвязи уровней принятия решения.

Fig. 5. Interaction between levels of decision-making.



в работе [21], основным элементом которой должен стать аппаратно-программный комплекс, архитектура которого состоит из внешнего и внутреннего информационных контуров, был рассмотрен в работе [22] и включал информационную систему.

Внешний информационный контур используется для предварительной подготовки данных на уровне эскалаторных дистанций и реализуется адаптацией общедоступных наработок кодовой базы, в связи с чем в рамках данной работы не представляет интерес.

Далее более подробно рассмотрим внутренний обрабатывающий контур на примере внестанционного устройства (аппаратно-программного комплекса) [23], предназначенного для комплексной обработки информации на уровне всего эскалаторного хозяйства и обеспечения информационного взаимодействия между уровнем дистанций и уровнем эскалаторного хозяйства. При этом, в виду территориальной разнесённости эскалаторных дистанций и высокой стоимости инфраструктуры, организация выделенной вычислительной сети между ними не представляется возможной, в связи с чем требуется задействовать глобальную вычислительную сеть. Использование глобальной вычислительной сети в условиях повышенной угрозы кибератак, связанных с недружественной геополитической нестабильностью, накладывает целый ряд требований по обеспечению информационной безопасности. Один из способов нивелирования факторов нестабильности — это использование собственных вычислительных мощностей, локализованных в центрах обработки данных [24, 25] (ЦОД) для агрегации и преобразования данных на уровне хозяйства, а глобальную вычислительную сеть использовать только для транспортировки пакетов данных, предварительно подготовленных специальным оборудованием шифрования.

Согласно рекомендациям [26], наиболее важным фактором для организации ЦОД является поддержание

оптимального температурно-влажностного режима. По этой причине основным конструктивным элементом внестанционного устройства является система изоляции коридоров, представленная на рис. 6, в состав которой, входят унифицированные шкафы-стойки с передними и задними дверьми для организации зон доступа к оборудованию для обслуживания и ремонта, потолочные панели, система раздвижных дверей и боковые панели, а также внутрирядные прецизионные кондиционеры.

Аппаратура внутри стоек устанавливается на девятнадцатидюймовые профили с направляющими уголками, расположенными друг над другом так, чтобы элементы индикации, управления и подключения на лицевых панелях были видны и доступны при открытой передней двери.

В днище стоек размещены приспособления для ввода и закрепления кабелей. Рядом, в нижней части, находятся DIN-рейки, на которых размещены автоматические выключатели с функцией защитного отключения для подключения кабелей внешнего электропитания, с которых основное и резервное напряжение поступает на устройство автоматического ввода резерва, которое обеспечивает переключение электропитания на второй ввод в случае отсутствия на первом. Далее электропитание подаётся на байпасный блок, который обеспечивает возможность замены источника бесперебойного питания (ИБП) не прерывая электропитание соединённого с ним оборудования. Так же на DIN-рейке размещается ряд клеммных зажимов, предназначенных для подсоединения внешнего и внутреннего заземляющего контура, и кабелей внешнего электропитания. Из ИБП, через блок розеток, электропитание подаётся на серверы. Информация о состоянии самого ИБП через коммутатор передаётся в локальную вычислительную сеть (ЛВС). Контроль температуры и влажности внутри устройства, а также несанкционированного открытия дверей

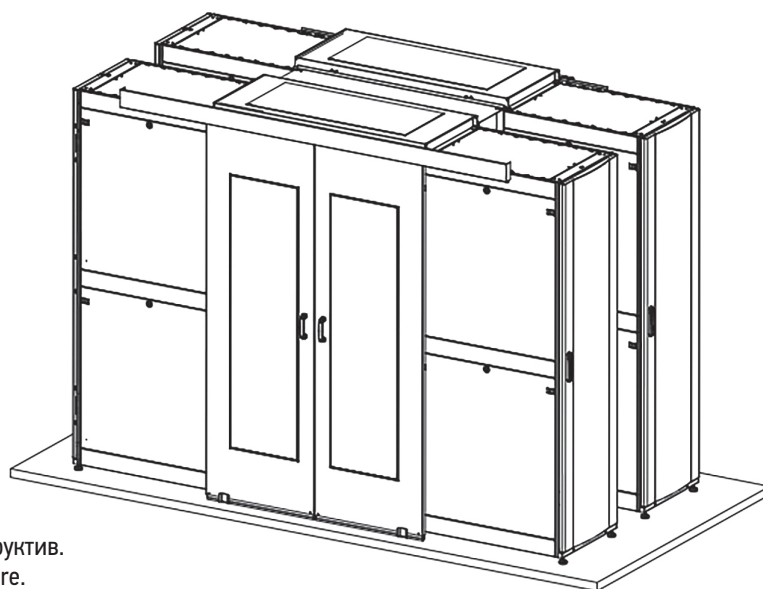


Рис. 6. Базовый конструктив.

Fig. 6. The basic structure.

осуществляется посредством датчика, подключённого к контроллеру, с которого информация передаётся в ЛВС.

Синхронизация всего аппаратно-программного комплекса осуществляется сервером точного времени, подключённого к антенному блоку, установленному снаружи здания объекта размещения.

Для увеличения скорости передачи данных и пропускной способности, а также для снижения уровня шумов и противодействия несанкционированным подключениям используются внешние магистральные волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) подключаемые к устройству через оптические кроссы, с которых сигналы внешних источников/потребителей поступают на коммутаторы, обеспечивающие приём/передачу данных по ВОЛС и преобразование их в электрические сигналы и обратно, для направления информационных потоков между шлюзами/маршрутизаторами, блокам сигнализации, индикации и управления, серверами и рабочими станциями (включая KVM-станции) обеспечивающими связь с корпоративными базами данных и периферийным оборудованием, выполняющими предварительную обработку корпоративных данных и эксплуатационной информации, в том числе параметрических данных. К коммутатору также подключён межсетевой экран, который обеспечивает фильтрацию/экранирование информационных пакетов между внешними и внутренними подсетями, а также управление и разграничение доступа, сбора системных сообщений, мониторинга доступности и телеметрии сетевых устройств, оповещения администратора об изменениях в сети, ведения журналов обращений пользователя.

Визуальное информирование пользователя и ввод команд управления оператора (администратора) осуществляется через сенсорные жидкокристаллические (LCD TFT дисплеи) KVM-консоли, размещённые на стойках, а хранение и резервирование циркулирующих информационных потоков реализуется NAS/SAN оборудованием, размещённым там же. Вблизи от KVM-консоли располагаются устройства светозвукового информирования оператора о функциональном состоянии и режимах работы, а также специальные клавиатуры, содержащие цифробуквенные и функциональные клавиши, координатно-указательные устройства, блоки кнопок с возможностью переключения режимов и включения/выключения, и блоком индикации, отображающим состояние и режимы работы.

Удалённый доступ к корпоративным базам данных (БД) осуществляется с помощью оборудования сетевого доступа и сопряжения, маршрутизаторов, а также устройств предварительной обработки и преобразования. БД материалов и инструментов (снабжение/склад) предоставляет данные о движении материалов на складах и в подотчёте, а также об оформлении и выполнении заявок на приобретение товарно-материальных ценностей (ТМЦ) в разрезе подразделений, о резервировании ТМЦ

за подразделением и отпуском ТМЦ в подразделение. БД персонала предоставляет данные о списочном составе персонала, его месте приписке (подразделение) и заведовании, а также квалификации. БД бюджетирования по хозяйственным подразделениям и видам деятельности, предоставляет данные о качественном и количественном описании основных экономических характеристик включающих, в том числе структуру затрат/поступлений и графики их реализаций, достаточных для поддержания в работоспособном состоянии каждой единицы эскалаторного хозяйства. БД документооборот (архив) предоставляет данные об организационно-распорядительной, технической и производственной документации из регистрационных карточек, журналов регистрации и передачи документов для отслеживания версионности, поиска документов по атрибутам, получения сведений о пересылке и доставке документов в электронном виде до рабочих мест пользователей, в том числе мобильных. Оборудование сетевого доступа и сопряжения, маршрутизаторы, устройства предварительной обработки и преобразования также помогают осуществлять взаимодействие с автоматизированными рабочими местами, экранами коллективного пользования, хранилищами данных, на которых реализованы сервисы работы с данными, а также с устройствами обработки информации эскалаторного хозяйства метрополитена, аккумулирующими данные непосредственно от конкретных эскалаторов и связанных с ними объектов инфраструктуры. Состав массивов данных, поступающих от периферийного оборудования, включает в себя, по меньшей мере:

- данные об объектах эскалаторного хозяйства и связанной с ним инфраструктуре и о проведённых технических воздействиях. Основным источником информации являются устройства обработки информации эскалаторного хозяйства метрополитена (станционные), которые выполняют аккумуляцию всей информации, через электронные документы, структура которых приведена в работе [27], включающие паспортизацию как каждого элемента и функциональной подсистемы в отдельности, так и эскалатора в целом;
- данные об объёмах перевозимого пассажиропотока эскалаторным хозяйством метрополитена, в том числе по каждому станционному выходу.

В ЛВС реализованной средствами вычислительной техники, достаточной производительности, снабжённой необходимым количеством функциональных входов/выходов, и имеющими в своём составе базовое и специальное программное обеспечение, состоящее из комплексов и компонентов, выполняющее следующие логико-вычислительные операции:

- Вычисление количественной оценки вариантов технического воздействия на объекты эскалаторного хозяйства и связанные с ним объекты инфраструктуры.

- Распределение весовых коэффициентов (определение ценности) за счёт сравнения информации об объектах всего эскалаторного хозяйства и связанных с ними объектов инфраструктуры, значительно разнесённых территориально.
- Обработка предварительно подготовленных данных, занесённых пользователями после каждого технического воздействия в электронные документы, в том числе с помощью периферийного оборудования.
- Приведение к эталонным объектам конкретного типа с помощью использования единых переводных коэффициентов.
- Формирование комплексной объектно-элементной структуры эскалаторного хозяйства метрополитена, отражающей характеристики технического состояния объектов эскалаторного хозяйства и связанных с ним объектов инфраструктуры и их отклонения от нормативных и эталонных значений.
- Установление поведенческих закономерностей технического состояния объектов эскалаторного хозяйства и связанных с ним объектов инфраструктуры на основе анализа событий и/или сценариев развития эксплуатационной ситуации и информации о компонентах объектно-элементной структуры.
- Расчёт остаточного ресурса объектов эскалаторного хозяйства и связанных с ним объектов инфраструктуры [28, 29].
- Формирование прогнозных значений технического состояния объектов эскалаторного хозяйства и связанных с ним объектов инфраструктуры [27] в результате расчёта на базе декомпозиции эскалатора на составные части, при использовании элементов теории нечётких множеств и искусственного интеллекта.
- Вычисление величины риска [22] и частоты возникновения событий с учетом тяжести последствий.
- Определение возможных простоев эскалаторов, вызванных событиями и техническими воздействиями, которые определяют объем перевозимого пассажиропотока по каждому станционному выходу за определённый промежуток времени. Оценка влияния события и его последствий, на объем перевозимого пассажиропотока, также основывается на вероятностных значениях оставшегося срока службы/остаточного ресурса и значениях упущенной выгоды/экономического ущерба при различных вариантах технического воздействия (обслуживания, ремонта текущий/капитальный и пр.).
- Вычисление средней оценки технического состояния эскалаторного хозяйства метрополитена, определённой как средневзвешенная дистанций.
- Определение наиболее проблемных элементов.
- Выделение массивов комплексированных и сепарированных данных по различным признакам и их сочетаниям (к примеру, код работ, место проведения работ, рекомендации по проведению работ,

необходимый и достаточный объём ресурсов (персонал, инструмент, материалы и пр.) для выполнения технического воздействия на объекты эскалаторного хозяйства и связанных с ним объектов инфраструктуры, а также определение времени их предоставления в соответствии с вариантами выполнения, отражёнными в электронном документе и пр.)

- Обогащение потребных ресурсов стоимостными характеристиками.
- Оптимизация распределения ресурсов и расходов на эксплуатацию технических средств исходя из различных вариантов управления объёмами пассажиропотока на основе информации полученной на виджетах и дашбордах.
- Формирование ранжированного перечня работ по степени безопасности вариантов выполнения объёма перевозки пассажиропотока, которые отображаются на дисплее в серверной стойке и/или на автоматизированном(ых) рабочем(их) месте(ах), экране(ах) коллективного доступа, удалённых пользовательских устройства, в том числе мобильных, для окончательного принятия решения.

Таким образом в результате работы аппаратно-программного комплекса происходит фокусировка внимания лица принимающего решение (ЛПР) или иного потребителя на информации о работах, попавших в реестры за отчётный период, их статусе, идентификации проблемных участков, метриках их измерения, так как текущее состояние работ влияет на величину КРП ЛПР. В результате ЛПР приобретает возможность отслеживать влияния задаваемых плановых показателей верхнего уровня на производные показатели нижних уровней.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ транспортной системы Санкт-Петербурга показал значимость Петербургского метрополитена, выполняющего транспортную и социальную функции, определяемые объёмами перевозимого суточного/месячного/годового пассажиропотока и его структурой по хозяйству/дистанции/станционному выходу. В свою очередь, для контроля выполнения указанных функций используются показатели эффективности: график движения поездов, график работы станций, исполнение которых обеспечивается за счет бесперебойной работы эскалаторного хозяйства, как элемента инфраструктуры, по значимости сопоставимого с подвижным составом.

Вместе с тем, согласно анализу годовых отчётов ГУП «Петербургский метрополитен», в части финансовых результатов по направлениям деятельности, установлены особенности финансирования ремонтных работ определяющие ограничения деятельности эскалаторного хозяйства. Анализ хозяйственной деятельности

объединённых ремонтных мастерских, в приложении к объёму работ для эскалаторного хозяйства, показал условно стабильную высокую потребность в ремонтных работах, и постоянно нарастающую стоимость этих работ.

С другой стороны, рассмотрение структуры, качественных и количественных характеристик парка эскалаторов показали его интенсивное старение, значимость индивидуальных особенностей на уровне группы, типа и конкретного эскалатора, которые в своём сочетании влияют на состав и исполнение показателей эффективности на уровне дистанции и определяют систему менеджмента качества и систему ТОиР.

Комплексное рассмотрение проблематики транспортной системы в разрезе метрополитена и его инфраструктуры показало взаимосвязь между изменениями транспортной системы города и потребностью адаптации процессов планирование и контроля работ из состава системы ТОиР эскалаторного хозяйства.

В качестве инструмента, реализующего адаптацию процессов планирование и контроля работ, авторами был описан базовый состав аппаратно-программного комплекса, основным конструктивным элементом которого является система изоляции коридоров, содержащая унифицированные стойки с размещённым оборудованием и установленным на нем базовым и специальным программным обеспечением.

Рассмотренный выше аппаратно-программный комплекс позволяет осуществлять мониторинг, планирование и контроль реестра потребных видов работ, обеспечивающих / не обеспечивающих исполнение показателей эффективности, а также способствует переходу части инфраструктуры от системы ТОиР по наработке к системе по состоянию.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 30 июня 2014 г. № 552 «О Государственной программе Санкт-Петербурга «Развитие транспортной системы Санкт-Петербурга» (с изменениями и дополнениями) [дата обращения: 07.05.2023] Режим доступа: <https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2022/04/21/39/1.pdf>
2. Проекты Санкт-Петербурга. Региональная и местная дорожная сеть. Администрация Санкт-Петербурга, 2021. [internet] [дата обращения: 07.05.2023] Режим доступа: <https://www.gov.spb.ru/projects/51/>
3. Распределение принятых бюджетных обязательств на 2023 год и на плановый период 2024 и 2025 годов Комитета по развитию транспортной инфраструктуры Санкт-Петербурга от 27.04.2023 № 69-р. [дата обращения: 07.05.2023] Режим доступа: [https://krti.gov.spb.ru/media/uploads/userfiles/2023/05/02/document\\_3\\_1\\_kW6swHS.pdf](https://krti.gov.spb.ru/media/uploads/userfiles/2023/05/02/document_3_1_kW6swHS.pdf)
4. Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 13 июля 2011 г. № 945 «О Транспортной стратегии Санкт-Петербурга до 2025 года» (с изменениями и дополнениями). [дата обращения:

## ДОПОЛНИТЕЛЬНО

**Вклад авторов.** В.А. Попов — поиск публикаций по теме статьи, редактирование текста и изображение рукописи, экспертная оценка, утверждение финальной версии; В.В. Еланцев — написание текста рукописи и создание изображений. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям *ICMJE* (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Authors' contribution.** V.A. Popov — search for publications, editing the text and images of the manuscript, expert opinion, approval of the final version; V.V. Elantsev — writing the text and creating images of the manuscript. Authors confirm the compliance of their authorship with the *ICMJE* international criteria. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

07.05.2023] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/891854661?ysclid=lires97le5198991223>

5. Аналитика и цифры // Аналитический вестник. СПб: ГУП «СПб ИУЦ», 2023. № 3. [дата обращения: 07.05.2023] Режим доступа: [https://iac.spb.ru/file/25.05.2022/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9\\_%D0%B2%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA\\_%E2%84%963\\_2023.pdf](https://iac.spb.ru/file/25.05.2022/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B2%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%E2%84%963_2023.pdf)

6. Описание новой транспортной модели. Транспорт – 2022. Как будет вводиться новая модель транспортного обслуживания и что она изменит? СПб: ГКУ «Организатор Перевозок», 2022. [internet] [дата обращения: 07.05.2023] Режим доступа: <http://org.spb.ru/tr-2022/model/?ysclid=lhdv45a62g774586702>

7. Тактовое движение пригородных поездов. Официальный сайт ГУП «Петербургский метрополитен». [internet] [дата обращения: 07.05.2023] Режим доступа: <http://www.metro.spb.ru/taktvoedvizhenie.html>

8. Годовой отчет за 2021 год. СПб: ГУП «Петербургский метрополитен», 2021. [internet] [дата обращения: 07.05.2023]

Режим доступа: [http://www.metro.spb.ru/uploads/document/LAB\\_METRO\\_GO\\_2021\\_PAGE.pdf](http://www.metro.spb.ru/uploads/document/LAB_METRO_GO_2021_PAGE.pdf) (дата обращения: 07.05.2023)

**9.** Доклад ГУП «Петербургский метрополитен» об исполнении плана финансово-хозяйственной деятельности за 2015 год. Презентация к годовому отчету за 2015 год. СПб: ГУП «Петербургский метрополитен», 2015. [internet] [дата обращения: 07.05.2023] Режим доступа: [https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Fwww.metro.spb.ru%2Fuploads%2Fdocument%2Fprs\\_otch\\_2015.pptx&wdOrigin=BROWSELINK](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Fwww.metro.spb.ru%2Fuploads%2Fdocument%2Fprs_otch_2015.pptx&wdOrigin=BROWSELINK)

**10.** Доклад ГУП «Петербургский метрополитен» об исполнении плана финансово-хозяйственной деятельности за 2016 год. Презентация к годовому отчету за 2016 год. СПб: ГУП «Петербургский метрополитен», 2016. [internet] [дата обращения: 07.05.2023] Режим доступа: [https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Fwww.metro.spb.ru%2Fuploads%2Fdocument%2Fprs\\_otch\\_2016.pptx&wdOrigin=BROWSELINK](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Fwww.metro.spb.ru%2Fuploads%2Fdocument%2Fprs_otch_2016.pptx&wdOrigin=BROWSELINK)

**11.** Доклад ГУП «Петербургский метрополитен» об исполнении плана финансово-хозяйственной деятельности за 2017 год. Презентация к годовому отчету за 2017 год. СПб: ГУП «Петербургский метрополитен», 2017. [internet] [дата обращения: 07.05.2023] Режим доступа: [https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Fwww.metro.spb.ru%2Fuploads%2Fdocument%2Fprs\\_otch\\_2017all.pptx&wdOrigin=BROWSELINK](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Fwww.metro.spb.ru%2Fuploads%2Fdocument%2Fprs_otch_2017all.pptx&wdOrigin=BROWSELINK)

**12.** Доклад ГУП «Петербургский метрополитен» об исполнении плана финансово-хозяйственной деятельности за 2018 год. Презентация к годовому отчету за 2018 год. СПб: ГУП «Петербургский метрополитен», 2018. [internet] [дата обращения: 07.05.2023] Режим доступа: [http://www.metro.spb.ru/uploads/document/prs\\_otch\\_2018all.pdf](http://www.metro.spb.ru/uploads/document/prs_otch_2018all.pdf) (дата обращения: 07.05.2023). – РФ.

**13.** Доклад ГУП «Петербургский метрополитен» об исполнении плана финансово-хозяйственной деятельности за 2019 год. Презентация к годовому отчету за 2019 год. СПб: ГУП «Петербургский метрополитен», 2019. [internet] [дата обращения: 07.05.2023] Режим доступа: [http://www.metro.spb.ru/uploads/document/prs\\_otch\\_2019all.pdf](http://www.metro.spb.ru/uploads/document/prs_otch_2019all.pdf) (дата обращения: 07.05.2023). – РФ.

**14.** Доклад ГУП «Петербургский метрополитен» об исполнении плана финансово-хозяйственной деятельности за 2020 год. Презентация к годовому отчету за 2020 год. СПб: ГУП «Петербургский метрополитен», 2020. [internet] [дата обращения: 07.05.2023] Режим доступа: [http://www.metro.spb.ru/uploads/document/prs\\_otch\\_2020all.pdf](http://www.metro.spb.ru/uploads/document/prs_otch_2020all.pdf)

**15.** Доклад ГУП «Петербургский метрополитен» об исполнении плана финансово-хозяйственной деятельности за 2021 год. Презентация к годовому отчету за 2021 год. СПб: ГУП «Петербургский метрополитен», 2021. [internet] [дата обращения: 07.05.2023] Режим доступа: [http://www.metro.spb.ru/uploads/document/prs\\_otch\\_2021all.pdf](http://www.metro.spb.ru/uploads/document/prs_otch_2021all.pdf)

**16.** Доклад ГУП «Петербургский метрополитен» об исполнении плана финансово-хозяйственной деятельности за 2022 год (первое полугодие). СПб: ГУП «Петербургский метрополитен», 2022. [internet] [дата обращения: 07.05.2023] Режим доступа: [http://www.metro.spb.ru/uploads/document/prs\\_otch\\_1pg2022.pdf](http://www.metro.spb.ru/uploads/document/prs_otch_1pg2022.pdf)

**17.** Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 03 декабря 2020 г. № 488 «Об утверждении федеральных норм и правил в области про-

мышленной безопасности «Правила безопасности эскалаторов в метрополитенах» (с изменениями и дополнениями) [дата обращения: 07.05.2023] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573174921?ysclid=lhdwgv2vf038922136>

**18.** Еланцев В.В. К вопросу повышения эффективности и безопасности эксплуатации тоннельных эскалаторов метрополитена. История формирования системы технического обслуживания и ремонта эскалаторного хозяйства метрополитена // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. № 5. С. 98–104. [дата обращения: 07.05.2023] Режим доступа: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13037>

**19.** Еланцев В.В. К вопросу повышения эффективности и безопасности эксплуатации тоннельных эскалаторов метрополитена. Анализ пассажиропотока // Вестник московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2020. № 3(62). С. 41–50.

**20.** Еланцев В.В. К вопросу повышения эффективности и безопасности эксплуатации тоннельных эскалаторов. Состояние эскалаторного парка // Грузовик. 2021. № 11. С. 35–43.

**21.** Попов В.А., Еланцев В.В. К вопросу повышения эффективности и безопасности эксплуатации тоннельных эскалаторов метрополитена. Концепция цифровой трансформации системы ТОиР // Системы автоматизированного проектирования на транспорте: материалы IX Международной науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых (Санкт-Петербург, 27–28 апреля 2021 г.). СПб.: ПГУПС, 2021. С. 91–96.

**22.** Попов В.А., Еланцев В.В. К вопросу повышения эффективности и безопасности эксплуатации тоннельных эскалаторов метрополитена. Управление рисками // Известия МГТУ «МАМИ». 2021. Т. 15, №3. С. 10–22. doi: 10.31992/2074-0530-2021-49-3-10-22

**23.** Патент РФ № 213170 / 29.08.2022. Бюл. № 25. Еланцев В.В. Устройство планирования и контроля проведения технического обслуживания и ремонта эскалаторного хозяйства метрополитена [дата обращения: 07.05.2023] Режим доступа: [https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet?DB=RUPM&DocNumber=213170&TypeFile=html](https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPM&DocNumber=213170&TypeFile=html)

**24.** ГОСТ Р 58811-2020. Центры обработки данных. Инженерная инфраструктура. Стадии разработки: национальный стандарт Российской Федерации. М.: Стандартинформ, 2020. [дата обращения: 07.05.2023] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200171331>

**25.** ГОСТ Р 58812-2020. Центры обработки данных. Инженерная инфраструктура. Операционная модель. Спецификация: национальный стандарт Российской Федерации М.: Стандартинформ, 2020. [дата обращения: 07.05.2023] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200171332>

**26.** Методические рекомендации по проектированию центров обработки данных: метод. рекомендации. М.: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ, ФАУ «Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве», 2019. [дата обращения: 07.05.2023] Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293721/4293721780.pdf>

**27.** Попов В.А., Еланцев В.В. К вопросу повышения эффективности и безопасности эксплуатации тоннельных эскалаторов метрополитена. Модель прогнозирования // Известия МГТУ «МАМИ». 2021. Т. 15, №1. С. 12–22. doi: 10.31992/2074-0530-2021-47-1-12-22

28. Харлов М.В., Попов В.А. Методика оценки технического состояния эскалатора // Интернет-журнал «Науковедение». 2017. Т. 9, №4. [дата обращения: 07.05.2023] Режим доступа: <https://naukovedenie.ru/PDF/05TVN417.pdf>

## REFERENCES

1. Postanovlenie Pravitelstva Sankt-Peterburga ot 30 iyunya 2014 g. № 552 «O Gosudarstvennoy programme Sankt-Peterburga «Razvitie transportnoy sistemy Sankt-Peterburga» (s izmeneniyami i dopolneniyami). (in Russ). Accessed: 07.05.2023. Available from: <https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2022/04/21/39/1.pdf>

2. Proekty Sankt-Peterburga. Regionalnaya i mestnaya dorozhnaya set. Administratsiya Sankt-Peterburga, 2021. [internet] (in Russ). Accessed: 07.05.2023. Available from: <https://www.gov.spb.ru/projects/51/>

3. Raspredelenie prinyatykh byudzhetykh obyazatelstv na 2023 god i na planovyy period 2024 i 2025 godov Komiteta po razvitiyu transportnoy infrastruktury Sankt-Peterburga ot 27.04.2023 № 69-r. (in Russ). Accessed: 07.05.2023. Available from: [https://krti.gov.spb.ru/media/uploads/userfiles/2023/05/02/document\\_3\\_1\\_kW6swHS.pdf](https://krti.gov.spb.ru/media/uploads/userfiles/2023/05/02/document_3_1_kW6swHS.pdf)

4. Postanovlenie Pravitelstva Sankt-Peterburga ot 13 iyulya 2011 g. № 945 «O Trans-portnoy strategii Sankt-Peterburga do 2025 goda» (s izmeneniyami i dopolneniyami). (in Russ). Accessed: 07.05.2023. Available from: <https://docs.cntd.ru/document/891854661?ysclid=lires97le5198991223>

5. Analitika i tsifry // Analiticheskiy vestnik. Saint Petersburg: GUP «SPb IUTs»; 2023;3. (in Russ). Accessed: 07.05.2023. Available from: [https://iac.spb.ru/file/25.05.2022/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9\\_%D0%B2%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA\\_%E2%84%963\\_2023.pdf](https://iac.spb.ru/file/25.05.2022/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B2%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%E2%84%963_2023.pdf)

6. Opisanie novoy transportnoy modeli. Transport – 2022. Kak budet vvoditsya novaya model transportnogo obsluzhivaniya i chto ona izmenit? Saint Petersburg: GKU «Organizator Perevozok», 2022. [internet] (in Russ). Accessed: 07.05.2023. Available from: <http://orgp.spb.ru/tr-2022/model/?ysclid=lhdv45a62g774586702>

7. Clock movement of commuter trains. Official website of the State Unitary Enterprise “Petersburg Metro”. [internet] (in Russ). Accessed: 07.05.2023. Available from: <http://www.metro.spb.ru/taktovoedvizhenie.html>

8. Godovoy otchet za 2021 god. Saint Petersburg: GUP «Peterburgskiy metropoliten»; 2021. [internet] (in Russ). Accessed: 07.05.2023. Available from: [http://www.metro.spb.ru/uploads/document/LAB\\_METRO\\_GO\\_2021\\_PAGE.pdf](http://www.metro.spb.ru/uploads/document/LAB_METRO_GO_2021_PAGE.pdf) (дата обращения: 07.05.2023)

9. Doklad GUP «Peterburgskiy metropoliten» ob ispolnenii plana finansovo-khozyaystvennoy deyatel'nosti za 2015 god. Prezentatsiya k godovomu otchetu za 2015 god. Saint Petersburg: GUP «Peterburgskiy metropoliten»; 2015. [internet] (in Russ). Accessed: 07.05.2023. Available from: [https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Fwww.metro.spb.ru%2Fuploads%2Fdocument%2Fprs\\_otch\\_2015.pptx&wdOrigin=BROWSELINK](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Fwww.metro.spb.ru%2Fuploads%2Fdocument%2Fprs_otch_2015.pptx&wdOrigin=BROWSELINK)

10. Doklad GUP «Peterburgskiy metropoliten» ob ispolnenii plana finansovo-khozyaystvennoy deyatel'nosti za 2016

29. СТО ПГУПС-10-112-2014. Методические рекомендации по обследованию технического состояния и расчету остаточного ресурса с целью определения возможности продления срока безопасной эксплуатации эскалаторов Петербургского метрополитена. СПб.: ПГУПС, 2014.

god. Prezentatsiya k godovomu otchetu za 2016 god. Saint Petersburg: GUP «Peterburgskiy metropoliten»; 2016. [internet] (in Russ). Accessed: 07.05.2023. Available from: [https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Fwww.metro.spb.ru%2Fuploads%2Fdocument%2Fprs\\_otch\\_2016.pptx&wdOrigin=BROWSELINK](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Fwww.metro.spb.ru%2Fuploads%2Fdocument%2Fprs_otch_2016.pptx&wdOrigin=BROWSELINK)

11. Doklad GUP «Peterburgskiy metropoliten» ob ispolnenii plana finansovo-khozyaystvennoy deyatel'nosti za 2017 god. Prezentatsiya k godovomu otchetu za 2017 god. Saint Petersburg: GUP «Peterburgskiy metropoliten»; 2017. [internet] (in Russ). Accessed: 07.05.2023. Available from: [https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Fwww.metro.spb.ru%2Fuploads%2Fdocument%2Fprs\\_otch\\_2017all.pptx&wdOrigin=BROWSELINK](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Fwww.metro.spb.ru%2Fuploads%2Fdocument%2Fprs_otch_2017all.pptx&wdOrigin=BROWSELINK)

12. Doklad GUP «Peterburgskiy metropoliten» ob ispolnenii plana finansovo-khozyaystvennoy deyatel'nosti za 2018 god. Prezentatsiya k godovomu otchetu za 2018 god. Saint Petersburg: GUP «Peterburgskiy metropoliten»; 2018. [internet] (in Russ). Accessed: 07.05.2023. Available from: [http://www.metro.spb.ru/uploads/document/prs\\_otch\\_2018all.pdf](http://www.metro.spb.ru/uploads/document/prs_otch_2018all.pdf) (дата обращения: 07.05.2023). – РФ.

13. Doklad GUP «Peterburgskiy metropoliten» ob ispolnenii plana finansovo-khozyaystvennoy deyatel'nosti za 2019 god. Prezentatsiya k godovomu otchetu za 2019 god. Saint Petersburg: GUP «Peterburgskiy metropoliten»; 2019. [internet] (in Russ). Accessed: 07.05.2023. Available from: [http://www.metro.spb.ru/uploads/document/prs\\_otch\\_2019all.pdf](http://www.metro.spb.ru/uploads/document/prs_otch_2019all.pdf) (дата обращения: 07.05.2023). – РФ.

14. Doklad GUP «Peterburgskiy metropoliten» ob ispolnenii plana finansovo-khozyaystvennoy deyatel'nosti za 2020 god. Prezentatsiya k godovomu otchetu za 2020 god. Saint Petersburg: GUP «Peterburgskiy metropoliten»; 2020. [internet] (in Russ). Accessed: 07.05.2023. Available from: [http://www.metro.spb.ru/uploads/document/prs\\_otch\\_2020all.pdf](http://www.metro.spb.ru/uploads/document/prs_otch_2020all.pdf)

15. Doklad GUP «Peterburgskiy metropoliten» ob ispolnenii plana finansovo-khozyaystvennoy deyatel'nosti za 2021 god. Prezentatsiya k godovomu otchetu za 2021 god. Saint Petersburg: GUP «Peterburgskiy metropoliten»; 2021. [internet] (in Russ). Accessed: 07.05.2023. Available from: [http://www.metro.spb.ru/uploads/document/prs\\_otch\\_2021all.pdf](http://www.metro.spb.ru/uploads/document/prs_otch_2021all.pdf)

16. Doklad GUP «Peterburgskiy metropoliten» ob ispolnenii plana finansovo-khozyaystvennoy deyatel'nosti za 2022 god (pervoe polugodie). Saint Petersburg: GUP «Peterburgskiy metropoliten»; 2022. [internet] (in Russ). Accessed: 07.05.2023. Available from: [http://www.metro.spb.ru/uploads/document/prs\\_otch\\_1pg2022.pdf](http://www.metro.spb.ru/uploads/document/prs_otch_1pg2022.pdf)

17. Prikaz Federalnoy sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru ot 03 dekabrya 2020 g. № 488 «Ob utverzhdenii federalnykh norm i pravil v oblasti promyshlennoy bezopasnosti «Pravila bezopasnosti eskalatorov v metropolitenakh» (s izmeneniyami i dopolneniyami) (in Russ).

Accessed: 07.05.2023. Available from: <https://docs.cntd.ru/document/573174921?ysclid=lhdwg2vf038922136>

**18.** Elantsev VV. On the issue of increasing the efficiency and safety of operation of subway tunnel escalators. History of the formation of the system of maintenance and repair of the metro escalator facilities. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy*. 2020;5:98-104. (in Russ). Accessed: 07.05.2023. Available from: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13037>

**19.** Elantsev VV. On the issue of increasing the efficiency and safety of operation of subway tunnel escalators. Passenger flow analysis. *Vestnik moskovskogo avtomobilno-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI)*. 2020;3(62):41-50. (in Russ).

**20.** Elantsev VV. On the issue of increasing the efficiency and safety of operation of tunnel escalators. Condition of the escalator park. *Gruzovik*. 2021;11:35-43. (in Russ).

**21.** Popov VA, Elantsev VV. On the issue of increasing the efficiency and safety of operation of metro tunnel escalators. Concept of digital transformation of the MRO system. In: *Computer-aided design systems in transport: materials of the IX International scientific and practical conference. conf. students, graduate students and young scientists (St. Petersburg, April 27-28, 2021)*. Saint Petersburg: PGUPS; 2021;91-96. (in Russ).

**22.** Popov VA, Yelantsev VV. Increasing the efficiency and safety of operation of underground tunnel escalators. Management of risks. *Izvestiya MGTU MAMI*. 2021;15(3):10-22. (in Russ). doi: 10.31992/2074-0530-2021-49-3-10-22

**23.** Patent RUS № 213170 / 29.08.2022. Byul. № 25. Elantsev VV. Ustroystvo planirovaniya i kontrolya provedeniya tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta eskalatornogo khozyaystva metropolitena (in Russ). Accessed: 07.05.2023. Available from: [https://new.fips](https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPM&DocNumber=213170&TypeFile=html)

[ru/registers-doc-view/fips\\_servlet?DB=RUPM&DocNumber=213170&TypeFile=html](https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPM&DocNumber=213170&TypeFile=html)

**24.** GOST R 58811-2020. Tsentry obrabotki dannykh. Inzhenernaya infrastruktura. Stadii razrabotki: natsionalnyy standart Rossiyskoy Federatsii. Moscow: Standartinform; 2020. (in Russ). Accessed: 07.05.2023. Available from: <https://docs.cntd.ru/document/1200171331>

**25.** GOST R 58812-2020. Tsentry obrabotki dannykh. Inzhenernaya infrastruktura. Operatsionnaya model. Spetsifikatsiya: natsionalnyy standart Rossiyskoy Federatsii Moscow: Standartinform; 2020. (in Russ). Accessed: 07.05.2023. Available from: <https://docs.cntd.ru/document/1200171332>

**26.** Metodicheskie rekomendatsii po proektirovaniyu tsentrov obrabotki dannykh: metod. re-komendatsii. Moscow: Ministerstvo stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva RF, FAU «Federalnyy tsentr normirovaniya, standartizatsii i tekhnicheskoy otsenki soot-vetstviya v stroitelstve»; 2019. (in Russ). Accessed: 07.05.2023. Available from: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293721/4293721780.pdf>

**27.** Popov VA, Yelantsev VV. Improving the efficiency and safety of operation of underground tunnel escalators. Forecasting model. *Izvestiya MGTU MAMI*. 2021;15(1):12-22. (in Russ). doi: 10.31992/2074-0530-2021-47-1-12-22

**28.** Kharlov MV, Popov VA. Methodology for assessing the technical condition of an escalator // *Naukovedenie*. 2017;9(4). (in Russ). Accessed: 07.05.2023. Available from: <https://naukovedenie.ru/PDF/05TVN417.pdf>

**29.** STO PGUPS-10-112-2014. Metodicheskie rekomendatsii po obsledovaniyu tekhnicheskogo sostoyaniya i raschetu ostatochnogo resursa s tselyu opredeleniya vozmozhnosti prodleniya sroka bezopasnoy ekspluatatsii eskalatorov Peterburgskogo metropolitena. Saint Petersburg: PGUPS; 2014. (in Russ).

## ОБ АВТОРАХ

### \* Еланцев Валентин Валентинович,

аспирант кафедры «Наземные транспортно-технологические комплексы»;

адрес: Российская Федерация, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр-т, д. 9;

ORCID: 0000-0003-1731-5626;

eLibrary SPIN: 9667-9716;

e-mail: evv3012@gmail.com

### Попов Валерий Анатольевич,

доцент, канд. техн. наук,

доцент кафедры «Наземные транспортно-технологические комплексы»;

ORCID: 0000-0003-2635-5427;

eLibrary SPIN: 2418-7152;

e-mail: vpopov\_58@mail.ru

## AUTHORS' INFO

### \* Valentin V. Elantsev,

Postgraduate of the Mechanical Handling and Road Building Machines Department;

address: 9 Moskovsky avenue, 190031 Saint Petersburg, Russian Federation;

ORCID: 0000-0003-1731-5626;

eLibrary SPIN: 9667-9716;

e-mail: evv3012@gmail.com

### Valery A. Popov,

Associate Professor, Dr. Sci. (Tech.),

Associate Professor of the Mechanical Handling and Road Building Machines Department;

ORCID: 0000-0003-2635-5427;

eLibrary SPIN: 2418-7152;

e-mail: vpopov\_58@mail.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author