

Правильное освещение эскалатора метрополитена – набор радикальных решений

Л.Г. НОВАКОВСКИЙ, С.А. ФЕОФАНОВ

ООО «Фарос-Алеф», Москва
E-mail: pharos-alef@yandex.ru

Аннотация

Приведён анализ освещения эскалаторных зон Московского метрополитена. Показаны недостатки существующей системы освещения и предложены пути их устранения с модернизацией используемых осветительных приборов, обеспечивающей сохранение исторического облика последних.

Ключевые слова: световая среда, психофизиологические расстройства зрительного аппарата, эскалаторный наклон, рабочее и аварийное освещение.

1. Введение

Освещение станционного пространства Московского метрополитена, представляющего сложнейший комплекс объектов, обеспечивающих безопасность перевозок и технического обслуживания путей и всей инфраструктуры, наряду с элементами культурного наследия, является весьма специфической задачей, решение которой скорее сродни музейному освещению.

При этом, так как эти объекты – часть общего архитектурного проекта, их освещение должно осуществляться в контексте решения задачи для всего комплекса как двуединой системы, в первой подсистеме которой – «внешняя среда – вестибюль – эскалатор – центральный зал – платформа – вагон» – элементом воздействия является пассажир, а вторая – «платформа – тоннель» – замыкается на машинисте.

Здесь мы коснёмся первой подсистемы, в которой, как показывает анализ, в ряду станционных зон, требующих выравнивания освещения, самым противоречивым элементом, является эскалатор, поскольку освещённость на глазах пассажира за небольшой отрезок времени многократно меняется – более чем втрое. Притом заметим, что: 1) идеально такое освещение, при ко-

тором все элементы системы одинаковы по освещённости; 2) как показали исследования в ООО «Фарос-Алеф» совместно с представителями эскалаторной службы и службы энергоснабжения Московского метрополитена, ситуацию осложняет несовершенство существующего принципа освещения эскалаторных наклонов, не позволяющее достигать современных норм освещённости, установленных требованиями [1].

Соответственно, в силу особенностей традиционно используемых конструкций ОП на эскалаторах, необходим принципиальный пересмотр подхода к освещению этой станционной зоны.

Сложность решения этой задачи усугубляется тем, что конструкции «эскалаторных» ОП разные и большинство из них требует изменения рассеивателя, причём делать это необходимо без изменения внешнего вида ОП – не искажая исторического облика станции.

Не менее важна и реализация аварийного освещения светодиодами, что потребует специальных разработок.

И, наконец, необходимо обеспечение той стороны психологического комфорта, которая определяется цветовой температурой световой среды, – путём изменения этого параметра источников света, а именно с 3700–4200 К утром до 2800–3200 К вечером (т.е. с учётом циркадного цикла человека).

При этом решение всех указанных задач должно осуществляться на фоне снижения энергопотребления, что до недавнего времени было технически крайне затруднено. Появление и быстрое развитие мощных светодиодных источников света позволяет успешно преодолевать препятствия на этом пути и справляться с рядом других задач модернизации освещения, одна из которых, к примеру, – выравнивание освещённости в тоннеле, на платформе и в центральном зале – уже успешно решена на базе адаптивных ОП подвижного состава [2], разработанных ООО «Фарос-Алеф» и испытанных в Московском метрополитене.

Понятно, что предлагаемая модернизация освещения в метро должна обеспечиваться минимальной номенклатурой максимально унифицированных ОП и источников света с учётом особенностей их обслуживания.

Решению всех перечисленных задач модернизации освещения в Мос-

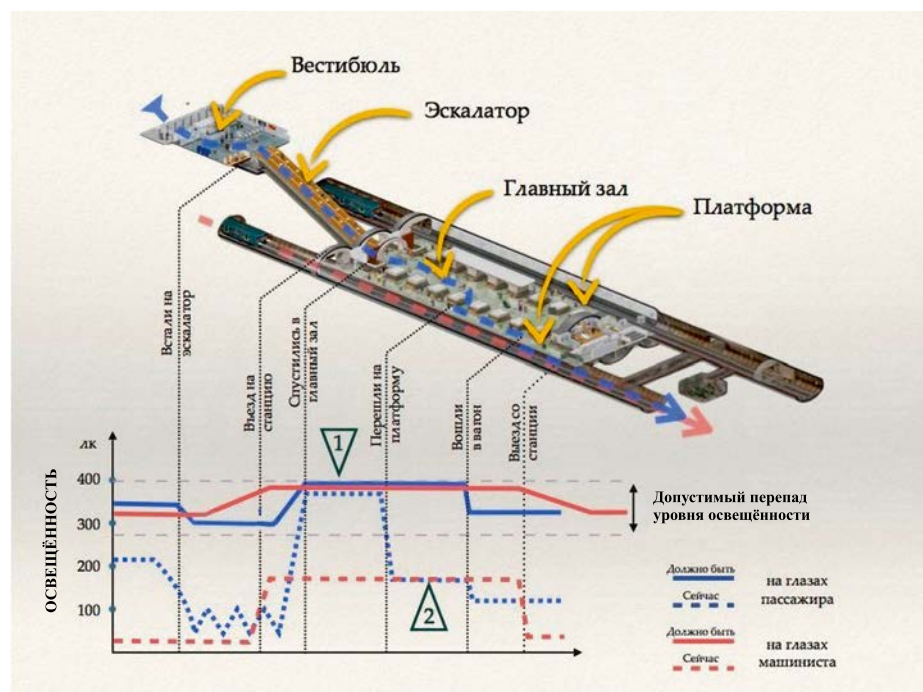


Рис. 1. Схема распределения освещённости по станционному пространству

ковском метрополитене и посвящена данная работа.

2. Анализ состояния световой среды в эскалаторной и предэскалаторной зонах станций Московского метрополитена

Как уже отмечалось, особое место в освещении метрополитена занимает эскалатор. Особое потому, что освещение этой зоны практически адаптирует пассажира или к зрительной работе на улице, или к световой среде метрополитена (зал, платформа и т.п.). Именно поэтому значительные перепады освещённости на глазах пассажиров нежелательны, вследствие чего и не допускаются [1]. Однако реальная картина явно противоречит этому ограничению. Как показывают измерения (табл. 1), освещённость на ступеньках и глазах пассажиров при движении эскалатора разная на разных станциях в зависимости от конструкции используемых ОП, их расположения, типа перекрытия свода наклона и, что самое главное, нигде не соответствует принятым нормам. Так, максимальная освещённость на глазах пассажира (324 лк) – на «Бауманской», а минимальная (10 лк) – на «Киевской-радиальной», максимальная освещённость на ступеньке (169 лк) – на «Бауманской», а минимальная (4 лк) – на «Спортивной».

На одном эскалаторе с традиционными конструкциями ОП «торшер с шаровым рассеивателем» она колеблется от 340 до 186 лк при движении вниз и от 160 до 312 лк при движении вверх, т.е. освещённость на глазах пассажиров меняется при проезде одного ОП, соответственно, более чем в 1,7 и 1,95 раза, а при использовании ОП «торшер с полушаровым рассеивателем» – от 44 до 14 лк при движении вниз и от 53 до 19 лк при движении вверх (изменения в 3,1 и 2,7 раза). А это много – должно быть $\leq 1,5$ [1], причём каждое такое изменение происходит за 5 с и общее число изменений за один спуск или подъём на эскалаторе доходит до 15–18.

Аналогичные результаты были получены и на эскалаторах, использующих ОП с другими типами рассеивателей: «матовый длинный цилиндрический», «матовый короткий цилиндрический» и «прозрачный цилиндрический». Причина таких из-

Рис. 2. Схема изменения освещённости на глазах пассажиров при движении эскалатора

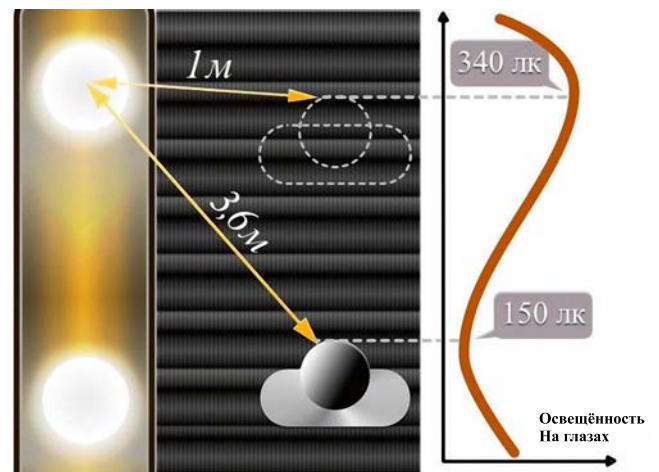


Рис. 3. Организация освещения эскалаторной зоны на станции «Сретенский бульвар»

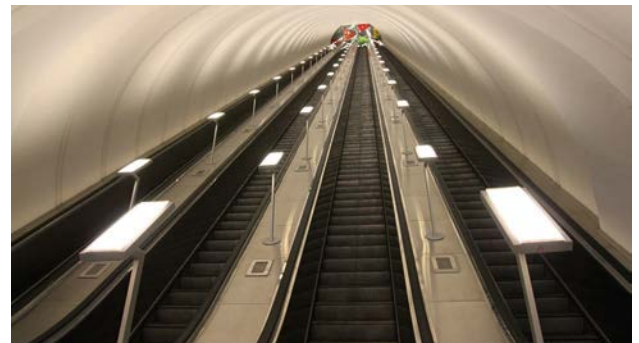
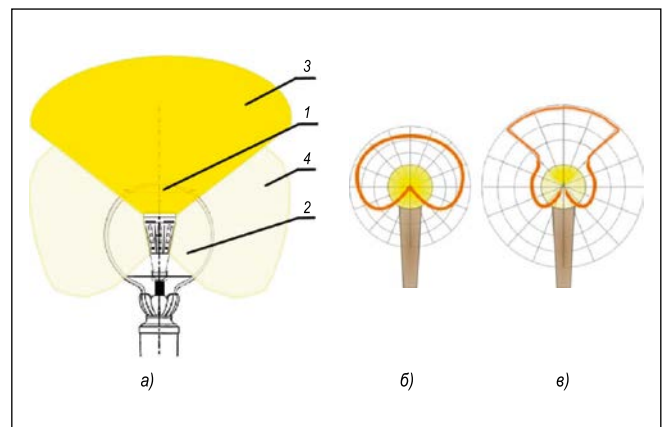


Рис. 4. Эскалаторный торшер: а – предлагаемая конструкция; б – индикатриса излучения при традиционном исполнении, в – индикатриса излучения при реализации предлагаемой конструкции




менений освещения – в существенном изменении расстояния между ОП и пассажиром при движении эскалатора, как это наглядно показано на рис. 2.










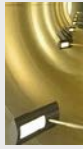
Кроме того, в нормируемой зоне (эскалатор на уровне ступеньки должен иметь освещённость ≥ 100 лк [1]) измеренная освещённость практически на всех станциях оказалась ниже нормативной и зависимой от: 1) расстояния до ОП (например, на станции «ВДНХ», от 15 до 58 лк); 2) используемых типов ОП (например, при использовании ОП с шаровым рассеивателем на «Электрозаводской» – от 18 до 63 лк, а ОП с полушаровым рассеивателем на «Спортивной» – от 10 до



Рис. 5. Предлагаемая схема освещения эскалатора: визуализация принципа освещения эскалаторного наклона

Таблица 1

№	Станция	Тип светового прибора	Освещённость, лк																	
			Ступеньки (норматив: 100 лк в любой точке)						Уровень глаз пассажира											
			У края (слева)			В центре			У края (справа)			Вертикальная			Горизонтальная					
Мин.	Макс		Мин	Макс		Мин	Макс	$E_{\text{max}}/E_{\text{min}} \leq 1,5$	Мин	Макс	Отноше-ние	Мин	Макс							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16					
1	Просп. Мира-кольц.		Вв Вн	26 26	33 33	54 30	40 48	23 23	35 28	2,35 2,08	53 50	80 96	1,5 1,92	52 50	92 76					
2	Динамо		Вв Вн	20 18	21 52	23 33	34 78	24 19	35 50	1,75 4,3	37 40	140 230	3,78 5,75	45 40	130 105					
3	Белорусская		Вв Вн	27 41	34 58	36 64	38 84	27 65	29 70	1,4 2,04	50 190	69 210	1,38 1,1	45 90	42 78					
4	ВДНХ		Вв Вн	27 25	43 32	40 37	58 74	15 28	24 33	3,86 2,96	44 37	60 100	1,36 2,7	69 67	95 115					
5	Бауманская		Вв Вн	99 90	120 110	132 120	169 158	87 86	110 105	1,94 1,83	160 186	312 324	1,9 1,74	208 170	363 346					
6	Электровзаводская		Вв Вн	33 30	43 44	39 40	63 70	18 23	33 31	3,5 3,04	50 70	134 124	2,68 1,77	76 70	120 115					
7	Алексеевская		Вв Вн	21 17	36 26	20 21	22 23	15 17	17 18	2,4 1,52	47 50	85 85	1,8 1,7	45 42	59 60					
8	Университет		Вв Вн	34 20	40 30	14 22	20 30	12 19	15 33	3,3 1,73	33 49	60 112	1,8 2,28	41 35	52 65					
9	Комсомольская-рад.		Вв Вн	40 35	57 40	34 35	38 40	36 32	52 34	1,6 1,25	78 89	131 121	1,7 1,35	82 84	126 110					
10	Комсомольская-К		Вв Вн	21 12	22 30	19 17	24 34	22 15	37 25	1,94 2,0	66 73	133 142	2,01 1,94	45 55	126 103					
11	Клевская-рад.		Вв Вн	9 8	17 15	13 8	22 15	10 8	15 10	2,44 1,88	20 10	46 23	2,3 2,3	26 26	45 32					
12	Проспект Мира-рад.		Вв Вн	76 64	83 90	83 85	96 97	86 72	110 77	1,45 1,51	160 210	230 280	1,43 1,3	181 186	210 206					
13	Семёновская		Вв Вн	52 35	60 60	52 52	74 87	33 44	77 62	2,49 2,48	80 95	243 216	3,03 2,27	105 92	160 183					
14	Спортивная		Вв Вн	10 4	19 15	18 19	28 26	11 11	21 16	2,8 6,5	19 14	53 44	2,7 3,1	16 19	31 47					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
15	Воробьёвы горы		Вв Вн	10 11	19 15	18 19	28 26	11 11	21 16	2,8 2,36	19 14	53 44	2,78 3,14	16 19	31 47
16	Черкизовская		Вв Вн	4530	83 50	34 42	83 110	30 50	70 101	2,77 3,67	95 113	309 551	3,25 4,88	126 110	420 432
17	Киевская-кольц.		Вв Вн	9 9	11 12	13 13	15 15	9 9	11 11	1,6 1,6	27 30	33 45	1,2 1,5	16 20	17 27
18	Тверская		Вв Вн	78 58	109 62	76 70	106 110	63 45	70 85	1,68 2,4	95 140	240 270	2,5 1,93	150 120	179 195
19	Маяковская (коротк. эскал.)		Вв Вн	18 17	26 21	34 26	53 35	27 20	48 22	2,9 2,05	46 41	115 105	2,5 2,56	39 49	103 67
20	Маяковская (длин. эскал.)		Вв Вн	22 36	32 64	27 61	35 93	28 28	42 43	1,9 3,3	44 65	63 125	1,43 1,9	62 63	82 159
21	Пушкинская		Вв Вн	51 65	73 105	80 85	116 160	85 76	130 127	2,55 1,88	130 171	400 390	3,07 2,28	137 132	319 251
22	Марксисткая		Вв Вн	17 23	60 45	18 26	66 41	13 22	78 25	6,0 2,04	41 47	230 125	5,61 2,66	37 32	138 60
23	Охотный ряд		Вв Вн	52 13	85 20	43 24	76 50	35 23	60 51	2,4 3,9	45 67	161 261	3,57 3,9	60 79	180 148
24	Китай-город		Вв Вн	54 81	58 104	76 100	104 152	79 66	105 115	1,94 2,3	145 153	210 235	1,44 1,53	149 107	167 185
25	Лубянка		Вв Вн	36 57	42 98	51 54	78 88	37 60	78 113	2,16 2,1	85 137	279 310	3,28 2,26	121 117	239 216
26	Сухаревская		Вв Вн	38 27	82 75	48 77	79 143	31 52	45 109	2,64 5,3	114 121	404 369	3,54 3,05	108 100	178 200
27	Беляево		Вв Вн	11 11	27 15	31 13	42 31	35 15	49 39	4,4 3,54	49 63	231 157	4,7 2,49	53 33	77 73
28	Сретенский бульвар			Вв Вн	35 27	43 30	36 32	47 52	32 40	38 48	1,46 1,92	45 59	61 70	1,35 1,18	90 95
29	Спартак		Вв Вн	19 29	26 50	24 65	61 123	17 19	50 51	3,5 6,4	54 60	94 114	1,74 1,9	52 84	92 170
30	Международная		Вв Вн	52 50	90 91	75 63	93 115	76 84	95 109	1,82 2,3	41 94	67 200	1,63 2,13	50 107	85 214

(Красным – не удовлетворяет нормам, чёрным – в норме, синим – не нормируется)

28 лк); 3) мощности источников света (например, при ОП с однотипным рассеивателем на «Марксистской» – от 17 до 78 лк, а на «Пушкинской» – от 51 до 130 лк).

3. Правильное освещение эскалатора

3.1. Базовое техническое решение освещения эскалаторов

Стремление уменьшить изменения освещённости привели к разработке нового принципа эскалаторного освещения и реализующих его конструкций на станциях «Сретенский бульвар», «Международная» и «Спартак».

В этих вариантах освещение в контрольной зоне производится излучением установленного на балюстраде ОП, переотражаемым от поверхности свода наклона, что исключает попадание прямого излучения ОП в глаза пассажира.

По характеру светораспределения в большей мере, но не полностью (из-за не самого лучшего соотношения световых потоков в верхнюю и нижнюю полусферы), требованиям [1] отвечают балюстрадные ОП (светильники) на станции «Сретенский бульвар» (рис. 3). Расчёты показывают, что для обеспечения нормативных освещённости световой поток ОП в сторону потолка в данном случае должен быть выше: не менее 5000 лм.

Аналитическое моделирование и практическая реализация такого «балюстрадного» освещения подтверждает возможность решения поставленных задач, но требует новых ОП,

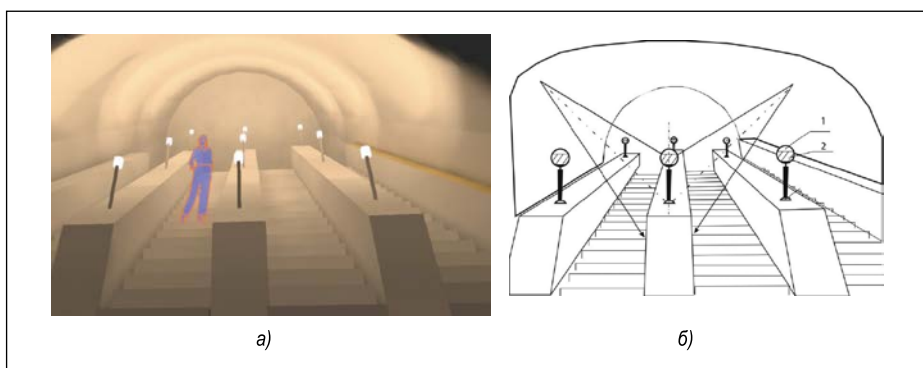


Рис. 6. Распределение освещённости на своде эскалаторной балюстрады: а – визуализация освещённости на своде, б – ход лучей

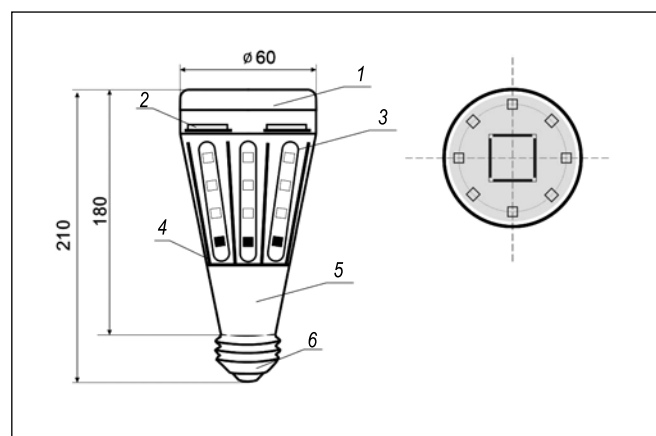


Рис. 7. Внешний вид светодиодной лампы для общего и аварийного освещения эскалаторных наклонов: 1 – рассеиватель матовый, 2 – матрица основного освещения, 3 – линейка декоративного освещения рассеивателя, 4 и 5 – корпус, 6 – цоколь E27

которые из-за своих стилистических особенностей не пригодны к использованию на старых станциях.

Тем не менее, оказалось возможным решить этот вопрос при всех возможных действующих вариантах ОП эскалаторной балюстрады, сохранив их исторический образ [3, 4]. Так, в наиболее распространённом варианте эскалаторных ОП первых станций Московского метропо-

литена, выполненных в виде торшера с шаровым рассеивателем (рис. 4), верхняя и нижняя части рассеивателя должны иметь разный коэффициент пропускания: нижняя – малый, а верхняя – большой. При этом такой рассеиватель должен иметь две зоны, одна из которых, зона 1, практически прозрачная (с большим коэффициентом пропускания), а вторая, зона 2, матовая (с малым коэффици-

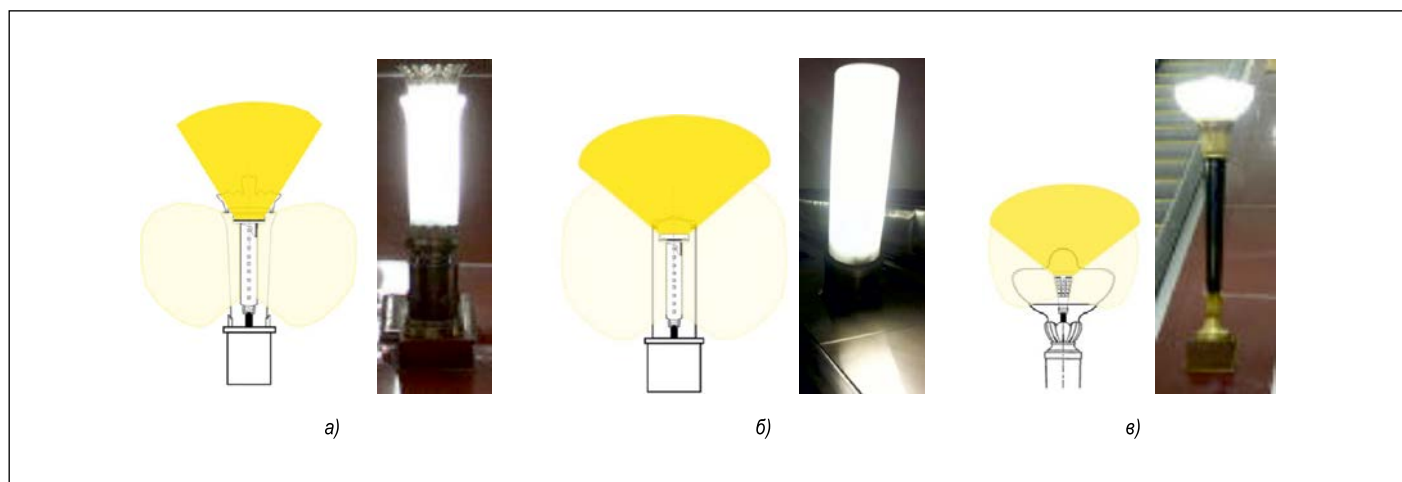


Рис. 8. Схема работы специальной светодиодной лампы в конструктивных вариантах традиционных эскалаторных светильников в режиме рабочего освещения:

а – с закрытым сверху матовым рассеивателем, б – с открытым сверху матовым рассеивателем, в-с полушаровым рассеивателем

ентом пропускания), а источник света должен большую часть светового потока 3 направлять на зону 1, с минимальным ослаблением освещая свод эскалаторного наклона и создавая этим на ступеньках эскалатора (отражённым светом) нужную освещённость, тогда как в 5–6 раз меньшая часть светового потока 4 должна направляться на зону 2 рассеивателя. В результате при включённом ОП рассеиватель выглядит целиком светящим телом.

При этом ослепление пассажира полностью исключается, поскольку большая часть светового потока заключена в конусе, образующие которого всегда расположены вне глаз проезжающего мимо ОП пассажира (рис. 5), а распределение освещённости по своду потолка балюстрады достаточно равномерно и комфортно для восприятия.

Визуализация распределения освещённости (рис. 6) показывает, что в поле зрения создаваемые ОП полосы «визироваться» не будут.

Как уже отмечалось, отражаемый от свода эскалаторного перекрытия световой поток создаёт достаточную освещённость на ступеньках эскалатора и, добавив, без зрительного дискомфорта (за счёт создаваемой освещённости в 350–400 лк и в залах станции, и в вестибюле). При этом абсолютные значения освещённости и их распределение в рабочем режиме освещения рассчитывались по программе «Dialux» при использовании специально разработанной светодиодной лампы, внешний вид и технические характеристики которой приведены на рис. 7 и в табл. 2.

В случае других конструкций традиционных эскалаторных ОП (рис. 8) это техническое решение также реализуется без особых проблем.

3.2 Аварийное освещение

Особое место в системе освещения эскалаторной зоны станций ме-

Параметр	Характеристика
Корпус	Пластик, чёрный
Потребляемая мощность, Вт в рабочем режиме освещения в аварийном режиме освещения	60 10
Световой поток в рабочем режиме освещения, лм	5000
Световой поток в аварийном режиме освещения, лм	1800
Напряжение питания, В	24

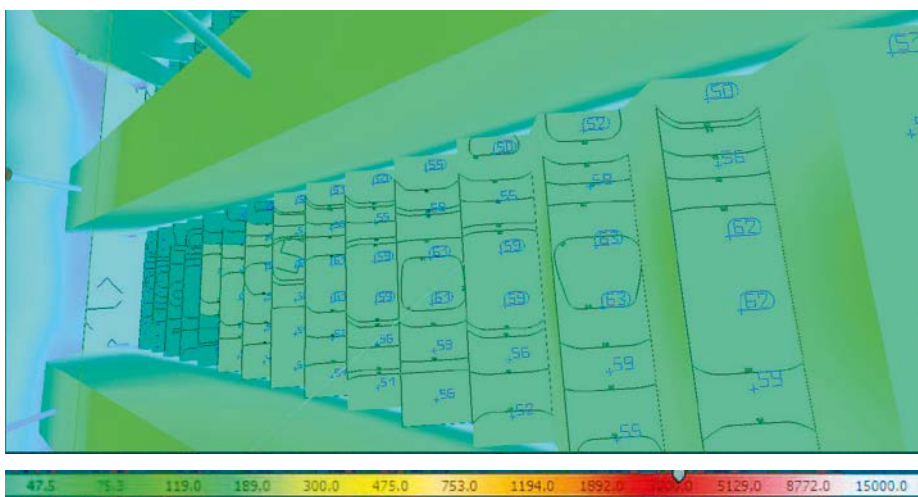


Рис. 9. Распределение освещённости (в лк) на ступеньке эскалатора в режиме аварийного освещения

трополитена занимает аварийное освещение, требования к которому предполагают работу ОП на переменном и постоянном токах в диапазоне напряжений постоянного и переменного тока 60–160 В и 127 В ± 10 %. При этом нормативная на ступеньке эскалатора освещённость должна быть не ниже 10 лк.

Понятно, что решение этой задачи требует использования специального оборудования для управления и подключения ОП к рабочей и аварийной сетям.

Функционирование такого ОП со светодиодами в рабочем режиме освещения предполагает совместное использование зон 1 и 2 рассеивателя

и лампы (рис. 4 и 8), а режим аварийного освещения – только зоны 2.

На рис. 9 приведено распределение освещённости на ступеньках эскалатора в аварийном режиме работы по предлагаемому решению, показывающее, что оно обеспечивает комфортную для эвакуации и восстановительных работ освещённость, в шесть раз большую действующей нормы [1].

3.3. Обозначение габаритов подвижной части эскалатора

Современные требования к безопасности предписывают обозначение подвижной части эскалатора. Сегодня это требование в ряде случаев – например, на станции «Перспект мира-кольцевая» – обеспечивается установкой светодиодной ленты синего света, использование которой недопустимо по медицинским показателям [5] и запрещено по форме исполнения [1].

Исключить негативный эффект при этом можно заменой цвета излучения на зелёный с использованием соответ-

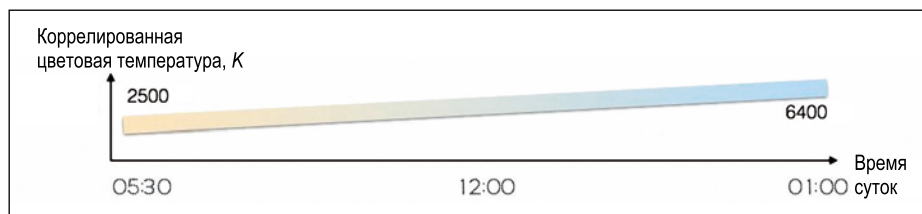


Рис. 10. Изменение во времени коррелированной цветовой температуры светодиодных ламп для адаптивных систем освещения

ствующей светодиодной ленты в рас-сеивающей оболочке.

3.4. Адаптивное освещение эскалаторов

Учитывая общую тенденцию разви-тия систем освещения в сторо-ну адаптации формируемой свето-вой среды к психофизиологической функции человека и уровень разви-тия источников света, уже сегодня возможна разработка подобной систе-мы, обеспечивающей изменение цве-товой температуры ОП в зависимости от времени суток, т.е. системы, учи-тывающей психофизиологическое со-стояние пассажира.

Реализуется такая система на осно-ве светодиодных матриц с переменной коррелированной цветовой температу-рой (рис. 10).

4. Разработка нормативной базы

Анализ сказанного в п. 3 показыва-ет, что сегодня существует техниче-ская база для модернизации освеще-ния всех зон станционного простран-ства, включая эскалаторную. Однако её реализация невозможна без разра-ботки соответствующих нормативов, учитывающих не только требования охраны труда работающего в метро-политене персонала, но и пассажира. Причём совершенно очевидно – набор контролируемых светотехнических параметров в этой связи должен быть значительно расширен. Например, на-ряду с освещённостью на ступеньке эскалатора, он должен включать освещённость на глазах пассажира.

Кроме того, представляется целесо-образным исключить попадание в гла-за наблюдателя прямого излучения не только светодиодных источников све-та, но и люминесцентных ламп, что в силу наличия у последних пульса-ции светового потока делает их значи-тельно вреднее светодиодных источ-ников света. И таких соображений и рекомендаций можно привести мно-жество.

Заключение

• Представленные материалы под-тверждают возможность, проведения модернизации освещения всех зон станционного пространства, включая эскалаторную, на существующей тех-нической базе.

• Модернизация освещения эскала-торной зоны требует пересмотра ме-тодов формирования световой среды.

• Предлагаемая схема освещения эскалаторного пространства и соот-ветствующее конструктивное реше-ние позволяют сохранять историче-ский образ используемых ОП.

• Проведение работ по модерниза-ции указанного освещения требует пе-ресмотра санитарных норм и правил эксплуатации метрополитенов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Санитарные правила эксплуатации метрополитенов СП 2.5.1337–03. Санитар-но-эпидемиологические правила (в ред. Постановления Главного государствен-ного санитарного врача РФ от 30.04.2010 № 50).

2. *Новаковский Л.Г.* Освещение под-вижного состава – ключевая задача фор-мирования световой среды метрополи-тена // Светотехника. – 2011. – № 4. – С. 8–14, 16–21.

3. *Новаковский Л.Г., Казовский Н.И., Каневский А.В., Песелис Ю.А.* Освети-тель эскалаторной балюстрады метро-политена / Заявка на ПМ № 2017107716, 09.03.2017.

4. *Новаковский Л.Г., Аллаш Е.Х, Мирас Жан-Пьер.* Световой прибор для форми-рования светового пучка / Патент на ПМ № 159921. 2016. Бюл. № 5.

5. *Капцов В.А., Дейнего В.Н.* Синий свет светодиодов – новая гигиеническая проблема // Анализ риска здоровью. – 2016. – № 1(13). – С. 15–25.



Новаковский Леонид Григорьевич, кандидат техн. наук Окончил в 1969 г. МАМИ. Ди-ректор ООО «Фарос-Алеф»



Феофанов Сергей Александрович, кандидат техн. наук. Окончил в 2005 г. МАДИ. Старший научный сотрудник ООО «Фарос-Алеф»

ЮНЕСКО учреждён Международный день света

14 ноября 2017 года в Париже состоялась 39-я сессия ЮНЕСКО, на которой дата 16 мая была про-возглашена Международным днём света. День, который ежегодно с 2018 года будет именоваться Ме-ждународным днём света, призван подчеркнуть мировое признание той роли, которую свет и освеще-ние играют в жизни человека, в об-ластях науки, техники, культуры и образования.



Международный день света – это ежегодное продолжение успешно проведённого ЮНЕСКО Междуна-родного года света в 2015 году, ко-торый отметили более 100 миллио-нов человек в более чем 140 стра-нах мира. Международный день све-та в качестве ежегодного дня был предложен ЮНЕСКО представите-лями Российской Федерации, Ганы, Мексики, Новой Зеландии при под-держке Исполнительного совета ЮНЕСКО и Генеральной конферен-ции 27 стран: Аргентины, Колумбии, Чешской Республики, Республики Конго, Доминиканской Республики, Эквадора, Египта, Финляндии, Ира-на, Кот-д’Ивуара, Кении, Ливана, Мадагаскара, Малайзии, Марокко, Никарагуа, Сербии, ЮАР, Судана, Швеции, Нигерии, Парагвая, Катар, Того, Вьетнама, Уганды и Зимбабве.

В мае 2018 года по всему миру вновь пройдут серии информацион-но-просветительских мероприятий, организованных партнёрами Ме-ждународного дня света, нацеленные, в первую очередь, на школьников, студентов и общественность. Тор-жественное открытие первого еже-годного Международного дня све-та пройдёт с участием лауреатов Нобелевской премии и авторитет-ных специалистов в областях на-уки, образования, промышленности и дизайна, и состоится 16 мая 2018 года в штаб-квартире ЮНЕСКО в Париже.