ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 56334— 2015

Тоннели автодорожные

ОСВЕЩЕНИЕ ИСКУССТВЕННОЕ

Нормы и методы расчета

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2015

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский светотехнический институт им. С.И. Вавилова» (ООО «ВНИСИ»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 332 «Светотехнические изделия»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 января 2015 г. № 32-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

5 Национальный орган Российской Федерации по стандартизации не несет ответственности за патентную чистоту настоящего стандарта. Патентообладатель может заявить о своих правах и направить в Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии аргументированное предложение о внесении в настоящий стандарт поправки для указания информации о наличии в стандарте объектов патентного права и патентообладателе

Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном формационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (gost.ru)

© Стандартинформ, 2015

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Тоннели автодорожные

ОСВЕЩЕНИЕ ИСКУССТВЕННОЕ
Нормы и методы расчета

Road tunnels. Artificial lighting. Norms and design methods

Дата введения – 2015–10–01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает нормы и методы расчета стационарного искусственного освещения автодорожных тоннелей.

Настоящий стандарт применяют при проектировании и эксплуатации вновь устраиваемых и реконструируемых установок искусственного освещения автодорожных тоннелей.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 55392 Приборы и комплексы осветительные. Термины и определения

ГОСТ Р 55708 Освещение наружное утилитарное. Методы расчета нормируемых параметров

ГОСТ Р 55710 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений

ГОСТ Р 55842 (ИСО 30061:2007) Освещение аварийное. Классификация и нормы

ГОСТ Р 55843 (МКО 193:2010) Освещение аварийное автодорожных тоннелей. Нормы

ГОСТ Р 56228 Освещение искусственное. Термины и определения

ГОСТ Р 56239 Тоннели автодорожные. Искусственное освещение. Методы измерений нормируемых параметров

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения, Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 55392 и ГОСТ Р 56228, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **автодорожный тоннель (тоннель)**: Часть дороги для проезда автомобильного транспорта, имеющая боковые и верхнее перекрытия проезжей части, которые препятствуют попаданию дневного света на дорожное покрытие и ухудшают водителю условия видимости дорожной обстановки.

Примечания

1 Под это определение подпадает термин «проезд под путепроводом», определяемый как часть дороги, перекрытая проходящей сверху другой автомобильной или железной дорогой.

2 Под определение тоннеля не подпадает термин «галерея», определяемый как часть дороги, перекрытие которой на всем ее протяжении имеет одну или обе светопроницаемые стены.

Издание официальное

3.2 **внутренняя зона тоннеля**: Участок тоннеля, примыкающий к концу переходной зоны и заканчивающийся у начала выездной зоны, а при ее отсутствии – у выездного портала.

3.3 **выездная зона тоннеля**: Участок тоннеля длиной, равной РБТ, примыкающий к концу внутренней зоны и заканчивающийся у выездного портала.

Примечание – Выездная зона может отсутствовать.

3.4 **выездной портал тоннеля**: Часть строительной конструкции тоннеля, обрамляющая выезд из тоннеля.

3.5 **въездной портал тоннеля**: Часть строительной конструкции тоннеля, обрамляющая въезд в тоннель.

Примечание – При наличии на въезде в тоннель солнцезащитного экрана положение въездного портала соответствует началу перекрытой таким экраном проезжей части.

3.6 **длина тоннеля**, м: Расстояние между въездным и выездным порталами, отсчитываемое вдоль центральной линии проезжей части тоннеля.

3.7 **дневной режим освещения**: Режим освещения транспортной зоны тоннеля в светлое время суток, предназначенный для облегчения зрительной адаптации водителей транспортных средств при въезде и выезде из тоннеля.

3.8 **зона отъезда от тоннеля**: Участок дороги вне тоннеля длиной, равной двум РБТ, примыкающий к выездному порталу.

3.9 **зоны с постоянной яркостью**: В дневном режиме: первая (по ходу движения) половина пороговой зоны и внутренняя зона; в ночном режиме – весь тоннель.

Примечание – При ступенчатом распределении яркости в переходной зоне участки тоннеля каждой из яркостных ступеней рассматривают как зоны с постоянной яркостью.

3.10 **интенсивность движения,** ед/ч: Число единиц транспортных средств, проходящих в течение часа через поперечное сечение полосы движения в часы пик.

3.11 **короткий тоннель**: Тоннель, который имеет длину не более 125 м или при подъезде к которому водитель, находящийся на РБТ перед въездным порталом, видит не менее 20 % площади рамки выездного портала.

Примечание – Короткие тоннели в дневном режиме нормируют на пониженные уровни освещения.

3.12 **ночной режим освещения**: Режим освещения транспортной зоны тоннеля в темное время суток.

3.13 **переходная зона тоннеля**: Участок тоннеля, примыкающий к концу пороговой зоны и заканчивающийся у начала внутренней зоны.

3.14 **подъездная зона тоннеля**: Участок дороги вне тоннеля длиной, равной РБТ, примыкающий к въездному порталу.

3.15 **пороговая зона тоннеля**: Участок тоннеля длиной, равной РБТ, примыкающий к въездному порталу.

3.16 **притоннельное сооружение**: Подземное или наземное сооружение, предназначенное для размещения технологических или эксплуатационных обустройств, обеспечивающих жизнедеятельность и обслуживание тоннеля.

3.17 **расстояние безопасного торможения** (РБТ), м: Минимальное расстояние, требуемое для надежного приведения транспортного средства, движущегося с проектной скоростью, в состояние полной остановки, которое определяется суммарным временем реагирования водителя на появившееся препятствие для принятия решения и временем торможения транспортного средства.

3.18

система симметричного освещения тоннеля: Освещение тоннеля, при котором свет падает на объекты одинаково как по ходу, так и против движения транспортного потока

Примечание – Симметричное освещение характеризуется использованием светильников, распределение силы света которых симметрично относительно плоскости, перпендикулярной направлению движения.

[ГОСТ Р 56228, статья 5.11]

3.19

система встречного освещения тоннеля: Освещение тоннеля, при котором свет падает на объекты преимущественно в направлении, противоположном движению транспортного потока

Примечание – Система встречного освещения характеризуется использованием светильников, которые имеют распределение силы света, асимметричное относительно плоскости, перпендикулярной направлению движения транспортного потока, причем максимум силы света направлен навстречу движению

[ГОСТ Р 56228, статья 5.12]

3.20 **солнцезащитный экран**: Строительная конструкция, устанавливаемая над примыкающим к въездному порталу участком дороги для исключения попадания прямого солнечного света на проезжую часть этого участка с целью облегчения яркостной переадаптации водителя при въезде в тоннель.

3.21 **транспортная зона тоннеля**: Часть тоннеля, содержащая непосредственно проезжую часть, заключенную между въездным и выездным порталами.

3.22 **фликер-эффект**: Эффект монотонного мелькания ярких частей светильников и их бликов от корпуса автомобиля с определенной частотой и продолжительностью, вызывающий раздражение у водителя при проезде по тоннелю.

3.23

яркость адаптации L_{20}, кд/м^2: Средняя яркость в коническом поле зрения, стягиваемого углом 20° с вершиной в месте расположения глаза подъезжающего водителя и с направленной на центр входного портала тоннеля осью

Примечание – Яркость адаптации L_{20} определяют применительно к точке, расположенной на расстоянии безопасного торможения от входного портала тоннеля в середине, соответствующей проезжей части или полосы движения транспорта.

[ГОСТ Р 56228, статья 5.6]

4 Нормы освещения

4.1 Транспортная зона, служебно-технические и вспомогательные помещения тоннеля должны иметь рабочее и аварийное освещение.

4.2 В зависимости от характера (одностороннее или двустороннее в одной трубе) и интенсивности движения транспортного потока тоннели подразделяют на классы по освещению в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1

Движение	Одностороннее			Двустороннее		
Интенсивность движения на одну полосу, ед/ч	До 500	От 500 до 1500 включ.	Св. 1500	До 100	От 100 до 400 включ.	Св. 400
Класс тоннеля по освещению	1	2	3	1	2	3
Примечание – При наличии факторов, ухудшающих условия безопасности или комфортности движения в тоннеле (например, боковых въездов и выездов), класс тоннеля может быть повышен на одну ступень, за исключением класса 3.						

4.3 Рабочее освещение транспортной зоны тоннеля должно предусматривать дневной и ночной режимы.

4.4 Уровень освещения коротких тоннелей в дневном режиме относительно нормируемого уровня устанавливают в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2

Длина тоннеля, м	Радиус кривой въездного участка пути в плане, м	Уровень освещения относительно нормируемого, %
До 25	Любой	Не нормируют
От 25 до 75 включ.	Св. 350	
	До 350 включ.	50
» 75 » 125 »	Св. 350	
	До 350 включ.	100
Св. 125	Любой	

4.5 В транспортной зоне для дневного режима освещения выделяют четыре яркостные зоны в соответствии с приложением А.

4.6 Длину пороговой зоны принимают равной РБТ, значения которого в зависимости от проектной скорости движения транспортного потока должны соответствовать указанным в таблице 3.

Таблица 3

Проектная скорость движения, км/ч	40*	60	80	100	120
РБТ, м	25	55	100	155	220

* На боковых въездах в тоннель.

Примечания

1 При уклоне продольного профиля участка дороги в подъездной зоне 10 ‰ и более приведенные значения РБТ следует увеличить на 3 % при спуске или уменьшить на 2,5 % при подъеме на каждые 10 ‰ уклона к въездному порталу.

2 Для промежуточных значений проектной скорости значения РБТ определяют линейной интерполяцией с округлением до целого числа.

4.7 Отношение средней яркости дорожного покрытия L_{th} в первой половине пороговой зоны тоннеля к яркости адаптации L_{20} в подъездной зоне тоннеля, определяемой в соответствии с приложением Б, должно быть не менее значений, указанных в таблице 4. Значение отношения L_{th}/L_{20} в первой половине пороговой зоны тоннеля должно быть постоянным, а во второй половине – линейно спадать, достигая к концу этой зоны 40 % значения в первой половине пороговой зоны.

Таблица 4

Класс тоннеля	L_{th}/L_{20}, %, не менее при РБТ, м					
	До 60 включ.	80	100	120	140	Св. 160
1	2,0	2,5	3,0	3,4	3,7	4,0
2	3,0	3,5	4,0	4,4	4,7	5,0
3	4,0	4,5	5,0	5,6	6,3	7,0

Примечания

1 Для боковых въездов в тоннель при РБТ менее 55 м применяют норму L_{th}/L_{20} = 1,5 %.

2 Для промежуточных значений РБТ значения L_{th}/L_{20} определяют линейной интерполяцией с округлением до одного знака после запятой.

4.8 Продольное распределение отношения яркости дорожного покрытия в переходной зоне к средней яркости дорожного покрытия в первой половине пороговой зоны L_{tr}/L_{th} должно носить плавно спадающий характер. Значения отношения L_{tr}/L_{th} в каждой точке переходной зоны должны быть не менее соответствующих значений стандартной кривой спада относительной яркости L_{tr}/L_{th} в соответствии с приложением В.

Допускается ступенчатое распределение спада яркости, при котором каждая ступень отношения L_{tr}/L_{th} должна лежать не ниже стандартной кривой спада относительной яркости, а перепад яркости при переходе от одной ступени к следующей не должен превышать отношения 3:1. Пример ступенчатого спада яркости показан на рисунке В.1 приложения В.

Конец переходной зоны определяют в месте, где значение яркости переходной зоны L_{tr} спадает до двукратного значения средней яркости внутренней зоны L_{in}.

Для дополнительного комфорта водителя в случае ступенчатого спада яркости рекомендуется увеличивать длину переходной зоны на расстояние, проезжаемое транспортным средством с проектной скоростью за время 1–2 с.

4.9 В тоннелях с двусторонним движением в одной трубе пороговую и переходную зону следует устраивать со стороны обоих порталов.

4.10 Рекомендуется предусматривать автоматическое регулирование уровня освещения пороговой и переходной зоны тоннеля в зависимости от яркости адаптации в подъездной зоне L_{20} в данный момент времени, обеспечивая при этом нормируемое значение отношения L_{th}/L_{20} в соответствии с таблицей 4.

4.11 Во внутренней зоне значения средней яркости дорожного покрытия L_{in} должны быть не менее указанных в таблице 5.

Таблица 5

Класс тоннеля	Средняя яркость дорожного покрытия внутренней зоны L_{in}, кд/м^2, не менее при РБТ, м					
	До 60 включ.	80	100	120	140	Св. 160
1	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
2	1,5	1,7	2,0	2,5	3,2	4,0
3	2,5	3,0	4,0	4,8	5,4	6,0

Примечание – Для промежуточных значений РБТ значения L_{in} определяют линейной интерполяцией с округлением до одного знака после запятой.

4.12 Для тоннелей класса 3 рекомендуется, начиная с РБТ перед выездным порталом, устраивать выездную зону, в которой средняя яркость дорожного покрытия L_{ex} растет линейно, достигая за 20 м до выездного портала пятикратного значения средней яркости внутренней зоны L_{in}. Для тоннелей классов 1 и 2 выездную зону можно не создавать.

4.13 Ночной режим освещения следует предусматривать независимо от длины тоннеля. Средняя яркость дорожного покрытия по всей длине тоннеля должна быть постоянной и не ниже средней яркости освещаемых участков улиц или дорог, примыкающих к въездному и выездному порталу. Рекомендуемое значение средней яркости дорожного покрытия, кд/м^2, должно быть не менее:

- 2,0 – для тоннелей класса 3;
- 1,0 – для тоннелей класса 2;
- 0,8 – для тоннелей класса 1.

Допускается на участке длиной, равной РБТ, перед въездным порталом повышать не более чем на 30 % среднюю яркость дорожного покрытия по сравнению с соответствующей средней яркостью покрытия освещаемой дороги или улицы, ведущей к тоннелю, не превышая при этом среднюю яркость дорожного покрытия в тоннеле.

Для тоннеля, расположенного на неосвещаемом участке дороги, средняя яркость дорожного покрытия по всей длине, кд/м^2, должна быть не менее:

- 1,0 – для тоннелей класса 3;
- 0,8 – для тоннелей класса 2;
- 0,6 – для тоннелей класса 1.

Если средняя яркость дорожного покрытия тоннеля в ночном режиме не менее 1,0 кд/м^2, то требуется освещение зоны отъезда, средняя яркость дорожного покрытия в которой должна быть не менее 0,6 кд/м^2.

При наличии примыкающего к въездному порталу участка, перекрытого солнцезащитным экраном, ночной режим освещения этого участка должен быть аналогичен ночному режиму, установленному для всего тоннеля.

4.14 Переключение освещения с ночного режима на дневной и обратно следует проводить соответственно при повышении или спаде естественной горизонтальной освещенности вблизи въездного портала до 100 лк.

4.15 Во всех яркостных зонах отношение средней яркости поверхности нижней части стен тоннеля до уровня 2 м над покрытием дороги к средней яркости дорожного покрытия должно быть не менее 0,60 для тоннелей классов 3 и 2. Для тоннелей класса 1 рекомендуется, чтобы аналогичное отношение было не менее 0,25.

4.16 В зонах с постоянной яркостью должны быть обеспечены значения параметров равномерности яркости дорожного покрытия не менее указанных в таблице 6.

Таблица 6

Класс тоннеля	Общая равномерность U_o	Продольная равномерность U_l *
1	0,35	0,40
2	0,40	0,50
3	0,40	0,60
* Значение должно быть обеспечено для каждой полосы движения.		

Для тех же участков значение общей равномерности яркости нижней части стен (до 2 м над дорожным покрытием) должно быть не менее 0,35.

4.17 Пороговое приращение яркости *TI* для внутренней зоны в дневном режиме и всего тоннеля в ночном режиме должно быть не более 15 %.

4.18 Для предотвращения фликер-эффекта во внутренней зоне в дневном режиме и по всей длине тоннеля в ночном режиме при продолжительности проезда по таким участкам более 20 с шаг светильников в ряду должен лежать вне значений интервалов, приведенных в таблице 7.

Таблица 7

Проектная скорость движения, км/ч	60	80	100	120
Интервал недопустимых значений шага светильников, м	1,3 – 6,7	1,7 – 9	2 – 11	2,5 – 13

4.19 В транспортной зоне тоннеля значение коэффициента эксплуатации *MF* принимают равным 0,6 при условии не менее двух чисток светильников в год.

4.20 При использовании светильников с натриевыми лампами расстояние между светильниками и желтыми сигнальными огнями (светофорами) должно быть не менее одного метра по горизонтали в плоскости, перпендикулярной направлению движения.

4.21 Для рабочего освещения транспортной зоны применяют, как правило, специальные тоннельные светильники со светораспределением, соответствующим выбранной системе освещения тоннеля. Для пороговой и переходной зон рекомендуется использовать систему встречного освещения, для внутренней и выездной зон, а также во всем тоннеле в ночном режиме – систему симметричного освещения.

4.22 Светильники наиболее целесообразно располагать на потолке над проезжей частью в один или несколько рядов в зависимости от ее ширины и нормируемой средней яркости дорожного покрытия и стен. Габариты светильников по высоте не должны выходить за установленные для данного тоннеля пределы. Для тоннелей с числом полос движения не более двух допускается боковое размещение светильников (в верхней части стен или в углах между стеной и потолком). При размещении на стенах высота установки светильников должна быть не менее 4 м относительно покрытия дороги.

4.23 Аварийное освещение транспортной зоны тоннелей проектируют в соответствии с ГОСТ Р 55843.

4.24 Проектирование рабочего и аварийного освещения притоннельных сооружений, служебно-технических и вспомогательных помещений тоннеля (диспетчерские, вентиляционные камеры и др.) проводят с учетом общих требований к освещению производственных помещений по ГОСТ Р 55710 и ГОСТ Р 55842.

5 Методы расчета нормируемых параметров

5.1 Общие положения

5.1.1 При проведении расчетов принимают следующие допущения:

- светильники рассматривают как точечные источники света;
- распределение силы света светильников описывают в формате стандартных *I*-таблиц по ГОСТ Р 55708;
- поверхность дорожного покрытия на рассматриваемом участке тоннеля принимают горизонтальной, прямолинейной, с однородными отражающими свойствами;
- показатель яркости дорожного покрытия описывают в формате стандартных *r*-таблиц по ГОСТ Р 55708;
- поверхность стен на рассматриваемом участке принимают вертикальной, прямолинейной, с однородными отражающими свойствами;
- отражение от поверхности стен тоннеля принимают диффузным;
- при расчете отраженной составляющей яркости дорожного покрытия $L_{r,w}$ учитывают только первичное отражение от стен;
- отражение от поверхности свода тоннеля не учитывают.

5.1.2 Расчет нормируемых параметров яркости проезжей части и стен проводят только в зонах с постоянной яркостью (см. 5.4). В зонах с переменной яркостью (вторая половина пороговой зоны, переходная зона с плавным спадом яркости, выездная зона) для проверки соответствующих требований рассчитывают продольное распределение яркости проезжей части и стен (см. 5.5).

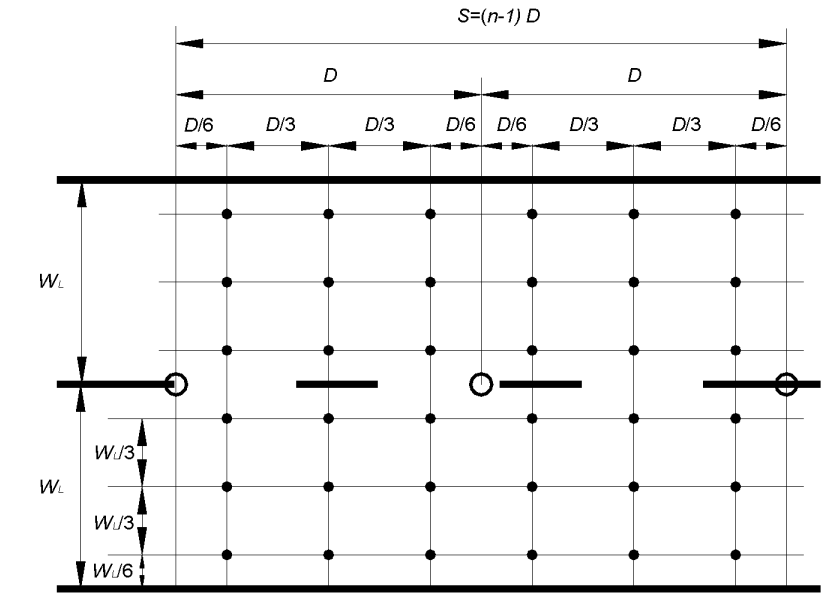
5.1.3 В каждой зоне с постоянной яркостью определяют контрольный участок, расположение которого выбирают посередине зоны, чтобы минимизировать влияние соседних зон с переменной яркостью или примыкающих порталов. Длину контрольного участка проезжей части и стен выбирают из диапазона 15 – 25 м, кратной продольному шагу светильников *D* в этой зоне.

Примечание – При размещении светильников в сплошную (без разрывов) линию длину контрольного участка выбирают кратной длине светильника.

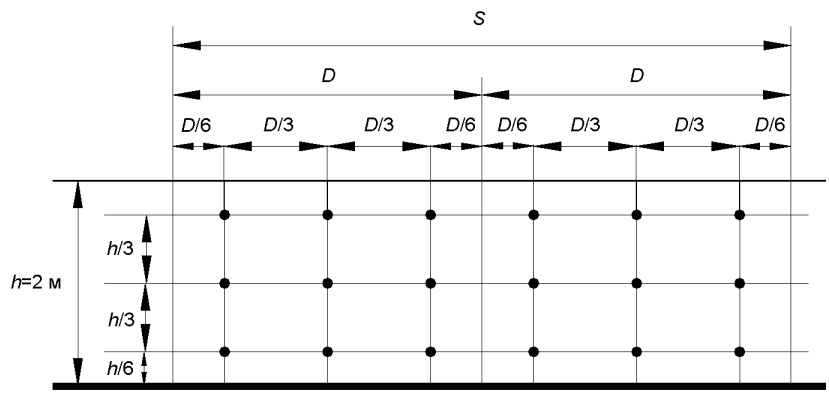
Для проезжей части тоннелей с односторонним движением или с двусторонним движением (в одной трубе), не имеющим разделения колоннами, ширину контрольного участка ограничивают шириной всей проезжей части тоннеля, а при наличии колонн – шириной проезжей части в одном направлении.

Для стен тоннеля ширину контрольного участка ограничивают высотой h = 2 м, отсчитываемой от уровня служебного прохода (банкетки), а при его отсутствии − от уровня проезжей части.

Расположение расчетных точек на контрольных участках проезжей части и стенах устанавливают согласно рисунку 1. Продольный шаг расчетных точек должен быть не более 2,5 м. Поперечный шаг сетки для проезжей части равен $W_L/3$, при этом крайний ряд узлов сетки отстоит от края проезжей части на расстояние $W_L/6$. Поперечный шаг сетки для стен равен $h/3$, при этом нижний ряд узлов сетки отстоит от уровня служебного прохода на расстояние $h/6$.



а) на проезжей части



б) на стене

Примечание – Кружками обозначены светильники, жирными точками – узлы расчетной сетки.

S – длина контрольного участка (проезжей части или стены); W_L – ширина полосы движения; D – шаг светильников; n – число светильников в ряду на контрольном участке (показано для n = 3); h – размер контрольного участка стены по высоте

Рисунок 1 − Расположение расчетных точек (пример тоннеля с двумя полосами движения)

5.2 Метод расчета яркости стены в точке

5.2.1 Освещенность на стене $E_{W,S}$, лк, в заданной расчетной точке P_W от светильника, расположенного в точке P_S, как показано на рисунке 2, определяют по формуле

$$E_{w,s} = \frac{I_s \, MF \cos \vartheta_s}{l_s^2}, \quad (1)$$

где I_S – сила света светильника в направлении точки P_W, кд;

MF – коэффициент эксплуатации;

ϑ_S – угол между направлением силы света I_S и нормалью N_W к поверхности стены в точке P_W, рад;

l_S – расстояние между точками P_S и P_W, м.

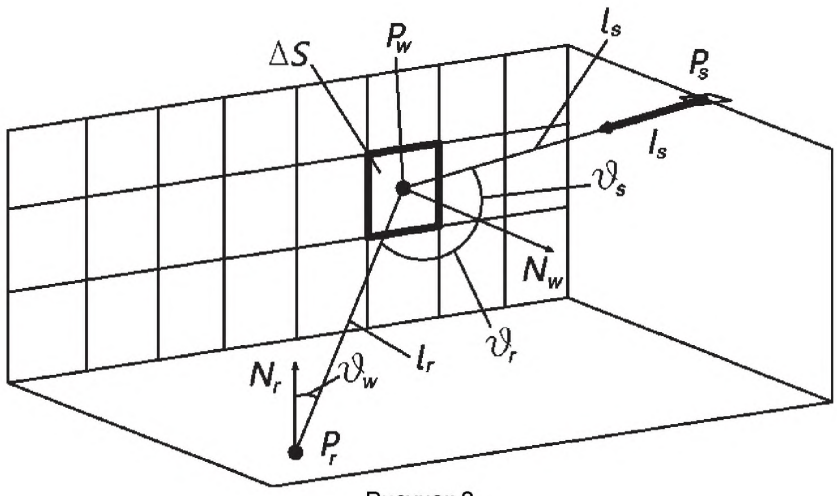


Рисунок 2

5.2.2 Освещенность на стене E_w, лк, в точке P_w от всех участвующих в расчете светильников $N_{оп}$, определяют по формуле

$$E_w = \sum_{i=1}^{N_{ОП}} E_{w,i} , \quad (2)$$

где $E_{w,i}$ – освещенность, лк, на стене в точке P_w от i-го светильника и определяемая по формуле (1).

Величину $N_{оп}$ определяют из условия: освещенность $E_{w,i}$ от участвующего в расчете светильника должна быть не менее 2 % суммарной освещенности E_w.

5.2.3 Яркость стены L_w, кд/м^2, в точке P_w от всех участвующих в расчете светильников, определяют по формуле

$$L_w = \frac{\rho_w E_w}{\pi} , \quad (3)$$

где ρ_w – коэффициент отражения поверхности стены;

E_w – освещенность на стене в точке P_w, определяемая по формуле (2).

5.3 Метод расчета яркости дорожного покрытия в точке

5.3.1 Освещенность на дорожном покрытии E_r (P_w) лк, в заданной расчетной точке P_r от элемента стены с центром в расчетной точке P_w и площадью ΔS, м^2, как показано на рисунке 2, определяют по формуле

$$E_r(P_w) = L_w \frac{\Delta S \cos \vartheta_r \cos \vartheta_w}{l_r^2} , \quad (4)$$

где L_w – средняя яркость указанного элемента поверхности стены, принимаемая равной яркости стены в точке P_w и определяемая по формуле (3), кд/м^2;

ϑ_r и ϑ_w – углы между направлением, проходящим через точки P_w и P_r, и нормалями N_w и N_r к поверхностям соответственно стены и дорожного покрытия в указанных точках, рад;

l_r – расстояние между точками P_w и P_r, м.

Площадь ΔS определяют произведением продольного и поперечного шагов расчетной сетки стены.

5.3.2 Освещенность $E_{r,w}$, лк, в заданной точке P_r дорожного покрытия, создаваемую всеми элементами поверхности стены N_w, учитываемыми в расчете, определяют по формуле

$$E_{r,w} = \sum_{j=1}^{N_w} E_r(P_{w,j}) , \quad (5)$$

где E_r (P_{wj}) – освещенность, лк, создаваемая j-ым элементом поверхности стены и определяемая по формуле (4).

Величину N_w определяют из условия: освещенность E_r ($P_{w,j}$) от каждого из участвующих в расчете элементов поверхности стены должна быть не менее 2 % суммарной освещенности $E_{r,w}$.

5.3.3 Яркость $L_{r,w}$, кд/м^2, дорожного покрытия в точке P_r, обусловленную светом, отраженным от обеих стен тоннеля, рассчитывают по формуле

$$L_{r,w} = \frac{\rho_w}{\pi}\left(E_{r,w1} + E_{r,w2}\right), \quad (6)$$

где $E_{r,w1}$ и $E_{r,w2}$ – освещенность, лк, от каждой из стен тоннеля в точке P_r, рассчитываемая по формуле (5).

5.3.4 Суммарную яркость L_r дорожного покрытия в точке P_r определяют по формуле

$$L_r = L_{r,s} + L_{r,w}, \quad (7)$$

где $L_{r,s}$ – прямая составляющая яркости L_r, обусловленная светом, упавшим в точку P_r непосредственно от всех учитываемых в расчете светильников, и определяемая по ГОСТ Р 55708;

$L_{r,w}$ – отраженная составляющая яркости L_r, обусловленная отраженным от стен тоннеля светом, упавшим в точку P_r, и определяемая по формуле (6).

5.4 Расчет параметров в зонах с постоянной яркостью

5.4.1 Среднюю яркость проезжей части $\overline{L}_r$ или стен $\overline{L}_w$ в направлении наблюдателя, расположенного на заданной полосе движения, определяют как среднеарифметическое значений яркости в узлах расчетной сетки соответствующих контрольных участков, определенных в 5.1.3, и рассчитывают по формулам

$$\overline{L}_r = \frac{1}{N_r}\sum_{k=1}^{N_r} L_{r,k} \text{ – (для проезжей части);} \quad (8)$$

$$\overline{L}_w = \frac{1}{N_w}\sum_{k=1}^{N_w} L_{w,k} \text{ – (для стены),} \quad (9)$$

где $L_{r,k}$ и $L_{w,k}$ – яркости в k-ых расчетных точках контрольных участков проезжей части и стены, определяемые по формулам (7) и (3) соответственно;

N_r и N_w – число расчетных точек на контрольных участках проезжей части и стены соответственно.

5.4.2 Общую равномерность яркости U_o проезжей части или стен в направлении наблюдателя, расположенного на заданной полосе движения, определяют как отношение наименьшего значения яркости L_{min} среди всех расчетных точек соответствующего контрольного участка к значению средней яркости $\overline{L}$ этого участка и рассчитывают по формуле

5.4.3 Продольную равномерность яркости U_l проезжей части в направлении наблюдателя,

$$U_o = L_{min} / \overline{L} \ . \quad (10)$$

расположенного на заданной полосе движения, определяют как отношение наименьшего значения яркости L_{min} к наибольшему L_{max} среди расчетных точек контрольного участка, лежащих на центральной линии этой же полосы движения, и рассчитывают по формуле

5.4.4 Пороговое приращение яркости TI, %, в направлении наблюдателя, расположенного на

$$U_l = L_{min} / L_{max} \ . \quad (11)$$

заданной полосе движения, рассчитывают по одной из следующих формул

$$TI = \frac{65}{\overline{L}_r^{0,8}} L_v \text{ (при } \overline{L}_r \le 5 \text{ кд/м}^2\text{);} \quad (12)$$

$$TI = \frac{95}{\overline{L}_r^{1,05}} L_v \text{ (при } \overline{L}_r > 5 \text{ кд/м}^2\text{),} \quad (13)$$

где $\overline{L}_r$ – средняя яркость проезжей части, рассчитываемая по формуле (8);

L_v – эквивалентная вуалирующая яркость, кд/м^2, определяемая по ГОСТ Р 55708.

5.5 Расчет параметров в зонах с переменной яркостью

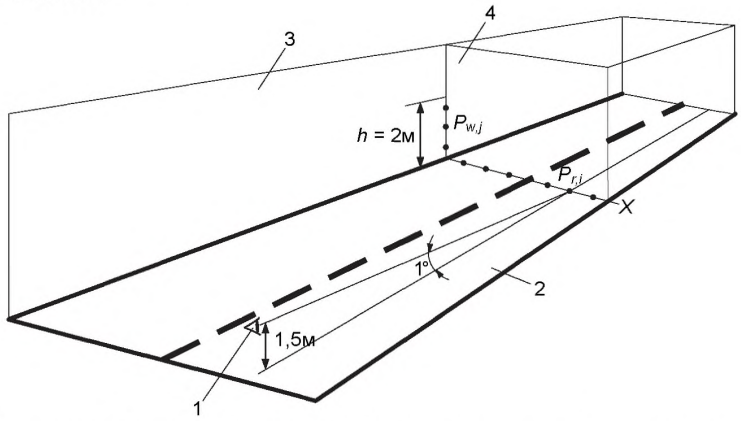
Для яркостных зон с переменной яркостью рассчитывают продольные распределения яркости поверхности проезжей части $\overline{L}_r(x)$ и каждой из стен $\overline{L}_w(x)$ тоннеля. Значение яркости в точке с продольной координатой x определяют как среднеарифметическое значений яркости в расчетных точках проезжей части $P_{r,i}$ (x) или стены $P_{w,j}$ (x), расположенных в поперечном сечении тоннеля, проходящем через точку x, как показано на рисунке 3, и рассчитывают по формулам

$$\overline{L}_r(x) = \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M} L_{r,i}(x) \text{ – (для проезжей части);} \quad (14)$$

$$\overline{L}_w(x) = \frac{1}{3}\sum_{j=1}^{3} L_{w,j}(x) \text{ – (для стены),} \quad (15)$$

где $L_{r,i}(x)$ и $L_{w,j}(x)$ – яркости в расчетных точках $P_{r,i}$ (x) и $P_{w,j}$ (x), определяемые по формулам (7) и (3) соответственно;

M – число расчетных точек в поперечном сечении проезжей части, равное $3N_L$, где N_L – число полос движения в тоннеле.



1 – глаз наблюдателя; *2* – полоса движения; *3* – стена тоннеля; *4* – поперечное сечение тоннеля через точку с продольной координатой *x*

Рисунок 3

Приложение А
(справочное)

Яркостные зоны тоннеля в дневном режиме

В дневном режиме для облегчения зрительной адаптации водителей должен быть обеспечен плавный переход от высокого уровня естественного освещения при въезде в тоннель к существенно более низкому уровню искусственного освещения основной части тоннеля, а также обратный переход при выезде из него. С этой целью в тоннеле выделяют четыре яркостные зоны: пороговую, переходную, внутреннюю и выездную, характер распределения яркости дорожного покрытия в которых приведен на рисунке А.1. Перед въездным порталом выделяют подъездную зону, которую характеризуют яркостью адаптации L_{20} (см. приложение Б). Яркостный режим и длину каждой зоны назначают с учетом РБТ, интенсивности движения, длины тоннеля, его кривизны в плане и яркости адаптации L_{20}.

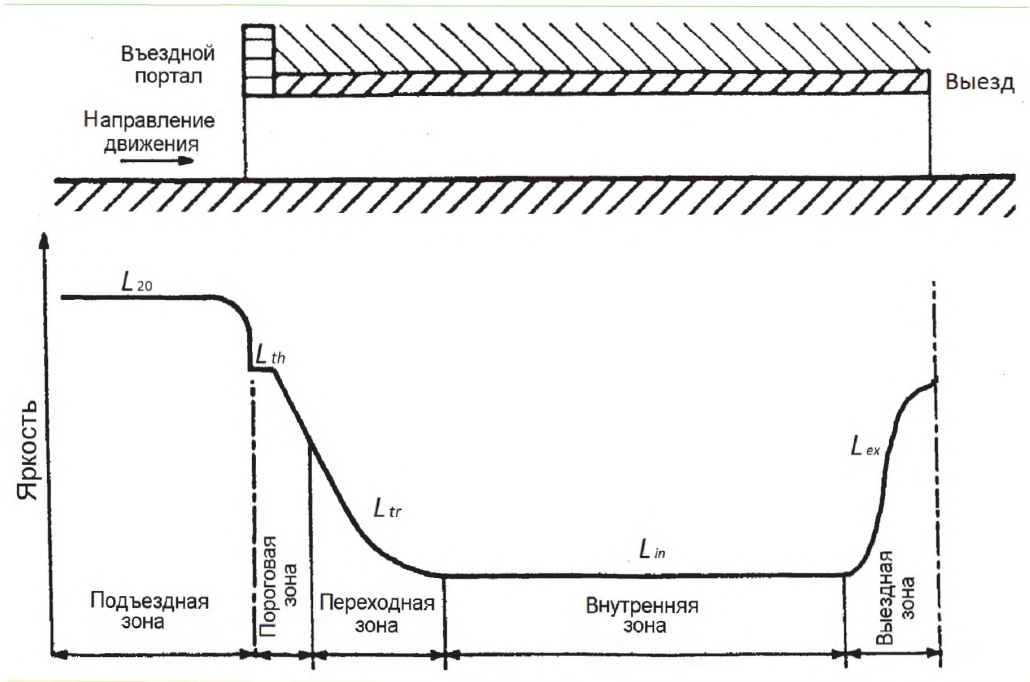


Рисунок А.1

Приложение Б
(обязательное)

Определение яркости адаптации

Яркость адаптации L_{20} в подъездной зоне тоннеля определяют при наихудших условиях − в яркий солнечный день. Для существующего тоннеля (например, при его реконструкции) значение L_{20} получают измерением яркости адаптации по ГОСТ Р 56239.

При отсутствии экспериментальных исходных данных значение L_{20} определяют по формуле

$$L_{20} = K_c L_c + K_r L_r + K_e L_e, \quad (Б.1)$$

где K_c, K_r и K_e – доли площади участков небосвода, дороги и окружения портала в поле адаптации соответственно;

L_c, L_r и L_e – средние яркости указанных участков, приблизительные значения которых приведены в таблице Б.1 в зависимости от направления движения при въезде в тоннель относительно сторон света.

Таблица Б.1

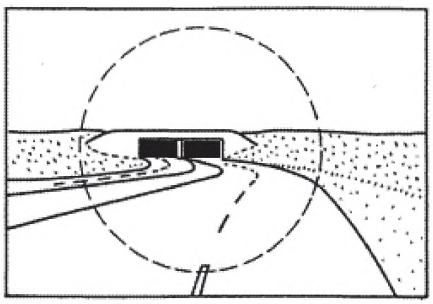
Направление движения при въезде*	Яркость участков поля адаптации, ккд/м^2					
	небосвода L_c	дороги L_r	окружения портала L_e**			
			горы	здания	снега***	травы
На север	8	3	3	8	15	2
На восток или запад	12	4	2	6	10 / 15	2
На юг	16	5	1	4	5 / 15	2

* Для промежуточных направлений значения определяют линейной интерполяцией приведенных табличных значений.

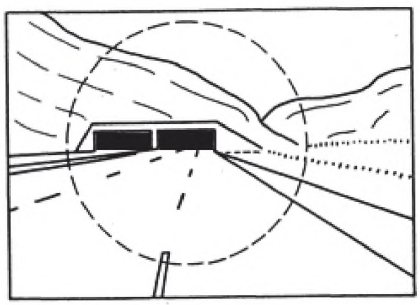
** Значение L_e определяют как яркость соответствующей составляющей окружения портала.

*** В числителе – для вертикальных поверхностей (горные склоны), обращенных к водителю, в знаменателе – для горизонтальных поверхностей (равнинная местность).

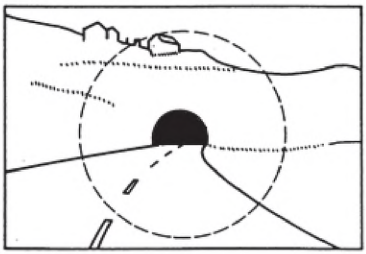
На рисунке Б.1 показаны, в качестве примеров, виды въездного портала и его окружения для городских и горных тоннелей. Пунктирной окружностью показано поле адаптации и приведены оценочные значения L_{20} в зависимости от расстояния D от наблюдателя до портала и направления движения при въезде в тоннель (в числителе – на север, в знаменателе – на юг).



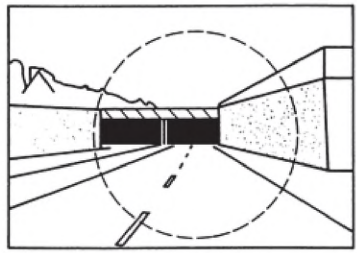
D = 160 м, L_{20} = 5 / 7,5 ккд/м^2



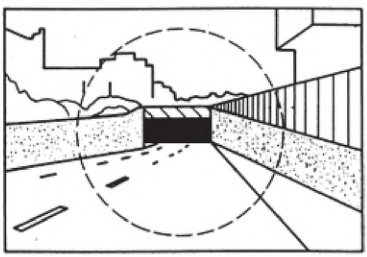
D = 90 м, L_{20} = 4 / 5,5 ккд/м^2



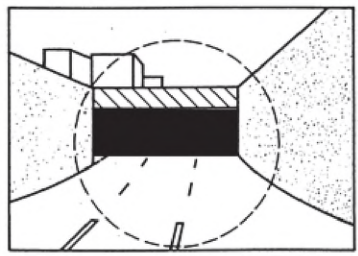
D = 90 м, L_{20} = 3 / 3 ккд/м^2



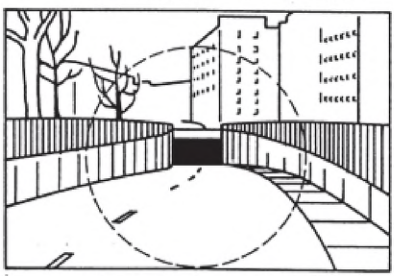
D = 90 м, L_{20} = 4,5 / 7 ккд/м^2



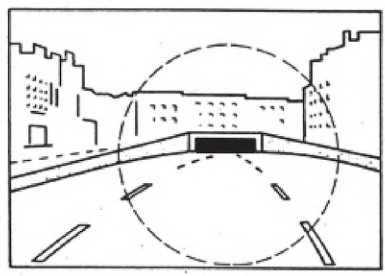
D = 90 м, L_{20} = 3,5 / 5,5 ккд/м^2



D = 50 м, L_{20} = 3 / 4 ккд/м^2



D = 90 м, L_{20} = 3 / 4 ккд/м^2



D = 160 м, L_{20} = 4,5 / 6,5 ккд/м^2

Рисунок Б.1

Приложение В
(обязательное)

Стандартное распределение яркости в переходной зоне

Стандартная кривая распределения отношения L_{tr}/L_{th}, %, в зависимости от времени проезда переходной зоны показана на рисунке В.1 и может быть описана уравнением

$$L_{tr}/L_{th} = (3{,}6\ d/v + 1{,}9)^{-1{,}4}\ 100, \qquad (В.1)$$

где d – расстояние вглубь тоннеля от начала переходной зоны, м;
v – проектная скорость движения в тоннеле, км/ч.

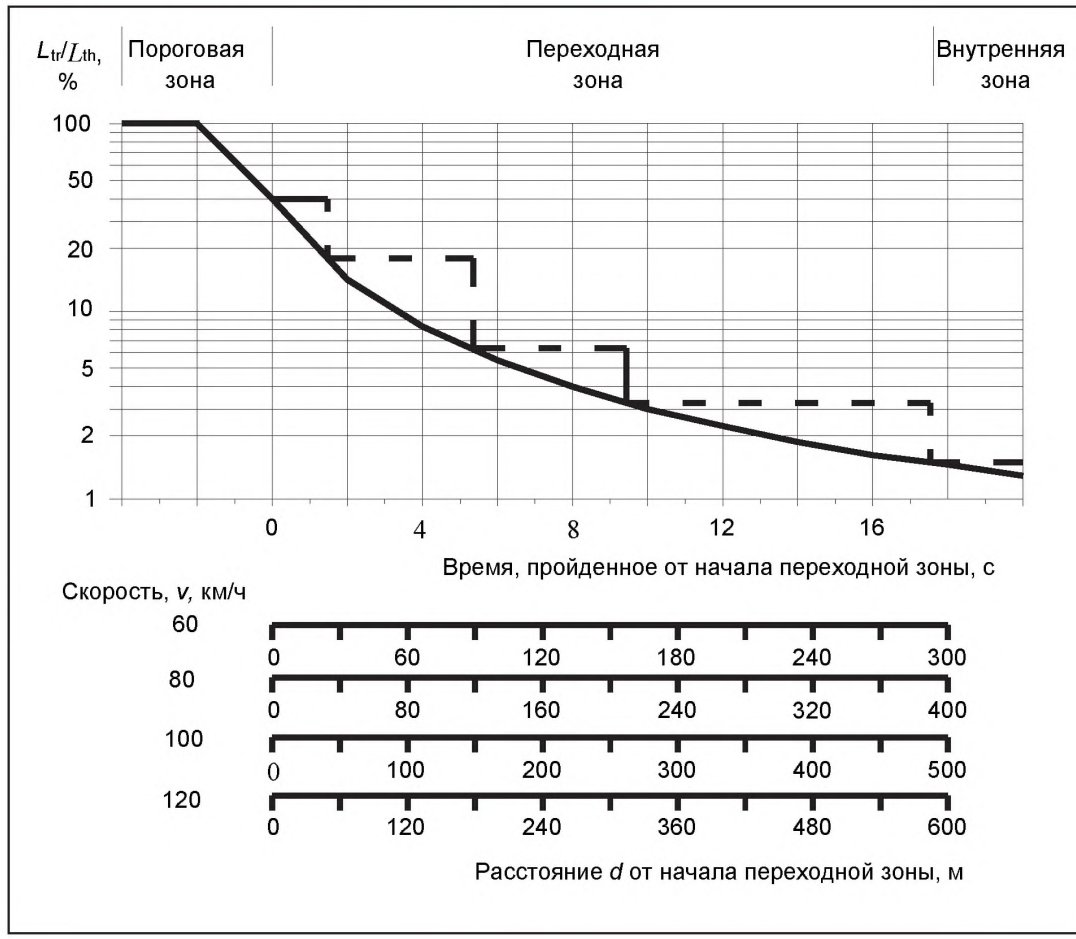


Рисунок В.1

Примечание – Пунктирной линией показан пример ступенчатой аппроксимации кривой L_{tr}/L_{th}.

УДК721:535.241.46.006.354 ОКС 93.060

Ключевые слова: тоннель автодорожный, искусственное освещение, нормы, методы расчета

Подписано в печать 02.03.2015. Формат 60x84 1/8.
Усл. печ. л. 2,33. Тираж 31 экз. Зак. 1245.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»

123995 Москва, Гранатный пер., 4.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru