

том пятнадцатипроцентных потерь в источнике питания составляет 9,7 Вт). Экономия электроэнергии за год будет зависеть от времени включения освещения в сутки и числа рабочих дней в году.

Ориентировочный срок окупаемости новых светильников, лет,

$$T_{ок} = \frac{K_{св} + K_{монт}}{Ц_{ээ} \mathcal{E}_w + Z_{лн}},$$

где  $K_{св}$  – капитальные затраты на светильники со светодиодами, р.;  $K_{монт}$  – затраты на монтаж и перемотку трансформатора с 36 на 24 или 12 В, р.; приняты 30 % от капитальных затрат на светильники;  $Ц_{ээ}$  – цена электроэнергии, р./кВт·ч;  $\mathcal{E}_w$  – экономия электроэнергии при замене одного светильника, кВт·ч;  $Z_{лн}$  – затраты на замену ламп накаливания, р.

Таблица 1 – Нормы освещенности рабочих поверхностей в осмотровой канаве

Нормативный документ	Статус	Нормируемая горизонтальная освещенность, лк, не менее		Примечание
		Поверхность ходовых частей (днище машины)	Пол канавы	
СНБ 2.04.05-98 (таблица И.1, п. 28)	Действующий для всех отраслей РБ	200	–	–
Изменение № 1 к ОСТ 32-9-81 (таблица 2.2.1, п. 4)	Не отменен на БЖД. Противоречит СНБ 2.04.05-98	150 (100)	100 (50)	В скобках указана освещенность при применении ламп накаливания
ОСТ 32.120-98 (таблица 5.3, п. 4)	Действующий на объектах МПС РФ	200	150	Освещенность на полу канавы снижена на одну ступень шкалы освещенности из-за кратковременного пребывания людей

Затраты на замену светодиодных светильников в расчетах не учитываются, так как гарантированный срок службы светодиодов – 50000 ч, что заведомо больше срока окупаемости.

При цене электроэнергии 299 р./кВт·ч, стоимости одной лампы накаливания 500 р. и ее среднем сроке службы 1000 ч рассчитаны сроки окупаемости при различных значениях стоимости светильника со светодиодами и времени его работы в течение суток. Средний срок окупаемости светильников при применении в осмотровых канавах с односменным режимом работы участка составляет около 6 лет, а при круглосуточном режиме работы – от 3 до 4 лет. При этом следует учесть значительное повышение освещенности рабочих поверхностей, что является необходимым условием для уменьшения зрительной усталости рабочих и, как следствие, повышения производительности труда и уменьшения травматизма.

УДК 629.433

## НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

*Н. А. ОЛЕШКЕВИЧ*

*Белорусский государственный университет транспорта*

Городской электрический транспорт (ГЭТ) является одним из наиболее крупных потребителей топливно-энергетических ресурсов коммунального хозяйства Республики Беларусь. При этом основные расходы электроэнергии приходятся на работу подвижного состава (ПС). Так, в коммунальном унитарном предприятии «Городской электрический транспорт» (КУП ГЭТ) г. Гомеля на тягу троллейбусов расходуется более 90 % обобщенных энергозатрат. В связи с этим любые мероприятия, направленные на снижение таких затрат, являются актуальными и востребованными. Даже небольшая экономия энергии при движении ПС по перегону принесёт существенную прибыль.

Автором разработана имитационная модель движения электрического подвижного состава, алгоритм которой предусматривает возможность светофорного регулирования. На кафедре электрического подвижного состава БелГУТа экспериментальным путем получен большой объём статистической информации. По этим материалам установлены законы распределения, описывающие интервалы выпуска ПС на линию и интервалы ожидания ПС на остановочных пунктах. Исходными данными для модели являются продольный профиль пу-

ти, расположение перекрестков, график выпуска подвижных единиц на участок, а также длительность светофорного регулирования. В качестве участка, на котором проводились исследования, выбрана часть городской сети по ул. Интернациональная г. Гомеля. Этот перегон выбран из-за большой загруженности посторонними транспортными средствами, а также большой плотности движения ГЭТ. На основании этих данных автором был поставлен имитационный эксперимент, целью которого является определение степени влияния количества светофоров на перегоне (регулируемых перекрёстков) на расход электроэнергии ПС на тягу при его движении.

Моделировались следующие ситуации по выпуску ПС на линию:

- с применением детерминированной сетки графика выпуска ПС ГЭТ на фидерную зону;
- с использованием случайных законов распределения интервалов попутного следования ПС ГЭТ.

В случае с законами распределения использовались **логнормальный закон**, аргументы которого – медиана  $m = 100$  с, дисперсия  $g = 50$  с, и **гамма-распределение** с аргументами: параметр масштаба  $l = 0,0102$ , параметр формы  $a = 1,089$ . Шаг интегрирования по скорости  $\Delta v$  устанавливался таким, чтобы получить достаточную точность результатов. Длительность ожидания на остановочных пунктах задавалась **логнормальным законом** распределения, аргументы которого – медиана  $m = 22$  с и дисперсия  $g = 5$  с. Всего задействовано 5 остановочных пунктов: 3 – в прямом направлении («Коминтерн», ул. Гагарина и ЗИП) и 2 – в обратном (ЗИП и завод им. Кирова).

Светофорное регулирование на перегоне представлено тремя светофорами с циклами  $T_{Ц1} = T_{Ц2} = T_{Ц3} = 78$  с. Необходимое временное смещение работы светофоров от начала моделирования учтено непосредственно в сетке. Моделирование участка производилось не менее 10 раз на каждую вариацию перечисленных выше исходных данных. Несколько вариаций объединялись в имитационный блок. После каждого такого блока вычислений отключался один светофор. Процесс повторялся до полного отключения всех трёх светофоров – случай, когда подвижные единицы сбрасывают скорость до 0 км/ч только на остановочных пунктах.

За меру расхода энергии было принято потребление некоторой величины, измеряемой в ампер-секундах, всеми тяговыми двигателями подвижной единицы при движении по перегону в одном направлении.

По результатам моделирования можно сделать следующие выводы:

1 Каждые 10 подвижных единиц, выпущенных на заданный перегон случайным образом, экономят до 4 % энергии с отключением очередного светофора (перекрёстка). Соответственно, на участке ул. Интернациональной от остановочного пункта «Коминтерн» до остановочного пункта ЗИП экономия достигла 12 % от исходного состояния за имитационный блок.

2 На расход энергии подвижными единицами непосредственное влияние оказывает доля разрешенной (зелёной) фазы светофорного регулирования  $T_3$  в общем цикле работы этого светофора  $T_{Ц}$ . Чем больше эта доля, тем больше экономия энергии.

3 Чем большее число имитируемых подвижных единиц участвует в движении, тем большую экономию принесёт удаление каждого из светофоров.

4 Чем больше времени определённому количеству имитируемых подвижных единиц разрешено двигаться по перегону, тем большую экономию принесёт удаление каждого из светофоров.

Для сокращения объёмов вычисления общее модельное время для каждой вариации не превышало 15 мин. Большой объём вычислений при малом времени связан с большой интенсивностью движения по выбранному перегону. В дальнейшем автором планируется увеличить время имитации для уточнения, если необходимо, полученных результатов.

УДК 624.012.35

## РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЛАСТИФИЦИРОВАННОГО БЕТОНА

*М. Г. ОСМОЛОВСКАЯ, Т. В. ЯШИНА, З. Н. ЗАХАРЕНКО*  
*Белорусский государственный университет транспорта*

В связи с массовым применением пластифицированных бетонных смесей необходимо уточнить степень влияния вида и качества мелкого заполнителя и определить условия его рационального применения. При этом необходимо учитывать сложившийся дефицит природных песков средней крупности, наличие в Гомельской области только мелких и очень мелких песков, а также постоянное накопление отсевов дробления горных пород Микашевичского комбината более 1 млн м<sup>3</sup> в год.

На заводе «Гомельжелезобетон» исследовали широкий ассортимент мелкого заполнителя в обычных и пластифицированных бетонных смесях: кварцевый песок средней крупности ( $M_k = 2,4$ ), очень мелкий песок ( $M_k = 1,45$ ), отсев дробления из промытых горных пород (гранит) ( $M_k = 3,2$ ) и смесь обогащённого отсева дробления и очень мелкого песка ( $M_k = 2$ ). В качестве крупного заполнителя использовали гранитный щебень с наибольшей крупностью зёрен 20 мм, при оптимальном соотношении фракций 5–10 и 10–20 мм 35 : 65. Для приготовления бетона применяли портландцементы классов 400 и 500, отвечающие требованиям стандартов. В качестве пластифицирующей добавки использовали суперпластификатор С-3 (0,6 % от массы цемента). Во