

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



всех исследованиях в качестве контрольной принимали бетонную смесь без добавки на основе песка средней крупности.

Для назначения рациональных составов бетонов, улучшения его структуры и повышения долговечности важно обосновать выбор определённого мелкого заполнителя в составе бетона. Были исследованы обычные и пластифицированные бетонные смеси с каждым видом мелкого заполнителя. При различном соотношении  $r = \Pi_1 / (\Pi_2 + \Pi_3)$  (где  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$  – расходы мелкого и крупного заполнителей). Влияние этого фактора на свойства оценивали по величине водопотребности бетонной смеси и коэффициенту расхода цемента  $K_{ц} = \Pi_1 / (10R_6)$  (где  $\Pi_1$  – расход цемента,  $R_6$  – прочность бетона), учитывающему одновременно влияние рассматриваемого фактора на свойства бетонной смеси и бетона.

Оптимальное значение  $r$  по отношению к песку средней крупности в равноподвижных смесях при одинаковом Ц/Б снижается для очень мелкого песка на 15 %, отсева дробления – на 10 % и для смеси отсева дробления и очень мелкого песка – на 7 %.

В пластифицированных бетонных смесях на основе С-3 оптимальное значение  $r$  увеличивается на 15 % по сравнению с обычными смесями на том же мелком заполнителе. Такое содержание мелкого заполнителя в бетоне обеспечивает достижение минимальных значений водопотребности бетонной смеси и коэффициента  $K_{ц}$ . Исследования проводили на бетонах с оптимальным содержанием каждого вида мелкого заполнителя.

Одним из важнейших показателей оценки эффективности использования данного вида мелкого заполнителя является расход цемента для бетонной смеси и бетона с требуемыми свойствами, поэтому важно определить его влияние на водопотребность бетонной смеси и на прочность бетона.

Использование отсевов дробления из промытых пород без введения пластификатора повышает водопотребность бетонной смеси на 15–20 %, а очень мелких песков – на 10 % и более.

Применение таких видов мелкого заполнителя совместно с суперпластификатором С-3 позволяет не только устранить перерасходы цемента и воды, но и обеспечить пониженную водопотребность по сравнению с контрольной бетонной смесью. Однако смеси на естественных отсевах дробления с высоким содержанием фракции менее 0,16 мм, объёмом до 20 % и пылевидных частиц объёмом до 25 % обладают настолько повышенной водопотребностью (до 30 %), что даже пластификатор не устраняет перерасход цемента и воды. Введение пластификатора снижает водопотребность в контрольных смесях на 10–12, а в смесях на отсевах дробления и очень мелких песках – на 15–20 %. В пластифицированных бетонных смесях относительное влияние вида мелкого заполнителя на водопотребность смеси сглаживается.

Использование смеси обогащённого отсева дробления и очень мелкого песка в рациональном соотношении позволяет существенно устранить повышение водопотребности, а в сочетании с пластификатором С-3 – снизить расход воды до 10 %. Применение смеси отсевов и очень мелких песков в бетонах с добавкой С-3 обеспечивает экономию до 10–15 % цемента для бетонов классов В25 – В40.

Результаты исследований нашли широкое применение при формировании железобетонных колонн из бетона класса В25 и выше на заводе “Гомельжелезобетон”.

Рациональное использование в пластифицированных бетонных смесях различных видов мелких заполнителей позволяет расширить их сырьевую базу, экономно расходовать цемент и повысить качество и долговечность железобетонных конструкций.

Более существенного улучшения свойств бетонной смеси и бетона можно добиться при применении гиперпластификаторов нового поколения. Как правило, современные очень эффективные пластификаторы являются химическими добавками комплексного действия. К таким химическим модификаторам, разрешённым к применению на территории Беларуси, относятся “Полипласт”, “Реламикс”, “Стахепласт”, “Вибропор”, “Комплекс – 5”, “Стахелбел”, “Хидетал”, “Универсал” (разных модификаций).

УДК 62-762-036.4

## РЕЖИМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ РЕЗИНОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ

С. В. ПЕТРОВ, Е. А. МЕДВЕДЕВА

*Белорусский государственный университет транспорта*

В настоящее время одной из проблем развития техники является повышение ресурса работы резиновых уплотнений и улучшение их эксплуатационных характеристик. Неверный выбор уплотнений или их низкое качество и неправильная эксплуатация могут привести к отклонениям показателей работы машин, снижению их надёжности, большим экономическим потерям.