

- сложности (элементарные или сложные);
- типу (ножевой, отвальный, ковшовый, шнековый);
- форме режущей части поперечного сечения (прямоугольная, криволинейная);
- числу открытых поверхностей (одна, две и т. д.);
- схеме взаимодействия с грунтом (по числу открытых поверхностей у грунтового массива);
- траектория движения (прямолинейная, криволинейная);
- непрерывности взаимодействия с грунтом (циклическое, непрерывное);
- принципу воздействия на грунт (статическое, ударное, вибрационное, смешанное);
- виду случайного процесса нагружения (случайный стационарный, нестационарный процесс).

При определении энергоемкости процесса копания грунта и величин и характера изменения составляющих усилия резания, действующих на рабочий орган, необходим учет схемы его взаимодействия с грунтом. Данные исследований, проведенных В. Д. Абезгаузом, А. И. Бероном, Ю. А. Ветровым, А. Н. Зелениным, подчеркивают значительное уменьшение усилия резания при увеличении числа открытых поверхностей у разрабатываемой среды. Учет схем взаимодействия рабочих органов с грунтом важен как при анализе работы существующих землеройных машин, так и при создании новых.

Одним из характерных примеров эффективного учета схем взаимодействия рабочих органов с грунтом служат исследования, проведенные в научно-производственном объединении «ВНИИземмаш», и разработанные на их основе предложения по возможным типам рабочих органов и схемам их взаимодействия с грунтом.

Анализ предложенных схематических описаний влияния формы ножа на процесс разработки грунта является актуальной задачей, так как способствует определению наиболее эффективных параметров и форм ножа, способного разрабатывать грунт с минимальным усилием за счет результирующей траектории воздействия на грунт.

Результаты проведенных теоретических исследований и анализ тенденций развития конструкций бульдозерного рабочего оборудования подтверждают гипотезу о снижении силы резания при изменении угла резания. Доказана эффективность конструктивных изменений параметров новых отвалов, которые имеют управляемый выступающий средний нож и различные углы резания. Актуальность темы очевидна, поэтому необходимо продолжать исследования данного способа, разработать рекомендации о целесообразности его применения на машинах для земляных работ.

#### Список литературы

- 1 **Баловнев, В. И.** Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин : учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / В. И. Баловнев. – 2-е изд., перераб. – М. : Машиностроение, 1994. – 432 с.
- 2 **Хмара, Л. А.** Модернизация и повышение производительности строительных машин / Л. А. Хмара, Н. П. Колесник, В. П. Станевский. – К. : Будівельник, 1992. – 152 с.
- 3 **Ветров, Ю. А.** Разрушение прочных грунтов / Ю. А. Ветров. – К. : Изд-во Киевского университета, 1973. – 352 с.
- 4 Проектирование машин для земляных работ : учеб. пособие / А. М. Холодов [и др.] ; под ред. А. М. Холодова. – Харьков : Изд-во при Харьковском государственном университете, 1986. – 272 с.
- 5 **Пенчук, В. А.** Повышение эффективности рабочих процессов землеройных машин интенсификацией в массиве грунта напряжений разрыва / В. А. Пенчук. – Макеевка : ДГАСА, 1995. – № 2. – 112 с.

УДК 625.111

### МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРОКА СТРОИТЕЛЬСТВА ПУТЕПРОВОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

*Е. М. МАСЛОВСКАЯ, О. И. СЕРКО, Н. А. ПОПЛАВСКАЯ*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

На пересечениях в одном уровне повышена опасность наездов и столкновений транспорта. Из-за снижения скорости транспортных потоков и простоя у пересечений ежегодно теряются десятки миллионов часов, что равнозначно простоям в течение года с работающими двигателями более

10 тысяч машин. Таким образом, совершенствование системы пересечений дорог становится весьма актуальной задачей.

На дорогах V категории с перспективной расчетной интенсивностью движения до 100 авт./сут не требуется устройство пересечений в разных уровнях. Техничко-экономическое обоснование необходимо выполнять для дорог IV категории с учетом их возможного перевода в III категорию.

Уточним экономическую целесообразность срока строительства путепровода на пересечении автомобильных дорог, используя теорию массового обслуживания [4]. Для решения поставленной задачи в теории массового обслуживания используются зависимости, обслуживающие два потока заявок с приоритетом.

Среднее число автомобилей в системе определяется по формуле

$$\overline{N}_{c2} = \frac{\psi_2}{1 - \psi} \left( 1 + \frac{\mu_2 \psi_1}{\mu_1 (1 - \psi_1)} \right); \quad (1)$$

среднее время ожидания в очереди

$$t_{ож2} = \frac{1}{1 - \psi} \left( \frac{\psi}{\mu_2} + \frac{\psi_1}{\mu_1 (1 - \psi_1)} \right), \quad (2)$$

где  $\overline{N}_{c2}$  – средняя интенсивность движения автомобилей по не приоритетной дороге, авт./ч;  $\mu_1, \mu_2$  – пропускная способность по пересекающимся дорогам, авт./ч;  $\psi_1, \psi_2$  – интенсивность обслуживания автомобилей на перекрестке для первой и второй дорог, авт./ч;  $\psi$  – суммарная интенсивность обслуживания автомобилей на перекрестке дорог,  $\psi_1 + \psi_2$ ;  $t_{ож2}$  – время ожидания в очереди на неприоритетной дороге, ч.

Приведенные ниже зависимости описывают параметры второго потока, не пользующегося приоритетом [1].

Интенсивность обслуживания автомобилей на перекрестке для первой и второй дорог

$$\psi_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1}; \quad \psi_2 = \frac{\lambda_2}{\mu_2}, \quad (3)$$

где  $\lambda_1, \lambda_2$  – интенсивность движения по первой и второй дорогам, авт./ч.

Суточные потери времени автомобилями неприоритетного потока

$$T_s^n = \overline{t_{ож2}} \lambda_2 T, \quad (4)$$

где  $T$  – число автомобиле-часов движения по дороге в сутки, авт.ч/сут.

Срок окупаемости затрат на строительство путепровода

$$t_{ок} = \frac{K_{пут}}{T_s^n C_{пр}^a}, \quad (5)$$

где  $C_{пр}^a$  – стоимость простоя автомобиля на перекрестке, у. е.;  $K_{пут}$  – стоимость путепровода, у. е.

Определить точное значение  $C_{пр}^a$  невозможно, т. к. в транспортном потоке имеется множество классов машин [2, 4]. Для расчетов принята стоимость простоя наиболее массового автомобиля (или возможно рассчитать среднестатистический показатель методом приведения с учетом процента машин данного класса в составе движения).

Для определения окупаемости строительства путепровода ниже рассмотрен числовой пример с исходными данными, близкими к реальным, на перекрестке дорог: интенсивность движения по первой дороге  $\lambda_1 = 700$  авт./ч; по второй –  $\lambda_2 = 300$  авт./ч. Движение по первой дороге с пропускной способностью  $\mu_1 = 1200$  авт./ч. пользуется приоритетом по сравнению с движением по второй дороге  $\mu_2 = 1000$  авт./ч. Нормативный срок окупаемости в транспортном строительстве составляет четыре года.

Интенсивность обслуживания автомобилей на перекрестке для первой и второй дорог по формуле (5) составляет:  $\psi_1 = \frac{700}{1200} = 0,58$ ;  $\psi_2 = \frac{300}{1000} = 0,30$ ; тогда  $\psi = \psi_1 + \psi_2 = 0,58 + 0,30 = 0,88 < 1$ .

Суточные потери времени из-за простоя автомобилей

$$T_{\Sigma}^a = \frac{1}{1-0,88} \left( \frac{0,88}{1000} + \frac{0,58}{1200(1-0,58)} \right) \cdot 300 \cdot 24 = 105,4 \text{ авт}\cdot\text{ч/сут.}$$

Срок окупаемости затрат

$$t_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{пут}}}{T_{\Sigma}^a C_{\text{пр}}^a}; \quad t_{\text{ок}} = \frac{9000000}{105,4 \cdot 82} = 1041 \text{ сут} = 3 \text{ года.}$$

Стоимость путепровода  $K_{\text{пут}}$  принята равной 9 млн у. е., а стоимость простоя  $C_{\text{пр}}^a = 82 \text{ у. е./ч.}$

Выполненный расчет показал срок окупаемости затрат – 3 года, что меньше нормативного. Следовательно, путепровод экономически целесообразен.

#### Список литературы

- 1 Козин, Р. Г. Математическое моделирование: примеры решения задач : учеб.-метод. пособие / Р. Г. Козин / М. : НИЯУ МИФИ, 2010. – 176 с.
- 2 Экономико-математические методы и модели : учеб. пособие / Н. И. Холод [и др.] ; под ред. А. В. Кузнецова. – Минск : БГЭУ, 1999. – 413 с.
- 3 Математическое моделирование экономических процессов на железнодорожном транспорте : учеб. / под ред. А. Б. Каплана. – М. : Транспорт, 1984. – 256 с.
- 4 Ложковский, А. Г. Расчет одноканальных систем с бесконечной очередью при экспоненциальной длительности обслуживания // Наукові праці ОНАЗ ім О. С. Попова. – 2009. – № 2. – С. 10–13.

УДК 625.35

## РЕМОНТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО МОСТА С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

Я. А. МАЖАКО

*ОАО «Институт “Гомельагропромпроект”», Республика Беларусь*

Однопутный железобетонный двухпролетный мост через болотный ручей расположен на участке Новобелицкая – Чернигов на 3 км ПК5.

Основной причиной выполнения капитального ремонта является физический износ пролетных строений и дефекты опор. Степень износа определена испытаниями, выполненными мостоиспытательной станцией Белорусской железной дороги.

Капитальный ремонт выполняется гильзованием с использованием металлических гофрированных спиральновитых труб НС 2ТС-2,5-900-42400-В. Работы производятся без вскрытия насыпи и остановки движения поездов, за исключением работ, выполняемых в технологические окна, совмещенные с «окнами» по восстановительному ремонту пути. При гильзовании увеличивается расход воды, получается жесткая трехслойная конструкция, срок службы которой составляет не менее 50 лет.

Работы по ремонту сооружения производятся в следующем порядке:

- расчистка отверстия моста и русла на подходах;
- разборка автодорожной трубы со стороны входного отверстия;
- устройство бетонного лотка в отверстии сооружения с уклоном 0,014 толщиной до 430 мм, армированного сеткой;
- сборка металлической гофрированной конструкции на монтажной площадке;
- устройство гравийно-песчаной подушки и монолитных бетонных противофильтрационных экранов;
- окрасочная гидроизоляция засыпаемых бетонных поверхностей;
- протягивание металлической гофрированной конструкции внутрь существующего моста;
- устройство опалубки с двух сторон моста на 2/3 высоты существующего отверстия;
- подача бетонной смеси в зазоры между конструкциями под давлением с помощью бетононасоса, наращивание опалубки по мере заполнения зазоров между конструкциями;