

Стоимость переустройства составляет: для обычного подвижного состава 34710,7 тыс. у.е., в среднем на 1 км составляет 694,21 тыс. у.е., для состава с наклоном кузова – 28684,7 тыс. у.е., в среднем на 1 км составляет 573,69 тыс. у.е.

Таблица 3 – Стоимость переустройства участка под скоростное движение с применением обычного подвижного состава

Вид переустройства	Измеритель	Стоимость, тыс. у.е.	Объем переустройства	Стоимость переустройства, тыс. у.е.
1 План (отсыпка зем полотна)	м ³	0,0093	1485000	13810
2 Замена СП	шт.	34	55	1870
3 Переустройство пассажирских платформ	м ²	0,014	36120	505,7
4 Закрытие переезда	1 переезд	6	11	66
5 Большое земполотно (12 %)	м ³	0,03	101500	3045
6 Замена верхнего строения пути	км	228	53	12084
7 Реконструкция ИССО	1 соор.	9	18	162
8 Шумозащита	1 м	0,096	8620	828
9 Контактная сеть	1 км	78	30	2340
Итого				34710,7

Таблица 4 – Стоимость переустройства участка под скоростное движение с применением подвижного состава с наклоном кузова

Вид переустройства	Измеритель	Стоимость, тыс. у.е.	Объем переустройства	Стоимость переустройства, тыс. у.е.
1 План (отсыпка зем полотна)	м ³	0,093	1157000	10760
2 Замена СП	шт.	34	55	1870
3 Переустройство пассажирских платформ	м ²	0,014	36120	505,7
4 Закрытие переезда	1 переезд	6	11	66
5 Большое земполотно	м ³	0,03	101500	3045
6 Замена верхнего строения пути	км	228	42	9576
7 Реконструкция ИССО	1 соор.	9	18	162
8 Шумозащита	1 м	0,096	8620	828
9 Контактная сеть	1 км	78	24	1872
Итого				28684,7

УДК 656.224.027:625.173.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РАДИУСОВ КРИВЫХ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ ПОД СКОРОСТНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Т. А. РУДЕНКО, И. Н. КРАВЧЕНЯ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Применение методов компьютерной оптимизации при реконструкции железнодорожной линии под скоростное движение позволяет выполнить поиск оптимальных решений без значительных материальных расходов, которые на сегодняшний момент являются одним из важнейших критериев любого исследования.

Пусть имеется участок железной дороги, на котором располагается m независимых (однорядных и составных) кривых. Для каждой i -й ($i = \overline{1, m}$) кривой известны: длина участка ограничения скорости, связанная с недостаточностью радиуса кривой l_i ; ограничение скорости в пределах этого участка v_i ; угол поворота α_i ; капиталовложения K_i , необходимые для реконструкции единицы длины кривой; параметр, зависящий от величины возвышения наружного рельса и допустимой величины непогашенного ускорения a .

Необходимо найти такие величины проектных радиусов R_i , ограничивающие скорость движения в кривых, при которых сокращение времени хода ΔT будет равно заданному ΔT_0 , а капиталовложения K будут минимальными:

$$K = \sum_{i=1}^m K_i, \alpha_i, R_i^2 \rightarrow \min, \quad (1)$$

при:

$$\sum_{i=1}^m l_i \left(\frac{1}{v_i} - \frac{1}{a\sqrt{R_i}} \right) = \Delta T_0. \quad (2)$$

Для решения поставленной задачи будем использовать метод неопределенных множителей Лагранжа. Составим функцию Лагранжа

$$L(R_i, \lambda) = \sum_{i=1}^m K_i \alpha_i R_i^2 + \lambda \left(\Delta T_0 - \sum_{i=1}^m l_i \left(\frac{1}{v_i} - \frac{1}{a\sqrt{R_i}} \right) \right) \quad (3)$$

где λ – множитель Лагранжа, который показывает, на сколько изменится величина капиталовложений K в оптимальном решении при изменении сокращения времени хода ΔT_0 на единицу.

Найдем частные производные функции Лагранжа (3) по неизвестным величинам R_i и λ и приравняем их нулю. В результате получим систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial L(R_i, \lambda)}{\partial R_i} = 2K_i \alpha_i R_i - \lambda \frac{l_i}{2aR_i^{3/2}} = 0, \quad i = \overline{1, m}; \\ \frac{\partial L(R_i, \lambda)}{\partial \lambda} = \Delta T_0 - \sum_{i=1}^m l_i \left(\frac{1}{v_i} - \frac{1}{a\sqrt{R_i}} \right) = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Решив полученную систему уравнений (4) относительно неизвестных R_i и λ , для заданного сокращения времени хода ΔT_0 будут получены оптимальные величины проектных радиусов R_i (5) и величина минимальных капиталовложений K (6):

$$R_i = \left(\frac{l_i}{K_i \alpha_i} \right)^{2/5} \left[\frac{\sum_{i=1}^m l_i^{4/5} (K_i \alpha_i)^{1/5}}{a \left(\sum_{i=1}^m \frac{l_i}{v_i} - \Delta T_0 \right)^{2/5}} \right]^2, \quad (5)$$

$$K = \sum_{i=1}^m K_i \alpha_i \left(\frac{l_i}{K_i \alpha_i} \right)^{4/5} \left[\frac{\sum_{i=1}^m l_i^{4/5} (K_i \alpha_i)^{1/5}}{a \left(\sum_{i=1}^m \frac{l_i}{v_i} - \Delta T_0 \right)^{2/5}} \right]^4. \quad (6)$$

Решение задачи определения оптимальных величин проектных радиусов R_i рассмотрим на примере участка железнодорожной линии протяженностью 10 км (ПК 7120 – ПК 7220) на направлении Минск – граница РФ, на котором располагается девять независимых кривых радиусом $R < 2000$ м. Характеристики этих кривых, необходимые для решения данной задачи, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики кривых

№	Длина кривой l_i , м	Скорость v_i , м/с	Угол поворота α	Капиталовложения K_i , у.е.	Непогашенное ускорение a , м/с ²	Сокращение времени хода ΔT_i , с
1	171,11	40,9	9,73	97777	0,7	3,5
2	226,07	33,3	20,73	129183		
3	436,38	31,3	40,72	249360		
4	196,12	31,4	18,37	112069		
5	245,22	32,1	22,68	140126		
6	174,41	32,3	15,60	99663		
7	183,70	30,8	15,10	104971		
8	522,27	31,8	48,13	298440		
9	305,66	36,8	21,10	174663		

С помощью MathCAD получены величины оптимальных радиусов:

$$m := 8 \quad i := 0..m \quad \Delta T := 3.5 \quad a := 0.7$$

$$l := (171.11 \ 226.07 \ 436.38 \ 196.12 \ 245.22 \ 174.41 \ 183.70 \ 522.27 \ 305.66)^T$$

$$K := (97777 \ 129183 \ 249360 \ 112069 \ 140126 \ 99663 \ 104971 \ 298440 \ 174663)^T$$

$$\alpha := (9.73 \ 20.73 \ 40.72 \ 18.37 \ 22.68 \ 15.60 \ 15.10 \ 48.13 \ 21.10)^T$$

$$v := (40.9 \ 33.3 \ 31.3 \ 31.4 \ 32.1 \ 32.3 \ 30.8 \ 31.8 \ 36.8)^T$$

$$R_i := \left(\frac{l_i}{K_i \cdot \alpha_i} \right) \cdot \frac{\frac{2}{5} \sum_{k=0}^m \left[\left(\frac{l_k}{K_k \cdot \alpha_k} \right)^{\frac{4}{5}} \cdot \left(\frac{1}{v_k} \right)^{\frac{1}{5}} \right]^2}{a \cdot \left(\sum_{k=0}^m \frac{l_k}{v_k} - \Delta T \right)}$$

$$R^T = (3.595 \times 10^3 \ 2.656 \times 10^3 \ 2.028 \times 10^3 \ 2.788 \times 10^3 \ 2.563 \times 10^3 \ 2.976 \times 10^3 \ 3.015 \times 10^3 \ 1.897 \times 10^3 \ 2.638 \times 10^3)$$

Этот метод позволяет определить на каждом участке максимально допустимую скорость, чтобы в целом на дороге маршрутные скорости достигали заданного значения при минимальных капитальных вложениях.

УДК 656

ОБСЛЕДОВАНИЕ ПАССАЖИРСКИХ ПОТОКОВ Г. СЛОНИМ

В. Н. СЕДЮКЕВИЧ, С. С. СЕМЧЕНКОВ, Д. В. МОЗАЛЕВСКИЙ
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

С. В. СКИРКОВСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Научно-исследовательским центром дорожного движения БНТУ, НИЧ выполнено обследование пассажирских потоков на маршрутной сети г. Слоним. Оно проводится для корректировки плана распределения автобусов по маршрутам, часам дня, дням недели и периодам года. После обработки материалов обследования определены показатели, с помощью которых стало возможно объективно оценить качество обслуживания населения и эффективность использования автобусов. По результатам исследований разработаны предложения по корректировке работы маршрутов по существующим трассам движения, а также корректировке маршрутной сети города. Перечень показателей, которые можно получить при использовании различных методов обследования, сведен в таблицу 1.

Глазомерное обследование ставит целью определение мощности пассажиропотока на максимально напряженном перегоне маршрута. В момент отправления автобуса с обследуемого остановочного пункта учетчик делает отметку в одной из шести частей учетной карты.

Данный метод является наименее информативным с точки зрения совершенствования маршрутной сети и его использование при обследовании пассажиропотоков г. Слонима исключено.

Метод подсчета входящих и выходящих пассажиров на остановочном пункте применяется при решении вопроса об отмене остановочного пункта, изменении режима его функционирования во времени суток, оценки пересадочности. Количество пассажиров фиксируют в разработанной форме (возможен вариант совмещенного с глазомерным обследованием).