

Список литературы

- 1 Конорева, О. В. Анализ современных методов повышения устойчивости асфальтобетонных покрытий к колееобразованию / О. В. Конорева, Ю. А. Муравьев // Инженерный вестник Дона. – 2016. – № 4.
- 2 Ремонт колеености на автомобильных дорогах // Road Masters.ru: Интернет-журнал о строительстве дорог [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://roadmasters.ru/remont-dorogi/tekushchij/metody-remonta-kolejnosti.html>. – Дата доступа : 10.09.19.

УДК 656.022.8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РАДИУСОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КРИВЫХ ПРИ ВВЕДЕНИИ СКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ

А. М. ПАТЛАСОВ

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
им. акад. В. Лазаряна, Украина

И. Н. КРАВЧЕНЯ, Т. А. ДУБРОВСКАЯ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Количественным показателем технической эффективности увеличения скорости на участке является сокращение времени хода ΔT , количественным показателем экономической эффективности – величина капиталовложений K на совершенствование постоянных устройств.

Увеличение радиусов кривых приводит к повышению скорости движения поездов и, как следствие, к сокращению времени хода ΔT . Однако чем больше величина радиуса кривой, тем большие капиталовложения K требуются для реконструкции линии. В реальных условиях капиталовложения, отпускаемые на реконструкцию, ограничены $K \leq K_0$. Ограничение может быть наложено и на сокращение времени хода $\Delta T \geq \Delta T_0$.

Рассмотрим пару взаимно двойственных задач оптимальной реконструкции криволинейных участков пути железных дорог с целью повышения скоростей движения поездов с минимальными денежными затратами.

Задача 1. Определение оптимальных радиусов при максимальном сокращении времени хода.

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

Ставится задача отыскания таких величин проектных радиусов R_i , ограничивающих скорость кривых, при которых капиталовложения K будут равны заданным K_0 , а сокращение времени хода ΔT будет максимальным:

$$\Delta T = \sum_{i=1}^m l_i \left(\frac{1}{v_i} - \frac{1}{a\sqrt{R_i}} \right) \rightarrow \max; \quad (1)$$

при

$$\sum_{i=1}^m K_i \alpha_i R_i^2 = K_0. \quad (2)$$

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

$$L(R_i, \lambda) = \sum_{i=1}^m l_i \left(\frac{1}{v_i} - \frac{1}{a\sqrt{R_i}} \right) + \lambda \left(K_0 - \sum_{i=1}^m K_i \alpha_i R_i^2 \right), \quad (3)$$

где λ – множитель Лагранжа, который показывает, насколько изменится максимальное сокращение времени хода ΔT в оптимальном решении при увеличении величины капиталовложений K_0 на единицу.

Найдем частные производные функции Лагранжа по неизвестным величинам R_i ($i = \overline{1, m}$) и λ и приравняем их нулю. В результате получим систему уравнений

$$\begin{cases} \frac{\partial L(R_i, \lambda)}{\partial R_i} = \frac{l_i}{2aR_i^{3/2}} - 2\lambda K_i \alpha_i R_i = 0, \\ \frac{\partial L(R_i, \lambda)}{\partial \lambda} = K_0 - \sum_{i=1}^m K_i \alpha_i R_i^2 = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Решив полученную систему уравнений (4) относительно неизвестных R_i и λ , для заданной величины капиталовложений K_0 найдём оптимальные величины проектных радиусов R_i (5) и максимальное сокращение времени хода ΔT (6):

$$R_i = \left(\frac{l_i}{K_i \alpha_i} \right)^{2/5} \frac{K_0^{v_i}}{\left(\sum_{i=1}^m l_i^{4/5} (K_i \alpha_i)^{v_i} \right)^{2/5}}; \quad (5)$$

$$\Delta T = \sum_{i=1}^m l_i \left[\frac{1}{v_i} - \frac{1}{a} \left(\frac{K_i \alpha_i}{l_i} \right)^{1/5} \frac{\left(\sum_{i=1}^m l_i^{4/5} (K_i \alpha_i)^{v_i} \right)^{1/5}}{K_0^{1/4}} \right]. \quad (6)$$

Задача 2. Определение оптимальных радиусов при минимальных капиталовложениях.

Возможна следующая постановка двойственной задачи оптимальной реконструкции железнодорожных кривых.

Необходимо найти такие величины радиусов R_i ($i = \overline{1, m}$), ограничивающих скорость кривых, при которых сокращение времени хода ΔT будет равно заданному ΔT_0 , а капиталовложения K будут минимальными

$$K = \sum_{i=1}^m K_i \alpha_i R_i^2 \rightarrow \min; \quad (7)$$

при

$$\sum_{i=1}^m l_i \left(\frac{1}{v_i} - \frac{1}{a\sqrt{R_i}} \right) = \Delta T_0. \quad (8)$$

Составим функцию Лагранжа:

$$L(R_i, \lambda) = \sum_{i=1}^m K_i \alpha_i R_i^2 + \lambda \left(\Delta T_0 - \sum_{i=1}^m l_i \left(\frac{1}{v_i} - \frac{1}{a\sqrt{R_i}} \right) \right), \quad (9)$$

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

Получим систему уравнений

$$\begin{cases} \frac{\partial L(R_i, \lambda)}{\partial R_i} = 2K_i \alpha_i R_i - \lambda \frac{l_i}{2aR_i^{3/2}} = 0, \\ \frac{\partial L(R_i, \lambda)}{\partial \lambda} = \Delta T_0 - \sum_{i=1}^m l_i \left(\frac{1}{v_i} - \frac{1}{a\sqrt{R_i}} \right) = 0. \end{cases} \quad (10)$$

В результате решения системы (10) для заданного сокращения времени хода ΔT_0 будут получены оптимальные величины проектных радиусов R_i по (11) и величина минимальных капиталовложений K по (12).

$$R_i = \left(\frac{l_i}{K_i \alpha_i} \right)^{2/5} \frac{\sum_{i=1}^m l_i^{4/5} (K_i \alpha_i)^{v_i}}{\left[a \left(\sum_{i=1}^m \frac{l_i}{v_i} - \Delta T_0 \right) \right]^{2/5}}; \quad (11)$$

$$K = \sum_{i=1}^m K_i \alpha_i \left(\frac{l_i}{K_i \alpha_i} \right)^{4/5} \left[\frac{\sum_{i=1}^m l_i^{4/5} (K_i \alpha_i)^{1/5}}{a \left(\sum_{i=1}^m \frac{l_i}{V_i} - \Delta T_0 \right)^{2/5}} \right]^4 \quad (12)$$

Далее можно производить численные вычисления.

УДК 625.7/8

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРОФОБНОГО СОСТАВА ДЛЯ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В. В. ПЕТРУСЕВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Для обеспечения максимального срока службы асфальтобетонных покрытий в климатических условиях Республики Беларусь при подборе рецептов асфальтобетона необходимо учитывать два основных фактора. Во-первых, при эксплуатации в летний период материал подвергается нагреву свыше 50 °С, что приводит к его пластической деформации. В результате этого наблюдается потеря прочностных свойств покрытия и образование на нем колеи. Во-вторых, при эксплуатации в зимний период, характеризующийся воздействием на покрытие чередующихся циклов замораживания – оттаивания происходит гидратация битумного вяжущего, трещинообразование и разрушение асфальтобетона [1–4].

В данной методике по определению коэффициента эффективности гидрофобного состава для профилактической обработки асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог использовали следующие приборы и оборудование:

– весы лабораторные с приспособлением для гидростатического взвешивания с точностью взвешивания до 0,01 г по ГОСТ Р 53228–2008;

– установка вакуумная;

– битум нефтяной марки БНД 40/60 или БНД 60/90 по ГОСТ 22245–90 или парафин;

– сосуд вместимостью не менее 3,0 л.

Подготовка к испытанию:

– определяют массу образцов асфальтобетона, предназначенных для испытания (M_0);

– образцы обвязывают ниткой и поочередно погружают на 5–10 сек в разогретый до температуры ~120 °С битум или в парафин, разогретый до температуры ~60 °С так, чтобы не покрытой осталась только верхняя грань образца. Достают образцы, дают возможность излишкам битума стечь, выдерживают на воздухе при температуре от 18 до 20 °С не менее двух часов;

– определяют массу образцов асфальтобетона, обработанных битумом (парафином);

– часть образцов остается в качестве контрольных, часть, со стороны, не покрытой битумом, обрабатывается пропиточным материалом в соответствии с установленной нормой расхода;

– пропиточному материалу позволяют высохнуть в естественных условиях;

– для всех образцов проводят испытание по определению плотности и водонасыщения в соответствии с ГОСТ 12801–98;

– производят расчет полученных значений, исключая массу (определенную по формуле (1)) и объем (определенный по формуле (2)) битума (парафина). Окончательная формула для расчета плотности – (3); для расчета водонасыщения – (4).

$$M_6 = M_{06} - M_0, \quad (1)$$

где M_6 – масса битума (парафина), нанесенного на образец, г; M_{06} – масса образца, обработанного битумом (парафином), г; M_0 – масса образца, не обработанного битумом (парафином), г.

$$V_6 = M_6 / P_6, \quad (2)$$