

3 Starovoitov, E. I. Foundations of the theory of elasticity, plasticity and viscoelasticity / E. I. Starovoitov, F. B. Nagiyev // Apple Academic Press. – Toronto, New Jersey, Canada, USA. – 2012. – 346 p.

4 Lalander, E. Evaluation of a Model for Predicting the Tidal Velocity in Fjord Entrances / E. Lalander, P. Thomassen, M. Leijon // Energies. – Vol. 6. – № 4. – 2013. – P. 2031–2051.

5 Weiming, Wu. Computational river dynamics / Wu. Weiming. – London : Taylor & Francis Group, 2007. – 494 p.

УДК 625.1.001.891.573

## ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМЫ ПЕТЛИ ДЛЯ РАЗВОРОТА ВАГОНОВ

С. П. НОВИКОВ, А. К. ГОЛОВНИЧ, П. И. КАПИТАНОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

При выполнении некоторых технологических операций по обслуживанию вагонов рабочего парка и испытанию новых вагонов требуется разворот подвижного состава. Основные конструкции данных устройств связаны с сооружением разворотных треугольников и петлевых ходов. Расчетная схема петлевого разворота представлена на рисунке 1.

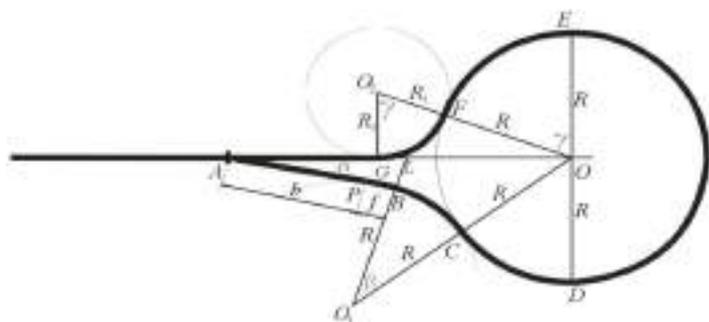


Рисунок 1 – Схема петлевого разворота вагонов

Длина маршрута перемещения вагона  $L$  с локомотивом по петлевому ходу определяется от точки  $G$  (начала кривой при движении по прямому пути за стрелку) по круговой кривой через точки  $E$  и  $D$  до точки  $P$  (заднего стыка крестовины стрелочного перевода). Формулы для вычисления длины пути представлены в [1]. Согласно приведенным расчетам

$$\beta = \arccos \frac{R \cos \alpha + (b + f) \sin \alpha}{2R} - \alpha.$$

$$R_1 = \frac{\left( \frac{b + f}{\cos \alpha} + \frac{2R \sin \beta}{\cos \alpha} - b \right)^2 - R^2}{2R}, \quad \gamma = \arccos \left( \frac{R_1}{R_1 + R} \right).$$

Длина искомого маршрута  $L = \gamma R_1 + \gamma R + \pi R + (\alpha + \beta)R + \beta R + f$ .

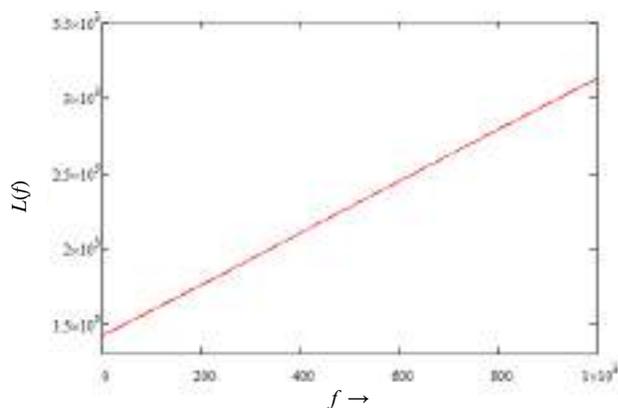


Рисунок 2 – График зависимости длины пути от вставки

Таким образом, задача определения оптимальной траектории петли сводится к нахождению экстремума функции одной переменной  $f$ , которая легко решается с помощью пакета прикладных программ, например MATHCAD. В качестве иллюстрации найдем, при какой длине прямой вставки длина пути по петле будет наименьшей, если радиус  $R_1$  дуги, по которой вагон вписывается в прямой участок пути, будет не меньше 180 м,  $b = 15,64$  м,  $\operatorname{tg} \alpha = 1/9$ ,  $R = 200$  м. Зависимость длины пути от величины прямой вставки приведена на рисунке 2.

Ввиду возрастания функции  $L(f)$  очевидно, что длина пути по петле будет минимальной при наименьшей возможной длине прямой вставки. Зависимость радиуса  $R_1$  от длины  $f$  прямой вставки

представлена на рисунке 3. Поскольку функция  $R1(f)$  на отрезке  $[0;1000]$  возрастает, то искомое значение длины прямой вставки  $f$  будет при условии  $R1(f) = 180$  м. Найдем его с использованием вспомогательной функции  $R2(f) = R1(f) - 180$ , график которой изображен на рисунке 4. Из графика заключаем, что корень уравнения  $R2(f) = 0$  приблизительно равен 10. Найдем его с использованием команды `root`.

$$f := 10, \quad f_1 := \text{root}(R2(f), f), \quad f_1 = 11.539. \quad \text{Проверка: } R2(11.539) = -8.527 \cdot 10^{-13}, \quad L(f_1) = 1444.$$

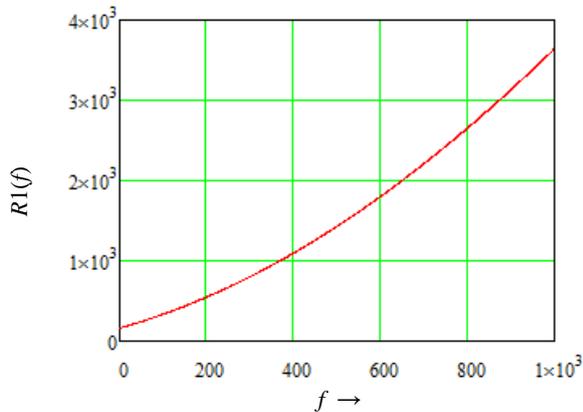


Рисунок 3 – График зависимости радиуса  $R_1$  от длины прямой вставки  $f$

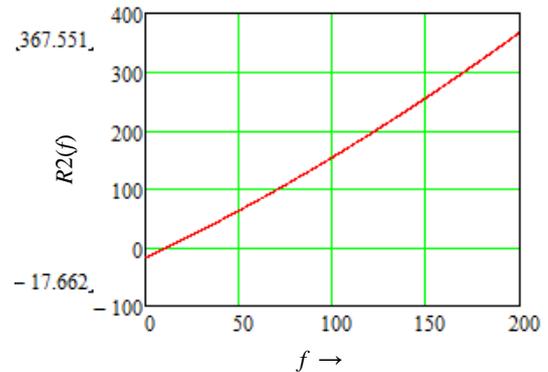


Рисунок 4 – График вспомогательной функции

Расчет соответствующих параметров петлевого разворота показывает, что траектория петли при данных условиях будет оптимальной, если длина прямой вставки  $f$  будет 11,54 м. При этом длина пути по петле составит 1444 м.

#### Список литературы

1 Головнич, А. К. Расчет основных параметров устройств на станции : учеб.-метод. пособие / А. К. Головнич, С. П. Новиков. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 70 с.

УДК 629.4, 62.752, 621.534

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ ДИНАМИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С УЧЕТОМ НЕУДЕРЖИВАЮЩИХ СВЯЗЕЙ

*А. И. ОРЛЕНКО, О. А. БУЛАВКО*

*Красноярский институт железнодорожного транспорта, Российская Федерация*

*А. В. ЕЛИСЕЕВ*

*Иркутский университет путей сообщения, Российская Федерация*

**Введение.** Динамике тяговых двигателей уделяется значительное внимание, как объекту, состояние которого во многом определяет надежность работы средств железнодорожного транспорта [1, 2].

В докладе предлагается метод построения математических моделей для систем с неударными связями. Рассматриваются возможности подхода оценки динамических свойств на основе определения условий граничного типа, когда реакция взаимодействия двух тел в контакте принимает нулевое значение. Развиваются обобщенные представления о безззорных взаимодействиях между составными элементами механической колебательной системы с упругими связями, в том числе с опорой на вибрирующую поверхность (рисунок 1). Получены аналитические формы граничных соотношений. Вводится понятие о полной, статической и динамической реакциях связи. Приведены графики зависимостей амплитуды колебания динамической реакции (линии 1–4) при различных параметрах колебания опорной поверхности в сравнении со статической реакцией (линия 5).