

В современных условиях, когда размеры перевозок многократно превышают величины, заложенные в проекте дороги, экономически выгодно спрямлять участки избыточного развития, что улучшает экономические показатели реконструируемой линии, а также план линии.

Кривые малого радиуса ограничивают скорости движения, увеличивают износ и повреждаемость пути и подвижного состава. При наличии на реконструируемой дороге участка, на котором расположена последовательность кривых малого радиуса, потребуется переустройство трассы на значительном протяжении. При отдельно расположенной кривой малого радиуса переустройство линии ограничивается локальными работами по увеличению радиуса этой кривой.

Переходные кривые и прямые вставки недостаточной длины ограничивают скорости движения поездов. Переустройство таких участков имеет комплексный характер и включает увеличение радиусов круговых кривых, длин переходных кривых и прямых вставок до нормативных значений, соответствующих установленному уровню скоростей движения поездов.

Параметры элементов плана и профиля железнодорожной линии доводятся до величин, установленных Строительно-техническими нормами, чтобы улучшить условия эксплуатации дороги (повысить скорости движения и массу поездов, снизить эксплуатационные расходы), а также обеспечить безопасность, бесперебойность, плавность и комфортабельность движения.

УДК 625.111

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПО ПЕРЕУСТРОЙСТВУ ПЛАНА ЛИНИИ

*Т. А. ДУБРОВСКАЯ, И. Н. КРАВЧЕНЯ, Д. С. ГУРИН*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Современное состояние теории железнодорожного транспорта характеризуется наличием развитой системы математических моделей и алгоритмов анализа различных особенностей железнодорожных магистралей. Это открывает возможности для построения подхода к задачам поиска и оптимизации проектных решений на математической основе, с сокращением до минимума дорогостоящих и длительных процедур физического моделирования. Одной из основных задач, которые ставятся перед железнодорожным транспортом на ближайшую перспективу, является увеличение скорости движения поездов и сокращение времени в пути на существующих железнодорожных линиях с применением средств вычислительной техники (автоматизированного проектирования).

Использование информационных технологий позволяет обеспечить весь процесс принятия решений на всех стадиях разработки проекта реконструкции железнодорожной линии под высокие скорости. Реализация такой поддержки происходит с помощью организации управления источниками информации, выбора наилучших характеристик информационной модели и эффективного аппарата управления процессом проектирования.

Потребность в моделировании самого процесса проектирования реконструкции дорог возникает с целью обеспечения специалиста в области системного анализа средствами описания разрабатываемой технологии проектирования.

Задача определения оптимальных скоростей движения поездов различной категории в кривых может быть сформулирована следующим образом.

Пусть имеется участок железной дороги, на котором располагается  $m$  независимых (однорядных и составных) кривых и обращаются поезда  $j$ -й ( $j = \overline{1, n}$ ) категории.

Для каждой категории поездов известны:

$Q_j$  – масса поездов  $j$ -й категории, т;

$N_j$  – количество поездов  $j$ -й категории;

$a_j$  – непогашенное ускорение, м/с<sup>2</sup>.

Требуется определить скорости движения  $v_j$ , км/ч, поездов  $j$ -й ( $j = \overline{1, n}$ ) категории по кривой определенного радиуса  $R$ , м при оптимальном возвышении наружного рельса  $h$ , мм, соблюдении условия равнонагруженности рельсовых нитей, при которых время хода поездов по кривой длиной  $l$ , м, будет минимальным:

$$T = f(v_1, v_2, \dots, v_n) = l \sum_{j=1}^n \frac{N_j}{v_j} \rightarrow \min \quad (1)$$

при ограничениях:

– соблюдение условия равнонагруженности рельсовых нитей:

$$v_{av}^2 = \sum_{j=1}^n c_j v_j^2 = 3,6^2 \frac{ghR}{S}, \quad (2)$$

где  $v_{av}^2$  – средняя квадратическая скорость (км/ч);  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup> – ускорение свободного падения;

$S$  – ширина колеи между продольными осями рельсов, м;  $c_j = \frac{N_j Q_j}{\sum_{j=1}^n N_j Q_j}$  – весовой коэффициент поезда  $j$ -й категории.

Для решения поставленной задачи (1)–(2) целесообразно применить метод неопределенных множителей Лагранжа. Составим функцию Лагранжа:

$$L(v_1, v_2, \dots, v_n, \lambda) = l \sum_{j=1}^n \frac{N_j}{v_j} + \lambda \left( 3,6^2 \frac{ghR}{S} - \sum_{j=1}^n c_j v_j^2 \right). \quad (3)$$

Оптимальное решение задачи (1) – (2):

$$v_j = \left( \frac{3,6^2 ghR}{S \sum_{j=1}^n c_j^{\frac{1}{3}} N_j^{\frac{2}{3}}} \right)^{\frac{1}{2}} \left( \frac{N_j}{c_j} \right)^{\frac{1}{3}}, \quad (j = \overline{1, n}); \quad T = l \sum_{j=1}^n N_j \left[ \left( \frac{3,6^2 ghR}{S \sum_{j=1}^n c_j^{\frac{1}{3}} N_j^{\frac{2}{3}}} \right)^{\frac{1}{2}} \left( \frac{N_j}{c_j} \right)^{\frac{1}{3}} \right]^{-1}. \quad (4)$$

Пример применения компьютерной оптимизации представлен для линии Гомель – Минск в пределах Гомельской дистанции пути. Все расчёты проведём с помощью математического модуля Mathcad. Результаты представлены на рисунке 1.

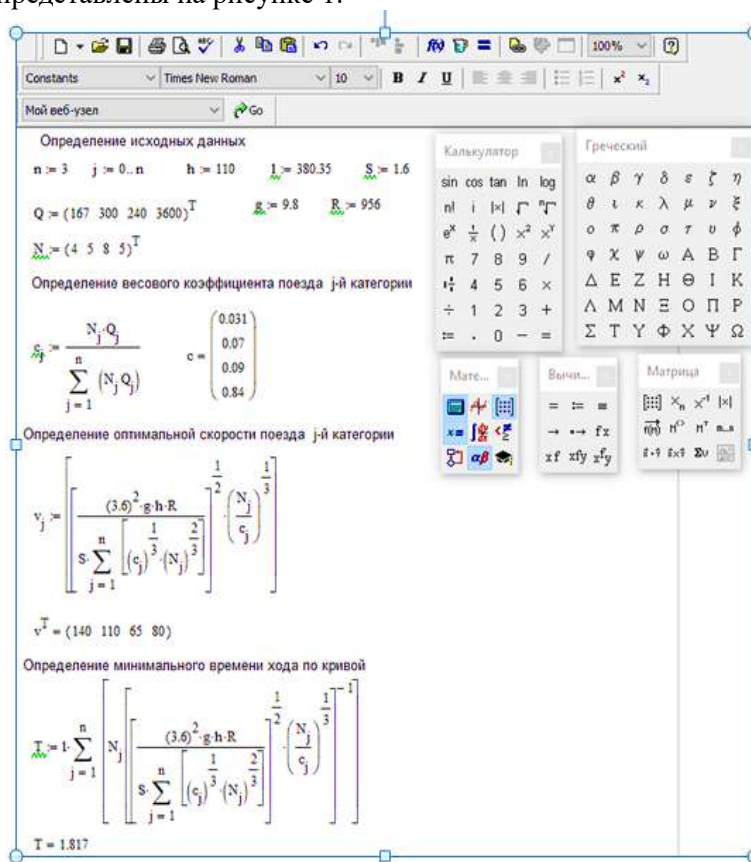


Рисунок 1 – Результаты расчётов с помощью математического модуля Mathcad

Применение методов компьютерной оптимизации при реконструкции скоростных и высокоскоростных железнодорожных линий позволит осуществлять поиск оптимальных решений в случае постановки задачи без значительных материальных затрат, которые в настоящее время являются одним из важнейших критериев каждого исследования.

УДК 625.11

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИНЖЕНЕРНЫХ САПР ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

*Т. А. ДУБРОВСКАЯ, А. А. КУЗЬМИЧЁВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В настоящий момент на белорусском рынке программного обеспечения для разработки имеется обширное количество инженерных программных комплексов, позволяющих разрабатывать проектную рабочую документацию объектов капитального строительства. Среди основных геоинженерных САПР можно выделить следующие: AutoCAD Civil 3D (Autodesk, США); GeoniCS (CSoft, Россия); NanoCAD Геоника (Нанософт, Россия); ПК Геониум (ВИМ-проект, Россия); CREDO (Кредо-диалог, Россия); Топоматик Robur (Топоматик, Россия); ТороCAD (Adtollo AB, Швеция); Pythagoras (Pythagoras, Бельгия).

Данные программы имеют огромное количество функций, позволяющих вести разработку для специалистов различного профиля, среди которых геодезисты, инженеры-проектировщики, геологи, картографы, экологи, гидрологи и ландшафтные архитекторы.

Актуальность выражена в выделении одной из многих САПР, подходящей для комфортного проектирования и удовлетворяющей ценовой политике предприятия, а также возможности в массовом использовании либо при обучении персонала пользованию данным ПК.

Каждый программный комплекс является в своем роде уникальным, хоть и многие из них обладают схожим интерфейсом либо функционалом. Каждый производитель рекомендует именно свой продукт как самый уникальный и эффективный в данной сфере деятельности. Из предложенного списка выделим программы, которые имеют узконаправленный функционал, а именно проектирование плана железнодорожного пути.

AutoCAD Civil 3D является одной из самых распространенных систем автоматического проектирования в Беларуси. Американская компания-разработчик Autodesk давно завоевала сердца пользователей своими программными продуктами благодаря их интуитивно понятному интерфейсу и мощнейшему функционалу, позволяющему выполнить разработку проектов любой сложности.

Программный комплекс GeoniCS от компании CSoft также пользуется спросом на рынке геоинженерных САПР благодаря интуитивному интерфейсу и обширным возможностям программы. Программный продукт GeoniCS Топоплан-Генплан-Сети-Трассы-Сечения-Геомодель 2015 состоит из шести модулей: топоплан, генплан, сети, трассы, сечения, геомодель. Изучение данных программных комплексов можно свести в таблицу 1.

*Таблица 1 – Сравнительная характеристика САПР «GeoniCS» и «AutoCAD»*

Функционал	GeoniCS	AutoCAD
<b>Построение прямых участков пути</b>		
По двум точкам	+	+
От конца объекта	+	+ – Нет возможности создать прямую от конца криволинейного участка
По оптимальному расположению	+	–
По двум объектам	+	–
Под углом к объекту	+	+
Касательная к объекту	+	+
Перпендикуляр к объекту	+	+