

Н. В. Ефимов^{1}, С. А. Комягин¹, Е. Н. Тимофеев¹*

Методика создания цифровых проектов для реконструкции и ремонта железнодорожных путей

¹Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск,
Российская Федерация
*e-mail: nikita-0802@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена методике создания цифровых проектов для реконструкции и ремонта железнодорожных путей. В статье дается описание комплекса измерительных работ в подготовительный период. Рассмотрены основные положения по формированию необходимых исходных данных из проектной документации, по подготовке данных для создания цифрового проекта, а также представлена обработка данных в программном комплексе для получения цифрового проекта. Цифровые проекты применимы для любой дорожной техники, осуществляющей ремонтные работы на железнодорожном пути, оборудованной системой автоматизированного управления. Методика основана на использовании известных координат опор контактной сети реконструируемого или ремонтируемого пути. В статье приведена оценка точности проектных решений с использованием системы автоматизированного управления, а также представлен сравнительный анализ полученных данных, на соответствие нормативным требованиям при реконструкции и ремонте железнодорожных путей. Показаны преимущества и основные достоинства данной методики. Изучена и описана специфика создания электронных моделей пути на железных дорогах.

Ключевые слова: цифровой проект пути, система автоматизированного управления (САУ), цифровая модель, реконструкция пути, ремонт пути

N. V. Efimov^{1}, S. A. Komyagin¹, E. N. Timofeev¹*

Methodology for creating digital projects for reconstruction and repair of railway tracks

¹Siberian Transport University, Novosibirsk, Russian Federation
*e-mail: nikita-0802@mail.ru

Abstract. The article is devoted to the methodology of creating digital projects for the reconstruction and repair of railway tracks. The article describes the complex of measuring works in the preparatory period. The main provisions on the formation of the necessary initial data from the project documentation, on the preparation of data for the creation of a digital project, and data processing in a software package for obtaining a digital project are considered. Digital projects are applicable to any road equipment carrying out repair work on a railway track equipped with an automated control system. The technique is based on the use of known coordinates of the contact network supports of the reconstructed or repaired track. The article provides an assessment of the accuracy of design solutions using an automated control system, as well as a comparative analysis of the data obtained for compliance with regulatory requirements for the reconstruction and repair of railway tracks. The advantages and main advantages of this technique are shown. The specifics of creating electronic track models on railways have been studied and described.

Keywords: digital project of track, Automated Control System (ACS), digital path model, track reconstruction, track repair

Введение

Цифровые проекты железнодорожных линий выполняются для решения ключевых задач в области обслуживания железнодорожных путей. Одними из основных выполняемых работ, проводимых в процессе обслуживания путей, выступают реконструкция и текущие ремонты. Реконструкция – комплекс различных мероприятий, целью которых является повышение пропускной и провозной способностей. К таким мероприятиям относятся: сооружение двухпутных вставок, строительство вторых путей, улучшение плана линии и др. Основываясь на стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года, в долгосрочной перспективе предусмотрены усиление отдельных участков и реконструкция железнодорожных линий и участков [1]. Проектная документация при реконструкции разрабатывается и обеспечивает необходимые решения по выносу оси пути на местность, устройству возвышения наружного рельса, расчету габаритов приближения строения [6]. Для решения задачи по установлению пути в заданное положение при использовании соседнего пути методом бокового нивелирования используются эпюра рихтовок и продольный профиль пути. Эта документация разрабатывается проектным институтом и обеспечивает соответствия расположению пути в плане и необходимым значениям по высотным отметкам в профиле.

Данная методика позволяет использовать проектные линейные и угловые параметры железнодорожного пути и представлять их в координатно-пространственных параметрах, которые уже, в свою очередь, использует программное обеспечение системы автоматизированного управления. Успешное и активное применение систем автоматизированного управления у строительной техники во время производства работ на автомобильных дорогах позволяет внедрять такие системы на железнодорожной технике, осуществляющей строительную деятельность на железнодорожных линиях.

На железнодорожной технике, которая осуществляет постройку пути, применяются машины, оборудованные измерительными системами контроля, состоящие из механизмов, управляемых с помощью тросов. Данная система способна отслеживать положение рельсовых нитей в двух плоскостях и контролировать их положение в плане и профиле. Строительные машины способны выправлять путь следующими способами: сглаживанием неровностей и постановкой пути в заданное положение. Способ сглаживания может применяться на пути с местными отклонениями в плане и профиле длиной не более 15–20 м [7]. Использование этого способа при более протяженных отклонениях приводит к сглаживанию их очертаний в начале, конце и внутри неровности, не ликвидируя ее саму. Это, прежде всего, относится к длинным односторонним смещениям пути в плане и участкам с искажением элементов продольного профиля. Другим способом выправки является постановка пути в заранее заданное положение [7].

Наиболее важным в работе путевых машин является автоматизация и оптимизация рабочего процесса, повышение качества выполняемых работ, а также способность применять методику выправки для различных машинных комплексов.

Методы и материалы

В качестве исходных данных для реализации цифрового проекта под задачи реконструкции или ремонта железнодорожных линий используются:

- геопространственные данные характерных точек – опор контактной сети;
- проектные данные горизонтальных габаритов и плана линии;
- проектные данные по высотным значениям точек оси пути с продольного профиля.

На подготовительном этапе происходит сбор информации о пространственное положение опорных точек. Системой координат, в которой необходимо установить пространственное положение опор контактной сети, является *WGS-84*. Данные спутниковой съемки должны содержать информацию о широте, долготе и высоте. Широта и долгота представляются в виде целых градусов и долей [4]. Также необходимо отобразить топокод точки (численное обозначение какого-либо элемента на местности). Данные представляются в текстовом формате, с использованием разделителя (рис. 1). Предельной допустимой погрешностью определения координат опор является 1 метр [2].

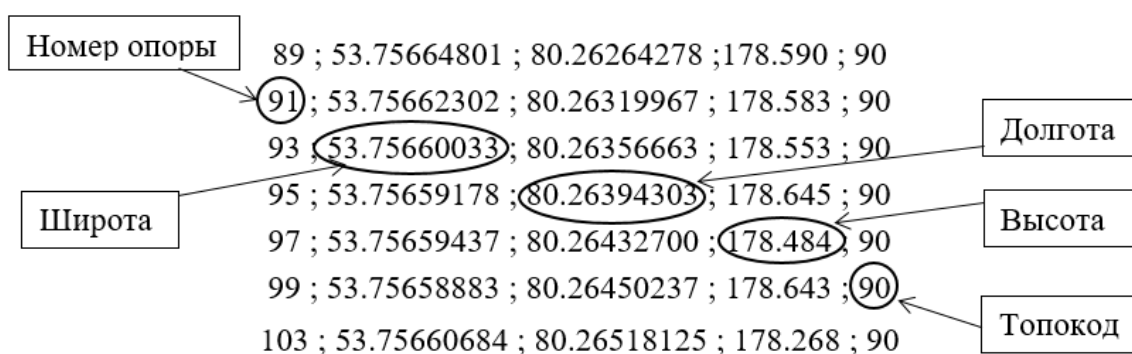


Рис. 1. Данные спутниковой съемки по опорам контактной сети в системе

Следующим шагом является описание проектных данных опорных точек. Для этого используются сводные данные горизонтальных габаритов и плана линии из проектной документации по реконструкции или ремонту железнодорожного пути. Данные для характерных опор контактной сети должны включать в себя ее пикетажное значение, а также проектное расстояние от оси ремонтируемого (реконструируемого) пути до ОКС с учетом рихтовки (рис. 2). Также с проектных данных собирается информация о плановом положении пути и формируется массив данных, содержащих значения проектного междупутья на опорах контактной сети (рис. 2). Пример проектных данных с эпюры рихтовок представлен в табл. 1.

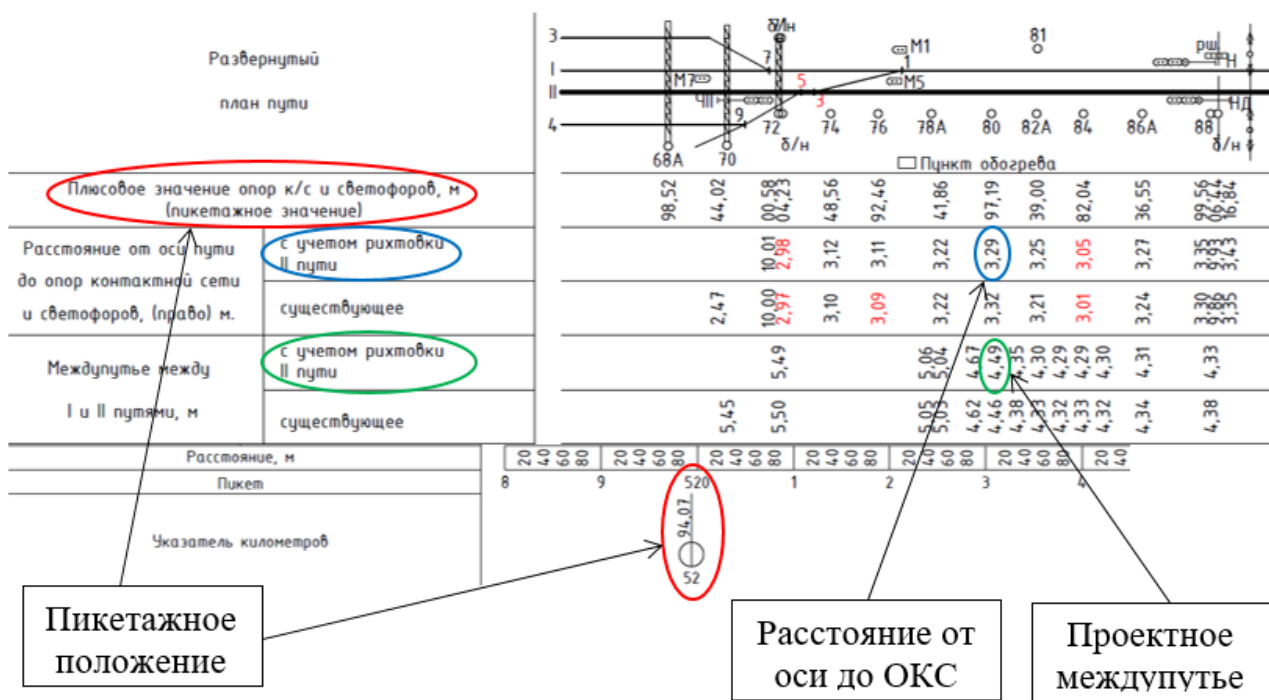


Рис. 2. – Проектные данные по используемым точкам и междупутью

Таблица 1

Фрагмент обработки пролетных данных пути для создания цифрового проекта

Номер опоры	Проектные данные по ОКС (пикет; расстояние; описание)	Проектные данные по междупутью (пикет; междупутье)
80	52197,19;3,29;80	52197,19;4,49
82А	52239,00;3,25;82А	52239,00;4,30
84	52282,04;3,05;84	52282,04;4,29
86А	52336,55;3,27;86А	52336,55;4,31

Далее происходит составление данных для цифрового проекта с использованием продольного профиля железнодорожного пути. Необходимыми данными являются: пикетажное положение точки, проектная отметка головки рельса, глубина очистки/вырезки балласта под шпалой (рис. 3).

Пример проектных данных с продольного профиля представлен в табл. 2 [3].

После получения всех необходимых данных и приведения их к нужным форматам, происходит формирование цифрового проекта железнодорожного пути. Для построения проекта необходимо использовать специализированное программное обеспечение. В него загружаются все ранее созданные текстовые файлы с исходными данными. Следующим шагом является обработка данных и получение цифрового проекта в текстовом виде [5].

Начальное диалоговое окно программы и поле, содержащее информацию по обработке данных и созданию цифрового проекта пути, представлены на рис. 4 и рис. 5 соответственно.

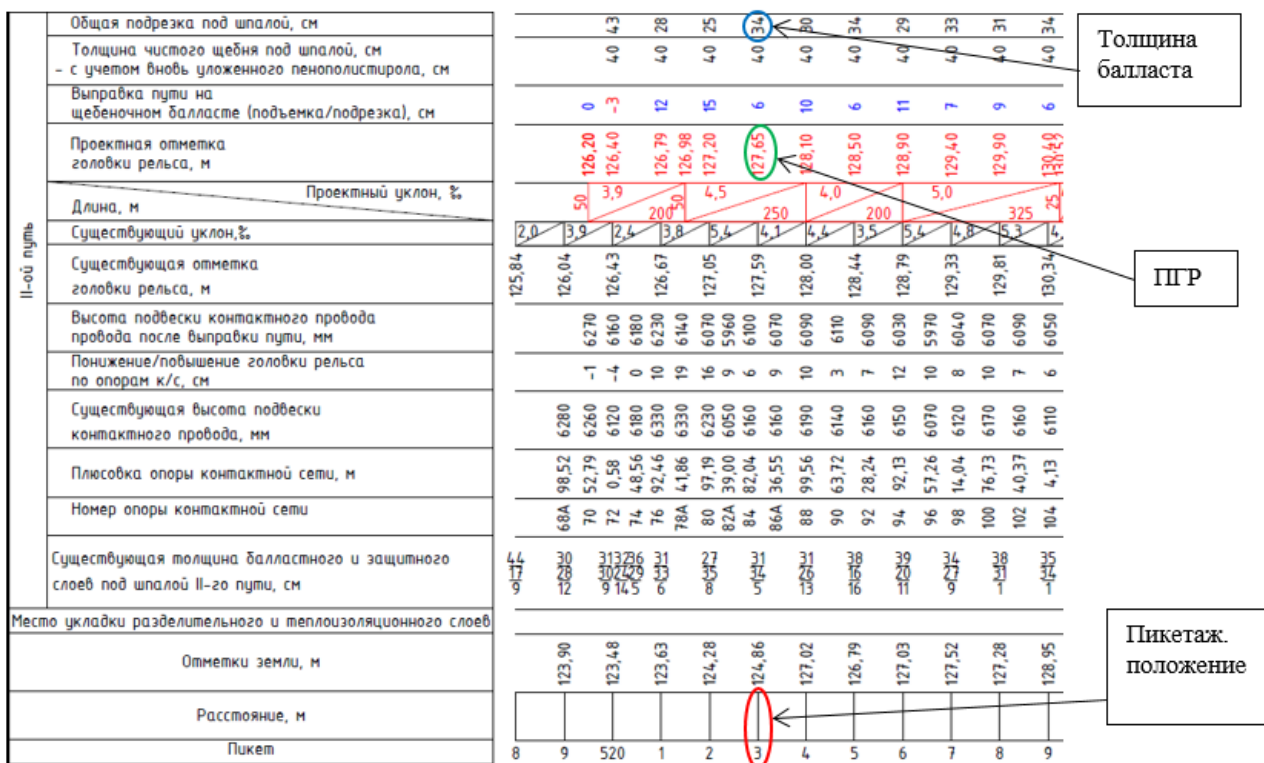


Рис. 3. Проектные данные по продольному профилю

Таблица 2

Проектные данные с продольного профиля

Пикет	Проектные данные по продольному профилю в формате для ЦП (пикет; ПГР; толщина вырезки/очистки балластного слоя)
52200,00	52200;127,20;25
52300,00	52300;127,65;34
52400,00	52400;128,10;30
52500,00	52500;128,50;34

Формирование проекта

Координаты

Описание

Междупутье

Профиль

Направляющая на опорах

Рис. 4. Стартовое окно ПО для загрузки данных

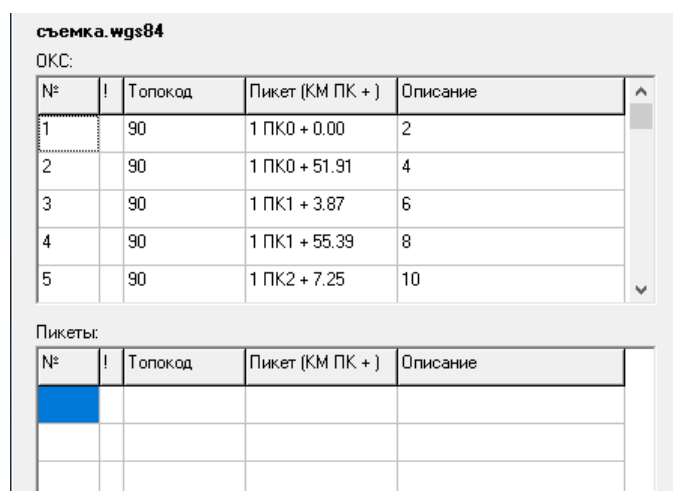


Рис. 5. – Окно обработки исходных данных и формирование цифрового проекта

Проект формируется в геодезической системе координат или СК42 (табл. 3), при работе на удаленных друг от друга участках будут формироваться координаты в различных зонах, если известна определенная шестиградусная зона проекции Гаусса–Крюгера, то она задается в параметрах программного обеспечения. В противном случае происходит автоопределение зоны работы. Также в проекте указываются расстояния от начала пути до каждой точки, проектные, заданные величины проекта – ПРГ (высота проектной головки рельса), высота по очистке/вырезки балласта [2].

Таблица 3

Массив данных созданного цифрового проекта

x	y	h	Расстояние, м	Топокод	Междупутье, м	Расстояние до ОКС, м	H
6112662,39	628432,55	100,00	1000,00	90	5,42	2,00	100,00
6112663,14	628433,23	100,00	1001,02	0	5,42	2,00	100,00
6112663,90	628433,92	100,00	1002,04	0	5,42	2,00	100,00
6112664,65	628434,60	100,00	1003,05	0	5,42	2,00	100,00
6112665,41	628435,28	100,00	1004,07	0	5,42	2,00	100,00
6112666,16	628435,97	100,00	1005,09	0	5,42	2,00	100,00
6112666,91	628436,65	100,00	1006,11	0	5,42	2,00	100,00

Результаты

Результатом работы является разработка методики по созданию цифровых проектов для реконструкции (ремонта) железнодорожных линий. Представленная методика позволяет учитывать и использовать данные с традиционных проектов по ремонту пути, согласно которым выполняются строительные работы с данными, получаемыми с помощью спутниковой аппаратуры, и создавать цифровые проекты для систем автоматизированного управления, которыми оборудованы

дуются строительная железнодорожная техника, при методе с использованием данных по соседнему пути.

Заключение

Методика обладает рядом преимуществ, основным из которых является отсутствие необходимости в подготовительной разбивочной основе. Исходя из практического опыта применения цифровых проектов на строительной железнодорожной технике, следует вывод, что технология проста в использовании и обучении персонала, как в создании цифровых проектов, так и в непосредственной работе на машинах. Представленная методика создания цифровых проектов является эффективной при использовании на электробалластерах, выправочных, отделочных, щебнеочистительных и других ремонтных машинах. Недостатком метода является возможность осуществления рабочего процесса строительной техники только на двухпутных, электрифицированных участках железнодорожных линий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года : утв. распоряжением Правительства РФ от 27.11.2021 г. № 3363-р [Электронный ресурс] // Доступ из СПС «Консультант Плюс».
2. Щербаков В. В., Щербаков И. В., Быков А. А., Земерова А. А., Комягин С. А. Технология автоматизированной постановки железнодорожного пути в проектное положение с использованием бокового нивелирования // Путь и путевое хозяйство. – 2020. – № 8. – С. 38–40.
3. Щербаков В. В., Бунцев И. А., Ковалева О. В., Попов И. А., Земерова А. А. Методика создания электронных проектов для систем автоматизированного управления строительной техникой на базе ГНСС (САУ) // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017: сб. международ. науч. конгр. – Новосибирск: СГУГиТ. – 2017. – Т.1. – С. 71–75.
4. Пат. 2628541 Российская Федерация, RUC 1 МПК В 61 К9/08Е 01В 35/00. Способ определения пространственных координат и геометрических параметров рельсового пути и устройство для его осуществления / В. В. Щербаков, И. В. Щербаков, И. А. Бунцев; заявитель и патентообладатель Щербаков В. В. – № 2016106560; заявл. 24.02.2016; опубл. 18.08.2017, Бюл. № 23. – 7 с.
5. Пат. 147033 Российская Федерация, RUU 1МПК Е 01 В 29/04. Система для управления выправкой железнодорожного пути / В. В. Щербаков, А. И. Пименов, А. Н. Модестов, И. В. Щербаков, И. А. Бунцев, В. П. Славкин. – № 2014120965; заявл. 23.05.2014; опубл. 24.09.2014, Бюл. № 15. – 7 с.
6. Альбом элементов и конструкций верхнего строения железнодорожного пути. Утв. ЦП ОАО «РЖД» 19.12.2011. – М., 2012.
7. Технические условия на работы по реконструкции (модернизации) и ремонту железнодорожного пути (утверждены распоряжением ОАО «РЖД» от 18.01.2013 №75р).

© Н. В. Ефимов, С. А. Комягин, Е. Н. Тимофеев, 2024