

## МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ПРОЕКТОВ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ И РЕМОНТА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ

*Ангелина Александровна Земерова*

Сибирский государственный университет путей сообщения, 630049, Россия, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, ст. преподаватель кафедры «Инженерная геодезия», тел. (923)223-52-33, e-mail: angelina\_406@mail.ru

В статье описывается универсальная методика создания цифровых проектов для любой строительной дорожной техники, оборудованной системой автоматизированного управления (САУ-3Д), которая включает выполнение съемки ремонтного пути аппаратно-программным комплексом (АПК) «Профиль» и мобильным лазерным сканером (МЛС) «Сканпуть», обработку данных традиционного проекта на ремонт (продольный профиль, эшюра рихтовок) и корректировку цифровой основы существующего железнодорожного пути проектными данными из традиционных проектов. При использовании данной методики осуществляется переход на координатные методы, исключаются линейно-угловые параметры за счет использования координат. Изучена специфика для создания цифровых моделей пути и цифровых проектов на ОАО «РЖД». Приведена оценка точности проектных решений с использованием САУ-3Д и их соответствие нормативным требованиям на реконструкцию и ремонт железнодорожных путей.

**Ключевые слова:** цифровой проект, САУ-3Д, координатные методы, реконструкция пути

## METHODOLOGY FOR CREATING DIGITAL PROJECTS FOR THE RECONSTRUCTION AND REPAIR OF RAILWAY TRACKS

*Angelina A. Zemerova*

Siberian Transport University, 191, Dusi Kovalchuk St., Novosibirsk, 630049, Russia, Senior Lecturer at the Department of Engineering Geodesy, phone: (923)223-52-33, e-mail: angelina\_406@mail.ru

The article describes a universal technique for creating digital projects for any road construction equipment equipped with an automated control system (SAU-3D), which includes surveying the repair route with the hardware and software complex (APK) "Profile" and a mobile laser scanner (MLS) "Scanput", data processing of a traditional project for repairs (longitudinal profile, straightening diagram), and adjustment of the digital basis of the existing railway track with design data from traditional projects. When using this technique, the transition to coordinate methods is carried out, linear-angular parameters are excluded due to the use of coordinates. The specifics of creating digital track models and digital projects at Russian Railways have been studied. An assessment of the accuracy of design solutions using SAU-3D and their compliance with regulatory requirements for the reconstruction and repair of railway tracks is given.

**Keywords:** digital project, SAU-3D, coordinate methods, track reconstruction

### *Введение*

Реконструкция железнодорожного пути направлена на повышение прочности, несущей способности, долговечности и других показателей надежности как железнодорожного пути в целом, так и его составных частей и элементов, обес-

печивающих продление продолжительности жизненного цикла, сокращение трудоемкости и стоимости технического обслуживания пути и получение экономического эффекта при его эксплуатации.

Основная задача проектной документации в процессе реконструкции – обеспечить проектные решения по выносу оси пути в натуру, обеспечение возвышения рельса и габариты приближения строений.

В зависимости от методов постановки пути в проектное положение разрабатывается техническая документация, для разбивочных работ готовится разбивочный чертеж с расчетами угловых и линейных величин для выноса проектных точек в натуру, например, с использованием копир-струны. Для постановки пути в проектное положение от соседнего пути методом бокового нивелирования используется эюра рихтовок (рис. 1) и продольный профиль (рис. 2), которые обеспечивают постановку пути в проектное положение в плане и профиле соответственно [1].

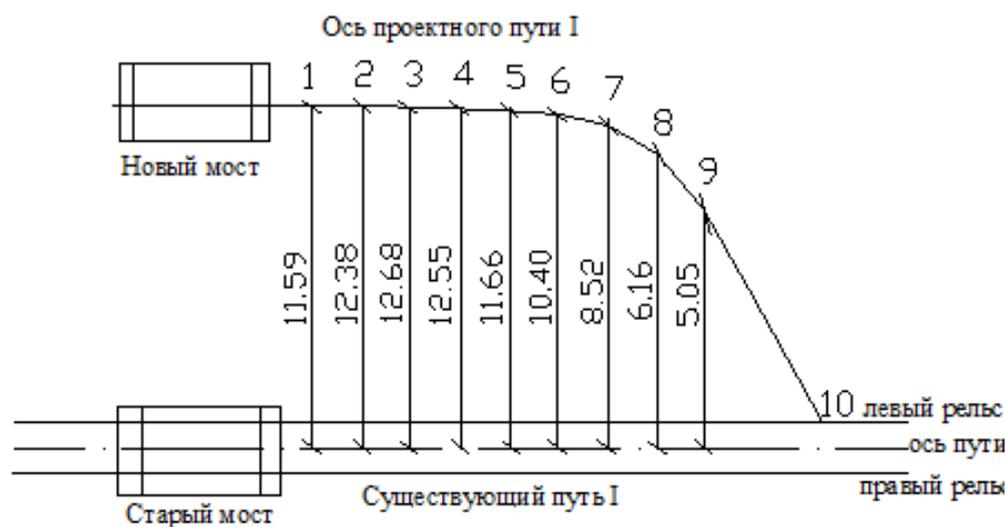


Рис. 1. Эюра рихтовок

По распоряжению правительства № 877-р от 17.06.2008 г. разработана стратегия развития железных дорог Российской Федерации до 2030 г., которая предполагает модернизацию объектов инфраструктуры путем перехода на цифровые методы при строительстве и эксплуатации железных дорог.

Данное распоряжение и положительная тенденция использования системы автоматизированного управления (САУ) землеройной техники во время строительства автодорог позволили внедрить САУ на дорожно-строительной технике на железнодорожном ходу. На данный момент ведущие ремонтные структурные подразделения ОАО «РЖД» применяют системы автоматизированного управления. САУ устанавливаются на путевые железнодорожные машины (щебнеочистительные, выправочно-рихтовочно-подбивочные, машины для балластировки пути, чистовой выправки, машины для стабилизации) для автоматизации поста-

новки пути в проектное положение, контроля операционных процессов, исполнительных съемок.

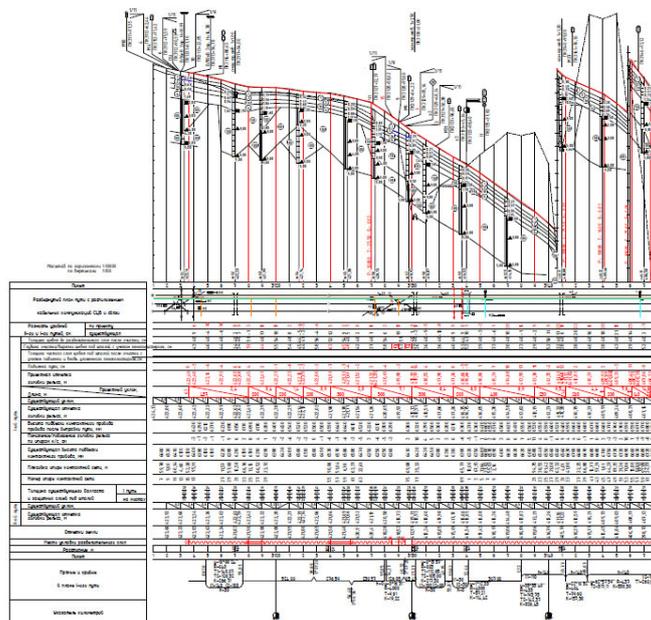


Рис. 2. Продольный профиль

При использовании САУ создается цифровой проект на участке реконструкции для различных типов строительной техники: бульдозер, автогрейдер, уплотнитель, щебнеочистительная машина, электробалластер, выпровочно-подбивочно-рихтовочные машины [2].

При внедрении САУ в ОАО «РЖД» актуальной проблемой является создание цифровых (электронных) проектов для реконструкции и ремонта, железных дорог, так как традиционные проекты в своей структуре содержат линейно-угловые данные, а при работе САУ используются пространственные данные (координаты). В связи с этим появилась необходимость в разработке методики преобразования традиционных проектов в цифровые, которые бы соответствовали структуре и форматам данных САУ и полностью сохраняли проектные решения, заложенные в традиционных проектах на реконструкцию и ремонт.

### ***Методы и материалы***

Ранее выполненные исследования показали [3], что использование квази-геоида при переходе из геодезических высот (ГНСС) к нормальным (высотные отметки данных в проекте) и метода аффинных преобразований является неприемлемым, так как не обеспечивает требуемую точность ( $\pm 3$  см). Поэтому как эффективный метод создания цифровых проектов был выбран метод использования геодезических высот (WGS-84) с его корректировкой на величину подьемки по высотной составляющей цифровой модели, которая обеспечивает при-

емлемую точность для САУ. Учитывая, что ГНСС является автономной и полностью автоматизированной системой, более эффективной по отношению к другим приборам, в том числе тахеометрам, предлагаемая методика обеспечила решение сложнейшей задачи постановки пути по высотным отметкам в проектное положение при применении САУ на базе ГНСС.

Так же при работе систем автоматизированного управления на ОАО «РЖД» имеется своя специфика для создания цифровых моделей пути и цифровых проектов, применяющихся для специализированных железнодорожных машин, которая заключается в следующем:

- объекты инфраструктуры имеют пространственную привязку к оси пути, контроль геометрических параметров для обеспечения безопасности движения также выполняется относительно оси пути;

- проектные сдвиги (рихтовка в плане и подъёмка в профиле), пространственное положение балластной призмы и другие параметры верхнего строения пути нормируются и контролируются относительно оси железнодорожного пути;

- для обеспечения проектных решений создается местная (МСК) и связанная с ней линейная система координат (Км + Пк + м);

- проектные данные на участок ремонта содержат пространственные данные (координаты оси пути в МСК), и геометрические параметры рассчитываются относительно оси существующего соседнего пути;

- ограничение временного интервала выполнения работ – выполнение ремонта в «окно»;

- строительные машины для выполнения технологического процесса ремонта имеют различные задачи на каждом этапе работ и существенно отличаются как конструктивно, так и по функциональным задачам;

- требования к обеспечению точности пространственного положения оси пути и взаимного положения смежных точек пути отличаются в 20 раз;

- проектная документация на ремонт включает проектные пространственные данные и специфические геометрические параметры, характерные только для железных дорог, определяющие смещение пути в плане и профиле относительно существующего пути [4].

Исходя из приведенных требований, была разработана универсальная методика создания цифровых (электронных) проектов для любой строительной дорожной техники оборудованной САУ-3Д.

Данная методика включает выполнения съемки ремонтного пути, (включая инфраструктуру) аппаратно-программным комплексом (АПК) «Профиль», (рис. 3, а) мобильным лазерным сканером (МЛС) «Сканпуть» (рис. 3, б), (разработка Сибирского государственного университета путей сообщения) [5], или другими специальными измерительными средствами, работающими в системе координат ГНСС (WGS-84), предназначенными для создания цифровых моделей пути, что обеспечивает работу САУ в одной системе координат с цифровым проектом.



а)



б)

Рис. 3. Оборудование для съемки ремонтного пути

а) аппаратно-программный комплекс (АПК) «Профиль»; б) МЛС «СКАНПУТЬ»

В качестве исходных данных для создания цифрового проекта используется:

- пространственное положение оси пути и объектов инфраструктуры в системе координат WGS-84;
- проектные данные в плане, в продольном и поперечном профиле из традиционного проекта на реконструкцию участка ремонта;
- габариты приближения строений.

Параллельно со съемкой ведется обработка данных традиционного проекта на ремонт (продольный профиль, эпюра рихтовок) и корректировка цифровой основы существующего железнодорожного пути проектными данными (рихтовка, подъемка, возвышение рельса) из традиционных проектов.

Программное обеспечение (фрагмент обработки) для создания ЦП [6] показано на рис. 4. Для построения проекта нужно запустить программу и указать все четыре файла, содержащие исходные данные, файлы формируются в формате txt.

Пикет в виде КМ ПК +

Номер по порядку

Код точки (90 для ОКС)

№	Пикет	Пикет (КМ ПК +)	Описание
1	90	56 ПК3 + 77.42	87
2	90	57 ПК0 + 26.50	89
3	90	57 ПК0 + 74.16	91
4	90	57 ПК1 + 24.05	93
5	90	57 ПК1 + 72.49	95

Описание (номер ОКС или номер пикета)

Переход к построению проекта

Продолжить

Отмена

Рис. 4. Фрагмент обработки данных и создания ЦП

Структура цифрового проекта с описанием данных показана на рис. 5.

```
x_ck42; y_ck42; h_ck42; Расстояние; d1; d2; d3; d4; Код; проект_путь; isso; H
6095130.27; 349561.61; 112.80; 2849629.12; ; 0; 0; 0; 0; 5.42; 8.51; 112.80
6095130.21; 349562.63; 112.80; 2849630.13; ; 0; 0; 0; 0; 5.42; 8.51; 112.80
6095130.15; 349563.65; 112.80; 2849631.14; ; 0; 0; 0; 0; 5.42; 8.51; 112.80
6095130.09; 349564.67; 112.80; 2849632.15; ; 0; 0; 0; 0; 5.42; 8.51; 112.80
.....
6095130.04; 349565.69; 112.80; 2849633.16; 0; 0; 0; 0; 5.42; 8.51; 112.80
```

Рис. 5. Структура цифрового проекта

В первой строке формата указан тип и порядок представления используемых данных: «x\_ck42; y\_ck42; h\_ck42» – координаты точек пути; «Расстояние» – удаление каждой точки от начала пути (пикетное расстояние); «d1; d2; d3; d4» – величины проекта (возвышение, глубина вырезки и т.д.); «Код» – числовое значение, описывающее данную точку; «проект\_путь» – проектное расстояние до соседнего пути; «isso» – проектное расстояние до опоры контактной сети. Каждая единица данных отделяется друг от друга символом «;».

Расчет координат оси пути для цифрового проекта выполняется по формулам:

$$\begin{aligned} X'_{i(yn)} &= X_{i(yn)} + \Delta X_{i(p)}, \\ Y'_{i(yn)} &= Y_{i(yn)} + \Delta Y_{i(p)}, \\ H'_{i(yn)} &= H_{i(yn)} + \Delta H_{i(p)}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $X'_{i(yn)}$ ,  $Y'_{i(yn)}$ ,  $H'_{i(yn)}$  – координаты оси пути в  $i$ -ой точке цифрового для САУ;

$X_{i(yn)}$ ,  $Y_{i(yn)}$ ,  $H_{i(yn)}$  – координаты оси в  $i$ -ой точке, полученные АПК «Профиль»;

$\Delta X_{i(p)}$ ,  $\Delta Y_{i(p)}$  – величины рихтовки пути из проектных данных для  $i$ -ой точки оси проектного пути;

$\Delta H_{i(p)}$  – подъемки из проектных данных для  $i$ -ой точки оси пути [3].

### Заключение

Практическая сущность методики создания цифрового проекта заключается в том, что созданная ЦМП используется в качестве цифровой основы существующего пути, которая корректируется проектными решениями на участок ремонта: рихтовки (сдвиги существующего пути в плане на проектную величину), подь-

емки (подъемка пути на балласте на проектную величину), уровень (возвышение рельсовой нити) в зависимости от выполнения ремонтных работ [7].

Постановка железнодорожного пути в проектное положение зависит от точности параметров цифрового проекта, работы системы автоматизированного управления (САУ) при реализации проекта и остаточных смещений из-за влияния неуплотненного балласта на смещение рельсошпальной решетки (РШР) под действием упругих сил.

После проведения испытательных работ стало очевидным, что при использовании САУ-3Д данный метод дает возможность использования ГНСС в САУ, обеспечивая требуемую точность ( $\pm 3$  см) и качество реализации цифровых проектов при минимальных затратах на преобразование.

Данная методика создания цифровых проектов оказалась эффективнее других, так же появилась возможность эффективно использовать цифровые проекты для САУ щебнеочистительных машин, электробалластеров, выпровочно-подбивочных и других машин [8].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.
2. Земерова А. А. Методика создания электронных проектов по данным контурной съемки АПК «Профиль» // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016: сб. международ. науч. конгр., – Новосибирск: СГУГиТ. – 2016. – Т.1. – С. 77–82.
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. Щербаков В. В., Земерова А. А., Комягин С. А. Цифровые технологии при строительстве и эксплуатации железнодорожной инфраструктуры // Транспортное строительство. – М. – 2019. – №2. – С. 9–12.
5. 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.
6. 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.
7. Щербаков В. В. Автоматизация геодезического обеспечения строительства и ремонта железных и автомобильных работ // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017: XIII Междунар. науч. конгр., Новосибирск, 17–21 апр. 2017 г.; Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сб. материалов в 2 т. – Новосибирск: СГУГиТ, 2017.– Т. 1. – С. 39–42.
8. Щербаков, В. В., Щербаков И. В., Земерова А. А. Применение ГНСС и ГИС технологий в ОАО «РЖД» // Путь и путевое хозяйство. – 2017. – № 3.–С. 38–40.

© А. А. Земерова, 2021