



УДК 625.111

DOI: 10.26731/1813-9108.2019.1(61).74–81

П. Н. Холодов, К. М. Титов, В. А. Подвербный

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

Дата поступления: 19 сентября 2018 г.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛАНА ОСИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ И ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Аннотация. Проектирование, строительство и последующие ремонты железнодорожных путей необходимо выполнять с соблюдением достаточной точности для такого вида работ. Выполнение этого требования возможно с фиксированием осей железнодорожных путей в прямоугольных системах координат. Осью пути называется условная линия, проходящая посередине рельсовой колеи в уровне поверхности катания рельсов на равном расстоянии от осей симметрии рельсов, образующих данную колею, предназначенная для построения проектных показателей железнодорожного пути и объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта. Современные проектные организации, выполняющие проектно-изыскательские работы для нужд ОАО «Российские железные дороги» съемку и последующее проектирование железнодорожного пути рассчитывают в высокоточной координатной системе, а при ее отсутствии – в заданной системе координат. В плане ось пути состоит из прямых и кривых участков пути. Сопряжение прямых и кривых участков пути, а также составных кривых необходимо выполнять с использованием переходных кривых. Длину переходных кривых следует рассчитывать с учетом комфортности безопасности движения поездов при необходимом возвышении наружного рельса. Авторами разработана программа, позволяющая генерировать случайным образом параметры плана оси пути с созданием прямоугольных координат точек, лежащих на этой оси, при заданном наборе исходных данных. В данной программе реализована возможность «умышленного» поперечного смещения отдельных точек на случайную величину, максимальное значение которой устанавливается в исходных данных, относительно оси пути с целью анализа «сбитого» плана линии и возможного его приведения в первоначальное положение.

Ключевые слова: моделирование плана, ось пути, железная дорога, координаты точек.

P. N. Kholodov, K. M. Titov, V. A. Podverbnyi

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation

Received: September 19, 2018

MODELING THE RAILWAY TRACK PLAN AND ITS CHANGES DURING THE OPERATION PROCESS

Abstract. Design, construction and subsequent repairs of railway tracks must be carried out with sufficient accuracy for this type of work. It is possible to implement this requirement by fixing axes of the railway tracks in the rectangular coordinate systems. The axis of the track is a conventional line passing in the middle of the rail track at the level of the rail surface at an equal distance from the symmetry axes of the rails forming this track and is designed to build design indicators of the railway track and railway infrastructure. In modern design organizations that perform design and survey work for the needs of JSC "Russian Railways", survey and subsequent design of the railway track is calculated in a high-precision coordinate system, and in its absence – in a given coordinate system. In the plan, the track axis consists of straight and curved track sections. The interlinkage of straight and curved track sections, as well as compound curves must be performed with the use of transitional curves. The length of the transitional curves should be calculated taking into account the train traffic comfort and safety, with the necessary elevation of the outer rail. The authors have developed a program that allows one to generate random parameters of the plan of the track axis by constructing rectangular coordinates of points lying on this axis, with a given set of source data. This program implements the possibility of "intentional" transverse displacement of individual points by a random value, the maximum value of which is set in the source data, relative to the track axis, in order to analyze the line plan that is "out of alignment" and its possible restoration to the original outline.

Keywords: plan modeling, track axis, railway, coordinates of points.

Введение

При вводе в эксплуатацию построенного или отремонтированного железнодорожного пути, ось должна быть приведена в проектное положение.

Проектным положением оси железнодорожного пути называется положение в пространстве

оси заданного пути по проектной документации в заданной системе координат [1].

В процессе эксплуатации под действием сил различной природы (воздействие подвижного состава, температурного режима работы рельсов, атмосферных осадков и др.) положение оси пути может меняться.



Текущее содержание железнодорожного пути выполняется на всем протяжении и круглогодично, в том числе на участках, находящихся в процессе ремонта. Во время текущего содержания пути выполняется комплекс работ по диагностике его состояния с целью своевременного обнаружения различных отступлений и неисправностей, изучение причин их появления и выполнение работ по их ликвидации.

При осуществлении текущего содержания пути должно соблюдаться наиболее рациональное сочетание основных требований: обеспечение безопасности движения поездов с заданными скоростями и ресурсосбережения [2–5]. Значит, при текущем содержании пути поддержание проектного положения пути не является обязательным требованием.

При текущем содержании допускаются отступления I класса на путях в зависимости от класса и специализации. Эти отступления устраняются при плановых видах ремонта или реконструкции пути. Величины отступления приведены в табл. 1 [3, 5].

Таблица 1

Отступления в плане пути

Заданная скорость движения пассажирских/грузовых поездов, км/ч	Специализация пути	Класс пути	Значение разности смежных стрел, при длине неровности пути	
			до 20 м	20–40 м
141–200 / до 90	В, С	1	до 10	до 15
121–140 / до 90	В, С, П	1,2	до 12	до 20
101–120 / до 90	П, Г, О, Т	1,2	до 14	до 22
61–100 / 61–80	П, Г, О, Т	1–3	до 16	до 22
	М	3,4	до 20	до 25
25–60	П, Г, Т	2–4	до 22	до 30
	м	3–5	до 30	до 35

Таким образом, в процессе эксплуатации возможны изменения проектного положения оси пути (получается, так называемый, «сбитый» путь), которые должны корректироваться при плановых видах ремонта.

Плановые ремонты (капитальный, средний, реконструкция и др.) выполняются по согласованной и утвержденной проектной документации, которая, в свою очередь, разрабатывается на материалах обследований и натурных съемок.

На участках электрифицированных железнодорожных линий съемка прямых участков пути проводится напротив опор контактной сети (рис. 1). В кривых участках пути к точкам напротив опор контактной сети снимаются дополнительные точки (рис. 2): при радиусе кривой более 400 м – две точки (расстояние между точками должно

быть не более 20 м), при радиусе менее 400 м – три дополнительные точки (расстояние между точками не более 10 м). Съемка коротких кривых длиной до 80 м, а также кривых в районе стрелочных переводов производится через 5–10 м [6].

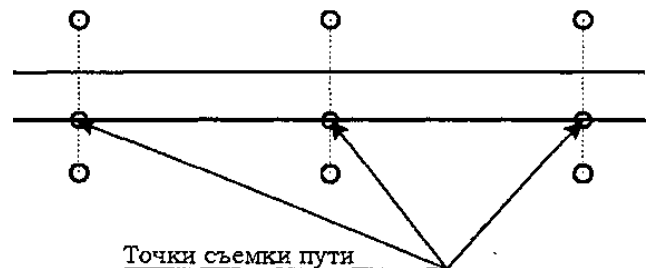


Рис. 1. Частота съемки точек в прямом участке пути

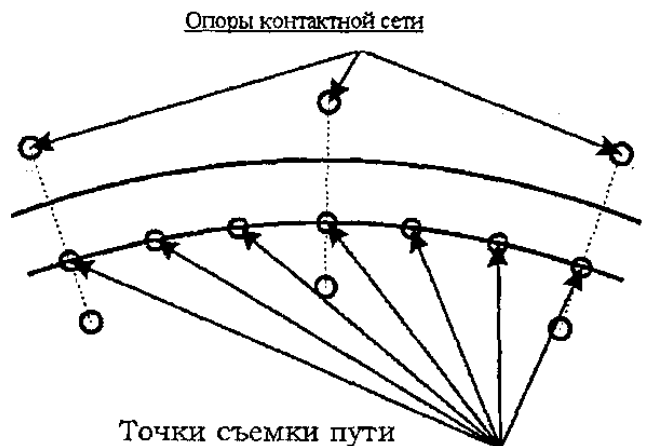


Рис. 2. Частота съемки точек в кривом участке пути

На участках, где визуально трудно определить наличие кривизны, съемка должна производиться с частотой, как для кривого участка пути.

Дополнительно к точкам, снятым в створах опор контактной сети, а также на неэлектрифицированных железных дорогах, выполняют съемку других объектов пути и точек для габаритов.

В идеальном с точки зрения аналитической геометрии состоянии плана пути характеризуются прямыми участками, сопряженными кривыми определенной крутизны. Кривые участки пути могут состоять из круговых и переходных кривых.

Моделирование плана оси пути

Разработанная авторами Программа для генерации случайного плана линии в прямоугольных координатах с заданным максимальным смещением (далее – Программа) [7] позволяет моделировать положение оси плана пути на основе заданных исходных данных:

- протяженность участка, км;
- минимальная и максимальная длина прямой вставки, м;



- минимальный и максимальный радиусы кривых, м;
- минимальное и максимальное расстояние между точками, м;
- координаты (X и Y) начала пути;
- пикетаж начала;
- максимальное смещение, см.

Программа позволяет моделировать случайным образом план оси пути и набор точек в прямоугольной системе координат, лежащих на этом плане.

Планы пути определяются следующими параметрами:

- для прямых участков – длиной и дирекционным углом;
- для круговых кривых – углом и направлением поворота, радиусом;

– для переходных кривых – длиной.

При задании величины максимального смещения программа выдает координаты точек, лежащих на оси пути, с учетом возможного смещения влево или вправо.

Для наглядного представления в программе реализовано отображение сгенерированного плана оси пути (рис. 3) и подписей координат точек, лежащих на нем (рис. 4).

В программе реализованы алгоритмы и формулы расчета [8, 9, 10, 11].

При сохранении Программа создает в указанном месте папку (или папки, если указано количество заданий более 1) с двумя файлами – параметрами плана в формате «csv» и координатами точек в формате «ktrv».

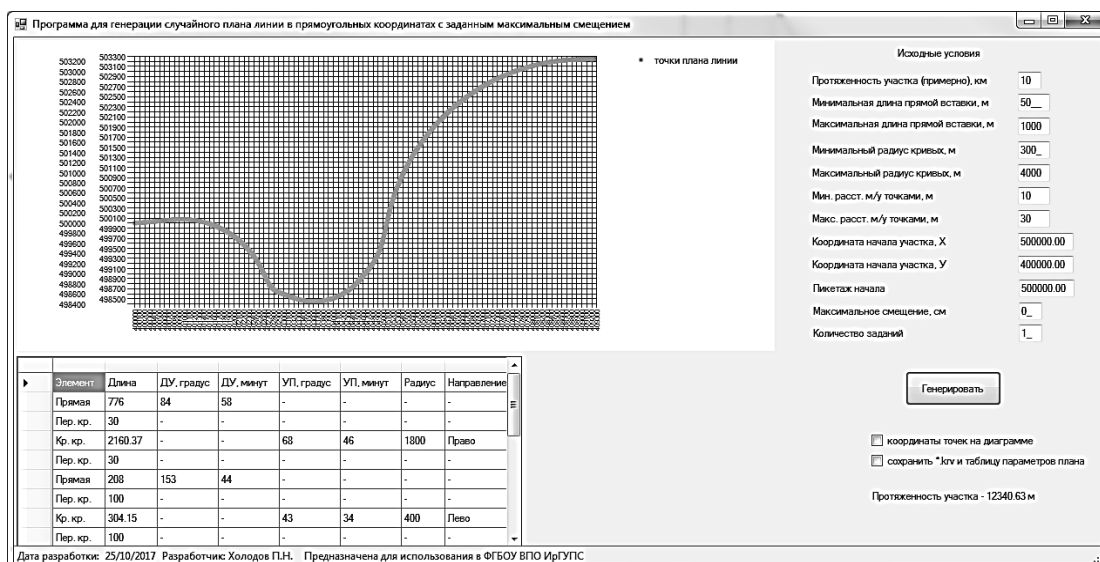


Рис. 3. Пример генерации плана линии

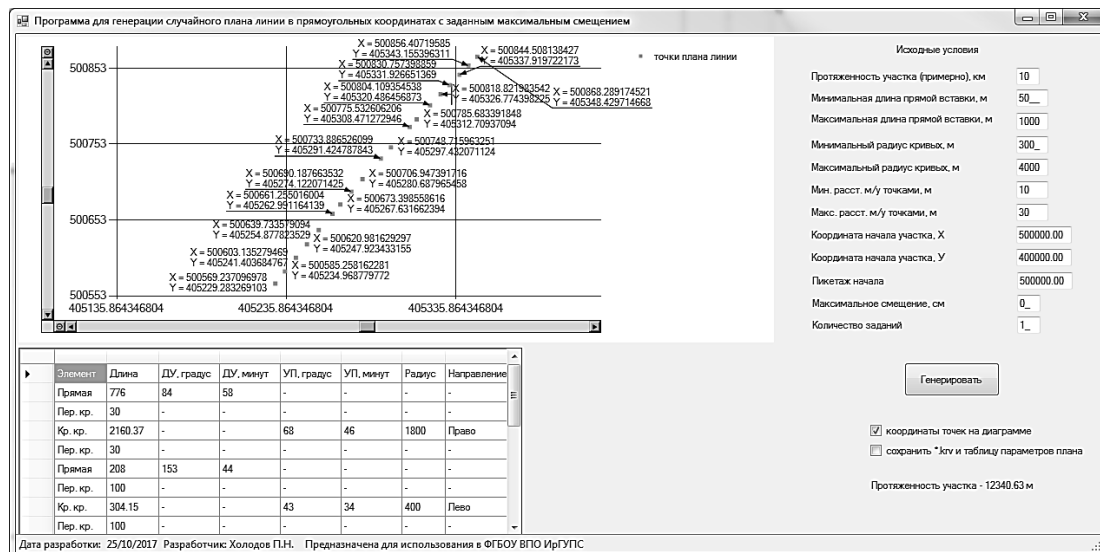


Рис. 4. Пример отображения точек с подписями координат на увеличенном участке

Анализ «сбитого» плана линии

Для дальнейшего анализа «сбитого» плана линии можно использовать одну из программ:

1. «Aquila» – разработчик В.А. Бучкин [12].
2. САПР КРП 5.2 – правообладатель АО «Росжелдорпроект» [13].
3. RWPlan – разработчик И.П. Корженевич [14, 15, 16].
4. Наноплан – разработчик А.А. Мамитко [17–20] и др.

Для примера рассмотрим расчет плана оси пути, сгенерированного Программой, используя «Aquila». Результат первоначального расчета при-

веден на рис. 5–6. Под первоначальным расчетом подразумевается подбор параметров плана оси пути с «оптимальными» параметрами выправки существующего пути. «Оптимальные» параметры выправки пути сочетают в себе возможность проектирования плана линии с заданными нормативными граничными параметрами (минимальная длина прямой вставки, наименьший и наибольший радиус кривых и др.) при наименьших значениях величин поперечных сдвигов для выправки существующего плана к проектному. На рис. 5 показано графическое представление стрел изгиба, на рис. 6 – необходимых поперечных сдвигов.

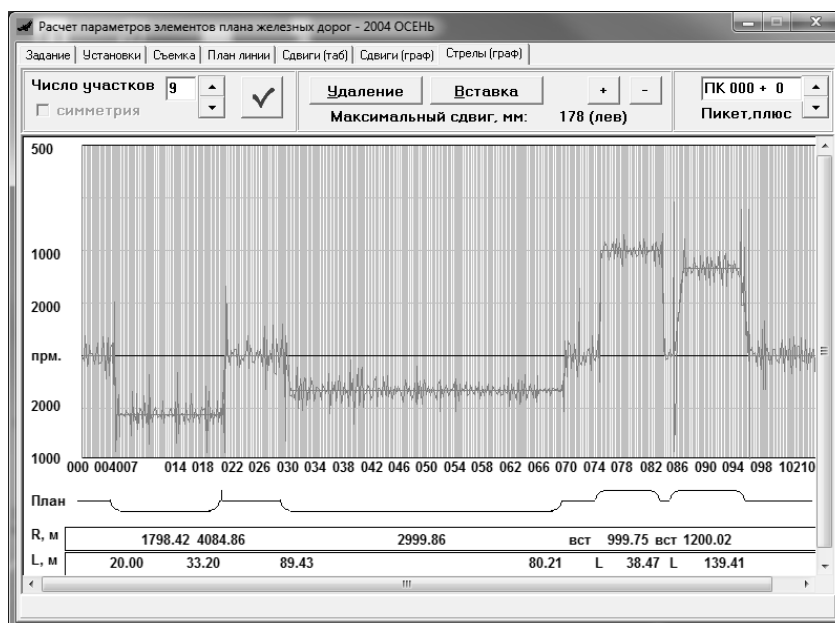


Рис. 5. Результат начального расчета плана оси пути в программе «Aquila» (стрелы)

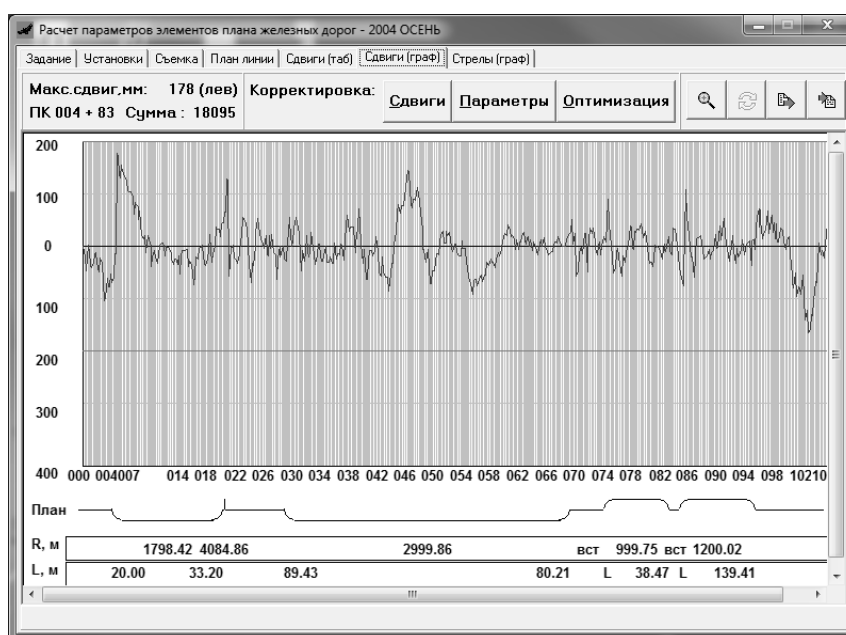


Рис. 6. Результат начального расчета плана оси пути в программе «Aquila» (сдвиги)



При первоначальном расчете программа выдает параметры плана линии в некорректном виде: значения параметров кривых в виде дробных величин, присутствуют «изломы» (малые углы поворота плана линии), а также возможно наличие многорадиусных кривых.

На рис. 6 видно, что основные сдвиги пути составляют до 10 см.

В процессе дальнейшего расчета «вручную»

был получен план линии с целыми стандартными значениями радиусов кривых с симметричными переходными кривыми (рис. 7). В результате этого поперечные сдвиги увеличились и их значения составили до 20 см.

На рис. 8 показан план проектного пути в виде отдельных элементов, что с достаточной точностью соответствует плану пути, сгенерированному Программой (рис. 9).

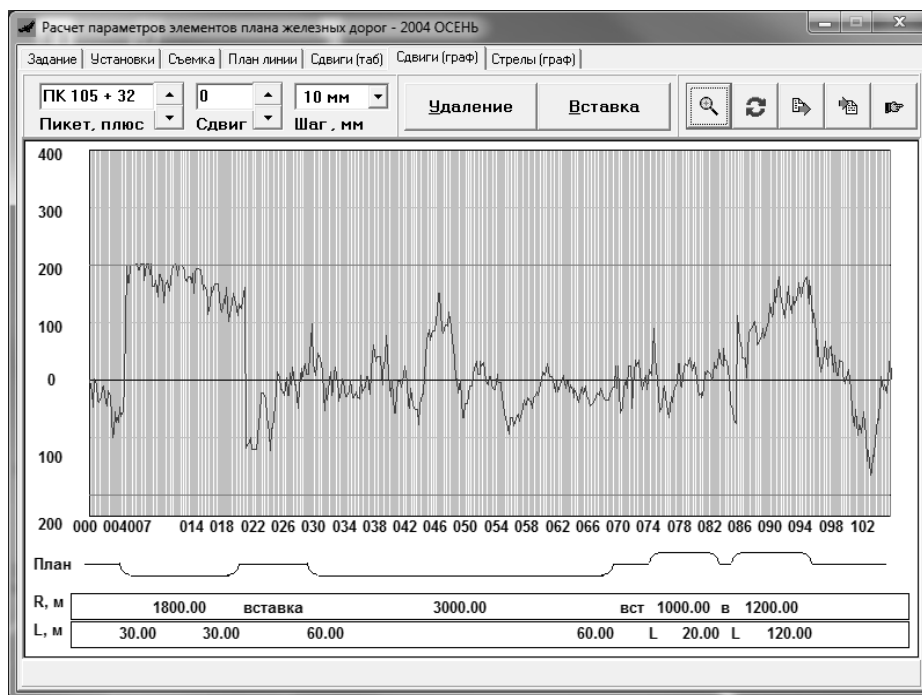


Рис. 7. Результат выправленного плана оси пути в программе «Aquila» (сдвиги)

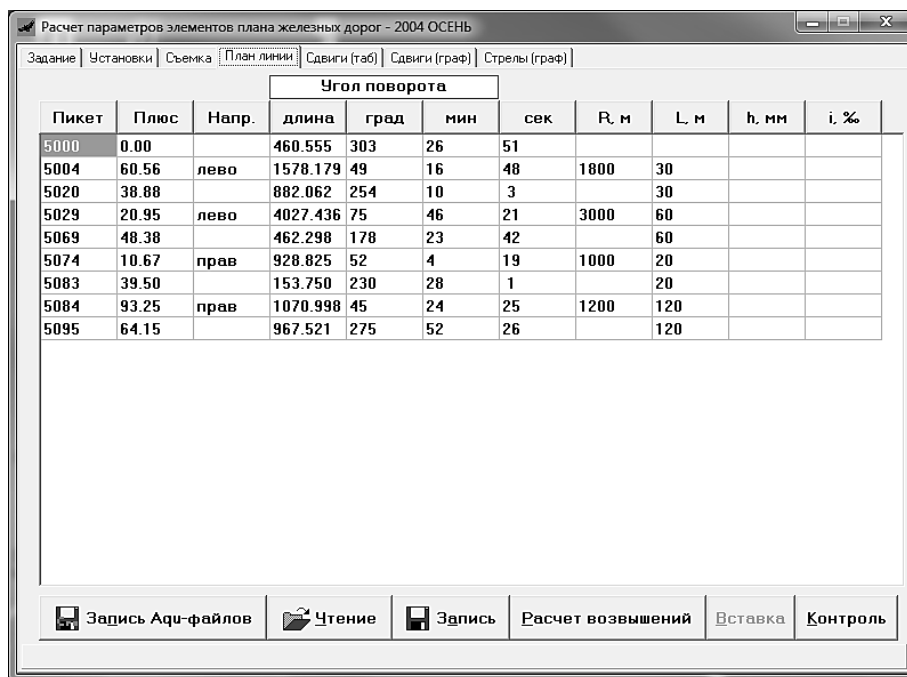


Рис. 8. Результат выправленного плана оси пути в программе «Aquila» (план линии)

Элемент	Длина	ДУ, градус	ДУ, минут	УП, градус	УП, минут	Радиус	Направление
Прямая	460	303	28	-	-	-	-
Пер. кр.	30	-	-	-	-	-	-
Кр. кр.	1548.81	-	-	49	18	1800	Лево
Пер. кр.	30	-	-	-	-	-	-
Прямая	882	254	10	-	-	-	-
Пер. кр.	60	-	-	-	-	-	-
Кр. кр.	3966.26	-	-	75	45	3000	Лево
Пер. кр.	60	-	-	-	-	-	-
Прямая	464	178	25	-	-	-	-
Пер. кр.	20	-	-	-	-	-	-
Кр. кр.	906.99	-	-	51	58	1000	Право
Пер. кр.	20	-	-	-	-	-	-
Прямая	153	230	23	-	-	-	-
Пер. кр.	120	-	-	-	-	-	-
Кр. кр.	952.60	-	-	45	29	1200	Право
Пер. кр.	120	-	-	-	-	-	-
Прямая	968	275	52	-	-	-	-

Рис. 9. Параметры плана, выданные Программой

Выводы

Используя разработанную авторами Программу, можно моделировать план оси пути. При задании смещения получается модель «сбитого» пути. Используя существующие программы выправки пути можно проводить анализ влияния улучшения параметров пути на получаемые поперечные сдвиги.

Программа, в настоящее время, генерирует план с однорадиусными кривыми, имеющими симметричные переходные кривые.

В дальнейшем планируется доработать Программу для генерации кривых, имеющих на своей протяженности несколько радиусов кривизны с несимметричными переходными кривыми и наличием на участке изломов. Такой план линии в большей степени соответствовал бы эксплуатируемым железнодорожным путям в настоящее время.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- СП 237.1326000.2015. Инфраструктура железнодорожного транспорта. Общие требования. Введ. 01.07.2015. 58 с.
- СП 119.13330.2012. Железные дороги колеи 1520 мм. Актуализированная редакция СНиП 32-01-95. Введ. 01.01.2013. 52 с.
- Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути : утв. распоряжением ОАО «РЖД» № 2288/р от 14.11.2016. 286 с.
- Правила и технология выполнения основных работ при текущем содержании пути : ЦПТ-52 : утв. зам. начальника Департамента пути и сооружений В.Б. Каменский от 30.06.1997. 65 с.
- Крейнис З.Л., Коршикова Н.П. Техническое обслуживание и ремонт железнодорожного пути. М. : УМК МПС России, 2001. 768 с.
- Технических условий на работы по реконструкции и ремонту железнодорожного пути : утв. распоряжением ОАО РЖД №75р от 18.01.2013. 234 с.
- А.с. 2018612509. Программа для генерации случайного плана линии в прямоугольных координатах с заданным максимальным смещением. № 2014610568 ; заявл. 28.12.2017 ; опубл. 19.02.2018. 1 с.



8. Брынъ М.Я., Канашин Н.В., Полетаев В.И. Расчет элементов и разбивка железнодорожных кривых : учеб. пособие. СПб. : Изд-во ПГУПС, 2008. 37 с.
9. Сидорова Е.А. Выбор параметров положения железнодорожного пути в плане методами сплайн-интерполяции : дис. ... канд. техн. наук. М., 2017.
10. Голованов Н. Н. Геометрическое моделирование. М. : Физматлит, 2002. 472 с.
11. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. М. : Наука, 1973. 833 с.
12. Бучкин В.А. Методология автоматизированного проектирования реконструкции плана и профиля железных дорог : дис. ... канд. техн. наук. М, 2001.
13. Бучкин, В.А., Рыжик Е.А., Ленченкова Е.П. Сравнительный анализ программных комплексов // Мир транспорта. 2013. Т. 11, № 2 (46). С. 112–121.
14. Корженевич И.П. Выправка кривых и решение задач плана в программе РВПлан // Особенности проектирования и строительства железных дорог в условиях Дальнего Востока : сб. науч. тр. Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2009. С. 71–79.
15. Корженевич И.П. Расчет переустройства кривых в декартовой косоугольной системе координат // Вопросы проектирования и строительства железных дорог : сб. тр. ДИИТа. Вып. 176/5. Днепропетровск : ДИИТ, 1976. С. 41–45.
16. Корженевич И.П. Программа расчетов переустройства (выправки) плана одного железнодорожного пути – Желдорплан // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. 2006. № 3. С. 13–16.
17. Свидетельство № 2011619174. Проектирование и расчет параметров плана железнодорожного пути (Нано-план) / А.А. Мамитко ; заявл.06.10.2011; зарегистр. 25.11.2011. 1 с.
18. Мамитко А.А. Автоматическое построение структуры плана линии железнодорожного пути // Транспортная инфраструктура Сибирского региона : материалы IV всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием : в 2 т. Иркутск, 2013. С. 516–521.
19. Мамитко А.А. Выбор модели линии плана железнодорожного пути // Транспортная инфраструктура Сибирского региона : материалы III всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Иркутск, 2012. С. 563–566.
20. Мамитко А.А. Модель линии существующего пути в задаче определения параметров и проектирования выправки плана // Безопасность регионов – основа устойчивого развития : материалы III междунар. науч.-практ. конф. Иркутск, 2012. С. 213–217.

REFERENCES

1. Infrastruktura zheleznodorozhnogo transporta. Obshchie trebovaniya: SP 237.1326000.2015. Vved. 01.07.2015. Utv. prikazom Mintransa Rossii No. 208 ot 06.07.2015 [Infrastructure of railway transport. General requirements: SP 237.1326000.2015. Introd. 07/01/2015. Approved by the Order of the Ministry of Transport of Russia No. 208 dated July 06, 2015], 58 p.
2. Zhelezye dorogi kolei 1520 mm. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 32-01-95: SP 119.13330.2012. Vved. 01.01.2013. Utv. prikazom Minregiona Rossii No. 276 ot 30.06.2012 [1520 mm gauge railways. Updated version of SNiP 32-01-95: SP 119.13330.2012. Introd. 01/01/2013. Approved by the Order of the Ministry of Regional Development of Russia No. 276 dated 06/30/2012], 52 p.
3. Instruktsiya po tekushchemu soderzhaniyu zheleznodorozhnogo puti: Vved. 01.03.2017. Utv. rasporyazheniem OAO «RZhD» No. 2288/r ot 14.11.2016 [Instructions for the current maintenance of the railway: Introd. 03/01/2017. Approved by the Order of Russian Railways No. 2288 / r of 11/14/2016], 286 p.
4. Pravila i tekhnologiya vypolneniya osnovnykh rabot pri tekushchem soderzhanii puti: TsPT-52. Utv. Zam. nachal'nika Departamenta puti i sooruzhenii V.B. Kamenskii ot 30.06.1997 [Rules and technology for performing basic work with the current maintenance of the track: CPT-52. Appr. by Deputy Head of the Department of Railways and Structures dated 06/30/1997], 65 p.
5. Kreinis Z.L., Korshikova N.P. Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont zheleznodorozhnogo puti: Uchebnik dlya tekhnikumov i kolledzhei zheleznodorozhnogo transporta [Maintenance and repair of railway tracks: A textbook for technical schools and colleges of railway transport]. Moscow: UMK MPS Rossii Publ., 2001, 768 p.
6. Tekhnicheskikh uslovii na raboty po rekonstruktsii i remontu zheleznodorozhnogo puti: Utv. rasporyazheniem OAO RZhD No.75r ot 18.01.2013 [Technical conditions for the reconstruction and repair of railway track: Approved by the Order of the Russian Railways No. 75r dated 01.18.2013], 234 p.
7. Programma dlya generatsii sluchainogo plana linii v pryamougol'nykh koordinatakh s zadannym maksimal'nym smeshcheniem [Program for generating a random line pattern in rectangular coordinates with a specified maximum offset] (certificate of state registration of a computer program) No. 2018612509; the right holder is FSBE HPE "Irkutsk State Transport University". No. 2014610568; applied 12/28/2017; registered in the Register of computer programs February 19, 2018, 1 p.
8. Bryn' M.Ya., Kanashin N.V., Poletaev V.I. Raschet elementov i razbivka zheleznodorozhnykh krivykh: uchebnoe posobie [The calculation of the elements and the breakdown of railway curves: a textbook]. In Bryn' M.Ya. (ed.). St. Petersburg: Peterburg state transport un-ty Publ., 2008, 37 p.
9. Sidorova E.A. Vybory parametrov polozheniya zheleznodorozhnogo puti v plane metodami splain-interpolyatsii. Dissertatsiya na soiskanie stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk [The choice of parameters of the position of the railway track in terms of spline interpolation. Ph.D. (Engineering) diss.]. Moscow, 2017.
10. Golovanov N. N. Geometricheskoe modelirovanie [Geometric modeling]. Moscow: Publishing house of physical and mathematical literature, 2002. 472 p.



11. Korn G., Korn T. Spravochnik po matematike (dlya nauchnykh rabotnikov i inzhenerov) [Handbook of mathematics (for scientists and engineers)]. Moscow: Nauka Publ., 1973, 833 p.
12. Buchkin V.A. Metodologiya avtomatizirovannogo proektirovaniya rekonstruktsii plana i profilya zheleznykh dorog. Dissertatsiya na soiskanie stepeni doktora tekhnicheskikh nauk [Methodology of computer-aided design for the reconstruction of the plan and profile of railways. D. Sc. (Engineering) diss.]. Moscow, 2001.
13. Buchkin V.A. Ryzhik E.A., Lenchenkova E.P. Sravnitel'nyi analiz programmnykh kompleksov [Comparative analysis of software systems]. *Mir transporta* [World of Transport], 2013, pp. 112–121.
14. Korzhenevich I.P. Vypravka krivykh i reshenie zadach plana v programme RVPlan [Alignment of curves and solution of plan tasks in the program RVPlan]. *Osobennosti proektirovaniya i stroitel'stva zheleznykh dorog v usloviyakh Dal'nego Vostoka: Sb. nauch. tr.* [Features of the design and construction of railways in the Far East: Coll. of scientific papers]. Far East State Transport University. In Shvartsfel'd V.C. (ed.). Khabarovsk: DVGUPS Publ., 2009, pp. 71-79.
15. Korzhenevich I. P. Raschet pereustroistva krivykh v dekartovoi kosougol'noi sisteme koordinat [Calculation of the transformation of curves in Cartesian skew angle coordinate system]. *V kn.: Voprosy proektirovaniya i stroitel'stva zheleznykh dorog* [In the book: Questions of design and construction of railways]. Coll. of paper of. DIIT, Issue 176/5. Dnepropetrovsk: DIIT Publ., 1976, pp. 41-45.
16. Korzhenevich I. P. Programma raschetov pereustroistva (vypravki) plana odnogo zheleznodorozhnogo puti – Zheldorplan [Program of Calculations for Reorganization (Alignment) of the Plan for A Railway Track - Zheldorplan]. *Avtomatizirovannyye tekhnologii izyskaniya i proektirovaniya* [Automated survey and design technologies]. Minsk, 2006. No. 3, pp. 13-16.
17. Mamitko A.A. Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registratsii programmy dlya EVM No. 2011619174. Proektirovanie i raschet parametrov plana zheleznodorozhnogo puti (Nanoplan) [Certificate of state registration of computer programs No. 2011619174. Design and calculation of parameters of the railway track plan (Nanoplan)]. Patent holder is A.A. Mamitko. No. 2011619174; applied 06.10.2011; registered in the ECM software register 25.11.2011. 1 p.
18. Mamitko A.A. Avtomaticheskoe postroenie struktury plana linii zheleznodorozhnogo puti [Automatic construction of the plan structure of the railway line]. *Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona: Materialy chetvertoi vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, 13-17 maya 2013 g.* [Transport Infrastructure of the Siberian Region: Proceedings of the Fourth All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, May 13-17, 2013]. Irkutsk: In 2 vols. Irkutsk: IrGUPS Publ., 2013, pp. 516-521.
19. Mamitko A.A. Vybor modeli linii plana zheleznodorozhnogo puti [Selection of the model line of the railway track plan]. *Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona : materialy tret'ei vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Transport infrastructure of the Siberian region: materials of the third All-Russian scientific-practical conference with international participation]. Irkutsk: IrGUPS Publ., 2012, pp. 563-566.
20. Mamitko A.A. Model' linii sushchestvuyushchego puti v zadache opredeleniya parametrov i proektirovaniya vypravki plana [Line model of the existing path in the problem of determining the parameters and designing the plan alignment]. *Bezopasnost' regionov – osnova ustoichivogo razvitiya : materialy tret'ei mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Regional security - the basis of sustainable development: materials of the third international scientific-practical conference]. Irkutsk: IrGUPS Publ., 2012, pp. 213–217.

Информация об авторах

Authors

Холодов Петр Николаевич – к. т. н., доцент кафедры «Строительство железных дорог, мостов и тоннелей», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: petruha_yy@mail.ru

Титов Константин Михайлович – к. т. н., доцент кафедры «Строительство железных дорог, мостов и тоннелей», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: forestgamping@mail.ru

Подвербный Вячеслав Анатольевич – д. т. н., профессор, профессор кафедры «Строительство железных дорог, мостов и тоннелей», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: vpodverbniy@mail.ru

Petr Nikolaevich Kholodov – Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: petruha_yy@mail.ru

Konstantin Mikhailovich Titov – Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: forestgamping@mail.ru

Vyacheslav Anatol'evich Podverbnyi – Doctor of Engineering Science, Professor, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: vpodverbniy@mail.ru

Для цитирования

For citation

Холодов П. Н. Моделирование плана оси железнодорожного пути и его изменения в процессе эксплуатации / П. Н. Холодов, К. М. Титов, В. А. Подвербный // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – Т. 61, № 1. – С. 74–81. – DOI: 10.26731/1813-9108.2019.1(61).74–81

Kholodov P. N., Titov K. M., Podverbnyi V. A. Modelirovanie plana osi zheleznodorozhnogo puti i ego izmeneniya v protsesse ekspluatatsii [Modeling the railway track plan and its changes during the operation process]. *Sovremennyye tekhnologii. Sistemyy analiz. Modelirovaniye* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2019, Vol. 61, No. 1, pp. 74–81. DOI: 10.26731/1813-9108.2019.1(61).74–81