

А.А. Севостьянов¹, Д.В. Величко¹

¹Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск, Российская Федерация

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ГЕОМЕТРИИ РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ НА ХАРАКТЕР ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТ ПО ТЕКУЩЕМУ СОДЕРЖАНИЮ

Аннотация. Техническое обслуживание железнодорожного пути всегда отличалось сложностью, как по причине ответственности с точки зрения обеспечения безопасности движения поездов, так и по причине высокой трудоемкости рабочих процессов и непрерывного планирования работ. Для обеспечения безопасности движения поездов осуществляется диагностика и мониторинг состояния всех элементов железнодорожного пути. Одним из основных параметров, влияющих на безопасность и бесперебойность движения поездов, является состояние геометрии рельсовой колеи. Отступления и неисправности геометрии рельсовой колеи приводят как к ограничению скоростей, так и к полному закрытию пути для движения поездов. Несвоевременное устранение неисправности зачастую может приводить к более серьезным последствиям.

Поэтому перед работниками структурных подразделений Дирекции инфраструктуры стоит серьезная задача по своевременному устранению отступлений и неисправностей геометрии рельсовой колеи, а также выполнению планово-предупредительных работ, что во многом зависит от качества планирования и объемов работ. Основным источником получения информации по объему работ является результат оценки состояния геометрии рельсовой колеи путеизмерительными вагонами.

В данной работе проведен анализ основных параметров геометрии рельсовой колеи в зависимости от методики расшифровки результатов оценки рельсовой колеи. Проведено сравнение отступлений 2 и 3 степени по инструкции ЦП-515 и инструкцией, утвержденной распоряжением № 436/р на участках Западно-Сибирской железной дороги, что позволило сделать выводы об изменении характера планирования работ по текущему содержанию геометрии рельсовой колеи.

Ключевые слова: железнодорожный путь, геометрия рельсовой колеи, техническое обслуживание, диагностика состояния, перекоп, просадка.

A.A. Sevostyanov¹, D.V. Velichko¹

¹Siberian State University, Novosibirsk, the Russian Federation

THE INFLUENCE OF MODIFICATION OF RAILWAY TRACK GEOMETRY EVALUATION ON TRACK MAINTENANCE PLANNING

Abstract. Railway track maintenance has always been difficult, both because of the responsibility from the point of view of ensuring the safety of train traffic, and because of the high complexity of work processes and continuous planning of work. To ensure the safety of train traffic, diagnostics and monitoring of the condition of all elements of the railway track are carried out. One of the main parameters affecting the safety and continuity of train traffic is the railway track geometry. Deviations and failures of the track geometry lead to speed restrictions or line closure. Untimely elimination of failure can often lead to more serious consequences.

Therefore, employees of the structural divisions of the Infrastructure Directorate face a serious task of timely elimination of deviations and failures of the track geometry, as well as the implementation of planned preventive work, which largely depends on the quality of planning and the volume of work. The main source of information on the scope of work is the result of the assessment of the condition of the track geometry by track measuring cars.

In this paper, the analysis of the main parameters of the track geometry is carried out, depending on the method of decoding the results of the evaluation of the rail track. A comparison of deviations of the 2nd and 3rd degrees according to the instruction CP-515 and the instruction approved by order No. 436/r on the sections of the West Siberian Railway was carried out, which allowed to draw conclusions about the change in the nature of planning work on the current content of the geometry of the rail track.

Keywords: Railway track, track geometry, maintenance, monitoring system, track twist, depression of track.

Обеспечение безопасности движения поездов с установленными скоростями во многом зависит от качества планирования работ по устранению выявленных неисправностей и планово-предупредительных работ, направленных на поддержание железнодорожного пути в состоянии, обеспечивающим надежный пропуск поездов.

Любая неисправность, либо сочетание отступлений от норм содержания элементов железнодорожного пути приводит к отказу в работе этого технического средства. Одной из

наиболее частых причин отказов на участке Среднесибирского хода Западно-Сибирской железной дороги (ПЧ-6, ПЧ-24, ПЧ-25) является состояние рельсовой колеи (рисунок 1). Так за период с 2016 по 2020 год было зарегистрировано свыше 8 тыс. отказов 3 категории, из которых 3977 шт. приходится на отказы по содержанию рельсовой колеи. Подобно распределение отказов показывает, что на эффективность железнодорожных перевозок немалым образом влияет состояние рельсовой колеи, в том числе и геометрия. Поэтому вопрос состояния геометрии рельсовой колеи (ГРК) важен не только с точки зрения безопасности движения поездов, но и по экономическим показателям. Исследования в области стоимости жизненного цикла железнодорожного пути [1, 2, 3] показывают, что на затраты по текущему содержанию железнодорожного пути, в том числе и по состоянию ГРК приходится значительная доля от общих затрат. В работах, посвященных оптимизации затрат и совершенствованию технического обслуживания [4, 5] подчеркивается, что необходимость и объем работ по планово-предупредительному ремонту и выправке напрямую зависят от качества текущего содержания, из чего следует, что качественное и своевременное выполнение работ текущему содержанию пути во много определяет уровень затрат на железнодорожный путь. Помимо этого подчеркивается, что основной задачей текущего содержания является предупреждение появления неисправностей [6].



Рисунок 1 – Основные причины отказов технических средств железнодорожного пути 3 категории на участке Среднесибирского хода

Наряду с повышением эффективности и качества устранения отступлений и неисправности ГРК, как в рамках текущего содержания [7, 8], так и в рамках планово-предупредительной выправки [9, 10] совершенствуются методы прогнозирования изменения состояния подшпального основания, как отечественными [11, 12, 13], так и зарубежными учеными [14, 15, 16]. Исследования в данных областях позволяет совершенствовать систему диагностики и мониторинга элементов железнодорожного пути, что необходимо для качественного технического обслуживания.

Диагностика и мониторинг состояния ГРК осуществляется за счет прохода путеизмерительного вагона. В результате расшифровки полученных измерений осуществляется оценка состояния ГРК согласно действующей инструкции. На основании чего формируются планы по устранению выявленных отступлений и неисправностей, а также, при необходимости, оформляются предупреждения на ограничение скоростей, либо закрытия пути. После чего работники каждого линейного участка под руководством дорожного мастера (ПД) осуществляют выполнение заданного объема работ по техническому обслуживанию ГРК.

До конца 2020 годы основным нормативным документом, регламентирующим оценку состояния ГРК, являлась инструкция ЦП-515 [17]. С января 2021 года была введена инструкция, утвержденная распоряжением ОАО «РЖД» №436/р [18], которая заменила ЦП-515 и внесла значительные изменения в оценке состояния ГРК [19].

Для сравнения результатов оценки ГРК в зависимости от используемой инструкции были рассмотрены два участка железнодорожного пути Западно-Сибирской железной дороги в пределах Среднесибирского хода и в направлении Артышта II – Томусинская.

Протяженность двухпутного участка Среднесибирского хода составила 191 км по каждому главному пути с установленной скоростью 120/80 км/ч (местами 100/80 и 120/90 км/ч). Грузонапряженность – 130 и 50 млн. т км брутто/км в год соответственно для I и II пути. Количество линейных участков составляет 11 шт. Доля кривых радиусом менее 1200 м составляет 9,1 %, средний радиус 937 м. Основной тип промежуточного рельсового скрепления – ЖБР-65Ш (52,4 %) и КБ (46,7%).

Протяженность двухпутного участка направления Артышта II – Томусинская составила 67 км по каждому главному пути с установленной скоростью 100/80 км/ч (местами 80/80 км/ч). Грузонапряженность – 90,6 и 35,2 млн. т км брутто/км в год соответственно для I и II пути. Количество линейных участков составляет 6 шт. Доля кривых радиусом менее 1200 м составляет 31,2 %, средний радиус кривых 787,6 м. Основной тип промежуточного рельсового скрепления – КБ (78 %) и ЖБР-65Ш (20,8%).

На рисунках 2 и 3 представлены гистограммы распределения отступлений 2 и 3 степени на рассматриваемых участках за май 2019 года.

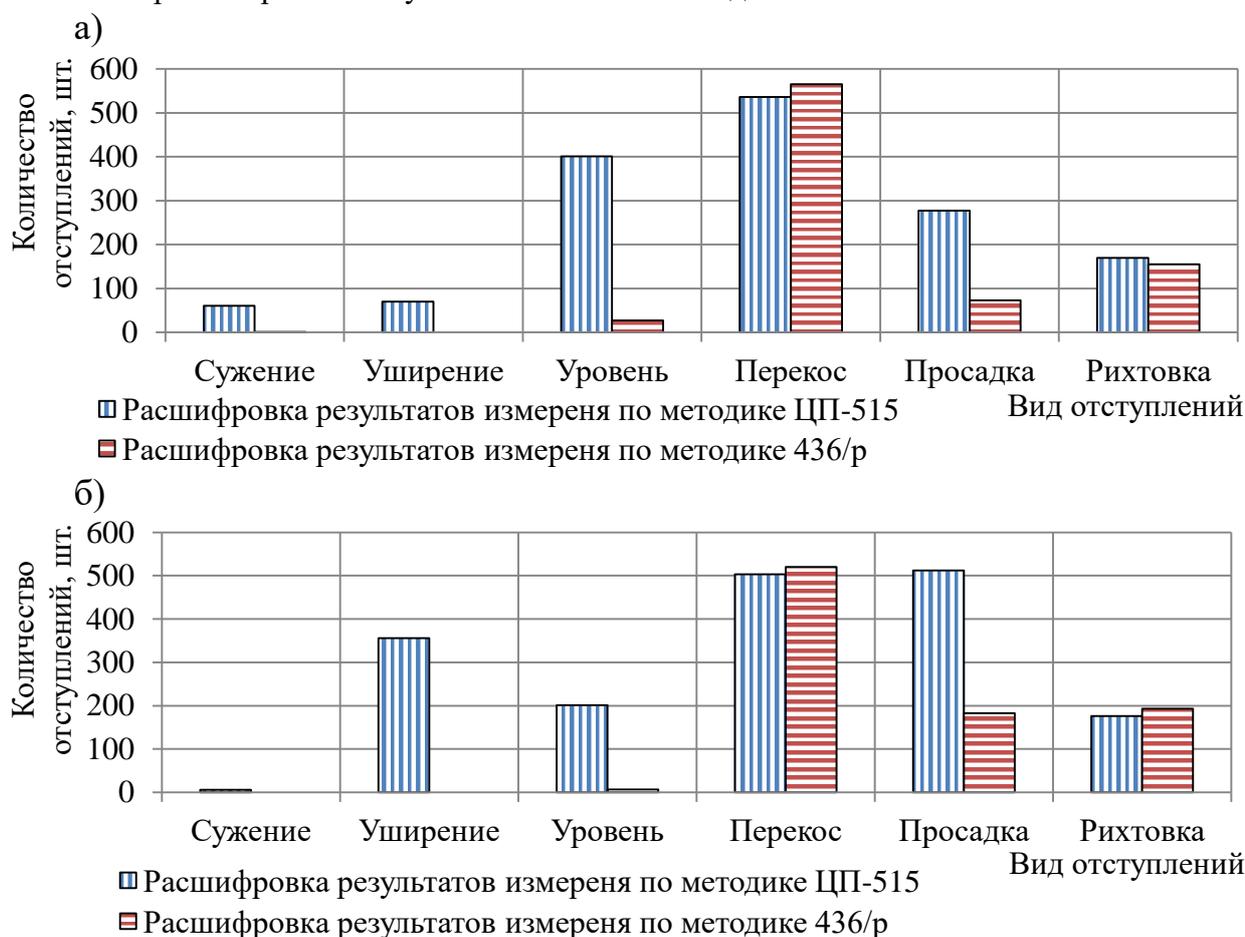


Рисунок 2 – Сравнение основных отступлений по ГРК в зависимости от методики расшифровки: а) 2 степени на участке Среднесибирского хода (длина 382 км); б) 2 степени на участке направления Артышта II – Томусинская (длина 134 км)

Обработка результатов проводилась в программе КВЛ-П, для получения оценки по методике согласно инструкции 436/р использовался режим «эксперимент».

При расшифровке результатов измерений согласно 436/р сокращается общее количество отступлений 2 степени. В частности, практически полностью перестали выявляться отступления по ширине колеи по причине изменений пороговых значений для отступлений 2 степени, таким образом отступления по ширине колеи 2 степени, выявленные по методике ЦП-515, приравниваются к отступлениям 1 степени при расшифровке по методике 436/р, общее количество которых составило 492 отступления (130 шт. на участке Среднесибирского хода и 362 шт. в направлении Артышта II – Томусинская).

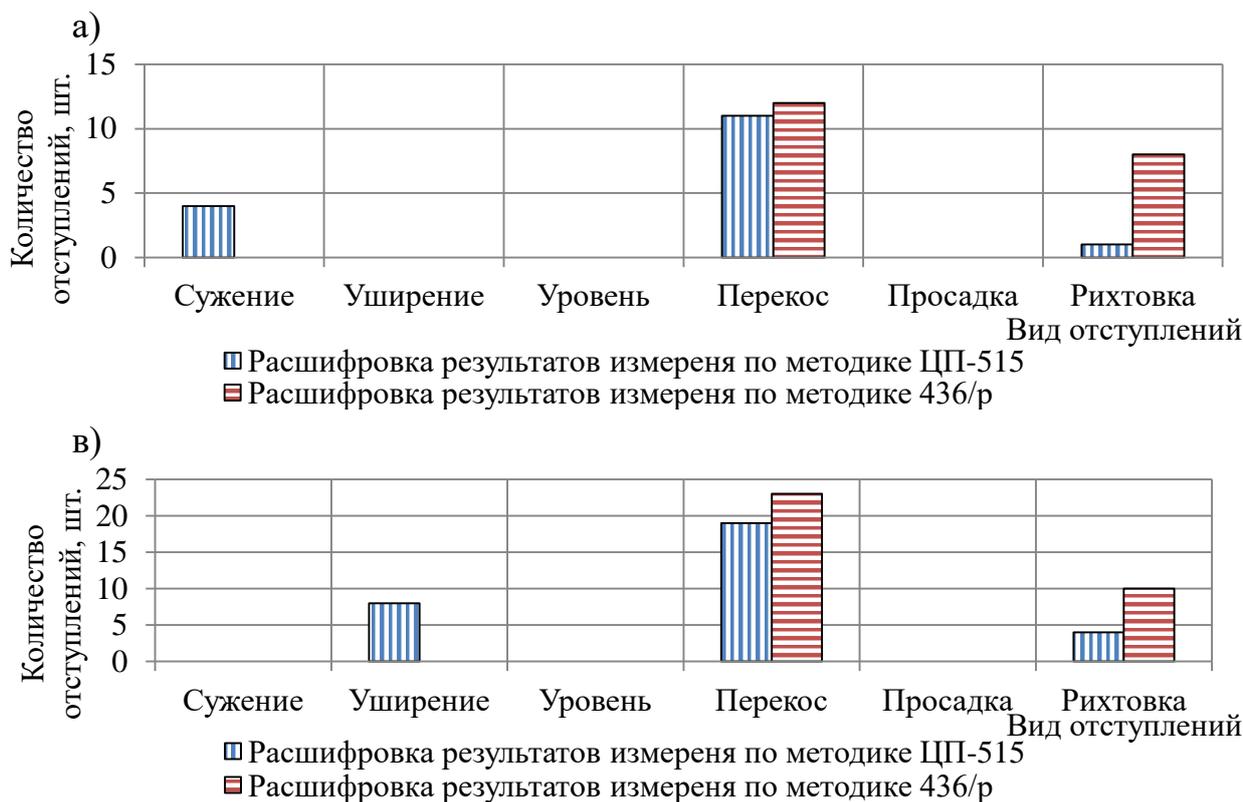


Рисунок 3 – Сравнение основных отступлений по ГРК в зависимости от методики расшифровки: а) 3 степени на участке Среднесибирского хода; в) 3 степени на участке направления Артышта II – Томусинская

Также с изменением пороговых значений отступлений 2 степени по уровню произошло сокращение данных отступлений на 93 % (на 374 шт. на участке Среднесибирского хода и на 194 шт. в направлении Артышта II – Томусинская).

Помимо этого, изменение пороговых значений просадок рельсовых нитей 2 степени с 11 до 13 мм привело к сокращению общего количества просадок в среднем на 69 %. Изменения в части оценки перекасов привели к увеличению данных отступлений в среднем на 4 %.

В случае отступлений 3 степени при расшифровке по методике 436/p ожидаемо исключились отступления по ширине колеи, незначительно увеличилось количество перекасов и существенно возросло количество отступлений в плане. Так на участке Среднесибирского хода количество рихтовок 3 степени увеличилось в 8 раз, а на участках в направлении Артышта II – Томусинская в 2,5 раза.

Если рассматривать отступления по видам, то на рисунке 4 отчетливо виден характер изменения выявляемых отступлений, в частности сокращение отступлений по уровню и просадок, а также полное исключение отступлений по ширине колеи.

В таблице 1 представлено среднее количество отступлений на километр в зависимости от исследуемого участка и номера пути, а также доля снижения количества отступлений каждого вида при расшифровке согласно 436/p.

Несмотря на сокращение общего количества отступлений, качественная оценка участков существенно не изменилась. В таблице 2 видно, что качественная оценка линейных участков, рассматриваемых направлений либо остается неизменной, либо ухудшается. На что есть ряд причин.

В частности основной причиной ухудшения оценки состояния пути является учет дополнительных параметров, которые в значительной степени влияют на общую оценку.

а)

б)

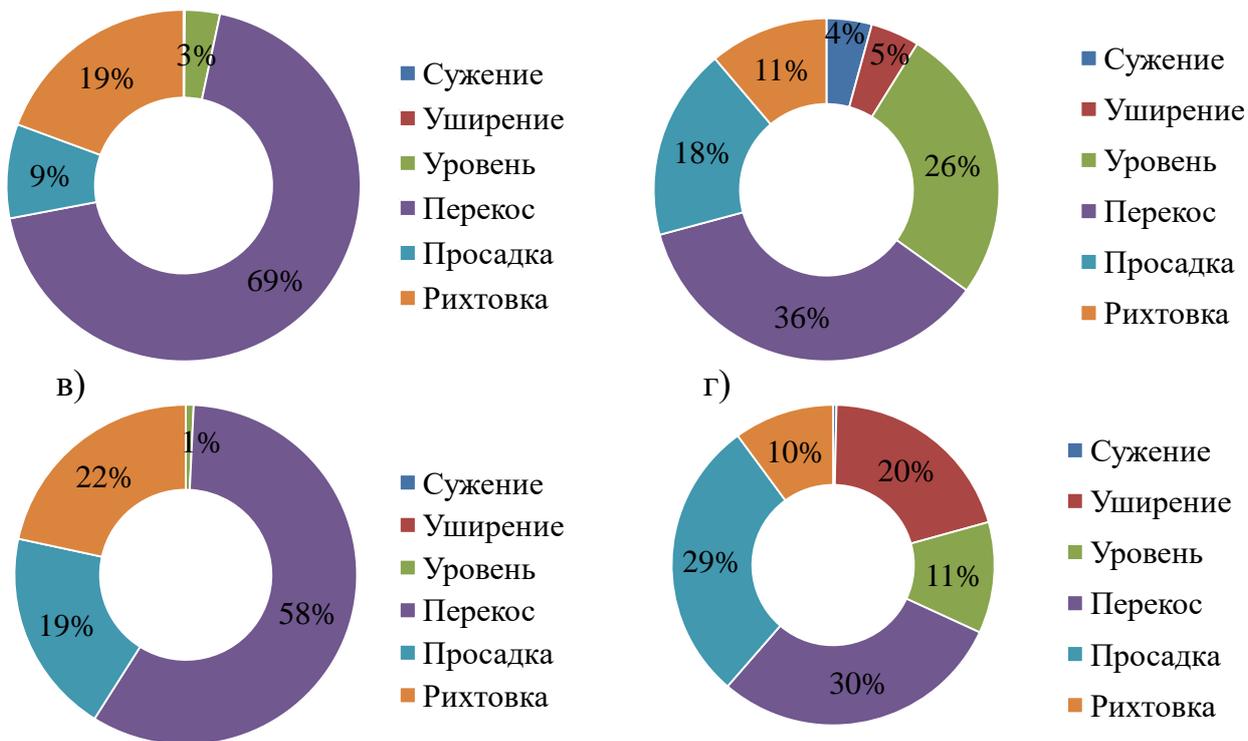


Рисунок 4 – Процентное соотношение отступлений в зависимости от методики расшифровки: а) на участке Среднесибирского хода по методике распоряжения №436/р; б) на участке Среднесибирского хода по методике инструкции ЦП-515; в) на участке направления Артышта II - Томусинская по методике распоряжения №436/р; г) на участке направления Артышта II – Томусинская по методике инструкции ЦП-515

Таблица 1 – Среднее количество отступлений на исследуемых участках

Номер пути	Среднее количество отступлений, шт./км						
	Сузение	Уширение	Уровень	Перекос	Просадка	Рихтовка	Всего
Среднесибирский ход							
Согласно инструкции ЦП-515							
I путь	0,32	0,14	1,33	1,84	1,07	0,52	5,22
II путь	0,00	0,23	0,77	0,96	0,38	0,37	2,71
Согласно инструкции 436/р							
I путь	0,01	0,00	0,05	1,94	0,29	0,44	2,72
II путь	0,00	0,00	0,09	1,02	0,09	0,37	1,58
Сокращение отступлений, процент							
По I пути	98,36	100,00	96,46	-5,11	73,17	15,15	47,94
По II пути	-	100,00	87,76	-5,98	75,00	0,00	41,70
Направление Артышта II - Томусинская							
Согласно инструкции ЦП-515							
I путь	0,03	4,01	1,75	5,06	5,93	1,42	18,30
II путь	0,06	1,30	1,25	2,45	1,72	1,21	7,99
Согласно инструкции 436/р							
I путь	0,00	0,00	0,09	5,07	2,33	1,51	9,00
II путь	0,00	0,00	0,01	2,69	0,40	1,37	4,49
Сокращение отступлений, процент							
По I пути	100,00	100,00	94,87	-0,29	60,71	-6,32	50,82
По II пути	100,00	100,00	98,81	-9,76	76,52	-13,58	43,74

Помимо ужесточения контроля над просадками в изолирующих стыках и сочетании отступлений в плане и профиле при расшифровке результатов измерений согласно распоряжению 436/р учитываются величина бокового износа рельсов, стыковых зазоров, а также несоответствие фактических параметров кривых участков пути проектным. Так к уже контролирующему параметру непогашенного ускорения добавился параметр соответствия фактического уровня рельса в кривой проектному (ПрУ), что значительно повлияло на общую оценку отдельных участков. Отдельно стоит отметить принципиальное изменение качественной оценки участков, за каждое отступление (неисправность) назначается балл в зависимости от величины и амплитуды отступления от нормативных значений, из суммы баллов за каждое отступление определяется оценка каждого километра [18].

Таблица 2 – Оценка состояния ГРК по результатам измерений путеизмерительного вагона в зависимости от методики расшифровки

Направление	Номер линейного участка	Расшифровка по инструкции ЦП-515		Расшифровка согласно Распоряжению 436/р	
		Средний балл	Качественная оценка	Средний балл	Качественная оценка
Ир. – Ср.С	1	14	Отлично	2,3	Отлично
	2	45	Хорошо	13,1	Хорошо
	3	14	Отлично	3,5	Отлично
	4	27	Хорошо	12,9	Хорошо
	5	17	Отлично	4,3	Отлично
	6	24	Отлично	9,6	Хорошо
	7	23	Отлично	9,3	Хорошо
	8	21	Отлично	13,5	Хорошо
	9	18	Отлично	12,8	Хорошо
	10	63	Хорошо	50,1	Удов.
	11	12	Отлично	2,4	Хорошо
Ар.П – Том.	2	133	Удов.	78,1	Неудов.
	3	58	Хорошо	31,9	Удов.
	4	43	Хорошо	27,6	Удов.
	5	81	Удов.	31,6	Удов.
	6	28	Хорошо	11,1	Хорошо

Так на участке Среднесибирского хода было выявлено 15 данных отступлений общей протяженностью 4494 м, средняя величина которых составила 26 мм, на участках направления Артышта II – Томусинская общая протяженность отклонений от проекта в кривых участках пути составила 3348 м со средним значением 30 мм.

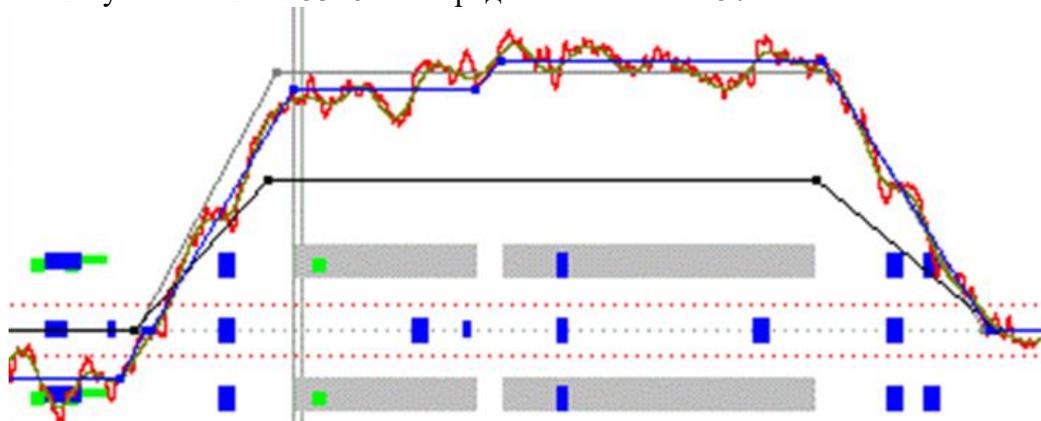


Рисунок 5 – Пример отклонения фактического уровня от проектного в кривой (ПрУ)

За каждое подобное отклонение предусматривается добавление 50 баллов, что сказывается как на общей оценке состояния пути, так и на планировании работ по техническому обслуживанию ГРК. Средняя длина данных отступлений составляет 299 и 257 м соответственно, что требует значительных трудозатрат.

Вместе с тем, изменение оценки отступлений по ширине колеи привели к экономии трудозатрат, так на участке Среднесибирского хода отступления по ширине колеи общей протяженностью 311 м не требуют плано-предупредительного устранения. На участке направления Артышта II – Томусинская общая протяженность отступлений по ширине колеи составила 1076 м. Усредненный расчет показывает, что на устранение данных отступлений без учета трудозатрат на устройство отводов и поправочных коэффициентов в зависимости от температурных зон потребуется около 230 чел.-часов.

Из проведенного анализа следует, что изменение методики расшифровки результатов оценки состояния пути путеизмерительными вагонами согласно распоряжению 436/р существенно изменяет характер планирования работ. Так изменение пороговых значений отступлений позволяет высвободить достаточно большое количество трудозатрат, что может сказаться на нормативной численности работников путевого хозяйства. Наблюдается существенное сокращение отступлений (практически в 2 раза), но в то же время появляется необходимость проводить предупредительные работы для выполнения требований по дополнительным параметрам. Вместе с тем, изменение балловой оценки каждого отступления (в зависимости от величины и длины отступления) изменяет привычный для многих дорожных мастеров этап планирования работ по устранению отступлений. Так за перекоп величиной 11 мм и длиной 10 м назначается 1 балл, в то время как за перекоп величиной 13 мм при той же длине уже 4 балла. При средней периодичности оценки состояния ГРК путеизмерительным вагоном в 2 недели, существует вероятность развития данного отступления с 11 мм до 13 мм и более, а в случае неравномерного изменения состояния балластной призмы (весеннее оттаивание балласта) данная вероятность увеличивается, что приводит к необходимости обязательного устранения данного отступления в плановом порядке. Соответственно для выполнения балловой оценки необходимо устранять абсолютно все отступления в полном объеме, что на практике не всегда удается.

В связи, с чем появляется актуальный вопрос рационального планирования технического обслуживания ГРК в зависимости от условий работ. Послабление пороговых значений отступлений по ширине колеи приведет к увеличению пропущенного тоннажа до появления данных отступлений 2 степени, для эффективного и своевременного назначения предупредительных работ по содержанию ширины колеи будет актуальна методика прогнозирования нарастания уширения в зависимости от условий эксплуатации. Данная методика должна быть сформирована на основе экспериментальных наблюдений и статистическом анализе, что позволит определять величину пропущенного тоннажа, при котором необходимо проводить плановые работы по регулировке ширины колеи (замены изношенных элементов скреплений).

При увеличении трудозатрат на участках в сложных условиях эксплуатации (повышенный отказ элементов ВСП, появление ненормативных растянутых зазоров в местах временного восстановления, высокие температурные амплитуды, пучинные места и выплески и так далее) появляется необходимость проводить работы по техническому обслуживанию ГРК своевременно и с максимальной эффективностью. Существующая система планирования помимо ЕК АСУИ допускает планирование данных работ в рамках месячного, недельного и ежедневного планирования, в основном, план и ход выполнения целиком зависит от решений дорожного мастера линейного участка (ПД), что вносит человеческий фактор, который может существенно влиять на общую эффективность. В данных условиях актуальным является создание единой методики планирования работ по техническому обслуживанию ГРК (устранение отступлений ГРК) с учетом условий

эксплуатации, объемов работ, а также фактическим состоянием железнодорожного пути и графика работы путеизмерительных средств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бельтюков В.П. Использование стоимости жизненного цикла для оптимизации технического обслуживания верхнего строения железнодорожного пути / В.П. Бельтюков, А.А. Третьяков // Проектирование развития региональной сети железных дорог. 2015. №3 С. 42-47.
2. Косенко С.А. Оценка стоимости жизненного цикла верхнего строения пути при продлении межремонтного периода / С.А. Косенко, С.С. Акимов, С.В. Богданович, И.К. Соколовский // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2021. №1. С. 71-78.
3. Косенко С.А. Оценка стоимости жизненного цикла верхнего строения пути для различных ремонтных схем и промежуточных скреплений / С.А. Косенко, С.С. Акимов, С.В. Богданович, И.К. Соколовский // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2020. №2. С. 92-100.
4. Ермаков В.М. Оптимизация затрат на техническое обслуживание железнодорожного пути / В.М. Ермаков, А.Н. Акашов // Железнодорожный транспорт. №12. 2009. С.32-35
5. Певзнер В.О. Совершенствование системы управления техническим обслуживанием пути / В.О. Певзнер, Е.Н. Гринь // Железнодорожный путь. 2021. №2. С. 54-59.
6. Шахунянц Г.М. Задачи текущего содержания пути. М.: Трансжелдориздат, 1945 г.
7. Певзнер В.О. Выправка пути на щебеночном балласте установкой подшпальных прокладок и пневматическим суфляжем / В.О. певзнер, В.Н. Каплин, А.А. Абраштитов, А.В. Семак // Вестник ВНИИЖТ. 2018. №2. С. 104-109.
8. Непомнящий Н.В., Косенко С.А. Анализ работы балластного слоя железнодорожного пути при длительной эксплуатации / Н.В. непомнящий, С.А. Косенко // Тенденции развития науки и образования. 2018. № 43-8. С. 52-56.
9. Севостьянов А.А. Оценка эксплуатационных показателей работы железнодорожного пути в зависимости от конструкции промежуточных рельсовых скреплений / А.А. Севостьянов, Д.В. Величко, В.В. Рошка // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2019. № 3 (50). С. 23-30.
10. Садырин Е.А. Повышение производительности выправочных машин / Е.А. Садырин, В.А. Покацкий, Д.А. Ковенькин, К.М. Титов // Путь и путевое хозяйство. 2020. №11. С.34-36.
11. Карпущенко Н.И. Планирование регулировки рельсовой колеи с использованием данных вагонов-путеизмерителей / Н.И. Карпущенко, А.В. Быстров, И.В. Мурзин, П.С. Труханов // Путь и путевое хозяйство. 2015. №10. С. 25-27.
12. Karpuschenko, N. Effectiveness of Intermediate Rail Fastenings on the Railway Sections of Siberia / N. Karpuschenko, D. Velichko, A. Sevostyanov // Transportation Research Procedia. – vol. 54. – 2021. – pp. 173-181.
13. Певзнер В.О. Определение потребности в путевых работах в современных условиях / В.О. Певзнер, А.И. Чечельницкий, А.И. Лисицын, Е.Н. Гринь, И.Б. Петропавловская, Р.А. Баронайте // Путь и путевое хозяйство. 2021. №1. С.14-20.
14. Khajehei N. Allocation of effective maintenance limit fir railway track geometry / Н. Khajehei, А. Ahmadi, I. Soleimanmeigouni, А. Nissen // Structure and Infrastructure Engineering. 2019. Vol. 15. No 12. p. 1597-1612.
15. Chiachio J. A knowledge-based prognostics framework of railway track geometry degradation / J. Chiachio, M. Chiachio, D. Prescott, J. Andrews // Reliability Engineering and System Safety. 2019. 181. p. 127 - 141.

16. Iman Soleimanmeigouni, Alireza Ahmadi, Xun Xiao, Arne Nissen. Prediction of railway track geometry defects: a case study. *Structure and Infrastructure Engineering*. Vol. 16. 2020. Pages 987-1001

17. Инструкция по расшифровке лент и оценке состояния рельсовой колеи по показаниям путеизмерительного вагона ЦНИИ-2 и мерам по обеспечению безопасности движения поездов. Утверждена распоряжением МПС №ЦП-515 от 14.10.1997 г.. М.: 1997.

18. Инструкция по оценке состояния рельсовой колеи путеизмерительными средствами и мерам по обеспечению безопасности движения поездов. Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» №436/р от 28.02.2020 г. с. 115.

19. Анциферов И.Н. Изменения в оценке рельсовой колеи по инструкции, утвержденной распоряжением от 28.02.2020 №436/р / И.Н. Анциферов // Путь и путевое хозяйство. 2021. №7. С. 4 - 6.

REFERENCES

1. Beltyukov V.P., Tretyakov A.A. Using the cost of the life cycle to optimize the maintenance of the upper structure of the railway. *Designing the development of the regional railway network*. 2015. No. 3 pp. 42-47.

2. Kosenko S.A. Akimov S.S, Bogdanovich S.V., Sokolovsky I.K. Assessment of the cost of the life cycle of the upper structure of the track during the extension of the inter-repair period. *Bulletin of the Siberian State University of Railway Communications*. 2021. No. 1. pp. 71-78.

3. Kosenko S.A. Akimov S.S, Bogdanovich S.V., Sokolovsky I.K. Assessment of the cost of the life cycle of the upper structure of the track for various repair schemes and intermediate fasteners. *Bulletin of the Siberian State University of Railway Communications*. 2020. No. 2. pp. 92-100.

4. Ermakov V.M., Akashov A.N. Optimization of costs for maintenance of a railway track. *Railway transport*. No. 12. 2009. pp. 32-35

5. Pevsner V. O., Grin E.N. Improvement of the track maintenance management system. *Railway track*. 2021. No. 2. pp. 54-59.

6. Shchakhunyants G. M. Problems of the current content of the path. М.: Transzheldorizdat, 1945.

7. Pevsner V.O., Kaplin V.N., Abrashitov A.A., Semak A.V. Straightening of the path on crushed stone ballast by installing foot pads and pneumatic soufflé. *Bulletin of VNIIZhT*. 2018. No. 2. pp. 104-109.

8. Nepomnyashchy N. V., Kosenko S. A. Analysis of the operation of the ballast layer of a railway track during long-term operation. *Trends in the development of science and education*. 2018. No. 43-8. pp. 52-56.

9. Sevostyanov A.A., Velichko D.V., Roshka V.V. Evaluation of the operational performance of the railway track depending on the design of intermediate rail fasteners. *Bulletin of the Siberian State University of Railway Transport*. 2019. No. 3. pp. 23-30.

10. Sadyrin E.A., Pokatsky V.A., Kovenkin D.A., Titov K.M. Improving the productivity of straightening machines. *Path and track economy*. 2020. No. 11. pp. 34-36.

11. Karpushchenko N.I., Bystrov A.V., Murzin I.V., Trukhanov P.S. Planning of adjustment of a rail track using these railcars-track measurers. *Path and track economy*. 2015. No. 10. pp. 25-27.

12. Karpuschenko N., Velichko D., Sevostyanov A. Effectiveness of Intermediate Rail Fastenings on the Railway Sections of Siberia. *Transportation Research Procedia*. – vol. 54. – 2021. – pp. 173-181.

13. Pevsner V.O., Lisitsyn A.I., Grin E.N., Petropavlovsk I.B. Baronaite R.A. Determination of the need for travel work in modern conditions. *Path and track economy*. 2021. No. 1. pp. 14-20.

14. Khajehei H. Allocation of effective maintenance limit for railway track geometry / H. Khajehei, A. Ahmadi, I. Soleimanmeigouni, A. Nissen // Structure and Infrastructure Engineering. 2019. Vol. 15. No 12. p. 1597-1612.

15. Chiachio J. A knowledge-based prognostics framework of railway track geometry degradation / J. Chiachio, M. Chiachio, D. Prescott, J. Andrews // Reliability Engineering and System Safety. 2019. 181. p. 127 - 141.

16. Iman Soleimanmeigouni, Alireza Ahmadi, Xun Xiao, Arne Nissen. Prediction of railway track geometry defects: a case study. Structure and Infrastructure Engineering. Vol. 16. 2020. Pages 987-1001

17. Instructions for decoding the tapes and assessing the condition of the rail track according to the indications of the track measuring car of the Central Research Institute-2 and measures to ensure the safety of train traffic. Approved by the order of the Ministry of Internal Affairs No. CP-515 of 14.10.1997. M.: 1997.

18. Instructions for assessing the condition of the rail track by track measuring means and measures to ensure the safety of train traffic. Approved by the order of Russian Railways No. 436/r of 28.02.2020, p. 115.

19. Antsiferov I. N. Changes in the assessment of the rail track according to the instructions approved by the order of 28.02.2020 No. 436/r. Path and track economy. 2021. No. 7. pp. 4-6.

Информация об авторах

Севостьянов Александр Александрович – аспирант кафедры «Путь и путевое хозяйство», Сибирский государственный университет путей сообщения. г. Новосибирск. e-mail: seva2233@yandex.ru

Величко Дмитрий Валерьевич – доцент кафедры «Путь и путевое хозяйство», Сибирский государственный университет путей сообщения. г. Новосибирск. e-mail: vdv.nsk@mail.ru

Authors

Alexandr Alexandrovich Sevotyanov – postgraduate, Track and track facility, Siberian State University, Novosibirsk, mail: seva2233@yandex.ru

Dmitry Valeryevich Velichko – docent, Track and track facility, Siberian State University, Novosibirsk, mail: vdv.nsk@mail.ru