



АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Оригинальная статья

УДК 625.172:658.512

DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2023-82-2-168-176>

EDN: <https://elibrary.ru/myqmh1>



Моделирование организации технологических процессов по содержанию геометрии рельсовой колеи

А. А. Севостьянов✉, Д. В. Величко

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС)
Новосибирск, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Введение. Рост грузонапряженности и осевой нагрузки на Восточном полигоне отражается как на состоянии железнодорожного пути, так и на сокращении доступного времени на его техническое обслуживание. Увеличение объемов работ вследствие деформативности пути в сложных условиях эксплуатации существенно усложняет процесс планирования и организации работ по текущему содержанию железнодорожного пути. Одним из основных факторов, влияющих на безопасность и бесперебойность движения поездов, является геометрия рельсовой колеи, нормативное состояние которой обеспечивается за счет проведения работ по текущему содержанию пути. В исследовании рассмотрен вопрос повышения эффективности организации работ по содержанию геометрии рельсовой колеи.

Материалы и методы. Для решения поставленной задачи использовались методы математического моделирования и статистики. Была построена модель организации технологических процессов на основе формализации процесса поступления объемов работ и их выполнения. Определение расчетных трудозатрат, необходимых для устранения выявленных отступлений, осуществлялось на основе результатов оценки состояния пути путеизмерительными средствами с учетом регламентированных норм времени на их устранение.

Результаты. Представлена математическая модель организации технологических процессов содержания геометрии рельсовой колеи, которая позволяет определять необходимый уровень ежедневных трудозатрат на линейном участке для выполнения полного объема работ в регламентирующие сроки, что позволит сократить время принятия решений при планировании работ.

Обсуждение и заключение. Использование данной модели позволит упростить процесс планирования и организации работ на линейном участке дистанции пути, что особенно актуально при высоком уровне неотложных и первоочередных работ на особо грузонапряженных участках. Дальнейшие исследования будут направлены на развитие математической модели, разработку программного продукта и внедрение в единую корпоративную автоматизированную систему управления инфраструктурой.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: железнодорожный путь, геометрия рельсовой колеи, организация работ, планирование работ, математическая модель

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Севостьянов А. А., Величко Д. В. Моделирование организации технологических процессов по содержанию геометрии рельсовой колеи // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). 2023. Т. 82, № 2. С. 168–176. <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2023-82-2-168-176>.

✉ seva2233@yandex.ru (А. А. Севостьянов)

© Севостьянов А. А., Величко Д. В., 2023



AUTOMATION AND CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN RAILWAY TRANSPORT

Original article

UDK 625.172:658.512

DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2023-82-2-168-176>

EDN: <https://elibrary.ru/myqmh1>



Process organisation modelling for maintaining rail track geometry

Alexander A. Sevostyanov✉, Dmitriy V. Velichko

Siberian Transport University,
Novosibirsk, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The increase in freight traffic density and axial loads on the Eastern polygon is affecting the condition of the railway and reducing the time available for maintenance. The increased workload caused by track deformation in difficult operating conditions makes the planning and organisation of railway maintenance work much more difficult. One of the main factors affecting the safety and smooth running of trains is the geometry of the rail track, which is kept in a normal condition by track maintenance. The study examines the problem of increasing the efficiency of maintaining rail track geometry.

Materials and methods. Mathematical modelling and statistical methods were used to solve the problem. A process organisation model was created based on formalising the process of incoming and outgoing work. The estimated workload required to rectify the identified deviations was determined on the basis of the results of the track condition assessment using track measuring devices, taking into account the regulatory time standards for their rectification.

Results. The mathematical model for the process organisation of rail track geometry maintenance is presented, which allows to determine the necessary level of daily workload on a linear section to perform the full scope of works within the regulated terms, which would reduce the decision time during the planning of works.

Discussion and conclusion. The use of this model makes it possible to simplify the planning and organisation of work on a section of track, which is particularly important at a high level of urgent and high-priority work on particularly heavy-traffic sections. Further research would focus on the development of a mathematical model, the development of a software product and its implementation into a unified enterprise automated infrastructure management system.

KEYWORDS: railway track, rail track geometry, organisation of work, work planning, mathematical model

FOR CITATION: Sevostyanov A. A., Velichko D. V. Process organisation modelling for maintaining rail track geometry. *Russian Railway Science Journal*. 2023;82(2):168-176. (In Russ.). <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2023-82-2-168-176>.

Введение. В последние годы существенным образом увеличились объемы грузоперевозок на железнодорожном транспорте: к началу 2023 г. грузооборот составил 2635,7 млрд т·км, что на 31 % превышает показатели 2010 г. Стоит отметить, что наибольшая доля погрузки по сети ОАО «РЖД» приходится на каменный уголь, лидерство по объемам погрузки за 2022 г. сохраняется за Кузбассом. Вместе с тем, согласно Стратегии научно-технического развития холдинга «РЖД» [1], происходит увеличение объемов тяжеловесного движения из Кузбасса по основным направлениям. Так, к концу 2021 г. общий парк инновационных вагонов с повышенной нагрузкой на ось (25–27 т) на Западно-Сибирской дороге составлял уже более 30 % [2, с. 2].

Исследования показывают, что рост нагрузки на ось ускоряет накопление деформаций и изменений геометрии железнодорожного пути [3–5], а увеличение интенсивности движения поездов приводит к сокращению времени на проведение работ по текущему содержанию пути в межпоездной интервал [6].

Вопросы организации работ по содержанию геометрии рельсовой колеи (ГРК). Регламент организации работ по содержанию ГРК определяется нормативной документацией ОАО «РЖД» [7, 8], а планирование этих работ осуществляется в единой корпоративной автоматизированной системе управления объектами инфраструктуры (ЕК АСУИ), развитие которой непрерывно продолжается [9, 10]. Исследования в области планирования работ по техническому обслуживанию железнодорожного пути [11, 12] показывают, что повышение эффективности текущего содержания железнодорожного пути при современном уровне развития науки и техники является вполне разрешимой задачей. Внедрение цифровых двойников обеспечит повышение уровня планирования работ [11, 13, 14], но для адекватного взаимодействия с цифровыми двойниками необходимы отработанные алгоритмы и существенный объем данных, полученных по результатам диагностики и мониторинга объектов инфраструктуры. Тем не менее планирование и организация работ по содержанию ГРК на линейных участках до сих пор осуществляется на основе субъективных решений руководителей среднего звена. В Положении об организации комплексного обслуживания объектов инфраструктуры хозяйства пути и сооружений [8] предложено разделять работы на неотложные, первоочередные и плановые, но не приведен порядок категорирования планово-предупредительных работ по степени важности. Таким образом, планирование осуществляется на основании оперативных распоряжений и опыта дорожного мастера. При практическом применении методики планирования выявляются недостатки, которые не позволяют эффективно выстроить

систему организации производства путевых работ. К этому относятся как «барьерные места» [15], так и влияние человеческого фактора на корректность заполнения контрольных параметров в рабочих заданиях [16]. Отмечено, что существенную долю своего рабочего времени (до 25 %) дорожный мастер уделяет выполнению рутинных функций в системе ЕК АСУИ, что несомненно сказывается на результатах его работы по организации и контролю ремонта пути [16].

В результате проблем в организации и выполнении полного объема планово-предупредительных работ по содержанию ГРК не устраненные ранее отступления выявляются повторно и, соответственно, ведут к увеличению объема работ в следующем месяце.

На линейных участках дистанции пути существенный объем трудозатрат (свыше 40 %) приходится на содержание основных параметров ГРК в нормативном состоянии [17, 18], в частности на выполнение планово-предупредительных работ по регулировке ширины колеи и выправке пути в плане и профиле. Объем данных работ формируется на основе осмотров пути и в большей степени по результатам оценки состояния ГРК путеизмерительными средствами за счет выявления отступлений от нормативных параметров.

Следует учитывать, что подавляющая доля от выявляемых отступлений приходится на отступления II степени, устранение которых осуществляется в плановом порядке. В свою очередь, для железных дорог Сибири в зимний период эксплуатации возникает необходимость организовывать работы по снегоборьбе, что существенно сокращает объем трудовых ресурсов, направляемых на выполнение планово-предупредительных работ по содержанию ГРК [17]. Это приводит к увеличению количества выявляемых отступлений, а соответственно, и к ухудшению балловой оценки состояния пути. Неравномерное оттаивание подшпального основания приводит к резкому увеличению количества отступлений в весенний период.

Также зимой увеличивается время на выполнение работ из-за необходимости проведения дополнительных операций (очистка скреплений от снега и льда, подготовка места под домкрат и т. д.). Все перечисленные факторы влияют на качество планирования и организации работ, а объемы этих работ, их вариативность, а также различные регламентирующие сроки выполнения усложняют процесс принятия решений о распределении трудовых ресурсов, которые должен принимать дорожный мастер, что вносит существенную долю субъективизма.

Постановка задачи. Упростить процесс принятия решений при организации работ по текущему содержанию пути предлагается за счет использования средства поддержки принятия решений, основанного на

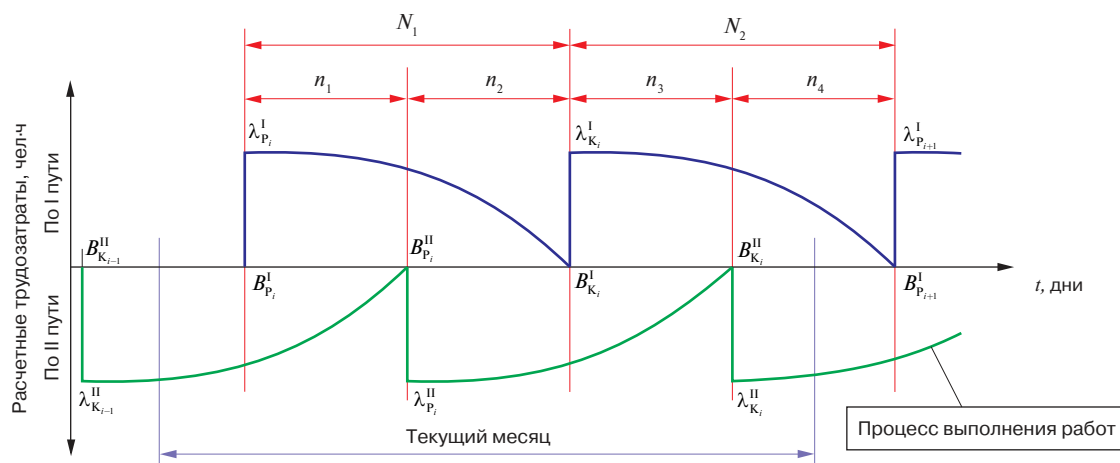


Рис. 1. Схема модели организации технологических процессов содержания ГРК:
 N — промежуток времени; $n_1...n_4$ — период работы; $\lambda_{P_i}^I, \lambda_{K_i}^I$ и $\lambda_{P_i}^{II}, \lambda_{K_i}^{II}$ — рабочая и контрольная оценка выраженного в трудозатратах объема работ на устранение отступлений по I и II пути соответственно; $B_{P_i}^I, B_{K_i}^I$ и $B_{P_i}^{II}, B_{K_i}^{II}$ — момент рабочей и контрольной оценки состояния ГРК по I и II пути соответственно

Fig. 1. Schematic representation of a process model for rail track geometry maintenance:
 N — time interval; $n_1...n_4$ — work period; $\lambda_{P_i}^I, \lambda_{K_i}^I$ и $\lambda_{P_i}^{II}, \lambda_{K_i}^{II}$ — work and control evaluation of the work volume expressed in workload for the elimination of deviations along I and II tracks; $B_{P_i}^I, B_{K_i}^I$ и $B_{P_i}^{II}, B_{K_i}^{II}$ — work and control evaluation of the rail track geometry condition along I and II tracks

моделировании технологических процессов содержания ГРК. Помимо стандартного формирования графика работ по выправке пути, который осуществляет дорожный мастер при планировании работ (месячном, недельном, суточном), предлагается использовать математическую модель для определения необходимого количества трудовых ресурсов на выполнение работ по содержанию ГРК в полном объеме. Такая модель позволит оперативно определить необходимое количество трудозатрат и спланировать работу по содержанию ГРК с учетом регламентирующих сроков по устранению выявленных отступлений, оптимизировать рабочее время дорожного мастера и упростить процесс планирования работ.

В общем виде схему модели можно построить на основе формализации процесса поступления объемов работ в части содержания ГРК (по результатам оценки состояния пути путеизмерительными средствами) и процесса их выполнения (рис. 1).

Контроль состояния главных путей осуществляется вагонами-путеизмерителями два раза в месяц. По данным первой (рабочей) оценки формируется план работ, а по результатам второй (контрольной) оценки определяется балловая, а впоследствии и качественная оценка каждого километра линейного участка, дистанции в целом.

Значение расчетных трудозатрат на устранение отступлений, выявленных по результатам очередных оценок, определяется с использованием утвержденных норм времени согласно технологическим картам [19, 20]. Следует учитывать, что в зависимости

от времени года (состояния подшпального основания) для устранения отступлений используются разные работы (табл. 1). Так, в период замерзшего балласта выправка пути по уровню выполняется исключительно за счет работы с рельсовыми скреплениями (укладка регулировочных карточек), а в летний период работы по выправке пути предпочтительно выполнять с использованием электрошпалоподбоек. Выправка пути в плане (рихтовка) в летний период осуществляется с использованием гидравлических рихтовщиков, в то время как в зимний период рихтовку приходится устранять за счет перешивки пути (регулировки ширины колеи).

С учетом того что в зависимости от месяца эксплуатации и температурной зоны на выполнение работ требуется разное количество времени, расчетные трудозатраты определяются с учетом поправочных коэффициентов [19].

Таблица 1

Значение трудозатрат на устранение 1 м отступления при рельсовом скреплении ЖБР-65Ш на участках Среднесибирского хода, чел-ч

Table 1

Value of workload required to eliminate 1 m of deviation using ZhBR-65Sh rail fastenings on the mid-Siberian line sections, man-hours

Наименование работ	Месяц эксплуатации	
	ноябрь — март	апрель — октябрь
Регулировка ширины колеи	0,160	0,160
Выправка пути в профиле	0,139	0,220
Выправка пути в плане	0,160	0,084

Таким образом, для математического моделирования принимается, что расчетные трудозатраты определяются как произведение длины конкретного отступления и норм времени на его устранение согласно технологической карте в зависимости от типа промежуточного рельсового скрепления и времени года.

Решение задачи. Для определения трудозатрат, необходимых на устранение выявленных отступлений в заданный период времени, примем, что момент рабочей оценки состояния ГРК по I пути в начале месяца (B_{pi}^I) является началом отсчета, тогда период содержания ГРК можно представить в виде суммы двух промежутков времени (N_1 и N_2). В этом случае значение расчетных трудозатрат, необходимых на содержание ГРК в текущий условный месяц (до момента B_{pi+1}^I), можно определить как

$$\lambda = \alpha^i \lambda_{k_{i-1}}^{\Pi} + \lambda_{pi}^I + \lambda_{pi}^{\Pi} + \lambda_{ki}^I + \gamma^i \lambda_{ki}^{\Pi}, \quad (1)$$

где α^i — доля трудозатрат на устранение отступлений, выявленных по результатам контрольной оценки по II пути в предыдущем месяце; λ_{ji}^k — расчетные трудозатраты на устранение отступлений, выявленных при оценке состояния ГРК, чел·ч; k — номер пути; j — вид оценки (рабочая — Р или контрольная — К); i — текущий месяц; γ^i — доля трудозатрат на устранение отступлений, выявленных по результатам контрольной оценки по II пути в текущем месяце.

Расчетные трудозатраты по каждому пути определяются как сумма расчетных трудозатрат на устранение отступлений в зависимости от их вида и способа устранения (табл. 1) по результатам оценки состояния ГРК, полученным из программного комплекса аналитической оценки ПКП КВЛ-П.

В ОАО «РЖД» наиболее широкое распространение приобрели методы прогноза амплитуд отклонений и их статистических характеристик. В свою очередь, для определения трудозатрат на устранение отступлений помимо вероятности появления и амплитуды отклонения необходимо иметь значения длины отступления. Следовательно, планирование работ по содержанию ГРК возможно лишь на определенном промежутке времени между очередными оценками состояния ГРК.

Исходя из характера проведения оценки состояния ГРК на линейном участке в течение месяца предлагается принять четыре периода работы, для которых будут определяться расчетные трудозатраты на устранение выявленных отступлений в целом на линейном участке. Начало каждого периода работы приурочено к моменту оценки состояния ГРК путеизмерительным вагоном (момент B). В общем виде формула средних ежедневных расчетных трудозатрат на содержание ГРК выглядит следующим образом:

$$\lambda^{cp} = \frac{1}{4} \left(\frac{\alpha^i \lambda_{k_{i-1}}^{\Pi} + \chi^i \lambda_{pi}^I}{n_1^i} + \frac{(1 - \chi^i) \lambda_{pi}^I + \beta^i \lambda_{pi}^{\Pi}}{n_2^i} + \frac{(1 - \beta^i) \lambda_{pi}^{\Pi} + \delta^i \lambda_{ki}^I}{n_3^i} + \frac{(1 - \delta^i) \lambda_{ki}^I + \gamma^i \lambda_{ki}^{\Pi}}{n_4^i} \right), \quad (2)$$

где $\alpha^i, \beta^i, \chi^i, \delta^i, \gamma^i$ — доли распределения трудозатрат, необходимых для устранения отступлений, выявленных при соответствующей оценке состояния ГРК; n_{τ}^i — период работы между очередными оценками состояния пути по I и II пути, дни; τ — номер периода работы по содержанию ГРК (1 — между контрольной оценкой по II пути и рабочей по I пути; 2 — между рабочей оценкой по I пути и рабочей оценкой по II пути, 3 — между рабочей оценкой по II пути и контрольной по I пути, 4 — между контрольной оценкой по I пути и контрольной по II пути), дни.

Так, α^i — это доля от общих трудозатрат на устранение отступлений, выявленных контрольной оценкой по II пути в предыдущем месяце, которая выделяется на содержание ГРК по II пути в период работы между контрольной оценкой по II пути в предыдущем месяце и рабочей оценкой по I пути в текущем (n_1^i). Также на этот период необходимо выделить долю от общих трудозатрат на устранение отступлений по I пути (χ^i), выявленных по результатам рабочей оценки по I пути.

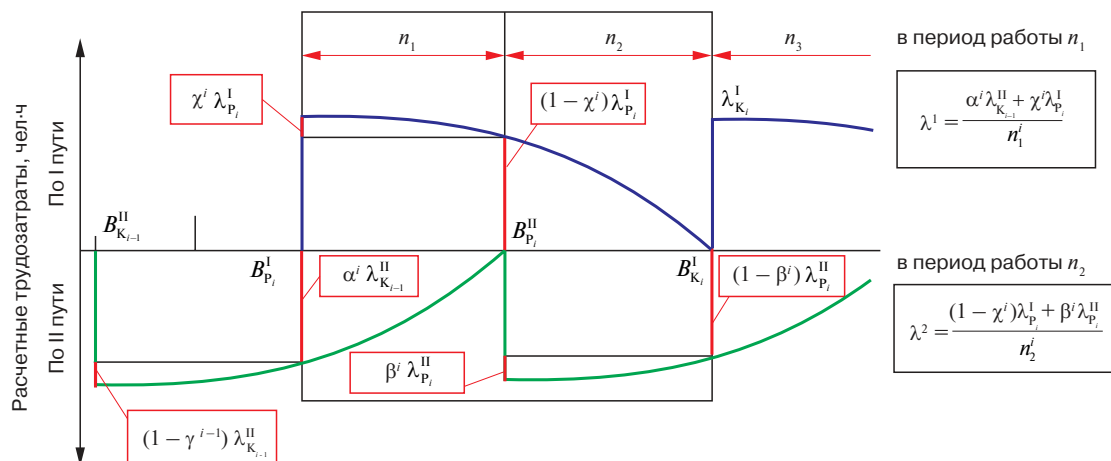
Доли распределения трудозатрат в первом приближении предлагается определять на основе графика оценки состояния пути с учетом рабочих дней (n) между ними:

$$\alpha^i = 1 - \gamma^{i-1}; \chi^i = \frac{n_1^i}{n_1^i + n_2^i}; \beta^i = \frac{n_2^i}{n_2^i + n_3^i}; \delta^i = \frac{n_3^i}{n_3^i + n_4^i}; \gamma^i = \frac{n_4^i}{n_4^i + n_1^{i+1}}. \quad (3)$$

Таким образом, по результатам очередной оценки состояния ГРК осуществляется расчет потребных трудозатрат на устранение отступлений (рис. 2) в текущий период работы (n_{τ}) и доля трудозатрат, которая будет перенесена на следующий ($n_{\tau+1}$).

Исходя из полученных значений потребных трудозатрат в конкретный период работы, явочной численности монтеров пути на линейном участке и прочих запланированных работ, дорожным мастером организуются работы по содержанию ГРК. В случае возникновения неотложных работ или изменения суточных планов выполняется корректировка долевого отношения расчетных трудозатрат и формируется новый план работ с учетом изменений.

Для примера в табл. 2 и 3 приведены результаты моделирования содержания ГРК на одном из линейных участков Западно-Сибирской дирекции инфраструктуры.

Рис. 2. Определение потребных трудозатрат на период работы (n_i) при краткосрочном планировании работ по содержанию ГРКFig. 2. Determination of workload requirements for the work period (n_i) for short-term planning of rail track geometry maintenance work

В табл. 2 представлены результаты расчета потребных трудозатрат на каждый период работы и доли распределения трудозатрат согласно вышеприведенным формулам.

По результатам расчета (табл. 3) видно, что для выполнения полного объема работ по содержанию ГРК необходимо ежедневно выделять в среднем 31,5 чел-ч, в свою очередь фактическая организация работ на данном линейном участке (исходя из данных журнала планирования и учета выполнения работ по текущему содержанию пути и сооружений и оценки их состояния по форме ПУ-74) привела к тому, что среднее значение ежедневных трудозатрат варьировалось от 15,5 до 46,5 чел-ч.

Подобное распределение трудозатрат связано с тем, что в начале месяца были организованы работы по плановой замене шпал и очистке путей от мусора и грязи, на которые выделен основной объем трудовых ресурсов линейного участка. Пренебрежение к работам по устранению отступлений в начале месяца привело к тому, что линейный участок за вторую половину месяца не справился с объемом работ по содержанию ГРК. Из анализа результатов оценок, выполненных путеизмерительным вагоном за месяц, было выявлено, что в среднем по каждому пути остались не устраненными до 30 % отступлений, что сказалось как на ухудшении балловой оценки линейного участка, так и на общем состоянии пути.

Использование данной математической модели позволило осуществить равномерное распределение трудовых ресурсов на линейном участке дистанции пути в течение месяца, что делает возможным выполнение работы по содержанию ГРК в полном объеме.

Таблица 2

Результаты расчета основных параметров модели

Table 2

Calculation results for the main parameters of the model

Расчетные значения потребных трудозатрат, чел-ч					Доли распределения трудозатрат				
$\lambda_{K_i}^{II}$	$\lambda_{P_i}^I$	$\lambda_{P_i}^{II}$	$\lambda_{K_i}^I$	$\lambda_{K_i}^{II}$	α^i	β^i	χ^i	δ^i	γ^i
146,69	204,41	142,08	113,82	83,26	0,364	0,375	0,500	0,364	0,727

Таблица 3

Сравнение параметров при фактическом содержании ГРК и полученных в результате моделирования (расчетных)

Table 3

Comparison of actual rail track geometry maintenance parameters and those derived from (design) modelling

Параметр	Период работы			
	n_1	n_2	n_3	n_4
Количество рабочих дней	3	5	5	7
Среднее значение трудовых ресурсов на каждый рабочий день, чел-ч	64,0	48,0	60,0	70,0
Среднее значение трудовых ресурсов на каждый рабочий день, выделенных на содержание ГРК, чел-ч: при фактическом содержании	15,5	36,0	33,8	46,5
	43,3	39,8	22,5	19,0
Распределение трудовых ресурсов на содержание ГРК, чел-ч: при фактическом содержании	31,0	132,0	169,0	232,5
	129,9	198,8	112,4	132,9

Заключение. Разработана математическая модель, которая позволяет определить потребный уровень трудовых ресурсов, необходимых для устранения отступлений в конкретный период работы, а также осуществить равномерное распределение трудозатрат в зависимости от количества рабочих дней между очередными оценками состояния ГРК. При сравнении результатов моделирования с фактической организацией работ выявлено расхождение в подходе к распределению трудозатрат. Так, математическая модель осуществляет равномерное распределение трудозатрат в течение рабочих дней, что позволяет построить план с учетом прочих работ по текущему содержанию и с соблюдением регламентирующих сроков устранения отступлений. При фактической организации основной объем работ по содержанию ГРК был запланирован на вторую половину месяца, в результате чего выделенных трудозатрат оказалось недостаточно для выполнения всего объема работ.

Полученная модель может использоваться как средство сокращения рабочего времени дорожного мастера, затрачиваемого на планирование работ, а также служить объективным обоснованием для привлечения дополнительных трудовых ресурсов на линейный участок в случае, если необходимый уровень трудозатрат на устранение отступлений превышает возможности линейного участка.

Помимо этого, в настоящее время активно ведутся разработки по совершенствованию планирования и организации производственных процессов на железнодорожном транспорте, в том числе с целью сокращения влияния человеческого фактора. Разработка и внедрение средств поддержки принятия решений позволят сократить влияние субъективности при планировании и организации работ по текущему содержанию пути. Использование данной математической модели упростит процесс планирования и организации работ на линейном участке дистанции пути, что особенно актуально при высоком уровне неотложных и первоочередных работ на особо грузонапряженных участках, а также на участках, где организована работа вахтовым методом.

Дальнейшие исследования будут направлены на развитие математической модели и разработку программного продукта с возможностью внедрения в информационные системы ОАО «РЖД». Для развития математической модели необходимо рассмотреть вопрос категорирования всех планово-предупредительных работ по текущему содержанию пути по приоритетности, что позволит сформировать алгоритм планирования работ с их ранжированием.

Финансирование: авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Funding: the authors received no financial support for the research, authorship, and publication of this article.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest and no financial interests in any material discussed in this article.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Стратегия научно-технического развития холдинга «РЖД» на период до 2025 года и на перспективу до 2030 года (Белая книга) [Электронный ресурс]: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 17.04.2018 № 769/р. URL: <https://zszd.rzd.ru/api/media/resources/c/17/121/18071?action=download> (дата обращения: 10.05.2022) [Strategy for scientific and technological development of Russian Railways for the period to 2025 and for the future to 2030 (White Book). Approved by the Order of JSC Russian Railways dated April 17, 2018 No. 769/r. (In Russ.). URL: <https://zszd.rzd.ru/api/media/resources/c/17/121/18071?action=download> (accessed: 10.05.2022)].
2. Сосков А. Г. Эксплуатация крестовин в условиях тяжеловесного движения на Западно-Сибирской дороге // Путь и путевое хозяйство. 2021. № 10. С. 2–4 [Soskov A. G. Operation of crossings in heavy traffic conditions on the West Siberian road. *Railway Track and Facilities*. 2021;(10):2–4. (In Russ.)]. EDN: <https://www.elibrary.ru/ldomft>.
3. Определение потребности в путевых работах в современных условиях / В. О. Певзнер [и др.] // Путь и путевое хозяйство. 2021. № 1. С. 14–20 [Pevzner V. O., Chechelnskiy A. I., Lisysyn A. I., Grin E. N., Petropavlovskaya I. B., Baronayte R. A. Determination of the requirement of track maintenance under modern conditions. *Railway Track and Facilities*. 2021;(1):14–20. (In Russ.)]. EDN: <https://www.elibrary.ru/rjkpxf>.
4. Деформативность пути на участках обращения тяжеловесных поездов / В. О. Певзнер [и др.] // Железнодорожный транспорт. 2019. № 9. С. 36–41 [Pevzner V. O., Lisitsyn A. I., Grin E. N., Tretyakov V. V., Petropavlovskaya I. B., Gromova T. I. The deformability of the track in areas of heavy freight trains. *Zheleznodorozhnyy transport*. 2019;(9):36–41. (In Russ.)]. EDN: <https://www.elibrary.ru/fzndro>.
5. Ашпиз Е. С., Виноградов В. В. Основная площадка при осевых нагрузках 27 тс // Путь и путевое хозяйство. 2019. № 12. С. 22–25 [Ashpiz E. S., Vinogradov V. V. The solid subgrade to pass the cars with axial loads of 27 tf. *Railway Track and Facilities*. 2019;(12):22–25. (In Russ.)]. EDN: <https://www.elibrary.ru/hfbtdv>.
6. Щепотин Г. К. Управление техническим состоянием пути в условиях модернизации Восточного полигона // Путь и путевое хозяйство. 2022. № 3. С. 35–37 [Shchepotin G. K. Management of the technical condition of the track in the conditions of modernization of the eastern polygon. *Railway Track and Facilities*. 2022;(3):35–37. (In Russ.)]. EDN: <https://www.elibrary.ru/yuymai>.
7. Инструкция по оценке состояния рельсовой колеи путеизмерительными средствами и мерам по обеспечению безопасности движения поездов [Электронный ресурс]: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 28.02.2020 № 436/р (ред. от 11.09.2020, с изм. от 01.04.2021). URL: <https://login.consultant.ru/link/?req=doc&base=EXP&n=750874&demo=1> (дата обращения: 10.05.2022) [Instruction on the assessment of the condition of the track gauge by means of track measuring devices and on the measures to be taken to ensure the safety of rail traffic. Approved by the Order of JSC Russian Railways dated February 28, 2020 No. 436/r (revised at September 11, 2020, as amended on April 1,

2021). (In Russ.). URL: <https://login.consultant.ru/link/?req=doc&base=EXP&n=750874&demo=1> (accessed: 10.05.2022)].

8. Положение об организации комплексного обслуживания объектов инфраструктуры хозяйства пути и сооружений [Электронный ресурс]: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 29.11.2019 № 2675/р. URL: <https://login.consultant.ru/link/?req=doc&base=EXP&n=769476&demo=1> (дата обращения: 10.05.2022) [*Regulation on the organisation of the comprehensive maintenance of the infrastructure and works of the railways*. Approved by the Order of JSC Russian Railways dated November 29, 2019 No. 2675/r. (In Russ.). URL: <https://login.consultant.ru/link/?req=doc&base=EXP&n=769476&demo=1> (accessed: 10.05.2022)].

9. Асаланова Т. Н., Осолков А. А. Организация транспортного производства путевых работ с учетом информационного моделирования // Транспорт Урала. 2021. № 3 (70). С. 65–67 [Asalkhanova T. N., Oskolkov A. A. Organization of transport production of permanent way work with the consideration for information modeling. *Transport of the Urals*. 2021;(3):65-67. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.20291/1815-9400-2021-3-65-67>.

10. Асаланова Т. Н. Проблемные зоны эксплуатации системы ЕК АСУИ // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы Десятой Междунар. науч.-практ. конф., 21–24 мая 2019 г.: в 2 т. Иркутск: Иркутский гос. ун-т путей сообщения, 2019. Т. 1. С. 504–510 [Asalkhanova T. N. Problem areas in the operation of the Unified Corporate Automated Infrastructure Management System (EK ASUI). In: *Transport Infrastructure of Siberian Region: Proceedings of the Tenth International Scientific-Practical Conference, 21–24 May 2019, in 2 volumes*. Irkutsk: Irkutsk State University of Railway Transport; 2019. Vol. 1. p. 504–510. (In Russ.)]. EDN: <https://www.elibrary.ru/zzludr>.

11. Применение цифровизации при планировании контингента по техническому обслуживанию железнодорожной инфраструктуры / Н. И. Коваленко [и др.] // Мир транспорта. 2021. Т. 19, № 2 (93). С. 116–121 [Kovalenko N. I., Buchkin V. A., Bykov Yu. A., Grin E. N. Application of Digitalisation in Staffing Planning for Railway Infrastructure Maintenance. *World of Transport and Transportation*. 2021;19(2):116-121. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2021-19-2-16>.

12. Коваленко Н. И., Суворова Д. О., Аноховская И. В. Применение системы ЕК АСУИ при планировании работ путевого хозяйства ОАО «РЖД» // Наука и технологии железных дорог. 2020. Т. 4, № 1 (13). С. 78–87 [Kovalenko N. I., Suvorova D. O., Anokhovskaya I. V. Application of the Unified Corporate Automated Infrastructure Management System (EK ASUI) in the planning of the track activities of JSC Russian Railways. *Nauka i tekhnologii zheleznikh dorog*. 2020;4(1):78-87 (In Russ.)]. EDN: <https://www.elibrary.ru/yaigzl>.

13. Суслов О. А., Федорова В. И. Цифровые двойники — перспективная основа планирования технического обслуживания железнодорожного пути // Наука 1520 ВНИИЖТ: Загляни за горизонт: сб. докладов I Междунар. науч.-практ. конф. АО «ВНИИЖТ», Щербинка, 26–27 августа 2021 г. М.: АО «ВНИИЖТ», 2021. С. 184–192 [Suslov O. A., Fedorova V. I. Digital twins — a forward-looking way to plan and maintain railways. In: *Science 1520 VNIIZhT: Looking beyond the horizon: Proceedings of the First International Scientific and Practical Conference of the JSC VNIIZhT, Shcherbinka, 26–27 August 2021*. Moscow: JSC VNIIZhT; 2021. p. 184–192. (In Russ.)]. EDN: <https://www.elibrary.ru/tsmrp>.

14. Суслов О. А. Реорганизация системы технического обслуживания и ремонта пути // Путь и путевое хозяйство. 2021. № 1. С. 11–13 [Suslov O. A. Reorganization of the railway track maintenance and repair system. *Railway Track and Facilities*. 2021;(1):11-13. (In Russ.)]. EDN: <https://www.elibrary.ru/pxvirm>.

15. Асаланова Т. Н., Осолков А. А. Анализ планирования технологических процессов производства путевых работ железнодорожного транспорта в единой корпоративной автоматизированной

системе управления инфраструктурой // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2021. № 1 (69). С. 141–148 [Asalkhanova T. N., Oskolkov A. A. Analysis of the planning of technological processes for the production of railway track works in a single corporate automated infrastructure management system. *Modern Technologies. System Analysis. Modeling*. 2021;(1):141-148. (In Russ.)]. [https://doi.org/10.26731/1813-9108.2021.1\(69\).141-148](https://doi.org/10.26731/1813-9108.2021.1(69).141-148).

16. Асаланова Т. Н., Карпов И. Г., Лагерева С. Ю. Роботизация технологии допуска бригад к выполнению путевых работ в единой корпоративной автоматизированной системе управления инфраструктурой // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2022. № 1 (73). С. 54–63 [Asalkhanova T. N., Karpov I. G., Lagereva S. Yu. Robotization of track crews admission technology in a unified corporate automated infrastructure management system. *Modern Technologies. System Analysis. Modeling*. 2022;(1):54-63. (In Russ.)]. [https://doi.org/10.26731/1813-9108.2022.1\(73\).54-63](https://doi.org/10.26731/1813-9108.2022.1(73).54-63).

17. Севостьянов А. А. Планирование и организация работ по содержанию геометрии рельсовой колеи в зимний период эксплуатации // Фундаментальные и прикладные вопросы транспорта. 2022. № 4 (7). С. 95–102 [Sevostyanov A. A. Planning and organization of preventive maintenance of rail track geometry in the winter. *Fundamental and applied transport issues*. 2022;(4):95-102. (In Russ.)]. https://doi.org/10.52170/2712-9195_2022_4_95.

18. Севостьянов А. А. Организация производственного процесса содержания рельсовой колеи по основным геометрическим параметрам в сложных климатических и эксплуатационных условиях: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.22. Новосибирск, 2022. 161 с. [Sevostyanov A. A. Organisation of production process of track maintenance by main geometrical parameters in complex climatic and operational conditions. Cand. Sci. (Eng.) thesis: 05.02.22. Novosibirsk; 2022. 161 p. (In Russ.)].

19. Нормы времени на работы по текущему содержанию пути. Часть 1. Работы по балласту и шпалам [Электронный ресурс]: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 22.12.2017 № 2707/р. URL: <https://login.consultant.ru/link/?req=doc&base=LAW&n=290965&demo=1> (дата обращения 18.05.2022) [*Time standards for track maintenance work. Part 1. Works on ballast and sleepers*. Approved by the Order of JSC Russian Railways dated December 22, 2017 No. 2707/r. (In Russ.). URL: <https://login.consultant.ru/link/?req=doc&base=LAW&n=290965&demo=1> (accessed: 18.05.2022)].

20. Нормы времени на работы по текущему содержанию пути. Часть 2. Работы по рельсам и креплениям [Электронный ресурс]: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 11.01.2018 № 22/р. URL: <https://login.consultant.ru/link/?req=doc&base=LAW&n=316044&demo=1> (дата обращения 18.05.2022) [*Time standards for track maintenance work. Part 2. Works on rails and fastenings*. Approved by the Order of JSC Russian Railways dated January 11, 2018 No. 22/r (In Russ.). URL: <https://login.consultant.ru/link/?req=doc&base=LAW&n=316044&demo=1> (accessed: 18.05.2022)].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Александр Александрович СЕВОСТЬЯНОВ,

канд. техн. наук, заведующий лабораторией, кафедра «Путь и путевое хозяйство», Сибирский государственный университет путей сообщения (630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, д. 191), Author ID: 996037, <https://orcid.org/0000-0001-9393-3501>

Дмитрий Валерьевич ВЕЛИЧКО,

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Путь и путевое хозяйство», Сибирский государственный университет путей сообщения (630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, д. 191), Author ID: 287052, <https://orcid.org/0000-0003-1941-816X>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Alexander A. SEVOSTYANOV,

Cand. Sci. (Eng.), Head of Laboratory, Department of Track and track facility, Siberian Transport University (630049, Novosibirsk, 191, Dusi Kovalchuk St.), Author ID: 996037, <https://orcid.org/0000-0001-9393-3501>

Dmitriy V. VELICHKO,

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor, Department of Track and track facility, Siberian Transport University (630049, Novosibirsk, 191, Dusi Kovalchuk St.), Author ID: 287052, <https://orcid.org/0000-0003-1941-816X>

ВКЛАД АВТОРОВ

Александр Александрович СЕВОСТЬЯНОВ. Обзор основных направлений исследования, сбор и структурирование материалов, разработка математической модели, проведение расчетов, оценка результатов, текст статьи (70 %).

Дмитрий Валерьевич ВЕЛИЧКО. Постановка задачи, контроль проведение исследования, оценка результатов, текст статьи (30 %).

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Alexander A. SEVOSTYANOV. Overview of the main areas of research, gathering and structuring of materials, development of a mathematical model, calculations, evaluation of results, drafting the paper (70 %).

Dmitriy V. VELICHKO. Description of the problem, control of the research, evaluation of the results, drafting the paper (30%).

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The authors have read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию 25.05.2022, рецензия от первого рецензента получена 21.02.2023, рецензия от второго рецензента получена 02.03.2023, принята к публикации 14.04.2023.

The article was submitted 25.05.2022, first review received 21.02.2023, second review received 02.03.2023, accepted for publication 14.04.2023.

ПОДПСКА

.....

«Вестник ВНИИЖТ» ГДЕ подписаться?

Подписку на научно-технический журнал «Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта» («Вестник ВНИИЖТ») можно оформить в любом почтовом отделении связи по Объединенному каталогу «Пресса России», том 1 или агентствах по распространению печатных изданий «Урал-Пресс», АРЗИ и др.

Подписной индекс журнала — 70116.

Также можно оформить подписку (годовую и полугодовую) на договорных условиях в редакции. Адрес редакции журнала: 129626, Москва, 3-я Мытищинская ул., д. 10, тел.: +7 (495) 602-84-56, e-mail: journal@vniizht.ru. Информация о подписке размещена на сайте журнала www.journal-vniizht.ru.

Подписчики стран ближнего и дальнего зарубежья могут оформить подписку на журнал «Вестник ВНИИЖТ» в агентстве «Урал-Пресс» (Ural-Press, export@ural-press.ru).