



## Применение цифровизации при планировании контингента по техническому обслуживанию железнодорожной инфраструктуры



Николай КОВАЛЕНКО



Виталий БУЧКИН



Юрий БЫКОВ



Елена ГРИНЬ

*Николай Иванович Коваленко<sup>1</sup>, Виталий Алексеевич Бучкин<sup>2</sup>, Юрий Александрович Быков<sup>3</sup>, Елена Николаевна Гринь<sup>4</sup>*

*<sup>1,2,3,4</sup> Российский университет транспорта, Москва, Россия.*

✉ <sup>1</sup> [kni50@mail.ru](mailto:kni50@mail.ru).

### АННОТАЦИЯ

С точки зрения обеспечения производственных интересов железнодорожной инфраструктурной компании, на примере ОАО «РЖД», анализируются существующие и предлагаются новые подходы к планированию численности работников, занятых обслуживанием инфраструктуры.

Существующая методика планирования контингента, занятого техническим обслуживанием железнодорожной инфраструктуры, строится на использовании средних значений параметров мониторинга состояния сооружений инфраструктуры, земляного полотна и путевых устройств (КОСП) по месячным, а также осенним и весенним сплошным осмотрам и проверкам пути. Полученные объемы работ, только в неявном виде отражают контингент обслуживающего персонала, его занятость и эффективность работы каждого работника.

Современное направление на цифровизацию и кибернетизацию всех процессов, при организации технического обслуживания инфраструктуры путевого комплекса преду-

матривает максимальную социальную адаптацию производственных процессов к запросам собственников, задачам организаторов и интересам исполнителей. Планирование занятости исполнителей только по объему выполняемых работ не позволяет выполнить цифровизацию и социальную кибернетизацию отдельного исполнителя.

Синтагматической составляющей такого алгоритма являются ежемесячное суммарное отработанное время, которое определяется фактической занятостью каждого исполнителя. Парадигматической составляющей таких моделей должна быть одинаковая ежедневная численность исполнителей. На стадии предварительной оценки применения предлагаемого алгоритма цифровизации и социальной кибернетизации планирования контингента рассматривается увеличение производительности труда, ориентировочно на 20–25 %, повышение качества работ и более эффективной оценки деятельности каждого исполнителя.

**Ключевые слова:** железная дорога, мониторинг инфраструктуры, техническое обслуживание железнодорожной инфраструктуры; цифровизация и кибернетизация технического обслуживания инфраструктуры, социальная адаптация производственных процессов, паттерн, синтагматическая модель.

*Для цитирования:* Коваленко Н. И., Бучкин В. А., Быков Ю. А., Гринь Е. Н. Применение цифровизации при планировании контингента по техническому обслуживанию железнодорожной инфраструктуры // Мир транспорта. 2021. Т. 19. № 2 (93). С. 116–121. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2021-19-2-16>.

**Полный текст статьи на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.  
 The full text of the article in English is published in the second part of the issue.**

## ВВЕДЕНИЕ

Существующая система технического обслуживания железнодорожной инфраструктуры базируется на проведении мониторинга её состояния и осуществляется в виде комиссионных осмотров, а также использования результатов оценки специальными техническими диагностическими средствами и оборудованием в соответствии с нормативами, регламентирующими содержание пути и объектов инфраструктуры<sup>1</sup> [1–5].

В ОАО «РЖД» методика планирования контингента, занятого техническим обслуживанием железнодорожной инфраструктуры, строится на использовании средних значений параметров состояния инфраструктуры по результатам месячных, а также осенних и весенних сплошных комиссионных осмотров и проверок пути, сооружений инфраструктуры, земляного полотна и путевых устройств (КОСП)<sup>2</sup>.

Работы, выполняемые бригадами линейных и эксплуатационных участков на предстоящий месяц, планируются дорожным мастером совместно с бригадами по текущему содержанию пути, земляного полотна и сооружений, с учётом результатов мониторинга инфраструктуры. Разработанные планы-графики утверждаются начальником дистанции пути в виде графика (ПУ-74)<sup>3</sup>. При разработке текущих графиков ПУ-74 учитываются работы за предыдущий месяц. При подведении итогов выполненных работ рассматриваются предыдущий и выполненный текущий графики ПУ-74.

Базовыми нормативными документами для расчётов нормируемых объёмов работ, нормируемой численности работников, нормируемой продолжительности являются ТНК<sup>4</sup> или ТНВ<sup>5</sup>, а также другие нормативные документы, уста-

навливаемые Центральной (ЦДИ) или региональными (ДИ) дирекциями инфраструктуры филиалами ОАО «РЖД».

Полученные таким образом объёмы работ только в неявном виде могут отражать контингент обслуживающего персонала, его занятость и эффективность работы каждого работника.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Существующей методикой<sup>3</sup> определение плановых заданий на выполнение работ осуществляется по зависимости (1):

$$N_{\text{отраб. часы}} = \frac{V_{\text{работ}} \times H_{\text{ТНК}} \times K_t}{K_{\text{измер}}}, \quad (1)$$

где  $V_{\text{работ}}$  – объём работ, который принимается по результатам оценки состояния элементов инфраструктуры средствами диагностики (проводится в КОСП или при текущем контроле);

$N_{\text{отраб. часы}}$  – нормированное время на выполнение работы;

$H_{\text{ТНК}}$  – норма времени на выполнение единицы работ из ТНК или ТНВ;

$K_t$  – коэффициент температурной зоны;

$K_{\text{измер}}$  – единица измерения по данной работе.

Норма выработки ( $N_{\text{вырабо}}$ ) за рабочую смену (8,2 часа) определяется по формуле (2):

$$N_{\text{вырабо}} = \frac{8,2}{N_{\text{ТНК}} \times K_t} \times K_{\text{измер}}, \quad (2)$$

где  $N_{\text{ТНК}}$  – норма времени из ТНК;

$N_{\text{вырабо}}$  – норма выработки;

$K_{\text{измер}}$  – единицы измерения.

Время на проход к месту работ, на пропуск поездов и время работы сигнальщиков определяется по фактическим данным.

Объём выполненных работ по факту должен совпадать с заданными объёмами работ (на рабочий день, неделю, месяц).

Фактически отработанные часы могут быть меньше нормированных. Нормированные часы должны соответствовать заданию на выполнение работ.

Нормы выработки за 1 час на 1 человека определяются делением величины измерителя данного вида работ на норму времени, а за смену – умножением полученного результата на продолжительность смены.

В настоящее время принятое в производственной деятельности и на транспорте направление на цифровизацию и кибернетизацию всех процессов [6] при организации технического обслуживания инфраструктуры путевого комплекса предусматривает максимальную социаль-

<sup>1</sup> Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути, утверждённая распоряжением ОАО «РЖД» № 2288р от 14.11.2016 г.

<sup>2</sup> О комплексной оценке состояния пути (в редакции распоряжения ОАО «РЖД» от 20.01.2012 г. № 72р.

<sup>3</sup> Журнал учёта работ по текущему содержанию и оценке состояния пути и путевых устройств (ПУ-74), утверждённый распоряжением ОАО «РЖД» от 2 мая 2012 г. № 857 р.

<sup>4</sup> Технические обоснованные нормы времени на работы по текущему содержанию пути (ТНК). Департамент пути и сооружений ОАО «РЖД». – М., 2009.

<sup>5</sup> Технические обоснованные нормы времени на работы по текущему содержанию пути (ТНВ) (в редакции распоряжения ОАО «РЖД» от 05.08.2015 г. № 1976р) (7-е издание, исправленное и дополненное) в 2-х частях.



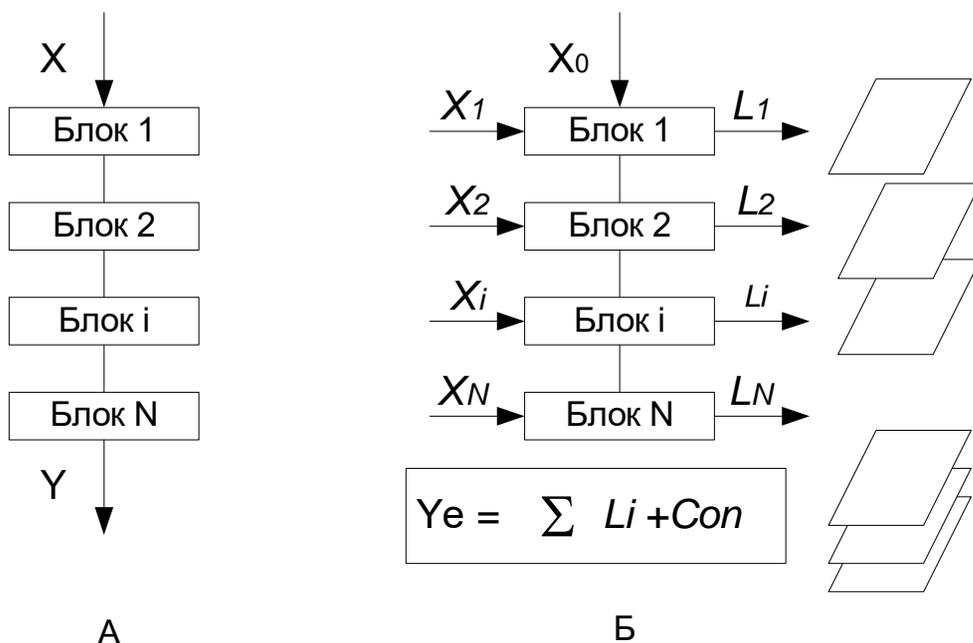


Рис. 1. Два типа моделей принятия решений [9].

ную адаптацию производственных процессов к запросам собственников, задачам организаторов и интересам исполнителей.

Существующая практика планирования производственного процесса занятости исполнителей по техническому обслуживанию инфраструктуры путевого хозяйства по объёму выполняемых работ не позволяет выполнить цифровизацию и социальную кибернетизацию отдельного исполнителя.

Социальная кибернетика направлена на создание теоретической основы для оценки и управления системами кооперативного распределения и учёта деятельности каждого исполнителя [6]. Она построена на выявлении доли участия каждого исполнителя в общем производственном процессе при детализации технологии рабочих операций. Парадигма, которую социальная кибернетика использует при анализе любой системы, заключается в основном законе социальной кибернетики. В нём говорится, что все трудовые коллективы проходят шесть уровней социальных контрактов своих подсистем:

- агрессия ⇔ выживание;
- бюрократия ⇔ следуйте нормам и правилам;
- конкуренция ⇔ моя выгода – ваша потеря;
- решение ⇔ раскрытие индивидуальных намерений;

• комплементарность [7] ⇔ сотрудничество в единых интересах;

• свобода выбора (субсидиарность [8]) ⇔ способность управлять своими собственными действиями и самоконтролировать.

Прохождение этих шести фаз взаимоотношений даёт основу для социо-кибернетической оценки любой эволюционной системы, к которым можно отнести трудовые коллективы. Причём эти фазы проявляются по-разному в системах разных порядков.

Последовательная модель принятия решений является простейшей кибернетической моделью. Она строится по принципу (3):  $(A \wedge B) \rightarrow P$ . (3)

В выражении (3)  $A$  – событие, которое воздействует на объект  $B$ , что приводит к результату  $P$ . Выражение (3) есть классическое выражение следования, в котором символ  $\rightarrow$  называется импликацией. Выражение в скобках называется посылкой или антецедентом.  $P$  называется следствием или аподозом. Последовательные логические действия и события хорошо проверяются логическими выражениями. Они образуют логическое следование в виде совокупности выражений (3), которые задают логические цепочки принятия решений. Последовательные действия и модели хорошо моделируются с помощью графов. На рис. 1 даны два типа моделей принятия решений [9].

Прямой алгоритм представляет собой последовательную цепочку действий, которые приведены на рис. 1а. В схеме на рис. 1а выход текущего этапа служит входом для следующего этапа. Такие модели называют секвенциями, поскольку в них входы/выходы этапов согласованы. Однако прерывание этапа прерывает всю цепочку. В этой модели существует одна общая рациональность действий.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Модель указанного выше типа может быть применена при разработке алгоритма планирования объёмов работ по техническому обслуживанию инфраструктуры путевого хозяйства, по ликвидации выявленных неисправностей средствами диагностики. При моделировании такого процесса нет привязки к конкретным исполнителям. Цифровизация и кибернетизация таких процессов состоит в фиксировании запланированного или выполненного события, а также отсутствия такого события, в виде запланированного или выполненного, которое должно было быть по результатам диагностики.

В настоящее время исходными материалами для разработки таких секвентивных моделей могут служить данные мониторинга с использованием систем ЕК АСУИ (единая корпоративная автоматизированная система управления инфраструктурой); КАС АНТ (комплексная автоматизированная система учёта, контроля устранения отказов в работе технических средств и анализа их надёжности); КАСАТ (комплексная автоматизированная система учета, расследования и анализа случаев технологических нарушений), комиссионных осмотров (осенних, весенних, месячных и т.д.), данных путеизмерительных и дефектоскопных средств контроля и других материалов оценки состояния инфраструктуры. Особенность разработки такой модели для планирования объёмов работ по техническому обслуживанию инфраструктуры заключается в том, что при невыполнении какой-либо рабочей операции в цепочке секвентивной модели результат не достигается.

На рис. 1б приведена последовательно-параллельная модель формирования решений. Эта модель направлена на получение результатов на каждом уровне этапа принятия решений, но при наличии независимых входов для каждого этапа. Такая стратифицированная модель – это совокупность частных моделей в общей модели принятия решений. Можно говорить о синта-

матических моделях по горизонталям (уровням) и парадигматических [10; 11] моделях по вертикали. В таких моделях существует один общий результат и совокупность индивидуальных подходов.

К таким моделям следует отнести алгоритм планирования занятости рабочей силы. Синтагматической составляющей такого алгоритма является ежемесячное суммарное отработанное время, которое определяется фактической занятостью каждого исполнителя. Парадигматической составляющей таких моделей должна быть одинаковая ежедневная численность исполнителей.

Несмотря на разнообразие моделей, существуют общие правила и принципы, по которым формируют модели социальной кибернетики. При формировании моделей применяют следующие правила:

- фиксируется область интересов как информационная ситуация ( $A_1$ ), в которой планируется проводить управление;
- в информационной ситуации фиксируются условия ( $A_2$ ), определяемые совокупностью параметров или ограничениями;
- для условий задачи фиксируются известные эвристики ( $A_3$ ) в виде паттернов [12] или правил, по которым можно провести вычисления;
- если подходящая модель на основе эвристики не найдена, на основе аналитических исследований ( $A_4$ ) формируется новая модель;
- для принимаемого решения фиксируются условия ( $A_5$ ) его корректности и допустимости;
- выбираются критерии оценки эффективности решения ( $A_6$ );
- проводят технологические работы ( $B$ ) и получают результат ( $P$ ).

Эта методика имеет логическую форму:  $(A_1 \wedge A_2 \wedge (A_3 \dot{\wedge} A_4) \wedge B \rightarrow (P \wedge A_5) \rightarrow A_6$ . (4)

Существует много вычислительных моделей, которые можно отнести к конструктивным объектам, например, концептуальная модель [13], которая является теоретической предпосылкой построения вычислительной модели.

На рис. 2 дана схема построения модели принятия решений.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В качестве стратегического направления по цифровизации и социальной кибернетизации планирование контингента по техническому обслуживанию железнодорожной инфраструктуры является дополнением к существующей



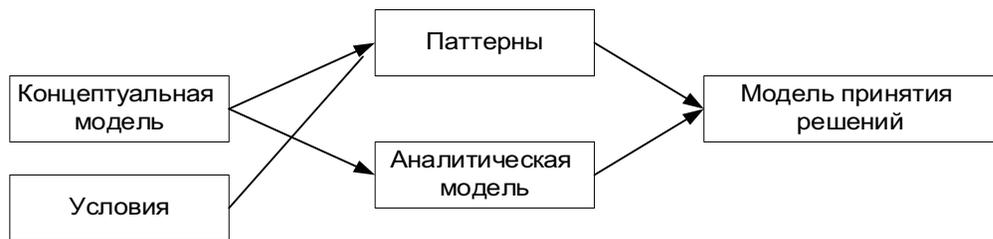


Рис. 2. Схема построения модели [13].

методике установления плановых заданий на выполнение работ (зависимость 1) через определение численности исполнителей для выполнения задания.

Базовыми нормативными документами для расчётов нормируемой численности работников и нормируемой продолжительности работ являются, например, ТНК<sup>4</sup> или ТНВ<sup>5</sup>.

Алгоритм цифровизации и социальной кибернетизации планирования контингента состоит в том, что после установления плановых заданий на выполнение работ (зависимость 1) производится определение продолжительности работ в рабочих часах или рабочих днях, как частного от деления планового объёма работ на продолжительность рабочего дня.

Далее процесс планирования осуществляется с установленным, например, согласно ТНК или ТНВ, контингентом исполнителей.

При формировании «Ведомости выполнения запланированных работ» необходимо придерживаться следующего принципа. Вначале по рабочим дням распределяется наиболее трудоёмкая работа с наибольшей численностью исполнителей. При неполной загруженности рабочих дней до конца месяца, исполнители по данной работе на следующий день переводятся на другую работу (принцип «лестницы»).

В случае если следующая работа не требует занятости всех исполнителей, исполнители по первой работе переводятся на следующие работы по частям. При этом следует учитывать, что следующие работы по технологическим особенностям могут иметь определённую численность, которая указывается в ТНК или ТНВ на эту работу.

После завершения формирования занятости исполнителей по первой работе на других работах до конца месяца, можно приступать к распределению оставшихся нераспределённых работ. Принцип распределения остаётся аналогичным.

При формировании исполнителей для одиночных работ возможен вариант привлечения нескольких исполнителей для ускорения их выполнения. Недопустима ситуация дополнения или сокращения численности бригад, которые указываются в ТНК или ТНВ на данную работу.

С целью контроля правильности распределения работ и исполнителей рекомендуется по каждому рабочему дню вести учёт исполнителей.

При осуществлении операции распределения рабочих дней для случаев неполной продолжительности рабочего дня может рассматриваться несколько вариантов решения [14; 15]. Например, перераспределение рабочих часов неполного рабочего дня на проход к месту работ и обратно, на пропуск поездов и другие потери производственного и технологического характера. При этом следует выполнить перерасчёт продолжительности рабочего времени на весь период выполнения данной работы. Это приведёт к уменьшению продолжительности рабочих дней и уменьшению выработки, что необходимо учитывать при расчёте объёма работ.

Другим вариантом распределения может быть перераспределение избыточного времени в виде дополнительного времени к каждому рабочему дню как фактор повышения производительности труда. Такой вариант возможен при распределении полученной расчётом неполной занятости в пределах 30–40 % полного рабочего дня.

После распределения работ и исполнителей в соответствии с заданными объёмами и продолжительностью составляется ведомость явочной численности исполнителей.

Явочная численность работников – это один из показателей, который используется в системе учёта количества исполнителей на отдельно взятом предприятии. Кроме этого, такой подсчёт

поможет провести анализ работы предприятия, выявить недостатки в работе коллектива и дать возможность для проведения оптимизации на отдельно взятом предприятии.

После составления ведомости явочной численности исполнителей составляется ведомость списочной численности исполнителей.

Списочная численность исполнителей работ по текущему содержанию пути на дистанции, которые базируются на материалах, например ТНК или ТНВ, определяется суммированием количества исполнителей по каждой работе, которая предусматривается по технологии.

## ВЫВОДЫ

Приведённые в статье исследования направлены на развитие механизма планирования трудовых ресурсов, их оптимизацию, рациональное распределение и контроль использования.

Алгоритм цифровизации и социальной кибернетизации планирования контингента позволяет вести оперативный учёт каждого исполнителя в соответствии с результатами выполненных работ и занятостью исполнителей согласно явочной численности. Дальнейшим развитием разработанного алгоритма рассматривается процесс автоматизированного оперативного учёта и контроля планирования занятости исполнителей, а также выполнения их обязанностей при реализации поставленных производственных задач.

На стадии предварительной оценки применения предлагаемого алгоритма цифровизации и социальной кибернетизации планирования контингента рассматривается увеличение производительности труда, ориентировочно на 20–25 %, повышение качества работ и более эффективная оценка деятельности каждого исполнителя.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Milne, D., Le Pen, L., Watson, G., Thompson, D., Powrie, W., Hayward, M., Morley, S. Monitoring and repair of isolated trackbed defects on a ballasted railway.

Transportation Geotechnics, 2018, Vol. 17 (Part A), pp. 61–68. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trgeo.2018.09.002>. DOI:10.1016/j.trgeo.2018.09.002.

2. Yongxiang, Z., D'Ariano, A., Bisheng, H., Qiyuan, P. Microscopic optimization model and algorithm for integrating train timetabling and track maintenance task scheduling. Transportation Research Part B: Methodological, 2019, Vol. 127, pp. 237–278. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trb.2019.07.010>.

3. Wen, Haijun; Hou, Shiwang; Liu, Zhaohua; Liu, Yongjiang. An optimization algorithm for integrated remanufacturing production planning and scheduling system. Chaos, Solitons & Fractals, 2017, Vol. 105, pp. 69–76. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2017.10.012>.

4. Dewilde, T., Sels, P., Catrysse, D., Vansteenwegen, P. Robust railway station planning: An interaction between routing, timetabling and platforming. Journal of Rail Transport Planning & Management, 2013, Vol. 3, Iss. 3, pp. 68–77. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2013.11.002>.

5. Norman, T. L. Electronic Access Control (Second Edition), Elsevier, Inc., 2018, ISBN 978-0-12-805465-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2015-0-04450-1>.

6. Розенберг И. Н., Цветков В. Я. Социальная кибернетика в цифровизации транспортной инфраструктуры // Наука и технологии железных дорог. – 2020. – № 3 (15). – Т. 3. – С. 3–14.

7. Богоутдинов Б. Б., Цветков В. Я. Применение модели комплементарных ресурсов в инвестиционной деятельности // Вестник Мордовского университета. – 2014. – № 4. – Т. 24. – С. 103–116.

8. Логинова А. С. Оценка применимости субсидиарного управления // Актуальные проблемы современной науки. – 2015. – № 3. – С. 297–301.

9. Цветков В. Я., Мордвинов В. А. Подход к систематизации алгоритмов // Онтология проектирования. – 2018. – № 4 (26). – Т. 7. – С. 388–397.

10. Елсуков П. Ю. Парадигматические и синтагматические отношения в дихотомическом делении // Славянский форум. – 2019. – № 3 (25). – С. 19–26.

11. Katz, M., Domshlak, C. Optimal admissible composition of abstraction heuristics. Artificial Intelligence, August 2010, Vol. 174, Iss. 12–13, pp. 767–798. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.artint.2010.04.021>.

12. Щенников А. Н. Использование паттернов при конструировании алгоритмов // Славянский форум. – 2018. – № 1 (19). – С. 96–103.

13. Корнаков А. Н. Концептуальная модель процессов информационного управления промышленной организации // Вестник Московского Государственного Областного Университета / Экономика. – 2010. – № 2. – С. 95–100.

14. Kovalenko, N., Grin, E., Kovalenko, N. The determination of the repairs of railway track considering the reliability and risk level. E3S Web of Conferences, 2020, Vol. 157, 06031. DOI: [doi.org/10.1051/e3sconf/202015706031](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015706031).

15. Коваленко Н. И., Гринь Е. Н. Технология предотвращает угрозу // Мир транспорта. – 2012. – № 5. – С. 138–142. ●

### Информация об авторах:

**Коваленко Николай Иванович** – доктор технических наук, профессор кафедры пути и путевого хозяйства Российского университета транспорта, Москва, Россия, [kni50@mail.ru](mailto:kni50@mail.ru).

**Бучкин Виталий Алексеевич** – доктор технических наук, профессор кафедры проектирования и строительства железных дорог Российского университета транспорта, Москва, Россия, [buchkin@mail.ru](mailto:buchkin@mail.ru).

**Быков Юрий Александрович** – доктор технических наук, профессор кафедры проектирования и строительства железных дорог Российского университета транспорта, Москва, Россия, [ia\\_bykov@mail.ru](mailto:ia_bykov@mail.ru).

**Гринь Елена Николаевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры пути и путевого хозяйства Российского университета транспорта, Москва, Россия, [miit-grin@rambler.ru](mailto:miit-grin@rambler.ru).

Статья поступила в редакцию 02.02.2021, одобрена после рецензирования 23.04.2021, принята к публикации 05.05.2021.

