

Нормирование размеров неснижаемого резерва локомотивов на станциях их оборота

Е. А. СОТНИКОВ, М. М. ГОНИК, С. В. ХОМЯКОВ, С. В. МИХАЙЛОВ

Акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), Москва, 129626, Россия

Аннотация. На основе разработанной в АО «ВНИИЖТ» имитационной модели определения рациональных размеров неснижаемого резерва локомотивов на станциях их оборота выполнены массовые расчеты по определению размеров резерва в зависимости от влияющих факторов. В качестве таких факторов рассматриваются: среднесуточные поездопотоки и их посуточные колебания, непарность движения поездов, качество планирования (отклонение плановых поездопотоков от фактических), уровень выполнения заданий плана подсылки локомотивов одиночным следованием на станции их оборота. Всего рассчитано 1575 вариантов работы станций оборота локомотивов, в каждом из которых размеры неснижаемого резерва локомотивов определяются по итогам работы за 400 сут. Общий массив данных составил 630 тыс. результатов. Установлена значимость факторов, произведено их ранжирование. По результатам имитационного моделирования разработана таблица нормативных значений неснижаемого резерва локомотивов на станциях их оборота, которая может использоваться работниками ОАО «РЖД» для практических целей. Это позволит повысить качество выполнения графика движения поездов и снизить непроизводительные простои готовых к отправлению составов на станциях оборота локомотивов.

Ключевые слова: имитационная модель; оборот локомотивов; влияющие факторы; массовые расчеты; неснижаемый резерв локомотивов; нормативные значения

Постановка вопроса. Вследствие недостаточной глубины прогноза поездопотоков и возможных неточностей при расчете состава образования на сортировочных, участковых и грузовых станциях при разработке сменно-суточного плана эксплуатационной работы возможны отклонения размеров плановых поездопотоков от фактических. Поэтому требуется создание неснижаемого резерва локомотивов на станциях их оборота [1, 2]. Для определения размеров неснижаемого резерва $M_{пр}$ в исследовании [1] была разработана имитационная модель работы участка обращения локомотивов (УОЛ). Выполнение массовых расчетов позволяет определить нормативные значения $M_{пр}$ для их практического использования.

Основные факторы и их технологические характеристики. В модели рассматриваются пять факторов:

1. Размеры среднесуточного поездопотока на УОЛ, определяющие среднее количество прибывающих локомотивов на станцию оборота $\bar{M}_{пр}$ и количество локомотивов, потребных для вывоза отправляющихся

поездов $\bar{M}_{от}$. Чем больше абсолютные значения $\bar{M}_{пр}$ и $\bar{M}_{от}$, тем, очевидно, больше (при прочих равных условиях) и абсолютные значения их разности, что определяет зависимость значений $M_{пр}$ от величин $\bar{M}_{пр}$ и $\bar{M}_{от}$. Поэтому в расчетах с использованием разработанной модели следует установить зависимость $M_{пр}$ от значений $\bar{M}_{пр}$ и $\bar{M}_{от}$.

2. Коэффициент непарности движения $\gamma_{нп}$ как отношение среднего за сутки количества отправляемых на УОЛ локомотивов к среднему за сутки числу прибывающих локомотивов:

$$\gamma_{нп} = \frac{\bar{M}_{от}}{\bar{M}_{пр}}. \quad (1)$$

Технологический анализ работы станции оборота локомотивов прямо указывает на зависимость значений $M_{пр}$ от $\gamma_{нп}$, что видно из следующих примеров работы станции оборота локомотивов А.

Пример 1. $\gamma_{нп} = 0,85$, т. е. $\frac{\bar{M}_{от}}{\bar{M}_{пр}} = 0,85$ и, соответственно, $\bar{M}_{от} = 0,85\bar{M}_{пр}$.

Пусть $\bar{M}_{пр} = 60$ поезд./сут., $\bar{M}_{от} = 0,85 \cdot 60 = 51$ поезд./сут. Данный пример графически представлен на рисунке, а.

Пример 2. $\gamma_{нп} = 1,15$, $\bar{M}_{пр} = 60$ поезд./сут., $\bar{M}_{от} = 69$ поезд./сут (см. рисунок, б).

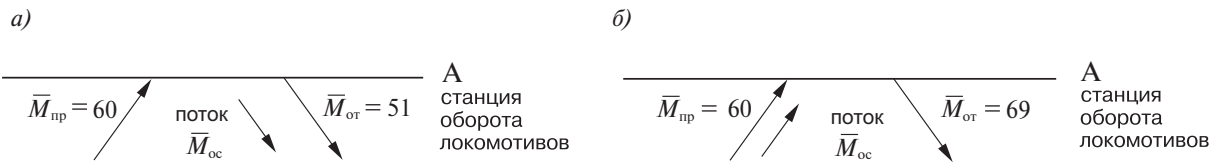
Потоки локомотивов, следующих на станцию А и со станции А одиночным следованием, среднесуточный поток $\bar{M}_{ос}$ показаны на рисунке стрелками. Понятно, что в случае а значение $M_{пр}$ будет меньше, чем в случае б.

Как следует из [1], в модели используются не значения $\bar{M}_{пр}$ и $\bar{M}_{от}$, а их посуточные значения — $M_{прi}$ и $M_{оти}$. Поэтому в отдельные сутки поток $M_{осi}$ может изменять направление следования, но это не изменяет направление следования среднесуточного потока $\bar{M}_{ос}$.

3. Неравномерность посуточного поездопотока (поступления или отправления локомотивов на станцию оборота). Она определяется коэффициентом вариации посуточных размеров движения [3, 4, 5]:

$$v_y = \frac{\sigma_y}{\bar{M}}, \quad (2)$$

где σ_y — среднеквадратическое отклонение посуточного поездопотока (по направлениям движения);



Примеры работы станции оборота локомотивов А при различных значениях коэффициента непарности движения:

$a - \gamma_{нп} = 0,85$; $б - \gamma_{нп} = 1,15$

Examples of the work of the turnover station A for various values of the coefficient of unpaired movement:

$a - \gamma_{нп} = 0,85$; $б - \gamma_{нп} = 1,15$

$\bar{M}$ — среднесуточное поступление локомотивов в поездном движении (по прибытию на станцию оборота с УОЛ или по отправлению со станции оборота на УОЛ).

Очевидно, что с увеличением неравномерности поездопотоков v_y значение $M_{пр}$ будет расти. Но действие данного фактора в определенной степени может снижаться за счет своевременной подсылки на станцию оборота локомотивов одиночным следованием. Поэтому можно ожидать, что при значениях уровня выполнения суточного плана подсылки локомотивов одиночным следованием на станцию оборота (β_{oc}) близких к единице действие фактора неравномерности посуточного поездопотока v_y не оказывает существенного влияния на величину $M_{пр}$. То же относится и к значениям $\gamma_{нп} > 1,0$.

При выполнении расчетов на модели следует учитывать, что при подготовке практических рекомендаций величина v_y имеет вполне определенные значения, установленные в [1]. Варьирование значений v_y возможно при определении прогнозных значений $M_{пр}$ в случае снижения неравномерности посуточных колебаний поездопотоков.

4. Показатель качества прогнозирования поступления локомотивов с поездами на станцию оборота. Он определяется коэффициентом колеблемости δ_z посуточных значений z_i относительно среднесуточного поездопотока $\bar{M}$ (z_i — разность между плановыми $M_{пл}$ и фактическими $M_{ф}$ значениями поездопотока в i -е сутки):

$$z_i = M_{пл i} - M_{ф i}; \quad (3)$$

$$\delta_z = \frac{\sigma_z}{\bar{M}}, \quad (4)$$

где σ_z — среднеквадратическое отклонение значений разности между плановыми $M_{пл i}$ и фактическими $M_{ф i}$ значениями поездопотока в i -е сутки.

По технологическим условиям с ростом δ_z , т. е. с увеличением z_i , будет возрастать и значение $M_{пр}$. Однако δ_z имеет в настоящее время установленные в [1] значения. Эти данные должны использоваться при определении нормативных величин $M_{пр}$.

5. Уровень выполнения суточного плана подсылки локомотивов одиночным следованием на станцию оборота β_{oc} .

$$\beta_{oc} = \frac{M_{oc}^{\phi}}{M_{oc}^{пл}}, \quad (5)$$

где M_{oc}^{ϕ} , $M_{oc}^{пл}$ — среднее значение фактического и планового количества локомотивов, подсылаемых на станцию оборота одиночным следованием.

Чем ближе значение β_{oc} к единице, тем лучше обеспечение локомотивами фактически отправляющегося потока поездов $M_{от}^{\phi}$ и, соответственно, меньше величина $M_{пр}$. Однако при увеличении длины УОЛ возможности достижения равенства $\beta_{oc} = 1,0$ снижаются. При длине УОЛ $l_{уол}$ более значения среднесуточного пробега локомотивов $l_{лок}$, т. е. при

$$l_{уол} > l_{лок} \quad (6)$$

значение $\beta_{oc} < 1,0$. В этом случае возрастает $M_{пр}$. Поэтому для целей нормирования значения $M_{пр}$ следует использовать значения как $\beta_{oc} = 1,0$, так и $\beta_{oc} < 1,0$.

На основе технологического анализа определены следующие условия применения рассматриваемых факторов при проведении расчетов с использованием модели (табл. 1).

Разделение расчетов по выделенным целям — для нормирования или прогнозирования значений $M_{пр}$ — крайне важно, поскольку позволяет при нормировании сократить число изменяемых факторов с пяти до трех, что существенно упрощает получение и использование нормативных значений $M_{пр}$ при различных условиях работы УОЛ.

Образование массива данных $M_{пр}$ по результатам имитационного моделирования. Количество расчетных вариантов при возможных комбинациях рассматриваемых факторов определяется числом принимаемых значений k_i по каждому фактору.

Среднесуточное прибытие $\bar{M}_{пр}$ и отправление поездов (локомотивов) $\bar{M}_{от}$ в одном направлении следования (первый фактор), равно: 10, 20, 40, 60, 80 локомотивов в сутки. Тогда $k_1 = 5$ значений.

Коэффициент непарности движения (второй фактор) $\gamma_{нп}$ принимается равным: 0,85; 0,9; 1,0; 1,1; 1,76. Тогда $k_2 = 5$ значений.

Посуточная неравномерность прибытия и отправления локомотивов определяется коэффициентом

вариации v_y (третий фактор), равна: $1,0v_y; 0,9v_y; 0,8v_y$. Тогда $k_3 = 3$ значения.

Качество планирования определяется коэффициентом колеблемости δ_z (четвертый фактор), принимается по вариантам: $\delta_z; 0,75\delta_z; 0,5\delta_z$. Тогда $k_4 = 3$ значения.

Уровень выполнения суточного плана подсылки локомотивов одиночным следованием β_{oc} (пятый фактор) принимается по вариантам: $1,0; 0,95; 0,9; 0,85; 0,8; 0,75; 0,7$. Тогда $k_5 = 7$ значений.

Общее количество расчетных вариантов равно $k_{вар} = k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 = 5 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 7 = 1575$ вариантов.

Общий массив $k_{общ}$ данных $M_{нр}$ определяется из выражения

$$k_{общ} = k_{вар} k_{сут}, \quad (7)$$

где $k_{сут}$ — количество результатов, соответствующее количеству суток моделирования по одному варианту.

Величину $k_{сут}$ определим на основе формулы [6]:

$$k_{сут} = \frac{t^2 \sigma^2}{\Delta^2}, \quad (8)$$

где t — принятое значение нормированного отклонения; σ — среднесуточное отклонение рассматриваемой величины; Δ — допустимая абсолютная ошибка.

Примем $t = 3, \sigma \approx 0,1\bar{M}, \Delta = 0,015\bar{M}$, полагая распределение $M_{нр}$ подобным распределению $\bar{M}$ при (здесь и далее) $\bar{M} = \bar{M}_{пр}$ или $\bar{M} = \bar{M}_{от}$.

$$\text{Тогда } k_{сут} = \frac{3^2 (0,1\bar{M})^2}{(0,015\bar{M})^2} = 400 \text{ сут.}$$

Общий массив данных моделирования в соответствии с (7) равен

$k_{общ} = 1575 \cdot 400 = 630\,000$ результатов по 1575 вариантам.

Основной характеристикой каждого результата моделирования являются получаемые значения $M_{нр}$, которые в каждом варианте по результатам от 1-го до 400-го составляют следующий ряд:

$$M_{нр1}, M_{нр2}, M_{нр3}, \dots, M_{нрi} \dots M_{нр400}. \quad (9)$$

Величина $M_{нрi}$ может принимать значения

$$0, 1, 2, 3, \dots, M_{нрi}^{\max}.$$

Из полученного ряда (9) определяем вероятность значений $M_{нрi}$ от 0 до $M_{нрi}^{\max}$. Следует учитывать, что значение может встречаться очень редко. Устанавливать расчетное значение $M_{нр}$ целесообразно с некоторой заданной вероятностью.

В эксплуатационных расчетах следует принимать величину эксплуатационной надежности в пределах $0,90-0,95$. В данных расчетах принимается вероятность образования текущего значения неснижаемого

Таблица 1

Условия использования факторов при проведении расчетов

Table 1

Conditions for using factors in the calculations		
Факторы	Учет факторов	
	Для целей нормирования величины $M_{нр}$	Для целей прогнозирования значений $M_{нр}$ при технологическом развитии
$\bar{M}_{пр}, \bar{M}_{от}$	вариантно	вариантно
$\gamma_{нп}$	вариантно	вариантно
v_y	норматив согласно [1]	вариантно
δ_z	норматив согласно [1]	вариантно
β_{oc}	вариантно	вариантно

резерва $P_{нр} = 0,95$ при высоком уровне загрузки линий ($\gamma_{вол} \geq 0,8$) и $P_{нр} = 0,9$ при более низких нагрузках ($\gamma_{вол} < 0,8$), где $\gamma_{вол}$ — уровень использования наличной пропускной способности участка, наиболее загруженного из входящих в УОЛ.

Определение значимости факторов, влияющих на неснижаемый резерв локомотивов на станциях их оборота. В рассматриваемой задаче выбранный фактор следует считать значимым, если разница между максимальным и минимальным значениями $M_{нр} \geq 1$ (неснижаемый резерв локомотивов) при изменении величин выбранного фактора от минимума до максимума при постоянных значениях других факторов.

Данное положение может быть представлено в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} &M_{нр}^{\max} - M_{нр}^{\min} \geq 1 \text{ локомотив} \\ &\text{при условиях:} \\ &M_{нр}^{\max} \text{ определяется при } F_{выбр1} \rightarrow M_{нр}^{\max} \\ &M_{нр}^{\min} \text{ определяется при } F_{выбр2} \rightarrow M_{нр}^{\min} \\ &F_{др} = \text{const} \end{aligned} \right\}, \quad (10)$$

где $F_{выбр1}$ — значение выбранного фактора, при котором $M_{нр}$ принимает максимальное значение; $F_{выбр2}$ — значение выбранного фактора, при котором $M_{нр}$ принимает минимальное значение; $F_{др} = \text{const}$ для значений других факторов.

На основании данных моделирования установлено, что:

- все принятые факторы следует признать значимыми;
- при ранжировании факторы располагаются в следующем порядке: $\bar{M}, \beta_{oc}, \gamma_{нп}, v_y, \delta_z$;
- наиболее значимыми факторами являются $\bar{M}, \beta_{oc}, \gamma_{нп}$.

Эти выводы подтверждаются исследованием значимости факторов, выполненным по методу дисперсионного анализа [7, 8, 9, 10, 11, 12].

Определение нормативных значений M_{np} . Для целей нормирования M_{np} с использованием результатов моделирования разработана табл. 2, на основе которой можно определять величину M_{np} для любых значений

Таблица 2

Нормированные значения M_{np} для УОЛ
с различными абсолютными значениями факторов

Table 2

Normalized values of M_{np} for the locomotive circulation section (LCS)
with different absolute values of factors

$\bar{M}$, лок./сут	γ_{np}	M_{np} , лок./сут			
		$\beta_{oc} = 0,95$		$\beta_{oc} = 0,90$	
		$\gamma_{uol} < 0,8$	$\gamma_{uol} \geq 0,8$	$\gamma_{uol} < 0,8$	$\gamma_{uol} \geq 0,8$
10	0,85	0	0	0	0
10	0,90	0	0	0	0
10	1,00	0	0	0	1
10	1,10	0	0	0	1
10	1,18	0	1	0	1
20	0,85	0	0	0	0
20	0,90	0	0	0	1
20	1,00	0	0	1	1
20	1,10	1	1	1	1
20	1,18	1	1	1	2
40	0,85	0	0	0	0
40	0,90	0	0	0	1
40	1,00	0	1	0	1
40	1,10	0	1	2	2
40	1,18	1	2	2	3
60	0,85	0	0	0	0
60	0,90	0	1	0	1
60	1,00	1	1	1	2
60	1,10	1	2	3	3
60	1,18	2	2	3	4
80	0,85	0	0	0	1
80	0,90	0	1	1	1
80	1,00	1	2	2	3
80	1,10	2	3	3	4
80	1,18	2	3	4	6

учитываемых факторов. Если факторы для реального УОЛ имеют промежуточные значения, искомое значение M_{np} определяется путем линейной интерполяции.

Заключение. С использованием имитационной модели работы участка обращения локомотивов определен общий массив данных (в объеме 630 тыс. результатов) для величины неснижаемого резерва локомотивов на станциях их оборота в зависимости от пяти факторов: 1) среднесуточные размеры прибытия и отправления поездов; 2) непарность движения; 3) посуточная неравномерность движения; 4) качество сменно-суточного планирования; 5) уровень выполнения плана подсылки локомотивов одиночным следованием.

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Все факторы являются значимыми, при их ранжировании они располагаются в таком порядке: 1, 5, 2, 3, 4.

2. Разработанные нормативы содержания локомотивов на станциях их оборота могут применяться работниками, занимающимися сменно-суточным планированием эксплуатационной работы в части обеспечения готовых составов поездными локомотивами.

3. Использование полученных нормативов позволит повысить качество выполнения графика движения поездов и снизить непроизводительные простои готовых к отправлению составов на станциях оборота локомотивов.

Данная работа выполнена при поддержке ОАО «РЖД» и РФФИ № 17-20-01136 «Исследование проблемы определения рациональных размеров неснижаемого резерва локомотивов на станциях их оборота».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Имитационная модель определения рациональных размеров неснижаемого резерва локомотивов на станциях их оборота / Е. А. Сотников [и др.] // Вестник ВНИИЖТ. 2018. Т. 77. № 3. С. 157–164. DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2018-77-3-157-164>.
2. Некрашевич В. И., Апатцев В. И. Управление эксплуатацией локомотивов. М.: РГОТУПС, 2014. 340 с.
3. Угрюмов А. К. Неравномерность движения поездов. М.: Транспорт, 1968. 112 с.
4. Каретников А. Д., Воробьев Н. А. График движения поездов. М.: Транспорт, 1979. 301 с.
5. Кудрявцев В. А. Управление движением на железнодорожном транспорте. М.: Маршрут, 2003. 200 с.
6. Длин А. М. Математическая статистика в технике. М.: Советская наука, 1958. 466 с.
7. Levene H. Robust tests for equality of variances // Contributions to probability and Statistics. Essays in Honor of Harold Hotelling / In I. Olkin and others (Eds). Stanford: Stanford University Press, 1960. P. 278–292.
8. Brown M. B., Forsythe A. B. Distribution-Free Statistical Tests // Journal of the American Statistical Association. 1974. No. 69. P. 364–367.

9. Лемешко Б. Ю., Лемешко С. Б., Горбунова А. А. О применении и мощности критериев проверки однородности дисперсий. Ч. I. Параметрические критерии // Измерительная техника. 2010. № 3. С. 10–16.

10. Лемешко Б. Ю., Лемешко С. Б., Горбунова А. А. О применении и мощности критериев проверки однородности дисперсий. Ч. II. Непараметрические критерии // Измерительная техника. 2010. № 5. С. 11–18.

11. Крамер Г. Математические методы статистики. М.: Мир, 1975. 648 с.

12. Шеффе Г. Дисперсионный анализ. М.: Наука, 1980. 512 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

СОТНИКОВ Евгений Александрович,

д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник,
АО «ВНИИЖТ»

ГОНИК Марк Михайлович,

канд. техн. наук, начальник отдела математического моделирования, Центр технологических информационных систем, АО «ВНИИЖТ»

ХОМЯКОВ Сергей Владимирович,

руководитель группы системной интеграции,
Центр технологических информационных систем,
АО «ВНИИЖТ»

МИХАЙЛОВ Сергей Владимирович,

руководитель группы моделирования рисков,
Центр технологических информационных систем,
АО «ВНИИЖТ»

Статья поступила в редакцию 15.10.2019 г., принята к публикации 11.12.2019 г.

Для цитирования: Нормирование размеров неснижаемого резерва локомотивов на станциях их оборота / Е. А. Сотников [и др.] // Вестник ВНИИЖТ. 2020. Т. 79. № 1. С. 3–8. DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2020-79-1-3-8>.

Rationing the size of the irreducible reserve of locomotives at the turnover stations

E. A. SOTNIKOV, M. M. GONIK, S. V. KHOMYAKOV, S. V. MIKHAILOV

Joint Stock Company "Railway Research Institute" (JSC "VNIIZhT"), Moscow, 129626, Russia

Abstract. Based on the model developed by the specialists of JSC "VNIIZhT" for determining the rational dimensions of the irreducible reserve of locomotives at the turnover stations ($M_{\text{нр}}$), mass calculations were performed to determine the size of the reserve depending on the influencing factors. The value of $M_{\text{нр}}$ substantially depends not only on the size of the motion, but also on a number of other factors that are taken into account in this model. Using the model, it is possible to carry out calculations to establish the influence of various factors on the value of $M_{\text{нр}}$. The first question of this study is the analysis of the dependence of the magnitude of $M_{\text{нр}}$ on various factors (multivariate analysis), determination of its significance and ranking of factors. The second question is the determination of the numerical values of $M_{\text{нр}}$ in the form of practical recommendations for its use in determining the size of the minimum reserve of locomotives at the turnover stations, taking into account the various effects of the factors under consideration: average daily train flows and its fluctuations per day, oddness of operating trains, planning quality (deviation of planned train flows from actual), the level of fulfillment of the tasks of the plan for sending locomotives by a single follow-up at the turnover station. In total, 1575 variants of the work of locomotive turnover stations were calculated, in each of which the sizes of the irreducible reserve of locomotives are determined by the results of work for 400 days. The total data set amounted to 630 thousand results. As the result, the significance of the factors is established, its ranking is made. Based on the results of modeling, a table of standard values of the irreducible reserve of locomotives at the turnover stations was developed, which can be used by the employees of the JSC "Russian Railways" for practical purposes. This will improve the quality of execution of the train schedule and reduce unproductive downtime of trains ready for departure at locomotive turnover stations.

Keywords: simulation model; locomotive turnover; influencing factors; mass settlements; irreducible reserve of locomotives; normative values

Acknowledgement. This work was supported by Russian Railways and the Russian Federal Property Fund No. 17-20-01136 "Research on the problem of determining the rational size of the irreducible reserve of locomotives at turnover stations".

DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2020-79-1-3-8>

REFERENCES

1. Sotnikov E. A., Gonik M. M., Khomyakov S. V., Mikhaylov S. V. *Imitatsionnaya model' opredeleniya ratsional'nykh razmerov nesnizhaemogo rezerva lokomotivov na stantsiyakh ikh oborota* [Simulation model for determining the rational dimensions of the irreducible reserve of locomotives at the stations of its turnover]. *Vestnik VNIIZhT* [Vestnik of the Railway Research Institute], 2018, Vol. 77, no. 3, pp. 157–164. DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2018-77-3-157-164>.
2. Nekrashevich V. I., Apattsev V. I. *Upravlenie ekspluatatsiey lokomotivov* [Management of the operation of locomotives]. Moscow, RGOTUPS Publ., 2014, 340 p.
3. Ugryumov A. K. *Neravnomernost' dvizheniya poezdov* [Uneven train operation]. Moscow, Transport Publ., 1968, 112 p.
4. Karetnikov A. D., Vorob'ev N. A. *Grafik dvizheniya poezdov* [Schedule of trains]. Moscow, Transport Publ., 1979, 301 p.
5. Kudryavtsev V. A. *Upravlenie dvizheniem na zheleznodorozhnom transporte* [Traffic control in railway transport]. Moscow, Marshrut Publ., 2003, 200 p.
6. Dlin A. M. *Matematicheskaya statistika v tekhnike* [Mathematical statistics in technology]. Moscow, Sovetskaya nauka [Soviet science] Publ., 1958, 466 p.
7. Levene H. *Robust tests for equality of variances. Contributions to probability and Statistics. Essays in Honor of Harold Hoteling*. In I. Olkin and others (Eds). Stanford, Stanford University Press, 1960, pp. 278–292.
8. Brown M. B., Forsythe A. B. *Distribution-Free Statistical Tests*. *Journal of the American Statistical Association*, 1974, no. 69, pp. 364–367.

9. Lemeshko B. Yu., Lemeshko S. B., Gorbunova A. A. *O primeneni i moshchnosti kriteriev proverki odnorodnosti dispersiy. Ch. I. Parametricheskie kriterii* [On the application and power of criteria for checking the homogeneity of variances. Part I. Parametric criteria]. Measurement Techniques, 2010, no. 3, pp. 10–16.

10. Lemeshko B. Yu., Lemeshko S. B., Gorbunova A. A. *O primeneni i moshchnosti kriteriev proverki odnorodnosti dispersiy. Ch. II. Neparametricheskie kriterii* [On using and power of test criteria of homogeneity variance. Part II. Nonparametric criteria]. Measurement Techniques, 2010, no. 5, pp. 11–18.

11. Kramer G. *Matematicheskie metody statistiki* [Mathematical methods of statistics]. Moscow, Mir Publ., 1975, 648 p.

12. Sheffe G. *Dispersionnyy analiz* [Dispersion analysis]. Moscow, Nauka Publ., 1980, 512 p.

■ E-mail: sotnikov.evgeny@vniizht.ru (E. A. Sotnikov)

ABOUT THE AUTHORS

Evgeniy A. SOTNIKOV,

Dr. Sci. (Eng.), Professor, Chief Researcher, JSC “VNIIZhT”

Mark M. GONIK,

Cand. Sci. (Eng.), Head of the Department of Mathematical Modeling, Center for Technological Information Systems, JSC “VNIIZhT”

Sergey V. KHOMYAKOV,

System Integration Team Leader, Center for Technological Information Systems, JSC “VNIIZhT”

Sergey V. MIKHAILOV,

Risk Modeling Team Leader, Center for Technological Information Systems, JSC “VNIIZhT”

Received 15.10.2019

Accepted 11.12.2019

For citation: Sotnikov E. A., Gonik M. M., Khomyakov S. V., Mikhailov S. V. Rationing the size of the irreducible reserve of locomotives at the turnover stations. Vestnik of the Railway Research Institute. 2020. 79 (1): 3–8 (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2020-79-1-3-8>.

ВЫШЛИ В СВЕТ ТРУДЫ ВНИИЖТ

АСУ «Экспресс» — автоматизированная система управления пассажирскими перевозками на железнодорожном транспорте / под ред. А. В. Комиссарова. 2-е изд. М.: РАС, 2019. 68 с.

Коллектив авторов: Г. А. Антонова, А. С. Бабенко, М. П. Берёзка, М. И. Бобренкова, Ю. А. Гаврина, Т. В. Гнисюк, М. А. Гупаленко, В. А. Добычина, С. Б. Елизаров, Н. Б. Караванова, Т. А. Карпеева, А. В. Комиссаров, С. П. Кузякова, Е. Ю. Лёв, Н. Э. Магура, Е. А. Макарова, Е. А. Мартынова, О. В. Минаева, С. В. Муктепавел, О. В. Реванченкова, А. П. Рубинская, Е. М. Сивинцева, И. Н. Спесивцева, Е. И. Стасенкова, К. В. Суржин, М. В. Толмачёва, Г. М. Турсуматова, Е. В. Успенская.

Максимов И. Н., Кондрашов В. М. Альтернативные методы исследования динамики железнодорожных экипажей. М.: РАС, 2019. 108 с.

В книге подробно изложена методика исследования динамики железнодорожных экипажей, в основе которой лежит оригинальный подход к моделированию движения колесных пар железнодорожных экипажей в рельсовой колее, позволяющий реализовывать движение экипажей любой осности в прямых и кривых участках пути в режимах выезда, тяги и торможения.

Актуальные вопросы развития железнодорожного транспорта: материалы Всероссийской научно-практической конференции к 75-летию аспирантуры Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. Ч. 1 / под ред. А. Б. Косарева, Г. В. Григориани. М.: РАС, 2019. 272 с.

Рассмотрены важные экономические факторы, влияющие на развитие железнодорожного транспорта, проблемы, связанные с подвижным составом, процессами управления перевозками, совершенствованием локомотивной тяги и токопровода электроподвижного

В книге рассмотрены бизнес-процессы пассажирских перевозок с использованием автоматизированной системы управления пассажирскими перевозками «Экспресс-3».

Во втором издании актуализированы и расширены описания текущего состояния информационных технологий системы «Экспресс-3», книга стала более удобной для чтения.

Издание предназначено для руководителей и инженерно-технического состава пассажирского комплекса; специалистов, связанных с разработкой и внедрением информационных технологий на российских железных дорогах; научных работников, преподавателей и студентов транспортных вузов.

Представлены алгоритмы описания профиля колеса и рельса, позволяющие исследовать влияние отдельных участков профилей на динамические качества подвижного состава, безопасность движения и износ колес колесных пар. Приведена методика прогнозирования износа профиля и изменения его формы в зависимости от пробега.

Книга рассчитана на научных и инженерно-технических работников железнодорожного транспорта, также может быть полезна преподавателям и студентам транспортных вузов.

го состава, а также вопросы пути, путевого хозяйства, металло- и материаловедения.

Сборник рассчитан на научных и инженерно-технических работников железнодорожного транспорта.

По вопросам приобретения книг обращаться по адресу: 129626, г. Москва, 3-я Мытищинская ул., д. 10, редакционно-издательский отдел АО «ВНИИЖТ».

Тел.: (499) 260-43-20, e-mail: rio@vniizht.ru, www.vniizht.ru.