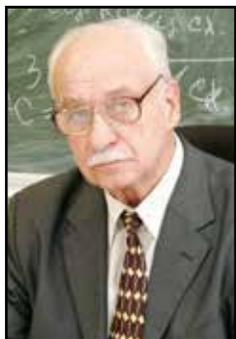




## Повышение пропускной способности локомотивного депо путем определения приоритета организационно-технических мероприятий



Георгий ГОГРИЧИАНИ



Наталья КОРНИЕНКО

*Георгий Венедиктович Гогричани<sup>1</sup>,  
 Наталья Владимировна Корниенко<sup>2</sup>*

*<sup>1, 2</sup> АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), Москва, Россия.*

*<sup>1</sup> ORCID 0000-0001-8586-8068; РИНЦ Author ID: 762111.*

*<sup>2</sup> ORCID 0000-0002-1375-2071; РИНЦ Author ID: 1080941.*

*✉ <sup>2</sup> [korniyenko.natalia@vniizht.ru](mailto:korniyenko.natalia@vniizht.ru).*

### АННОТАЦИЯ

На технических станциях, имеющих пункты оборота локомотивов, одним из ключевых элементов, влияющих на пропускную способность станции и в целом железнодорожного полигона, является недостаточное техническое оснащение пунктов технического обслуживания локомотивов (ПТОЛ) – «барьерные места», препятствующие стабильному пропуску грузового поездопотока.

Для ликвидации таких «барьерных мест» в конкретном депо и исключения потерь, связанных с непроизводительными простоями транзитных поездов, а также для повышения эффективности работы ПТОЛ необходимо предусмотреть ряд организационно-технических мероприятий. Таких мероприятий может быть несколько и определить их приоритетность – довольно сложная задача. Эта сложность заключается в том, что критерии принятия решения, необходимые для правильного определения приоритетности, имеют разную значимость (влияние на процесс) и разные размерности при сопоставлении их между собой.

В статье предложено использовать специальный метод, проверенный на большом количестве самых разнообразных практических задач, который позволяет выбрать лучшее решение из рассматриваемых или определить их

приоритетность (полезность) для повышения пропускной способности локомотивного депо без ограничения числа критериев принятия решения при рассмотрении возможных организационно-технических мероприятий.

В работе предложено определение наиболее перспективной последовательности рассматриваемых организационно-технических мероприятий для повышения эффективности работы ПТОЛ при помощи метода экспертных оценок, основанного на многокритериальном оценивании, который подразумевает использование информации, необходимой для решения задачи, путем преобразования ее в безразмерную форму, что позволяет оперировать соответствующими исходными данными независимо от их размерности. Преобразование информации осуществляется по детерминированному алгоритму и не зависит от расчетчика, что свидетельствует об объективности полученного результата решения поставленной задачи.

Предложенный метод выбора наилучшего варианта из рассматриваемых, а также последовательности их выполнения, может быть использован также для решения подобных задач в случае отсутствия или недостаточности статистических данных без проведения сложных экономических расчетов.

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, грузовой поездопоток, железнодорожный полигон, коэффициент значимости, метод экспертных оценок, пропускная способность локомотивного депо, эффективность работы ПТОЛ.

*Для цитирования:* Гогричани Г. В., Корниенко Н. В. Повышение пропускной способности локомотивного депо путем определения приоритета организационно-технических мероприятий // Мир транспорта. 2023. Т. 21. № 6 (109). С. 96–102. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2023-21-6-11>.

**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

В современных условиях управление движением на железных дорогах России осуществляется посредством перехода от региональных принципов организации эксплуатационной работы к полигонным технологиям, однако на практике в полной мере реализовать принцип сквозного управления не всегда представляется возможным ввиду ограничения пропускной способности железнодорожных направлений из-за наличия «узких» мест, которыми, в том числе, являются станции стыкования родов тока. С позиции тягового обслуживания российская железнодорожная сеть представляет собой «лоскутное одеяло», на стыках которого в настоящее время расположено 25 технических станций стыкования родов тока, или «барьерных» мест, ограничивающих в продвижении грузовой поездопоток.

Станции стыкования родов тока являются также и станциями стыкования участков обращения локомотивов. Одним из «индикаторов», определяющих недостаточную пропускную способность станции и в целом железнодорожного полигона, является недостаточное техническое оснащение пунктов технического обслуживания локомотивов (ПТОЛ).

ПТОЛ на технических станциях – это система массового обслуживания локомотивов, где одним из устройств локомотивного хозяйства, по которому определяется наличная пропускная способность участка обращения локомотивов, являются стойла для выполнения технического обслуживания ТО-2. Численность локомотивного парка неразрывно связана с мощностью деповских устройств.

*Цель работы* заключается в разработке решений, направленных на повышение пропускной способности локомотивного депо, что, как общеизвестно на железнодорожном транспорте, является одним из основных возможных условий роста производительности перевозок. Теория, на которой строится решение задачи, относится к широко применяемой в мировой практике теории принятия решений. В АО «ВНИИЖТ» эта теория с успехом применяется при решении ряда практических задач различной направленности [1–4].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Авторы используют метод экспертных оценок, основанный на многокритериальном

оценивании, с привлечением специалистов-экспертов. В основу метода закладывается их мнение относительно поставленной задачи и использования критериев принятия решения. Существо задачи основано на математической обработке значений критериев принятия решений.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Определение лимитирующего элемента

Оборот локомотивов на технической станции «включает в себя такие элементы как «от прибытия до контрольного поста (КП)», «от КП до ТО-2», «проведение ТО-2», «от ТО-2 до КП» и «от КП до отправления» [5]. Как правило, согласно статистическим данным, оборот локомотива по станции лимитирует такой элемент как «от КП до ТО-2», где среднестатистическое значение ожидания постановки локомотива на смотровую канаву составляет более одного часа. Это связано, в основном, с недостаточным путевым развитием ПТОЛ (недостаточное количество путей для проведения технического обслуживания локомотивов в объеме ТО-2 и их малая вместимость) и недостаточным количеством стойл для проведения ТО-2.

Проведенные авторами исследования позволяют утверждать (станция Карымская Забайкальской железной дороги, станция Бабаево Октябрьской железной дороги), что на технических станциях одним из «индикаторов», определяющих недостаточную пропускную способность станции, железнодорожного полигона, служит недостаточное техническое оснащение ПТОЛ.

Согласно статистике [5] в 2017 году по станции Карымская 73,53 % электровозов ожидали освобождения стойла более 0,5 часа, 45,2 % локомотивов – более одного часа. Средний простой электровозов в рассматриваемый период составил один час. По станции Бабаево по итогам 2020 года доля прибывших с поездами электровозов, поступающих под ТО-2, составляет 30 %, при этом доля такого элемента как проход локомотивом контрольного поста до захода на смотровую канаву для проведения ТО-2 в обороте локомотива по станции составляет 40 % (рис. 1).

Согласно проведенному анализу основная доля времени ожидания освобождения стойл для проведения ТО-2 электровозами и постоянного, и переменного тока начинается от одного часа и более, причем для времени





Рис. 1. Анализ продолжительности простоя локомотивов постоянного и переменного тока от КП до ТО-2 на станции Бабаево за 2020 год [выполнено авторами].

ожидания локомотивов постоянного тока характерны более длительные периоды ожидания – от двух до четырех часов.

### Выбор организационно-технических мероприятий

Для исключения потерь, связанных с непроизводительными простоями транзитных поездов без переработки в ожидании поездного локомотива и задержками поездов на подходах к станции из-за ожидания локомотивами освобождения ремонтных стоек для проведения ТО-2, а также в целях повышения эффективности работы ПТОЛ целесообразно предусмотреть следующие организационно-технические мероприятия  $P$ :

1. увеличение количества смотровых канав  $P_1$  на существующих путях ПТОЛ;
2. увеличение количества путей и смотровых канав  $P_2$  на территории ПТОЛ;
3. при невозможности развития существующей территории ПТОЛ рассмотреть варианты размещения ПТОЛ с более развитым в техническом отношении путевым хозяйством непосредственно в парках приема-отправления поездов для сокращения потерь времени, связанных с передвижением локомотивов на тяговую территорию –  $P_3$ ;
4. переход от жесткой специализации смотровых канав на «плавающую, гибкую» специализацию, технологию (постановка на любую из канав любой серии локомотива как постоянного, так и переменного тока) –  $P_4$ ;
5. переход  $P_5$  от жесткой специализации смотровых канав на «плавающую, гибкую» специализацию за счет перехода на двухсистемные электровозы;
6. установление минимального фиксированного времени  $P_6$  занятия ремонтных стоек (пересмотр существующих нормативов времени);
7. сокращение  $P_7$  нормативного времени на проведение технического обслуживания локомотивов за счет увеличения численности работников (штата) ПТОЛ.

Предложенные мероприятия позволяют увеличить пропускную способность локомотивных депо, расположенных на технических станциях грузонапряженных участков сети ОАО «РЖД», что, в свою очередь, приведет к увеличению пропускной способности самих станций и прилегающих к ним железнодорожных перегонов за счет сокращения время нахождения готовых к отправлению грузовых составов (транзита без переработки) в ожидании поездного локомотива, а также к увеличению участковой скорости на подходах к техническим станциям.

Для решения задачи приняты критерии  $K$  принятия решения для определения лучшего организационно-технического мероприятия [6; 8]:

1. процент увеличения пропускной способности технической станции,  $K_1$  – чем больше процент, тем лучше;
2. процент увеличения пропускной способности железнодорожных перегонов, прилегающих к техническим станциям,  $K_2$  – чем больше процент, тем лучше;
3. процент сокращения простоя готовых к отправлению поездов в ожидании поездного локомотива,  $K_3$  – чем больше процент, тем лучше;
4. процент сокращения потребного рабочего парка локомотивов,  $K_4$  – чем больше процент, тем лучше;
5. процент сокращения технологического резерва локомотивов,  $K_5$  – чем больше процент, тем лучше;
6. процент сокращения продолжительности проведения работ,  $K_6$  – чем больше процент, тем лучше;
7. экономический эффект,  $K_7$ , млн руб. / год – чем больше, тем лучше;
8. стоимость проведения работ,  $K_8$ , млн руб. – чем меньше, тем лучше;
9. стоимость обслуживания выполненных организационно-технических мероприятий,  $K_9$ , млн руб. /год – чем меньше, тем лучше.

## Значения критериев принятия решения [выполнено авторами]

Критерии	Организационно-технические мероприятия						
	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_6$	$P_7$
$K_1, \%$	15	25	10	25	30	20	25
$K_2, \%$	15	25	10	25	30	20	25
$K_3, \%$	15	25	10	25	30	20	25
$K_4, \%$	10	20	10	10	20	15	20
$K_5, \%$	10	20	5	10	20	15	20
$K_6, \%$	0	0	0	0	0	20	30
$K_7, \text{ млн руб. /год}$	1	1,5	1,5	0,8	1	0,9	1
$K_8, \text{ млн руб.}$	0,5	0,8	3	0,3	3	0,2	0
$K_9, \text{ млн руб. /год}$	0,5	0,8	0	0	1	0,2	1

Критерии принятия решения предлагаются квалифицированными специалистами (в данном случае экспертами).

Пример числовых значений критериев  $K_1, \dots, K_9$  принятия решения по каждому из мероприятий  $P_1, \dots, P_7$  приведен в табл. 1

### Определение приоритета организационно-технических мероприятий методом экспертных оценок

Согласно данным табл. 1, целесообразно дать оценку значимости (важности для рассматриваемого процесса) каждого показателя  $K_i$  (то есть дать оценку в пределах от 1 до 7 каждому показателю отдельно по каждой горизонтали).

Этот процесс состоит из четырех этапов.

#### Первый этап

По цифровым значениям критериев принятия решения, указанным в табл. 1, определяем места рассматриваемых мероприятий от 1 до 7 (табл. 2), при этом лучшему месту соответствует большая цифра. Процесс присвоения мест начинается с большей цифры (в нашем случае с 7). В частном случае внутри одного критерия места для разных мероприятий могут совпадать.

В табл. 2 места мероприятий  $P_1, \dots, P_5$  по критерию  $K_6$  (процент сокращения продолжительности работ) отмечены самой низкой цифрой в связи с полным отсутствием этого сокращения.

#### Второй этап

Уточним полученные результаты путем использования линейной интерполяции (определим уточненные места каждого мероприятия по конкретным критериям). «Линейная интерполяция – простейший и часто используемый

вид интерполяции. Она состоит в том, что заданные точки с координатами  $x_i, y_i$  при  $i = 0, 1, 2, \dots, n$  соединяются прямолинейными отрезками, а функцию  $y(x)$  можно приближенно представить в виде ломаной. Уравнения каждого отрезка ломаной в общем случае разные. Поскольку имеется  $n$  интервалов  $(x_{i-1}, x_i)$ , то для каждого из них в качестве уравнения интерполяционного многочлена используется уравнение прямой, проходящей через две точки: для  $i$ -го интервала в общем можно написать уравнение прямой, проходящей через точки  $(x_{i-1}, y_{i-1})$  и  $(x_i, y_i)$ » [9]:

$$\frac{y - y_{i-1}}{y_i - y_{i-1}} = \frac{x - x_{i-1}}{x_i - x_{i-1}}. \quad (1)$$

В рассматриваемом нами случае принимаем, что  $x, x_p, x_{i-1} \rightarrow \mu, \mu_p, \mu_{i-1}$ , где  $\mu, \mu_p, \mu_{i-1}$  – места критерия  $K_i$ .

При этом  $\mu$  – уточняемое место,  $\mu_p, \mu_{i-1}$  – высшее и низшее места соответственно,  $y, y_i, y_{i-1} \rightarrow c$ , где  $c, c_p, c_{i-1}$  – значения критерия  $K_i$ , при этом  $c$  – значение критерия  $K_i$  для уточняемого места,  $c_p, c_{i-1}$  – значения критерия  $K_i$  для высшего и низшего мест соответственно.

Определим уточненные места для  $P$  каждого из критериев.

Для примера здесь уточним места для критерия  $K_7$  (экономический эффект) при увеличении смотровых канав на существующих путях ПТОЛ (мероприятие  $P_1$ ). При проведении расчетов не требуется уточнение низшего и высшего места, все остальные промежуточные места уточняются, тогда формула (1) для рассматриваемого случая принимает следующий вид:

$$\frac{c_7^1 - c_7^4}{c_7^2 - c_7^4} = \frac{\mu_7^1 - \mu_7^4}{\mu_7^2 - \mu_7^4}. \quad (2)$$

При увеличении количества смотровых канав на существующих путях ПТОЛ (мероприятие  $P_1$ )





Таблица 2

**Распределение мест мероприятий согласно информации, размещенной в таблице 1  
[выполнено авторами]**

Критерии	Организационно-технические мероприятия						
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>
K <sub>1</sub>	4	6	3	6	7	5	6
K <sub>2</sub>	4	6	3	6	7	5	6
K <sub>3</sub>	4	6	3	6	7	5	6
K <sub>4</sub>	5	7	5	5	7	6	7
K <sub>5</sub>	5	7	4	5	7	6	7
K <sub>6</sub>	0	0	0	0	0	6	7
K <sub>7</sub>	6	7	7	4	6	5	6
K <sub>8</sub>	4	3	2	5	2	6	7
K <sub>9</sub>	5	4	7	7	3	6	3

Таблица 3

**Уточненное распределение предлагаемых критериев выбора наиболее перспективного варианта организационно-технических мероприятий по мере значимости (уточненные места) [выполнено авторами]**

Критерии	Организационно-технические мероприятия						
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>
K <sub>1</sub>	4	6	3	6	7	5	6
K <sub>2</sub>	4	6	3	6	7	5	6
K <sub>3</sub>	4	6	3	6	7	5	6
K <sub>4</sub>	5	7	5	5	7	6	7
K <sub>5</sub>	5	7	4	5	7	6	7
K <sub>6</sub>	0	0	0	0	0	6	7
K <sub>7</sub>	4,86	7	7	4	4,86	4,43	4,86
K <sub>8</sub>	6,17	5,67	2	6,50	2	6,67	7
K <sub>9</sub>	5	3,8	7	7	3	6,2	3

приятие P<sub>1</sub>) критерий K<sub>7</sub> имеет значение  $x = \mu_7^1 = 1$  (табл. 1), по своей значимости располагается на 6 месте,  $y = \mu_7^1 = 6$  (табл. 2).

Значения согласно табл. 1, 2 для:

- низшего места  $x_{i-1} = \mu_7^4 = 4, y_{i-1} = \mu_7^4 = 0,8$ ;
- высшего места  $x_i = \mu_7^2 = 7, y_i = \mu_7^2 = 1,5$ .

Тогда  $\frac{1 - 0,8}{1,5 - 0,8} = \frac{\mu_7^1 - 4}{7 - 4}$ , откуда  $\mu_7^1 = 4,86$ .

Таким образом получаем, что критерий K<sub>7</sub> при проведении организационно-технического мероприятия P<sub>1</sub> по своей значимости будет располагаться не на 6, а на 4,86 месте. Аналогично уточняем места для каждого из рассматриваемых критериев, полученные результаты сводим в табл. 3. Для того, чтобы строже определять уточненные места, полученные значения не округляем, а оставляем с учетом цифр после запятой<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Для более точного определения мест мероприятий можно использовать нелинейную аппроксимацию (полином Лагранжа). Уточнение с приведенными примерами может доходить до 2–2,5 %.

**Третий этап**

Необходимо определить коэффициент значимости для каждого критерия на основе экспертных оценок. «Экспертный подход позволяет решать задачи, не поддающиеся решению обычным аналитическим способом, в том числе:

- выбора лучшего варианта решения среди имеющихся;
- поиска возможного решения сложных задач;
- получения рекомендаций от специалистов со знаниями и опытом в определенной сфере» [9].

Для решения задачи привлекаются независимые эксперты в области исследуемого вопроса (нечетное количество человек). «Участники экспертной группы неизвестны друг другу, взаимодействие членов группы при заполнении анкет полностью исключается. Эксперты должны обладать опытом в областях, соответствующих решаемым задачам. При

Таблица 4

## Коэффициенты значимости критериев (0–1) [выполнено авторами]

	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K_6$	$K_7$	$K_8$	$K_9$
Эксперт 1	1	1	0,5	0,5	0,1	0,2	0,3	0,5	0,3
Эксперт 2	1	0,9	0,8	0,8	0,2	0,3	0,7	0,8	0,6
Эксперт 3	1	1	0,6	0,6	0,2	0,2	0,7	0,6	0,4
Среднее значение	1	0,97	0,63	0,63	0,17	0,23	0,57	0,63	0,43

подборе экспертов в общем случае следует учитывать момент личной заинтересованности, который может стать существенным препятствием для получения объективного суждения» [9; 10]. Такая проблема в настоящей работе не рассматривается.

Методы получения индивидуального мнения членов экспертной группы основаны на получении информации от экспертов, опрашиваемых независимо друг от друга, с последующей обработкой полученных данных<sup>2</sup>. Основные преимущества метода индивидуального экспертного оценивания состоят в их оперативности, возможности в полной мере использовать индивидуальные способности эксперта, отсутствии давления со стороны авторитетов и в низких затратах на экспертизу<sup>3</sup>.

Перед экспертами ставится задача определения коэффициентов значимости каждого из рассматриваемых критериев принятия решения наиболее перспективного варианта организационно-технических мероприятий от 0 до 1 (при этом несколько критериев могут иметь одинаковый приоритет, чем больше значение – тем лучше).

На основе этой оценки составляется табл. 4 и рассчитывается среднее значение коэффициента значимости для каждого из критериев принятия решения [11; 12].

#### Четвертый этап

После получения средневзвешенного значения коэффициента значимости, еще раз уточняем распределение предлагаемых критериев принятия решения для определения наиболее перспективного варианта организационно-технических мероприятий по их приоритету (уточненные места) путем перемножения соответствующего места нужного критерия (табл. 3) и полученного средневзвешенного

<sup>2</sup> Орлов А. И. Экспертные оценки. Учеб. пособие. – М., 2002. – 31 с.

<sup>3</sup> Экспертные оценки // Stat Soft: SPC Consulting. [Электронный ресурс]: <http://www.spc-consulting.ru/app/expert.htm>. Доступ 21.03.2023.

коэффициента значимости (табл. 4). Полученные результаты представлены в табл. 5.

По данным табл. 5 путем сложения цифр отдельно по каждой вертикали можно получить рекомендуемую приоритетность проведения мероприятий  $P_1, \dots, P_7$  по критериям  $K_1, \dots, K_9$  при решении задачи о повышении эффективности работы ПТОЛ. Большой сумме цифр будет соответствовать лучшее организационно-техническое мероприятие по ряду рассматриваемых критериев [13–15].

Как видно, лучшим является мероприятие  $P_7$  – сокращение нормативного времени на проведение цикловых операций технического обслуживания локомотивов за счет увеличения численности работников (штата) ПТОЛ.

Лучший вариант организационно-технического мероприятия получен при сравнении этих мероприятий по комплексу критериев с учетом значимости этих критериев между собой.

#### ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе предложено определение наиболее перспективной последовательности рассматриваемых организационно-технических мероприятий для увеличения пропускной способности ПТОЛ при помощи метода экспертных оценок при решении многокритериальной задачи.

Следует отметить, что при решении задачи об увеличении пропускной способности локомотивного депо лучшим мероприятием оказалось увеличение штата работников ПТОЛ. Полученный результат также можно обосновать тем, что проведение иных мероприятий, к примеру, таких как увеличение количества смотровых канав на существующих путях ПТОЛ, увеличение количества путей и смотровых канав на территории ПТОЛ и т. д. требуют значительных финансовых и временных затрат. Такие решения в условиях дефицита пропускной способности, особенно на грузонапряженных направлениях, когда требуется решения вопроса «здесь и сейчас», не всегда могут быть рациональными, что подтвердилось проведенным исследованием.



**Уточненное распределение предложенных критериев принятия решения при выборе наиболее перспективного варианта организационно-технических мероприятий с учетом коэффициента значимости критериев [выполнено авторами]**

Критерии	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_6$	$P_7$
$K_1$	4,00	6,00	3,00	6,00	7,00	5,00	6,00
$K_2$	3,88	5,82	2,91	5,82	6,79	4,85	5,82
$K_3$	2,52	3,78	1,89	3,78	4,41	3,15	3,78
$K_4$	3,15	4,41	3,15	3,15	4,41	3,78	4,41
$K_5$	0,85	1,19	0,68	0,85	1,19	1,02	1,19
$K_6$	0	0	0	0	0	1,38	1,61
$K_7$	2,77	3,99	3,99	2,28	2,77	2,53	2,77
$K_8$	3,89	3,57	1,26	4,095	1,26	4,20	4,41
$K_9$	2,15	1,63	3,01	3,01	1,29	2,67	1,29
Сумма значений	23,21	30,39	19,89	28,99	29,12	28,58	31,28

Предложенный метод выбора лучшего варианта из рассматриваемых, а также последовательности их рационального по многим критериям выполнения на основе экспертных оценок может быть использован для решения подобных по постановке вопроса задач, когда нужно получить объективно лучшее решение из рассматриваемых.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гогричани Г. В. Объективное определение по результатам сравнений (испытаний) перспективного объекта при неограниченном множестве рассматриваемых противоречивых критериев // Вестник ВНИИЖТ. – 2006. – № 6. – С. 14–15. EDN: НУОКХV.
2. Гогричани Г. В., Ляшенко А. Н. Регулярный метод решения задач по нахождению лучшего варианта из рассматриваемых применительно к транспортному комплексу / Сб. трудов I Международной научно-практ. конференции «Наука 1520 ВНИИЖТ: Загляни за горизонт». – М.: АО «ВНИИЖТ», 2021. – С. 83–86. EDN: YFFVLU.
3. Гогричани Г. В., Казаринова Д. А. Выбор перспективного противоюзного устройства из рассматриваемых по совокупности противоречивых критериев // Вестник ВНИИЖТ. – 2014. – № 6. – С. 26–32. EDN: TOLHNF.
4. Мачерет Д. А., Гогричани Г. В., Сыродоева Т. И. Экономико-математический подход к вопросам кадровых перемещений в организациях железнодорожного транспорта // Экономика железных дорог. – 2015. – № 37. – С. 68–76. EDN: УАЕСКН.
5. Мехедов М. И., Корниенко Н. В. Влияние технического и технологического оснащения пункта технического обслуживания локомотивов на пропускную спо-

собность железнодорожной линии // Вестник ВНИИЖТ. – 2021. – Т. 80. – № 4. – С. 225–232. EDN: DDAGDB.

6. Кини Р. Л., Райфа Х. Принятия решений при многих критериях: предпочтения и замещения / под ред. И. Ф. Шахнова; пер. с англ. В. В. Подиновского и др. – М.: Радио и связь, 1981. – 560 с.

7. Котенко А. Г. Методология риск-ориентированного планирования качественных показателей эксплуатационной работы железных дорог / Дисс ... докт. техн. наук. – СПб., ПГУПС, 2014. – 330 с. EDN: ZPKMED.

8. Котенко А. Г. О подходах к снижению вычислительной сложности логических задач анализа риска // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2011. – № 1 (26). – С. 180–188. EDN: NTZCGJ.

9. Данелян Т. Я. Формальные методы экспертных оценок // Экономика, статистика и информатика. – 2015. – № 1. – С. 183–187. EDN: TQJPJL.

10. Орлов А. И. Экспертные оценки // Заводская лаборатория. – 1996. – Т. 62. – № 1. – С. 54–60. [Электронный ресурс]: <http://orlovs.pp.ru/stat/s3p8exp.zip>. Доступ 25.04.2023.

11. Емельянов С. В., Ларионов О. И. Многокритериальные методы принятия решений. – М.: Знание, 1985. – 32 с.

12. Ларичев О. И. Принятие решений как научное направление: методологические проблемы. Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник / Под ред. Д. М. Гвишиани, В. Н. Садовского. – № 14. – М.: Наука, 1982. – С. 227–243. [Электронный ресурс]: [https://raai.robobof.ru/about/persons/larichev/papers/text/Larichev\\_1982.pdf](https://raai.robobof.ru/about/persons/larichev/papers/text/Larichev_1982.pdf). Доступ 25.04.2023.

13. Aven, T. Misconceptions of Risk. John Wiley and sons Inc., 2010, 264 p. ISBN 978-0-470-68388-0.

14. Aven, T. Risk Analysis: Assessing Uncertainties Beyond Expected Values and Probabilities. John Wiley and Sons Inc., April 2008, 208 p. ISBN 978-0-470-69443-5.

15. Aven, T., Vinnem, J. E. Risk Management: With Application from the Offshore Petroleum Industry. Springer, 2007, 211 p. ISBN 978-1-84628-652-0. ●

#### Информация об авторах:

**Гогричани Георгий Венедиктович** – доктор технических наук, старший научный сотрудник АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), Москва, Россия, [gogrichiani.g@vniizht.ru](mailto:gogrichiani.g@vniizht.ru).

**Корниенко Наталья Владимировна** – ведущий технолог научного центра «Цифровые модели перевозок и технологии энергосбережения» АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), Москва, Россия, [korniyenko.natalia@vniizht.ru](mailto:korniyenko.natalia@vniizht.ru).

Статья поступила в редакцию 19.05.2023, одобрена после рецензирования 10.09.2023, принята к публикации 15.09.2023.