

М.В. Феоктистова, В.А. Подвербный

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

ВЫБОР БЕРЕГОУКРЕПИТЕЛЬНОГО СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ КРУГОБАЙКАЛЬСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО СРАВНЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматривается методика многокритериального сравнения при выборе берегоукрепительного сооружения для Кругобайкальской железной дороги. Методика подразумевает процесс оценки и сравнения альтернатив на основе нескольких критериев или показателей. Этот метод используется в тех случаях, когда принятие решения требует учета множества факторов и условий, и позволяет выбрать наиболее подходящую альтернативу из множества возможных. Строительство береговых укреплений на рассматриваемой дороге имеет свои особенности, так как она является частью Транссибирской магистрали и проходит по берегу озера Байкал, что делает строительство береговых укреплений сложным и уникальным процессом. От выбора берегоукрепительных сооружений зависит устойчивость, надежность, срок службы дороги, безопасность движения на протяжении всего маршрута. Береговые укрепления также должны играть роль туристических объектов, привлекающих внимание любителей природы и истории железных дорог.

Актуальность методики принятия многокритериальных решений состоит в ее способности обеспечить более объективный и комплексный подход к принятию непредвзятых и эффективных решений.

Преимуществом методики является наличие различных критериев для оценки альтернативных вариантов. К ним относятся такие факторы, как финансовые показатели, социальные последствия, экологические воздействия и т.д.

В работе применялся метод «идеальной» точки, метод принятия решения по аддитивному и мультипликативному критерию, с использованием Системы поддержки принятия решения «Валерия», позволяющей проводить автоматизированную процедуру принятия решения с аксиоматическим обоснованием предложенного оптимального варианта.

Ключевые слова: береговое укрепление, альтернатива, частные критерии эффективности, метод «идеальной» точки, гармоничное вписывание в архитектуру, экологичность варианта

M.V. Feoktistova, V.A. Podverbnyi

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

THE CHOICE OF A COASTAL PROTECTION STRUCTURE FOR THE CIRCUM-BAIKAL RAILWAY USING MULTICRITERIA COMPARISON METHODS

Abstract. The article discusses the method of multicriteria comparison when choosing a shore protection equipment for the Circum-Baikal Railway. The methodology implies a process of evaluating and comparing alternatives based on several criteria or indicators. This method is used in cases where decision-making requires taking into account many factors and conditions, and allows you to choose the most suitable alternative from a variety of possible ones. The construction of coastal fortifications on the road in question has its own peculiarities, since it is part of the Trans-Siberian Railway and runs along the shore of Lake Baikal, which makes the construction of coastal fortifications a complex and unique process. The choice of shore protection structures depends on the stability, reliability, service life of the road, traffic safety throughout the route. Coastal fortifications should also play the role of tourist sites that attract the attention of lovers of nature and the history of railways.

The relevance of the multi-criteria decision-making methodology lies in its ability to provide a more objective and comprehensive approach to making unbiased and effective decisions.

The advantage of the methodology is the availability of various criteria for evaluating alternative variations. These include factors such as financial performance, social impacts, environmental impacts, etc.

The work used the method of the "ideal" point, the method of decision-making by additive and multiplicative criteria, using the Decision Support System of the Valeria DSS, which allows to carry out an automated decision-making procedure with an axiomatic justification of the proposed optimal option.

Keywords: bank protection, alternative, particular efficiency criteria, «ideal» point method, harmonious fit into the architecture, environmental friendliness of the option

Введение

Выбор берегоукрепительного сооружения для Кругобайкальской железной дороги (КБЖД) является сложной задачей, требующей учета множества факторов и критериев. Одним из методов, который может помочь в решении этой задачи, является метод многокритериального сравнения. Выбор варианта проектного решения из множества исходных альтернатив подразумевает отказ от прочих вариантов в пользу одного «оптимального». Отличаются они между собой экономическими, техническими, экологическими и социальными факторами [1, 2]. Данные, которыми руководствуется лицо, принимающее решение (ЛПР), представляют собой оценки сравниваемых вариантов проектных решений по различным критериям. В процессе выбора оптимального решения следует с особой тщательностью рассмотреть все возможные последствия.

Основной причиной возникновения проблемы принятия решений является отыскание варианта с оптимальным критерием, помимо которого в процессе принятия решений должны учитываться и другие факторы, понять и оценить которые позволяет теория принятия решений. Теория принятия решений – это область научных исследований, включающая в себя методы математики, статистики, экономики, менеджмента и психологии, применяемая для изучения закономерностей выбора людьми путей решения, а также способов достижения эффективного и непредвзятого результата [3, 4].

Основные этапы процесса принятия решений приведены на рис. 1.

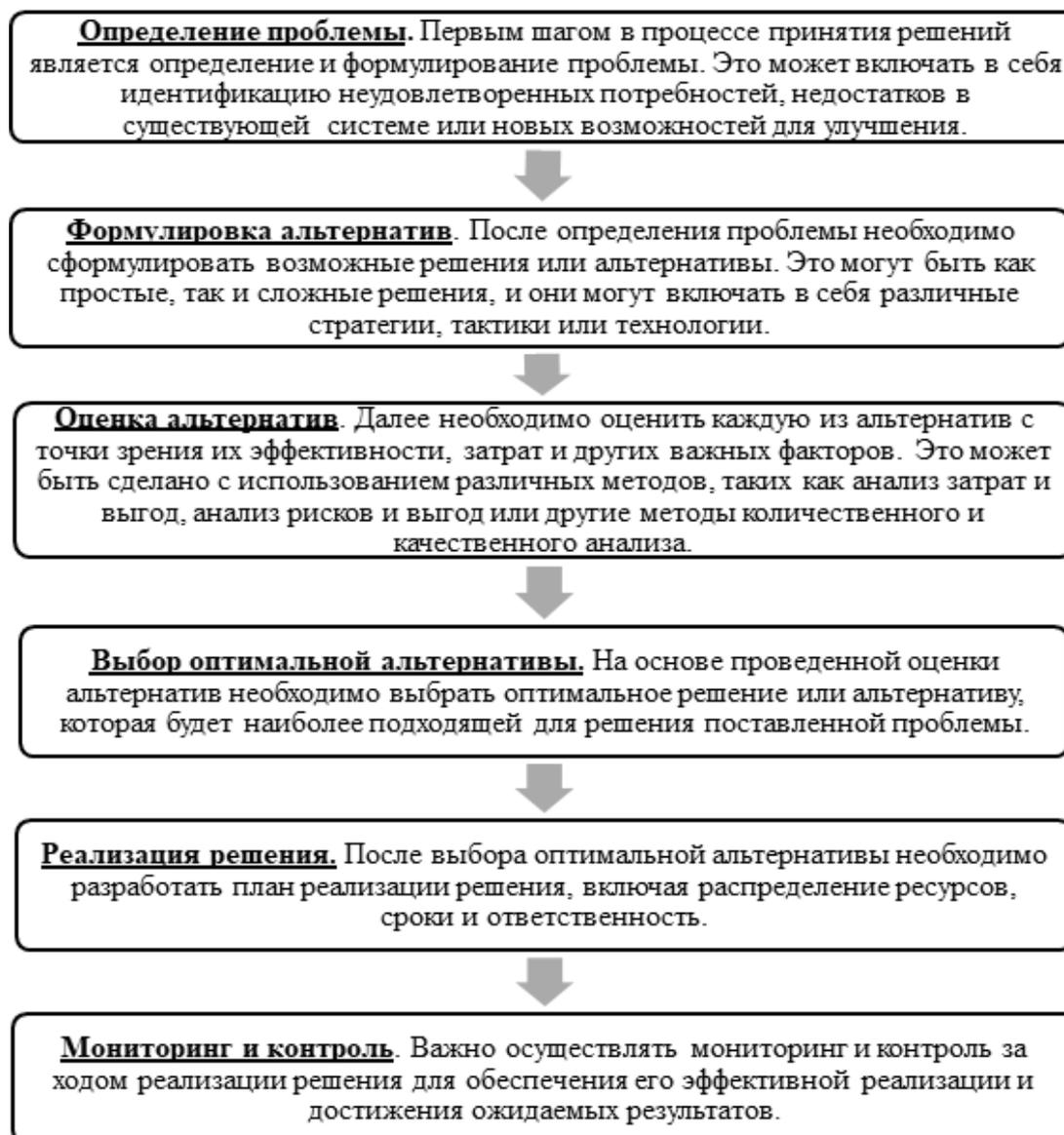


Рис. 1. Схема процесса принятия решений

Целью статьи является определение наиболее оптимальных и эффективных решений с использованием методов многокритериального сравнения при выборе берегового укрепления для КБЖД.

Выбор берегоукрепительного сооружения для Кругобайкальской железной дороги с применением методов многокритериального сравнения

В качестве альтернатив предлагается три перспективные технологии защиты берегов КБЖД:

- берма с наброской из крупного камня;
- защитная стена из бревенчатых свай;
- защитная стена из железобетонных блоков.

Конструкции предложены на основании сравнительной таблицы и расчетов, представленных в работах [5, 6].

Предлагается использовать при сравнении конструкций береговой защиты шесть частных критериев эффективности вариантов, представленных в табл. 1.

Таблица 1. Критерии эффективности, влияющие на выбор берегового укрепления

Частные критерии эффективности	Обоснование критерия
R1 – Надежность конструкций и эффективность ее работы против воздействия волн и льда	На всем протяжении дорога испытывает разрушительное воздействие озера, уровень которого подвержен сезонным колебаниям. Не редки штормы со значительным волнением волн, с образованием ледяных нагромождений и надвигами льда, возникающие при перепаде температуры и из-за замерзания талой воды в весенний период. В результате чего может произойти разрушение берегового участка железнодорожного полотна [7].
R2 – Воздействие на окружающую среду	Территория, на которой располагается Кругобайкальская железная дорога, имеет статус природного парка, поэтому большое внимание уделяется сохранению экосистем. Все строительные и эксплуатационные работы проводятся с соблюдением строгих экологических требований [8].
R3 – Гармоничное вписывание в архитектурный ансамбль Кругобайкальской железной дороги	КБЖД – уникальный памятник инженерного искусства, достопримечательность Прибайкалья, с активно развивающимся туристическим маршрутом. Поэтому важно учитывать вписывание в архитектуру построек 20-го века [9,10].
R4 – Затраты на сооружение	Стоимость на 1 м сооружения, включающая себя стоимость материалов, стоимость за перевозку, погрузочно-разгрузочные работы, стоимость работ по сооружению конструкции.
R5 – Долговечность конструкции	Долговечные конструкции требуют меньше затрат на ремонт и обслуживание на протяжении своего срока службы. Это позволяет экономить на затратах на эксплуатацию, снизить общую стоимость владения.
R6 – Обеспечение возможности доступа к береговой линии	Критерий введен ЛПР исходя из развлекательных и рекреационных целей. КБЖД является туристическим маршрутом, поэтому для привлечения туристов береговое укрепление рассматривается как место для отдыха, прогулок и различных видов активностей. К тому же береговое укрепление может стать местом для разных видов растений и животных. Обеспечение доступа к воде позволяет этим экосистемам поддерживать свою жизнедеятельность.

Сравнение альтернатив по выбранным частным критериям представлено в табл. 2.

Проведем анализ оценок альтернатив.

В соответствии с табл. 2 вариант 3 – «Защитная стена из сборного железобетона», наиболее перспективный по первому критерию «Надежность конструкций и эффективность ее работы против воздействия волн и льда» и самый экономически выгодный по критерию 4 «Затраты на сооружение», но по критерию 3 «Гармоничное вписывание в архитектурный ансамбль Кругобайкальской железной дороги» наименее предпочтительный.

Вариант 2 – «Защитная стена из бревенчатых свай из лиственницы» выигрывает по экологичности (критерий 2 – «Воздействие на окружающую среду») и по эстетическому виду (критерий 3 – «Гармоничное вписывание в архитектурный ансамбль Кругобайкальской железной дороги»), однако является самым дорогостоящим.

Сложно сравнивать альтернативы, так как каждая из них по одним критериям уступает, а по другим превосходит соперников.

Следовательно, необходимо применить эффективные методы принятия решений.

Существует множество методов принятия решений, потому что каждый из них имеет свои преимущества и недостатки, а также применимость в разных ситуациях. Некоторые методы более точны, другие – более просты в использовании, третьи – лучше подходят для принятия решений в условиях неопределенности. Выбор метода зависит от конкретной ситуации и целей, которые нужно достичь.

Таблица 2. Сравнение альтернатив по выбранным частным критериям

Альтернатива	Частные критерии эффективности					
	1	2	3	4	5	6
1 Устройство бермы шириной 4 м, высотой 2,61 м в виде каменной наброски из камней размеров от 0,09–0,25 м	Берма эффективно гасит кинетическую энергию волн, однако от действия льда может частично разрушаться каменная наброска	Берма занимает много места для обеспечения ширины и уклона откоса. Однако может стать местом жизнедеятельности для разных видов растений и животных	Более привлекательнее чем вариант 3, но менее, чем вариант 2	25,8 тыс. руб.	Является наиболее предпочтительным вариантом по данному критерию	да
2 Защитная стена из бревенчатых свай из лиственницы диаметром 0,34 м и длиной 4,5 м, с упором – каменная постель и берма.	Обладает устойчивостью против нагрузки от волн и льда, однако не учтено «выдерживающее» усилие от льдин, которое возникает при смерзании стенки и льда	Древесина является экологичным строительным материалом, наиболее предпочтительный вариант по данному критерию	Является наиболее предпочтительным вариантом по данному критерию	74,0 тыс. руб.	Является наименее предпочтительным вариантом по данному критерию	нет
3 Защитная стена из сборного железобетона на каменной постели из глыбового грунта, с размером бетонного блока 0,49×0,99×1 м класса В20.	Обладает устойчивостью против нагрузки от волн и льда с большим запасом. Более привлекательный вариант по данному критерию	Сборные железобетонные конструкции не вредят экологии	Является наименее предпочтительным вариантом	23,2 тыс. руб.	Более привлекательнее чем вариант 2, но менее, чем вариант 1	нет

Для сравнения был использован метод «идеальной точки», который предполагает наличие идеальной точки в пространстве, в котором каждая ось представляет отдельный критерий для оценки альтернатив. Метод предлагает каждую альтернативу разместить в этом пространстве, и остановить свой выбор на той альтернативе, которая находится ближе всего к идеальной точке. Метод позволяет сравнить варианты между собой и выявить наилучший вариант проектного решения для конкретной задачи [11].

Как видно из таблицы 2 все критерии, кроме затрат на сооружение, не имеют числовой характеристики, и при использовании метода «идеальной» точки необходима формализация таких частных критериев. Для этого была задана условная равноинтервальная шкала от 1 до 5, на которой показано направление оптимизации – максимизация или минимизация (рис.2).

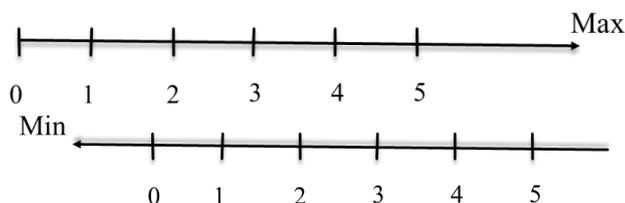


Рис. 2. Равноинтервальная шкала с направлением оптимизации

После чего все данные табл. 2 были представлены в числовом виде в табл. 3.

Таблица 3. Оценка альтернатив по критериям согласно выбранным шкалам

	Берма с каменной наброской	Защитная стена из бревенчатых свай	Защитная стена из сборного железобетона	Направление оптимизации
Надежность и эффективность конструкций	4	3	5	Максимизация
Воздействие на окружающую среду	3	5	3	Минимизация
Вписывание в архитектурный ансамбль	4	5	1	Максимизация
Затраты на сооружение	25,8	74,0	23,2	Минимизация
Долговечность конструкции	5	3	4	Максимизация
Доступ к береговой линии	5	1	1	Максимизация

Критерии между собой неравнозначны, поэтому были присвоены веса каждому критерию (табл. 4).

Таблица 4. Весовые коэффициенты критериев

Частные критерии эффективности	R1	R2	R3	R4	R5	R6
Весовые коэффициенты C_j	0,20	0,20	0,15	0,23	0,15	0,07

Поиск оптимального варианта был выполнен в Системе поддержки принимаемых решений «Валерия», разработанной кандидатом технических наук, доцентом кафедры «Строительство железных дорог, мостов и тоннелей» Иркутского государственного университета путей сообщения П.Н. Холодовым [12].

В диалоговом меню был установлен класс решаемой задачи – многокритериальная, детерминированная, и число лиц, принимающих решения – одиночное, в качестве ЛПР выступала М.В. Феоктистова.

Затем был выполнен ввод исходных данных – частных критериев эффективности и альтернатив (рис.3).

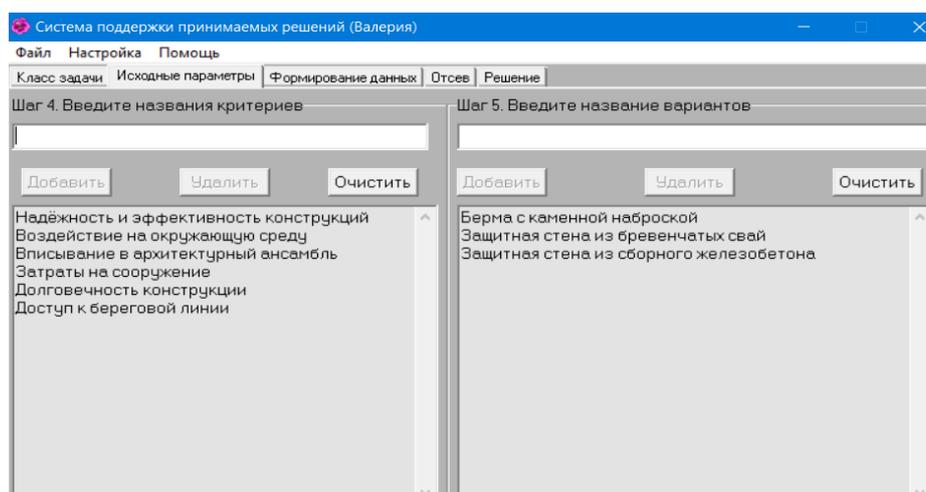


Рис. 3. Ввод исходных данных в системе поддержки принятия решения «Валерия»

Во вкладке «Решение» последовательно выбирались методы расчета и назначались веса критериев.

Помимо метода «идеальной точки», был выполнен расчет по аддитивному критерию, который заключался в суммирование оценок по каждому критерию с учетом его веса и расчет по мультипликативному критерию, который аналогичен методу с аддитивным критери-

ем, но вместо сложения значений критериев с учетом их веса, выполняется их умножение [13, 14].

По методу идеальной точки и аддитивному критерию программа «Валерия» предлагает ЛПР сделать выбор в пользу Варианта 1 – «Берма с каменной наброской», а по мультипликативному критерию – Варианта 2 – «Защитная стена из бревенчатых свай» (рис. 4).

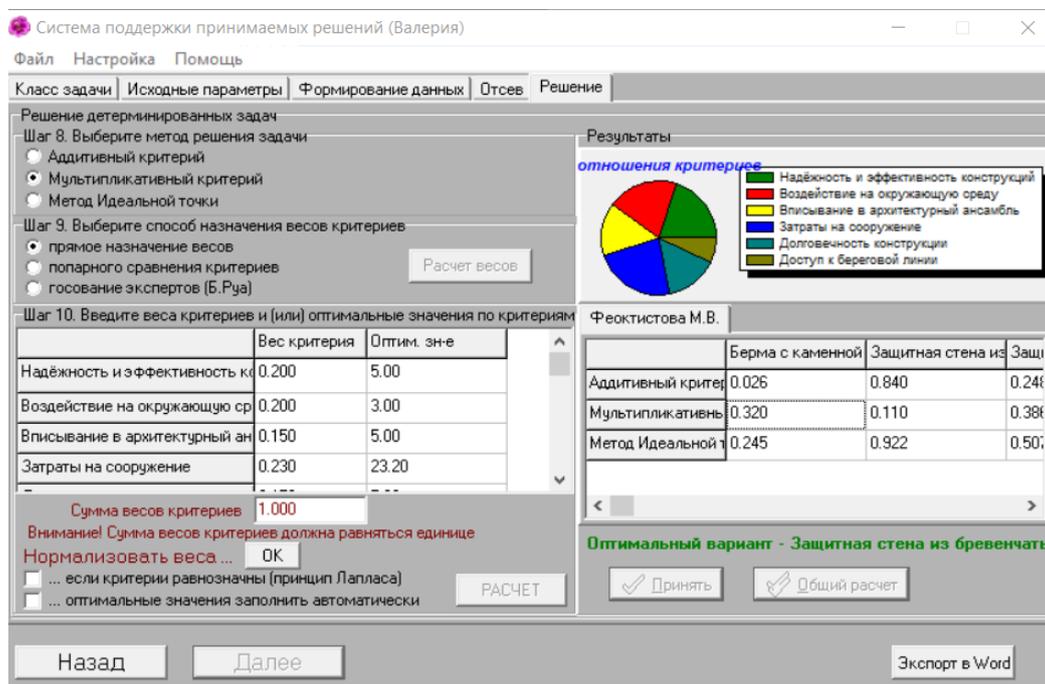


Рис. 4. Обработка результатов расчета

Программа лишь выдает рекомендации и подтверждает их расчетом, при этом окончательный выбор остается за ЛПР.

Заключение

Применение методики принятия многокритериальных решений, реализованной в программе «Валерия», важно по нескольким причинам:

1. Экономия времени – выбор оптимального решения должен быть быстрым и эффективным, чтобы минимизировать время, затрачиваемое на проведение исследований и анализ различных вариантов, при этом автоматизированная процедура может значительно ускорить этот процесс.

2. Повышение точности расчетов – человеческий фактор может привести к ошибкам в принятии решений, особенно когда речь идет о сложных технических вопросах, в то же время автоматизированные процедуры позволяют минимизировать такие ошибки и обеспечить более высокую точность решений.

3. Повышение эффективности принимаемых решений – использование автоматизированных процедур позволяет ЛПР выбрать наиболее эффективное решение с использованием большого числа критериев, что не только является залогом некоторой «объективности» решения, но и позволяет надеяться на оптимальность выбора.

4. Адаптивность процедуры выбора к решаемой задаче – КБЖД является уникальным объектом, требующим особого подхода к его защите и обустройству, поэтому автоматизированные процедуры многокритериального выбора помогают успешнее приспособить алгоритмы выбора к специфическим условиям, что в конечном счете обеспечит выполнение природоохранных требований и культурных обременений данного проекта [15].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Казарина В.В., Подвербный В.А. Принятие решения по выбору варианта трассы железнодорожной линии // Мир транспорта. 2019. Т. 17. № 3 (82). С. 140–151.

2. Холодов П.Н. Основные факторы выбора способа принятия решений при проектировании железных дорог // Проблемы и перспективы изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации железных дорог : труды всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Иркутск, 2008. Т. 1. С. 72–76.
3. Холодов П.Н. Многокритериальный выбор оптимального решения при проектировании железных дорог // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2011. № 4 (32). С. 76–82.
4. Ковальчук М.В., Казарина В.В., Подвербный В.А. Многокритериальное сравнение вариантов проектных решений на основе комплексного критерия // Транспортная инфраструктура Сибирского региона : материалы VII Международной научно-практической конференции. Иркутск, 2016. Т. 1. С. 457–461.
5. Феоктистова М.В., Титов К.М. Берегоукрепительные мероприятия на Кругобайкальской железной дороге // Молодая наука Сибири. 2023. № 2 (20). С. 183–203.
6. Феоктистова М.В., Полищук С.С., Титов К.М. Восстановление, строительство берегоукрепительных сооружений Кругобайкальской железной дороги / Образование – наука – производство: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). Чита, 2022. Т. 1. С. 136–146.
7. Немитовская Д.В., Подвербный В.А. Проблема защиты берегов водоемов и насыпей, испытывающих волновое воздействие морей // Мировые тенденции развития науки и техники: пути совершенствования : материалы X Международной научно-практической конференции. Москва, 2022. Ч. 3. С. 237–244.
8. Подвербный В.А., Бушмакин Д.Н. Разработка мероприятий по охране окружающей среды, обеспечению безопасности движения поездов и безопасности производства работ при выполнении среднего ремонта железнодорожного пути // Наука и образование в эпоху перемен: перспективы развития, новые парадигмы : материалы X Всероссийской научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 2022. Ч. 1. С. 191–198.
9. Подвербный В.А., Френкель А.С., Терентьева Н.Ю. Проблемы и перспективы развития объектов культурного наследия // Наукосфера. 2023. № 2-1. С. 25–36.
10. Терентьева Н.Ю., Френкель А.С., Подвербный В.А. К вопросу реконструкции объекта культурного наследия федерального значения – Кругобайкальской железной дороги // Заметки учёного. 2023. № 1. С. 201–211.
11. Подвербный В.А., Перельгина А.А. Принятие решения по выбору типа укрепления водоотводных и нагорных канав на основе метода идеальной точки // Транспорт Урала. 2021. № 2 (69). С. 57–62.
12. Холодов П.Н. Разработка программного комплекса для поддержки принятия решений при проектировании железных дорог // Проблемы и перспективы изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации железных дорог : труды IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Иркутск, 2010. Т. 1. С. 227–229.
13. Холодов П.Н., Подвербный В.А. Программа поддержки принимаемых решений в проектировании железных дорог // Проблемы и перспективы изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации российских железных дорог : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции. Иркутск, 2007. Т. 2. С. 135–141.
14. Холодов П.Н. Совершенствование процедуры принятия решений при проектировании железных дорог // Вестник транспорта Поволжья. 2011. № 4 (28). С. 62–68.
15. Протасов Н.М., Перельгина А.А. Принятие решений по защите железнодорожного пути от опасных инженерно-геологических процессов при реконструкции Кругобайкальской железной дороги // Цифровизация современной науки: стратегии, инновации : материалы XXXVII Всероссийской научно-практической конференции. Ростов-на-Дону, 2022. С. 160–168.

REFERENCES

1. Kazarina V.V., Podverbnyi V.A. Prinyatie resheniya po vyboru varianta trassy zheleznodorozhnoi linii [Decision-making on the choice of the route of the railway line]. *Mir transporta* [World of Transport], 2019, Vol. 17, no 3 (82), pp. 140–151.
2. Kholodov P.N. Osnovnye faktory vybora sposoba prinyatiya reshenii pri proektirovanii zheleznykh dorog [Main factors for choosing a method of decision-making in the design of railways]. *Trudy vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Problemy i perspektivy izyskaniy, proektirovaniya, stroitel'stva i ekspluatatsii zheleznykh dorog»* [Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference with international participation «Problems and prospects for research, design, construction and operation of railways»]. Irkutsk, 2008, Vol. 1, pp. 72–76.
3. Kholodov P.N. Mnogokriterial'nyi vybor optimal'nogo resheniya pri proektirovanii zheleznykh dorog [Multicriteria selection of the optimal solution in the design of railways]. *Sovremennyye tekhnologii. Sistemnyi analiz* [Modelirovanie Modern technologies. System analysis. Modeling], 2011, no 4 (32), pp. 76–82.
4. Koval'chuk M.V., Kazarina V.V., Podverbnyi V.A. Mnogokriterial'noe sravnenie variantov proektnykh reshenii na osnove kompleksnogo kriteriya [Multicriteria comparison of design solutions based on a complex criterion]. *Materialy VII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona»* [Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference «Transport infrastructure of the Siberian region»]. Irkutsk, 2016, Vol. 1, pp. 457–461.
5. Feoktistova M.V., Titov K.M. Beregoukrepitel'nye meropriyatiya na Krugobaikal'skoi zheleznoi doroge [Coastal protection measures on the Circum-Baikal Railway]. *Molodaya nauka Sibiri* [Young Science of Siberia], 2023, no 2 (20), pp. 183–203.
6. Feoktistova M.V., Polishchuk S.S., Titov K.M. Vosstanovlenie, stroitel'stvo beregoukrepitel'nykh sooruzhenii Krugobaikal'skoi zheleznoi dorogi [Restoration, construction of bank protection structures of the Circum-Baikal Railway]. *Materialy VI Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (s mezhdunarodnym uchastiem) «Obrazovanie – nauka – proizvodstvo»* [Proceedings of the VI All-Russian Scientific and Practical Conference (with international participation) «Education – science – production»]. Chita, 2022. Vol. 1, pp. 136–146.
7. Nemitovskaya D.V., Podverbnyi V.A. Problema zashchity beregov vodoemov i nasypei, ispytyvayushchikh volnovoe vozdeystvie morei [The problem of protecting the shores of reservoirs and embankments experiencing the wave action of the seas]. *Materialy X Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Mirovye tendentsii razvitiya nauki i tekhniki: puti sovershenstvovaniya»* [Materials of the X International Scientific and Practical Conference «World trends in the development of science and technology: ways of improvement»]. Moscow, 2022, Part 3, pp. 237–244.
8. Podverbnyi V.A., Bushmakin D.N. Razrabotka meropriyatii po okhrane okruzhayushchei sredy, obespecheniyu bezopasnosti dvizheniya poezdov i bezopasnosti proizvodstva rabot pri vypolnenii srednego remonta zheleznodorozhnogo puti [Development of measures to protect the environment, ensure the safety of train traffic and the safety of work when performing medium repairs of railway tracks]. *Materialy X Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Nauka i obrazovanie v epokhu peremen: perspektivy razvitiya, novye paradigmy»* [Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference «Science and education in the era change: development prospects, new paradigms»]. Rostov-on-Don, 2022, Vol. 1, pp. 191–198.
9. Podverbnyi V.A., Frenkel' A.S., Terent'eva N.Yu. Problemy i perspektivy razvitiya ob'ektov kul'turnogo naslediya [Problems and prospects for the development of objects of cultural heritage]. *Naukosfera* [Scienceosphere], 2023, no 2-1, pp. 25–36.
10. Terent'eva N.Yu., Frenkel' A.S., Podverbnyi V.A. K voprosu rekonstruktsii ob'ekta kul'turnogo naslediya federal'nogo znacheniya – Krugobaikal'skoi zheleznoi dorogi [On the issue of reconstruction of the object of cultural heritage of federal significance – the Circum-Baikal Railway]. *Zametki uchenogo* [Notes of the scientist], 2023, no 1, pp. 201–211.

11. Podverbnyi V.A., Perelygina A.A. Prinyatie resheniya po vyboru tipa ukrepleniya vo-dootvodnykh i nagornykh kanav na osnove metoda ideal'noi tochki [Decision-making on the choice of type of strengthening of drainage and mountain ditches based on the ideal point method]. *Transport Urala* [Transport of the Urals], 2021, no 2 (69), pp. 57–62.

12. Kholodov P.N. Razrabotka programmnoogo kompleksa dlya podderzhki prinyatiya reshenii pri proektirovanii zheleznykh dorog [Development of a software package to support decision-making in the design of railways]. *Problemy i perspektivy izyskaniy, proektirovaniya, stroitel'stva i ekspluatatsii rossiiskikh zheleznykh dorog* [Proceedings of the IV All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation «Problems and prospects for research, design, construction and operation of railways»]. Irkutsk, 2010, Vol. 1, pp. 227–229.

13. Kholodov P.N., Podverbnyi V.A. Programma podderzhki prinimaemykh reshenii v proektirovanii zheleznykh dorog [The program of decision support in the design of railways]. *Sbornik trudov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Problemy i perspektivy izyskaniy, proektirovaniya, stroitel'stva i ekspluatatsii rossiiskikh zheleznykh dorog»* [Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference «Problems and prospects of research, design, construction and operation of Russian railways»]. Irkutsk, 2007, Vol. 2, pp. 135–141.

14. Kholodov P.N. Sovershenstvovanie protsedury prinyatiya reshenii pri proektirovanii zheleznykh dorog [Improving the decision-making procedure in the design of railways]. *Vestnik transporta Povolzh'ya* [Bulletin of Transport of the Volga Region], 2011, no 4 (28), pp. 62–68.

15. Protasov N.M., Perelygina A.A. Prinyatie reshenii po zashchite zheleznodorozhnogo puti ot opasnykh inzhenerno-geologicheskikh protsessov pri rekonstruktsii Krugobaikal'skoi zheleznoi dorogi [Decision-making on the protection of the railway track from dangerous engineering and geological processes during the reconstruction of the Circum-Baikal Railway]. *Materialy XXXVII Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Tsifrovizatsiya sovremennoi nauki: strategii, innovatsii»* [Proceedings of the XXXVII All-Russian Scientific and Practical Conference «Digitalization of modern science: strategies, innovations»]. Rostov-on-Don, 2022, pp. 160–168.

Информация об авторах

Феоктистова Маргарита Владимировна – аспирант кафедры «Строительство железных дорог, мостов и тоннелей», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: bambuk09990@gmail.com.

Подverbный Вячеслав Анатольевич – д. т. н., доцент, профессор кафедры «Строительство железных дорог, мостов и тоннелей», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: vpodverbniy@mail.ru.

Information about the authors

Feoktistova Margarita Vladimirovna – Ph.D. Student of the Department of Construction of railways, bridges and transport tunnels, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: bambuk09990@gmail.com.

Podverbnyi Vyacheslav Anatol'evich – Doctor of Engineering Science, Associate Professor, Professor of the Department of Construction of Railways, Bridges and Tunnels, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: vpodverbniy@mail.ru.