

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»

**ТРАНСПОРТ.
ТРАНСПОРТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ.
ЭКОЛОГИЯ**

№ 2

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета
2021

Изложены результаты теоретических и практических исследований по актуальным вопросам проектирования, эксплуатации и сервиса транспортно-технологических машин и комплексов, организации транспортных систем, технологии транспортных процессов, безопасности движения, защиты окружающей среды и городского строительства.

Предназначено для инженерно-технических и научных работников проектных, дорожно-строительных организаций и вузов, а также для студентов и аспирантов, обучающихся по направлениям «Наземные транспортно-технологические комплексы», «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», «Технология транспортных процессов», «Строительство» и «Техносферная безопасность».

Редакционная коллегия

Главный редактор	<i>Н.В. Лобов</i> , д-р. техн. наук, профессор (ПНИПУ, г. Пермь)
Главный редактор серии	<i>М.Ю. Петухов</i> , канд. техн. наук, доцент (ПНИПУ, Пермь)
Заместители главного редактора	<i>В.Ю. Петров</i> , президент, д-р техн. наук, профессор (ПНИПУ, Пермь) <i>Л.М. Тимофеева</i> , д-р техн. наук, профессор (ПНИПУ, Пермь)
Ответственный секретарь	<i>Е.М. Генсон</i> , канд. техн. наук (ПНИПУ, Пермь)

Члены редакционной коллегии

М.Г. Бояришинов, д-р техн. наук, профессор (ПНИПУ, Пермь)
Я.И. Вайсман, д-р мед. наук, профессор (ПНИПУ, Пермь)
И.С. Глушанкова, д-р техн. наук, профессор (ПНИПУ, Пермь)
В.И. Рассоха, д-р техн. наук, доцент (ОГУ, г. Оренбург)
С.В. Дорохин, д-р техн. наук, доцент (ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, г. Воронеж)
Н.С. Захаров, д-р техн. наук, профессор (ТИУ, г. Тюмень)
Г.Г. Кашеварова, д-р техн. наук, профессор (ПНИПУ, г. Пермь)
В.Н. Коротчаев, д-р техн. наук, профессор (ПНИПУ, Пермь)
А.В. Кочетков, д-р техн. наук, профессор (СГТУ, Саратов)
М.Р. Якимов, д-р техн. наук, профессор (РАТ, г. Москва)
И.В. Май, д-р биол. наук, профессор, чл.-корр. РАЕН (ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Пермь)
И.Г. Овчинников, д-р техн. наук, профессор (СГТУ, Саратов)
А.Б. Пономарев, д-р техн. наук, профессор (ПНИПУ, г. Пермь)
Л.В. Рудакова, д-р техн. наук, профессор (ПНИПУ, Пермь)
А.В. Смольянинов, д-р техн. наук, профессор (УГУПС, Екатеринбург)
В.А. Трефилов, д-р техн. наук, профессор (ПНИПУ, Пермь)
Н.М. Филькин, д-р техн. наук, профессор (ИжГТУ, Ижевск)
Б.Е. Шенфельд, д-р техн. наук, профессор (ФГБУ УралНИИ «Экология», Пермь)
А.О. Добрынин, канд. техн. наук, доцент (ПНИПУ, Пермь)
К.Г. Пугин, д-р техн. наук, профессор (ПНИПУ, Пермь)
А.А. Хазиев, канд. техн. наук, доцент (МАДИ, Москва)
М.Б. Ходяшев, канд. техн. наук (ФГБУ УралНИИ «Экология», Пермь)
Л.С. Щепетева, канд. техн. наук, доцент (ПНИПУ, Пермь)
А.В. Эдельман, канд. техн. наук, главный инженер (ОАО «Пермавтодор», Пермь)
Л.В. Янковский, канд. техн. наук, доцент (ПНИПУ, Пермь)
Д.В. Мальцев, канд. техн. наук (ПНИПУ, г. Пермь)
В.Ф. Гекк, главный инженер (КТ «Пермская ДПМК», Пермь)
Ю.А. Иконников, главный конструктор ЗАО «СКБ» (ОАО «Мотовилихинские заводы», Пермь)

Зарубежные члены редакционной коллегии

М.М. Бекмагамбетов, д-р техн. наук (НИИ ТиК, Алматы, Казахстан)
К. Вюни, д-р наук (Дрезденский технический университет, Дрезден, Германия)
М.С. Кульгильдинов, д-р техн. наук, профессор (КАТИК, Алматы, Казахстан)
В.Г. Пастушков, канд. техн. наук, доцент (БНТУ, Минск, Белоруссия)
А.А. Приходько, д-р физ.-мат. наук, профессор (ДНУ, Днепрпетровск, Украина)
М. Ритцковски, д-р наук (Гамбургский технический университет, Гамбург, Германия)
А.В. Сладковски, д-р техн. наук, профессор (СТУ, Катовице, Польша)
Е.Б. Угненко, д-р техн. наук, профессор (ХНАДУ, Харьков, Украина)

Журнал «Транспорт. Транспортные сооружения. Экология» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор), свидетельство ПИ № ФС77-58823 от 28 июля 2014 года.
Периодическое печатное издание (4 раза в год). Издается с 2010 года.

Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по следующим группам специальностей: 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения (технические науки)», 05.23.02 «Основания и фундаменты, подземные сооружения (технические науки)», 05.23.05 «Строительные материалы и изделия (технические науки)», 05.23.08 «Технология и организация строительства (технические науки)», 05.23.11 «Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей (технические науки)».

Учредитель – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

Адрес учредителя, издателя и редакции: 614990, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский просп., д. 29.

Тел. +7 (342) 239-14-82, факс: +7(342) 239-17-72, e-mail: transport.eco@mail.ru.

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» – 41416.

Научное издание

**ТРАНСПОРТ.
ТРАНСПОРТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ.
ЭКОЛОГИЯ**

№ 2

Редактор и корректор *Е.И. Герман*
Корректор метаданных на английском языке *А.В. Цыбина*

Ответственность за содержание материалов, достоверность
научных результатов, точность изложения фактов и References
несут авторы статей.

Журнал является рецензируемым, представлен в ведущих библиотеках страны,
а также в научной электронной библиотеке проекта
«Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)».

Выход в свет 29.06.2021. Формат 60×90/8.
Усл. печ. л. 11,25. Тираж 100 экз. Заказ № 138/2021.
Свободная цена

Отпечатано в типографии Издательства
Пермского национального исследовательского
политехнического университета.
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113.
Тел. (342) 219-80-33.