

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Министерство образования и науки Пермского края  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»  
Уральское отделение РАН  
Министерство промышленности, науки и инноваций Пермского края  
Федеральное агентство по делам молодежи «Росмолодежь»

**ВЕСТНИК  
ПЕРМСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**МАШИНОСТРОЕНИЕ, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

---

Том 21, № 4

Издательство  
Пермского национального исследовательского  
политехнического университета  
2019

Тематика журнала охватывает широкий круг научных и технических проблем машиностроения и материаловедения, фундаментальных и прикладных исследований в области машиностроения и материаловедения, актуальных проблем высшего технического образования, вопросы технической эстетики, интеграции науки, образования и производства. Предназначен для ученых, инженеров, преподавателей вузов, аспирантов и докторантов, руководителей и специалистов академических и отраслевых НИИ.

С 1.12.2015 г. журнал «Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение» входит в перечень рецензируемых научных журналов ВАК.

#### Редакционная коллегия

**Главный редактор**

**Почетный главный редактор**

*Беленький В.Я.*, доктор технических наук, профессор (ПНИПУ, Пермь)

*Младенов Г.М.*, доктор физических наук, профессор, член-корреспондент Болгарской академии наук (Институт электроники Болгарской академии наук, София)

**Первый заместитель главного редактора**

**Заместитель главного редактора**

**Заместитель главного редактора**

*Щицун Ю.Д.*, доктор технических наук, профессор (ПНИПУ, Пермь)

*Баст Ю.*, профессор (Горная академия, Фрайберг, Германия)

*Сиротенко Л.Д.*, доктор технических наук, профессор (ПНИПУ, Пермь)

#### Члены редакционной коллегии

*Гольцов В.А.*

доктор технических наук, профессор, академик Международной инженерной академии, член совета директоров Международной ассоциации водородной энергетики, МАВЭ, США (ДонНТУ, Донецк)

*Кривоносова Е.А.*

*Шардаков И.Н.*

доктор технических наук, профессор (ПНИПУ, Пермь)

доктор физико-математических наук, профессор (Институт механики сплошных сред УрО РАН, Пермь)

*Симонов Ю.Н.*

*Георгиев М.Н.*

*Колева Е.*

*Иванов В.А.*

*Файнбург Г.З.*

*Шендеров И.Б.*

*Чернов В.П.*

*Шалимов М.П.*

*Фурман Е.Л.*

*Наумов В.А.*

*Калетина Ю.В.*

*Дубровский В.А.*

*Коробов Ю.С.*

*Драгунов В.К.*

*Шацов А.А.*

*Шеньян Панг*

доктор технических наук, профессор (ПНИПУ, Пермь)

доктор технических наук (Институт механики БАН, София, Болгария)

доктор наук (Химико-технологический университет, София, Болгария)

доктор технических наук, профессор (ПНИПУ, Пермь)

доктор технических наук, профессор (ПНИПУ, Пермь)

доктор технических наук, профессор (МГТУ, Магнитогорск)

доктор технических наук, профессор (УрФУ, Екатеринбург)

доктор технических наук, профессор (УрФУ, Екатеринбург)

доктор геолого-минералогических наук, профессор (ПГНИУ, Пермь)

доктор технических наук (Институт физики металлов УрО РАН, Екатеринбург)

кандидат технических наук (ОАО «Протон-ПМ», Пермь)

доктор технических наук (УрФУ, Екатеринбург)

доктор технических наук, профессор (НИУ «МЭИ», Москва)

доктор технических наук, профессор (ПНИПУ, Пермь)

PhD, доцент «Школы материаловедения и инженерии», директор «Государственной лаборатории обработки материалов и технологий литья» Хуачжунского университета науки и технологии (Ухань, КНР)

#### Ответственный секретарь

*Федосеева Е.М.*

кандидат технических наук, доцент (ПНИПУ, Пермь)

Журнал «Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор), свидетельство ПИ № ФС 77 - 58824 от 28.07.2014 г.

Периодическое печатное издание (журнал) выходит 4 раза в год. Публикация статей осуществляется бесплатно.

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. (342) 2-198-371, e-mail: vestnik.pnipu.mm@mail.ru.

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» – Е45009.

Научное издание

ВЕСТНИК  
ПЕРМСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
**МАШИНОСТРОЕНИЕ, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

Том 21, № 4

Подписной индекс объединенного каталога «Пресса России» – Е45009

*Ответственность за содержание материалов, достоверность статистической информации, точность изложения фактов и цитат несут авторы статей*

Журнал представлен в ведущих библиотеках страны и является рецензируемым, также представлен в научной электронной библиотеке (НЭБ) – головном исполнителе проекта по созданию Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) и имеет импакт-фактор Российского индекса научного цитирования (ИФ РИНЦ).

В электронном виде журнал можно найти по адресу: <http://www.pstu.ru/title1/faculties/mtf/?iid=13>

Редактор и корректор *Е.Б. Денисова*

---

Выход в свет 26.11.2019. Формат 60×90/8.  
Усл. печ. л. 12. Тираж 100 экз. Заказ 196/2019.  
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.