

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

<b>Главный редактор</b>	<i>Беленький В.Я.</i> , доктор технических наук, профессор (ПНИПУ, Пермь)
<b>Почетный главный редактор</b>	<i>Младенов Г.М.</i> , доктор физических наук, профессор, член-корреспондент Болгарской академии наук (Институт электроники Болгарской академии наук, София)
<b>Первый заместитель главного редактора</b>	<i>Щицын Ю.Д.</i> , доктор технических наук, профессор (ПНИПУ, Пермь)
<b>Заместитель главного редактора</b>	<i>Баст Ю.</i> , профессор (Горная академия, Фрайберг, Германия)
<b>Заместитель главного редактора</b>	<i>Сиротенко Л.Д.</i> , доктор технических наук, профессор (ПНИПУ, Пермь)

#### Члены редакционной коллегии

<i>Гольцов В.А.</i>	доктор технических наук, профессор, академик Международной инженерной академии, член совета директоров Международной ассоциации водородной энергетики, МАВЭ, США (ДонНТУ, Донецк)
<i>Кривоносова Е.А.</i>	доктор технических наук, профессор (ПНИПУ, Пермь)
<i>Шардаков И.Н.</i>	доктор физико-математических наук, профессор (Институт механики сплошных сред УрО РАН, Пермь)
<i>Симонов Ю.Н.</i>	доктор технических наук, профессор (ПНИПУ, Пермь)
<i>Георгиев М.Н.</i>	доктор технических наук (Институт механики БАН, София, Болгария)
<i>Колева Е.</i>	доктор наук (Химико-технологический университет, София, Болгария)
<i>Иванов В.А.</i>	доктор технических наук, профессор (ПНИПУ, Пермь)
<i>Файнбург Г.З.</i>	доктор технических наук, профессор (ПНИПУ, Пермь)
<i>Шендеров И.Б.</i>	доктор технических наук (ОАО «ПНИТИ», Пермь)
<i>Чернов В.П.</i>	доктор технических наук, профессор (МГТУ, Магнитогорск)
<i>Шалимов М.П.</i>	доктор технических наук, профессор (УрФУ, Екатеринбург)
<i>Фурман Е.Л.</i>	доктор технических наук, профессор (УрФУ, Екатеринбург)
<i>Наумов В.А.</i>	доктор геолого-минералогических наук, профессор (ПГНИУ, Пермь)
<i>Калетина Ю.В.</i>	доктор технических наук (Институт физики металлов УрО РАН, Екатеринбург)
<i>Дубровский В.А.</i>	кандидат технических наук (ОАО «Протон-ПМ», Пермь)
<i>Коробов Ю.С.</i>	доктор технических наук (УрФУ, Екатеринбург)
<i>Драгунов В.К.</i>	доктор технических наук, профессор (НИУ «МЭИ», Москва)
<i>Шацов А.А.</i>	доктор технических наук, профессор (ПНИПУ, Пермь)
<i>Шеньен Панг</i>	PhD, доцент «Школы материаловедения и инженерии», директор «Государственной лаборатории обработки материалов и технологий литья» Хуачжунского университета науки и технологии (Ухань, КНР)

#### Ответственный секретарь

<i>Федосеева Е.М.</i>	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.pnpu.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.