

Научная статья

УДК 53.087.45

[https://doi.org/10.14258/izvasu\(2026\)1-07](https://doi.org/10.14258/izvasu(2026)1-07)

**Автоматизированная лабораторная установка  
для разработки методов электроимпульсной обработки  
металлов**

*Павел Семенович Татаринов<sup>1</sup>, Владимир Павлович Татаринов<sup>2</sup>,  
Илья Сергеевич Сугоняко<sup>3</sup>, Алина Юрьевна Моркина<sup>4</sup>,  
Максим Вильевич Хазимуллин<sup>5</sup>, Данила Владимирович Таров<sup>6</sup>,  
Елена Александровна Корзникова<sup>7</sup>, Илья Анатольевич Якушев<sup>8</sup>,  
Сергей Владимирович Дмитриев<sup>9</sup>*

<sup>1</sup>Политехнический институт (филиал) Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, Мирный, Россия, [paveltatarinov@mail.ru](mailto:paveltatarinov@mail.ru)

<sup>2</sup>Политехнический институт (филиал) Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, Мирный, Россия, [tatarinov.vp01@mail.ru](mailto:tatarinov.vp01@mail.ru)

<sup>3</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия, [sgnilya@mail.ru](mailto:sgnilya@mail.ru)

<sup>4</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия, [alinamorkina@yandex.ru](mailto:alinamorkina@yandex.ru)

<sup>5</sup>Институт физики молекул и кристаллов УФИЦ РАН, Уфа, Россия, [maximhk@gmail.com](mailto:maximhk@gmail.com)

<sup>6</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия, [tarovdv@gmail.com](mailto:tarovdv@gmail.com)

<sup>7</sup>Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия, [elena.a.korznikova@gmail.com](mailto:elena.a.korznikova@gmail.com)

<sup>8</sup>Политехнический институт (филиал) Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, Мирный, Россия, [yakushevilya@mail.ru](mailto:yakushevilya@mail.ru)

<sup>9</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия, [dmitriev.sergey.v@gmail.com](mailto:dmitriev.sergey.v@gmail.com)

Original article

**Automated Laboratory Setup for the Development  
of Methods for Electrical Discharge Machining of Metals**

*Pavel S. Tatarinov<sup>1</sup>, Vladimir P. Tatarinov<sup>2</sup>, Ilya S. Sugonyako<sup>3</sup>,  
Alina Yu. Morkina<sup>4</sup>, Maxim V. Khazimullin<sup>5</sup>, Danila V. Tarov<sup>6</sup>,  
Elena A. Korznikova<sup>7</sup>, Ilya A. Yakushev<sup>8</sup>, Sergey V. Dmitriev<sup>9</sup>*

<sup>1</sup>Polytechnic Institute (Branch) of the North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Mirny, Russia, [paveltatarinov@mail.ru](mailto:paveltatarinov@mail.ru)

<sup>2</sup>Polytechnic Institute (Branch) of the North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Mirny, Russia, [tatarinov.vp01@mail.ru](mailto:tatarinov.vp01@mail.ru)

<sup>3</sup>Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia, [sgnilya@mail.ru](mailto:sgnilya@mail.ru)

<sup>4</sup>Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia, alinamorkina@yandex.ru

<sup>5</sup>Institute of Molecular and Crystal Physics UFRC RAS, Ufa, Russia, maximhk@gmail.com

<sup>6</sup>Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia, tarovdv@gmail.com

<sup>7</sup>Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia, elena.a.korznikova@gmail.com

<sup>8</sup>Polytechnic Institute (Branch) of the North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Mirny, Russia, yakushevilya@mail.ru

<sup>9</sup>Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia, dmitriev.sergey.v@gmail.com

**Аннотация.** Электроимпульсная обработка металлов и сплавов находит применение во многих областях науки и техники, позволяя целенаправленно воздействовать на их структуру и свойства. В частности, сообщается о возможности повышения коррозионной стойкости, залечивания микро- и макротрещин, снижать пружинение при штамповке листовых заготовок. Несмотря на многочисленные применения электроимпульсной обработки, до сих пор ведутся научные дискуссии о физической природе взаимодействия электрического тока высокой плотности с дефектами кристаллического строения металлических материалов. Это заставляет проводить экспериментальные исследования на модельных образцах, например, на проволоках или пластинах. В данной работе представлен обзор известных технических решений по совершенствованию экспериментальной базы изучения электроимпульсной обработки металлов на проволочных образцах, а также описана оригинальная лабораторная установка, разработанная авторами. В представленной лабораторной установке автоматизировано измерение и сбор всех параметров процесса, что ускоряет проведение работ и повышает надежность измерений за счет исключения человеческого фактора.

**Ключевые слова:** электроимпульсная обработка металлов, электропластический эффект, приборы и методы экспериментальной физики

**Для цитирования:** Татаринов П.С., Татаринов В.П., Сугоняко И.С., Моркина А.Ю., Хазимуллин М.В., Таров Д.В., Корзникова Е.А., Якушев И.А., Дмитриев С.В. Автоматизированная лабораторная установка для разработки методов электроимпульсной обработки металлов // Известия Алтайского государственного университета. 2026. № 1 (147). С. 56–62. [https://doi.org/10.14258/izvasu\(2026\)1-07](https://doi.org/10.14258/izvasu(2026)1-07).

**Финансирование:** работа поддержана программой ПРИОРИТЕТ 2030 Уфимского государственного нефтяного технического университета.

### Введение

Электропластический эффект (ЭПЭ), заключающийся в значительном влиянии кратковременных импульсов электрического тока большой плотности на пластическое течение металлов, был обнаружен впервые

**Abstract.** Electrical discharge machining of metals and alloys finds application in many fields of science and engineering, enabling targeted manipulation of their structure and properties. Specifically, studies have reported the potential to improve corrosion resistance, heal micro- and macrocracks, and reduce springback during sheet metal stamping. Despite the numerous applications of electrical discharge machining, scientific debate continues regarding the physical nature of the interaction of high-density electric current with defects in the crystalline structure of metallic materials. This necessitates experimental studies using model specimens, such as wires or plates. This paper presents an overview of existing technical solutions for improving the experimental framework for studying electrical discharge machining of metals using wire specimens and describes a unique laboratory setup developed by the authors. The presented laboratory setup automates the measurement and collection of all process parameters, which accelerates the process and improves the reliability of measurements by eliminating the human factor.

**Keywords:** electrical discharge machining of metals, electroplasticity effect, devices and methods of experimental physics

**For citation:** Tatarinov P.S., Tatarinov V.P., Sugonyako I.S., Morkina A.Y., Khazimullin M.V., Tarov D.V., Korznikova E.A., Yakushev I.A., Dmitriev S.V. Automated Laboratory Setup for the Development of Methods for Electrical Discharge Machining of Metals. *Izvestiya of Altai State University*. 2026. No 1 (147). P. 56–62. (In Russ.). [https://doi.org/10.14258/izvasu\(2026\)1-07](https://doi.org/10.14258/izvasu(2026)1-07).

**Funding:** The study was supported by the PRIORITY 2030 program of the Ufa State Petroleum Technological University.

О.А. Троицким в 1969 г. [1]. Первым практическим выходом этого фундаментального исследования было авторское свидетельство [2]. Позднее было предложено использовать импульсный ток не только для повышения пластичности металлов, но и для других целей, на-

пример, для повышения коррозионной стойкости, заживления трещин [3] и т.п. Важно, что повышение пластичности при использовании импульсного тока достигается без заметного нагрева металла, что приводит к сохранению его микроструктуры, экономии энергии, уменьшению износа деформирующего инструмента. Электроимпульсная обработка применяется с целью воздействия на микроструктуру металлов для повышения их функциональных или конструктивных свойств [3]. Однако вопрос о физической природе микроструктурных изменений, лежащих в основе методов электроимпульсной обработки металлов, до сих пор остается не раскрытым.

### Обзор оборудования для электроимпульсной обработки металлов

В работе [4] авторами описывается способ определения величины сопротивления металла электропластической деформации (ЭПД). Приводятся результаты исследования по стимулированию пластичности образцов металла с помощью пропускания через них импульсов тока большой плотности в условиях непрерывно возрастающей механической нагрузки. Логическим развитием исследований стала разработка релаксационного способа исследования ЭПД образцов металла [5], сущность которого заключается в регистрации диаграммы напряжение — деформация под воздействием импульсов тока при фиксированной деформации.

Патентный поиск выявил одно из первых технических решений для получения мощных импульсов тока — изобретение [6], которое использовалось с целью исследования ЭПД и его применения в обработке металлов давлением.

В описании изобретения [7] раскрывается сущность технического решения — механическое испытание металлических образцов импульсными нагрузками, с импульсами тока и без них для сравнительного исследования пластических и электропластических деформаций. Способ электропластического волочения [8] может быть использован для волочения труб малого диаметра на уже существующих линейных волочильных станках с минимальным количеством внесимых изменений в их конструкцию.

Для точного измерения параметров мощных импульсов тока авторы [9] использовали комбинацию двух

методов: индукционного бесконтактного датчика тока и контроля падения напряжения на низкоомном шунте, что позволило повысить достоверность измерений. Аппаратно-программный комплекс сбора и обработки измеренных данных основан на использовании быстрого преобразования Фурье. В статье [10] нами представлена первая версия аналогичной установки для исследования ЭПД. Среди последних зарубежных технических решений были найдены устройства, реализующие уже известные способы на практике. Примером служит полезная модель [11] — устройство для волочения проволоки из нержавеющей стали, использующее электроимпульсную интенсификацию пластичности.

Наиболее близким аналогом разработанной нами лабораторной установки является изобретение [12], недостатком которого служит тот факт, что для контроля тока электростимуляции пластичности исследуемого образца используется только датчик Холла магнитного поля.

### Описание установки

Структурно-организационная блок-схема лабораторной установки приведена на рисунке 1. Зарядное устройство (ЗУ) представляет собой регулируемый источник постоянного тока, напряжение на выходе которого регулируется в пределах от 20 до 900 В. Вспомогательное включающее устройство (ВВУ) представляет собой управляемый компьютером коммутатор для включения батареи конденсаторов (БК) к ЗУ для их зарядки и отключения ЗУ от БК после зарядки перед проведением эксперимента. Основное включающее устройство (ОВУ) представляет собой коммутирующее основной ток разряда БК через исследуемый образец. Схема механической части для растяжения образца, контроля усилия на образце и его удлинения и подвода импульсного тока к образцу, а также схема расположения датчиков приведены на рисунке 2 части (а) и (б) соответственно.

По итогу разработки экспериментальной установки и написанных программ для управления программно-аппаратным комплексом получены охраняемые документы. Подробнее о работе установки можно познакомиться в описании патента на изобретение [13]. На написанные программы получены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, например [14].

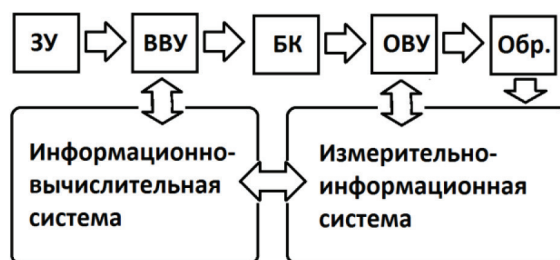


Рис. 1. Структурно-организационная блок-схема автоматизированной лабораторной установки для исследования ЭПД

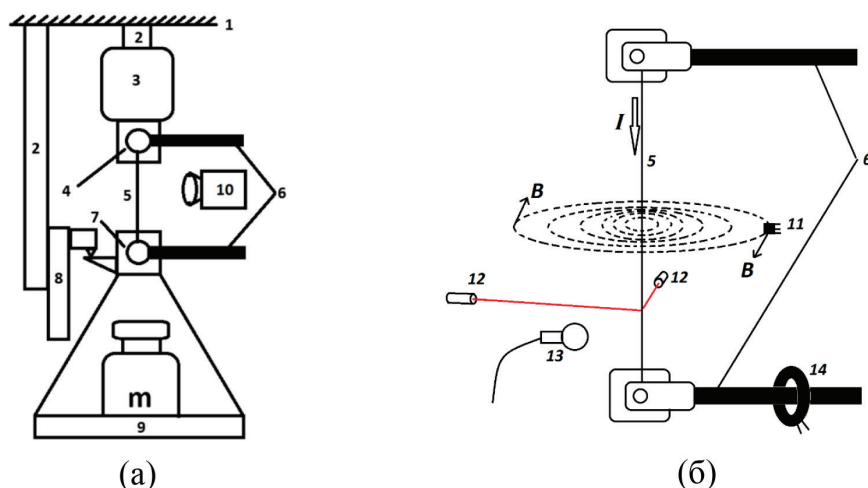


Рис. 2. Схема механической части для растяжения образца, контроля усилия на образце и его удлинения, а также подвода импульсного тока к образцу (а). Схема расположения датчиков магнитного поля, тока, вибрации и звука (б). 1 — неподвижная опора; 2 — электроизолирующий подвес тензодатчика; 5 — образец исследования в виде металлической проволоки или полосы; 6 — кабели подвода импульсного тока; 7 — электроизолирующий подвес; 8 — оптическая линейка; 9 — подвижная платформа, нагружаемая переменной массой,  $m$ ; 10 — тепловизионная камера; 11 — датчик Холла; 12 — бесконтактный лазерный доплеровский датчик вибрации; 13 — ультразвуковой микрофон; 14 — индуктивный датчик тока (трансформатор тока)

### Электропластическая деформация меди

Эксперименты проводились на проводах из меди марки М1 диаметром 1 мм и длиной рабочей части 350 мм. Микроструктурные исследования показали, что средний размер зерна составлял  $9,1 \pm 0,4$  мкм с долей большеугловых границ 0,98, среди которых 0,53 составляют двойниковые границы. Образцы нагружались весом груза на довед до заданного растягивающего напряжения, и через них пропускался импульс тока от конденсатора емкостью 4,17, 8,33 и 25 мФ, заряженного до напряжения 190, 110 и 60 В соот-

ветственно. При данных параметрах тока джоулев нагрев образцов был одинаковым и составлял  $15^\circ\text{C}$ . Число импульсов тока — 15, время между импульсами тока достаточное до полного остывания образца. Прирост электропластической деформации от каждого импульса представлен на рисунке 3 для емкостей конденсатора (а) 25, (б) 8,33 и (в) 4,17 мФ. Заметим, что чем меньше емкость конденсатора, тем он быстрее разряжается и импульс тока оказывается короче. Длина импульса зависит от емкости как  $\tau \sim \sqrt{C}$ .

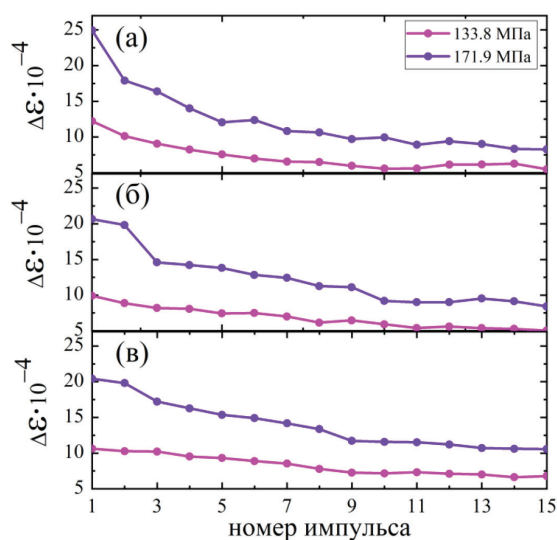


Рис. 3. Прирост электропластической деформации от каждого из 15 импульсов тока для емкостей конденсатора (а) 25, (б) 8,33 и (в) 4,17 мФ. Растягивающее напряжение указано в легенде. Каждая из кривых получена в результате осреднения по трем экспериментам

Из рисунка 3 видно, что прирост пластической деформации уменьшается с каждым последующим импульсом, поскольку дислокации, оторвавшись от стопоров при прохождении импульса тока, достигают новых более сильных стопоров и число подвижных дислокаций уменьшается. Также отметим, что прирост деформации убывает быстрее всего на (а) и медленнее всего на (в), т.е. более короткий импульс с большей плотностью тока при одинаковом выделении джоулева тепла дает более заметный электропластический эффект.

### Заключение

Проанализированы известные технические устройства, используемые при изучении электро-стимулированной обработки металлов с целью воздействия на их структуру и повышения деформационных, конструкционных или функциональных свойств. Описана оригинальная установка, реализующая программно-аппаратный комплекс для решения подобных задач на основе опубликованных патента и государственной регистрации программ. При изучении электропластического эффекта принципиально важно отделить влияние термических и атермических факторов на повышение пластичности. Для этого необходимо с высокой точностью контро-

лировать джоулев разогрев образцов. Известные методы контроля температуры (термопары и тепловизоры) дают заметную погрешность. В разработанной установке наряду с тепловизионным контролем температура количественно оценивалась за счет контроля теплового расширения образца благодаря точности микрометрической линейки и тому факту, что длина проволочного образца достаточно велика (до 0,5 м), для того чтобы фиксировать нагрев по линейному тепловому расширению с точностью  $\pm 2$  градуса. Кроме того, новизна и технический результат в предлагаемой установке обеспечиваются получением кратковременных автоматически управляемых импульсов тока до нескольких сотен тысяч ампер, автоматизированным сбором параметров исследуемого процесса электростимуляции пластичности образцов, записью на персональный компьютер изменения этих параметров во времени. В экспериментах на медной проволоке установлено, что более короткий импульс с большей плотностью тока при одинаковом выделении джоулева тепла дает более заметный электропластический эффект. Предполагается использование созданной установки для электроимпульсной обработки металлов с целью замедления коррозии [15], повышения пластичности [16], заживления трещин [17], снижения эффекта пружинения [18].

### Библиографический список

1. Troitskii O.A. Electromechanical Effect in Metals // JETP Letters. 1969. No. 1. P. 18–22.
2. Авторское свидетельство № 393939 А1 СССР, МПК С22F 3/00, В21D 21/00. Способ снижения прочности металлов: № 1391427/25-27: заявл. 31.12.1969; опубл. 25.10.1974 / А.Г. Розно, О.А. Троицкий; заявитель Институт физической химии АН СССР.
3. Xie L., Sun H., Wen Y., Hua L., Zhang L.-C. Electromagnetic Treatment Enhancing Performance of Metal Materials: A Review // Progress in Materials Science. 2025. Vol. 153. P. 101488. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2025.101488>
4. Троицкий О.А. Особенности пластической деформации металла при пропускании через образец электрического тока // Проблемы прочности. 1975. № 7. С. 14–19.
5. Троицкий О.А., Сташенко Н.К. Исследование электропластической деформации металла методом релаксации напряжений // Физика металлов и металловедение. 1979. № 47. С. 180–187.
6. Авторское свидетельство № 884092 А1 СССР, МПК Н03К 3/53. Генератор мощных импульсов тока: №2897995: заявл. 26.03.1980; опубл. 23.11.1981 / В.А. Кузнецов, В.Е. Громов, В.П. Симаков; заявитель Сибирский металлургический институт им. Серго Орджоникидзе.
7. Авторское свидетельство № 1402838 А1 СССР, МПК G01N 3/32. Установка для исследования электропластичности металлических образцов при импульсных нагрузках: №4147499: заявл. 14.11.1986; опубл. 15.06.1988 / Д.Ф. Королев, Б.С. Апирин; заявитель Всесоюзный научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт электротермического оборудования.
8. Авторское свидетельство № 1518041 А1 СССР, МПК В21С 1/00. Способ электропластического волочения: № 4330166: заявл. 09.10.1987; опубл. 30.10.1989 / А.И. Фельдман, В.М. Штанько, С.И. Македонов [и др.]; заявитель Предприятие п/я В-2328.
9. Патент № 2580410 С1 РФ, МПК G01R 19/00. Устройство для измерения больших токов: № 2014154526/28: заявл. 31.12.2014; опубл. 10.04.2016 / П.Ф. Баранов, Ю.С. Боровиков, А.И. Заревич [и др.]; заявитель ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».
10. Таров Д.В., Татаринов П.С., Татаринов В.П., Дмитриев С.В. Установка для исследования электропластичности // Актуальные вопросы прочности : Сборник тезисов LXVII Международной конференции, Екатеринбург, 02–05 апреля 2024 г. Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2024. С. 237–238.
11. Patent CN218475800 (U), IPC Y02P 10/20. Stainless Steel Wire Shape Integrated Forming Electroplastic Drawing Pretreatment Device: 202222598739.X: appl.: 2022-09-29; publ.: 2023-02-14 / Sun Zhiyang, Cui Chunhua, Zhong

Xiaojun; Application filed by Taizhou Junyu Stainless Steel Material Co Ltd.

12. Patent CN116482149 (A), IPC G01N23/2251. Auxiliary Loading Device for in-Situ Observation of Electroplastic Effect: 202310503613.6: appl.: 2023-05-06: publ.: 2023-07-25 / Yang Lipo, Liu Wenjie, Li Huaimei; Application filed by Yanshan University.

13. Патент № 2843809 C1 РФ, МПК G01B 11/03. Автоматизированная лабораторная установка для исследования эффекта электропластичности: № 2024138887: заявл. 23.12.2024: опубл. 18.07.2025 / С.В. Дмитриев, П.С. Татаринов, А.С. Семенов [и др.]; заявитель ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова».

14. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025661426. Программа для автоматической калибровки, сбора и статистической обработки данных измерений на примере измерения усилия с помощью тензодатчика / С.В. Дмитриев, П.С. Татаринов, В.П. Татаринов [и др.]; заявитель ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»

15. Yan X., Xu X., Zhou Y., wei Wu Z., Wei L., Zhang D. Surface Electropulsing-Induced Texture Evolution in Electron Beam Melted Ti-6Al-325 4V Alloy for Biomedical Application // *Surface & Coatings Technology*. 2024. Vol. 479. P. 130509.

16. Morkina A.Y., Tarov D.V., Khalikova G.R., Semenov A.S., Tatarinov P.S., Yakushev I.A., Dmitriev S.V. Comparison of the Effect of Electroplasticity in Copper and Aluminum // *Facta Universitatis, Series: Mechanical Engineering*. 2024. Vol. 22. No 4. P. 615–632. <https://doi.org/10.22190/FUME240920049M>

17. Kukudzhano K.V., Khalikova G.R., Korznikova E.A., Chentsov A.V., Dmitriev S.V. Healing of Long Fatigue Cracks in Steel Plates by High-Density Current Pulses // *Mechanics of Solids*. 2024. Vol. 59. No 5. P. 3223–3234. <https://doi.org/10.1134/S0025654424605949>

18. Morkina A.Y., Tarov D.V., Tatarinov P.S., Bebihov Yu.V., Korznikova E.A., Dmitriev S.V. Electric Pulse Treatment of Grade 5 Titanium Alloy Plates after Bending to Reduce Springback Effect // *Mechanics of Solids*. 2025. Vol. 60. No 3. P. 2344–2352. <https://doi.org/10.1134/S0025654425601971>

## References

1. Troitskii O.A. Electromechanical Effect in Metals. *JETP Letters*. 1969. No. 1. P. 18–22.

2. *Inventor's Certificate No 393939 A1 USSR, IPC C22F 3/00, B21D 21/00. Method of Reducing the Strength of Metals: No. 1391427/25-27: Application 31.12.1969: Published 25.10.1974 / A.G. Rozno, O.A. Troitsky; Applicant Institute of Physical Chemistry of the USSR Academy of Sciences. (In Russ.)*

3. Xie L., Sun H., Wen Y., et al. Electromagnetic Treatment Enhancing Performance of Metal Materials: A Review. *Progress in Materials Science*. 2025. Vol. 153. P. 101488. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2025.101488>

4. Troitsky O.A. Features of Plastic Deformation of Metal in a Specimen under Passing Electric Current. *Strength of Materials*. 1975. No 7. P. 14–19. (In Russ.)

5. Troitsky O.A., Stashenko N.K. Study of Electroplastic Deformation of Metal by the Stress Relaxation Method. *Physics of Metals and Metal Science*. 1979. No 47. P. 180–187. (In Russ.)

6. *Inventor's Certificate No 884092 A1 USSR, IPC H03K 3/53. Generator of Powerful Current Pulses: No. 2897995: Application 26.03.1980: Published 23.11.1981. V.A. Kuznetsov, V.E. Gromov, V.P. Simakov; Applicant Siberian Metallurgical Institute Named after Sergo Ordzhonikidze. (In Russ.)*

7. *Inventor's Certificate No 1402838 A1 of the USSR, IPC G01N 3/32. Installation for Studying the Electroplasticity of Metal Samples under Pulsed Loads: No. 4147499: Application no. 11/14/1986: published 06/15/1988 / D.F. Korolev, B.S. Apirin; Applicant All-Union Scientific Research, Design and Technological Institute of Electrothermal Equipment. (In Russ.)*

8. *Inventor's Certificate No 1518041 A1 of the USSR, IPC B21C 1/00. The Method of Electroplastic Drawing: No. 4330166: Application 09.10.1987: Published 30.10.1989. A.I. Feldman, V.M. Shtanko, S.I. Makedonov [et al.]; the Applicant is the Company p/I V-2328. (In Russ.)*

9. *Patent No 2580410 C1 of the Russian Federation, IPC G01R 19/00. Device for Measuring High Currents: No. 2014154526/28: Application 31.12.2014: Published 10.04.2016. P.F. Baranov, Yu.S. Borovikov, A.I. Zarevich [et al.]; Applicant "National Research Tomsk Polytechnic University". (In Russ.)*

10. Tarov D.V., Tatarinov P.S., Tatarinov V.P., et al. Electroplasticity Research Setup. *Proceedings of the LXVII International Conference*. Yekaterinburg, April 2–5, 2024. Yekaterinburg: Ural State Mining University. 2024. P. 237–238. (In Russ.)

11. *Patent CN218475800 (U), IPC Y02P 10/20. Stainless Steel Wire Shape Integrated Forming Electroplastic Drawing Pretreatment Device: 202222598739.X: appl.: 2022-09-29: publ.: 2023-02-14 / Sun Zhiyang, Cui Chunhua, Zhong Xiaojun; Application filed by Taizhou Junyu Stainless Steel Material Co Ltd.*

12. Patent CN116482149 (A), IPC G01N23/2251. Auxiliary Loading Device for in-Situ Observation of Electroplastic Effect: 202310503613.6: appl.: 2023-05-06: publ.: 2023-07-25. Yang Lipo, Liu Wenjie, Li Huaimei; Application filed by Yanshan University.

13. Patent No. 2843809 C1 of the Russian Federation, IPC G01B 11/03. Automated Laboratory Installation for Studying the Effect of Electroplasticity: No. 2024138887: Application no. 12/23/2024: Published 07/18/2025 / S.V. Dmitriev, P.S. Tatarinov, A.S. Semenov [et al.]; Applicant of the Northeastern Federal University Named after M.K. Ammosov. (In Russ.)

14. *Certificate on Official Registration of the Computer Program in Russia №2025661426. Program for Automatic Calibration, Collection and Statistical Processing of Measurement Data Using the Example of Force Measurement Using a Strain Gauge. Dmitriev S.V., Tatarinov P.S., Tatarinov V.P. [et al.]. Applicant of the Northeastern Federal University named after M.K. Ammosov. (In Russ.)*

15. Yan X., Xu X., Zhou Y., et al. Surface Electropulsing-Induced Texture Evolution in Electron Beam Melted Ti-6Al-325

4V Alloy for Biomedical Application. *Surface & Coatings Technology*. 2024. Vol. 479 P. 130509.

16. Morkina A.Y., Tarov D.V., Khalikova G.R., et al. Comparison of the Effect of Electroplasticity in Copper and Aluminum. *Facta Universitatis, Series: Mechanical Engineering*. 2024. Vol. 22. No 4. P. 615–632. <https://doi.org/10.22190/FUME240920049M>

17. Kukudzhanov K.V., Khalikova G.R., Korznikova E.A. et al. Healing of Long Fatigue Cracks in Steel Plates by High-Den-

sity Current Pulses. *Mechanics of Solids*. 2024. Vol. 59. No 5. P. 3223–3234. <https://doi.org/10.1134/S0025654424605949>

18. Morkina A.Y., Tarov D.V., Tatarinov P.S. et al. Electric Pulse Treatment of Grade 5 Titanium Alloy Plates After Bending to Reduce Springback Effect. *Mechanics of Solids*. 2025, Vol. 60. No 3. P. 2344–2352. <https://doi.org/10.1134/S0025654425601971>

### **Информация об авторах**

**П.С. Татаринов**, старший преподаватель кафедры электроэнергетики и автоматизации промышленного производства, Политехнический институт (филиал) Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, Мирный, Россия;

**В.П. Татаринов**, студент кафедры фундаментальной и прикладной математики, Политехнический институт (филиал) Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, Мирный, Россия;

**И.С. Сугопяко**, аспирант Института нефтегазового инжиниринга и цифровых технологий, инженер Центра реверсивного инжиниринга, Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия;

**А.Ю. Моркина**, аспирант кафедры технологические машины и оборудование, Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия;

**М.В. Хазимуллин**, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник лаборатории физики твердого тела, Институт физики молекул и кристаллов УФИЦ РАН, Уфа, Россия;

**Д.В. Таров**, аспирант кафедры оборудование и технологии сварки и контроля, Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия;

**Е.А. Корзникова**, доктор физико-математических наук, заведующая лабораторией металлов и сплавов при экстремальных воздействиях, Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия;

**С.В. Дмитриев**, доктор физико-математических наук, профессор кафедры оборудования и технологии сварки и контроля, Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия;

**И.А. Якушев**, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры фундаментальной и прикладной математики, Политехнический институт (филиал) Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, Мирный, Россия.

### **Information about the authors**

**P.S. Tatarinov**, Senior Lecturer of the Department of Electric Power Engineering and Industrial Automation, Polytechnic Institute (Branch) of the North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Mirny, Russia;

**V.P. Tatarinov**, Undergraduate Student of the Department of Fundamental and Applied Mathematics, Polytechnic Institute (Branch) of the North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Mirny, Russia;

**I.S. Sugonyako**, Postgraduate Student of the Institute of Oil&Gas Engineering and Digital Technology, Engineer at the Reverse Engineering Center, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia;

**A.Yu. Morkina**, Postgraduate Student of the Department of Technological Machines and Equipment, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia;

**M.V. Khazimullin**, Candidate of Sciences in Physics and Mathematics, Researcher, Institute of Molecule and Crystal Physics, UFRC RAS, Ufa, Russia;

**D.V. Tarov**, Postgraduate Student of the Department of Equipment and Technology of Welding and Control, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia;

**E.A. Korznikova**, Doctor of Sciences in Physics and Mathematics, Head of the Metals and Alloys under Extreme Impacts Laboratory, Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia;

**S.V. Dmitriev**, Doctor of Sciences in Physics and Mathematics, Professor of the Department of Welding and Control Equipment and Technologies, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia;

**I.A. Yakushev**, Candidate of Sciences in Physics and Mathematics, Associate Professor of the Department of Fundamental and Applied Mathematics, Polytechnic Institute (Branch) of the North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Mirny, Russia.