

DOI: <https://doi.org/10.26896/1028-6861-2019-85-3-59-63>

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ «ИМАШ 20-78» ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИСПЫТАНИЯМИ И ОБРАБОТКИ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

© Сергей Геннадьевич Кирилин, Валентин Владимирович Семеньчев

Ульяновский научно-технологический центр Всероссийского института авиационных материалов (УНТЦ ВИАМ), Ульяновск, Россия, e-mail: lab2viam@mail.ru

*Статья поступила 18 июня 2018 г. Поступила после доработки 8 августа 2018 г.
Принята к публикации 25 ноября 2018 г.*

Разработан электронный блок управления и сбора-передачи данных (БУСПД 01) применительно к испытательной установке ИМАШ 20-78, который может быть использован как самостоятельное устройство для управления установкой, так и совместно с компьютером. Разработано программное обеспечение, позволяющее с помощью датчиков регистрировать нагрузки, деформации, задавать скорости перемещения захватов, проводить фото- и видеосъемку с одновременным построением графиков испытаний. В результате модернизации изготовленной более тридцати лет назад установки получена практически новая испытательная машина, оснащенная современной электроникой, с широкими функциональными возможностями. В установке три стационарные стойки управления и блок с системой видеомагнитофон-монитор воспроизведения заменены блоком управления сбора-передачи данных, WEB-камерой и персональным компьютером. Сочетание в модернизированной установке надежной механики (редукторы, электродвигатели, захваты), входящей в состав исходной установки, с современной электронной техникой и программным обеспечением позволило использовать ее для качественно новых исследований. Такая установка способна проводить непрерывную запись данных о нагрузке и деформации в текстовый файл и на основании этих сведений строить график процесса, сохраняя его в файл. Видео-система контролирует весь процесс испытания при помощи WEB-камеры, установленной на микроскопе, и записывает его в файл с возможностью последующего воспроизведения, кроме того, система позволяет в любой момент времени получить фото с сохранением на компьютере. Установка опробована на образцах из металлических сплавов с различными гальваническими покрытиями и полимерных композиционных материалов. Информативность испытаний повышена — получены не только механические, но и новые характеристики исследуемых материалов.

Ключевые слова: установка ИМАШ 20-78; электронный блок управления; программное обеспечение; компьютерное управление; графики и протоколы испытаний.

UPGRADING OF “IMASH 20-78” UNIT WITH A COMPUTERIZED TEST MANAGEMENT SYSTEM AND DATA PROCESSING

© Sergey G. Kirilin, Valentin V. Semenychev

Ulyanovsk science & technology center of the All-Russian Institute of Aviation Materials (USTC VIAM), Russia, Ulyanovsk; e-mail: lab2viam@mail.ru

Received June 18, 2018. Revised August 8, 2018. Accepted November 25, 2018.

An electronic module of control and data acquisition and transmission “BUPSD 01” has been developed for the IMASH 20-78 test unit which can be used both as a stand-alone control device and in conjunction with a computer. The software has been developed that allows detecting of loads and deformations using sensors, setting the speed of the grasp movement, and carrying out photo and video shooting with simultaneous construction of test schedules. As a result of the deep modernization of the unit developed more than thirty years ago, an almost new testing machine equipped with modern electronics with a wide functionality was obtained. Three stationary control racks and module of video recorder-monitor playback system are replaced with data acquisition and transmission control module, WEB camera and personal computer. Combination of the reliable mechanics (reduction gears, electric motors, grippers), which is part of the original installation with modern electronic equipment and software, allowed using of the unit at a qualitatively new level of research. In a modernized form, the unit is capable of continuous recording of data on loading and deformation into a text file and plotting a process schedule using this information storing it in the file. The video system control the entire test process with a WEB camera mounted on a microscope and record it in a file with the possibility of subsequent playback. Moreover, the system can

take photos at any time and save them on the computer. The device has been tested in the study of the samples of metal alloys with various galvanic coatings and polymer composite materials. Information about new characteristics of the studied materials became available now in addition to the mechanical characteristics obtained earlier.

Keywords: IMASh 20-78 unit; electronic control unit; software; computer-controlled management; test schedules and reports.

Требования, предъявляемые к авиационным материалам на стадии разработки, производства и эксплуатации, крайне разнообразны и зависят от того, где они применяются [1]. Экономический рост, процветание любой страны в современном мире обусловлены в первую очередь концентрацией и степенью развития интеллектуального потенциала [2]. Многолетняя отечественная и зарубежная практика показывает, что более 80 % инновационных разработок в ведущих отраслях промышленности и секторах экономики базируется на внедрении новых материалов и технологий их производства [3]. Если в прошлом столетии стратегические интересы нашей страны представляла оборонная промышленность, то в наше время важным стратегическим направлением должна стать отечественная наука [4].

Разработка новых материалов и покрытий требует проведения глубоких системных исследований структурных и фазовых составляющих, а также механизмов разрушения на макро- и микроуровнях в условиях, приближенных к эксплуатационным [5]. Существует множество самых разнообразных методов оценки тех или иных свойств материалов, к которым следует отнести и такие жесткие, как испытания в морских субтропиках [6 – 9]. Большое внимание также уделяется оценке износостойкости материалов, особенно функциональных покрытий [10 – 12], осажденных как гальваническими способами, так и путем термического разложения металлоорганических соединений [13 – 15]. В последние годы в научно-технических изданиях появились публикации по оценке некоторых свойств материалов нетрадиционными методами, которые показали свою эффективность [16 – 18].

Среди множества способов оценки свойств материалов наиболее информативными и показательными являются механические испытания, которые позволяют оценить характеристики прочности и пластичности исследуемого материала [19 – 22]. В свое время в Киргизии была спроектирована и серийно выпускалась установка ИМАШ 20-78, которая была незаменима для научных исследований.

Широкие возможности этой установки делают ее и сегодня пригодной для исследований разрушающегося материала в широком интервале скоростей нагружения. Особенно актуальна удач-

но изготовленная механическая часть этой установки, позволяющая проводить микроскопические исследования деформируемого образца материала. Однако электронная составляющая установки устарела как морально, так и физически. Исходя из изложенного, целью явилась разработка электронного блока управления и сбора-передачи данных, а также программ компьютерного управления испытаниями и обработки полученных результатов.

Состав установки ИМАШ 20-78 до модернизации показан на рис. 1.

В качестве датчиков нагрузки и перемещения в установке используются тензометрические датчики. Двигатель установки имеет тахогенератор ТС-1М с крутизной выходного сигнала $U_{\text{вых}} = 0,03 \text{ В/об.}$ Блок управления двигателем установки — тиристорный, с нормированным сигналом управления 0 – 20 мА; видеокамера — черная, аналоговая. Запись проводили на видеоманитофон и воспроизводили на мониторе-телевизоре.

Задачи модернизации — считывание и обработка сигналов с датчиков установки, регистрация полученных данных на компьютере и выдача управляющего сигнала на двигатель, замена аналоговой видеокамеры на цифровую и запись с нее информации на компьютер. Для выполнения поставленных задач разработан и изготовлен блок управления и сбора-передачи данных БУСПД 01 [23], функциональная схема которого показана на рис. 2, где АЦП1 — аналого-цифровой преобразователь датчика нагрузки; АЦП2 — аналого-цифровой преобразователь датчика перемещения; АЦП3 — аналого-цифровой преобразователь тахогенератора; ЦАП1 — цифро-аналоговый преобразователь управления двигателем; ОПТ1 — опторазвязка АЦП датчика нагрузки; ОПТ2 — опторазвязка АЦП датчика перемещения; ОПТ3 — опторазвязка АЦП тахогенератора; ОПТ4 — опторазвязка ЦАП управления двигателем; индикатор — жидкокристаллический индикатор отображения информации; клавиатура — кнопки для ввода данных; модуль управления — управляющий микроконтроллер.

Датчики нагрузки и перемещения, а также тахогенератор двигателя подключены к аналого-цифровым преобразователям. АЦП преобразуют аналоговый сигнал в цифровой, который через

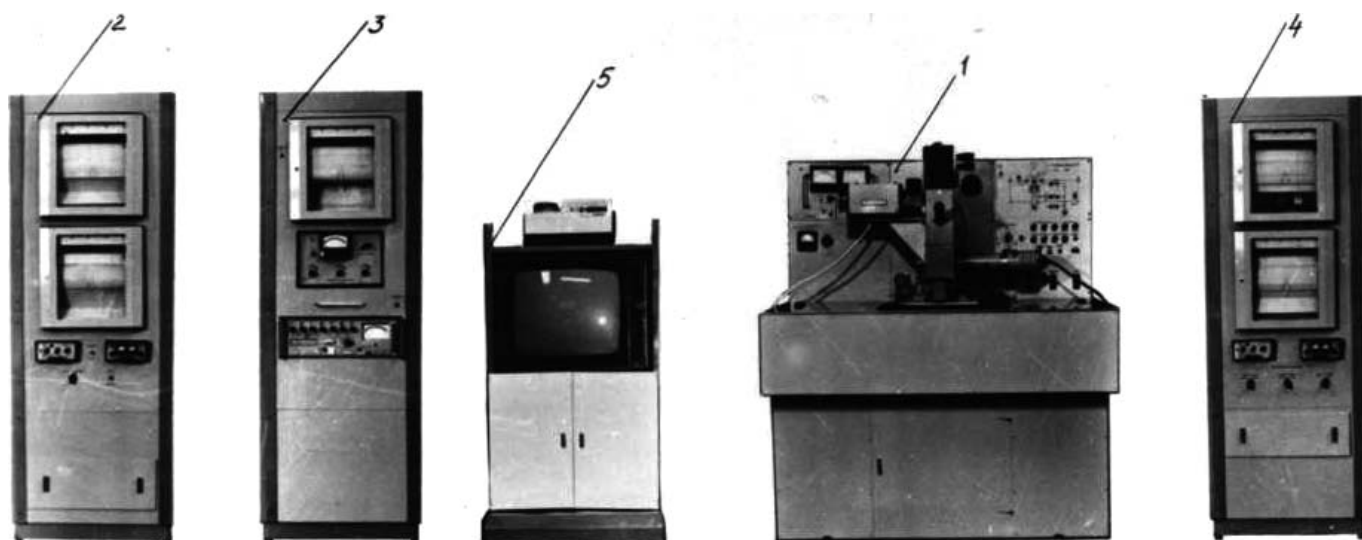


Рис. 1. Состав установки ИМАШ 20-78: 1 — разрывная машина; 2 – 4 — шкафы управления и регистрации; 5 — стойка видеорегистрации

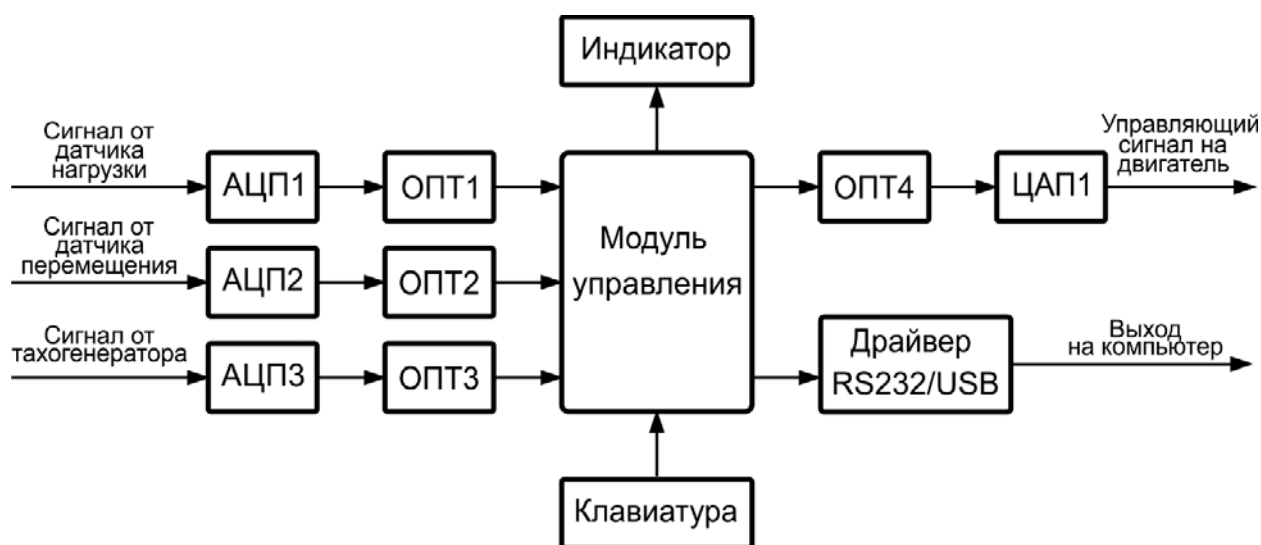


Рис. 2. Функциональная схема БУСПД 01

оптические развязки поступает на управляющий микроконтроллер. Последний обрабатывает поступившие данные и вырабатывает в соответствии с заданной программой управляющий сигнал, который через оптическую развязку поступает на цифроаналоговый преобразователь. ЦАП преобразует цифровой сигнал в аналоговый (0 – 20 мА). Этот аналоговый сигнал подается на блок управления двигателем установки ИМАШ 20-78.

К микроконтроллеру подключены также жидкокристаллический индикатор для отображения информации о текущей нагрузке, перемещении, режимах работы и клавиатура для ввода значений параметров и переключения режимов работы блока. При помощи блока управления можно проводить тарировку датчиков нагрузки и пере-

мещения с записью тарифовочных данных во внутреннюю память микроконтроллера.

В модуле управления блока применен микроконтроллер фирмы Microchip PIC18F4520. В качестве АЦП использованы 24-разрядные аналого-цифровые преобразователи фирмы Analog Devices AD7791.

Блок управления работает в двух режимах.

1. *Автономный режим* — все управление установкой происходит непосредственно от блока. Недостаток этого режима — нет регистрации данных о происходящем процессе. Весь процесс можно наблюдать только визуально по информации на жидкокристаллическом индикаторе.

2. *Работа под управлением компьютера* — блок управления при помощи драйвера RS232/USB подключен к порту USB компьютера,

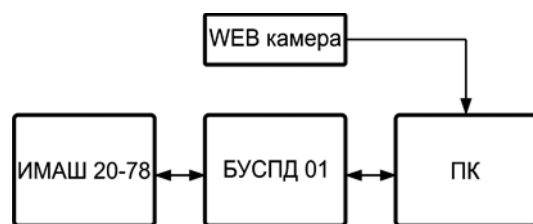


Рис. 3. Функциональная схема модернизированной установки ИМАШ 20-78

на котором установлена управляющая программа. Сам блок служит для оцифровки аналоговых данных с датчиков и передачи этих данных на компьютер, а также для преобразования команд от компьютера в аналоговый сигнал управления двигателем. В этом режиме возможна регистрация данных процесса, поступивших от датчиков нагрузки и перемещения, на компьютере.

Для работы под управлением компьютера написана программа [24], которая обрабатывает цифровые данные датчиков нагрузки, перемещения и тахогенератора и выдает управляющий сигнал на БУСПД 01 для управления двигателем установки.

Программа позволяет:

ежесекундно записывать в текстовый файл данные о нагрузке и перемещении;

строить на основании этих данных график процесса и сохранять его в файл;

контролировать весь процесс испытания при помощи WEB-камеры, установленной на микроскопе, и записывать видео испытания образца в файл;

делать фото в любой момент времени с сохранением на компьютере;

проводить тарировку датчиков нагрузки и перемещения с записью данных в файл.

Функциональная схема модернизированной установки показана на рис. 3, где ИМАШ 20-78 — разрывная машина установки; БУСПД 01 — блок управления и сбора-передачи данных; WEB-камера — видеокамера, установленная на микроскопе установки; ПК — управляющий компьютер.

В результате проведенной работы по модернизации установки ИМАШ 20-78 старые шкафы управления и стойка видеорегистрации были заменены на один блок управления БУСПД 01 и компьютер. Стало возможным наблюдать процесс испытания на мониторе компьютера в реальном времени, а также сохранять все результаты испытания для их последующей обработки и анализа.

Установку ИМАШ 20-78 благодаря ее модернизации с применением современных средств контроля и управления вновь используют для

проведения испытаний как металлических, так и неметаллических образцов разрабатываемых материалов, при этом возможности установки значительно расширены.

Работа выполнена в рамках реализации комплексного научного направления 17.2: Шликерные, газодинамические и комбинированные покрытия для деталей из углеродистых сталей, в том числе высокопрочных («Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года») [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Каблов Е. Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года / *Авиационные материалы и технологии*. 2012. № S. С. 7 – 17.
2. Каблов Е. Н. Тенденции и ориентиры инновационного развития России / *Сб. науч.-информац. материалов*. 3-е изд. — М.: ВИАМ, 2015. — 720 с.
3. История авиационного материаловедения. ВИАМ — 80 лет: годы и люди / Под общ. ред. Е. Н. Каблова. — М.: ВИАМ, 2012. — 520 с.
4. Каблов Е. Н. Материалы для изделия «Буран» — инновационные решения формирования шестого технологического уклада / *Авиационные материалы и технологии*. 2013. № S1. С. 3 – 9.
5. Орлов М. Р. Стратегические направления развития испытательного центра ФГУП ВИАМ / *Авиационные материалы и технологии*. 2012. № S. С. 387 – 393.
6. Жирнов А. Д., Семеньчев В. В., Хольшев С. И. Испытание авиационных материалов в условиях морского субтропического климата: Методическое руководство. — М.: ВИАМ, 1987. — 48 с.
7. Семеньчев В. В. Коррозионная стойкость листов сплава Д164Т в морских субтропиках / *Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн.* 2014. № 7. <http://www.viam-works.ru> (дата обращения 21.11.2016). DOI: 10.18577/2307-6046-2014-0-7-11-11.
8. Семеньчев В. В. Деградация прочностных и усталостных характеристик сплавов системы Al – Cu – Mg после длительных коррозионных испытаний в морских субтропиках / *Технология легких сплавов*. 2015. № 1. С. 62 – 69.
9. Семеньчев В. В. Коррозионная стойкость образцов сплава 1201 в морских субтропиках / *Коррозия: материалы, защита*. 2015. № 3. С. 1 – 5.
10. Салахова Р. К., Семеньчев В. В. Износостойкость хромовых покрытий, сформированных в трехвалентных электролитах в присутствии наноразмерных частиц оксидов металлов / *Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С. П. Королева*. 2011. № 3(27). Ч. 1. С. 294 – 298.
11. Панарин А. В., Семеньчев В. В. Оценка триботехнических характеристик карбидохромового покрытия / *Физика и химия обработки материалов*. 2016. № 5. С. 65 – 70.
12. Семеньчев В. В., Смирнова Т. Б. Оценка коррозионной стойкости защитных и функциональных покрытий с помощью измерителя скорости коррозии / *Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн.* 2016. № 6. С. 12. <http://www.viam-works.ru> (дата обращения 21. 11. 2016). DOI: 10.18577/2307-6046-2016-0-6-12-12.
13. Тюриков Е. В., Ильин В. А., Семеньчев В. В. О роли наноразмерных частиц оксида алюминия в саморегулирующемся электролите хромирования / *Известия Самарского научного центра РАН*. 2012. Т. 14. № 4(3). С. 208 – 807.
14. Семеньчев В. В., Нагаев В. В. Гальванические покрытия на основе цинка, полученные из электролитов, содержащих соли никеля или кобальта и нанопорошки оксидов и карби-

- дов / Известия Самарского научного центра РАН. Специализированный выпуск. 2008. Т. 1. С. 29 – 32.
15. **Коселев В. Н., Семенychев В. В., Панарин А. В.** Экологически безопасный технологический процесс нанесения защитных пиролитических алюминиевых покрытий без наводороживания стальной подложки / Известия Самарского научного центра РАН. Специализированный выпуск. 2008. Т. 1. С. 18 – 23.
 16. **Семенychев В. В., Салахова Р. К.** Склерометрия как метод оценки интенсивности межкристаллитной коррозии / Коррозия: материалы, защита. 2015. № 12. С. 37 – 41.
 17. **Старцев О. В., Медведев И. М., Курс М. Г.** Твердость как индикатор коррозии алюминиевых сплавов в морских условиях / Авиационные материалы и технологии. 2012. № 3. С. 16 – 18.
 18. **Семенychев В. В., Панарин А. В.** Применение склерометрии для повышения информативности измеряемых характеристик хромовых и никелевых покрытий / Новости материаловедения. Наука и техника. 2016. № 3. С. 37 – 45.
 19. **Вульф Б. К., Ромадин К. П.** Авиационное материаловедение. — М: Машиностроение, 1967. — 391 с.
 20. **Семенychев В. В., Салахова Р. К.** Характеристики разрушения алюминиевых сплавов при малых скоростях деформации в нормальных и агрессивных условиях / Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2015. Т. 81. № 8. С. 50 – 53.
 21. **Глазунов С. Г., Важенин С. Ф., Зюков-Батырев Г. Д., Ратнер Я. Л.** Применение титана в народном хозяйстве. — Киев: Техника, 1975. — 200 с.
 22. **Гутман Э. М.** Механохимия металлов и защита от коррозии. — М.: Металлургия, 1981. — 271 с.
 23. **Белов А. В.** Конструирование устройств на микроконтроллерах. — СПб.: Наука и техника, 2005. — 256 с.
 24. **Архангельский А. Я.** Программирование в C++ Builder5. — М.: БИНОМ, 2000. — 1152 с.
 8. **Semenychev V. V.** Degradation of strength and fatigue characteristics of alloys of the Al – Cu – Mg system after long corrosion tests in the marine subtropics / Tekhnol. Leg. Splavov. 2015. N 1. P. 62 – 69 [in Russian].
 9. **Semenychev V. V.** Corrosion resistance of samples of alloy 1201 in the marine subtropics / Korroz. Mater. Zashch. 2015. N 3. P. 1 – 5 [in Russian].
 10. **Salakhova R. K., Semenychev V. V.** Wear resistance of chromium coatings formed in trivalent electrolytes in the presence of nanoscale metal oxide particles / Vestn. Samar. Gos. Aëro-kosm. Univ. im. Akad. S. P. Koroleva. 2011. N 3(27). Part 1. P. 294 – 298 [in Russian].
 11. **Panarin A. V., Semenychev V. V.** Estimation of tribotechnical characteristics of carbide chrome coating / Fiz. Khim. Obrab. Mater. 2016. N 5. P. 65 – 70 [in Russian].
 12. **Semenychev V. V., Smirnova T. B.** Estimation of the corrosion resistance of protective and functional coatings using a corrosion rate meter / Trudy VIAM. Élektron. Nauch.-Tekhn. Zh. 2016. N 6. P. 12. <http://www.viam-works.ru> (accessed 21. 11. 2016). DOI: 10.18577/2307-6046-2016-0-6-12-12.
 13. **Tyurikov E. V., Ilin V. A., Semenychev V. V.** The role of nano-sized aluminum oxide particles in a self-regulating chromium electrolyte / Izv. Samar. Nauch. Tsentra RAN. 2012. Vol. 14. N 4(3). P. 208 – 807 [in Russian].
 14. **Semenychev V. V., Nagaev V. V.** Galvanic coatings based on zinc, obtained from electrolytes containing salts of nickel or cobalt and nanopowders of oxides and carbides / Izv. Samar. Nauch. Tsentra RAN. Spec. Issue. 2008. Vol. 1. P. 29 – 32 [in Russian].
 15. **Koshelev V. N., Semenychev V. V., Panarin A. V.** Ecologically safe technological process of applying protective pyrolytic aluminum coatings without hydrogenation of the steel substrate / Izv. Samar. Nauch. Tsentra RAN. Spec. Issue. 2008. Vol. 1. P. 18 – 23.
 16. **Semenychev V. V., Salakhova R. K.** Sclerometry as a method for estimating the intensity of intergranular corrosion / Korroz. Mater. Zashch. 2015. N 12. P. 37 – 41.
 17. **Startsev O. V., Medvedev I. M., Kurs M. G.** Hardness as an indicator of corrosion of aluminum alloys in marine conditions / Aviats. Mater. Tekhnol. 2012. N 3. P. 16 – 18.
 18. **Semenychev V. V., Panarin A. V.** Application of sclerometry to increase the information content of the measured characteristics of chrome and nickel coatings / Nov. Materialoved. Nauka Tekhn. 2016. N 3. P. 37 – 45 [in Russian].
 19. **Vulf B. K., Romadin K. P.** Aviation Materials Science. — Moscow: Mashinostroenie, 1967. — 391 p. [in Russian].
 20. **Semenychev V. V., Salakhova R. K.** Characteristics of destruction of aluminum alloys at low strain rates under normal and aggressive conditions / Zavod. Lab. Diagn. Mater. 2015. Vol. 81. N 8. P. 50 – 53 [in Russian].
 21. **Glazunov S. G., Vazhenin S. F., Zyukov-Batyrev G. D., Ratner Ya. L.** Application of titanium in the national economy. — Kiev: Tekhnika, 1975. — 200 p. [in Russian].
 22. **Gutman É. M.** Mechanochemistry of metals and corrosion protection. — Moscow: Metallurgiya, 1981. — 271 p. [in Russian].
 23. **Belov A. V.** Designing devices on microcontrollers. — St. Petersburg: Nauka i tekhnika, 2005. — 256 p. [in Russian].
 24. **Arkhangel'skii A. Ya.** Programming in C++ Builder5. — Moscow: BINOM, 2000. — 1152 p. [in Russian].

REFERENCES