

ӘЛ-ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ  
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АЛЬ-ФАРАБИ  
AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY

ҚАЗАҚСТАНДЫҚ ФИЗИКАЛЫҚ ҚОҒАМ  
КАЗАХСТАНСКОЕ ФИЗИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО  
KAZAKH PHYSICAL SOCIETY

АЗИЯ-ТЫНЫҚ МҰХИТ ТЕОРИЯЛЫҚ ФИЗИКА ОРТАЛЫҒЫ  
АЗИАТСКО-ТИХООКЕАНСКИЙ ЦЕНТР ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ  
ASIA-PACIFIC CENTER FOR THEORETICAL PHYSICS

---

V ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ФАРАБИ ОҚУЛАРЫ  
Алматы, Қазақстан, 3-13 сәуір 2018 жыл

ӘБДІЛДИН ОҚУЛАРЫ:  
ЗАМАНАУИ ФИЗИКАНЫҢ КӨКЕЙКЕСТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ

ҚР ҰҒА академигі Әбділдин Мейірхан Мұбаракұлының  
80 жылдығына арналған халықаралық ғылыми конференция  
МАТЕРИАЛДАРЫ  
Алматы, Қазақстан 12-15 сәуір 2018 ж.

V МЕЖДУНАРОДНЫЕ ФАРАБИЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ  
Алматы, Казахстан, 3-13 апреля 2018 г.

АБДИЛЬДИНСКИЕ ЧТЕНИЯ:  
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ

МАТЕРИАЛЫ  
международной научной  
конференции, посвященной 80-летию  
академика НАН РК Абдильдина Мейрхан Мубаракovichа  
Алматы, Казахстан, 12-15 апреля 2018 г.

V INTERNATIONAL FARABI READINGS  
Almaty, Kazakhstan, 3-13 April, 2018

ABDILDIN READINGS:  
ACTUAL PROBLEMS OF MODERN PHYSICS

MATERIALS  
of the International Scientific  
conference dedicated to the 80th anniversary of  
Academician of the NAS RK  
Abdildin Meirkhan Mubarakovich  
Almaty, Kazakhstan, April 12-15, 2018

Алматы  
«Қазақ университеті»  
2018

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Петров Д.П., Филиппов Н.В., Филиппова Т.И., Храбров В.А. Мощный импульсный газовый разряд в камерах с проводящими стенками // В сб. Физика плазмы и проблемы управляемых термоядерных реакций. – Изд. АН СССР. – 1958. – Т. 4. – С. 170-181.
2. Mather J.W. Formation of the high-density deuterium plasma focus // Phys. Fluids. – 1965. – Vol. 8. – P. 366.
3. Filippov N.V., Filippova T.I., Khutoretskaia I.V., Mialton V.V., Vinogradov V.P. Megajoule Scale Plasma Focus as Efficient X-ray Source // Physics Letters A. – 1996. – № 211. – P. 168-171.
4. Gribkov V.A. Feasibility study for developing a hybrid reactor, based on the DPP – device // Atomkernenergie / Kerntechnik. – 1980. – Vol. 36, No3. – P.167.
5. Lerner E.J., Murali S.K. and Napoub A. Theory and Experimental Program for p-B<sup>11</sup> Fusion with the Dense Plasma Focus // Journal of Fusion Energy. – 2011. – Vol. 30, Is.5. – P. 367-376.
6. Zakauallah M., Alamgir K., Shafiq M. Low-energy plasma focus as a Tailored X-ray source // Journal of Fusion Energy. – 2000. – Vol. 19, No. 2, – P. 143.
7. Baimbetov F.B., Zhukeshov A.M. and Amrenova A.U. Dynamics of Plasma Flow Formation in a Pulsed Accelerator Operating at a Constant Pressure // Technical Physics Letters. – 2007. – Vol. 33, No. 1. – P. 77–79.
8. Zhukeshov A. M., Amrenova A.U., Gabdullina A.T., Ibraev B.M. A plasma Formation in Pulsed Coaxial Gun at Continuously Filling Regime // American Journal of Physics and Applications. – 2013. – Vol. 1, No. 1. – P. 5-9.

## ТЕХНОЛОГИЯ МОДИФИКАЦИИ МАТЕРИАЛОВ ДУГОВОЙ ПЛАЗМОЙ И ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ВАКУУМНОЙ СИСТЕМЫ

Жукешов А.М., Габдуллина А.Т., Амренова А.У., Мухамедрыскызы М., Фермахан К., Молдабеков Ж.М., Серик К., Кадыр Е.

ННЛОТ КазНУ им. аль-Фараби

Одним из актуальных задач программы «цифровизации» страны является решение проблемы «4-ой промышленной революции», т.е. автоматизация и роботизация технологических процессов. В данной статье даются результаты уже сделанной работы и перспективы ее развития с учетом указанного тренда.

Среди разнообразных методов вакуумно-плазменной модификации поверхности наиболее отработанными можно считать технологии магнетронной и дуговой обработки [1]. Однако они имеют ряд особенностей, таких как малая площадь обработки и низкая скорость напыления, что ограничивает их возможности для применения в индустрии в промышленных масштабах. В последнее время в мире активно разрабатываются импульсные системы плазменной обработки, от которых ожидают более эффективных результатов [2]. Методика обработки основана на быстром энергетическом воздействии плазменных потоков на поверхностные слои материала [3]. При эрозии электрода, в определенном режиме работы установки, создается плазма соответствующего материалу электрода состава, что позволяет использовать этот процесс для напыления металла на различные материалы. Некоторые виды новых покрытий из композитных материалов (мультикатоды) невозможно получить другими способами [4]. Импульсные технологии, ввиду своих уникальных возможностей, позволяют создавать новые материалы с заданными свойствами, и имеют ощутимые преимущества по сравнению с другими методами [5].

В предыдущие годы авторами были созданы различные вакуумные установки, разработаны уникальные технологии импульсного вакуумно-дугового напыления и плазменной обработки. В 2009-2010 гг. была разработана технология улучшения физико-механических свойств конструкционных материалов основе перспективного метода – импульсной плазменной обработки поверхности с применением потоков плазмы, получаемых на электродинамических ускорителях большой мощности. Эти технологии апробированы и показали высокую эффективность для упрочнения материалов и создания покрытий [6-10]. В 2012- 2014 г. в рамках проекта «Разработка систем управления и контроля для перспективных вакуумных технологических установок» была разработана технологическая установка вакуумный дуговой ускоритель (ВДУ) и проведены предварительные работы по ее автоматизации с участием студентов кружка «Вакуумная техника и технология» (рисунок 1).

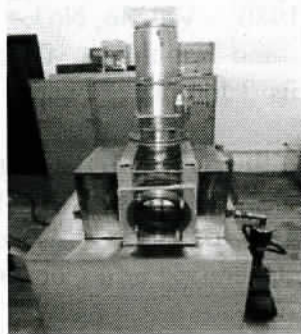


Рисунок 1. Вакуумная импульсная дуговая установка

Для управления работой вакуумной части была разработана система коммутации вакуума на базе микроконтроллера ATMEL, управляемая в среде Android через Bluetooth. Однако в данной схеме не было обратной связи датчика давления с центральным процессором (ЦП), что не позволяло поддерживать вакуум на заданном уровне. Кроме того, неприспособленная в промышленном использовании система не позволяла сделать полную схему автоматизации. Был сделан вывод, что для обеспечения совместимости среды разработки с передовым вакуумным оборудованием западных производителей, необходимо использовать промышленные микроконтроллеры и стандартные шины управления.

Исходным принципом является разработка блочной системы, в котором основной контроль параметров системы осуществляется с помощью ПК, а непосредственное управление исполнительными механизмами и технологической оснасткой осуществляется через микроконтроллеры, расположенные в блоке управления. В качестве интерфейса между компьютером и блоком управления выбрана стандартная промышленная шина RS 485.

В первую очередь разработана блочная схема блока управления, на которой обозначены основные блоки и их взаимодействие (рисунок 3.1) Исходными параметрами для проектирования являются следующие основные спецификации системы:

- питание сети 380 В, три фазы;
- питание микроконтроллеров, датчиков и реле постоянное 24В;
- питание напылителей постоянное 400 В, 15 А
- смещение -500 В;
- разрядность ЦАП -10р, АЦП- 10 р;
- 485 – витая пара

На основе блок схемы разработаны решения для отдельных узлов системы. На следующем рисунке (рисунок 2) показан пример использования интерфейса 485 для организации управления клапанами и датчиками. Панель оператора (в данном случае СП 270) устанавливается непосредственно на технологической установке для удобства обслуживания.

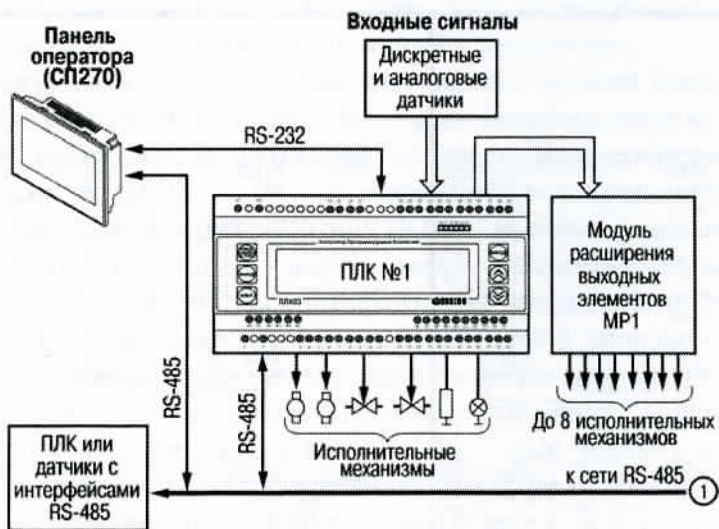


Рисунок 2 - Пример организации управления вакуумной системой через интерфейс 485

На основании модельных разработок отдельных частей построена общая принципиальная схема блока управления, а часть системы ввода-вывода показана на фрагменте на рисунке 3. Ввод-вывод системы управления реализован на микроконтроллерах Owen MB110 (рисунок 3). MB110 работает в сети RS-485 по протоколам OVEN, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON. MB110 не является Мастером сети, поэтому сеть RS-485 должна иметь Мастер сети, в данном случае ПК, с запущенной на нем SCADA-системой регулирования. Конфигурирование MB110 осуществляется на ПК через адаптер интерфейса RS-485/RS-232 с помощью программы «Конфигуратор M110», входящей в комплект поставки. В схеме используются два устройства ввода/вывода – это 16 входовой шифратор Д16 и релейный коммутатор Р16. Д16 служит для сбора данных со встроенных дискретных входов с передачей их в сеть RS-485. Встроенные дискретные входы могут работать в режиме счетчиков импульсов частотой до 1 кГц. Прибор Р16 предназначен для управления по сигналам из сети RS-485 встроенными дискретными выходными элементами (ВЭ), используемыми для подключения исполнительных механизмов с дискретным управлением. Встроенные ВЭ могут работать в режиме ШИМ. Прибор оснащен шестнадцатью однотипными дискретными ВЭ следующих типов: реле (маркировка Р). Каждый выход МУ110 способен работать в режиме генерирования сигнала ШИМ, независимо от остальных выходов. Управление ВЭ осуществляется по сети RS-485 от ПК. Электромагнитное реле позволяет подключать нагрузку с максимально допустимым током 3 А при напряжении 250 В 50 Гц или 3 А при постоянном напряжении 30 В. К данным микросхемам подключены выходы от клапанов вакуумной системы, реле включения вакуумных насосов и другое коммутируемое оборудование.

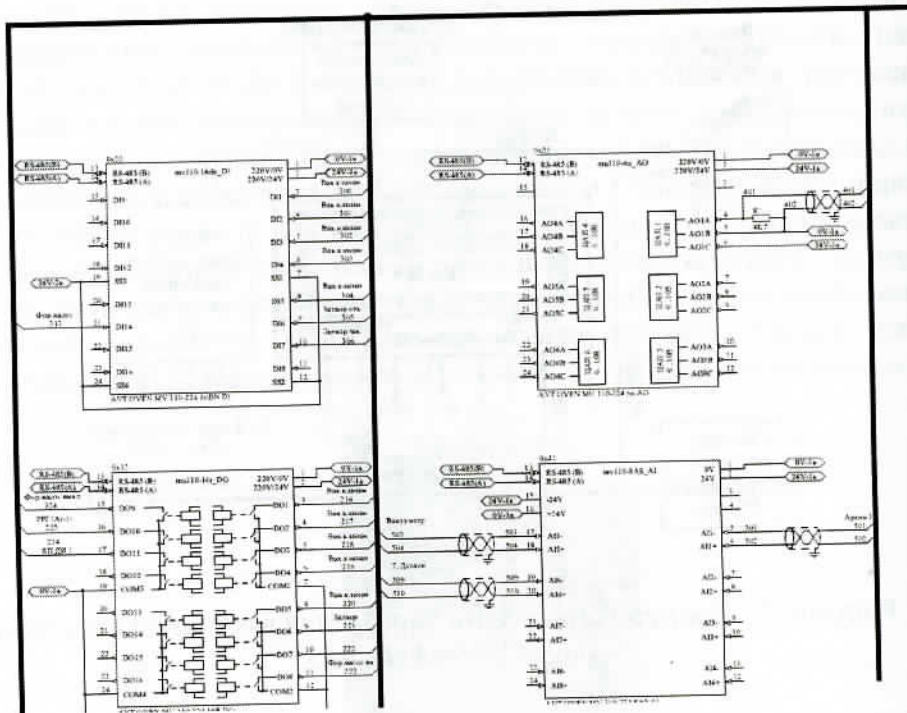


Рисунок 3 - Управление вводом-выводом вакуумной системы

На этом же рисунке 3 показаны микросхемы 6U и 8AS. Первый прибор предназначен для преобразования цифровых сигналов, передаваемых по сети RS-485, в аналоговые сигналы диапазоном от 0 до 10 В для управления регулятором газа РРГ-10. Второй прибор предназначен для преобразования аналоговых сигналов от аналоговых вакуумметров и РРГ-10 в цифровой код и передачи результатов измерения в сеть RS-485. Аналоговые входы прибора могут работать в следующих режимах: – измерение тока в диапазоне от 4 до 20 мА; – измерение тока в диапазоне от 0 до 20 мА; – измерение тока в диапазоне от 0 до 5 мА; – измерение напряжения в диапазоне от 0 до 10 В. В данной схеме использован последний режим.

Далее разработана система коммутации и измерения вакуума управление которыми осуществляется через микроконтроллер аналогично вышеописанной схеме. Основные исполнительные элементы – шесть клапанов, управляемых через реле К17-К22, а также форвакуумный и диффузионный насосы, источники питания. Используются аналоговый вакуумметр для измерения уровня вакуума, в данном случае аналоговый выход FGR-720, а также регулятор газового потока РРГ-10, служащий для напуска рабочего газа в технологическую камеру. В схему также включен усилитель-преобразователь АДАМС для термопары, предназначенный для измерения температуры в камере во время технологического процесса. Наконец, разработаны схемы питающих цепей и шин ПК. Питание 24 В для микроконтроллеров и реле подается через блок питания БП-24-1, а питание технологической оснастки (ускорителя дуги) поджигается через БП дуги, имеющий порт управления через шину 485.

Реализация в «железе» данной схемы преподнесла «сюрпризы», связанные с трудностью разработки кода для измерительного и исполнительного оборудования, особенно регуляторов потока газа. В этой связи, решено сделать частичный переход на мультикомпонентную систему, и для некоторой части оборудования, управляемых по более быстрым шинам, вернуться к системе свободного программирования. Тем более, что в этой системе возможно использование уже нескольких интерфейсов, как обычных, так и беспроводных, а также

внедрение управления через интернет в будущем. Однако вопрос об устойчивости данной системы и ее надежности все еще требует испытаний и разработок.

По работе вакуумной дуговой установки можно сделать следующие перспективы. Работа ВДУ в стабильном режиме возможна при напряжении на аноде выше 50 В и с рабочими токами 40-120 А при достижении вакуума  $7 \cdot 10^{-3}$  мм.рт.ст. Вакуумная дуга уникальна тем, что весь достаточно высокий (100А и более) разрядный ток концентрируется на катоде в микроскопических ( $\sim 10$  мкм) катодных пятнах (КП), в которых плотности тока и мощности, концентрация и давление образующейся плазмы может достигать супервысоких значений:  $100$  МА/см<sup>2</sup> и  $10^9$  Вт/см<sup>2</sup>,  $10^{20}$  см<sup>-3</sup> и  $10^{10}$  Па соответственно при длительности существования КП  $\sim 10^{-7}$  с. Таким образом, отдельное КП представляет собой мощный микроскопический и короткоживущий микрореактор, обеспечивающий мощную генерацию как ионизированного пара материала катода, так и генерацию сопутствующих микрокапель из области супервысоких давлений и температур в вакуум. Подобные условия являются чрезвычайно благоприятными для производства нанопорошков. В отличие от других способов их производства, где обеспечение приемлемых условий является одной из самых основных и труднореализуемых задач, в случае вакуумной дуги эти условия предоставлены самой природой.

По сравнению с существующими аналогами, есть существенные преимущества данного метода. Так, для производства порошка методом взрыва проволочек требуется проволока диаметром 0,2-0,4 мм, а получение частиц менее 100 нм проблематично. Другие методы, основанные на испарении и конденсации, требуют особых методов нагрева металла и наличия химических реагентов, прекурсоров и т.д. Предложенный способ производства нанопорошков в вакуумной дуге обладает большей технологичностью и производительностью (которая может увеличиваться неограниченно при увеличении тока дуги), а также не требует использования потоков газа-прекурсора и охлаждающего газа в сравнении с другими плазменными и лазерными методами производства. Кроме того, процесс производства нанопорошков происходит в вакуумных условиях, что гарантирует высокое качество продукта. Полученные с помощью данной технологии наноструктурированные, упрочняющие слои уникальны по своим свойствам и не могут быть получены другими способами. импульсные вакуумно-дуговые ускорители являются новым словом в технологии получения наноматериалов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Lieberman M.A., Lichtenberg A.G. Principles of plasma discharges and materials processing. John Wiley & Sons Inc., New York, 1994, 450 p.
2. Piekoszewski J e.a. Present status and future of pulsed plasma processing of materials in SINS // Nucleonica. – 2000. - 45 (3). – С.193-197.
3. Tereshin V.I. at al. Pulsed plasma accelerators of different gas ions for surface modification. // Rev. Sci. Instrum. – 2002. -V.73. - №2. - P.1- 3.
4. Yan P. X., Yang S. Z., Li B. and Chen X. S. High power density pulsed plasma eposition of titanium carbonitride. // J. Vac. Sci. Technol. A 1996 Volume 14, Issue 1, pp. 115-117.
5. Chebotarev V.V., Garkusha I.E., Langner J. at al. Surface structure changes induced by pulsed plasma streams processing. Problems of atomic science and technology. //Series: Plasma physics. -1999. - №3(3). - P.273-275
6. Жукешов А.М., Габдуллина А.Т., Пак С.П., Амренова А.У., Кайбар А., Кульжанова С.К. Принципы разработки вакуумных систем для плазменных приложений /Вестник КазНУ, № 1(40), 2012. - С. 28-32
7. Zhukeshov A.M., Gabdullina A.T., Amrenova A.U., S.P. Pak. Structure and microhardness

Шов А.М., Габдуллина А.Т., Амренова А.У., Мухамедрыскызы М., Шахан К., Молдабеков Ж.М., Серик К., Кадыр Е. Технология модификации кристаллов дуговой плазмой и проблемы автоматизации вакуумной системы	219
Муханов Ж., Досболаев М.Қ., Тажен А.Б., Утегенов А.У., Рамазанов Т.С. Образование углеродных наночастиц на поверхности металлов в импульсном переменном потоке	224
Утегенова С.А., Туякбаев А.А., Муканова А.М. Электронная система для контактного измерения температуры обмоток статора турбогенераторов большой мощности	226
Утегенов В.Н., Жаврин Ю.И., Федоренко О.В., Мукамеденкызы В. Возникновение нелинейных колебательных возмущений при диффузии газа и бинарной смеси различными молекулярными массами в вертикальных каналах	229
Утегенова М.С., Красиков С.А., Асембаева М.К., Федоренко О.В. Моделирование разделения газовой смеси на компоненты в зависимости от температуры	234
Утегенов S. K., Khamitov M.Kh., Ispulov N.A. To the question of applying of the method of the matrixant in solving the problem of the thermoelasticity in anisotropic materials	238
Утегенова К.М., Ахмадиев Б.А., Наушарбан Ж. К., Секербаяева Г.К. Тік бағаласқан жылуалмастырғыштардағы жылу алмасу үрдістерін зерттеу	243
Утегенов Т., Сембиева А. II - ші мұз түрінің 300 мпа, 500 мпа, 750 мпа қысымдардағы жылулық көлемдік ұлғаю коэффициентінің температураға тәуелділігі	247

**МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИКА, ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА И БИОФИЗИКА**

Утегенов А.С. Исследовательский программный комплекс для компьютерной маммографии и маммографии	251
Утегенов С.Т., Аблайханова Н.Т. Анализ хроноструктурных параметров точной динамики оптических свойств биообъектов в норме и при стрессе	252
Утегенов И. Купчишиш, Б.А. Тронин, К. Шаханов. Изучение распределений по глубине интенсивности пучка электронов в теле обрабатываемой медицинской продукции	258
Утегенов С.К., Жукунов М.К. Энергетические коэффициенты отражения и преломления электромагнитных волн на границе изотропной среды и анизотропной среды с магнитоэлектрическим эффектом	262