

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

Главный редактор  
Б. Е. Патон

Ученые ИЭС им. Е. О. Патона  
д.т.н. С. И. Кучук-Яценко (зам. гл. ред.),  
д.т.н. В. Н. Липодаев (зам. гл. ред.),  
д.т.н. Ю. С. Борисов,  
д.т.н. Г. М. Григоренко,  
к.ф.-м.н. А. Т. Зельниченко,  
д.т.н. В. В. Кныш,  
д.т.н. И. В. Кривцун, д.т.н. Ю. Н. Ланкин,  
д.т.н. Л. М. Лобанов,  
д.т.н. В. Д. Позняков,  
д.т.н. И. А. Рябцев, д.т.н. К. А. Ющенко  
Т. В. Юштина (отв. секр.)

Ученые университетов Украины  
д.т.н. В. В. Дмитрик, НТУ «ХПИ», Харьков,  
д.т.н. В. В. Квасницкий,  
НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского», Киев,  
к.т.н. Е. П. Чвертко,  
НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского», Киев,  
д.т.н. М. М. Студент, Физ.-механ. ин-т  
им. Г. В. Карпенко НАНУ, Львов

Зарубежные ученые  
д.т.н. Н. П. Алешин  
МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, РФ  
д.т.н. Гуань Цяо  
Ин-т авиационных технологий, Пекин, Китай  
д.х.н. М. Зиниград  
Ун-т Ариэля, Израиль  
д.т.н. В. И. Лысак  
Волгоградский гос. техн. ун-т, РФ  
д-р инж. У. Райсген  
Ин-т сварки и соединений, Аахен, Германия  
д.т.н. Я. Пилярчик  
Ин-т сварки, Гливице, Польша  
д.т.н. Г. А. Туричин  
С.-Петербургский гос. политехн. ун-т, РФ

Адрес редакции  
ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ  
03150, Украина, Киев-150,  
ул. Казимира Малевича, 11  
Тел.: (38044) 200 6302, 200 8277  
Факс: (38044) 200 5484, 200 8277  
E-mail: journal@paton.kiev.ua  
www.patonpublishinghouse.com

Учредители  
Национальная академия наук Украины,  
ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ,  
МА «Сварка» (издатель)

Свидетельство о государственной  
регистрации КВ 4788 от 09.01.2001  
ISSN 0005-111X  
DOI: <http://dx.doi.org/10.15407/as>

Рекомендовано к печати  
редакционной коллегией журнала

Журнал входит в перечень утвержденных  
Министерством образования и науки  
Украины изданий для публикации трудов  
соискателей ученых степеней

За содержание рекламных материалов  
редакция журнала ответственности не несет

Цена договорная  
Подписной индекс 70031

Издается ежемесячно

**СОДЕРЖАНИЕ**

Опытному заводу сварочного оборудования  
ИЭС им. Е. О. Патона — 60! ..... 3

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

Скульский В. Ю., Стрижиус Г. Н., Нимко М. А., Гаврик А. Р.,  
Кантор А. Г., Коноваленко А. В. Сопротивление замед-  
ленному разрушению сварных соединений роторной стали  
25X2НМФА после повторного сварочного нагрева ..... 9

Покляцкий А. Г., Мотрунич С. И. Прочность сварных  
соединений термоупрочненных алюминиевых сплавов  
при сварке ТИГ и сварке трением с перемешиванием ..... 17

Размышляев А. Д., Агеева М. В., Лаврова Е. В. Измель-  
чение структуры металла при дуговой наплавке  
под воздействием продольного магнитного поля ..... 25

**ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ**

Райсген У., Стейн Л. Соединения высокой прочности  
из сталей и других материалов при сварке различ-  
ными способами ..... 29

Рябцев И. А., Кныш В. В., Бабинец А. А., Соловей С. А.,  
Сенченков И. К. Методики и образцы для сравнитель-  
ных исследований сопротивления усталости деталей  
с многослойной наплавкой ..... 36

Дегтярев В. А. Методы оценки повышения сопротив-  
ления усталости стыковых сварных соединений низко-  
углеродистых сталей после высокочастотной меха-  
нической проковки ..... 43

Губатюк Р. С. Термическая обработка сварных соеди-  
нений высокопрочных железнодорожных рельсов  
(Обзор) ..... 51

**Информация**

Сварочный тренажер Virtual Welding компании Fronius:  
обучение сварке с персональным инструктором ..... 61

Научные школы сварочного факультета Национального  
технического университета Украины «Киевский поли-  
технический институт имени Игоря Сикорского» ..... 63

Календарь выставок и конференций в 2019 г. .... 71

# Автоматичне Зварювання

# Avtomaticheskaya Svarka (Automatic Welding)

Видається 12 разів на рік з 1948 р.

Published 12 times per year since 1948

Головний редактор **Б. Є. Патон**

Editor-in-Chief **B. E. Paton**

## ЗМІСТ

## CONTENTS

Дослідному заводу зварювального устаткування ІЕЗ ім. Є. О. Патона — 60! ..... 3

PWI Pilot Plant of Welding Equipment is 60! ..... 3

### НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

### SCIENTIFIC AND TECHNICAL

*Скульський В. Ю., Стрижиус Г. Н., Нимко М. А., Гаврик А. Р., Кантор О. Г., Коноваленко О. В.* Опір уповільненому руйнуванню зварних з'єднань роторної сталі 25Х2НМФА після повторного зварювального нагріву ..... 9

*Skulskii V. Yu., Strizhius G. N., Nimko M. A., Gavrik A. R., Kantor A. G., Konovalenko O. V.* Delayer fracture resistance of welded joints of rotor steel 25Kh2NMFA after welding reheating ..... 9

*Покляцький А. Г., Мотруніч С. І.* Міцність зварних з'єднань термозміцнених алюмінієвих сплавів при зварюванні ТІГ та ЗТП ..... 17

*Poklyatskii A. G., Motrunich S. I.* Strength of welded joints of heat-hardenable aluminium alloys in tig and friction stir welding ..... 17

*Размишляев О. Д., Агеева М. В., Лаврова Є. В.* Подрібнення структури металу при дуговому наплавленні під впливом поздовжнього магнітного поля ..... 25

*Razmyshlyayev A. D., Ahieieva M. V., Lavrova E. V.* Refinement of metal structure in arc surfacing under the effect of longitudinal magnetic field .... 25

### ВИРОБНИЧИЙ РОЗДІЛ

### INDUSTRIAL

*Райсген У., Стейн Л.* З'єднання високої міцності зі сталей та інших матеріалів при зварюванні різними способами ..... 29

*Reisgen U., Stein L.* Joining of steel and dissimilar material joints with highest strength — there are other ways than conventional welding ..... 29

*Рябцев І. О., Книш В. В., Бабінець А. А., Соловей С. О., Сенченков І. К.* Методики і зразки для порівняльних досліджень опору втомі деталей з багат шаровим наплавленням ..... 36

*Ryabtsev I. A., Knysh V. V., Babinets A. A., Solovey S. A., Senchenkov I. K.* Methods and specimens for comparative studies of fatigue resistance of parts with multilayer surfacing ..... 36

*Дегтярев В. О.* Методи оцінки підвищення опору втомі стикових зварних з'єднань низьковуглецевих сталей після високочастотної механічної проковки ..... 43

*Degtyarev V. A.* Methods of evaluation of increase of fatigue resistance in butt welded joints of low-carbon steels after high-frequency mechanical peening ..... 43

*Губатюк Р. С.* Термічна обробка зварних з'єднань високоміцних залізничних рейок (Огляд) ..... 51

*Gubatyuk R. S.* Heat treatment of butt welded joints of high-strength railway rails (Review) ..... 51

### ІНФОРМАЦІЯ

### INFORMATIONS

Зварювальний тренажер Virtual Welding компанії Fronius: навчання зварюванню з персональним інструктором ..... 61

«Virtual Welding» training device of Fronius Company: welding training with a personal instructor ..... 61

Наукові школи зварювального факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» ..... 63

Scientific Schools of Welding Department of the National Technical University of Ukraine «Igor Sykorsky Kyiv Polytechnic Institute» ..... 63

Календар виставок і конференцій у 2019 р. ... 71

2019 Calendar of Exhibitions and Conferences ..... 71

Журнал «Автоматичне зварювання» видається англійською мовою під назвою «The Paton Welding Journal»

«Avtomaticheskaya Svarka» (Automatic Welding) journal is republished in English under the title «The Paton Welding Journal»

#### Адреса редакції

#### Address

03150, Україна, м. Київ-150, вул.Казимира Малевича, 11  
ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України  
Тел./факс: (38044) 200-82-77, 200-63-02  
E-mail: journal@paton.kiev.ua  
www.patonpublishinghouse.com

The E. O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine,  
11 Kazimir Malevich Str., 03150, Kyiv, Ukraine  
Tel./Fax: (38044) 200-82-77, 200-63-02  
E-mail: journal@paton.kiev.ua  
www.patonpublishinghouse.com

## Опытному заводу сварочного оборудования ИЭС им. Е. О. Патона — 60!

Сварочные технологии, подобно многим другим, не стоят на месте, а имеют устойчивую тенденцию к развитию, создаются новые материалы, совершенствуются технологии сварки, сварочное оборудование с каждым годом становится более экономичным, компактным и продуктивным.

Ярким примером успешного развития сварочных технологий является ОЗСО ИЭС им. Е. О. Патона, которому 1 января 2019 г. исполнилось 60 лет.

С момента начала работы (1959 г.) основной задачей Завода была отработка технологии изготовления нового сварочного оборудования, создаваемого учеными Института электросварки им. Е. О. Патона. И за свою 60-летнюю историю Заводом было произведено сотни тысяч единиц оборудования для предприятий почти всех континентов мира. Сварочное оборудование, произведенное Опытным заводом, использовалось для проведения сварочных работ в очень широком диапазоне условий: от водных глубин до открытого космоса.

Среди известных исторических событий, при реализации которых использовалось оборудование ОЗСО, стоит отметить:

Среди известных исторических событий, при реализации которых использовалось оборудование ОЗСО, стоит отметить:

- ♦ строительство газопроводов «Бухара-Урал» и «Дружба» (аппараты А850 и А943 для сварки труб большого диаметра);
- ♦ первые сварочные работы с электронным лучом, плазмой и плавящимся электродом в космосе, проведенные экипажем корабля «Союз-6» (уникальная установка «Вулкан»);
- ♦ советско-французский эксперимент в околоземном космическом пространстве (специальная аппаратура «Аракс»);
- ♦ первая в мире резка, сварка, пайка и напыление металлических пластин в условиях открытого космоса на станции «Салют-7» (портативная электронно-лучевая установка УРИ).

В период с 1992 до 1998 г., во времена нестабильной экономической ситуации в Украине, когда многие производственные предприятия закрывались, Опытному заводу сварочного оборудования удалось сохранить производственные мощности и ценнейший кадровый ресурс. В этот период основным видом деятельности Завода являлся выпуск трансформаторного оборудования.

В 2004 г., параллельно с производством классических трансформаторов и выпрямителей, формируется новый отдел, основной задачей которого была разработка сварочных инверторов. Этот отдел был сформирован из высококлассных специалистов — выпускников НТУУ «КПИ», которые были сразу же направлены на обучение в Италию, на один из ведущих европейских заводов по производству инверторных сварочных аппаратов. Это дало свои результаты — Опытный завод сварочного оборудования первым в Украине освоил производство сварочных аппаратов инверторного типа, и сегодня продукция Завода занимает значительную часть украинского рынка сварочного оборудования. Также ОЗСО является единственным заводом в Украине, способным производить сварочное оборудование на токи сварки от 150 А для бытовых потребителей и до 10000 А — для гигантов украинской промышленности.

После того, как Завод занял серьезную долю рынка Украины, было принято решение об активном развитии



Центральный корпус ОЗСО



Председатель правления ОЗСО Анат. В. Степахно демонстрирует новые образцы сварочных источников питания академику Б. Е. Патону

Зам. директора ИЭС  
акад. И. В. Кривцун



Опытный завод сварочного оборудования ИЭС им. Е. О. Патона сегодня является одним из основных партнеров Института электросварки им. Е. О. Патона в области создания и серийного выпуска современного, конкурентоспособного оборудования для сварки и родственных технологий. Ученые Института, при участии специалистов ОЗСО, проводят исследования различных сварочных процессов и технологий, определяя технические требования к оборудованию, которое необходимо для их практической реализации. Полученные таким образом результаты составляют основу для производства современного источников питания и другого специализированного оборудования на ОЗСО. В качестве примера подобного плодотворного сотрудничества можно назвать выполненную в прошлом году совместную работу по определению сварочно-технологических свойств инверторных источников питания для дуговой сварки с расширенными функциональными возможностями, результаты которой уже используются заводом при выпуске линейки multifunctional цифровых инверторов. Перспективным направлением дальнейшего сотрудничества ИЭС и ОЗСО может стать совместная работа по организации массового производства специализированного оборудования и инструментария для высокочастотной сварки и обработки живых биологических тканей, разработанных учеными Института в содружестве со специалистами различных медицинских учреждений Украины.

экспорта. В 2012 г. была осуществлена первая экспортная поставка сварочных аппаратов инверторного типа в Экваториальную Гвинею. С 2013 г. сварочные аппараты начали экспортироваться в Грузию, Молдову и Азербайджан. В 2014 г. Опытный завод получил Европейскую сертификацию CE на инверторы, а в 2017 г. подтвердил ее для всей линейки аппаратов ПАТОН™ инверторного типа. По состоянию на 2019 г. продукция ПАТОН™ поставляется более чем в 20 стран по всему миру — от Латинской Америки до Южной Кореи.

*«Весь период своей деятельности Опытный завод сварочного оборудования воплощал в жизнь разработки Института электросварки. С одной стороны, это накладывало большую ответственность, но с другой стороны всегда поддерживало творческий потенциал коллектива в тоне и предоставляло возможность работать с новейшими разработками в области сварки, что в значительной мере предопределило сегодняшние успехи Завода»,* — делится своими впечатлениями кадровый сотрудник ИЭС Виктор Корицкий.

Завод по-прежнему продолжает тесное сотрудничество с Институтом электросварки им. Е. О. Патона и Опытно-конструкторским и технологическим бюро ИЭС, оставаясь производственной площадкой для изготовления экспериментального оборудования. В течение нескольких последних лет на производственной базе Завода реализован ряд проектов национального и международного масштаба. Среди них:

- ◆ разработка сварочной технологии и оборудования для изготовления сварных комбинированных роторов при помощи автоматической сварки под флюсом по заказу ОАО «Турбоатом» (2013 г.);
- ◆ проект для Госнефтекомпании Азербайджана (SOCAR) по отделению двух понтонов от блока методом направленного взрыва при строительстве морской стационарной платформы №7 в Каспийском море (2014 г.);
- ◆ проект для Государственной компании «Укрспецэкспорт» по разработке и выпуску партии сварочного оборудования для условий тропического климата, которое было поставлено на один из судостроительных заводов Юго-Восточной Азии (2015 г.);
- ◆ разработка сварочного оборудования для электрошлаковой сварки металла толщинами до 200..450 мм для машиностроительного завода в Восточной Европе (2016 г.);
- ◆ совместная разработка Завода вместе с ОКБ ИЭС многопостовых сварочных выпрямителей ВДУ-1202П, которыми был переоснащен вагоностроительный завод SCB Foundry в Чешской Республике (2016 г.);
- ◆ проект для Государственного предприятия «Укроборонсервис» по созданию автоматической системы координирования миномета (2016 г.). Проект был с успехом представлен на XIII Международной специализированной выставке «Вооружение и безопасность — 2016».

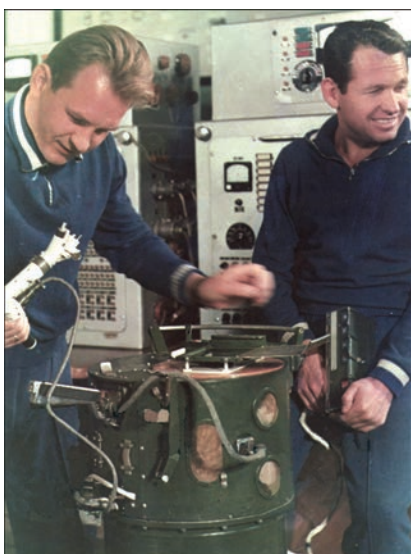
Также Завод успешно продолжает реализовывать разработки Института в своей продукции, выпуская сварочное оборудование классического типа. Буквально в конце 2018 г. Опытный завод реализовал проект по поставке четырех многопостовых сварочных

выпрямителей ПАТОН™ ВМГ-5000 на сварочных токах до 5000 А для ведущих украинских предприятий — лидеров добывающей отрасли и металлургии. Современные темпы развития науки и технологий диктуют необходимость регулярного обновления производственных предприятий на стратегическом и технологическом уровнях. Соответствовать статусу национального производителя невозможно без постоянных инвестиций в развитие отрасли, чему руководство Завода уделяет особое внимание.

С целью расширения ассортимента выпускаемой продукции и укрепления занятых на рын-



Укладка магистрального газопровода



Космонавты В. Н. Кубасов и Г. В. Шонин с установкой «Вулкан» перед полетом на «Союз-6»

ке позиций, руководством ОЗСО было принято решение о создании собственного предприятия по производству сварочных электродов. В результате, в начале 2016 г., было создано новое предприятие ООО «ПАТОН-Электрод», которое начало производить сварочные электроды наиболее востребованных марок по классической рецептуре: АНО-21, АНО-36, АНО-4, УОНИ 13/45, УОНИ 13/55, МР-3, спецэлектроды для наплавки марки Т-590, сварки чугуна ЦЧ-4, для сварки высоколегированных сталей ОЗЛ-8 и ЦЛ-11, а также электроды серии Elite по усовершенствованной рецептуре Института электро-сварки им. Е.О. Патона. А в 2017 г., в рамках реализации стратегии развития данного направления, технологический парк по производству электродов пополнился современной линией производительностью 12 т в смену.

В 2017 г. Завод внедрил участок по производству корпусов для сварочных аппаратов, на котором разместилось высокотехнологичное оборудование известной марки TRUMPF: координатно-пробивной пресс для обработки больших листов металла, гидравлический кромкогибочный пресс для придания необходимой формы металлическим деталям и линия порошковой покраски готовых изделий. А в 2018 г. был модернизирован участок механического производства: были введены в эксплуатацию токарный обрабатывающий центр HAAS, вертикальный обрабатывающий центр HAAS и специальный поворотный стол. Весь этот комплекс оборудования полностью автоматизирован и позволяет производить широкий спектр работ по изготовлению и обработке деталей в форме тел вращения. Проведенное переоснащение и модернизация производства привели к повышению качества выпускаемой продукции, снижению трудоемкости сложных операций и сокращению определенных циклов производства, что позволило несколько замедлить рост цен на готовую продукцию.

Директор ОКБ Г. В. Жук



Плодотворное надежное сотрудничество ОЗСО и ОКБ на протяжении 60 лет не прекращается и сейчас. Большое количество совместных проектов было реализовано за эти годы. И сейчас, при решении новых задач ОКБ всегда может рассчитывать на предприятие, которое в состоянии воплотить в жизнь самые смелые идеи. Постоянное взаимовыгодное партнерство наших организаций позволяет находить новых заказчиков, открывать и расширять рынки сбыта.

## Экспортные поставки оборудования ОЗСО

### Классическое оборудование



Выпрямители



Трансформаторы

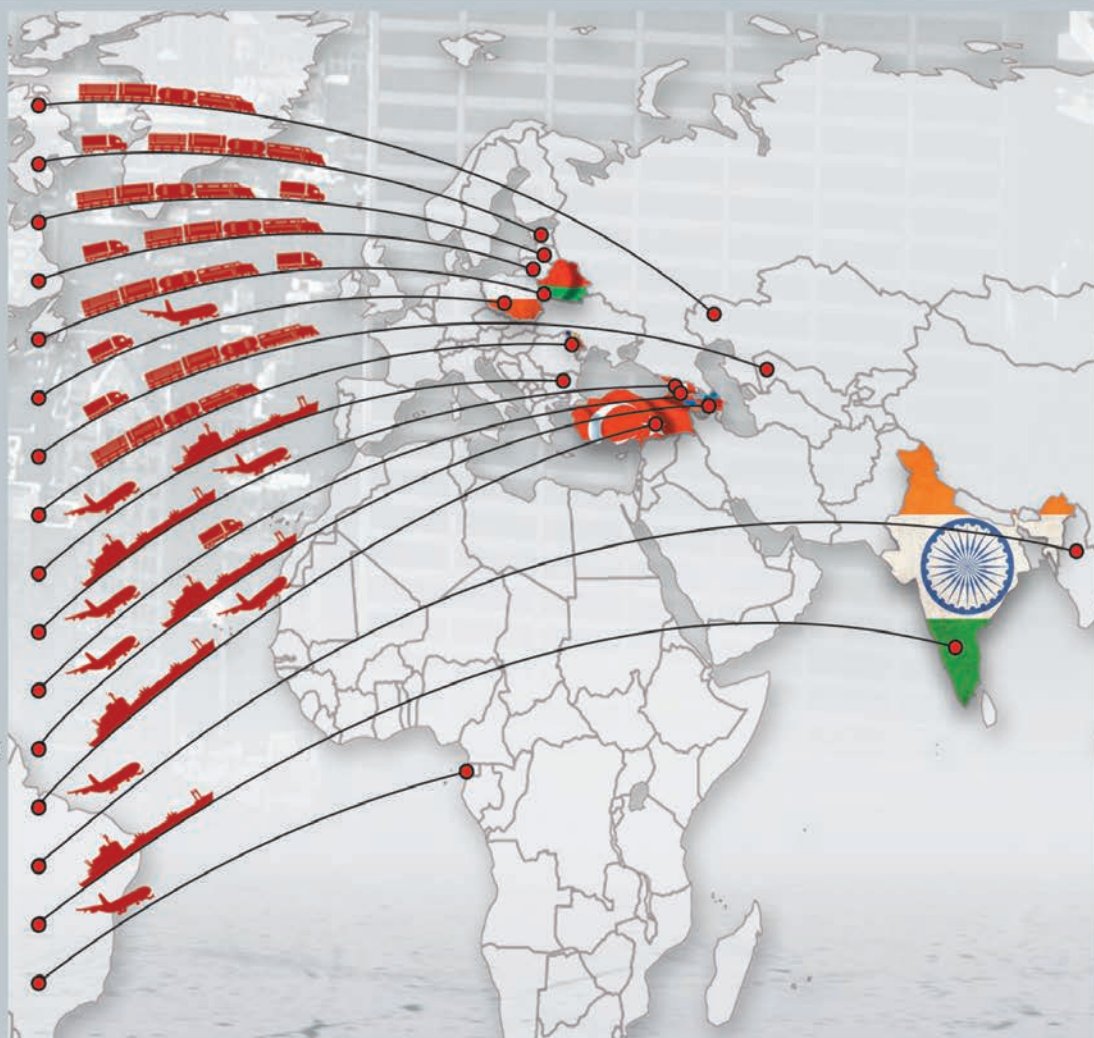


Автоматы



Многопостовые  
источники питания

- Казахстан
- Эстония
- Латвия
- Литва
- Беларусь
- Польша
- Узбекистан
- Молдова
- Болгария
- Грузия
- Армения
- Азербайджан
- Турция
- Мьянма
- Индия
- Экв. Гвинея



### Инверторное оборудование



Сварочное



Полуавтоматическое



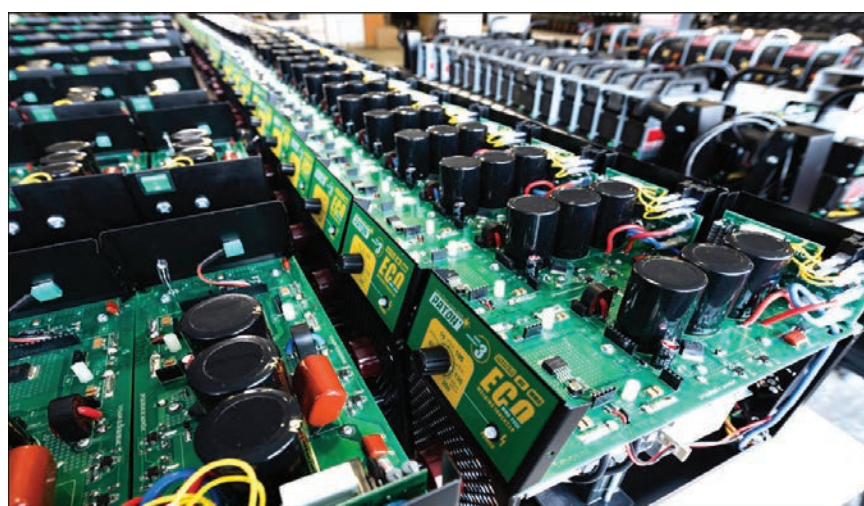
Аргонодуговое



Аппараты для  
воздушно-плазменной резки



Заготовительный цех



Линия сборки сварочных источников питания

*«Предпринимаемые шаги по обновлению производственных мощностей Опытного завода и поэтапная реализация стратегии развития позволяют нам с уверенностью смотреть в будущее. Сегодня Завод акцентирует свое внимание на разработке новых образцов сварочного оборудования и расширения ассортимента. Уже ведется активная разработка мощных аппаратов инверторного типа со сварочными токами до 1200 А, которые, мы надеемся, в самом скором времени пополнят линейку сварочных инверторов ПАТОН™», — рассказывает о планах председатель правления завода Анатолий Степахно.*

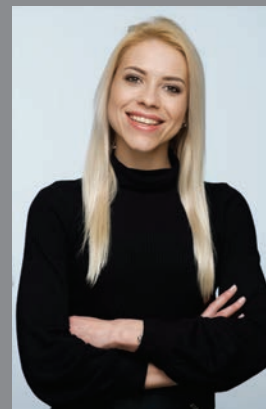
Еще одним важным вектором развития Завода является активное расширение экспорта своей продукции. Сегодня, среди первоочередных задач экспортного отдела предприятия, стоит расширение присутствия продукции ПАТОН™ на рынках европейских стран, а также выход на рынок стран Центральной Америки. Таким образом, за свои 60 лет Опытный завод сварочного оборудования прошел поистине большой путь, со своими взлетами и падениями, стараясь максимально сохранять и умножать свой производственный и кадровый потенциал и повышать эффективность своей работы. В конечном итоге это позволило ему стать ведущим украинским производителем сварочного оборудования и материалов, а продукции ПАТОН™ — пользоваться высоким спросом как у украинских сварщиков, так и у профессионалов сварочного дела по всему миру.

Директор компании  
MasterWeld Sp.z.o.o,  
Виталий Соколюк



Наша компания является официальным дистрибьютором сварочного оборудования и электродов ПАТОН™ в Республике Польша с 2016 г. За это время продукция Завода зарекомендовала себя только с лучшей стороны. Это высококачественное оборудование и материалы для сварщиков любой квалификации. Именно поэтому продукция ПАТОН™ пользуется стабильно высоким спросом и мы, соответственно, каждый месяц наращиваем поставки и видим большие перспективы для бренда ПАТОН™ на рынке ЕС.

Директор по экспорту Завода  
Дарья Селина



Заводу есть чем похвастаться — в январе 2019 г. нами была отгружена пробная партия продукции ПАТОН™ в Коста-Рику, которая, мы думаем, послужит началом следующей эффективной работы в этом регионе.

## Международная конференция «Материалы для сварки, наплавки, нанесения покрытий и 3D-технологий» 4–5 июня 2019 г., Киев, Украина

Институт электросварки им. Е. О. Патона Национальной академии наук Украины, Международная Ассоциация «Сварка», Ассоциация «Электрод» и Общество сварщиков Украины проводят **4-5 июня 2019 г.** в Киеве, в ИЭС им. Е. О. Патона Международную конференцию «Материалы для сварки, наплавки, нанесения покрытий и 3D-технологий».

На конференции будут заслушаны и обсуждены доклады ученых и специалистов по следующим направлениям:

- ▶ актуальные проблемы металлургии и технологии дуговых процессов сварки и наплавки;
- ▶ материалы для механизированных и роботизированных процессов получения неразъемных соединений;
- ▶ материалы для ручной дуговой сварки;
- ▶ материалы для 3D-технологий;
- ▶ технологии, оборудование и аналитический контроль в производстве сварочных материалов.


Рабочие языки конференции: **украинский, русский, английский.**


Для участия в конференции с предоставлением доклада (в формате статьи) необходимо направить заявку и доклад в Оргкомитет до 15 апреля. Подача заявки для участия без доклада — до 1 июня 2019 г. К началу конференции будет издан сборник трудов конференции в специальном выпуске журнала «Автоматическая сварка» №6, 2019.


Рассылка второго информационного сообщения с программой конференции — до 20 апреля 2019 г. Оплата регистрационного взноса (2000 грн.) — до 4 июня 2019 г.

### Организационный комитет конференции:

Международная Ассоциация «Сварка»

 03150, г. Киев, ул. Казимира Малевича (Боженко), 11

 тел.: (38044) 200-82-77, 200-63-02

 e-mail: [journal@paton.kiev.ua](mailto:journal@paton.kiev.ua)

 [http://pwi-scientists.com/rus/welding-consumables\\_2019](http://pwi-scientists.com/rus/welding-consumables_2019)



Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины  
Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»  
Международная Ассоциация «Сварка»

## Девятая международная конференция ЛУЧЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СВАРКЕ И ОБРАБОТКЕ МАТЕРИАЛОВ

9 – 13 сентября 2019 г.  
Украина, Одесса

**Председатель программного комитета**  
академик И.В. Кривцун

### Тематика конференции

- Лазерная и электронно-лучевая сварка, резка, наплавка, термообработка, нанесение покрытий
- 3D-технологии
- Электронно-лучевая плавка и рафинирование
- Моделирование лучевых технологий
- Гибридные процессы
- Материаловедческие проблемы лазерных и электронно-лучевых технологий

## ОБОРУДОВАНИЕ ♦ ТЕХНОЛОГИИ ♦ МОДЕЛИРОВАНИЕ



АДРЕС ОРГКОМИТЕТА  
Украина, 03150, г. Киев, ул. Казимира Малевича, 11  
Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины  
Тел./факс: (38044) 200-82-77, 200-81-45  
E-mail: [journal@paton.kiev.ua](mailto:journal@paton.kiev.ua)  
<http://pwi-scientists.com/rus/ltwmp2019>





## Сварочный тренажер Virtual Welding компании Fronius: обучение сварке с персональным инструктором\*

*Компания Fronius внедряет новые технологии в процесс обучения сварщиков. Чтобы обучение было более простым и увлекательным, компания Fronius предлагает новые подходы на основе платформы Virtual Welducation, позволяющие познакомиться с миром сварки в виртуальной среде. Центральным элементом этого подхода является тренажер Virtual Welding, на котором ученики могут отрабатывать навыки ручной и роботизированной сварки в виртуальных и при этом реалистичных условиях без риска получения травмы и расхода дорогостоящих материалов.*

Сварочный тренажер Fronius Virtual Welding позволяет ученикам изучать и отрабатывать различные процессы сварки в виртуальной реальности (VR). В этой системе реализованы процессы

ручной сварки стержневым электродом и сварки металлической проволокой в газовой среде (MIG/MAG), а также недавно добавлен процесс сварки вольфрамовым электродом в среде инертного газа (TIG). Используя пластиковые детали, присоединенные к вертикальному терминалу, можно отрабатывать обработку V-образных стыковых швов, угловых швов, стыковых швов без разделки кромок и наплавки в различных положениях. Шов, выполняемый с помощью сварочной горелки, отображается в реальном времени на сенсорном дисплее тренажера и в очках виртуальной реальности, которые использует ученик. Виртуальный тренер Ghost очень помогает ученикам, обучающимся работать со сварочной горелкой. Он показывает нужную траекторию горелки, скорость и угол, расстояние между горелкой и деталью, а также сразу сообщает об ошибке, когда ученик отклоняется от установленных параметров. Навыки отрабатываются настолько незаметно, что, когда ученик берет в руки настоящую горелку и выполняет реальную сварку, он держит ее почти правильно. Создается впечатление, что ученики будто забывают, что они уже отработали этот навык во время эффективных тренировок на виртуальном тренажере. Реальный инструктор может рассказать и показать, как вести горелку, корректировать процесс, но он не может быть сразу в нескольких местах. А виртуальный инструктор всегда рядом. Он все показывает и одновременно оценивает выполнение задач. На более сложных уровнях сварка выполняется без подсказок, то есть Ghost не показывает правильную траекторию горелки. Однако даже на этом этапе он оказывает поддержку в виде функции воспроизведения, которая позволяет ученикам увидеть не только свой шов, но и пересмотреть всю операцию сварки. На экране одновременно демонстрируются правильная и выполненная траектории, которые удобно сравнивать.

Благодаря сварочному тренажеру Virtual Welding можно радикально изменить подход к процессу обучения сварке. Отработку базовых навыков и практику ведения горелки, которые были связаны с большими затратами материалов, теперь можно проводить на тренажере, экономя ресурсы и средства. Уменьшается также риск травм, поскольку ученики учатся работать с горелкой до того, как будут иметь дело с высокими температурами и ослепительной сварочной дугой. Од-



Благодаря вопросам программы Welducation Basic пользователи получают новые знания в процессе игры



Тренажер Virtual Welding позволяет ученикам отрабатывать навыки различных процессов сварки в виртуальных и при этом реалистичных условиях без риска получения травмы и без расхода дорогостоящих материалов

\* Статья на правах рекламы.

нако наиболее важным преимуществом является улучшение учебного процесса. Сварочный тренажер Virtual Welding значительно повышает качество обучения. Ghost обеспечивает каждому ученику индивидуальное обучение и каждый раз предоставляет визуальные подсказки. Каждое новое задание сначала отрабатывается в виртуальной среде, а уже потом его можно попробовать выполнить на реальном оборудовании. Ученикам нравится учиться на тренажере, они воспринимают обучение как игру, им всегда интересно попробовать что-то новое, поэтому они быстро осваивают работу с сенсорным дисплеем. А когда появляются баллы за правильность ведения сварочной горелки, обучение на тренажере Virtual Welding начинает восприниматься как компьютерная игра. Полученные баллы мотивируют учеников к улучшению результатов. Так они значительно быстрее учатся работать со сварочной горелкой. Это позволяет согласовать упражнения с уровнем знаний ученика. Ученики могут также регистрировать личные достижения и полученные навыки в цифровом виде и сохранять их в системе.

Тренажер Virtual Welding уже снискал огромную популярность в профессиональных училищах, центрах профессионального обучения, технических колледжах, сварочных институтах и ассоциациях. Для поддержки виртуального обучения компания Fronius разработала приложение Virtual Welducation Basic, чтобы ученики могли узнавать полезные факты обо всех аспектах сварки со смартфона или планшета и получать информацию о продуктах в интерактивном виде. Программа предлагает увлекательный подход к изучению материала — с играми и викторинами, и включает приложение дополненной реальности (MagicFolder) для виртуального обучения сварке. Приложение MagicFolder очень простое в использовании; оно работает в сочетании с новой брошюрой Virtual Welding, на каждой странице которой напечатан графический кодовый символ. Если читатель хочет получить дополнительную информацию, ему нужно просто сканировать эти кодовые символы при помощи камеры смартфона или планшета, и приложение покажет видео на тему виртуального обучения сварке. Приложение с викториной помогает ученикам освоить азы сварки в увлекательной форме. Игра помогает также получить базовые навыки сварки. Система баллов и трехмерные модели сварочных процессов предоставляют объяснения самых важных преимуществ виртуального набора различных уровней, повышают мотивацию учеников. Приложение Virtual Welducation Basic доступно бесплатно для устройств под управлением Android и iOS. Еще одним из ноу-хау компании Fronius является приложение для работы со сварочной системой — WeldConnect. Приложение WeldConnect позволяет определить оптимальные параметры для конкретного процесса сварки. Сварщику нужно только ввести модель используемого источника питания, характеристику сварочного процесса, толщину металла, скорость сварки, геометрию сварного шва, а также основной металл, присадочный материал и защитный газ. Данные можно ввести вручную либо путем сканирования QR-кодов материалов при помощи смартфона. На основе этих данных WeldConnect быстро и точно рассчитывает производительность сварки и наплавки, расход энергии, а также предложит оптимальные параметры сварки. Больше не нужно настраивать источник питания или подбирать правильные параметры. Результаты можно сохранить, передать по беспроводному интерфейсу в источник питания TPS/i в виде сварочного задания либо отправить друзьям или коллегам электронной почтой. Приложение очень простое в использовании и предоставляет пошаговые инструкции, давая возможность сварщикам очень быстро настраивать необходимые сварочные системы.



Очки виртуальной реальности позволяют отслеживать сварной шов и создают впечатление реальной сварки



ООО «ФРОНИУС УКРАИНА»  
 07455, Киевская обл., Броварской р-н,  
 с. Княжичи, ул. Славы, 24  
 Тел.: +38 044 277-21-41; факс: +38 044 277-21-44  
 E-mail: sales.ukraine@fronius.com  
 www.fronius.ua

**Наукові школи зварювального факультету  
Національного технічного університету України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Зварювальний факультет сьогодні — це найбільший в світі центр підготовки фахівців в галузі зварювання та споріднених процесів. Факультет є акредитованим Навчальним центром Міжнародного інституту зварювання з підготовки міжнародних інженерів-зварників, входить до складу спільного німецько-українського факультету (Університет Отто Фон Геріке), бере участь в програмі подвійного диплому з Федеральним університетом Уберландія (Бразилія). За останні 10 років на факультеті підготовлено 6 докторів і 18 кандидатів наук. Трьома кафедрами факультету: зварювального виробництва, інженерії поверхні і електрозварювальних установок — випущено 820 бакалаврів, 698 промислових магістрів і 195 наукових магістрів.

З 2007 р. по теперішній час стратегія розвитку зварювального факультету здійснюється на підставі п'ятирічних і річних «Програм розвитку зварювального факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» та співробітництва з Інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України. Підготовка та виконання програм здійснюються під керівництвом академіка НАН України Б.Є. Патона і академіка НАН України М.З. Згуровського.

На зварювальному факультеті отримали розвиток чотири наукові школи:

- фізико-хімічні і термодформаційні основи зварювання та споріднених процесів;
- магнітне керування процесами зварювання;
- інженерія та нанотехнології покриттів;
- моніторинг і управління якістю у зварюванні.

**Фізико-хімічні і термодформаційні основи зварювання та споріднених процесів**

*Керівник наукової школи* — завідувач кафедри зварювального виробництва, д-р техн. наук, професор Квасницький Віктор В'ячеславович.

*Коротка історія наукової школи:* школа заснована у 1935 р. першим завідувачем кафедри зварювального виробництва у Київському політехнічному інституті акад. Патonom Євгеном Оскаровичем. На протязі всього часу існування наукову школу очолювали видатні вчені із зварювання та споріднених процесів, які забезпечували розвиток школи в напрямках дослідження фізико-хімічних основ розроблення нових технологій зварювання та зварювальних матеріалів, термодформаційних основ формування зварних з'єднань, контролю напруженого стану та забезпечення розмірної стабільності при зварюванні, створення нових технологій розділового газотермічного різання та обробки матеріалів.

В період 1935–1938 рр. закладалися фізичні, фізико-хімічні та інженерні основи автоматичного електродугового зварювання, досліджувалося формування та вплив усадочних напружень на міцність зварних конструкцій. Основні зусилля були спрямовані на формування наукового колективу кафедри зварювального виробництва, обладнання дослідницьких та навчальних лабораторій, створення нової інженерної спеціальності «Обладнання та технологія зварювального виробництва».

1947–1957 роки — на чолі школи акад., д-р техн. наук, проф. Хренов Костянтин Костянтинович. Цей період характеризується активними дослідженнями фізико-хімічних процесів у зварювальній дузі як основи для розроблення керамічних флюсів та технологій підводного зварювання і різання металів. Досліджується каналова модель зварювальної дуги, стиснена дуга, принципи утворення стисненої дуги. Динамічно розвивається матеріально-технічна база. Встановлені тісні зв'язки з промисловими підприємствами, на яких впроваджуються результати досліджень. Розроблена технологія різання киснем низького тиску та досліджуються фізико-хімічні процеси при газополуменевій обробці матеріалів. Розроблені інженерні методи розрахунку напружено-деформованого стану при зварюванні.

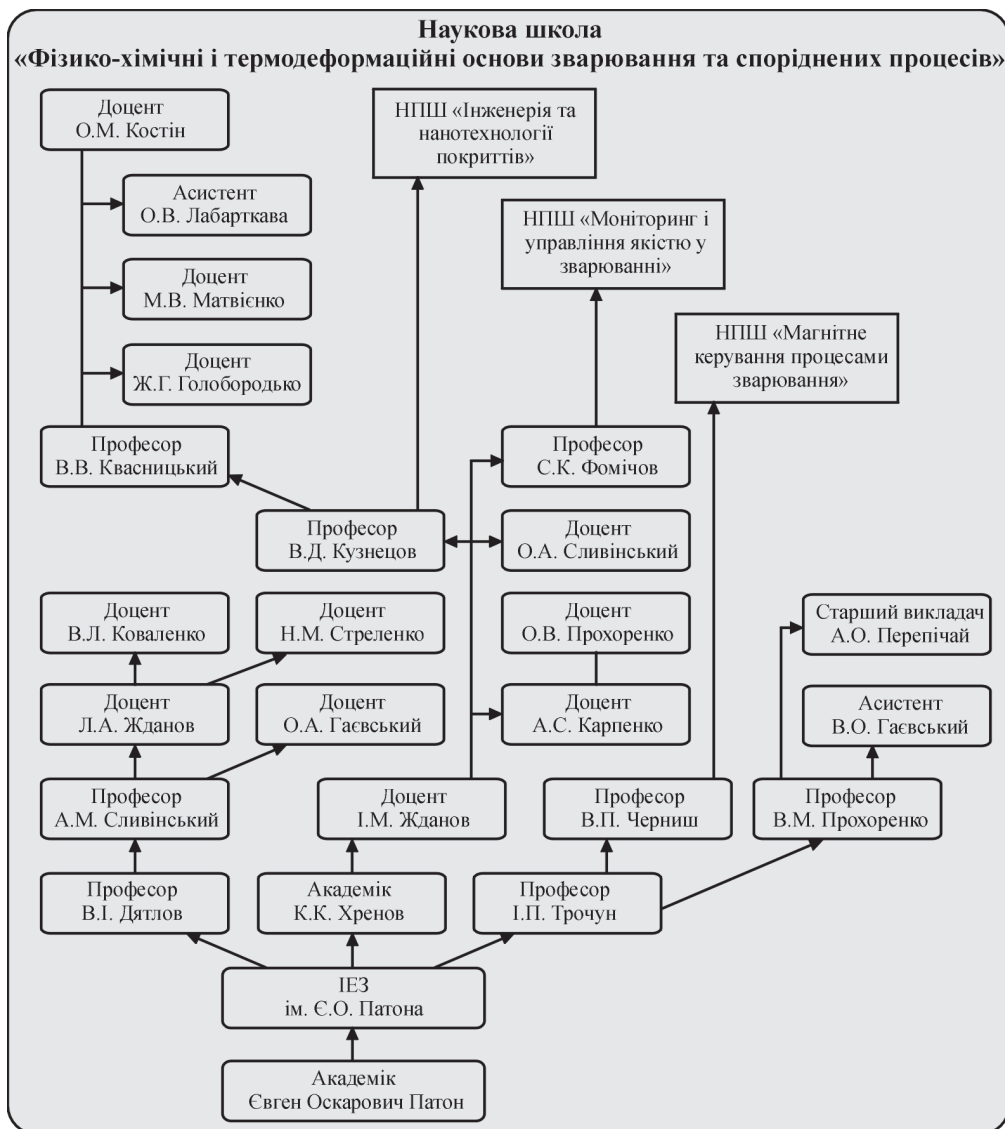
1957–1967 роки — школу очолює проф. Трочук Іван Петрович. Створюються наукові засади контролю напружень при автоматичному дуговому зварюванні під флюсом, ведуться значні роботи по створенню спеціалізованих механічних деформометрів для досліджень напруженого стану далеко за межами Радянського Союзу. Досліджується 475°-крихкість при зварюванні нержавіючих сталей, вплив газів на властивості зварних швів, зварювання в середовищі азоту, зварювання голим дротом. Проводяться дослідження по запобіганню втрати стійкості при зварюванні тонкостінних листових конструкцій.

1967–1969 роки — школу очолює д-р техн. наук, проф. Дятлов Володимир Іванович. У цей

період досліджується міжфазна взаємодія на границях газ – метал, шлак – метал, шлак – газ, роль газової фази у формуванні металу шва при дуговому зварюванні. Методами термографії досліджувалися фізико-хімічні процеси, які мають місце при нагріванні, плавленні і затвердінні зварювальних флюсів. Розробляються теоретичні засади магнітно-пружного методу визначення залишкових напружень в зварних конструкціях та лінійка контрольно-вимірювальних приладів. Прилади впроваджуються у виробництво, неодноразово демонструвались на різноманітних виставках, в тому числі і міжнародних, та відзначались медалями і дипломами. Проводяться спільні з Миколаївським кораблебудівним інститутом дослідження деформацій та напружень в листових елементах при приварюванні ребр жорсткості в суднобудівних конструкціях.

1969–1972 роки — на чолі школи член-кор., д-р техн. наук, проф. Касаткін Борис Сергійович. Вивчається адсорбційна крихкість зварних з'єднань різнорідних металів. Цей період відзначений дослідженням деформацій та напружень при зварюванні конструкцій із кольорових металів та високоміцних низьколегованих сталей. За результатами досліджень сформульовані технологічні рекомендації, що були впроваджені при виготовленні автодорожніх мостів, кузовів автомобілів БІЛАЗ, кар'єрної гірничодобувної техніки, продукції енергомашинобудування.

1974–1989 роки — школу очолює д-р техн. наук, проф. Пацкевич Іван Романович. Вивчається вплив поверхневих явищ на утворення дефектів металу зварного шва, здатність до змочування та розтікання різнорідних пар рідких металів в ізотермічних і неізотермічних умовах, визначений вплив зовнішніх збурень на згадані явища та досліджена зварюваність чавунів. Досліджуються особливості переносу електродного металу, формування зварювальної ванни, впливу параметрів тепловкладення при зварюванні алюмінієвих сплавів. Вивчаються можли-



вості застосування безфтористих плавлених флюсів для зварювання сталей загального призначення активованим електродним дротом. Розроблені комбінації флюс – електродний дріт. Проведені дослідження стійкості металу зварного шва до утворення пор. Розроблена технологія зварювання заготовок безпосередньо після повітряно-плазмового різання. Виконані дослідження деформацій і технологічної міцності при багатошаровому зварюванні і наплавленні термічно зміцнених сталей, запасу і зміни потенціальної енергії залишкових напружень при крихкому руйнуванні зварних з'єднань. Визначені механізми утворення кутових деформацій при багатопохідному зварюванні та рекомендації по їх зменшенню. Вивчені механізми утворення та розроблене спеціальне обладнання для зменшення деформацій при зварюванні тонкостінних трубопроводів із нержавіючої сталі при виготовленні виробів авіаційної техніки. Розроблена складально-зварювальна оснастка не має аналогів у світовій практиці. Проведені наукові дослідження магнітного управління дугою, пінч-ефекту, створенню методів магнітного керування кристалізацією зварних швів. Цими дослідженнями покладений початок наукової школи «Магнітне керування процесами зварювання» та створена споріднена кафедра електрозварювальних установок.

1989–2015 роки — школою керував д-р техн. наук, проф. Прохоренко В.М. У ці роки вивчається кінетика легування зварювальної ванни через флюс, розробляються плавлені флюси та технологія наплавки у потоці флюсу. Досліджувалися фізико-хімічні процеси утворення газової фази при електродуговому зварюванні під флюсом і теоретичні основи формування складу металу шва. Проводилися науково-дослідні роботи по створенню нових композиційних матеріалів для паяння у приладобудуванні, підвищенню технологічності спеціальних зварних конструкцій космічного базування та розроблені відповідні технологічні рекомендації. Для потреб підприємств нафтогазової промисловості, хімічного та енергетичного машинобудування України розроблені теоретичні основи багатопараметричного методу оцінки напружено-деформованого стану металу та дослідженню механізмів руйнування і методів діагностики магістральних газо- та нафтопроводів, розроблений дослідний зразок приладу для електромагнітного контролю напружено-деформованого стану зварних трубопроводів. Досліджувалася здатність до відділення шлакової корки, стабільність горіння зварювальної дуги та електричні параметри дуги змінного струму, стійкість зварних швів до утворення тріщин, проблеми термічної правки зварних балок.

З 2015 р. керівником наукової школи є завідувач кафедри зварювального виробництва д-р тех. наук, проф. Квасницький В.В. За цей час спільно з Національним університетом кораблебудування ім. Адмірала Макарова, ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України розроблена інноваційна технологія та створене промислове обладнання для різання низьковуглецевих і низьколегованих сталей та сплавів з додаванням води в плазму. Результати впроваджені на Херсонському суднобудівному заводі. Визначені наукові засади керування напружено-деформованим станом при зварюванні в твердій фазі. Досліджено вплив високоенергетичних імпульсних джерел енергії на формування модифікованих шарів матеріалів. Рекомендовано застосування низькоенергетичних сильнострумівих електронних пучків і компресійної плазми для інтенсифікації процесів об'ємної взаємодії при дифузійному зварюванні та паянні з тиском у вакуумі. Розроблені технології дифузійного зварювання з термоцикуванням та контактено-реактивного паяння металокерамічних виробів. За результатами розробки виготовлені партії промислових деталей для Харківського агрегатного конструкторського бюро та ТОВ «Технобім» (ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України). Розробляються окремі модулі для систем автоматизованого проектування зварних конструкцій, технології виготовлення й технологічного оснащення, систем автоматизованого керування процесом зварювання, роботами, автоматизованого робочого місця конструктора й технолога, програмного забезпечення інверторних джерел живлення, автоматизованих систем навчання і експертних систем зі зварювання.

Упродовж 2014-2016 рр. налагоджена інтенсивна співпраця з ЦНДІ ОВТ Збройних Сил України (ЗСУ), в рамках якої розроблені технології виготовлення захисних протикумулятивних екранів для захисту військової бронетехніки. Комплекти екранів поставлені та змонтовані на об'єктах ЗСУ.

Проводяться дослідження по забезпеченню високої якості зварних з'єднань броньових сталей вітчизняного та закордонного виробництва.

Проведений порівняльний аналіз фізико-механічних властивостей основних та перспективних матеріалів для виготовлення захисних протикумулятивних екранів (ЗПКЕ). Визначені особливості структурно-фазових перетворень цих матеріалів в залежності від температурного циклу зварювання та їх вплив на механічні властивості металу зварних з'єднань.

Результати досліджень наукової школи використовуються вузами України й Німеччини (Технічний університет, м. Росток). Науково-методичні розробки вчених школи стали основою для створення у 1988 р. Учебного центру зварювання на Кубі в університеті Лас-Вільяс та спільного українсько-німецького факультету з Інститутом зварювання та променевої технології Магдебурзького університету ім. Отто фон Геріке.

Багаторічні дослідження впливу хімічного складу та структури наплавленого металу на його механічні властивості, розробка безвольфрамкових наплавочних матеріалів, роботи по газо-полуменовому обробленню металів сприяли створенню у 1989 р. нової спеціальності «Технологія і устаткування відновлення та підвищення зносостійкості деталей машин і конструкцій» (доц. Духно В.М., проф. Корж В.М.) та формуванню наукового напрямку «Нанотехнології у зварюванні та споріднених процесах» (проф. Кузнецов В.Д., проф. Смирнов І.В.).

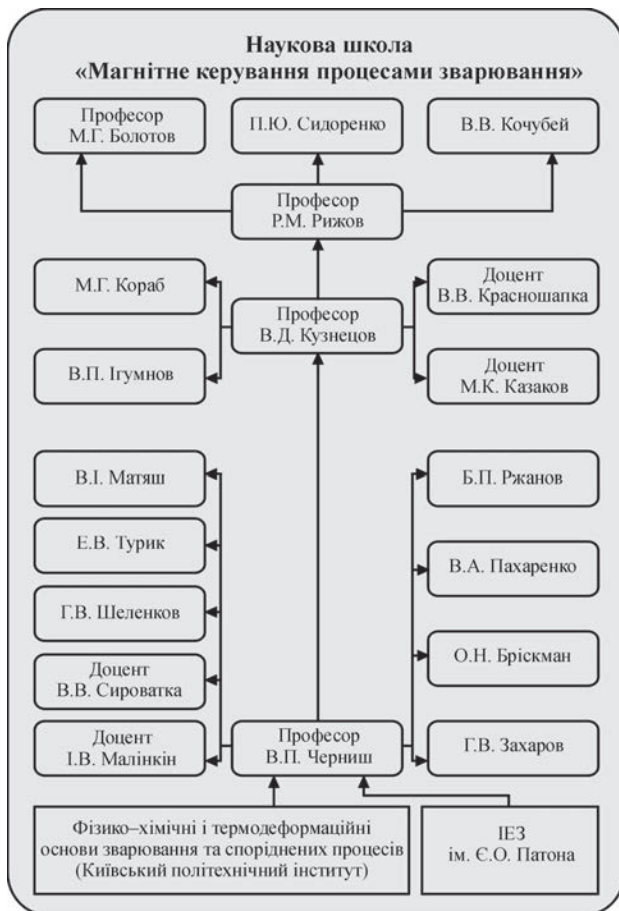
**Магнітне керування процесами зварювання**

*Керівник школи у даний час:* д-р техн. наук, проф. кафедри електрозварювальних установок Рижов Роман Миколайович

*Коротка історія наукової школи.* Наприкінці 1950-х — початку 1960-х років у КПІ на кафедрі зварювання, яка у той час входила до складу механіко-машинобудівного факультету, за ініціативи професорів Дятлова В.В. і Трочуна І.П., доц. Сердюка Г.Б. було розпочато наукові дослідження, спрямовані на вивчення впливу зовнішніх керуючих магнітних полів на процеси дугового зварювання. Перші глибокі за змістом і масштабні за об’ємом роботи у цьому напрямку розпочались з приходом на кафедру її випускника Валерія Павловича Черниша, який у 1961 р. закінчив КПІ. Він у 1966 р., після захисту під керівництвом проф. Трочуна І.П. кандидатської дисертації на тему «Вплив зовнішнього магнітного поля на процес первинної кристалізації металу зварювальної ванни» заснував лабораторію «Магнітне керування процесами зварювання».

Саме у цей період, спочатку як студенти-дослідники, а потім як інженери, у лабораторії почали працювати Малінкін І.В. і Сироватка В.В. У 1969 р. штат лабораторії поповнився аспірантом Кузнецовим В.Д. та інженерами Поповським В.Ю. і Большого В.А. Було розпочато різнопланові дослідження новітнього способу дугового зварювання з електромагнітним перемішуванням розплаву ванни. Під керівництвом Черниша В.П. було підготовано ряд дисертаційних робіт. У 1972 р. Кузнецов В.Д. захистив кандидатську дисертацію на тему «Дослідження впливу електромагнітного перемішування розплаву ванни на стійкість зварних з’єднань проти утворення гарячих тріщин». У 1973 р. Малінкін І.В. захистив кандидатську дисертацію на тему «Дослідження методу керування кристалізацією швів, що ґрунтується на електромагнітному перемішуванні розплаву зварювальної ванни». У 1974 р. Захаров Г.В. захистив кандидатську дисертацію на тему «Зварювання сталі ВНС2 з електромагнітним перемішуванням розплаву ванни». У 1975 р. Сироватка В.В. захистив кандидатську дисертацію на тему «Дослідження і удосконалення методу зварювання сплаву АМг6 із застосуванням електромагнітного перемішування зварювальної ванни». Підсумком даного етапу робіт була експозиція, представлена співробітниками лабораторії магнітного керування процесами зварювання на виставці досягнень народного господарства СРСР. Її було відзначено срібною медаллю.

Після накопичення досвіду і вивчення технологічних особливостей дугового зварювання з електромагнітним перемішуванням розплаву ванни у середині 1970-х років було розпочато його впровадження у виробництво на провідних підприємствах колишнього Радянського



Союзу. В процесі виконання значної кількості наукових досліджень накопичувався матеріал для публікацій і дисертаційних робіт. У 1976 р. заступник головного зварювальника Сумського машинобудівного заводу ім. Фрунзе Бріскман О.Н. під керівництвом Черниша В.П. захистив кандидатську дисертацію на тему «Дослідження і розробка способів підвищення технологічної міцності зварних швів хімічних машин і апаратів із стабільно аустенітних сталей». У цьому ж році начальник лабораторії зварювання зазначеного підприємства Шеленков Г.М. також під керівництвом Черниша В.П. захистив кандидатську дисертацію на тему «Дослідження і розробка процесу дугового зварювання титану з електромагнітним перемішуванням для серійного виготовлення хімічної апаратури».

У 1978 р. в КПІ було організовано кафедру «Електрозварювальні установки». Її завідувачем став Черниш В.П., який у цьому ж році захистив докторську дисертацію на тему «Дослідження і розробка фізико-технологічних основ зварювання з електромагнітним перемішуванням розплаву ванни». Викладачами кафедри стали більшість співробітників лабораторії магнітного керування процесами зварювання.

Наукові дослідження у даному напрямі не припинялись. Вони були спрямовані на поглиблене вивчення механізмів впливу зовнішніх електромагнітних дій на процеси зварювання. У 1978 р. аспірант кафедри Турик Є.В. під керівництвом Черниша В.П. захистив кандидатську дисертацію на тему «Дослідження механізму впливу електромагнітного перемішування розплаву зварювальної ванни на стійкість швів проти утворення гарячих тріщин». У 1980 р. Пахаренко В.П. захистив кандидатську дисертацію на тему «Кінетика кристалізації та формування властивостей зварних швів при зварюванні з електромагнітним перемішуванням». Продовжувалась і робота на промислових підприємствах щодо подальшого впровадження наукових розробок кафедри електрозварювальних установок. У 1982 р. головний зварювальник Південного машинобудівного заводу Ржанов Б.П. захистив кандидатську дисертацію на тему «Застосування зовнішнього магнітного поля для зниження дефектності швів і підвищення продуктивності зварювання при виготовленні конструкцій із алюмінієвих сплавів». Накопичені з початку організації лабораторії магнітного керування процесами зварювання наукові дані були узагальнені у двох монографіях, підготовлених співробітниками кафедри електрозварювальних установок.

Подальші роботи щодо розвитку зазначеного наукового напрямку були спрямовані на істотне розширення сфери застосування зовнішніх електромагнітних дій. Так, наприклад, у 1980-і роки на промислових підприємствах були певні проблеми, пов'язані із забезпеченням якості зварних з'єднань у тонкостінних виробках. Їх вирішенням займалися співробітники кафедри електрозварювальних установок. У 1984 р. Матяш В.І. захистив кандидатську дисертацію на тему «Застосування електромагнітних дій для керування формуванням швів при імпульсно-дуговому зварюванні». Розроблену в процесі її виконання технологію було успішно впроваджено на ряді підприємств при зварюванні тонкостінних виробів із складно легованих сталей і сплавів. У 1987 р. вже під керівництвом Кузнецова В.Д. була підготовлена кандидатська дисертація Казаковим М.К. на тему «Застосування електромагнітного перемішування розплаву для підвищення ударної в'язкості швів при електрошлаковому зварюванні». Дану технологію також було впроваджено у виробництво великогабаритних товстостінних виробів. У дані роки на кафедрі електрозварювальних установок Скачковим І.О. проводився комплекс досліджень, спрямованих на застосування зовнішніх електромагнітних дій у плазмово-дуговому зварюванні. Підсумком наукових робіт, виконаних на кафедрі електрозварювальних установок у зазначений період, є захист у 1989 р. докторської дисертації Кузнецова В.Д. на тему «Керування магнітогідродинамічними процесами у зварювальній ванні і підвищення ефективності способів зварювання плавленням». Його науковим консультантом був Черниш В.П. В подальшому Кузнецов В.Д. став завідувачем кафедри «Відновлення деталей машин» (зараз її перейменовано у кафедру «Інженерії поверхні»), яку очолює і у теперішній час.

1990-і роки можна вважати завершальним етапом розробки технологій зварювання з електромагнітним перемішуванням розплаву. У 1990 р. Кораб М.Г. захистив кандидатську дисертацію на тему «Удосконалення процесу дугового зварювання застосуванням автоматичного регулювання кінетики кристалізації». Її головною метою було створення замкненої автоматичної системи дугового зварювання з електромагнітним перемішуванням розплаву. У 1995 р. Красношопка В.В. під керівництвом Кузнецова В.Д. захистив кандидатську дисертацію на тему «Удосконалення механізованого дугового зварювання неплавким електродом шляхом застосування імпульсної подачі присадкового дроту і імпульсних електромагнітних дій». Ця робота вже була спрямована на одночасне використання в про-

цесі зварювання різних зовнішніх імпульсних дій. У дев'яності роки минулого сторіччя на авіабудівних підприємствах відбувалось масштабне оновлення технологій зварювання і, відповідно, обладнання для їх реалізації. В цьому процесі брали участь і співробітники кафедри електрозварювальних установок. Результатом цих робіт був захист у 1996 р. кандидатської дисертації Рижовим Р.М. на тему «Застосування електромагнітних дій для стабілізації якості швів при ручному TIG-зварюванні». Нажаль це остання дисертаційна робота, яку було захищено під керівництвом Черниша В.П. У 2000 р. він пішов із життя.

Подальші розробки на кафедрі електрозварювальних установок технологій зварювання з електромагнітними діями і обладнання для їх реалізації проводились під керівництвом Рижова Р.М. В основному вони були спрямовані на дослідження технологічних можливостей комбінованих електромагнітних дій. Для їх створення була необхідна розробка з використанням мікропроцесорної техніки сучасних генераторів імпульсів керуючих магнітних полів і різних за конструкціями багатополіусних електромагнітних систем. У цей період було виконано ряд проектів по застосуванню комбінованих електромагнітних дій при зварюванні плавким і неплавким електродами, у підводному мокрому зварюванні, широкошаровому наплавленні. Підсумком цих робіт був захист у 2008 р. Рижовим Р.М. докторської дисертації на тему «Дугове зварювання з комбінованими електромагнітними діями». Його науковим консультантом був Кузнецов В.Д.

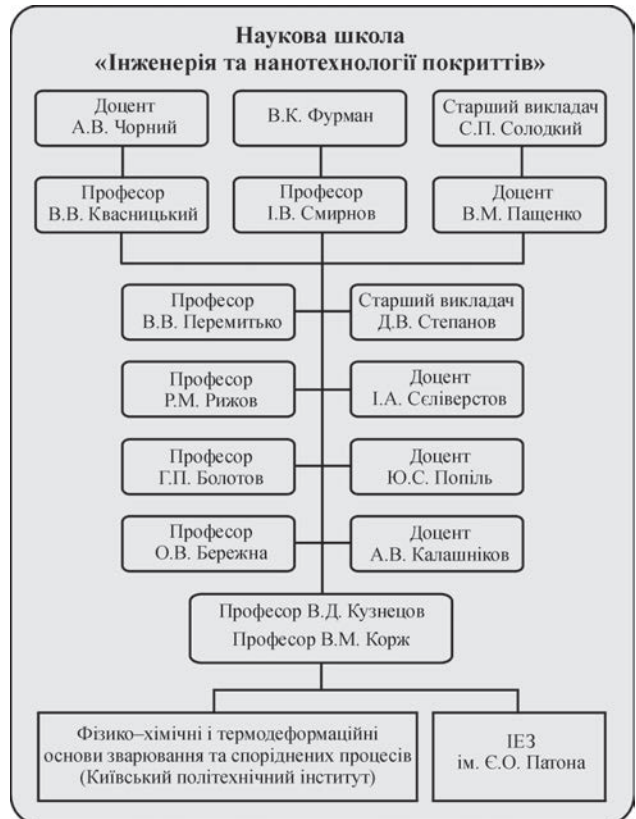
В останні роки співробітниками кафедри електрозварювальних установок розроблено ряд новітніх технологій зварювання з електромагнітними діями. Так, розробки минулих років можна було обмежено використовувати при зварюванні плавким електродом у середовищі захисних газів. Ця задача успішно вирішена застосуванням високочастотних імпульсних магнітних полів. Результати виконаних у даному напрямку робіт узагальнені в захищеній у 2010 р. Сидоренком П.Ю. під керівництвом Рижова Р.М. кандидатської дисертації на тему «Керування процесом перенесення електродного металу застосуванням імпульсних електромагнітних дій при дуговому зварюванні». При точковому контактному зварюванні однією з головних проблем є стабілізація якості з'єднань. У більшій мірі це стосується зварювання різномірних матеріалів. Дану задачу також успішно вирішено застосуванням зовнішніх електромагнітних дій. Підсумком виконаних науково-дослідних робіт є захищена у 2015 р. Кочубеєм В.В. під керівництвом Рижова Р.М. кандидатська дисертація на тему «Застосування зовнішніх електромагнітних дій для поліпшення показників якості з'єднань при точковому контактному зварюванні».

У теперішній час науково-дослідні роботи представників наукової школи «Магнітне керування процесами зварювання» спрямовано на подальше розширення областей застосування технологій зварювання з електромагнітними діями, поглиблене вивчення технологічних можливостей розроблених способів зварювання і створення новітніх зразків спеціалізованого устаткування для їх практичної реалізації.

### Інженерія та нанотехнології покриттів

*Керівник школи в даний час* — Кузнецов Валерій Дмитрович, д-р техн. наук, професор кафедри Інженерії поверхні НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», завідувач кафедри інженерії поверхні з 2001 по 2016 р.; член двох Спеціалізованих вчених рад по захисту докторських дисертацій КПІ ім. Ігоря Сікорського та ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України; член фахової ради Міністерства освіти та науки України.

*Коротка історія наукової школи.* Становлення наукової школи почалось у 1990-і роки разом із організацією кафедри «Інженерія поверхні», яка спочатку мала назву «Відновлення деталей машин». У ці роки інтенсивно почав розвиватися новий напрямок у науці та техніці — інженерія поверхні. Головним координатором робіт по створенню функціональних поверхонь у межах всієї держави був при-





значений Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона, тому основна увага була приділена технологіям інженерії поверхні, які базуються на джерелах енергії, ідентичних тим, що застосовуються у зварюванні. Враховуючи це, найбільший розвиток отримали технології наплавлення, нанесення газотермічних покриттів, вакуумно-конденсаційних покриттів тощо. Ці технології були віднесені до категорії споріднених зварюванню процесів і включені у відповідну наукову спеціальність 05.03.06.

Наукову школу, яка формувалась, очолили вже знані у науковому середовищі зварювальників професор, д-р техн. наук Кузнецов В.Д. та професор, д-р техн. наук Корж В.М.

З кінця 1980-х років закладені теоретичні та практичні основи методів наплавлення поверхневих шарів із керованим енерговкладом в основний матеріал виробу під керівництвом проф. Кузнецова В.Д.

Паралельно, у ці ж роки, проводилась інтенсивна робота по створенню обладнання та теоретично-технологічних основ застосування екологічно чистих продуктів електролізу води в технологіях модифікування поверхні та нанесення функціональних покриттів під керівництвом проф. Коржа В.М.

1993 р. — заснування нового напрямку робіт зі створення керованих систем генерації низькотемпературної плазми для обробки матеріалів із застосуванням складних газових сумішей проф. Пашенко В.М.

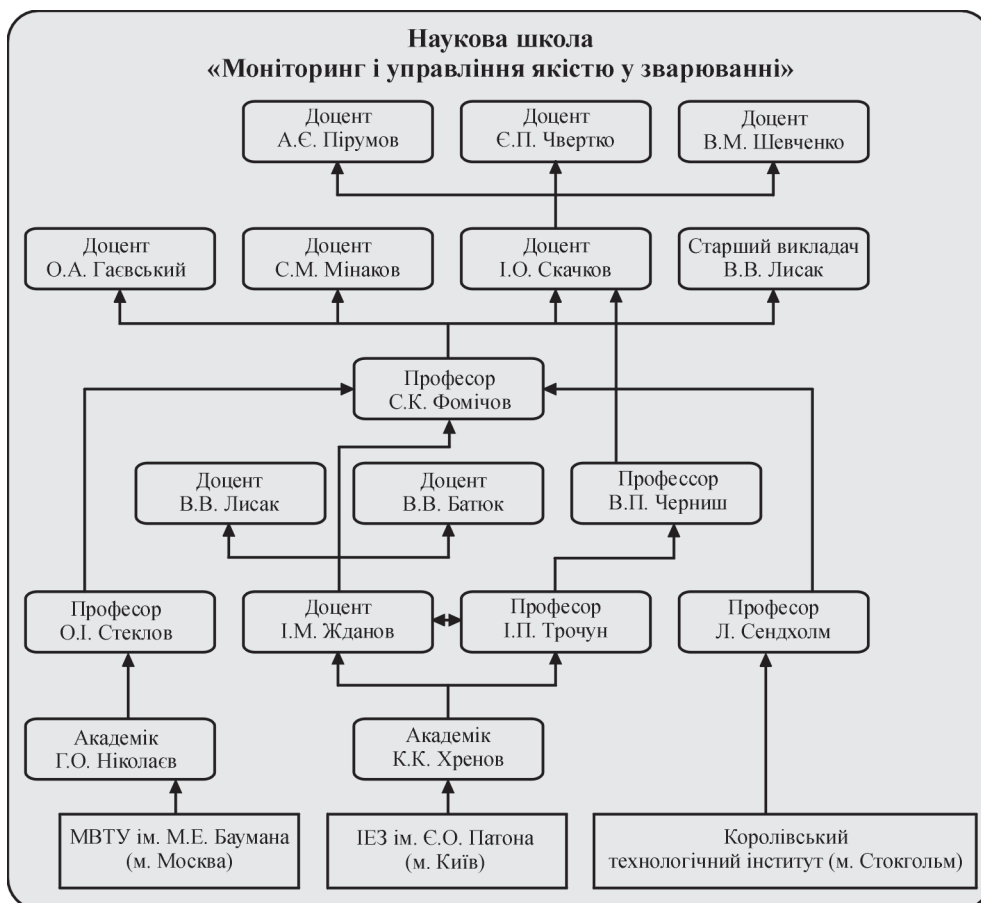
2003 р. — заснування напрямку робіт зі створення багатофункціональних плазмових покриттів із застосуванням порошків із нанорозмірними складовими проф. Копиловим В.І. та проф. Смирновим І.В.

2012 р. — заснування нового напрямку робіт щодо теоретичного та експериментального вивчення впливу нанорозмірних добавок на фізико-механічні та експлуатаційні характеристики зварних швів та наплавлених шарів проф. Кузнецовим В.Д.

**Моніторинг і управління якістю у зварюванні**

*Керівник школи в даний час* — Фомічов Сергій Костянтинович, д-р техн. наук, професор, декан зварювального факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського, а також:

- голова Координаційної ради завідувачів кафедрами зварювання та споріднених процесів технічних університетів України;





Розгляд в ІЕЗ ім. Є.О. Патона наукових шкіл зварювального факультету на Координаційній Раді завідуючих кафедрами зварювання та споріднених процесів України

- голова кваліфікаційної комісії органу Міжнародного інституту зварювання з атестації та сертифікації персоналу зі зварювання в Україні;
- голова громадської Наглядової ради Міжнародного органу з сертифікації Bureau Veritas Ukraine;
- член двох Спеціалізованих вчених рад по захисту докторських дисертацій КПІ ім. Ігоря Сікорського та ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України;
- член Правління Української асоціації якості;
- член Міжнародної гільдії професіоналів з якості;
- член редакційної колегії наукового журналу «Технічна діагностика та неруйнівний контроль».

*Коротка історія наукової школи*

1953 р. — заснування школи «Контроль якості зварних з'єднань за рівнем напружено-деформованого стану» академіком Хреновим К.К.

1960-і, 1970-і роки — розвиток розрахункових методів контролю напружено-деформованого стану зварних конструкцій проф. Трочуном І.П. та магнітних методів контролю напружено-деформованого стану зварних конструкцій доц. Ждановим І.М. і доц. Батюком В.В.

1980-і, початок 1990-х років — дослідження механізмів руйнування зварних конструкцій з урахуванням технологічних, експлуатаційних факторів і впливу агресивного середовища, розробка багатопараметричних методів контролю якості та прогнозування руйнування зварних конструкцій на базі магнітних, акустичних методів (спільно з ІЕЗ ім. Є.О. Патона) та методу поляризаційного опору (спільно з кафедрою технології електрохімічних виробництв КПІ) доц. Ждановим І.М., проф. Фомічовим С.К., проф. Недосекою А.Я., д-ром хім. наук Герасименко Ю.С., доц. Батюком В.В., канд. техн. наук Яременко М.А., канд. техн. наук Мінаковим С.М. і канд. техн. наук Сорокіним В.І. та розробка методів забезпечення якості проф. Чернишем В.П.

1992 р. — створення телеметричних систем моніторингу технічного стану зварних конструкцій проф. Фомічовим С.К., канд. техн. наук Мінаковим С.М. і канд. техн. наук Яременко М.А.

1996 р. — заснування нового напрямку «Інтегровані системи управління якістю» проф. Фомічовим С.К. і проф. Сендхолмом Л. (Королівський технологічний інститут, м. Стокгольм, Швеція) і розвиток доц. Скачковим І.О., доц. Гаєвським О.А. і ст. викл. Лисаком В.В.

2002 р. — заснування нового напрямку «Моніторинг якості на основі штучного інтелекту» проф. Фомічовим С.К., доц. Скачковим І.О. і розвиток доц. Пірумовим А.Є., доц. Чвертко Є.П. і доц. Шевченко М.В.



Моніторинг технічного стану судноперевантажувача



Робота з магістрами в лабораторії

Академік НАН України С. І. Кучук-Яценко

## Календарь выставок и конференций в 2019 г.

| Дата           | Место проведения          | Название                                                                                                                                   |
|----------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 19–22 февраля  | Мюнхен, Германия          | Конференция «Сварка в аппарато- и судостроении»                                                                                            |
| 19–20 февраля  | Эссен, Германия           | Конференция DVS «Цифровые технологии в профессиональном обучении и дальнейшем образовании»                                                 |
| 19–22 марта    | Екатеринбург, Россия      | 19-я специализированная выставка «Металлообработка. Сварка-2019»                                                                           |
| 20–21 марта    | Кембридж, Великобритания  | Международный симпозиум по линейной сварке трением                                                                                         |
| 20–22 марта    | Бангкок, Таиланд          | 8-й Азиатский конгресс МИС                                                                                                                 |
| 2–5 апреля     | Киев, Украина             | 11-я Международная специализированная выставка «Киевская техническая ярмарка-2019»                                                         |
| 9–11 апреля    | Львов, Украина            | 9-я специализированная выставка «Металл, оборудование, инструмент»                                                                         |
| 9–12 апреля    | Минск, Беларусь           | 19-я специализированная выставка «Сварка и Резка-2019»                                                                                     |
| 10–11 апреля   | Халле, Германия           | 11-й Международный конгресс электронно-лучевых технологий                                                                                  |
| 25–28 апреля   | С.-Петербург, Россия      | Выставка «Сварка/Welding-2019»                                                                                                             |
| 7–8 мая        | Дюссельдорф, Германия     | 6-й Международный конгресс и выставка по алюминию и технологиям                                                                            |
| 11–13 мая      | Москва, Россия            | Международная выставка «Металлоконструкции-2019»                                                                                           |
| 14–16 мая      | Польша                    | 19-я Международная конференция «Обеспечение качества в литейном и сварочном производствах»                                                 |
| 16 мая         | с. Княжичи, Киевская обл. | Семинар «Автоматизация сварочных процессов»                                                                                                |
| 21–23 мая      | Польша                    | 25-я научно-техническая краевая конференция «Реклама, инновации и требования качества процессов сварки»                                    |
| 21–23 мая      | Аахен, Германия           | 12-я Международная конференция «Пайка, высокотемпературная пайка и диффузионная пайка»                                                     |
| 22–24 мая      | Запорожье, Украина        | Выставка «Машиностроение. Металлургия»                                                                                                     |
| 28–30 мая      | Москва, Россия            | Международная научная конференция «Сварка и родственные технологии для изготовления оборудования специального и ответственного назначения» |
| май            | Киев, Украина             | Сессия научного совета по новым материалам МААН                                                                                            |
| 3-6 июня       | Львов, Украина            | 6-я Международная конференция «Механика разрушений»                                                                                        |
| 4–5 июня       | Киев, Украина             | Международная конференция «Материалы для сварки, наплавки, нанесения защитных покрытий и 3D-технологий»                                    |
| 7–12 июня      | Братислава, Словакия      | 71-я ассамблея Международного института сварки                                                                                             |
| 18–20 июня     | Гомель, Беларусь          | Международный научно-практический семинар «Сварочные материалы: состояние и перспективы»                                                   |
| 20 июня        | с. Княжичи, Киевская обл. | Семинар «Роботизация сварочных процессов»                                                                                                  |
| 25-29 июня     | Дюссельдорф, Германия     | GIFA, METEC, THERMPROCESS, NEWCAST 2019 – ЯРКИЙ МИР МЕТАЛЛОВ (выставки металлургической и металлообрабатывающей промышленности)            |
| 3–6 сентября   | Томск, Россия             | Международная конференция «Сварка в России 2019: современное состояние и перспективы»                                                      |
| 9–13 сентября  | Одесса, Украина           | 9-я Международная конференция «Лучевые технологии в сварке и обработке материалов»                                                         |
| 16–17 сентября | Росток, Германия          | DVS – студенческий конгресс                                                                                                                |
| 14–16 октября  | Гданьск, Польша           | 61-я научно-техническая конференция сварщиков                                                                                              |
| 23-24 октября  | София, Болгария           | Семинар «Обучение персонала сварочного производства»                                                                                       |
| 19–22 ноября   | Киев, Украина             | 18-й Международный Промышленный Форум-2019 с разделом «Укрсварка»                                                                          |

**Подписка – 2019 на журнал «Автоматическая сварка»**  
[www.patonpublishinghouse.com/rus/journals/as](http://www.patonpublishinghouse.com/rus/journals/as)  
 Подписной индекс 70031

| Украина      |           | Зарубежные страны |              |
|--------------|-----------|-------------------|--------------|
| на полугодие | на год    | на полугодие      | на год       |
| 990 грн.     | 1980 грн. | 90 дол. США       | 180 дол. США |

В стоимость подписки включена доставка заказной бандеролью.

Подписку на журнал «Автоматическая сварка» можно оформить непосредственно через редакцию или по каталогам подписных агентств: ДП «Преса», «Пресцентр», «Меркурий» (Украина); каталог зарубежных изданий «Белпочта» (Беларусь); каталог АО «Казпочта» Издания Украины (Казахстан); каталог «Газеты. Журналы» агентства «Роспечать», Объединенный каталог «Пресса России» (РФ).



**Подписка – 2019 на журнал «The Paton Welding Journal»**  
[www.patonpublishinghouse.com/eng/journals/tpwj](http://www.patonpublishinghouse.com/eng/journals/tpwj)  
 Подписной индекс 21971

| Украина      |           | Зарубежные страны |              |
|--------------|-----------|-------------------|--------------|
| на полугодие | на год    | на полугодие      | на год       |
| 2400 грн.    | 4800 грн. | 192 дол. США      | 384 дол. США |

В стоимость подписки включена доставка заказной бандеролью.

Журнал «Автоматическая сварка» в полном объеме переиздается на английском языке под названием «The Paton Welding Journal». Журналы распространяются по редакционной подписке (тел./факс: 38044 200-82-77, E-mail: [journal@paton.kiev.ua](mailto:journal@paton.kiev.ua)).



**Правила для авторов, лицензионные соглашения, архивные выпуски журналов на сайте издательства [www.patonpublishinghouse.com](http://www.patonpublishinghouse.com).**

**В 2019 г. в открытом доступе выпуски журналов с 2009 по 2017 гг. в формате \*.pdf.**

**Реклама в журналах «Автоматическая сварка» и «The Paton Welding Journal»**

**Реклама публикуется на обложках и внутренних вклейках следующих размеров**

- ◆ Первая страница обложки, 190×190 мм
- ◆ Вторая, третья и четвертая страницы обложки, 200×290 мм
- ◆ Первая, вторая, третья, четвертая страницы внутренней обложки, 200×290 мм
- ◆ Вклейка А4, 200×290 мм
- ◆ Разворот А3, 400×290 мм
- ◆ А5, 165×130 мм

**Стоимость рекламы**

- ◆ Цена договорная
- ◆ Предусмотрена система скидок
- ◆ Стоимость публикации статьи на правах рекламы составляет половину стоимости рекламной площади
- ◆ Публикуется только профильная реклама (сварка и родственные технологии)
- ◆ Ответственность за содержание рекламных материалов несет рекламодатель

Подписано к печати 24.01.2019. Формат 60×84/8. Офсетная печать.  
 Усл. печ. л. 9,04. Усл.-отт. 9,89. Уч.-изд. л. 10,34.  
 Печать ООО «ДИА».