

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор  
Б. Е. Патон

Ученые ИЭС им. Е. О. Патона

С. И. Кучук-Яценко (зам. гл. ред.),  
В. Н. Липодаев (зам. гл. ред.),  
Ю. С. Борисов, Г. М. Григоренко,  
А. Т. Зельниченко, В. В. Кныш,  
И. В. Кривцун, Ю. Н. Ланкин,  
Л. М. Лобанов,  
В. Д. Позняков,  
И. А. Рябцев, К. А. Юценко

Ученые университетов Украины

В. В. Дмитрик, НТУ «ХПИ», Харьков,  
В. В. Квасницкий,  
НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского», Киев,  
В. Д. Кузнецов,  
НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского», Киев  
М. М. Студент, Физ.-механ. ин-т  
им. Г. В. Карпенко НАНУ, Львов  
Зарубежные ученые  
Н. П. Алешин  
МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, РФ  
Гуань Цяо  
Ин-т авиационных технологий, Пекин, Китай  
А. С. Зубченко  
ОКБ «Гидропресс», Подольск, РФ  
М. Зиниград  
Ун-т Ариэля, Израиль  
В. И. Лысак  
Волгоградский гос. техн. ун-т, РФ  
У. Райсген  
Ин-т сварки и соединений, Аахен, Германия  
Я. Пилярчик  
Ин-т сварки, Гливице, Польша  
Г. А. Турчин  
С.-Петербургский гос. политехн. ун-т, РФ

Редакторы

Т. В. Юштина (отв. секр.), К. Г. Григоренко,  
Н. А. Питула  
Электронная верстка  
И. Р. Наумова, Д. И. Середя, А. И. Сулима

Адрес редакции

ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ  
03680, 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

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

Издается ежемесячно

СОДЕРЖАНИЕ

Пленарные доклады международной конференции  
«Роботизация и автоматизация сварочных процессов»  
12–14 июня 2017 г., Киев, Украина

<i>Корниенко А. Н., Макаренко Н. А.</i> У истоков механизации и автоматизации сварочного производства .....	3
<i>Мазур А. А., Маковецкая О. К., Пустановит С. В.</i> Основные тенденции развития автоматизации и роботизации в сварочном производстве (Обзор) .....	8
<i>Коротынский А. Е., Сколюк М. И.</i> Интеллектуализация процессов контроля параметров дуговой сварки .....	15
<i>Цыбульский Г. А.</i> Некоторые проблемы роботизации дуговой сварки плавящимся электродом в среде защитного газа .....	20
<i>Юйхуэй Яо, Пелешенко С. И., Коржик В. Н., Хаскин В. Ю., Квасницкий В. В.</i> Концепция создания усовершенствованной системы искусственного интеллекта и компьютеризированного тренажера для виртуальной сварки .....	26
<i>Турык Е., Шуберт Л., Дудек С., Гробош В.</i> Роботизированная сварка тонкостенных деталей способом TIG с системой контроля режима сварки .....	35
<i>Ланкин Ю. Н., Семикин В. Ф., Байштрук Е. Н.</i> Стабилизация сварочного тока контактных точечных машин при колебаниях напряжения питающей сети .....	40
<i>Рябцев И. А., Соловьев В. Г., Ланкин Ю. Н., Бабинец А. А.</i> Компьютерная система автоматического управления процессов дуговой наплавки электродными проволоками .....	43
<i>Pfeifer T., Rozanski M., Grobosz W., Rykala J., Riabcew I. A.</i> Technological Aspects of the Robotic TIG Surfacing of Boiler Steel Tubes Using Alloy Inconel 625 .....	46
<i>Лобанов Л. М., Шаповалов Е. В., Гончаров П. В., Долинченко В. В., Тимошенко А. Н., Скуба Т. Г.</i> Технология роботизированной ТИГ-сварки элементов конструкций из нержавеющей стали .....	54
<i>Долинченко В. В., Шаповалов Е. В., Скуба Т. Г., Коляда В. О., Куц Ю. В., Галаган Р. М., Карпінський В. В.</i> Роботизована система неруйнівного вихрострумовеого контролю виробів зі складною геометрією .....	60
<i>Максимов С. Ю.</i> Разработка технологии герметизации труб теплообменника автоматической мокрой подводной сваркой .....	68
<i>Коржик В. Н., Сидорец В. Н., Шангуо Хан, Бабич А. А., Гринюк А. А., Хаскин В. Ю.</i> Создание роботизированного комплекса для гибридной плазменно-дуговой сварки тонкостенных конструкций .....	72
<i>Скачков І. О.</i> Моніторинг технологічного процесу дугового роботизованого зварювання .....	83
<i>Руденко П. М., Гавриш В. С., Кучук-Яценко С. И., Дидковский А. В., Антипин Е. В.</i> Влияние параметров процесса стыковой контактной сварки оплавлением на прочностные характеристики стыков железнодорожных рельсов .....	87
<i>Коржик В. Н., Войтенко А. Н., Пелешенко С. И., Ткачук В. И., Хаскин В. Ю., Гринюк А. А.</i> Разработка автоматизированного оборудования для изготовления трехмерных металлических изделий на основе аддитивных технологий .....	91
<i>Лендел И. В., Лебедев В. А., Максимов С. Ю., Жук Г. В.</i> Автоматизация сварочных процессов с использованием механического сварочного оборудования .....	99
<i>Вертецкая И. В., Коротынский А. Е.</i> Использование дифференциального тейлоровского преобразования для моделирования процессов в резонансных источниках питания .....	105

Информация

Диссертации на соискание ученой степени .....	82, 107
Выставка «Сварка и резка-2017» .....	108
Олімпіада студентів зі зварювання та споріднених процесів і технологій .....	110
TPS/i Robotics — идеальная сварочная система для роботизированного применения .....	112
Оборудование для автоматической дуговой сварки .....	114
Гибкое производство сварных корпусов легкобронированных боевых машин из укрупненных узлов .....	116
Комплексные решения компании ESAB для роботизированной сварки и резки металлов .....	118

## РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор  
Б. Є. Патон

Вчені ІЕЗ ім. Є. О. Патона

С. І. Кучук-Яценко (заст. гол. ред.),  
В. М. Ліподаєв (заст. гол. ред.),  
Ю. С. Борисов, Г. М. Григоренко,  
О. Т. Зельніченко, В. В. Книш,  
І. В. Кривцун, Ю. М. Ланкін,  
Л. М. Лобанов,  
В. Д. Позняков,  
І. О. Рябцев, К. А. Ющенко

Вчені університетів України

В. В. Дмитрик, НТУ «ХПІ», Харків,  
В. В. Квасницький,  
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», Київ,  
В. Д. Кузнєцов,  
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», Київ  
М. М. Студент, Фіз.-механ. ін-т  
ім. Г. В. Карпенка НАНУ, Львів

Зарубіжні вчені

М. П. Альошин

МДТУ ім. М. Е. Баумана, Москва, РФ  
Гуань Цяо

Ін-т авіаційних технологій, Пекін, Китай

О. С. Зубченко

ДКБ «Гідропрес», Подільськ, РФ

М. Зініград

Ун-т Арієля, Ізраїль

В. І. Лисак

Волгоградський держ. техн. ун-т, РФ

У. Райсген

Ін-т зварювання і з'єднань, Аахен,  
Німеччина

Я. Пілярчик

Ін-т зварювання, Глівіце, Польща

Г. А. Турчин

С.-Петербурзький держ. політехн. ун-т, РФ

Редактори

Т. В. Юштіна (від. секр.), К. Г. Григоренко,  
Н. А. Притула

Електронне верстання

І. Р. Наумова, Д. І. Середа, А. І. Сулима

Адреса редакції

ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАНУ  
03680, Україна, Київ-150,  
вул. Казимира Малевича, 11  
Тел.: (38044) 200 6302, 200 8277  
Факс: (38044) 200 5484, 200 8277  
E-mail: journal@paton.kiev.ua  
www.patonpublishinghouse.com

Засновники

Національна академія наук України,  
ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАНУ,  
МА «Зварювання» (видавець)

Свідоцтво про державну  
реєстрацію KB 4788 від 09.01.2001  
ISSN 0005-111x

Журнал входить в перелік затверджених  
Міністерством освіти і науки України  
видань для публікації праць  
здобувачів вчених ступенів

За зміст рекламних матеріалів редакція  
журналу відповідальності не несе

Ціна договірної

Видається щомісячно

## ЗМІСТ

## Пленарні доповіді міжнародної конференції «Роботизація та автоматизація зварювальних процесів» 12–14 червня 2017 р., Київ, Україна

Корнієнко О. М., Макаренко Н. О. У витоків механізації та автоматизації зварювального виробництва .....	3
Мазур О. А., Маковецька О. К., Пустовойт С. В. Основні тенденції розвитку автоматизації і роботизації в зварювальному виробництві (Огляд) .....	8
Коротинський О. Є., Скопюк М. І. Інтелектуалізація процесів контролю параметрів дугового зварювання .....	15
Цибулькін Г. О. Деякі проблеми роботизації дугового зварювання плавким електродом в середовищі захисного газу .....	20
Юйхуей Яо, Пелешенко С. І., Коржик В. М., Хаскін В. Ю., Квасницький В. В. Концепція створення удосконаленої системи штучного інтелекту і комп'ютеризованого тренажера для віртуального зварювання .....	26
Турик Є., Шуберт Л., Дудек С., Гробош В. Роботизоване зварювання тонкостінних деталей способом ТОРТІГ з системою контролю режиму зварювання .....	35
Ланкін Ю. М., Семикін В. Ф., Байштрук Є. М. Стабілізація зварювального струму контактних точкових машин при коливаннях напруги мережі живлення .....	40
Рябцев І. О., Соловійов В. Г., Ланкін Ю. М., Бабінець А. А. Комп'ютерна система автоматичного управління процесів дугового наплавлення електродними дрютами .....	43
Пфайфер Т., Ружанські М., Гробош В., Рикала Я., Рябцев І. О. Технологічні аспекти роботизованого ТОРТІГ наплавлення котельних сталевих труб з використанням сплаву Inconel 625 .....	46
Лобанов Л. М., Шаповалов Є. В., Гончаров П. В., Долинченко В. В., Тимошенко О. М., Скуба Т. Г. Технологія роботизованого ТІГ-зварювання елементів конструкцій з нержавіючих сталей .....	54
Долинченко В. В., Шаповалов Є. В., Скуба Т. Г., Коляда В. О., Куц Ю. В., Галаган Р. М., Карпінський В. В. Роботизована система неруйнівного вихрострумовевого контролю виробів зі складною геометрією .....	60
Максимов С. Ю. Розробка технології герметизації труб теплообмінника автоматичним мокрим підводним зварюванням .....	68
Коржик В. М., Сидорець В. М., Шангуо Хан, Бабіч О. А., Гринюк А. А., Хаскін В. Ю. Створення роботизованого комплексу для гібридного плазмово-дугового зварювання тонкостінних конструкцій .....	72
Скачков І. О. Моніторинг технологічного процесу дугового роботизованого зварювання .....	83
Руденко П. М., Гавриш В. С., Кучук-Яценко С. І., Дідковський О. В., Антипін Є. В. Вплив параметрів процесу стикового контактного зварювання оплавленням на характеристики міцності стиків залізничних рейок .....	87
Коржик В. М., Войтенко О. М., Пелешенко С. І., Ткачук В. І., Хаскін В. Ю., Гринюк А. А. Розробка автоматизованого обладнання для виготовлення тривимірних металевих виробів на основі адитивних технологій .....	91
Лендел І. В., Лебедєв В. О., Максимов С. Ю., Жук Г. В. Автоматизація зварювальних процесів з використанням механічного зварювального устаткування .....	99
Вертецька І. В., Коротинський О. Є. Використання диференціального тейлорівського перетворення для моделювання процесів в резонансних джерелах живлення .....	105

## Інформація

Дисертації на здобуття вченого ступеню .....	82, 107
Виставка «Зварювання та різання-2017» .....	108
Олімпіада студентів зі зварювання та споріднених процесів і технологій .....	110
TPS/i Robotics — ідеальна зварювальна система для роботизованого використання .....	112
Устаткування для автоматичного дугового зварювання .....	114
Гнучке виробництво зварних корпусів легкоброньованих бойових машин з укрупнених вузлів .....	116
Комплексні рішення компанії ESAB для роботизованого зварювання і різання металів .....	118

## У ИСТОКОВ МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Важными условиями научно-технического прогресса являются снижение энерго- и ресурсозатрат, повышение производительности труда, улучшение экологических показателей производства, эксплуатационных качеств и др. С начала XX века все более значительное место занимают электротехнологии. В 1920-х гг. появляются металлоконструкции и машины, при изготовлении которых клепка была заменена сваркой. Продолжали развиваться военная техника, транспорт, энергетика, увеличиваться размеры конструкций, усложняться режимы эксплуатации, что требовало разработки новых технологий сварки.

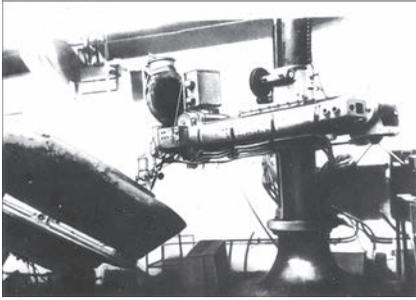
Среди десятка видов сварки, созданных на основе использования электрической энергии, ведущее место заняла дуговая сварка, которая до настоящего времени не имеет конкурентов по универсальности и простоте применения. Значительное место в сварочном производстве заняли высокопроизводительные технологии контактной сварки. Электрошлаковая, электронно-лучевая, лазерная сварка, гибридные способы сварки, созданные во второй половине XX века, оказались незаменимыми в производстве новых видов техники. Кроме упомянутых, список сварочных и родственных технологий содержит еще десятки способов. Каждый из них имеет свои особенности и уникальные преимущества. Но общим для большинства инновационных технологий является расширение технологических возможностей, повышение уровня механизации и автоматизации, интенсификация процессов.



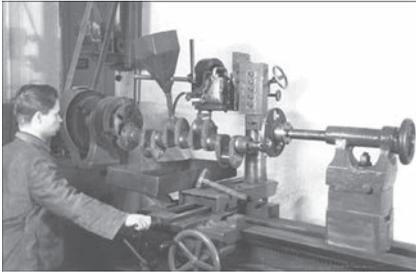
Е. О. Патон с делегатами конференции по автоматической сварке, Киев, 1940 г.

История создания и развития автоматической сварки, возникновения и развития механизации и автоматизации сварочного производства описана в значительном количестве отечественных и зарубежных публикаций. Сварка и родственные технологии продолжают развиваться, поэтому актуальность исследований в этих направлениях сохраняется.

Потребность в прогрессивных технологиях сварки резко возросла в связи с курсом СССР на индустриализацию. В 1929 г. Евгений Оскарович Патон создал в системе Всеукраинской академии наук Электросварочную лабораторию и наметил пути производства сварных конструкций. Е. О. Патон писал: «Основной проблемой электросварки во второй пятилетке является возможно более полная механизация сварочного процесса. Эта мера даст большую экономию сварочной аппаратуры, времени и рабочей силы. Автоматы должны заменить ручную дуговую сварку везде, где это возможно и целе-



Автоматическая сварка башни танка Т-34, Нижний Тагил, 1942 г.



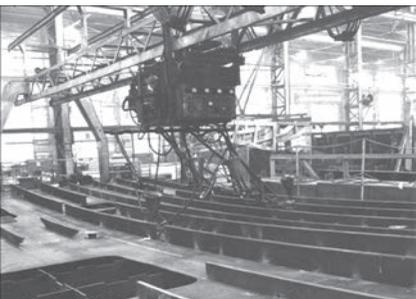
Установка для наплавки коленвалов, 1948 г. (М. Л. Звонков)

С 1941 г. начался период еще более интенсивного развития дуговой автоматической сварки, находились решения, опередившие мировой уровень на несколько лет. С началом войны ИЭС был эвакуирован в Нижний Тагил и разместился на территории Уральского вагоностроительного завода. Туда же был перебазирован Харьковский завод им. Коминтерна, где и был создан танк Т-34. Е. О. Патон поставил задачу автоматизировать сварку бронетанковой техники. Впервые в мире была разработана технология автоматической сварки брони (В. И. Дятлов, А. И. Иванов), исследованы процессы плавления под флюсом (Б. Е. Патон, А. М. Макара).

В начале 1942 г. на основе открытия принципа саморегулирования плавления электрода впервые в мире созданы одномоторные сварочные головки с постоянной скоростью подачи плавящегося электрода, исключена система поддержания длины дуги. Производительность автоматической сварки в 8...10 раз превысила производительность других способов сварки.



Е. О. Патон с сыновьями у аппарата ТС-17, 1950 г.



Механизированная сварка корабельных секций шланговыми полуавтоматами, Николаев, 1950 г.

сообразно... Развитие у нас автоматов должно быть поставлено на повестку дня. Не приходится рассчитывать на импортные автоматы, необходимо создать советские».

2 января 1934 г. было принято Постановление Совета Народных Комиссаров УССР о создании Института электросварки — первого в мире специализированного центра научных и инженерных работ в области сварки. За короткое время было разработано несколько вариантов сварки: с автоматической подачей штучных электродов, электродной проволокой с обмазкой и с впрыснутым флюсом. В Приказе по Народному комиссариату тяжелой промышленности от 23 мая 1936 г. № 869 «О развитии автоматической сварки» отмечались успехи ИЭС в создании сварочных автоматов.

Работа над совершенствованием дуговой автоматической сварки продолжалась. К началу 1940 г. был создан новый вид сварки — автоматическая дуговая сварка плавящимся электродом под слоем флюса. Был найден состав флюса и предложена кремнемарганцевая стальная электродная проволока (В. И. Дятлов). Стационарная сварочная головка была создана на основе дифференциального редуктора (П. П. Бушtedт). Новая технология оказалась на порядок более производительной, чем ручная дуговая сварка. Первая в мире монография (Е. О. Патона) «Скоростная автоматическая сварка под слоем флюса» вышла в 1940 г.

Конструкторская группы ИЭС спроектировала 20 типов установок для сварки узлов танков, САУ, авиабомб, торпед и др. (П. И. Севбо, В. Е. Патон). За годы войны автоматами сваривали 4 млн метров швов, было сэкономлено 5 млн кВт/ч электроэнергии. Всего за годы войны в Советском Союзе было выпущено 102857 танков и САУ. В США только в 1944 г. сумели разработать технологию автоматической сварки броневых сталей; в Германии вся бронетехника сваривалась ручными электродами, причем качество соединения было невысоким.

С 1944 г., после возвращения ИЭС в Киев, основной задачей института стала конверсия высокоэффективной военной технологии автоматической сварки для гражданского применения. Однако большинство изделий были сконструированы без учета условий, требующихся для применения автоматической сварки. Одна из идей Е. О. Патона заключалась в «расчленении» конструкций на узлы и сварке специализированными автоматами на отдельных позициях конвейерных линий. Путем совершенствования форм в ИЭС решались задачи технологичности сварных изделий, снижения их массы, уменьшения количества соединительных деталей. Примером изменения конструкций может служить решение проблемы массового производства вагонеток на Торецком машиностроительном заводе в Дружковке. Длина сварных швов составляла 24...72 м, а выполняли их вручную. Новая конструкция при общей

длине швов 12 м позволила совместить автоматическую сборку и сварку узлов с применением специальных установок. В результате процесс изготовления сократился в 20 раз.

Научные основы проектирования высокоэффективных источников питания и систем управления сварочными процессами были разработаны Б. Е. Патоном. Им впервые в мире была создана теория автоматического регулирования процессов дуговой сварки, предложены схемы простых и надежных сварочных головок.

Коллективу под руководством Е. О. Патона удалось совершить прорыв в создании принципиально нового оборудования — источников питания, аппаратов управления, универсальной мобильной сварочной аппаратуры (тракторов и шланговых полуавтоматов) и специализированной аппаратуры для массового производства однотипных изделий, и опередить мировое развитие такой техники на десятилетия.

Стремясь к унификации сварочного оборудования, коллектив конструкторов ИЭС (П. И. Севбо, В. Е. Патон и др.) во второй половине 1950-х гг. сконструировал сварочную головку АБС с постоянной скоростью подачи электродной проволоки. АБС и аппараты на ее основе выпускали несколько десятилетий. Универсальный сварочный автомат-трактор ТС-17 стал одним из основных средств механизации сварочных работ в народном хозяйстве страны (В. Е. Патон). Его конструкция послужила основой для большой гаммы аппаратов для дуговой сварки и развивается до сих пор. Были созданы тракторы для сварки за один проход на скользящей медной подкладке с формированием обратной стороны шва; универсальный двухдуговой трактор ДТС-23 и трехдуговая самоходная головка (В. Р. Лашкевич, В. Е. Патон, П. И. Севбо, А. И. Четверо и др.).

В 1946–1948 гг. на Мариупольском заводе им. Ильича с участием ИЭС им. Е. О. Патона была построена высокомеханизированная линия для изготовления железнодорожных цистерн; применили автоматическую сварку трактором двух внутренних продольных, внутренних круговых, наружных продольных и наружных круговых швов. Внедрению автоматической сварки в судостроение способствовало создание электромагнитных стендов с флюсовыми подушками. В ИЭС им. Е. О. Патона разработали новую технологию непрерывного производства труб. Были спроектированы трубосварочный стан (Р. И. Лашкевич), схемы управления сварочным процессом (Б. Е. Патон), сварочные головки (В. Е. Патон) и технология высокопроизводительной сварки (Б. И. Медовар). В 1948–1949 гг. был смонтирован на Харьцызском трубном заводе первый в СССР стан, на котором сборку и сварку двумя последовательно расположенными дугами выполняли в одном агрегате при стационарно установленной сварочной головке и подвижной трубе. Скорость сварки достигала 200 м/ч.

Впервые в мире была создана новая технология строительства крупногабаритных резервуаров (Г. В. Раевский). Стенку, крышу и днище сваривали автоматами под флюсом в цехах, полотнища сворачивали в транспортабельные рулоны и разворачивали на месте монтажа. Применение новой технологии в 5...10 раз ускорило строительство.

В 1948 г. впервые в мире была решена проблема дуговой автоматической сварки швов, расположенных в различных пространственных положениях. Был найден принцип принудительного формирования и кристаллизации металла ванны с помощью ползунов (Г. З. Волошкевич), которые передвигались по изделию вместе со



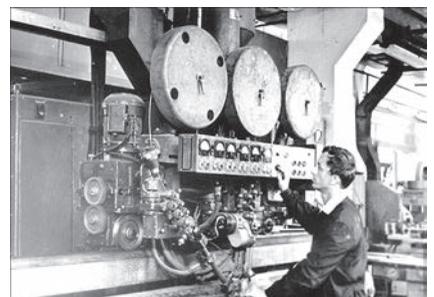
ТС-17 на трассе газопровода Дашава–Киев–Москва, 1950 г.



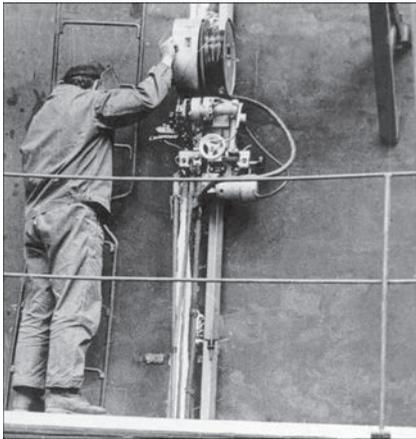
Сварка в углекислом газе, Николаев, 1950 г.



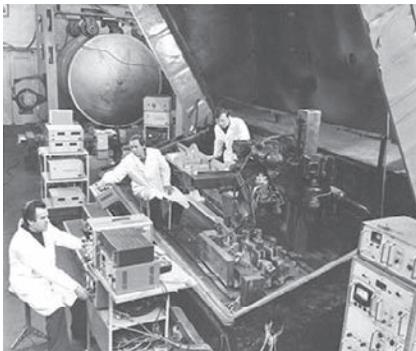
Автоматизация процесса сварки балок, 1951 г.



Установка скоростной трехдуговой сварки, 1952 г.



Автоматическая сварка вертикальных монтажных швов при строительстве моста им. Е. О. Патона, 1953 г.



Камера для электронно-лучевой сварки, Киев, 1954 г.



Демонстрация автоматической наплавки руководителям государства, 1957 г.

сварочной головкой. Новый технологический процесс стал основой для механизации дуговой сварки в различных пространственных положениях при строительстве домен, газгольдеров, корпусов судов, цельносварного моста им. Е. О. Патона через Днепр и других монтажно-строительных работах.

В 1949 г. впервые в мире создан способ электрошлаковой сварки (ЭШС), позволяющий соединять за один проход толстостенные металлоконструкции (Б. Е. Патон, Г. В. Волошкевич). Создано принципиально новое оборудование для сварки проволочными электродами, электродами большого сечения и плавящимся мундштуком (аппараты и источники питания); технологическая оснастка для выполнения швов любой толщины, конфигурации и протяженности. На основе применения ЭШС были разработаны новые принципы конструирования сварно-литых, прокатно-сварных и сварно-кованых крупногабаритных многотонных металлоконструкций. Процесс ЭШС на Всемирной выставке в Брюсселе был удостоен высшей награды — Гран-при.

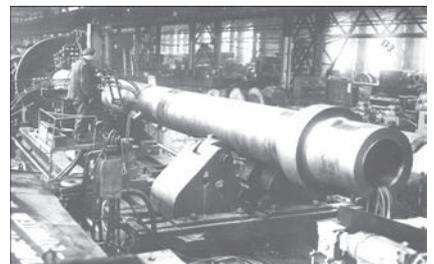
Важной восстановительной технологией стала наплавка. Для восстановления изношенных и повышения стойкости новых деталей наплавкой под специальными флюсами была сконструирована серия специального оборудования: автоматы для наплавки бандажей вагонных колес, вальценаплавочные станки и др.

В 1944–1945 гг. Б. Е. Патон, разрабатывая теории автоматов, выдвинул идею интенсификации саморегулирования процесса плавления электрода и необходимости осуществления сварки при высокой плотности тока (до  $200 \text{ А/мм}^2$ ). Результаты этих исследований решили проблему механизированной сварки плавящимся электродом, под флюсом, в углекислом и в инертных газах. Новый способ полуавтоматической сварки под флюсом получил название «шлангового», так как электродная проволока подается к месту сварки по шлангу. Дуговая сварка в защитных газах обладает широкими возможностями автоматизации процессов выполнения швов различной геометрии во всех пространственных положениях. Для решения проблем разбрызгивания плавящегося электрода, управления плавлением основного металла, расширения диапазона свариваемых материалов и видов соединений в ИЭС им. Е. О. Патона были разработаны приставки к стандартным источникам питания и специальные источники, обеспечивающие управление электрическими параметрами режима по определенной жесткой программе или с автокоррекцией. Дуговая сварка в углекислом газе, созданная впервые

в мире совместно специалистами НИАТ, ИЭС им. Е. О. Патона, ВНИИЭСО, завода «Электрик», стала основой для механизации при строительстве стальных конструкций.

Под руководством Б. Е. Патона были развернуты широкомасштабные исследования контактной сварки, в том числе вторичных цепей машин, особенностей сварочного контакта, оплавления, возможностей повышения тепловой мощности и др. Максимальная механизация сборочно-сварочных работ в транспортном машиностроении, котлостроении, приборостроении и ряде других отраслей была обеспечена применением всех способов контактной сварки. Для точечной контактной сварки разработаны станки и малогабаритные клещи со встроенным трансформатором. На основе созданных впервые в мире принципиально новых трансформаторов — кольцевого и контурного типов — разработана гамма подвесных, стационарных и перемещаемых машин для стыковой сварки оплавлением рельсов и труб.

Был предложен ряд конструктивных решений, в том числе касающихся вторичного контура сварочной машины с пониженным сопротивлением короткого замыкания, различные типы регуляторов тока. Выдающимся вкладом в развитие сварки является изо-



ЭШС вала Варваринской ГЭС, 1959 г.

бретение контурных трансформаторов (В. К. Лебедев, Н. Г. Остапенко). Кроме технологических и электротехнических проблем конструкторам пришлось решать сложную проблему снижения мощности и массы сварочных машин, обеспечения надежности работы сложных электросхем, механических и гидравлических узлов в полевых условиях. Впервые в мире были разработаны в комплексе технологии и основные узлы сварочных машин.

В 1950–1960-х гг. впервые в мире созданы сборочно-сварочные передвижные комплексы для сварки непрерывным оплавлением труб и железнодорожных рельсов в полевых условиях, установки для сварки оплавлением стержней, инструмента, профильного проката (В. К. Лебедев, С. И. Кучук-Яценко, В. А. Сахарнов и др.).

В 1970-гг. впервые в мире для строительства трубопроводов диаметром 1420 мм созданы: передвижной трубосварочный комплекс «Север» с аппаратом, перемещающимся внутри трубопровода; оборудование для сварки высокопрочной стержневой арматуры, используемой в строительных конструкциях, и деталей сложного профиля из высокопрочных алюминиевых сплавов для узлов авиационной и ракетной техники (В. К. Лебедев, С. И. Кучук-Яценко, В. А. Сахарнов и др.). Применение контактной сварки непрерывным оплавлением обеспечило расширение номенклатуры изделий, повышение производительности, снижение расхода электроэнергии до двух раз, потребляемой мощности в 3...4 раза.

В середине 1950-х гг. в ФРГ, США, СССР (в ИЭС им. Е. О. Патона — Б. А. Мовчан, Г. С. Крыштаб, в Московском энергетическом институте — Н. А. Ольшанский) были начаты исследования электронно-лучевых процессов и разработка оборудования для таких видов электронно-лучевых технологий, как сварка, плавление, испарение. В 1960-х гг. продолжался интенсивный поиск средств формирования мощных лучей (О. К. Назаренко, В. Е. Локишин и др.), разработка высоковольтных источников питания, систем управления лучом (В. Д. Шелягин, Ю. Н. Ланкин, Г. И. Лесков, Е. И. Истомин и др.). Были созданы электронно-лучевые пушки с мощностью пучка 0,1...100 кВт и ускоряющим напряжением 10...200 кВ.

В 1967 г. впервые в мире в ИЭС им. Е. О. Патона создана подводная механизированная дуговая сварка и резка порошковой проволокой в неограниченном пространстве, не требующая для проведения подводных работ водолазных камер. Разработан ряд погружных полуавтоматов, установок для орбитальной сварки стыковых соединений, автоматической приварки грузоподъемных проушин и других уникальных изделий на глубинах до 1 км (В. Е. Патон и др.).

В 1964 г. началось проектирование сварочной установки для экспериментов в космосе. Были учтены требования, предъявляемые к бортовой аппаратуре по весовым характеристикам и надежности. Особенностью было функционирование высокотемпературных источников нагрева с потенциально высокой поражающей способностью на летающем объекте. Процессы дуговой и электронно-лучевой сварки на аппарате «Вулкан» были автоматизированы. Первый в мире технологический эксперимент в космических условиях был осуществлен на борту орбитального корабля «Союз-6» 11–16 октября 1969 г. космонавтом В. Н. Кубасовым.

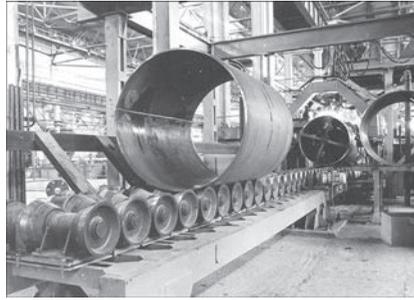
Оригинальные технологии и конструктивные решения, созданные в ИЭС им. Е. О. Патона, послужили основой для создания техники нового поколения во многих странах мира.



Испытания аппарата контактной стыковой сварки рельсов, 1960 г.



Делегация ИЭС на ВДНХ СССР во главе с Б. Е. Патonom, Москва, 1960 г.



Автоматическая сварка на Харцызском трубном заводе, 1961 г.



Установка «Вулкан» для сварки и резки в космосе (В. Н. Кубасов и А. А. Загребельный, г. Киев, 1968 г.)

6. Головин Е. Д. (2004) *Математическое и численное моделирование нелинейных устройств и устройств с переменными параметрами*: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Томск.

І. В. Вертецька, О. Є. Коротинський

ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України.  
03680, м. Київ-150, вул. Казимира Малевича, 11.  
E-mail: office@paton.kiev.ua

ВИКОРИСТАННЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО  
ТЕЙЛОРІВСЬКОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ  
ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ  
В РЕЗОНАНСНИХ ДЖЕРЕЛАХ ЖИВЛЕННЯ

З ціллю моделювання електричних процесів в джерелах для дугового зварювання резонансного типу запропоновано використовувати диференціально-тейлорівське перетворення, яке істотно спрощує обчислювальні процедури для аналізу режимів і визначення основних параметрів вторинного контуру. Суть цього методу полягає в перетворенні тимчасової безперервної функції оригіналу у функцію зображення від дискретного аргументу, коефіцієнти якої іменуються дискретами. Точність отриманих результатів визначається кількістю дискрет, використаних на етапі аналізу зображень. Бібліогр. 6, рис. 1.

*Ключові слова*: оригінал, зображення, диференціально-тейлорівське перетворення, ДТ-модель, резонансне джерело

Поступила в редакцію 26.04.2017

## ДИССЕРТАЦИЯ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

**Д. В. Степанов (Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»)** защитил в специализированном совете НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского» 16 января 2017 г. кандидатскую диссертацию на тему «Дуговая наплавка износостойкого металла с использованием нанопорошков оксидов».

Диссертация посвящена поиску путей увеличения износостойкости и ресурса работы изделий, работающих в условиях трения металла по металлу и абразивного износа.

Разработаны схемы введения нанокomпонентов в сварочную ванну, приспособленные для условий наплавки и которые отличаются по форме и способу введения, в частности, в виде предварительно изготовленных спеченных стержней в виде смесей нанопорошков оксидов с железным порошком и непосредственно только нанопорошков. Скреплены предварительно грунтовкой смеси или только нанопорошки наносятся на пластину тонким слоем на ширину валика по длине наплавки.

Разработаны рациональные режимы механохимической обработки для получения гомогенной порошковой смеси с нано- и микрочастиц с помощью планетарной шаровой мельницы с дополнительным вакуумированием рабочих емкостей.

При наплавке высокохромистых композиций с повышенным содержанием углерода подтверждено положительное влияние на износостойкость объемных соотношений нанопорошков оксидов алюминия и титана, при которых износостойкость увеличивается в 2 раза, но применительно к этим композициям более эффективен диоксид кремния. Увеличение износостойкости более чем в 3 раза в этом случае может быть связано с формированием мартенситной структуры как более твердой по отношению к бейнитно-мартенситной.

При наплавке среднелегированных композиций установлено, что диоксид кремния более эф-

фективен по отношению к нанопорошкам  $Al_2O_3$  и  $TiO_2$ , обеспечивая повышение износостойкости более чем в 4 раза, что связано с изменением бейнитной структуры на чисто мартенситную, что и определяет повышение износостойкости.

Установлено, что при наплавке высоколегированной композиции введение в сварочную ванну нанопорошковых материалов приводит к увеличению количества неметаллических включений в структуре наплавленного металла и формированию цепочек включений по границам зерен.

Установлено, что при наплавке среднелегированной композиции распределение неметаллических включений по размеру делится на три группы: включения размерами до 0,3, от 0,3 до 0,8 и более 0,8 мкм. Показано, что в исходном состоянии их объемная доля составляет 0,31 % и соответствует, в основном, соразмерному диапазону 0,07...0,85 мкм, существенно увеличивается при введении в сварочную ванну нанопорошка диоксида кремния и составляет в металле валика 0,56 %, с несколько меньшим размерным диапазоном (0,07...0,61 мкм).

По результатам анализа морфологии и химического состава включений для условий наплавки среднелегированной композиции установлено, что в исходном состоянии ядро включения содержит, в основном, алюмосиликат марганца, а при введении диоксида кремния рядом с ними находятся и включения оксида алюминия (корунда), что при увеличении их объемной доли, как более твердых составляющих структуры, и объясняет более эффективное воздействие нанопорошков оксидов кремния на износостойкость наплавленного металла.

Разработаны технологические рекомендации, учитывающие специфику введения нанокomпонентов в сварочную ванну и особенности технологий наплавки.

## ВЫСТАВКА «СВАРКА И РЕЗКА-2017»

4 апреля 2017 г. в Минске на Футбольном манеже состоялось открытие сразу четырех выставок: 17-й международной специализированной выставки «Сварка и резка-2017», 16-й международной специализированной выставки «Порошковая металлургия-2017», а также выставок «Металлообработка» и «Защита от коррозии. Покрытия». Организатор выставок — ЗАО «МинскЭкспо». Выставки открывали: первый заместитель министра промышленности Республики Беларусь Г. Б. Свидерский, руководитель аппарата НАН Беларуси П. А. Витязь, Генеральный директор ГНПО порошковой металлургии А. Ф. Ильющенко, заместитель председателя Постоянной комиссии по промышленности, топливно-энергетическому комплексу, транспорту, связи и предпринимательству Палаты представителей Национального собрания Республики Беларусь П. А. Соловьев, первый заместитель Председателя Государственного комитета по науке и технологиям А. А. Косовский, первый заместитель Председателя Президиума НАН Беларуси С. А. Чижик.

Сварка и родственные ей процессы (наплавка, пайка, резка, напыление) широко используются всеми предприятиями машиностроения, энергетики, нефтехимии и строительства. Сварка незаменима при изготовлении сложных изделий из заготовок, выполненных прокаткой, ковкой или штамповкой, при использовании в конструкциях современных материалов: высокопрочных сталей, сплавов цветных металлов, пластмасс, керамики. Массовое применение сварочных технологий оказывает весомое влияние на экономику всех стран. Порошковая металлургия на протяжении многих лет была и остается эффективной технологией производства материалов, отвечающих требованиям развивающейся техники и производства. Эти материалы на основе тугоплавких, твердых и композиционных сплавов невозможно получить другими методами. Сегодня с развитием аддитивных технологий и востребованностью специальных порошковых материалов для них отрасль расширила свои возможности и успешно решает актуальные задачи. Этим объясняется популярность проводимых выставок, на которых была представлена возможность ознакомиться с последними достижениями в области сварки и родственных технологий, порошковой металлургии и защитных покрытий.

Проводимые выставки уникальны по своей тематике и составу участников, среди которых компании из Беларуси, России, Украины, Литвы, Турции, Франции, Чехии, Германии и Китая.

В ходе выставок участники получили уникальную возможность представить информацию о



своих достижениях, ознакомиться с новейшими разработками, расширить деловые контакты, обсудить возможность проведения совместных исследований, найти потенциальных потребителей научно-технической продукции.

Посетители выставки смогли познакомиться с масштабной экспозицией украинских производителей сварочных материалов, организованной Международной Ассоциацией «Сварка» (г. Киев), среди которых компании ООО «Витаполис», ООО «Сумы-Электрод» и ООО «ТМ. Велтек».

ООО «Витаполис» производит сварочные проволоки торговой марки ХОРДА, применяя современные технологии и оборудование. Изготавливаются проволоки для сварки углеродистых и низколегированных сталей, нержавеющей и жаростойких сталей, броневых сталей. Проволоки ХОРДА поставляются в соответствии со стандартами EN, ISO, AWS. Проволоки сплошного сечения диаметром 0,8...4,0 мм имеют маркировку СС, намотаны на катушки BS200, BS300, K415 с



Директор МАС А. Т. Зельниченко знакомит первого заместителя министра промышленности Республики Беларусь Г. Б. Свидерского с номенклатурой сварочных материалов украинских компаний



прецизионной намоткой, а также картонные бочки массой 250 и 500 кг. Система менеджмента качества соответствует ISO 9001.

ООО «Сумы-электрод» — производитель сварочных электродов специального и общего назначения для сварки ответственных конструкций, история которого начинается с 1930 г. Номенклатура изготавливаемых электродов насчитывает 175 марок для сварки различных сталей и сплавов, в том числе углеродистых и легированных, высокопрочных и теплоустойчивых, высоколегированных сталей и сплавов, никелевых сплавов, чугуна, а также для наплавки и резки. Предприятие оснащено швейцарским оборудованием замкнутого технологического цикла и современной лабораторно-исследовательской базой, позволяющей проводить весь комплекс исследований и испытаний в соответствии с требованиями на выпускаемую продукцию.

ОО «ТМ.ВЕЛТЕК» основано в 2001 г. как независимое производственное подразделение ООО «СП «ТМ.ВЕЛДТЕК» (1993 г.) и входит в группу компаний «Weldtech Group». Является крупнейшим специализированным производителем порошковых проволок для сварки, наплавки и напыления в Украине и входит в тройку наиболее крупных изготовителей в СНГ. Продукция ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» сертифицирована в системе «УкрСЕПРО». Сегодня ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» осуществляет регулярные поставки широкого спектра продукции (более 98 сертифицированных марок проволок диаметром 1,2...6,0 мм) на предприятиях металлургической и горнодобывающей отрасли, судостроения, машино- и вагоностроения и др. Качество продукции и надежность компании подтвержда-

ются многочисленными наградами национальных и международных выставок и рейтингов.

Интересные экспозиции представили ряд компаний. Отметим некоторые из них.

ООО «ТехПроинжиниринг» — официальный представитель в Республике Беларусь компании «Messer Eutectic Castolin» (Польша). Материалы, оборудование и технологии «Messer Eutectic Castolin» предназначены для ремонта, восстановления, повышения долговечности и износостойкости частей технологического оборудования, деталей машин и механизмов.

ООО «Оливер» (г. Минск) — многопрофильная компания, крупнейший в Беларуси производитель и поставщик сварочных материалов и сварочного оборудования.

ПАО «КЗЭСО» (Каховский завод электросварочного оборудования, г. Каховка, Украина) — производитель современного электросварочного оборудования, а также рельсосварочных машин и комплексов, путевой техники для строительства и ремонта железных дорог. ПАО «КЗЭСО» по производству оборудования для контактной стыковой сварки рельсов является мировым лидером.

ООО «Светлогорский завод сварочных электродов» (Беларусь) — лидер белорусского производства сварочных электродов. Последние находят постоянных покупателей в России, Украине, Казахстане и др. странах.

Участники и посетители выставок «Сварка и резка-2017», «Порошковая металлургия 2017», «Металлообработка» и «Защита от коррозии. Покрытия» получили дополнительный импульс для реализации в будущем самых смелых и новых проектов.

В. А. Дыбань, инж.

## ОЛІМПІАДА СТУДЕНТІВ ЗІ ЗВАРЮВАННЯ ТА СПОРІДНЕНИХ ПРОЦЕСІВ І ТЕХНОЛОГІЙ

Згідно Наказу Міністерства освіти і науки України № 1495 «Про проведення Всеукраїнської студентської олімпіади...» 19–21 квітня 2017 р. в Центральноукраїнському національному технічному університеті (Кіровоградський національний технічний університет), м. Кропивницький, був проведений II етап Олімпіади «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій». Наведений етап проходив у два тури: теоретичний та технологічний. Для участі в Олімпіаді прибуло 105 студентів з 24 вузів України, які проходять підготовку за напрямом зварювання та за спорідненими спеціальностями.

20 квітня 2017 р. о 9.00 відбулося урочисте відкриття Олімпіади. З вступною річчю виступив проф. О. М. Левченко — проректор з наукової роботи, голова організаційного комітету II етапу Олімпіади. Він відмітив важливість проведення Олімпіади в справі підготовки кваліфікованих фахівців зварювального профілю і побажав всім її учасникам успішної роботи. Голова журі Олімпіади проф. В. В. Аулін розповів учасникам Олімпіади про виконання конкурсних завдань, а також про критерії оцінювання знань та навичок учасників Олімпіади.

Тривалість виконання тестових і практичних завдань складала по дві години. Відповіді на тестові завдання заносили в спеціально розроблену програму і до бланку відповідей. Перший тур включав письмове виконання творчого завдання стосовно використання відповідної зварювальної технології, що вимагало поглиблених знань за фахом. Для його виконання студенти повинні були обґрунтувати і запропонувати оптимальну технологію відновлення зношених деталей шляхом використання зварювання та споріднених процесів. Студентам надавалася можливість користуватися довідковою літературою, а також програмним забезпеченням Auto CAD, MS Office, «Компас», «Inventor» і Internet. Робота кожного студента кодувалася. Після проведення I теоретичного туру був проведений II практичний тур, що полягав у виконанні студентами зварювання горизонтальних, вертикальних та інших швів. У другому турі прийняли участь майже всі учасники Олімпіади. При визначенні переможців члени журі виявляли вміння використовувати практичні навички зі зварювання, що оцінювалося за рівнем якості виконання швів. Переможці Олімпіади визначалися за сумою отриманих ними балів. При підведенні підсумків враховувалась оригінальність вирішення конкретних задач, аргументованість і повнота їх обґрунтування, а також наявність елементів винахідництва.



В процесі проведення Олімпіади були впроваджені наступні новації: тематика тестових завдань узгоджувалася з провідними спеціалістами зварювальних виробництв; зміст завдань та обробка даних при підведенні підсумків виконували за допомогою комп'ютерів; у другому турі Олімпіади студентам була надана можливість практично реалізувати свої вміння та навички.

Перше місце II етапу Олімпіади зайняли наступні студенти: В. Ю. Мірний (Кіровоградський національний технічний університет); Т. О. Акритова (Запорізький національний технічний університет); Д. Р. Баянда (Хмельницький національний університет); М. В. Волков (Тернопільський національний університет ім. Івана Пулюя). Друге місце: В. О. Івлев (Харківський національний університет сільського господарства ім. Петра Василенка); О. М. Панченко (Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»); М. М. Іванків (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу). Третє місце дісталось: К. В. Бучковському (Вінницький національний технічний університет); Р. В. Матвійчуку (Житомирський національний аграрний університет); Є. І. Омельченко (Одеський національний політехнічний університет); А. Е. Репашевському (Приазовський державний технічний університет); О. В. Лопаті (Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»); В. Д. Тульчій (Миколаївський національний аграрний університет).

В цілому організаційний рівень Олімпіади в порівнянні з минулим роком був вищим, а кількість студентів-учасників була більшою. Проведення Олімпіади значною мірою сприяло підвищенню рівня підготовки кадрів зварювального профілю, що доцільно для підприємств і організацій України.

В. В. Дмитрик, д-р техн. наук

# ХVI МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ – 2017

## МЕЖДУНАРОДНЫЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ



МЕТАЛЛО-  
ОБРАБОТКА



УКРСВАРКА



УКРВТОР  
TIGEX



УКРПРОМ  
АВТОМАТИЗАЦИЯ



БЕЗОПАСНОСТЬ  
ПРОИЗВОДСТВА



ГИДРАВЛИКА  
ПНЕВМАТИКА



ПОДШИПНИКИ



УКРЛИТЬЕ



ОБРАЗЦЫ, СТАНДАРТЫ,  
ЭТАЛОНЫ, ПРИБОРЫ



ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ  
СКЛАДСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ



### ОРГАНИЗАТОР:

Международный выставочный центр

Генеральный  
информационный партнер:



Технический  
партнер:



# 21-24 НОЯБРЯ



+38 044 201-11-65, 201-11-56, 201-11-58  
e-mail: [maria@iec-expo.com.ua](mailto:maria@iec-expo.com.ua)  
[www.iec-expo.com.ua](http://www.iec-expo.com.ua), [www.mvc.ukr](http://www.mvc.ukr)  
[www.tech-expo.com.ua](http://www.tech-expo.com.ua)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР  
Украина, Киев, Броварской пр-т, 15  
М "Левобережная"

## TPS/i Robotics — идеальная сварочная система для роботизированного применения\*

Компания ООО «Фрониус Украина» представляет на украинском рынке принципиально новую сварочную платформу TPS/i Robotics для решения различных сварочных задач, которая взаимодействует с пользователем на интеллектуальном уровне, оказывает надежную поддержку при настройке параметров, выборе подходящих опций и гарантирует непревзойденные возможности для дуговой сварки.

TPS/i Robotics — это веха в автоматизированном сварочном производстве. Каждый автоматизированный процесс сварки начинается с правильного программирования параметров процесса и системы управления роботом. Даже малейшие неточности могут вызвать значительное снижение качества, что, в свою очередь, приводит к повышению расходов на гарантийное обслуживание, особенно в автомобилестроении. Автоматические процессы сварки предоставляют очевидные преимущества — возможность установки уровня качества, затрат и длительности процессов, а также высокую степень воспроизводимости результатов. Множество внешних факторов могут повысить уровень брака или длительность простоев и, как следствие, снизить общую прибыльность производства. Если неполадку не выявить и не устранить немедленно, она будет повторяться снова и снова. Сложность заключается в том,



Новый эталон эффективности, качества и надежности. TPS/i Robotics взаимодействует с пользователем на интеллектуальном уровне и оказывает надежную поддержку при настраивании параметров, выборе подходящих опций

что роботы не обладают когнитивными возможностями человека, чтобы самим оценить проблему. Серия TPS/i Robotics, в которой реализованы интуитивные средства управления с помощью текстового дисплея, предварительно заданные характеристики для каждой области применения и индивидуальное программирование посредством графического пользовательского интерфейса, устанавливает новые стандарты взаимодействия между человеком и машиной.

Инновационная система TPS/i Robotics обеспечивает усовершенствование процесса сварки во всей производственной среде. Она предоставляет уникальные преимущества в плане эффективности, качества и надежности автоматических сварочных производственных линий и гарантирует недостижимый ранее уровень продуктивности.

Программная настройка, скорость сварки и возможности технического обслуживания обеспечивают высочайшие уровни конкурентоспособности и рентабельности в современном серийном производстве. Программирование новых процессов, переналадка системы и переход от одной стадии процесса к другой могут потребовать много времени. Что касается настройки, технического обслуживания, управления и переналадки, система TPS/i Robotics предлагает множество усовершенствований, позволяющих свести к минимуму дорогостоящие простои.

Идеальное взаимодействие сварочных процессов (LSC и PMC) в сочетании с интеллектуальными стабилизаторами проплавления и длины дуги обеспечивают более быструю и качественную работу, а также низкие уровни брака. Функция стабилизации проплавления обеспечивает равномерное проплавление и постоянную малую длину дуги, а значит, высокую скорость сварки. Благодаря всем перечисленным преимуществам TPS/i Robotics является самой эффективной сварочной системой для автоматизированного производства.

Одним из новых достижений фирмы Fronius является



Система TPS/i Robotics доступна для укомплектования любой модели сварочного робота

\* Статья на правах рекламы.



Компания Fronius расширяет возможности сварочной системы TPS/i Robotics за счет нового дополнительного пакета для поддержки чрезвычайно стабильного процесса сварки Cold Metal Transfer (CMT)

ся реализация инновационного сварочного процесса CMT на базе системы TPS/i Robotics. Система, которая специально предназначена для роботизированной сварки, теперь может быть переоборудована для поддержки чрезвычайно стабильного процесса сварки Cold Metal Transfer (CMT) при помощи нового дополнительного пакета. Благодаря новому процессу CMT, пользователи смогут оценить сочетание высочайшего и воспроизводимого качества сварных швов, максимальную скорость сварки и множество областей применения.

В модели TPS/i CMT Robotics компании Fronius объединяются преимущества новейшей сварочной платформы MIG/MAG с достижением стабильной дуги. Сварочный процесс Cold Metal Transfer обеспечивает выдающиеся результаты при сварке различных металлов, а инновационная сварочная платформа TPS/i MIG/MAG впечатляет широким набором настроек и возможностей применения. Интеллектуальная модульная система состоит из взаимосвязанных и полностью синхронизированных компонентов, которые специально разработаны с учетом требований роботизированной сварки. Сварочные системы TPS/i с установленными пакетами Standard и Pulse можно легко модернизировать для поддержки процесса CMT. По сравнению с другими сварочными процессами MIG/MAG процесс CMT характеризуется значительно меньшим тепловым воздействием и обеспечивает непрерывную регулировку температуры от низких до высоких значений. Это гарантирует очень высокую стабильность дуги и значительно меньшее образование брызг даже при высоких скоростях сварки. Этот процесс имеет широкий диапазон применений, включая сварку тонких металлических листов и листов средней толщины (от 0,5 до 4 мм), корневые проходы, сварку оцинкованной стали и специальные соединения из таких металлов, как медь, цинк, титан и сталь с алюминием. В сочетании с интеллектуальной системой TPS/i процесс CMT еще больше расширяет возможности применения системы. Многочисленные настройки позволяют точно регулировать тепловое воздействие во время сварки, а также оптимизировать перекрытие зазоров и профиль проплавления.

Сварочные системы Fronius всегда считались отраслевым стандартом высочайшего качества. Главная цель — выполнять кажущиеся невозможными сварные соединения между металлами. Кроме набора функций, улучшающих параметры сварочной дуги, TPS/i Robotics обеспечивает полное документирование процесса. Обновления системы и новые характеристики можно устанавливать непосредственно по сети или через интерфейс USB. Благодаря использованию устройства WeldCube, которое объединяет все источники тока на производственной линии и записывает нужные данные, можно реализовать возможности оптимизации и выявить ошибки в производственном процессе. Контроль и проверка качества — важные составляющие анализа производственного процесса.



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

## Оборудование для автоматической дуговой сварки\*

Предприятие ООО «НАВКО-ТЕХ» (г. Киев, Украина) производит автоматические установки и робототехнологические комплексы для дуговой МИГ, МАГ и ТИГ-сварки и наплавки по индивидуальным проектам.

На сегодня более трехсот единиц оборудования, разработанного и поставленного предприятием, успешно эксплуатируется на производствах, серийно выпускающих разнообразные сварные конструкции, среди которых:

- корпуса огнетушителей, насосов, бойлеров, двигателей, гидроцилиндров;
- детали ж/д стрелочных переводов;
- диски автомобильных колес;
- трубы для вентиляции и дымоходов.

Оборудование, производимое фирмой «НАВКО-ТЕХ», по своим техническим характеристикам и надежности не уступает лучшим зарубежным аналогам, при этом выгодно отличаясь от них ценой, а также стоимостью наладки и обслуживания.

*Наша главная цель:* производство сверхнадежного оборудования, которое отвечает всем пожеланиям наших клиентов, а также передовым мировым технологиям. Это достигается благодаря выбору оптимального уровня автоматизации, что позволяет обеспечить рациональную конфигурацию и приемлемую для заказчика стоимость оборудования.

Наши сотрудники имеют более чем 25-летний опыт работы в области технологии и оборудования дуговой сварки, его монтажа и технического обслуживания на крупнейших предприятиях Украины, России, Беларуси, Казахстана, Молдовы и стран Балтии.

Сварочные автоматы, выпускаемые фирмой, можно условно разделить на три типа:

к **первому типу** относятся однокоординатные сварочные установки, в которых взаимное перемещение рабочего инструмента (горелки) и изделия выполняется по прямолинейной или круговой траектории. Изделие при этом может быть неподвижным, а сварка выполняется горелкой, которая вращается или перемещается прямолинейно, или наоборот — вращается или перемещается изделие. В таких установках автоматически, по заданной контроллером программе, выполняется включение вращения или перемещения механизмов, включение сварки, контроль их состояния и пр. Примеры таких установок представлены на рис. 1 и 2.

Автоматы **второго типа** (рис. 3, 4) имеют от двух до четырех степеней подвижности, одна из которых обеспечивает вращение или кантовку ( $V$ ) изделия, а остальные — транспортные перемещения горелки по одной ( $X$ ), двум ( $X$  и  $Y$ ) или трем ( $X$ ,  $Y$  и  $Z$ ) осям. В таких установках обеспечивается контурное управление перемещением горелки по линейной или криволинейной траектории с заданием требуемой относительной скорости, а также параметров колебаний горелки.

\* Статья на правах рекламы.



Рис. 1. Установка **AC360** для автоматической дуговой МИГ-сварки бобышек гидроцилиндров



Рис. 2. Установка **AC305-1M** для автоматической дуговой МИГ-сварки гидроцилиндров

Способ программирования траектории такой же, как и в роботах — «от точки к точке», при котором оператор установки перемещает горелку с помощью переносного пульта в начало и конец свариваемого или наплавляемого участка, записывает координаты этих точек (X, Y, Z, V) в память контроллера, выбирает параметры сварки или наплавки и включает программу работы установки. С целью повышения производительности сварка или наплавка может выполняться двумя горелками.

**Третий тип** — робототехнологические комплексы. Их применение целесообразно для сварки серийно выпускаемых однотипных изделий со швами, различным образом ориентированными в пространстве.

В зависимости от конструкции изделия робототехнологические комплексы оснащаются кантователями, вращателями, линейными расширителями зоны обслуживания робота, поворотными столами и др. Примеры комплексов представлены на рис. 5 и 6.

Уже более 10 лет предприятие «НАВКО-ТЕХ» в своих робототехнологических комплексах применяет промышленные роботы Fanuc, Япония — мирового лидера роботостроения.

Также, как установки, наши комплексы безотказно работают на многих предприятиях Украины, России и Казахстана.

*С более подробной информацией  
о предприятии «НАВКО-ТЕХ»  
и описанием выпускаемых им установок  
и робототехнологических комплексов  
можно ознакомиться на сайте:  
<http://www.navko-teh.kiev.ua>*

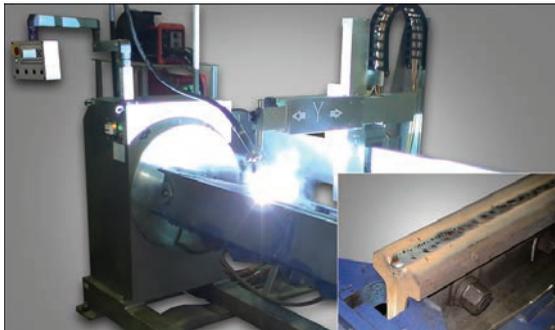


Рис. 3. Установка **АС364** для автоматической дуговой сварки продольного шва рельсовой части сварной крестовины

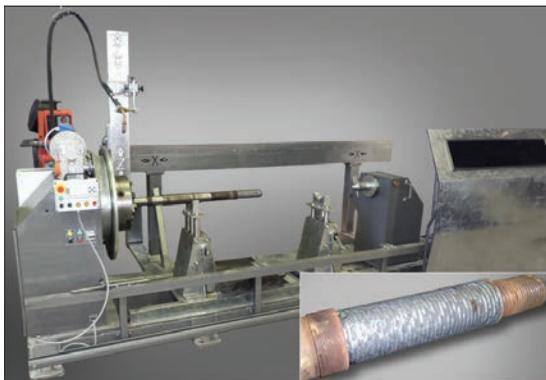


Рис. 4. Установка **АС354** для автоматической восстановительной МИГ/МАГ-наплавки роторов двигателей и насосов



Рис. 5. Робототехнологический комплекс **РК754** для МИГ-сварки кронштейнов и опор с баками гидроаккумуляторов

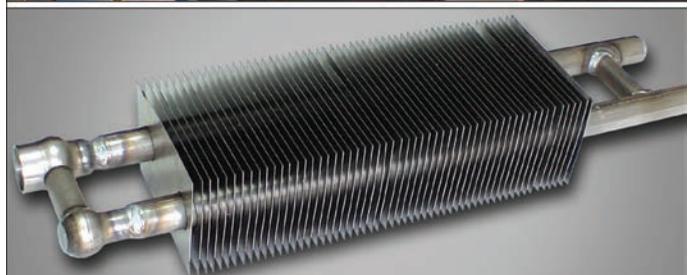


Рис. 6. Робототехнологический комплекс **РК754-3** для МИГ/МАГ-сварки нагревателей

## Гибкое производство сварных корпусов легкобронированных боевых машин из укрупненных узлов

В настоящее время в мире наблюдается тенденция увеличения применения в региональных вооруженных конфликтах легкобронированных боевых машин. В то же время в Украине до сих пор отсутствует централизованное производство, способное удовлетворить потребность в сварных корпусах легкобронированных колесных и гусеничных машин, что отрицательно влияет на обороноспособность страны и снижает привлекательность Украины на мировом рынке этого вида военной техники.

Сварной корпус современной легкобронированной машины — это сложная объемная конструкция весом до 5 т, состоящая из более чем 2 тыс. деталей. Общая длина сварных швов более 800 м. Серийное изготовление такого изделия представляет сложную техническую и производственную задачу. Опыт использования новых броневых материалов, производимых в Украине и других странах для изготовления корпусов отечественной легкобронированной техники, подтверждает их высокие служебные качества. Вместе с тем сварка этих сталей в реальных производственных условиях выявила ряд серьезных вопросов, требующих проведения всесторонних исследований. Основные трудности, возникающие при сварке таких сталей, связаны с их склонностью к образованию горячих и холодных трещин. Кроме того, технологический процесс сварки (сварочные материалы, режимы сварки, условия подогрева соединений и их термической обработки после сварки) должны быть выбраны таким образом, чтобы обеспечить не только высокую технологическую прочность сварных соединений, но и необходимый комплекс их последующих служебных свойств.

Согласно ныне действующей технологии корпус сваривается последовательно, подетально на стационарном стенде, представляющем собой стапель с большим количеством вспомогательных технологических приспособлений, которые существенно затрудняют работу сварщиков. При этом 80...85 % сварных швов приходится выполнять на крутонаклонных, вертикальных и потолочных плоскостях. Выполнение таких швов достаточно трудоемко и сложно для исполнения и может качественно выполняться только сварщиками высокой квалификации. При этом производительность одного стенда составляет примерно один корпус в месяц. При необходимости выпуска корпусов другого типа стационарные стенды требуют полного переоснащения.



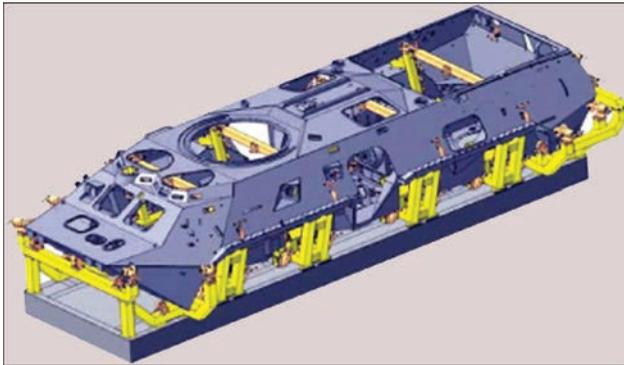
Легкобронированная колесная машина



Установка для сборки и сварки навесных баков



Стенды для создания промежуточных составных частей легкобронированных колесных машин



Стапель общей сборки и сварки корпуса из укрупненных узлов



Установка для сборки и сварки элементов моторного отсека



Пример сварочного участка для создания укрупненного узла сварного корпуса

Специалистами ГП «ОКТБ ИЭС им. Е. О. Патона» разработана технология, позволяющая создать переналаживаемое, поточно-позиционное промышленное производство сварных корпусов легкобронированных колесных и гусеничных машин.

Разделение сварного корпуса на отдельные составные части (секции) производится с учетом трудоемкости изготовления секций, имея в виду достижение сбалансированности этого показателя между отдельными секциями. Технология создания сварного корпуса из укрупненных составных частей (секций), которые изготавливаются

на отдельных производственных участках, позволяет более рационально использовать производственные площади, обеспечивать равномерную загрузку рабочих мест и операторов (сварщиков) и, соответственно, повышать производительность труда, экономить энергоресурсы и сварочные материалы, а также обеспечивать ритмичность работы всего сварочного производства корпусов. Использование такой технологии позволяет увеличить производительность изготовления корпусов до 20 шт. в месяц (при двухсменной работе), значительно снизить требования к квалификации сварщиков и повысить качество сварных соединений.

Также предлагаемая технология позволяет быстро (за сутки) переходить к выпуску корпусов другой модификации (модели). Для этого нужно в специальном технологическом оборудовании произвести смену сборочно-сварочных устройств, а все остальное оборудование, стоимость которого составляет 85...90 % общей стоимости производственных участков, остается неизменным. Кроме того, в зависимости от потребностей производства, элементы линии могут изготавливаться как с ручным управлением, так и с автоматизированным, в том числе с использованием роботов.

ГП «ОКТБ ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ» выполняет работы по договорам с ГП «Укрспецэкспорт» по разработке и изготовлению установок для создания отдельных составных частей корпуса легкобронированной колесной машины по технологии, разработанной в ГП «ОКТБ ИЭС им. Е. О. Патона». В рамках данных договоров ГП «ОКТБ ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ» совместно с ОЗСО ИЭС им. Е. О. Патона разработало, изготовило и поставило Заказчику элементы поточно-позиционной линии для сварки укрупненных узлов легкобронированной колесной машины. Создание установок для этих укрупненных узлов лишь малая часть возможностей разработанной технологии.

Г. В. Жук, А. В. Семененко, И. И. Комашня  
(ОКТБ ИЭС им. Е. О. Патона),  
А. В. Степахно (ОЗСО ИЭС им. Е. О. Патона)

## Комплексные решения компании ESAB для роботизированной сварки и резки металлов

Роботизация производства не обязательно должна быть долгим и дорогостоящим процессом с множеством препятствий. Этот процесс не будет сложным, если обеспечено хорошее планирование и выбран правильный партнер с правильными решениями. Подтверждая звание одного из лидеров отрасли, ESAB предлагает комплексные решения по роботизации процессов сварки и резки для применения во всех отраслях промышленности.

### За и против

Для принятия положительного решения о внедрении роботизированной сварки на предприятии требуется наличие четырех ключевых факторов: высокий объем выпускаемых деталей; повторяющиеся задачи сварки; наличие эксперта в области программирования на предприятии, чтобы работать с программным обеспечением робота; знания в области сварки для точной настройки роботизированного процесса.



Хотя роботизированные сварочные решения выгодны для предприятий, производящих большой объем деталей, зачастую у них имеется только часть вышеперечисленных параметров для того, чтобы сделать процесс роботизированной сварки эффективным и прибыльным.

Мелкие производители часто говорят, что программирование сварочных роботов занимает больше времени, чем время, необходимое для производства деталей. Автоматизация сварки деталей низкого объема не обязательно дает наилучшую немедленную отдачу от инвестиций, но это становится решающим фактором, когда производители смотрят на промышленные и трудовые тенденции.

Так и случилось с одним из заказчиков роботизированного решения компании ESAB.

### Пример из практики

Компания является крупным производителем техники для сельскохозяйственных нужд.

Несколько фактов о процессе сварки до внедрения роботизированного комплекса на предприятии:

- ◆ нехватка опытных сварщиков являлась серьезной проблемой для промышленного производства. И это правда — большое количество производственных компаний вынуждены отказываться от новых контрактов по увеличению производимых изделий только потому, что у них не хватает квалифицированных рабочих;
- ◆ отсутствие должного уровня автоматизации операций производства — более 90 % всех операций выполнялись вручную, из-за этого страдала эффективность производства;
- ◆ стоимость квалифицированных кадров достаточно высока, что по мере роста затрат на рабочую силу и подталкивало предприятие к принятию решения об инвестициях в роботизацию сварочных процессов;
- ◆ не всегда корректная сборка деталей под сварку (разные зазоры, неравномерная кромка деталей, полученные после операции резки).

Каждый раз, когда предприятию нужно было поменять катушку, впустую расходовалось драгоценное рабочее время роботизированной системы. Но не только сама замена отбирала время. Зачастую новую катушку необходимо было доставить с другого конца цеха. Это означало, что 10 мин простоя оборачивались 20 или более минутами. Вы можете представить эффективное производство, скажем, автомобильного завода с планом выпуска автомобилей 100 ед/ч, который позволяет себе подобную потерю времени? Конечно, нет!

Проведя анализ основных факторов, ESAB предложил предприятию роботизированный комплекс на основе 6-ти осевого робота с полой кистью, датчиком слежения за сварочным стыком, мощной, выдерживающей токи до 500 А, сварочной горелкой серии ESAB RT 82W с водяным охлаждением и надежным механизмом подачи сварочной проволоки ESAB Aristo Robofeed 3004HW. Комплекс также оснащен многофункциональным источником сварочного тока ESAB Aristo 5000iw с водяным охлаждением, панелью ESAB U8\_2 с расширенными возможностями по выбору синергетических линий и эффективной в использовании бескаркасной упаковкой сварочной проволоки из углеродистой стали ESAB Marathon Pac, позволившей дополнительно сократить временные затраты на смену катушек. Суммируя итоги внедрения одного роботизированного комплекса по сварке, отметим, что предприятие получило систему, позволившую выполнять работу четырех человек в смену, сократить фонд заработной платы и фонд социальных выплат, существенно снизить затраты на сварочную проволоку, решить проблемы с качеством выпускаемой продукции, повысить свой рейтинг среди заказчиков — все это было достигнуто благодаря внедрению совместно с компанией ESAB самых передовых технологий и оборудования в сварочном производстве.

Обратитесь к нашим специалистам и узнайте, как ESAB может помочь вашему предприятию снизить затраты и увеличить производительность.

Василий Кузьминов,  
руководитель направления «Робототехника»



ООО «ЭСАБ Украина»  
04073 Киев, просп. С. Бандеры, д. 9, оф. 3-202  
тел.: (38044) 568 51 66; факс: 583 55 67  
E-mail: info@esab.com.ua; www.esab.com

# ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «ПАТОН»

www.patonpublishinghouse.com

Журналы  
Труды конференций  
Сборники  
Книги

## ЖУРНАЛЫ



**Журнал «Автоматическая сварка»**, 12 выпусков в год, издается с 1948 г. Тематика: сварка, термическая резка, наплавка, пайка, нанесение защитных покрытий и другие родственные процессы.



**Журнал «The Paton Welding Journal»**, 12 выпусков в год, издается с 2000 г. (полный перевод журнала «Автоматическая сварка» на английский язык).



**Журнал «Техническая диагностика и неразрушающий контроль»**, 4 выпуска в год, издается с 1989 г. Тематика: методы и разработки в области технической диагностики и неразрушающего контроля.



**Журнал «Современная электрометаллургия»**, 4 выпуска в год, издается с 1985 г. Тематика: специальные процессы переплава – ЭШТ, ЭлП, ПДТ, ВДТ, ВИП.

## СБОРНИКИ



**ТИТАН. ТЕХНОЛОГИИ. ОБОРУДОВАНИЕ. ПРОИЗВОДСТВО.** – Киев: Международная Ассоциация «Сварка», 2017. – 254 с. Выпуск четвертый.



**ТИТАН. ТЕХНОЛОГИИ. ОБОРУДОВАНИЕ. ПРОИЗВОДСТВО.** – Киев: Международная Ассоциация «Сварка», 2014. – 270 с. Выпуск третий.



**ТИТАН. ТЕХНОЛОГИИ. ОБОРУДОВАНИЕ. ПРОИЗВОДСТВО.** – Киев: Международная Ассоциация «Сварка», 2011. – 324 с. Выпуск второй.



**НАПЛАВКА. ТЕХНОЛОГИИ, МАТЕРИАЛЫ, ОБОРУДОВАНИЕ** / Составители: И.А. Рябцев, И.А. Кондратьев, Е.Ф. Переплетчиков, Ю.М. Кусков. – Киев: ИЭС им. Е.О. Патона, 2015. – 402 с.



**СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.** – Киев: Международная Ассоциация «Сварка», 2014. – 168 с.



**СВАРКА И НАПЛАВКА МЕДИ И СПЛАВОВ НА ЕЕ ОСНОВЕ** / Составители: В.М. Илюшенко, Е.П. Лукьянченко. – Киев: Международная Ассоциация «Сварка», 2013. – 396 с.



**МЕТАЛЛУРГИЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ И СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ** / Составители: И.К. Походня, А.С. Котельчук. – Киев: Академперіодика, 2012. – 526 с.



**СТЫКОВАЯ СВАРКА ДАВЛЕНИЕМ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ.** – Киев: Международная Ассоциация «Сварка», 2011. – 132 с.

## КНИГИ



**ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЙ ХАОС В НЕЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЯХ С ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГОЙ.** В.Н. Сидорец, И.В. Пентегов. – Киев: Международная Ассоциация «Сварка», 2013. – 272 с.



**ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНА РЕНТГЕНОГРАФІЯ ФАЗОВИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ У МЕТАЛЕВИХ МАТЕРІАЛАХ.** О.В. Білоцький. – Киев: Международная Ассоциация «Сварка», 2012. – 224 с. (укр. яз.).

## ТРУДЫ КОНФЕРЕНЦИЙ



**I–VIII Международные конференции «Математическое моделирование и информационные технологии в сварке и родственных процессах»** (2002–2016 гг.). (Восемь выпусков).



**Труды Международной конференции «Сварочные материалы»**, 16–18 июня 2014, Киев, ИЭС им. Е. О. Патона; журнал «Автоматическая сварка», № 6–7, 2014. – 204 с.



**I–VII Международные конференции «Лазерные технологии в сварке и обработке материалов»** (2003–2015 гг.). (Семь выпусков).



**Труды Международной конференции «Наплавка. – Наука. Производство. Перспективы»**, 15–17 июня 2015, Киев, ИЭС им. Е. О. Патона; журнал «Автоматическая сварка», № 5–6, 2015. – 160 с.



**Труды Международной конференции «Современные технологии сварки»**, 13–15 июня 2016, Киев, ИЭС им. Е. О. Патона; журнал «Автоматическая сварка», № 5–6, 2016. – 184 с.

Заказы просьба направлять в редакцию журнала  
E-mail: journal@paton.kiev.ua  
Тел./факс: +38(044) 200-82-77, 200-54-84

Подписка на журнал «Автоматическая сварка» [www.patonpublishinghouse.com/ru/journals/as](http://www.patonpublishinghouse.com/ru/journals/as)

Украина		Россия		Страны дальнего зарубежья	
на полугодие	на год	на полугодие	на год	на полугодие	на год
720 грн.	1440 грн.	5400 руб.	10800 руб.	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: Каталог видань України, «Прессцентр», «Блицинформ», «Меркурий» (Украина); каталог «Газеты. Журналы» агентства «Роспечать», Объединенный каталог «Пресса России» (Россия); каталог АО «Казпочта» Издания Украины (Казахстан); каталог зарубежных изданий «Белпочта» (Беларусь).



Подписка на журнал «The Paton Welding Journal» [www.patonpublishinghouse.com/eng/journals/tpwj](http://www.patonpublishinghouse.com/eng/journals/tpwj)

Украина		Россия		Страны дальнего зарубежья	
на полугодие	на год	на полугодие	на год	на полугодие	на год
750 грн.	1500 грн.	5400 руб.	10800 руб.	174 дол. США	348 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» и распространяется по редакционной подписке (тел./факс: 38044 200-82-77, 200-54-84, 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 2017 г. в открытом доступе выпуски журналов с 2009 по 2015 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 18.05.2017. Формат 60×84/8. Офсетная печать. Усл. печ. л. 17,02. Усл.-отт. 20,00. Уч.-изд. л. 20,08 + 4 цв. вклейки.

Печать ООО «Фирма «Эссе».