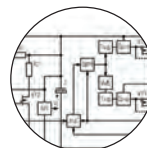


СОДЕРЖАНИЕ**Памяти Б.Е. Патона**

Борис Евгеньевич Патон – внес непревзойденный вклад в научно-технический прогресс, в организацию науки, в развитие страны и благополучие общества **4**

**Технологии и сварочное оборудование**

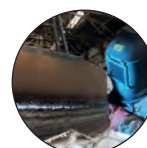
Новые конвертеры для высокоэффективных многостовых сварочных систем.
*Л.М. Лобанов, А.Е. Коротынский, Н.М. Махлин, В.Е. Водолазский, В.Ю. Буряк,
Л.П. Муценко, А.В. Степахно, В.А. Корицкий, Е.В. Жовтяк* **8**

**Газопламенная резка и термическая правка**

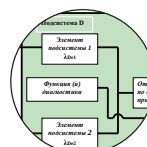
Газокислородная резка сталей больших толщин. Тепловые особенности газопламенной резки металла большой толщины. Часть 2.
В.И. Панов, С.В. Кандалов **14**

**Оборудование для производства**

Резак РГКМ-2000 для кислородной резки металлических заготовок толщиной до 2000 мм. *В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко, С.А. Чумак* **17**

**Технологии ремонта в судоремонтном производстве**

Ильичевский судоремонтный завод: технологические решения бюро сварки при проведении ремонта деталей и узлов из высоколегированных сталей, коррозионностойких, жаростойких и жаропрочных сплавов.
В.К. Пустомельник, С.М. Хачик, В.Г. Левицкий, О.В. Игнатенков **22**

**Охрана труда и стандартизация**

Функциональная безопасность систем управления оборудованием машин.
О.Г. Левченко, С.Ф. Каштанов **24**

**Наши консультации** **29****Новости компаний** **32****Страницы истории ИЭС им. Е.О. Патона.****К 150-летию Е.О. Патона. Памяти Б.Е. Патона**

Евгений Оскарович Патон – выдающийся ученый в области мостостроения и сварки, основатель Института электросварки. Часть 3.
А.Н. Корниенко, А.П. Литвинов **34**

**Выставки и конференции** **41**

In memory of B.E. Paton

- Boris Evgenievich Paton - made an unsurpassed contribution to scientific and technological progress, to the organization of science, to the development of the country and the well-being of society 4

Technologies and welding equipment

- New converters for highly efficient multi-station welding systems.
L.M. Lobanov, A.E. Korotynskiy, N.M. Makhlin, V.E. Vodolazskiy, V.Yu. Buriak, L.P. Mutsenko, A.V. Stepakhno, V.A. Koritskiy, E.V. Zhovtyak 8

Gas-flame cutting and thermal fixing

- Oxy-fuel cutting of large thickness steels. Thermal features of gas-flame cutting of thick metal. Part 2.
V.I. Panov, C.V. Kandalov 14

Equipment for the production

- RGKM-2000 cutter for oxygen cutting of metal workpieces up to 2000 mm thick.
V.M. Litvinov, Yu.N. Lysenko, S.A. Chumak 17

Repair technologies in ship repair production

- Illichivsk shipyard: technological solutions of the welding bureau during the repair of parts and assemblies made of high-alloy steels, corrosion-resistant and heat-resistant alloys.
V.K. Pustomelnik, C.M. Khachik, V.G. Levitskiy, O.V. Ignatenkov 22

Labor protection and standardization

- Functional safety of machine equipment control systems.
O.G. Levchenko, S.F. Kashtanov 24

Our consultations 29

News of companies 32

Pages of history of the E.O. Paton EWI.

To the 150-th anniversary of E.O. Paton.

In memory of B.E. Paton

- Evgeniy Oskarovich Paton is an outstanding scientist in the field of bridge building and welding, the founder of the Electric Welding Institute. Part 3.
A.N. Kornienko, A.P. Litvinov 34

Exhibitions and conferences 41

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-24185 от 25.04.2006, выдано Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия

Издатель ООО «Центр трансфера технологий Института электросварки им. Е. О. Патона»,
ООО «Специальные сварочные технологии»

Тел. моб. +7 903 795 18 49

E-mail ctt94@mail.ru

Главный редактор В. Д. Позняков

Зам. главного редактора В. Г. Абрамшвили

Редактор В. Г. Абрамшвили

Верстка и дизайн В. Г. Абрамшвили

За достоверность информации и содержание рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели. Мнение авторов статей не всегда совпадает с позицией редакции. Рукописи не рецензируются и не возвращаются. Редакция оставляет за собой право редактировать и сокращать статьи. Переписка с читателями — только на страницах журнала. При использовании материалов в любой форме ссылка на «Сварщик в России» обязательна.

Подписано в печать 17.09.2020. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура PetersburgC. Отпечатано в ЗАО «ТДДС-Столица-8». Заказ № 5703 от 15.09.2020. Тираж 1000 экз.

Издание выходит при содействии производственно-технического журнала «Сварщик»

Учредители Институт электросварки им. Е.О. Патона НАНУ,
ООО «Технопарк ИЭС им. Е.О. Патона»

Издатель НТК «ИЭС им. Е.О. Патона» НАНУ

Главный редактор В. Д. Позняков

Зам. главного редактора В. Г. Абрамшвили

Редакционная коллегия В. А. Белинский, Ю. К. Бондаренко, А. В. Вавилов, Ю. В. Демченко, В. М. Илюшенко, Г. И. Лашенко, О. Г. Левченко, В. М. Литвинов, Л. М. Лобанов, А. А. Мазур, В. И. Панов, П. П. Проценко, С. В. Пустовойт, И. А. Рябцев, А. А. Сливинский

Адрес редакции 03150, Киев, а/я 337

Тел./факс +380 44 200 80 14

E-mail welder.kiev@gmail.com

URL http://www.welder.stc-paton.com

Подписка-2020

Подписной индекс **20994**
в каталоге «Пресса России»

Подписной индекс **E20994**
в каталоге Агентства «Книга-Сервис»

Подписной индекс **K0103**
в каталоге российской прессы
«Почта России» — персональная подписка

Новые конвертеры для высокоэффективных многопостовых сварочных систем.

Л.М. Лобанов, А.Е. Коротынский, Н.М. Махлин, В.Е. Водолазский, В.Ю. Буряк, Л.П. Муценко, Анат.В. Степахно, В.А. Корицкий, Е.В. Жовтяк

Описаны результаты глубокой модернизации в 2020 г. для использования в горно-металлургическом комплексе и др. отраслях экономики, разработанных еще в 2001-2003 гг. (и впоследствии успешно внедренных на предприятиях атомной отрасли Украины) в ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ совместно с ГП «Научно-инженерный центр сварки и контроля в отрасли атомной энергетики Украины ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины» электронных регуляторов сварочного тока (сварочных конвертеров (СК)) РДЭ-251 УЗ.1 и РДГ-201 УЗ.1 для многопостовых сварочных систем MMA и TIG соответственно. Представлены внешние вольтамперные характеристики и приведены структурно-функциональные схемы, основные параметры и особенности модернизированных регуляторов сварочного тока - РДЭ-401 УЗ.1 и РДГ-402 УЗ.1 для высокоэффективных многопостовых сварочных систем MMA и TIG. Показаны энергетические и технологические преимущества электронных регуляторов сварочного тока (СК) по сравнению с используемыми по сей день балластными реостатами.

Газокислородная резка сталей больших толщин. Тепловые особенности газопламенной резки металла большой толщины. Часть 2.

В.И. Панов, С.В. Кандалов

Теория газокислородной резки металла ограничивается в основном средней толщиной (до 300 мм), а в машиностроении применяются разные технологические процессы газопламенной резки большой толщины, которые слабо отражены в учебниках, методиках и т. п. В статье показано более полное понимание и обобщение физико-химических явлений, связанных с газопламенной резкой металла большой толщины, технологическими особенностями, тепловыми процессами при разделительной резке. Рассматривается нестационарное тепловое состояние металла разрезаемого массивного изделия в трехмерном тепловом поле. Во второй части описания опыта Уралмашзавода по газокислородной резке металла большой толщины даются общие рекомендации составления материального и теплового баланса этого технологического процесса с возможным применением ПК.

Резак РГКМ-2000 для кислородной резки металлических заготовок толщиной до 2000 мм.

В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко, С.А. Чумак

В начале 2000-х гг. были выполнены работы по капитальному ремонту машин газовой резки металлов больших толщин (НТЗ им. К. Либкнехта, Днепр, ЭМСС и НКМЗ, Краматорск) и созданию новых (УЗТМ, Екатеринбург, МК им. Серова, Серов, Азовэлектро-сталь, Мариуполь). Резак РГКМ-1600, увеличивший потолок толщин разрезаемой заготовки без увеличения расхода режущего кислорода, внедрен в составе новых машин газовой резки металлов больших толщин. Однако, на многих заводах возникает необходимость резки металлических заготовок толщиной до 2 000 мм. Для этой цели разработан и внедрен на ЭМСС резак РГКМ-2000. Приведены технические характеристики резака, описаны его устройство и работа, представлены чертежи основных узлов и деталей, имеющих расчетные каналы. На конкретных примерах показана работа резака при разделке крупного лома толщиной до 2000 мм на габаритные куски. Качество поверхности реза проиллюстрировано фотографиями.

Ильичевский судоремонтный завод: технологические решения бюро сварки при проведении ремонта деталей и узлов из высоколегированных сталей, коррозионностойких, жаростойких и жаропрочных сплавов.

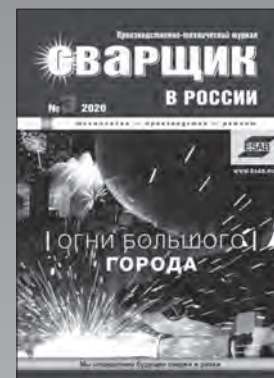
В.К. Пустомельник, С.М. Хачик, В.Г. Левицкий, О.В. Игнатенков

Статья посвящена различным видам сварки высоколегированных нержавеющей сталей с применением разных сварочных материалов. Рассмотрены разновидности нержавеющей сталей, их классификация, способы сварки, применяемые в сварочной лаборатории бюро сварки и производственных цехах на ЧАО «Ильичевский судоремонтный завод».

Функциональная безопасность систем управления оборудованием машин.

Левченко О.Г., Каштанов С.Ф.

Проанализированы основные требования МЭК 62061 к проектированию и разработке электрических, электронных и программируемых электронных систем управления промышленным оборудованием и особенности применения процедур, предусмотренных в настоящем стандарте, для определения вероятности опасных отказов систем управления безопасностью машин.





ПАТОН Борис Евгеньевич

19 августа 2020 года на 102 году ушел из жизни Борис Евгеньевич Патон, выдающийся Человек: ученый, организатор науки, общественный деятель, директор Института электросварки имени Е.О. Патона, Герой Социалистического Труда (дважды – 1969, 1978 гг.), Герой Украины (1998 г.), заслуженный деятель науки и техники Украины (1968 г.), академик Национальной академии наук Украины (с 1958 г.), ее президент (с 1962 г.), академик АН СССР (с 1962 г.), АН РФ, депутат Верховного Совета УССР (1959–1988 гг.) и Верховного Совета СССР (1962–1991 гг.), член ЦК КПСС.

Борис Евгеньевич Патон – внес непревзойденный вклад в научно-технический прогресс, в организацию науки, в развитие страны и благополучие общества



8 июля 2020 г. Борис Евгеньевич в раздумье о будущем науки

Борис Евгеньевич Патон – родился 27.11.1918 в г. Киеве в семье профессора Е.О. Патона (академика АН УССР с 1929 г.). В этот же день состоялось первое собрание Украинской академии наук. Дипломный проект в Киевском индустриальном институте Борис Патон защитил утром 22 июля 1941 г., когда немецкая авиация бомбила расположенный рядом авиационный завод. Начал работать в 1941 г. на заводе «Красное Сормово» в г. Горьком.

Б.Е. Патон с 1942 г. до последних дней жизни работал в Институте электросварки им. Е.О. Патона Национальной академии наук Украины.

В Нижнем Тагиле на Уральском танковом заводе им. Коминтерна, где Институт находился во время Великой Отечественной войны, под руководством Е.О. Патона впервые в мире была создана автоматическая

сварка броневых сталей. Б.Е. Патон в числе немногочисленного коллектива сотрудников внедрил новую технологию на оборонных заводах. Производство танковых корпусов увеличилось в 10 раз. В то же время молодой специалист выполнил фундаментальные исследования процессов сварки под флюсом и впервые экспериментально установил наличие дугового разряда (соавтор А.М. Макара), что способствовало созданию новых сварочных материалов и совершенствованию оборудования и технологии. С 1946 г. Б.Е. Патон – заведующий отделом. Он разрабатывает новую сварочную технику, исследует процессы в сварочных цепях и эффективность саморегулирования сварочной дуги, разрабатывает требования к источникам питания и систем управления сварочными головками. Б.Е. Патон упростил сварочные автоматы и предложил оборудования для механизации сварки сложных изделий. На основе этих исследований были разработаны новые технологии производства труб и строительства трубопроводов, производства и ремонта железнодорожного транспорта и др. Новые технологии сварки ускорили восстановление экономики страны.

В 1949 г. Б.Е. Патон с Г.З. Волошкевичем впервые в мире создал электрошлаковую сварку металлических конструкций из узлов неограниченной толщины. Этот вид сварки открыл новый этап мирового научно-технического прогресса, обеспечил возможность изготовления мощных энергетических установок, кузнечно-прессового оборудования, оборуду-

дования для химической, атомной и других отраслей промышленности. Его развитие стало основой новой отрасли промышленности – специальной электрометаллургии.

В 1950–1953 годах Б.Е. Патон – заместитель директора, с 1953 г. – директор ИЭС им. Е.О. Патона. Б.Е. Патон ведет поиск новых методов ускорения внедрения научных достижений в производство. В 1959 г. конструкторский отдел и экспериментальные мастерские института преобразованы в Опытное конструкторско-технологическое бюро и Опытный завод электросварочного оборудования, в 1978 г. организован Опытный завод сварочных материалов, а в 1981 г. – Опытный завод специальной электрометаллургии. В результате ИЭС им. Е.О. Патона в 1981 г. получил статус научно-технического комплекса, стал крупнейшим мировым центром по сварке и родственным технологиям

Широкий научный кругозор, способность охватывать весь комплекс проблем, разрабатываемых институтом, определять тенденции и перспективы развития, постоянный контакт с сотрудниками позволили Борису Евгеньевичу настроить коллектив института на решение больших, практически значимых задач. Ежедневно директор проводил десяток совещаний, где обсуждались актуальные вопросы, оценивались предложения, результаты исследований и предоставлялись новые поручения. Был налажен тесный контакт с министрами, руководителями НИИ и КБ.

В середине 1950-х гг. Б.Е. Патон организовал исследования новых источников энергии и особенностей металлургических процессов, открыл новые направления развития сварки и родственных технологий, организовал разработку технологий изготовления ответственных высоконагруженных конструкций новой техники из специальных сталей, меди, алюминия, титана, циркония, ниобия, ванадия, других металлов и их сплавов. Впервые в мире исследован контурный трансформатор и разработаны контактная автоматическая сварка непрерывным оплавлением магистральных трубопроводов, железнодорожных рельсов, проката большого сечения, элементов ракет, ряда других ответственных конструкций из сплавов на основе алюминия, магния, титана, нержавеющей и жаропрочных сталей. Под его руководством исследована сварка особо высокопрочных сталей, разработаны легированные стали высокой прочности для сварных конструкций, методы эффективного использования проката металлов и повышения сопротивления усталости сварных конструкций, созданы аппараты, материалы и технология подводной сварки открытой дугой, новые поколения покрытых электродов, порошковых проволок и лент различного назначения. Использование электронного луча решило проблемы сварки изделий ракетостроения, химической промышленности, судостроения и конструкций других отраслей

из специальных сталей, высокопрочных сплавов на основе алюминия и титана.

В 1960–1980-х годах под руководством Б.Е. Патона исследовались химико-металлургические процессы в жидком и твердом металле, результаты которых использованы для расширения возможностей сварки и родственных технологий. В частности, созданы и развита техника дуговой, плазменной и микроплазменной сварки в инертных газах, сварка вольфрамовым электродом по слою активированного флюса-пасты, сварки и резки лазерным лучом, энергией взрыва, магнитно-импульсной, диффузной сварки, сварки под водой и др. Кроме новых способов сварки, создаются новые технологии наплавки и переплава, разрабатывается технология электрошлакового литья, создается оборудование для новых методов сварки и родственных технологий, совершенствуются конструкции изделий.

В XXI веке под руководством Б.Е. Патона были развернуты исследования с целью создания новых сплавов с особыми эксплуатационными качествами и разработки технологий их соединения, методов снижения деформаций и напряжений, контроль качества и ресурса сварных конструкций и машин. Значительное внимание директор института уделял созданию новых эффективных технологий, в частности на основе гибридного лазерно-плазменного и плазменно-индукционного нагрева, технологий пайки др. Были изучены процессы формирования структуры при сварке, свойства и сопротивление разрушению сварных соединений из высокопрочных конструкционных сталей; на основе которых разработана технология изготовления и ремонта машин и инженерных сооружений длительного срока эксплуатации. В последние годы начато освоение технологии изготовления сложных металлических изделий с применением 3D-принтерной печати, нанесение наночастиц серебра на лекарства и другие актуальные направления.

В 1963 г. Б.Е. Патон начал и возглавил разработку оборудования и технологий сварки, пайки, термической резки и напыления в условиях космоса. В 1969 г. космонавт В.Н. Кубасов на пилотируемом космическом корабле «Союз-6» на установке «Вулкан» впервые в мире выполнил эксперимент по электронно-лучевой, дуговой и плазменной сварке и термической резке. Была доказана возможность применять сварку и родственные технологии при монтаже и ремонте металлоконструкций в космическом пространстве. В ИЭС впервые в мире был создан универсальный ручной электронно-лучевой инструмент, с помощью которого 25 июля 1984 г. космонавты С.Е. Савицкая и В.А. Джанибеков на научно-исследовательском орбитальном комплексе «Салют-7» в открытом космосе провели эксперименты по нанесению покрытий. В дальнейшем на протяжении 15 лет на ОКС «Мир» по программам ИЭС, РКК «Энергия» и других организаций выполнялись многоплановые

металлургические исследования. В 1990 г. впервые в мире создан и доставлен в космос фермопостроитель, раскрыта ферма с солнечными батареями, питающими станцию «Мир».

С 1990 г. Б.Е. Патон инициировал и руководил сваркой в медицине. Была доказана возможность использования тока высокой частоты для соединения разрезов тканей, созданы особые медицинские инструменты и источники питания, способы сварки живых мягких тканей человека, которые широко применяют в общей хирургии, гинекологии, отоларингологии и других отраслях.

Б.Е. Патон является автором многих научных, научно-популярных трудов и изобретений. При нем активное развитие получила научная школа, основанная его отцом Е.О. Патоном. Его отличали поразительное трудолюбие, работоспособность, обязательность, доброжелательность, общительность. Много читал, особенно мемуары. Владея несколькими языками, он успевал прочитывать десятки журналов. Документы, обращения избирателей он рассматривал сразу, рукописи забирал вечером, а утром возвращал с пометками и исправлениями. Высокую работоспособность объяснял занятием спортом, а исключительную память объяснить не мог.

Во второй половине 1950-х гг. в мире развернулась научно-техническая революция. В Академию наук УССР требовался руководитель нового типа. Б.Е. Патон имел значительный опыт организации работ по созданию и внедрению инновационных технологий, руководству большим научным коллективом. Он был предан науке, глубоко понимал роль науки в обществе, ее цели и задачи, был известен неисчерпаемой энергией и высокими моральными качествами. Эти и многие другие факторы стали решающими при выборе в 1962 г. Б.Е. Патона на пост президента Академии наук УССР. Новый президент сразу начал ее реконструкцию.

В 1963 г. в СССР началась большая реформа, которая касалась всей академической науки страны. Под руководством Б.Е. Патона была разработана новая структура Академии наук УССР, ее новый устав, направленный на рациональное использование научных сил и средств, концентрацию их на решении проблем научно-технического прогресса. Борис Евгеньевич твердо отстаивал свое мнение, касающееся проблем науки, экономики, производства. Он, вопреки указаниям Н.С. Хрущева, в отличие от президентов других академий, сумел сохранить институты технического профиля. Б.Е. Патон отказался от требования Л.И. Брежнева стать президентом АН СССР.

Б.Е. Патона 11 раз избирали президентом Академии наук УССР – НАН Украины. С 1965 г. по его инициативе в ней созданы десятки новых институтов и организаций, региональные научные центры АН УССР. Важную роль сыграл Б.Е. Патон в деле сотрудничества с вузами, расширения их взаимо-

действия в интересах развития науки и государства в целом. Как член Президиума АН СССР он выдвинул в состав академии известных материаловедов (из Москвы, Волгограда, Ленинграда и др.).

Знание промышленности и перспектив развития ее отдельных отраслей позволило Борису Евгеньевичу организовать подготовку предложений по развитию сварки в СССР. В июне 1958 г. Совет Министров СССР принял постановление «О дальнейшем внедрении в производство сварочной техники». В 1959 г. был создан Координационный совет СССР по сварке, в 1963 г. – Научный совет по проблеме «Исследования и внедрения процессов сварки в промышленность и строительство», которые возглавил Б.Е. Патон. В советы входили ведущие специалисты страны в области сварочной науки, техники и производства, главные сварщики крупных предприятий, НИИ, КБ, заведующие кафедрами вузов СССР. Подготавливали рекомендации правительству по проблемам сварочного производства, проекты постановлений, согласовывался и утверждался сводный план важнейших научно-исследовательских, проектно-конструкторских работ и др.

Б.Е. Патон постоянно вел поиск новых организационно-экономических форм повышения эффективности научной деятельности и результативности связи науки с производством. ИЭС был пионером в создании в системах академий наук научно-технических комплексов, инженерных центров, опытных производств и др. В 1970 г. Б.Е. Патон возглавил работу по координации развития сварочной науки и техники с главными сварочными институтами стран – членов Совета Экономической Взаимопомощи.

Руководство АН СССР передало полномочия руководителя Всесоюзного органа по материаловедческим наукам академику Б.Е. Патону. АН УССР и предприятия Украины стали полигоном для испытания новых материалов и технологий. Институты Украинской академии наук много раз посещали президенты АН СССР, ведущие ученые многих стран, ставя самые сложные задачи науки и производства. В Киев, как в «научную Мекку», приезжали первые секретари ЦК КПСС, председатели Верховного Совета и Совета министров СССР и союзных республик, министры, президенты и премьеры ФРГ, Финляндии, Франции, Югославии, Болгарии и многих других стран.

Под руководством Б.Е. Патона большие коллективы ученых академии выполнили прогнозные оценки негативных экологических и социально-экономических последствий интенсивной химизации сельского хозяйства, крупномасштабной осушительной и оросительной мелиорации, переброски части стока рек Дуная и Днепра. Лично и от ученых Украины он выступал против строительства атомной электростанции в районе Чернобыля. В 1986 г., с первых дней аварии на ЧАЭС, коллективы многих институтов Академии наук УССР, ее Президиум во главе с президентом активно участвовали в работе по ликвидации по-

следствий катастрофы.

В начале перестройки, инициированной Горбачевым, Б.Е. Патон одним из первых задал тревогу, обратив внимание на её недостатки, предвидел отрицательные последствия. В 1989 г. Б.Е. Патон отмечал: «В нынешних условиях наука обречена играть роль служанки всесильных монополистов – ведомств и министерств. Унизительное бесправие – одна из причин безнравственности. Ведь сущность нашей профессии – поиск истины. Борьба за них – основа нашей морали. Но сегодня найденные учеными истины отторгаются как инородное тело, если они невыгодны ведомствам. Надо понять: пренебрежение правдой развращает не только тех, кто в результате групповых интересов проталкивает в народное хозяйство многомиллиардные антинаучные проекты, но и ученых, поскольку их профессионализм оказывается ненужным. Каждый раз жизнь убеждает молодых: очень удобно быть конформистом, вращаться по ветру, обосновывая псевдонаучными фразами спущенный сверху проект. Так вырастают флюгеры и эпигоны. Им проще жить, чем первопроходцам. Это было всегда, но сейчас стало еще и выгодным. Откровенная недооценка научно-технического прогресса, на фоне которой осуществляется экономическая реформа, представляет серьезную угрозу самой перестройке. В погоне за сиюминутным эффектом, получением прибыли многие предприятия отказываются от внедрения достижений НТП, разрывают договорные отношения. Это может сделать отставание в области современных технологий необратимым» (*Газета Известия, 1989, 8 марта, стр. 2*).

Большим испытанием для Бориса Евгеньевича стали 1990-е гг. Только железная выдержка и понимание, чем грозит Украине развал академической науки, позволили ему в условиях пренебрежения роли науки новыми руководителями Украины, стремительного обнищания Академии, отъезда многих молодых талантов на Запад, третирования его и Академии со стороны особо рьяных псевдореформаторов и «демократов», найти пути сохранения основного отечественного научного потенциала, вдохновить своей неумолимой деятельностью ученых Украины.

После распада СССР, в первые годы существования Украины, в условиях экономического кризиса Б.Е. Патон сумел сохранить академию, принципы академического самоуправления и основные научные школы. Он усилил сотрудничество институтов НАН Украины с вузами, развил научные и экономические связи с зарубежными коллегами и партнерами. Согласно новым условиям была перестроена структура НАН Украины, деятельность академических учреждений направлена на рациональное использование научных сил и средств, сконцентрирована на решении важнейших проблем науки, имеющих особое значение для потребностей страны и научно-технического прогресса. В НАН Украины осу-

ществляются масштабные исследования по актуальным проблемам естественных, технических и социогуманитарных наук. Удержаться академии помогли бывшие и новые достижения. Сотни прорывных инновационных решений, изобретений высокого уровня скупали ведущие фирмы США, Великобритании, ФРГ, Японии, Китая и др. стран. На разработку научных тем и создание новых технологий они стали предоставлять гранты. По ряду направлений математики, информатики, механики, физики и астрономии, материаловедения, химии, молекулярной и клеточной биологии, физиологии удалось сохранить мировой уровень исследований.

Б.Е. Патон всегда подчеркивал интернациональный характер науки. Ученые Украины участвуют в выполнении многих международных программ, проводятся совместные конкурсы научных проектов. В 1993 г. по инициативе Б.Е. Патона создана Международная ассоциация академий наук, которая объединила национальные академии 15 стран Европы и Азии и которую он возглавлял в течение 1993–2016 гг.

Б.Е. Патон был депутатом Верховного Совета УССР (1959–1988 гг.) и Верховного Совета СССР (1962–1989 гг.), народным депутатом СССР (1989–1991 гг.), членом ЦК КПСС и Президиума Комитета по Ленинским премиям в области науки и техники (1964–1991 гг.).

Б.Е. Патон был почетным Президентом Международной инженерной академии (1991 г.), членом Европейской академии (1992 г.), членом Международной академии технологических наук, почетным членом Международной академии наук, образования, индустрии и искусства, Международной астронавтической академии, Римского клуба (1989 г.), почетным и иностранным членом академий и научных и технических обществ многих стран. Десятки отечественных и зарубежных университетов избрали академика Б.Е. Патона почетным профессором и доктором наук.

Плодотворная многосторонняя деятельность Бориса Евгеньевича отмечена Ленинской и Государственной премиями СССР и Украины, дважды званием Героя Социалистического Труда (1969, 1978 гг.), Героя Украины (1998 г.) и заслуженного деятеля науки и техники Украины (1968 г.). Б.Е. Патон награжден орденами и медалями СССР, России, Украины, Болгарии, Великой Британии, Германии, Италии и многих других стран. Его вклад в науку отмечен золотыми медалями им. М.В. Ломоносова, С.И. Вавилова, С.П. Королева, В.И. Вернадского и многими другими знаками почета.

19 августа 2020 года, на 102 году жизни, не стало выдающегося Человека.

Д.и.н., к.т.н. А.Н. Корниенко

●#1252

Новые конверторы для высокоэффективных многопостовых сварочных систем

Л.М. Лобанов, акад. НАНУ, д.т.н., **А.Е. Коротынский**, д.т.н., ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ,
Н.М. Махлин, **В.Е. Водолазский**, **В.Ю. Буряк**, **Л.П. Муценко**, ГП «НИЦ СКАЭ ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ»,
Анат.В. Степахно, **В.А. Корицкий**, к.т.н., ООО «ОЗСО ИЭС им. Е.О. Патона» (Киев),
Е.В. Жовтяк, ЧАО «Полтавский ГОК» (Горишни Плавни, Полтавская обл.)

В сварочном производстве крупных машиностроительных предприятий, в судостроении, при монтаже и ремонте объектов энергетики, металлургии и других отраслей экономики, широко используются многопостовые сварочные системы (МСС) для ручной дуговой сварки и наплавки (ММА) покрытыми электродами, ручной аргонодуговой сварки (TIG) неплавящимся электродом в среде инертных газов и механизированной сварки (MIG/MAG) электродной проволокой в среде защитных газов. Наибольшее распространение получили МСС постоянного тока, содержащие централизованный источник питания – мощный нерегулируемый многопостовой выпрямитель с «жесткой» внешней вольтамперной характеристикой (ВАХ), индивидуальные сварочные посты (ИСП) и соединяющие эти ИСП и централизованный источник питания разветвленные электрические сети – магистральные шиннопроводы. Каждый ИСП подключен к многопостовому выпрямителю или к магистральным шиннопроводам через выполненный на линейных или нелинейных резисторах балластный реостат, с помощью которого осуществляется ступенчатое регулирование параметров режима сварки (наплавки). Основным недостатком подобных МСС (кроме ограничений их технологических возможностей) – высокая энергозатратность, что обусловлено значительными потерями мощности в балластных реостатах, достигающими (50–80)% мощности, потребляемой ИСП. В 2001–2003 гг. в ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ совместно с НИЦ СКАЭ были разработаны электронные регуляторы сварочного тока (сварочные конверторы) для МСС постоянного тока для ММА и TIG – РДЭ-251 УЗ.1 и РДГ-201 УЗ.1 соответственно на номинальный ток 250 А, которые в 2006–2010 гг. были успешно внедрены в атомной энергетике Украины, где их опытные образцы функционируют по сей день. В 2020 г. эти сварочные конверторы по предложению ЧАО «Полтавский ГОК» были подвергнуты в НИЦ СКАЭ глубокой модернизации, в результате чего существенно вырос (с 250 до 400 А) их номинальный сварочный ток, расширились их технологические и эксплуатационные возможности, значительно повысилась их ремонтпригодность. В предлагаемой работе показаны преимущества электронных регуляторов сварочного тока (сварочных конверторов) по сравнению с балластными реостатами при сварке (наплавке) способами ММА, TIG и MIG/MAG, приведены основные результаты упомянутой модернизации, а также основные параметры модернизированных сварочных конверторов.

Преимущества существующих МСС постоянного тока заключаются в рациональном использовании производственных площадей, сокраще-

нии капитальных затрат и эксплуатационных расходов в сравнении с эквивалентным количеством однопостовых выпрямителей, сокращении номенклатуры необходимого сварочного оборудования, отсутствии необходимости прокладки временных цепей электропитания промышленной частоты с напряжением 380 или 220 В. Помимо энергозатратности и ограниченных технологических возможностей к недостаткам МСС с балластными реостатами следует также отнести ярко выраженную зависимость сварочного тока каждого ИСП от колебаний напряжения питания централизованного источника питания и изменений длины дугового промежутка, неизбежное взаимное влияние ИСП друг на друга при их одновременной работе, затруднения, возникающие при попытках поддерживать неизменными заданные технологические режимы сварки (наплавки), а также программировать циклы сварки (наплавки), осуществлять прогрессивные режимы сварки – шаго-импульсную сварку и сварку модулированным током.

Коэффициент полезного действия (КПД) ИСП в МСС с балластными реостатами определяется как [1, 2]:

$$\eta_{\Pi} = \frac{U_d}{U_{\text{ном}}} = \frac{U_0 + kI_{\text{CB}}}{U_{\text{ном}}}, \quad (1)$$

где U_d – номинальное напряжение сварочной дуги, В; $U_{\text{ном}}$ – номинальное выходное напряжение централизованного источника питания – мощного многопостового выпрямителя, В; U_0 , k – константы, зависящие от способа сварки; I_{CB} – номинальный сварочный ток ИСП, А.

В соответствии с линейными зависимостями $U_d = f(I_{\text{CB}})$, установленными ДСТУ ІЕС 60974-1: 2003, выражение (1) для различных способов дуговой сварки может быть представлено в виде:

$$\begin{aligned} \eta_{\Pi \text{ ММА}} &= \frac{20 + 0,04I_{\text{CB}}}{U_{\text{ном}}}, \\ \eta_{\Pi \text{ TIG}} &= \frac{10 + 0,04I_{\text{CB}}}{U_{\text{ном}}}, \\ \eta_{\Pi \text{ MIG/MAG}} &= \frac{14 + 0,05I_{\text{CB}}}{U_{\text{ном}}} \end{aligned} \quad (2)$$

Исходя из (2) при типовом значении для МСС

с балластными реостатами $U_{НОМ} = 60$ В в диапазоне сварочных токов до 250 А:

$$\begin{aligned}\eta_{II\text{ MMA}} &\leq 0,5, \\ \eta_{II\text{ TIG}} &\leq 0,3, \\ \eta_{II\text{ MIG/MAG}} &\leq 0,41,\end{aligned}\quad (3)$$

Поскольку КПД централизованного источника питания – мощного многопостового выпрямителя составляет (0,91 - 0,93) - без учета потерь в магистральных шинпроводах - то КПД МСС с балластными реостатами при MMA составляет не более 0,34, при TIG - 0,28, при MIG/MAG - 0,37.

В то же время номинальное значение КПД электронного регулятора сварочного тока (сварочного конвертора) значительно выше и может быть рассчитано по выражению [6 – 8]:

$$\eta_{II} = \frac{U_d I_{CB}}{f \left(0,5 C_{sn} U_{II}^2 + E_{sw(ON)} + E_{sw(OFF)} \right) + I_{CB} \left(U_d + \sqrt{Y} U_{ce(SAT)} + \sqrt{1-Y} U_{FVD} + Y U_{FVS} \right) + I_{CB}^2 \left[R_0 + Y(1-Y^2) R_{ESR} + P_{CS} \right]}, \quad (4)$$

где I_{CB} – номинальный сварочный ток ИСП, А; f – частота преобразования, Гц; C_{sn} – емкость конденсатора снабберной цепочки; U_{II} – напряжение питания (входное напряжение) ИСП, В; $E_{sw(ON)}$, $E_{sw(OFF)}$ – энергия потерь на включение и выключение силового транзисторного ключа, отнесенная на единичный импульс, Дж; Y – относительная длительность открытого состояния силового транзисторного ключа, равная U_d/U_{II} ; $U_{ce(SAT)}$ – прямое падение напряжения на силовом транзисторном ключе в его открытом состоянии, В; $U_{F(VD)}$ и $U_{F(VS)}$ – прямое падение напряжения на обратном диоде и тиристоре входной цепи соответственно в их открытом состоянии; R_0 – активное сопротивление силовой обмотки выходного дросселя электронного регулятора сварочного тока (сварочного конвертора (СК)), Ом; R_{ESR} – эквивалентное активное сопротивление буферного конденсатора в последовательной схеме его замещения, Ом; P_{CS} – мощность, потребляемая системой управления электронного регулятора сварочного тока (СК), Вт.

Экспериментально установлено [5 – 8], что КПД электронного регулятора сварочного тока (СК) при номинальном сварочном токе в случае TIG составляет не менее 0,82, а в случае MMA – не менее 0,84.

Внешние ВАХ, структурно – функциональные схемы и основные параметры разработанных 2001 - 2003 гг. электронных регуляторов сварочного тока (СК) приведены в [5 – 8].

Кроме энергетических преимуществ, электронные регуляторы сварочного тока (СК) обеспечивают независимость функционирования ИСП друг

от друга при их одновременной работе, плавное регулирование сварочного тока во всем диапазоне его регулирования, возможность осуществления прогрессивных способов дуговой сварки (в т.ч. сварки модулированным током), предварительной установки основных параметров режима сварки, автоматическую защиту от недопустимых значений сварочного тока, напряжения питания (входного напряжения), температуры охладителей полупроводниковых компонентов силовой части, благоприятный (мелкокапельный) перенос электродного металла, «горячий старт», «arcforce» и «antystick» при MMA, плавное нарастание сварочного тока в начале цикла сварки и его плавный спад в завершающей стадии при TIG (это предотвращает электродинамический удар на неплавящийся электрод, т.е. «шок» электрода и гарантирует возможность «заварки кратера» - что невозможно реализовать при использовании в качестве основного оборудования ИСП МСС балластных реостатов.

Модуляция сварочного тока при MMA позволяет не только осуществлять мелкокапельный перенос электродного металла, но и сузить зону термического влияния (ЗТВ), улучшить структуру и механические свойства наплавленного металла за счет измельчения первичного зерна, упростить технику сварки плавящимся электродом аустенитного и переходного классов во всех пространственных положениях, повысить на (25–40)% производительность процесса, а при TIG – облегчить сварку с увеличенным зазором, практически устранить или свести к минимуму образование «утижин» при сварке деталей из сталей аустенитного класса, упростить выполнение корневых швов, достичь при этом качественного формирования обратных валиков, уменьшить тепловложение в основной металл. По данным А.К. Царюка и Л.С. Захарова (ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ) использование модулированного тока при MMA жаропрочных высокохромистых сталей позволяет положительно влиять на формирование наплавленного металла, его структуру и размеры ЗТВ, а также избегать образования - феррита.

Опыт внедрения электронных регуляторов сварочного тока (СК) РДЭ -251 УЗ.1 и РДГ-201 УЗ.1 на объектах атомной энергетики Украины подтвердил их существенные энергетические и технологические преимущества по сравнению с балластными реостатами. В апреле-мае 2020 г. опытный образец регулятора сварочного тока РДЭ-251 УЗ.1 прошел производственные испытания в ЧАО «Полтавский ГОК». Этими испытаниями подтверждены перспективность применения и конкурентноспособность, а также высокие энергетические и технологические показатели сварочного конвертора РДЭ-251 УЗ.1, однако был выдвинут ряд новых технических требований для использования электронных регуляторов сварочного тока в горно-металлургической отрасли

Украины, вызвавших необходимость глубокой модернизации ранее разработанных электронных регуляторов сварочного тока для МСС. Основные задачи такой модернизации заключаются в:

- увеличении номинального сварочного тока ИСП, в частности для ММА, с целью обеспечения возможности использования штучных покрытых электродов с номинальным диаметром электродного металлического стержня 6,0 мм;
- улучшении потребительских и эксплуатационных свойств за счет уменьшения количества органов управления, упрощения и удешевления технического обслуживания и повышения ремонтпригодности сварочных конвертеров.

Кроме сохранения свойств, присущих ранее разработанным электронным регуляторам сварочного тока РДЭ-251 УЗ.1 и РДГ-201 УЗ.1, выдвинуты требования автоматического обеспечения перехода в «ждущий» режим и отключения напряжения холостого хода при отсутствии тока в сварочной цепи ИСП, а также замены в сварочном конвертере для ММА стрелочного индикатора сварочного тока на цифровой.

Следует отметить, что одновременно с разработкой и началом внедрения первых МСС предпринимались попытки создания взамен балластных реостатов электронных регуляторов сварочного тока. Однако, широкому их применению в сварочном производстве препятствовала их недостаточная надежность и высокая стоимость из-за отсутствия производства силовых полупроводниковых приборов, имеющих значительные мощности в диапазоне сверхзвуковых частот [1 - 5]. Созданию современных электронных сварочных конвертеров (СК) много внимания уделяют в США (в частности, СК фирмы «Lincoln Electric»), в РФ (в частности, СК фирмы «СЭЛМА», входящей в состав концерна НПО «ИТС») и в ряде др. стран. Создание современных электронных сварочных конвертеров и их глубокая модернизация стали возможными лишь в последние десятилетия, когда было

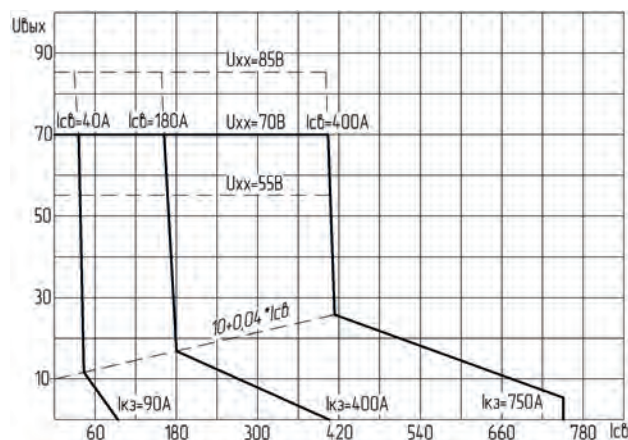


Рис. 1. Внешние статические вольтамперные характеристики (ВАХ) модернизированного электронного регулятора сварочного тока (СК) РДЭ-401 УЗ.1 для ММА

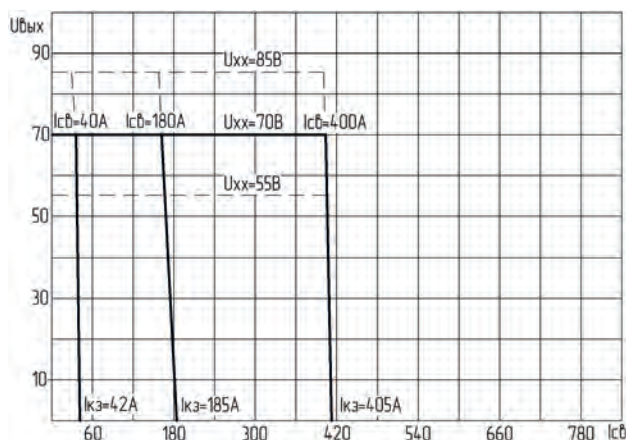


Рис. 2. Внешние статические ВАХ модернизированного электронного регулятора сварочного тока (СК) РДГ-402 УЗ.1 для ТIG

освоено промышленное производство дискретных силовых полупроводниковых полевых транзисторов MOSFET с положительным температурным коэффициентом (ПТК) и приемлемыми значениями сопротивления каналов «исток – сток» в открытом состоянии этих транзисторов.

Отмеченные достижения современной силовой электроники и средств управления современными силовыми полупроводниковыми приборами позволили существенно модернизировать силовую часть электронных регуляторов сварочного тока (СК), в частности, заменить ранее использовавшиеся в качестве силового транзисторного ключа модули 3-го и 4-го поколений на дискретные, соединенные в параллель силовые MOSFET – транзисторы с ПТК,

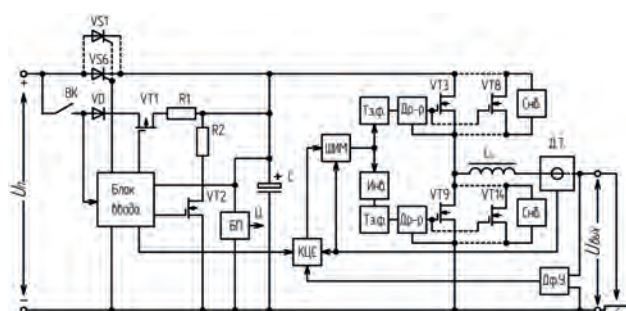


Рис. 3. Структурно-функциональная схема модернизированного электронного регулятора сварочного тока (СК) РДЭ-401 УЗ.1 для ММА: $U_{\text{вх}}$ - напряжение питания (входное напряжение) регулятора сварочного тока (СК) РДЭ-401 УЗ.1; $U_{\text{вых}}$ - выходное напряжение регулятора сварочного тока (СК) РДЭ-401 УЗ.1; VS1 - VS6 - блок входных силовых шунтирующих тиристоров; Блок ввода – блок контроля и ограничения входного напряжения; VT3 - VT8 – блок силового («чопперного») транзисторного ключа; VT9 - VT14 – блок «обратного» (синхронного) тока; С - блок буферных конденсаторов; БП – вспомогательный блок питания; R1 и R2 – зарядный и разрядный резисторы; $L_{\text{др}}$ - дроссель силовой; Др-р – драйверы блока силового («чопперного»), транзисторного ключа и блока «обратного» тока; Снб – снабберная цепочка; Д.Т. – датчик сварочного тока; Д.У - усилитель дифференциальный; КЦС - контроллер цикла сварки; Т.з.ф. – узел задержки фронтов управляющих импульсов; ШИМ – ШИМ – контроллер; Инв - инвертор сигнала управления; ВК - выключатель системы управления регулятора

что предоставило возможность их самовыравнивания и удешевления силового транзисторного ключа, а также использования их вместо диодного модуля в качестве «обратного» диода силового синхронного транзисторного выпрямителя [7, 9]. Это позволило не только увеличить номинальный сварочный ток ранее разработанных электронных регуляторов сварочного тока, но и на (3-5)% повысить их КПД и довести его реально достижимые значения до (84–92)% при MMA и MIG/MAG и до (82-86)% при TIG.

Анализ выражения (4) показывает, что в электронных регуляторах сварочного тока (СК) в диапазоне приемлемых частот преобразования (25-40)% общих потерь, подводимой к сварочному конвертору мощности, зависит от этой частоты преобразования f , а также от Y – относительной длительности открытого состояния силового транзисторного ключа. Чем меньше значение Y , тем меньше КПД и наоборот.

На *рис. 1* приведены внешние ВАХ модернизированного электронного регулятора сварочного тока (СК) РДЭ-401 УЗ.1 для MMA, на *рис. 2* – внешние ВАХ модернизированного электронного регулятора сварочного тока РДГ-402 УЗ.1 для TIG, на *рис. 3, 4* – структурно-функциональные схемы этих электронных регуляторов сварочного тока, а в *табл. 1* – основные параметры электронных регуляторов сварочного тока (СК).

К особенностям модернизированных электронных регуляторов сварочного тока можно отнести отсутствие в них (по сравнению с ранее разработанными электронными регуляторами) каких-либо электро-механических элементов, замену тиристорно-диодного модуля входной цепи на соединенные в параллель тиристоры с ПТК, выполненные в стандартных транзисторных корпусах, что существенно упрощает их охлаждение. Другой важной особенностью модернизированных электронных регуляторов сварочного тока является то, что длина свароч-

Таблица 1. Основные параметры электронных регуляторов сварочного тока

№ п.	Наименование показателя	Значение			
		Марка электронного регулятора сварочного тока			
		РДГ-201 УЗ.1	РДЭ-251 УЗ.1	РДЭ-401 УЗ.1	РДГ-402 УЗ.1
1.	Назначение	для TIG	для MMA	для MMA	для TIG
2.	Номинальный сварочный ток, А	250		400	
3.	Пределы регулирования сварочного тока: нижнее значение, не более, А	8	20	30	8
	верхнее значение, не менее, А	255	265	405	
4.	Продолжительность нагрузки (ПН): при номинальном сварочном цикле $T_{ц} = 5$ мин и сварочном токе до 200А включительно, %	-	100	-	-
	при номинальном сварочном цикле $T_{ц} = 10$ мин и сварочном токе от 201 до 255 А, %	60	-	-	-
	при номинальном сварочном цикле $T_{ц} = 5$ мин и сварочном токе до 315 А, %	-	-	100	-
	при номинальном сварочном цикле $T_{ц} = 10$ мин и сварочном токе до 315 А, %	-	-	-	100
	при номинальном сварочном цикле $T_{ц} = 5$ мин и сварочном токе от 316 до 400 А включительно, %	-	-	60	-
	при номинальном сварочном цикле $T_{ц} = 10$ мин и сварочном токе от 316 до 400 А включительно, %	-	-	-	60
5.	Наибольшее (пиковое) значение тока короткого замыкания в нагрузке, А	270	380	740	440
6.	Ограничение тока пикового значения в нагрузке, А	260- 290	360 - 380	740 - 760	440- 460
7.	Пределы регулирования длительности «стартового» импульса сварочного тока, с	-	0,5 - 1,5	0,5 - 2,0	-
8.	Длительность импульсов (пауз) сварочного тока (регулирование ступенчатое и независимое, с погрешностью не более $\pm 7,5\%$), с	0,10; 0,12; 0,14; 0,16; 0,18; 0,20; 0,25; 0,30; 0,35; 0,40; 0,45		0,08; 0,10; 0,12; 0,14; 0,16; 0,18; 0,20; 0,25; 0,30; 0,35; 0,40; 0,45; 0,50	
9.	Множитель длительности импульсов (пауз) сварочного тока	5	2	2	5
10.	Коэффициент полезного действия (КПД) при номинальном сварочном токе, не менее, %	79	82	86	82
11.	Габаритные размеры, не более, мм	576 × 291 × 60		-	-
12.	Масса, не более, кг	25,3		-	-

Примечание. Габаритные размеры и масса модернизированных электронных регуляторов уточняется в процессе изготовления и испытаний их опытных образцов, при этом следует учитывать неминуемое возрастание в сравнении с ранее разработанными электронными регуляторами сварочного тока массы и габаритных размеров охладителей полупроводниковых компонентов силовой части из-за возрастания номинального сварочного тока.

Таблица 2. Нагрузочная способность наиболее распространенных многопостовых выпрямителей

№ п/п	Наименование показателя	Значение		
		Марка многопостового выпрямителя		
		ВДМ-1001	ВДМ-1601	ВМГ-5000
1.	Номинальный сварочный ток выпрямителя, А	1000	1600	5000
2.	Номинальное рабочее напряжение, В	60		
3.	Номинальная первичная мощность, кВтА	74	120	317
4.	Количество постов (ММА/TIG), в варианте: балластных реостатов, шт.	7/10	9/14	51/60
4.1				
4.2	электронных регуляторов сварочного тока	9/14	18/24	66/88

ного контура ИСП (включая «обратный» провод) может достигать 100 м, при этом, в случае ММА автоматически корректируется переход от стадии образования капли до стадии ее переноса в сварочную ванну. Кроме силовой части модернизации подверглись и основные узлы системы управления электронных регуляторов сварочного тока, вследствие чего удалось уменьшить количество входящих в состав регуляторов печатных плат и сократить количество органов управления. На рис. 5 приведен внешний вид панели управления электронного регулятора сварочного тока РДЭ-401 УЗ.1 для ММА.

Реализация энергетических преимуществ МСС с электронными регуляторами сварочного тока возможна двумя путями. Первый из них предусматривает повышение эффективности использования существующих и находящихся в эксплуатации многопостовых выпрямителей, второй же заключается в оптимизации мощности, рабочего напряжения и сечения магистральных или радиальных шинпроводов.

Нагрузочную способность многопостового выпрямителя при использовании электронных регуляторов сварочного тока может быть определена, как:

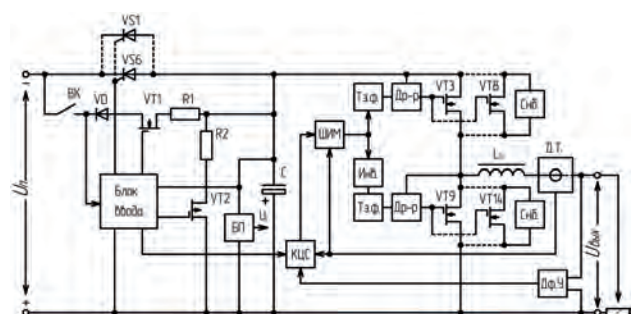
$$N = \frac{\eta I_{2\text{НОМ}} U_{2\text{НОМ}}}{K_0 I_{d\text{НОМ}} U_{d\text{НОМ}} \sqrt{\frac{\text{ПН}}{100}}}, \quad (5)$$

где N - наибольшее количество ИСП (сварочных конверторов), которое может быть подключено к многопостовому выпрямителю, шт.; η - КПД электро-

нного регулятора сварочного тока, в долях единицы; $I_{2\text{НОМ}}$ и $U_{2\text{НОМ}}$ - номинальные значения вторичного тока, А, и вторичного рабочего напряжения, В, многопостового выпрямителя; k_0 - коэффициент одновременной работы ИСП, в долях единицы; $I_{d\text{НОМ}}$ и $U_{d\text{НОМ}}$ - номинальные значения сварочного тока, А, и напряжения дуги (напряжения сварки), В, ИСП.

Сравнительные характеристики нагрузочной способности наиболее распространенных многопостовых выпрямителей с использованием балластных реостатов и электронных регуляторов сварочного тока приведен в табл. 2. При этом, сварочный ток ИСП в варианте балластных реостатов принят равным 315 А, а варианте электронных регуляторов сварочного тока - 400 А, ПН = 60%, $k_0 = 0,65$.

Оснащение действующих МСС модернизированными электронными регуляторами сварочного тока (СК) позволяет не только увеличить количество одновременно работающих ИСП, но и в (1,8–2,7) раза уменьшить сечение проводов, соединяющих каждый ИСП с магистральным шинпроводом [6]. Наиболее ощутимый выигрыш может быть получен при радиальной схеме МСС.



Второй путь реализации энергетических преимуществ МСС с электронными регуляторами сварочного тока базируется на фиксированном количестве подключаемых ИСП. Наиболее весомая в этом случае характеристика - мощность входящего в состав МСС многопостового выпрямителя. Необходимое значение этой мощности можно определить по выражению:

$$P_{\text{МВ}} = \frac{k_0 N I_{\text{дном}} \sqrt{\frac{\text{ПН}}{100}}}{\eta_{\text{МВ}}}, \quad (6)$$

где $P_{\text{МВ}}$ - необходимая мощность многопостового выпрямителя, Вт; $\eta_{\text{МВ}}$ - КПД многопостового выпрямителя ($\eta_{\text{МВ}} = 0,91-0,93$).

Этот (второй) путь особо актуален для мобильных МСС и наиболее эффективен при монтаже и ремонте магистральных и промышленных трубопроводов и резервуаров.

На основании приведенного выше можно сделать следующие выводы.

1. В модернизированных электронных регуляторах сварочного тока (сварочных конверторах (СК)) использованы достижения современной силовой электроники и средств управления силовыми полупроводниковыми приборами.

2. Замена традиционных балластных реостатов в МСС при различных способах дуговой сварки (наплавки) на электронные регуляторы сварочного тока (СК) не только значительно повышает энергоэффективность дуговой сварки (наплавки), но и существенно расширяет технологические возможности ИСП.

3. Модернизированные электронные регуляторы сварочного тока (СК) полностью соответствуют требованиям сварочного производства горно-металлургического комплекса и др. отраслей промышленности Украины.

4. Дальнейшим развитием электронных регуляторов сварочного тока (СК) является расширение их технологических возможностей за счет регистрации в энергонезависимой памяти оптимальных значений параметров режима сварки (наплавки) и банка типовых режимов.

5. Расширение промышленного применения МСС с электронными регуляторами сварочного тока (СК) значительно улучшит технико-экономические показатели сварочного производства как в горно-металлургическом комплексе, так и в др. отраслях экономики.

В заключение авторы выражают свою признательность докт. техн. наук А.М. Жерносекову, инженерам Н.П. Драченко, И.В. Вертецкой и М.И. Скопюку (ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ), инженерам В.Е. Попову и Д.С. Олияненко (НИЦ СКАЭ), инженеру Д.А. Блинкову (ЧАО «Полтавский ГОК») за ценную помощь в подготовке данной работы.

Литература

1. Бункин П.Я., Донской А.В. Многопостовые сварочные системы. – Л.: Судпромгиз, 1985. – 228 с.
2. Оборудование для дуговой сварки. Справочное пособие. /Под ред. В.В. Смирнова. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 656 с.
3. Дравович Ю.И., Лебедев А.В., Кравченко В.В. и др. Регулирование режимов механизированной сварки в CO_2 при использовании многопостовых источников тока //Автомат. сварка. – 1987. – № 10. – С. 70–71.
4. Патон Б.Е., Лебедев А.В. Управление плавным и переносом электродного металла при сварке в углекислом газе.//Там же. – 1988. – № 11. – С. 1–5.
5. Гладков Э.А., Фетисов Г.П., Синельников Н.Г. Совершенствование управления процессами дуговой сварки на базе высокочастотных преобразователей энергии (Обзор) //Сварочное производство. – 1984. – № 3. – С. 13–16.
6. Коротынский А.Е., Махлин Н.М., Богдановский В.А. К расчету электронных регуляторов сварочного тока для многопостовых сварочных систем.//Автомат. сварка. – 2002. – № 12. – С. 19–27.
7. Богдановский В.А., Махлин Н.М., Полосков С.И. Высокоэкономичные многопостовые сварочные системы с расширенными технологическими возможностями. Труды международной научно-практической конференции «Экология окружающей среды – 2008», «Энерго и ресурсосбережение в промышленности, энергетике и на транспорте». – К. – 2008. – С. 53–59.
8. Коротынский А.Е., Махлин Н.М., Полосков С.И. Высокоэффективные многопостовые сварочные системы с расширенными технологическими возможностями. //Сварка и диагностика. – 2009. – № 1. – С. 5–8.
9. Готтлиб И.М. Источники питания. Инверторы, конверторы, линейные и импульсные стабилизаторы. – М.: Пост маркет, 2002. – 544 с.

●#1253

Газокислородная резка сталей больших толщин. Тепловые особенности газопламенной резки металла большой толщины. Часть 2*

В.И. Панов, УрФУ им. Б.Н. Ельцина, **С.В. Кандалов**, ПАО «Уралмашзавод» (Екатеринбург)

При кислородной резке металла большой толщины нагрев металла реакционной зоны (реза) производится двумя источниками теплоты: внешним и внутренним. Условием, обеспечивающим непрерывный процесс окисления разрезаемой стали (сальдо поток), является равенство тепловых вложений и тепловых потерь в тепловом балансе, процессы распространения которых чрезвычайно сложны. Это требует некоторых допущений и обуславливает применение идеализированных схем нагреваемых тел и источников теплоты. Краевые условия выбирают в зависимости от размеров фактического разрезаемого тела.

В работах, посвященных аналитическому решению задач теплопроводности для условий газопламенной резки металла малой и средней толщины (Д. Розенталь [1], Н.Н. Рыкалин, [2], М.Х. Шоршоров и др.), изучается плоское (двухмерное) температурное поле, используются методы источников и др., хотя при этом не учитываются теплота кристаллизации жидкого (окисленного и не окисленного) металла, теплота фазовых превращений и пр. Эти работы опираются на фундаментальные работы по теплофизике массо- и теплообмена с использованием принципа наложения тепловых полей.

Рассмотрим, что есть общего в классической технологической теплофизике и в газокислородной резке металла большой толщины.

Все тела, подвергаемые нагреву, подразделяются на тонкие и массивные [3].

Теплофизические процессы при газокислородной резке металла большой толщины отличаются от классических тел (шар, параллелепипед и пр.), принятых в теплотехнике [3 - 5].

Для понимания процесса распространения теплоты при газопламенной резке надо иметь представления об основных процессах теплообмена, что необходимо при определении нестационарного трехмерного температурного поля.

Разрезаемое тело представляет собой: твердое тело – газ – жидкость – газ – твердое тело.

При газокислородной резке металла большой толщины на разрезаемый металл воздействует ком-

бинированный источник теплоты, представляющий газожидкостную систему. Внутри реза находятся газы, жидкости, твердые тела. Образующееся тепло распределяется в три основных элемента системы резки: жидкий металл, твердое разрезаемое тело, окружающая среда (как правило, воздух). Теплоотдача разрезаемому металлу от греющих сред также различна, различны и механизмы передачи теплоты в них. Разные у этих сред и коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи. Необходимо суммировать существующие тепловые потоки, хотя имеющиеся у них температуры разные.

При изучении тепловых процессов, протекающих при газокислородной резке металла большой толщины в условиях нестационарного теплового и силового полей, с большой натяжкой можно воспользоваться математическими моделями теории массо- и теплообмена, принятыми в теории сварочных процессов [6, 7 и др. учебники по теории сварочных процессов].

В нашем же случае принцип наложения тепловых полей и применим, и не применим. С одной стороны, считается, что теплотехнические характеристики разрезаемого металла постоянны, т.е. не зависят от температуры. А с другой стороны, в разрезаемом теле происходит изменение агрегатного состояния, связанного с поглощением или выделением тепла.

Постановка задачи описания тепловых процессов при газопламенной резке металла большой толщины.

Количество тепла Q , получаемое разрезаемым металлом большой толщины, складывается из следующих факторов:

- тепла, получаемого путем нагрева разрезаемого металла подогревающим пламенем, часть теплоты которого уходит в воздух, какая-то часть тратится на подогрев струи режущего кислорода;
- тепла, получаемого от горения разрезаемого металла на поверхности разрезаемого металла и в резе;
- тепла, отдаваемого металлу шлаком, остающимся на разрезаемых кромках и лобовой части реза;
- тепла грата;
- тепла металла (окисленного и не окисленного) в накопителе.

* Часть 1 – «Сварщик в России» № 3 - 2020

Разрезаемую толщину можно условно разбить на 3 части.

В первой части, самой верхней, подогревающее пламя принимается нормально – распределенным точечным источником, оно нагревает только поверхностные слои металла (не более 70 мм). Распределение температуры на верхней поверхности разрезаемого тела близко к кривой вероятности Гаусса. Участок режущего кислорода, участвующий в окислении металла и удалении жидкого металла из полости реза, носит характер линейного источника ограниченной длины. Распределение температуры по толщине изменяется по некоторой убывающей кривой, которая хорошо аппроксимируется экспонентой, т.е. температура затухает по оси Z (по направлению к нижней поверхности). Расчетное тело изменяется от полубесконечного (в начале процесса резки) до бесконечного тела (при какой-то глубине реза),

В средней части, которая выполняется также с участием подогревающего пламени и режущего кислорода, распределение температуры по толщине изменяется тоже по экспоненте, т.е. температура затухает к нижней поверхности. Подогревающее пламя принято нормально – круговым неподвижным источником, а режущий кислород принимается линейным источником ограниченной длины. Расчетное тело в зависимости от глубины реза может изменяться от бесконечного тела (в начале процесса резки) до плоского слоя и пластины.

Первый и второй случай описаны для тех ситуаций, когда грат и аккумулированный жидкий металл (окисленный и не окисленный) не оказывают влияния на температуру разрезаемого металла. К теплоте подогревающего пламени и химической активности кислорода добавляется значительный запас теплоты жидкого не окисленного и окисленного металла (шлака), остающегося на кромках реза.

В той части разреза, в которой уже сказывается теплота, вызванная гратом и скопившимся жидким металлом, температура разрезаемого металла изменяется по параболе. К теплоте подогревающего пламени, введенного резаком в рез, и химической активности кислорода добавляется значительный запас теплоты жидкого не окисленного и окисленного металла (шлака) и грата. Расчетное тело зависит от того, на какой глубине производится рез (полубесконечное или бесконечное тело, плоский слой или пластина). Наблюдения показали, что на заключительной стадии резки по толщине может преобладать процесс расплавления и размывания разрезаемого металла совместным перегретым жидким (не окисленным и окисленным) металлом.

Математическую модель при перемещении резака вдоль разрезаемой линии на верхней поверхности можно представить следующим образом.

Расчетное тело постоянно изменяется: начиная с полубесконечного тела, затем идут бесконечное тело, плоский слой, пластина. Последний металл реза устраняется путем его расплавления и размывания перегретым жидким металлом.

Расчеты мощности источника теплоты и других факторов требуют знания конфигурации разрезаемого тела и его марки [8].

Начальные условия резки металла большой толщины определяются заданием закона распределения температур в начальный момент времени. Если газокислородная резка производится без подогрева и в небольших объемах (при удалении дефектов небольших размеров), то можно считать, что охлаждение разрезаемого металла будет производиться только за счет отвода тепла в тело разрезаемой детали.

Определение параметров предварительного (сопутствующего, послесварочного) подогрева производится согласно [9] для уменьшения скорости охлаждения.

Учитывая многообразие выполнения конкретных случаев резки металла большой толщины, можно дать лишь общие рекомендации по подсчету материального баланса.

Так, масса удаляемого металла из реза, подсчитывается по толщине разрезаемого металла (S), ширине реза (b). При резке металла большой толщины ширина обычно принимается $b = 0,1 S$. Из практики известно, что на сжигание металла объемом 1 см^3 при принятом удельном весе стали или ее плотности, γ , равной $7,85 \text{ г/см}^3$, требуется до 7 см^3 кислорода. К этому следует добавить ~ 15% увеличение непроизводительных расходов режущего кислорода, идущего на выдувание паров газокислородного пламени (углекислого газа, водяного пара, водорода), окисленного и не окисленного железа.

Если материальный баланс газокислородной резки металла большой толщины можно ориентировочно подсчитать, то дела с тепловым балансом [10] обстоят гораздо сложнее. Характер перемещения жидкого расплава при разном расположении резака (вертикальное или горизонтальное) свидетельствует о зависимости физико-химических явлений от механических условий газокислородной резки. Они различны при вертикальном и горизонтальном расположении резака (в случае горизонтального направления резки расплавленный жидкий металл в большей степени остается на поверхности детали, внося дополнительный нагрев).

Тепловой баланс, в общем виде, содержит, теплоту, расходующую на нагрев металла, не удаленного из реза, $Q_{\text{им}}$, которая, в свою очередь состоит:

- из теплоты, вносимой теплом подогревающего пламени, $Q_{\text{пл}}$, коэффициенты сосредоточенности которого зависят от номера сопла резака и диаметра мундштука режущего кислорода;

- из теплоты, образующейся вследствие окисления металла и примесей, $Q_{\text{окисл}}$. Для упрощения расчета будем считать, что реакция окисления идет с образованием преимущественно закиси железа FeO (вюстита) с удельной теплотой образования 1150 кал/г. Теплота, вносимая теплом окисления примесей, дает увеличение общего теплового эффекта реакций горения металла максимум на 5 %;
- из теплоты $Q_{\text{ш}}$, отдаваемой шлаком, застывшим на кромках разрезанных частей металла. Стенками реза передается разрезаемому металлу от 10 до 15% теплоты.
- из теплоты $Q_{\text{гр}}$, создаваемой графом;
- из теплоты жидкого металла $Q_{\text{жм}}$, удаляемого в специально созданный приямок.

Доля внесенной теплоты $Q_{\text{зм}}$ становится меньше в связи с уносом из зоны реза перегретых газов, в связи с распространением тепла по телу разрезаемого металла по механизму теплоемкости, а также вносимая теплота тратится на теплоизлучение поверхностью реза процессами конвекции и излучения.

Газовой резке может подвергаться неограниченное тело (неограниченных размеров), боковые границы которого являются адиабатическими, а также тела, поверхности которых являются изотермическими. Это приводит к разным граничным условиям и влияет на начальное распределение температуры. Процесс распространения теплоты в теле ограниченных размеров может быть представлен на основе принципа отражения источников (как процесс распространения теплоты в неограниченном теле, но при наличии фиктивного источника).

Результаты многочисленных экспериментов свидетельствуют о существенных в сравнении с экспериментальными данными погрешностях расчетных термических циклов газопламенной резки металла большой толщины.

Доля отдельных составляющих теплового баланса существенно изменяется при увеличении толщины разрезаемого металла, фактического состава стали и под влиянием других факторов, поэтому следует допускать схематизацию процесса.

Поскольку теплообмен между текучей средой, удаляемой из реза, и твердой стенкой носит сложный характер, расчеты возникающих температур при газокислородной резке металла большой толщины носят длительный характер, они опираются на эксперименты (в частности, на определение коэффициента сосредоточенности источника теплоты, времени нагрева до температуры воспламенения металла в кислороде и т.д.). Тепловые расчеты необходимо выполнять применительно к конкретным условиям, потому, что граничные условия разрезаемого тела могут изменяться от 1-го рода до 3-го [11-13].

Для оптимизации этого процесса на Уралмаш-заводе проведена работа, включающая в себя оценку

разрезаемости конкретной марки стали и влияния различных параметров, ограничения резки (оценка технологических возможностей места выполнения резки) и прочее.

Необходимо также отметить, что важной частью технологических процессов производства в настоящее время является компьютерный анализ. В зависимости от конкретно поставленной задачи расчетов теплового баланса, условий резки и пр., возможен переход к более простым идеализированным схемам, с достаточной для инженерной практики точностью, отражающей действительную картину распространения теплоты при газокислородной резке металла большой толщины.

Литература

1. Rosenthal D. Mathematical theory of heat distribution during Welding and Cutting. //The Welding Journal. – 1941. – May. – P. 220 – 234.
2. Рыкалин Н.Н. Расчеты тепловых процессов при сварке: учебное пособие для вузов. – М.: Государств. научно-техническое издат-во машиностр. лит-ры, 1951. – 296 с.
3. Лобанов В.И. и др. Теплотехника. Теплопроводность. Учебное пособие. - Свердловск: УПИ им. С.М. Кирова, 1978. – 108 с.
4. Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: Справочное пособие. - М.: Энергоатомиздат, 1990. – 366 с.
5. Коваленко А.Д. Термоупругость: учебн. пособ. - Киев: Высшая школа, 1975. – 216 с.
6. Петров Г.Л., Тумарев А.С. Теория сварочных процессов (с основами физической химии), изд. 2-е, переработ.: учебн. – М.: Высшая школа, 1977. – 392 с.
7. Багрянский К.В., Добротина З.А., Хренов К.К. Теория сварочных процессов: учебн. пособ. – Харьков: Изд-во Харьк. ун-та, 1968. – 503 с.
8. Марочник сталей и сплавов /под ред. В.Г. Соколова/. - М.: Машиностроение, 1989. – 639 с.
9. Сефериан Д. Металлургия сварки /пер. с фран. И.Н. Ворновицкого и В.Д. Тарлинского/. – М.: Машгиз, 1963. – 347 с.
10. Полевой Г.В., Сухинин С.Г. Газопламенная обработка материалов: учебн. – М.: Машиностроение, 2005. - 333 с.
11. Государственная публичная научно-техническая библиотека: <http://www.gpntb.ru>
12. Российская национальная библиотека. <http://www.rsl.ru>
13. Публичная электронная библиотека: <http://www.gpntb.ru>

●#1254

Резак РГКМ-2000 для кислородной резки металлических заготовок толщиной до 2000 мм

В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко, С.А. Чумак, ООО «НИИПТмаш-Опытный завод» (Краматорск)

На ПАО «ЭМСС», г.Краматорск, периодически возникает необходимость в кислородной резке заготовок толщиной больше 1600 мм. Специально для этих целей разработан и внедрен резак РГКМ-2000. Он комплектуется мундштуками № 1 – 3, использованными из резака РГКМ-1600, и оригинальным мундштуком № 4. Все другие изменения резака предназначены для обеспечения нормальной работы мундштука № 4.

По конструкции и принципу действия резак РГКМ-2000 аналогичен резаку РГКМ-1600. Он также защищен патентами [1, 2]. Для увеличения потолка разрезаемой толщины до 2000 мм к трем мундштукам, № 1 – 3, добавлен четвертый, № 4. Мундштук № 4 рассчитан на такие расходы энергоносителей, которые не могут обеспечить газоподводящие трубки, коллектор и ниппельные соединения резака РГКМ-1600.

Отличительной особенностью резака РГКМ-2000 является то, что на входе он имеет три коллектора для перераспределения потоков режущего и подогревающего кислорода, и горючего газа, каждый из которых имеет два входных штуцера с накидными гайками и ниппелями. Коллектор подогревающего кислорода соединяется с головкой тремя трубками, коллектор горючего газа – пятью трубками. Подвод рабочих газов к резаку осуществляется резиноканевыми рукавами Ду16 попарно к каждому коллектору.

Резак РГКМ-2000 (рис. 1) состоит из головки в сборе 1, кожуха 2 и ствола 3. Подробней устройство резака рассмотрено ниже при описании его узлов.

Резак РГКМ-2000 предназначен для газокислородной резки заготовок толщиной до 2000 мм. Кроме углеродистых и низколегированных сталей резак можно резать высоколегированные стали и чугуны.

Технические характеристики резака приведены в табл. 1.

Работа резака РГКМ-2000 полностью соответствует работе резака РГКМ-1600 и подробно изложена в статье [3].

Головка в сборе (рис. 2) состоит из корпуса головки 1 (рис. 3), мундштука 2 (№ 1 – 4) и уплотнительного кольца 3. Мундштуки № 1 – 3 использованы из резака РГКМ-1600, мундштук № 4 (рис. 4) оригинален.

Кожух резака РГКМ-2000 предназначен для защиты ствола и головки от механических воздействий, а также крепления его в суппорте машины газовой резки. Кожух (рис. 5) состоит из трубы 2, к торцам которой приварены втулка 1 и хвостовик 3. На хвостовике расположена накидная гайка 4.

Кожух надевают на ствол резака через головку и фиксируют на коллекторе накидной гайкой.

Поскольку резак РГКМ-2000 не требует принудительного охлаждения, герметичность соединений кожуха с коллектором ствола и головкой не

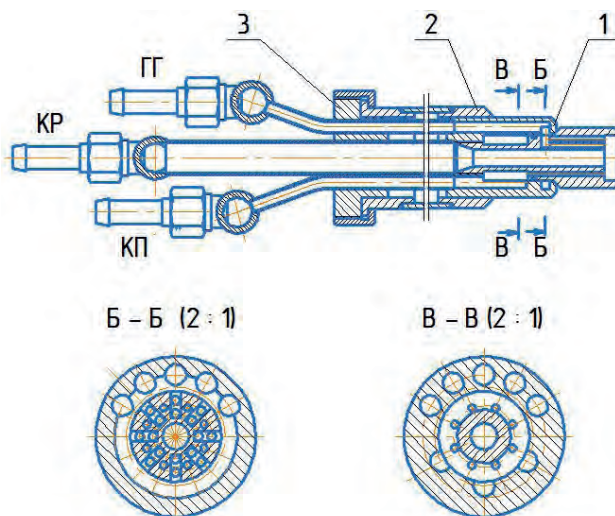


Рис. 1. Газокислородный резак РГКМ-2000

Таблица 1. Технические характеристики резака РГКМ-2000

Толщина металла, мм	1200	1400	1600	2000
Давление в магистрали, МПа: кислорода природного газа	1,0 0,1			
Давление перед резаком, МПа: кислорода режущего кислорода подогревающего природного газа	0,35 - 0,45 0,25 - 0,45 0,02 - 0,04			
Расходы, не более, м³/ч: кислорода режущего кислорода подогревающего природного газа	200 30 40	240 40 50	260 50 60	300 70 90
Присоединительные размеры: штуцер КР штуцер КП штуцер ГГ	M27 x 1,5 M27 x 1,5 M27 x 1,5 LH			

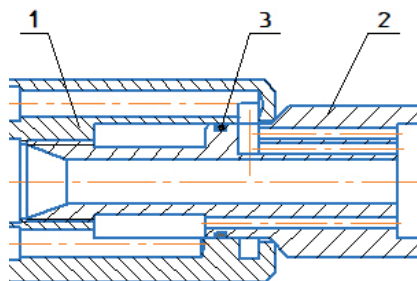


Рис. 2. Головка резака РГКМ-2000 в сборе

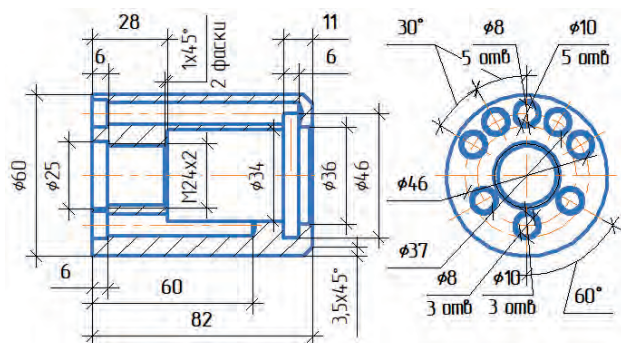


Рис. 3. Корпус головки резака РГКМ-2000

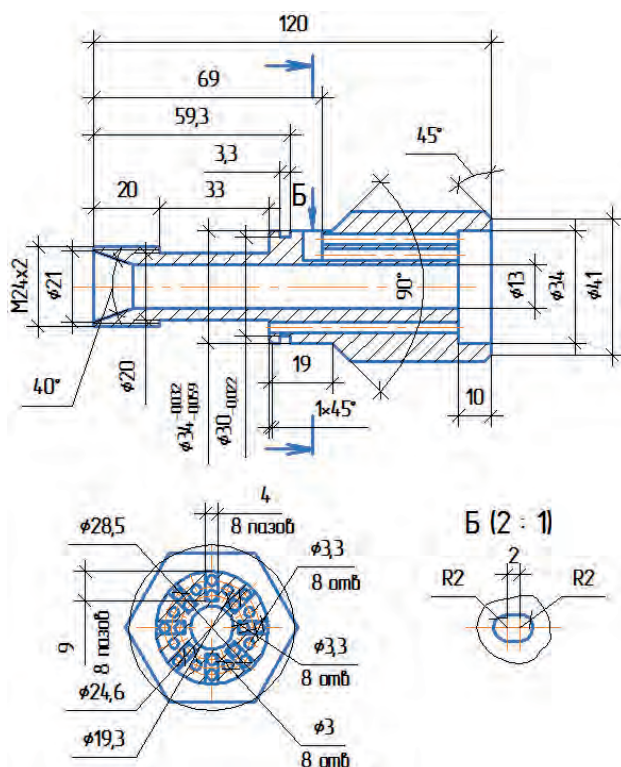


Рис. 4. Мундштук № 4

предусмотрена.

Ствол резака РГКМ-2000 предназначен для подвода рабочих газов к головке и фиксации кожуха на резаке. К нишелям ствола крепятся резинотканевые рукава.

В состав ствола (рис. 6) входят коллекторы: горючего газа в сборе 1, подогревающего кислорода в сборе 2, режущего кислорода в сборе 3 и общий 4.

Коллектор горячего газа (ГГ) в сборе (рис. 7)

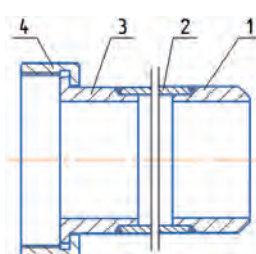


Рис. 5. Кожух резака
РГКМ-2000

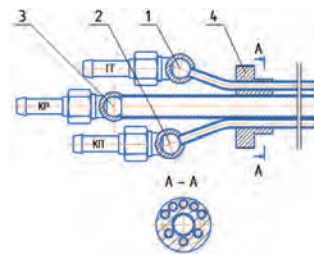


Рис. 6. Ствол резака
РГКМ-2000

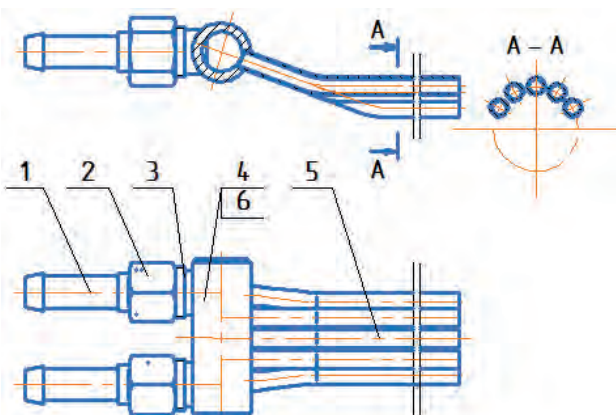


Рис. 7. Коллектор ГГ в сборе

состоит из корпуса коллектора 4 с заглушкой 6, к которому припаяны с одной стороны два штуцера 3 с накидными гайками 2 и ниппелями 1, с другой стороны – пять трубок ГГ 5. Трубки ГГ служат для подвода горючего газа к корпусу головки резака.

Коллектор подогревающего кислорода в сборе (рис. 8) состоит из корпуса коллектора КП 4 с заглушкой 6, к которому припаяны с одной стороны два штуцера 3 с накидными гайками 2 и ниппелями 1, с другой стороны – три трубки КП 5.

Коллектор режущего кислорода в сборе (рис. 9) состоит из корпуса коллектора КР 4 с заглушкой 6, к которому припаяны с одной стороны два штуцера 3 с накидными гайками 2 и нишелями 1, с другой стороны – одна трубка КР 5.

Резак РГКМ-2000 впервые внедрен на ПАО «Энергомашспецсталь». На участке подготовки шихты электросталеплавильного цеха были отработаны режимы резки.

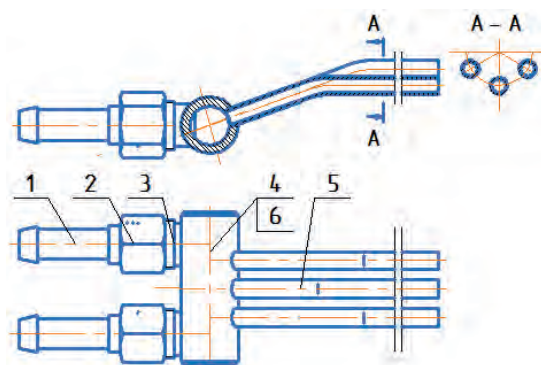


Рис. 8. Коллектор КП в сборе

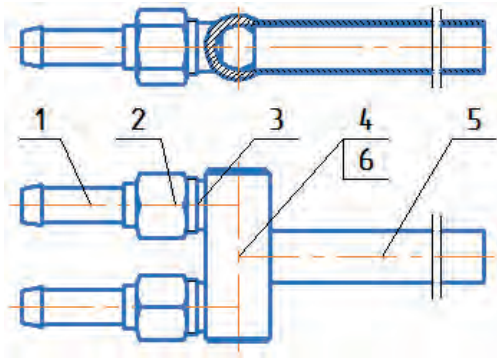


Рис. 9. Коллектор КР

Кислородная резка поковки толщиной 1850 мм представлена на *рис. 10*. Резак РГКМ-2000, мундштук № 4; параметры энергоносителей в цеховых магистралях на момент резки: кислород – 1,0 МПа, природный газ – 0,1 МПа. Материал поковки – 34ХМФ. По шлаковой дорожке в полости реза можно судить об отсутствии отставания по линии реза. По характеру распространения жидкого шлака можно сделать вывод, что процесс резки происходит стабильно. Темный участок в нижней части шлаковой дорожки – шлак, вытесненный кислородной струей из полости реза и застывший на периферии. Светлые размытые пятна на фоне разрезаемой поковки – дым и взвешенная пыль, исходящие из полости реза и остывающего на земле шлака, попавшие в световой луч.

Резка слитка толщиной 1200 мм показана на *рис. 11*.

Разделка крупного отхода с остатками формовочной смеси толщиной 1300 мм на габаритные куски представлена на *рис. 12*.

Поверхность реза поковки длиной 5000 мм и высотой 1600 мм показана на *рис. 13*. Кислородная резка проходила на переносной машине УОПП-1 с продольным ходом резака до 1 200 мм, поэтому процесс резки пришлось трижды прерывать и пе-



Рис. 10. Кислородная резка заготовки прямоугольного сечения толщиной 1850 мм



Рис. 11. Кислородная резка слитка толщиной 1200 мм на переносной машине УОПП-1



Рис. 12. Разделка крупного отхода с остатками формовочной смеси толщиной 1300 мм на габаритные куски



Рис. 13. Поверхность реза поковки длиной 5000 мм и высотой 1600 мм

реустанавливать машину, т.к. не хватало хода резака. Этим объясняется наличие на поверхности реза трех глубоких вертикальных бороздок.

Резка груза толщиной 1500 мм показана на *рис. 14*. Представлены: выброс шлака из полости реза и полость реза в процессе резки.

Кислородная резка конца поковки диаметром 1300 мм и толщиной 750 мм из высоколегированной стали 08Х18Н10Т представлена на *рис. 15, 16*. Показаны процесс кислородной резки, переход через заусеницу, факел резака РГКМ-2000 и прогрев заготовки перед врезанием.

Процесс кислородной резки чугунного диска толщиной 400 мм представлен на *рис. 17*.

Процесс кислородной резки конца поковки диаметром 1200 мм с усадочной раковинкой в центре и крупной трещиной по длине заготовки показан на



Рис. 14. Резка груза толщиной 1500 мм. Полость реза в процессе резки



Рис. 15. Кислородная резка конца поковки диаметром 1300 мм и толщиной 750 мм из высоколегированной стали 08X18H10T. Факел резака РГКМ-2000, прогрев заготовки перед врезанием



Рис. 16. Кислородная резка конца поковки диаметром 1300 мм и толщиной 750 мм из высоколегированной стали 08X18H10T. Процесс кислородной резки



Рис. 17. Разделка осколка чугунного диска на габаритные куски



Рис. 18. Кислородная резка поковки толщиной 1200 мм с усадочной раковинной на машине УОПП-1

рис. 18. В плоскость реза попали как раковина, так и трещина, но они не стали препятствием для нормального протекания процесса резки.

Наиболее интересным является пример кислородной резки крупного лома на шихту, представленный на рис. 19, 20. Разделке на шихту подвергалась заготовка из низколегированной стали толщиной 1200 мм, имеющая большую усадочную раковину, которая по всей длине попадала в плоскость реза. Наружная поверхность заготовки имела сложную конфигурацию. Резка производилась резак РГКМ-2000 с мундштуком № 3. В начальный момент резки кислородная струя сначала разрезала выступы в верхней и нижней части поковки, затем, пройдя пустоту диаметром 500 мм, врезалась в тело заготовки по всей толщине. Гладкая, без размылов и подрезов, поверхность реза, отсутствие отставания линии реза по толщине, плавный переход от тела заготовки к пустоте в районе раковины, свидетельствуют о стабильности процес-



Рис. 19. Кислородная резка заготовки сложной формы толщиной 1200 мм с усадочной раковинной на машине УОПП-1. Процесс резки



Рис. 20. Кислородная резка заготовки сложной формы толщиной 1200 мм с усадочной раковинной на машине УОПП-1. Поверхность реза



Рис. 21. Кислородная резка заготовки прямоугольного сечения толщиной 1500 мм. Процесс кислородной резки. Очевиден значительный запас мощности резака. Расслоение по линии реза в теле заготовки и пустота в месте врезания не оказали заметного влияния на процесс резки.

Кислородная резка заготовки прямоугольного сечения толщиной 1500 мм изображена на *рис. 21*. Отображены важные моменты: врезание кислородной струи в заготовку и формирование шлаковой дорожки, процесс резки.

Одновременная работа двух машин газовой резки УОПП-1 на участке подготовки шихты показана на *рис. 22, 23*. На переднем плане *рис. 22* – резка заготовки из углеродистой стали, на заднем плане – резка заготовки из нержавеющей стали 08X18H10T.

Процесс кислородной резки конца поковки круглого сечения диаметром 1400 мм с усадочной раковинкой в центре представлен на *рис. 24*. Поверхность реза этой заготовки показана на *рис. 25*. На заднем плане – кислородная резка фрагмента крупного слитка толщиной 1300 мм.



Рис. 22. Участок подготовки шихты. Одновременная работа двух машин газовой резки УОПП-1; на переднем плане – резка заготовки из углеродистой стали, на заднем плане – резка заготовки из нержавеющей стали 08X18H10T



Рис. 23. Участок подготовки шихты. Одновременная работа двух машин газовой резки УОПП-1



Рис. 24. Кислородная резка конца поковки круглого сечения диаметром 1400 мм с усадочной раковинкой в центре. Процесс резки



Рис. 25. Кислородная резка конца поковки круглого сечения диаметром 1400 мм с усадочной раковинкой в центре. Поверхность реза



Рис. 26. Кислородная резка фрагмента крупного слитка толщиной 1300 мм

Врезание струи режущего кислорода в заготовку и формирование шлаковой дорожки при кислородной резке фрагмента крупного слитка толщиной 1300 мм показано на *рис. 26*.

Литература

1. Патент 114848 UA, МПК F 23 D 14/42. Газо-кислородный резак для металлов больших толщин. / В.М. Литвинов, В.А. Белинский, А.И. Коровченко, Т.Б. Золотопупова, Р.В. Тимошенко / № а 2015 11806, заявл. 30.11.2015, опубл. 10.08.2017, Бюл. № 15.
2. Патент 92865 UA, МПК F 23 C 7/00. Способ кислородной резки металлов больших толщин. / В.М. Литвинов, А.И. Волошин, К.П. Шаповалов, В.А. Белинский, С.Л. Василенко, А.И. Коровченко / № u201402889, заявл. 21.03.14, опубл. 10.09.14, Бюл. № 17.
3. Литвинов В.М., Лысенко Ю.Н., Чумак С.А. Резак РГКМ-1600 для кислородной резки металлических заготовок толщиной до 1600 мм. // Сварщик в России. – 2020. - № 3. – С. 31-36.

●#1255

Ильичевский судоремонтный завод: технологические решения бюро сварки при проведении ремонта деталей и узлов из высоколегированных сталей, коррозионностойких, жаростойких и жаропрочных сплавов

В.К. Пустомельник, глав. инженер, **С.М. Хачик**, нач. судоремонтного производства, **В.Г. Левицкий**, глав. сварщик, **О.В. Игнатенков**, нач. лабор. сварки, ЧАО «ИСПЗ» (Черноморск, Одесская обл.)

В судостроении широко применяются черные металлы, в первую очередь углеродистые стали, обладающие пластичностью, хорошей свариваемостью, а также стали высоколегированные (нержавеющие), противостоящие воздействию от коррозии кислот, щелочей и соленой морской воды. Соответствуют ГОСТ 5632: «Стали высоколегированные и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные».

Стандарт распространяется на деформируемые стали и сплавы на железной, железно-никелевой и никелевой основе, предназначенных для эксплуатации (работы) в коррозионно-активных средах и при высоких температурах.

К высоколегированным сталям отнесены сплавы с содержанием железа более 45%, а суммарное содержание легирующих элементов должно быть не менее 10%.

Нержавеющая сталь в морском судостроении используется как заменитель цветных металлов и сплавов для изготовления облицовок гребных валов, лопаток турбин, судовых трубопроводов, емкостей и резервуаров для транспортировки щелочесодержащих и кислотных растворов.

Нержавеющая сталь была открыта в 1913 г. ученым Гарри Брерли, обнаружившим, что стали с вы-

соким процентным содержанием хрома (более 12%), лучше противостоит кислотной коррозии. В судостроении (из-за высокой стоимости) применяются три наиболее распространенные группы сталей:

Аустенитные – не магнитные стали с основными составляющими содержания: 15-20 % хрома и 5-15% никеля, которые увеличивают сопротивление коррозии. Они хорошо подвергается тепловой обработке и сварке.

Мартенситные – в связи с большим содержанием углерода, значительно более твердые, чем аустенитные и ферритные стали. Могут обладать магнитными свойствами. Содержат: 11,5-17 % хрома и 0,75-2,5 % никеля.

Ферритные – стали содержат меньшее количество углерода, поэтому более мягкие, чем мартенситные. Они обладают магнитными свойствами. Содержание хрома: 12-18%, никель - отсутствует.

Марки отечественных и зарубежных аналогов наиболее часто используемых нержавеющей сталей в судостроении (судоремонте) приведены в таблице.

Сварку нержавеющей сталей на Ильичевском судоремонтном заводе выполняют:

1. Ручной дуговой сваркой штучными электродами ММА (111) - 10-15% от общего объема сварки.

Для аустенитных сталей используются электроды: ЭСАБ ОК 61.25, ОК 61.35; BOHLER FOX

Таблица. Используемые в судоремонте нержавеющей стали

Структура	Европейская /Норма	AISI США	ГОСТ	Cr %	Ni %	Mo %	Ti %
Аустенитные	1.4301	304	08X18H10	17-19	8-10,5		
	1.4306	304L	03X18H11	18-20	10-12		
	1.4401	316		16,5-18,5	10-13	2,0-2,5	
	1.4541	321	12X18H10T	17-19	9-12		≤ 0,7
	1.4571	316 Ti	10X17H13M2T	16,5-18,5	10,5-13,5	2,0-2,5	≤ 0,7
Мартенситные	1.4006	410	12X13	11,5-13,5	≤ 0,75		
	1.4057	431	20X17H2	15-17	1,5-2,5		
Ферритные	1.400	403,410S	08X13	12-14			
	1.4016	430	12X17	16-18			

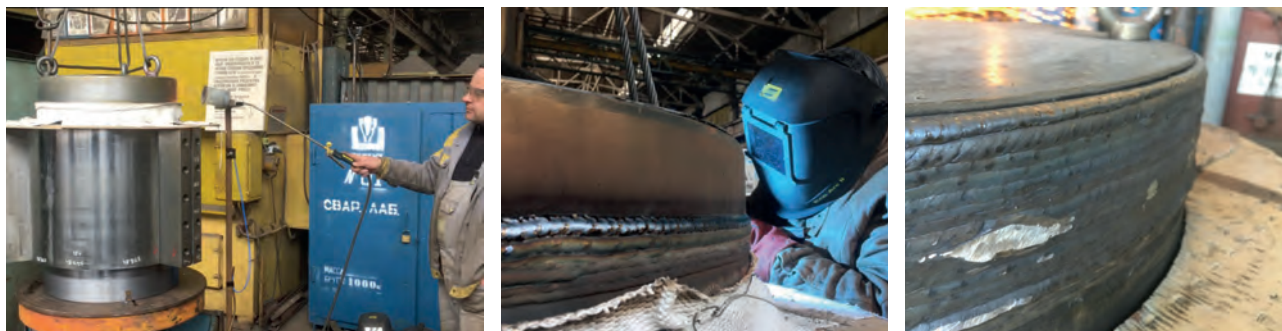


Рис. 1. Наплавка поверхностей МИГ/МАГ сваркой



а



б

Рис. 2. Наплавка нержавеющей сталей: а) до наплавки, б) после наплавки

EAS 2-A; ГОСТ 10052: ЦЛ-11, ЭА 400/10У, ЦТ-15, ОЗЛ-8 и др. Ток постоянный обратной полярности $I_{св.}$ от 60 до 160 А, в прямой зависимости от диаметра электрода и положения сварки в пространстве.

Для мартенситных сталей применяются электроды: ЭСАБ ОК 68.15, ОК 68.17; BOHLER FOX CN 13/4 и CN 13/1; по ГОСТ 10052 - ЦЛ-51, ЦЛ-41.

2. Аргоно-дуговой сваркой неплавящимся электродом ТИГ (141) – 25-30 % от общего объема сварки.

Для мартенситных сталей применяются: сварочная проволока и присадочные прутки марок: ЭСАБ ОК АУТРОД 16.53, BOHLER FOX 23/12 IG; по ГОСТ 2246: Св.07Х25Н12Г2Т;

3. Полуавтоматической сваркой в среде защитных газов МИГ/МАГ (131-135):

используются: ОК АУТРОД 16.53, BOHLER

FOX 23/12 IG; по ГОСТ 2246: Св07Х25Н12Г2Т.

Защитный газ: Аргон 100%, допускается смесь газов – Аргон + 20-25% CO_2 .

Для ферритных сталей применяются: BOHLER KW 10 IG; по ГОСТ 2246: Св12Х13.

Для исключения в сварных соединениях нержавеющей сталей цветов побежалости, превышающих нормативам DIN 25410 «Температурные окраски на поверхностях аустенитных CrNi и хромистых сталей», сварку нержавеющей сталей производят на минимально допустимых значениях сварочного тока. Для обеспечения защиты обратного формирования сварных швов (особенно трубных соединений) во внутрь трубы или емкости закачивается инертный газ, который исключает (минимизирует) окисление сварочной ванны с кислородом во время сварки.

В судоремонте широко применяется наплавка (рис. 1, 2) шеек стальных гребных валов, баллеров и других деталей работающих (контактирующих) в морской воде, высоколегированными, коррозионно-стойкими сварочными материалами.



Рис. 3. Обработка на токарном станке. После ремонта. Март 2019 г.

●#1256

Функциональная безопасность систем управления оборудованием машин

Левченко О.Г., д.т.н., Каштанов С.Ф., к.т.н., НТУУ «КПИ им. Игоя Сикорского» (Киев)

Электрические, электронные и программируемые электронные системы управления оборудованием машин, связанные с безопасностью (СБЭСУ), в первую очередь, должны обеспечивать гарантированное выполнение всех необходимых функций безопасности (ФБ), которые определяются конкретными условиями эксплуатации машин. Это аварийное отключение оборудования, и предотвращение его непредвиденного запуска, а также повторных перезапусков, и контроль открытых опасных зон, съемных защитных барьеров (ограждений) с блокировкой или без неё, световых защитных барьеров, двухпозиционных органов управления и т.д. Именно корректная работа СБЭСУ обеспечивает необходимый уровень функциональной безопасности системы управления оборудованием машин и гарантирует для производственного персонала приемлемые уровни рисков и надежную защиту от опасных и вредных производственных факторов.

Процесс разработки и проектирования любого промышленного оборудования предусматривает обязательное выполнение требований Directive 2006/42/ЕС и действующих в этой сфере технических регламентов и стандартов EN ISO 12100-1/2, EN 954-1, EN ISO 13849-1, IEC 62061 и IEC 61508 [1-7].

Среди перечисленных нормативных документов особое место занимает стандарт IEC 62061 [6], который регламентирует требования безопасности к электрическим, электронным и программируемым электронным системам управления оборудованием машин. Данный стандарт, как и EN ISO 12100-1, представляет собой альтернативу стандарту EN ISO 13849-1 в сфере безопасности машин и механизмов.

В соответствии со стандартом IEC 62061 уровень функциональной безопасности СБЭСУ, определяется тремя уровнями полноты безопасности (УПБ) /SIL - «Safety Integrity Level», а именно УПБ 1, УПБ 2 и УПБ 3. Для каждого из дискретных значений УПБ /SIL/ определены строго заданные значения вероятности опасного отказа в час (PFH_d). На рис. 1 приведена взаимосвязь вероятности опасного отказа в час (PFH_d) с УПБ.

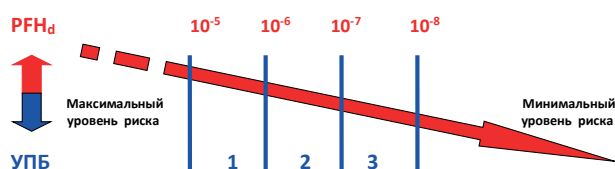


Рис. 1. Взаимосвязь вероятности опасного отказа в час (PFH_d) с УПБ

Уровни УПБ устанавливают требования к полноте безопасности СБЭСУ, а также требования относительно способности СБЭСУ выполнять предусмотренные функции безопасности в предполагаемых обстоятельствах.

Целью данной статьи является определение основных особенностей применения стандарта IEC 62061 в процессе разработки и проектирования СБЭСУ.

При разработке структуры (архитектуры) СБЭСУ каждая связанная с безопасностью функция управления (СБФУ), указанная в спецификации требований к безопасности СБЭСУ, должна быть структурно декомпозирована до уровня функциональных блоков, например так, как это показано на рис. 2.

Необходимо, чтобы такая структура была документально оформлена и включала в себя:

- её описание;
- требования к безопасности (как функциональные, так и требования к полноте безопасности) для каждого функционального блока;
- определение входов и выходов каждого функционального блока.

* *Примечания: 1. Процесс декомпозиции позволяет сформировать структуру функциональных блоков, которая полностью описывает функциональные требования и требования к полноте СБФУ. Этот процесс должен быть применен до уровня, позволяющего установить функциональные требования и требования к полноте безопасности для каждого функционального блока, который будет реализован в подсистеме.*

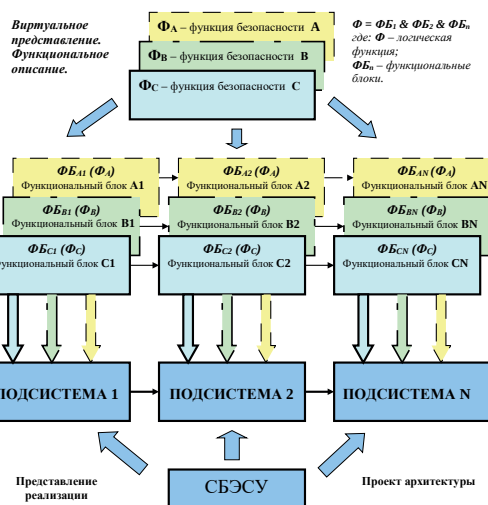


Рис. 2. Распределение требований к безопасности между функциональными блоками СБЭСУ

2. На входах и выходах каждого функционального блока может быть обрабатываемая информация, например, о скорости, положении, режиме работы и т.д.

3. Функциональные блоки представляют функции СБФУ и не включают диагностические функции СБЭСУ (для достижения целей стандарта IEC 62061-1 диагностические функции рассматриваются как отдельные, которые могут иметь структуру, отличную от СБЭСУ).

При разработке и проектировании СБЭСУ необходимо, чтобы начальная концепция её архитектуры была создана именно в соответствии со структурой функциональных блоков.

Каждый функциональный блок должен быть реализован соответствующей подсистемой в архитектуре СБЭСУ (одна подсистема может реализовывать в себе более одного функционального блока), а каждая подсистема и реализуемые в ней функциональные блоки должны быть чётко определены. Необходимо также, чтобы архитектура СБЭСУ была документально оформлена, а её подсистемы и их взаимосвязи были детально описаны.

При этом СБФУ должны быть документально оформлены в спецификации требований к системе безопасности. Данная спецификация должна быть проверена, чтобы обеспечить согласованность и полноту безопасности для предназначенного использования.

Требования к безопасности для каждого функционального блока должны быть сформулированы, как указано в спецификации требований к безопасности соответствующей СБФУ, в первую очередь, это касается:

- функциональных требований (например, входная и выходная информация функционального блока, внутренняя логика работы);
- требований к полноте безопасности.

Требования к безопасности для подсистемы должны быть такими же, как и для функциональных блоков, которые она реализует. Если система реализует более одного блока, то для неё применяется требование с наибольшим значением полноты безопасности.

Процесс проектирования и разработки подсистемы должен следовать четко определенной процедуре, учитывающей все аспекты, охватываемые этим процессом. Структура данного процесса приведена на рис. 3.

В процессе разработки и проектировании СБЭСУ необходимо также дополнительно учитывать и существующие требования к уровням электромагнитной устойчивости СБЭСУ в соответствии со стандартами по электромагнитной совместимости (Directive 2014/30 /EU).

Требования к полноте безопасности для каждой СБФУ должны определяться исходя из оценки возможного риска. В стандарте IEC 62061 требование к полноте безопасности выражается в виде це-

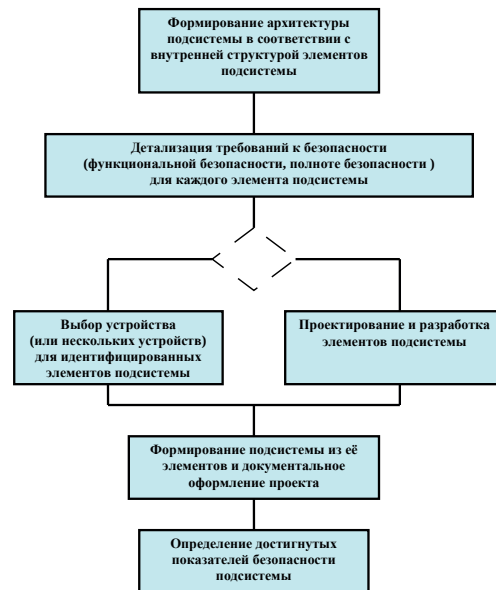


Рис. 3. Структура процесса проектирования и разработки подсистемы

Таблица 1. Уровни полноты безопасности. Целевые величины отказов

Уровень полноты безопасности (УПБ)	Вероятность опасных отказов в час (PFH_D)
3	$\geq 10^{-8} - < 10^{-7}$
2	$\geq 10^{-7} - < 10^{-6}$
1	$\geq 10^{-6} - < 10^{-5}$

левой величины отказов для вероятности отказов в час для каждой СБФУ (табл. 1).

*Примечание: если требуемая полнота безопасности СБФУ меньше, чем УПБ 1, то, как минимум, требования категории В (стандарт EN ISO 13849-1) должны быть удовлетворены.

УПБ, который может быть достигнут СБЭСУ, должен рассматриваться отдельно для каждой СБФУ, выполняемой СБЭСУ. Вероятность опасного отказа каждой СБФУ из-за случайных отказов технических средств должна быть оценена с учетом:

а) архитектуры СБЭСУ, поскольку это касается каждой рассматриваемой СБФУ;

б) частоты отказов каждой подсистемы для функциональных блоков, которые она реализует, и в любых режимах, способных вызвать опасный отказ СБЭСУ.

В соответствии со стандартом IEC 62061 структуры (архитектуры) СБЭСУ определяются базовыми архитектурами подсистем, которые входят в их состав. Согласно существующей классификации они могут иметь следующие типы: А, В, С и D (рис. 4 – 7 соответственно).

* Примечание: на рис. 4 – 7 приведены логические представления архитектур подсистем (тип А, В, С и D соответственно), которые не должны рассматриваться как их физическая реализация.

Базовая архитектура подсистемы, тип А (Устойчивость к отказам равна нулю, без функции диагностики).

В данной архитектуре любой опасный отказ элемента подсистемы вызывает отказ связанной с безопасностью функции управления (СБФУ).

Базовая архитектура подсистемы, тип В (устойчивость к отказам равна единице, без функции диагностики).

В данной архитектуре одиночный опасный отказ элемента подсистемы не вызывает отказа СБФУ. Таким образом, должен состояться опасный отказ более чем одного элемента прежде, чем может произойти отказ СБФУ.

Базовая архитектура подсистемы, тип С (устойчивость к отказам равна нулю, с функцией диагностики).

В данной архитектуре любой не обнаруженный опасный сбой элемента подсистемы приводит к опасному отказу СБФУ. Если обнаружен сбой элемента подсистемы, то функция (-и) диагностики инициирует (-ют) функцию реакции на сбой.

* *Примечание:* функция диагностики может осуществляться:

- подсистемой, которая диагностируется;
- другими подсистемами СБЭСУ;
- подсистемами, которые не участвуют в выполнении СБФУ.

Базовая архитектура подсистемы, тип D (устойчивость к отказам равна единице, с функцией диагностики).

В данной архитектуре одиночный отказ любого элемента подсистемы не вызывает отказа СБФУ.

* *Примечания:* 1. Функция диагностики может осуществляться:

- подсистемой, которая диагностируется;
- другими подсистемами СБЭСУ;
- подсистемами, которые не участвуют в выполнении СБФУ.

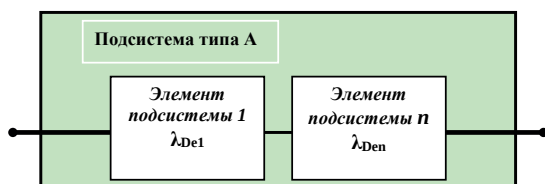


Рис. 4. Логическое представление подсистемы, тип А



Рис. 5. Логическое представление подсистемы, тип В

2. Предполагается, что реакцией на отказ такой подсистемы является прекращение соответствующей операции.

Рассмотрим более подробно основные особенности, изложенного в стандарте IEC 62061 [6] упрощенного подхода к оценке вероятности опасных случайных отказов аппаратных средств, применительно к базовым архитектурам подсистем, используемых в СБЭСУ, а также необходимые для этого формулы, которые могут быть использованы для подсистем, выполненных из элементов, как низкой, так и высокой сложности.

По существу, эти формулы являются упрощенными выражениями теории анализа надежности и предназначены для выполнения расчетов, связанных с безопасностью. Все формулы, приведенные ниже, справедливы при выполнении условия: $1 \gg \lambda \cdot T_1$, где T_1 – наименьшее из значений интервала между контрольными проверками или срока службы, и для подсистем, работающих в «режиме с высокой частотой запросов или непрерывном режиме».

* *Примечания:* 1. Полученные результаты представляют собой ограничения на вероятность опасных случайных отказов аппаратных средств подсистем, а где это неприемлемо, можно применить более точные методы моделирования.

2. Для уравнений (А) – (D), которые будут рассмотрены ниже, интенсивность отказов элементов подсистемы (λ) предполагается постоянной и достаточно низкой ($1 \gg \lambda \cdot T$), а это означает, что среднее время между опасными отказами должно быть гораздо больше интервала между контрольными проверками или срока службы подсистемы. Именно поэтому можно использовать следующее основное уравнение:

$$\lambda = 1 / \text{MTTF}$$

Для электромеханических устройств интен-

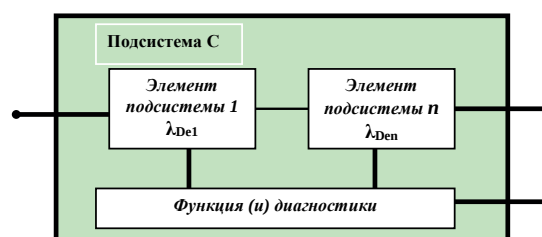


Рис. 6. Логическое представление подсистемы, тип С

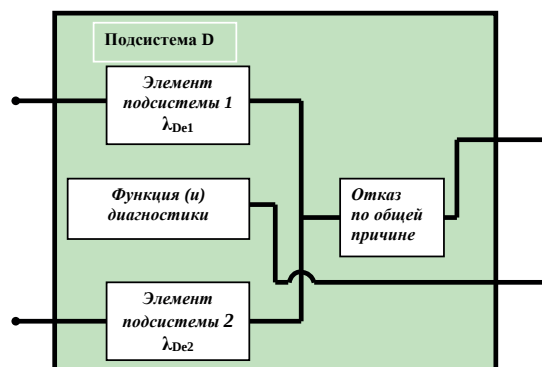


Рис. 7. Логическое представление подсистемы, тип D

сивность отказов определяется с помощью величины B_{10} (число циклов, когда количество отказавших компонентов, достигает 10%) и числа рабочих циклов C , заданных для применения:

$$\lambda = 0,1 \cdot C / B_{10}$$

При оценке опасных случайных отказов аппаратных средств подсистем используются следующие характеристики:

$PFH_D = \lambda_D \cdot 1ч$ – средняя вероятность опасных отказов в час;

DC – охват диагностикой; T_2 – интервал диагностических проверок;

T_1 – интервал между контрольными проверками или срок службы (в зависимости от того, что меньше);

β – бета-фактор, характеризующий восприимчивость к отказам по общей причине;

$\lambda = \lambda_S + \lambda_D$ – общая интенсивность отказов;

λ_S – интенсивность безопасных отказов;

λ_D – интенсивность опасных отказов;

$\lambda_D = \lambda_{DD} + \lambda_{DU}$, где λ_{DD} – интенсивность обнаруженных (выявленных) опасных отказов;

λ_{DU} – интенсивность необнаруженных (не выявленных) опасных отказов;

$$\lambda_{DD} = \lambda_D \cdot DC; \lambda_{DU} = \lambda_D \cdot (1 - DC).$$

Для базовой архитектуры типа А (рис. 4): вероятность опасного отказа подсистемы равна сумме вероятностей опасных отказов всех элементов подсистемы.

$$\lambda_{DssA} = \lambda_{De1} + \dots + \lambda_{Den} \quad (A)$$

$$PFH_{DssA} = \lambda_{DssA} \cdot 1ч$$

Для базовой архитектуры типа В (рис. 5) вероятность опасного отказа подсистемы равна:

$$\lambda_{DssB} = (1 - \beta)^2 \cdot \lambda_{De1} \cdot \lambda_{De2} \cdot T_1 + \beta \cdot (\lambda_{De1} \cdot \lambda_{De2}) / 2 \quad (B)$$

$$PFH_{DssB} = \lambda_{DssB} \cdot 1ч,$$

где: T_1 – интервал между контрольными проверками или срок службы (в зависимости от того, что меньше); β – бета-фактор.

Для базовой архитектуры типа С (рис. 6) вероятность опасного отказа подсистемы равна:

$$\lambda_{DssC} = \lambda_{De1} \cdot (1 - DC_1) + \lambda_{Den} \cdot (1 - DC_n) \quad (C)$$

$$PFH_{DssC} = \lambda_{DssC} \cdot 1ч$$

Для базовой архитектуры типа D (рис. 7):

- при использовании элементов подсистем различной конструкции:

$$\lambda_{DssD} = (1 - \beta)^2 \cdot \{ [\lambda_{De1} \cdot \lambda_{De2} \cdot (DC_1 + DC_2)] \cdot T_2 / 2 + [\lambda_{De1} \cdot \lambda_{De2} \cdot (2 - DC_1 - DC_2)] \cdot T_1 / 2 \} + \beta \cdot (\lambda_{De1} + \lambda_{De2}) / 2 \quad (D.1)$$

$$PFH_{DssD} = \lambda_{DssD} \cdot 1ч,$$

где: λ_{De1} – интенсивность опасных отказов 1-го элемента подсистемы;

λ_{De2} – интенсивность опасных отказов 2-го элемента подсистемы;

DC_1 – охват диагностикой 1-го элемента подсистемы;

DC_2 – охват диагностикой 2-го элемента подсистемы.

- при использовании элементов подсистем одинаковой конструкции:

$$\lambda_{DssD} = (1 - \beta)^2 \cdot \{ [\lambda_{De}^2 \cdot (2 \cdot DC)] \cdot T_2 / 2 + [\lambda_{De}^2 \cdot (1 - DC)] \cdot T_1 \} + \beta \cdot (\lambda_{De}) \quad (D.2)$$

$$PFH_{DssD} = \lambda_{DssD} \cdot 1ч,$$

где: λ_{De} – интенсивность опасных отказов 1-го или 2-го элементов подсистемы; DC – охват диагностикой 1-го или 2-го элементов подсистемы.

Оценка вероятности опасных отказов (PFH_D) СБЭСУ должна быть основана на вероятности случайных опасных отказов аппаратных средств каждой подсистемы. Вероятность случайных отказов аппаратных средств СБЭСУ является суммой вероятностей опасных случайных отказов аппаратных средств всех подсистем (PFH_{Dn}), участвующих в реализации СБЭСУ, а также, в случае необходимости, включает вероятность опасных ошибок цифровой передачи данных коммуникационных процессов (P_{TE}):

$$PFH_D = PFH_{D1} + \dots + PFH_{Dn} + P_{TE}$$

Необходимо отметить, что УПБ, достигаемый СБЭСУ в соответствии с архитектурными ограничениями, должен быть меньше или равен наименьшему значению предельного требования к УПБ любой из подсистем, участвующих в выполнении СБФУ.

В случае реализации функций диагностики, каждая подсистема должна быть обеспечена связанными с ней функциями диагностики, которые необходимы для выполнения требований к архитектурным ограничениям и к вероятности опасных случайных отказов технических средств.

Функции диагностики рассматриваются как отдельные, которые могут иметь отличную от СБФУ структуру и могут выполняться:

- самой подсистемой, требующей диагностики;
- другими подсистемами СБЭСУ;
- подсистемами СБЭСУ, не выполняющими СБФУ.

Функции диагностики должны удовлетворять следующим, применимым к связанным с ними СБФУ, требованиям по:

- предотвращению систематических отказов;
- управлению систематическими отказами.

Кроме того, вероятность отказа функции (-й) диагностики СБЭСУ должна быть учтена при оценке вероятности опасного отказа СБФУ.

Также должно быть представлено ясное описание функции (-й) диагностики СБЭСУ, их способности обнаружить отказ или их реакции на отказ, а также выполнен анализ их вклада в полноту безопасности соответствующих СБФУ.

Ниже приведен перечень основных терминов и определений, используемых в стандарте ИЕС 62061.

Функциональная безопасность (functional safety): часть безопасности машины и системы управления машины, которая зависит от корректного функционирования СБЭСУ и связанных с безопасностью систем, основанных на других технологиях и использующих внешние средства снижения риска.

* *Примечание: стандарт IEC 62061 рассматривает только функциональную безопасность, которая зависит от корректного функционирования СБЭСУ в применениях для оборудования машин.*

Функция безопасности (safety function): функция машины, отказ которой может привести к непосредственному увеличению риска / рисков/ (EN ISO 12100).

Связанная с безопасностью функция управления /СБФУ/ (Safety-Related Control Function (SRCF): функция управления, реализованная СБЭСУ с заданным уровнем полноты безопасности и предназначенная для поддержки безопасных условий работы машины или предотвращения увеличения риска (рисков).

Функция диагностики СБЭСУ (SRECS diagnostic function): функция, предназначенная для обнаружения отказов в СБЭСУ и формирования заданной выходной информации или действия при обнаружении отказа.

Полнота безопасности (safety integrity): вероятность того, что СБЭСУ или её подсистема будет удовлетворительно выполнять функции управления, связанные с безопасностью, при всех указанных условиях (IEC 61508-4).

* *Примечания: 1. Чем выше уровень полноты безопасности элемента, тем ниже вероятность того, что элемент не выполнит требуемую функцию управления, связанную с безопасностью.*

2. Полнота безопасности включает полноту безопасности аппаратных средств и систематическую полноту безопасности.

Полнота безопасности аппаратных средств (hardware safety integrity): составляющая полноты безопасности СБЭСУ или её подсистем, включающая требования к вероятности опасных случайных отказов технических средств и к архитектурным ограничениям (IEC 61508-4).

Вероятность опасного отказа в час - /PFH_р/ (probability of a dangerous failure per hour – PFH): средняя вероятность опасного отказа в час.

Среднее время до отказа (Mean Time To Failure /MTTF/): ожидание среднего времени наработки на отказ.

* *Примечание: обычно MTTF выражается как среднее значение ожидания времени безотказной работы.*

Функциональный блок (functional block): наименьший элемент СБФУ, отказ которого может привести к отказу СБФУ.

Архитектура (architecture): конкретная конфигурация элементов аппаратных средств и программного обеспечения СБЭСУ (IEC 61508-4).

Архитектурные ограничения (architecture constraint): набор требований к архитектуре, ограничивающих УПБ, который может быть востребован для подсистемы.

Охват диагностикой (diagnostic coverage): уменьшение вероятности опасных отказов аппаратного обеспечения, связанное с выполнением автоматических диагностических проверок.

Отказ (failure): прекращение способности СБЭСУ, подсистемы или элемента подсистемы выполнять требуемую функцию (IEC 61508-4 и EN ISO 12100-1).

* *Примечание: отказы могут быть случайными (в аппаратных средствах) или систематическими (в аппаратных средствах или в программном обеспечении).*

Отказ по общей причине (common cause failure): отказ, который является результатом одного или нескольких событий, вызвавших одновременные отказы двух и более отдельных каналов в многоканальной подсистеме (архитектура с резервированием), ведущий к отказу СБЭСУ (IEC 61508-4).

Опасный отказ (dangerous failure): отказ СБЭСУ, подсистемы или элемента подсистемы, который может привести к опасному состоянию или ошибке при выполнении соответствующей функции (IEC 61508-4).

Безопасный отказ (safe failure): отказ СБЭСУ, подсистемы или её элемента, не вызывающий опасность.

* *Примечание: безопасный отказ не приводит к отказу или возможному отказу выполнения СБФУ.*

Случайный отказ аппаратных средств (random hardware failure): отказ, возникающий в случайный момент времени и являющийся результатом одного или нескольких возможных механизмов ухудшения характеристик аппаратных средств (IEC 61508-4).

Систематический отказ (systematic failure): отказ, обусловленный определенной причиной, которая может быть исключена только путем модификации проекта, производственного процесса, операций, документации или др. факторов (IEC 61508-4).

Подтверждение соответствия (validation): подтверждение проверкой (например, тестами, анализом), что СБЭСУ соответствует требованиям функциональной безопасности для конкретного применения (IEC 61508-4).

Литература

1. Machinery Directive: Directive 2006/42/EC of the European Parliament and of the Council of 17 May 2006. / Official Journal of the European Union. - 09.06.2006. - L157. - P. 24-86.
2. Постановление КМ Украины от 30 января 2013 г. № 62 об утверждении Технического регламента безопасности машин (с изменениями, внесенными согласно Постановлению КМ № 632 от 28.08. 2013 г.).
3. EN ISO 12100-1/2. «Safety of machinery General principles for design and risk evaluation. Basic concepts».
4. EN 954-1. «Safety of machinery SRP/CS. General principles for design».
5. EN ISO 13849-1/-2. «Safety of machinery - Safety-related parts of control systems».
6. IEC 62061. «Safety of machinery – Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems».
7. IEC 61508 (all parts). «Functional safety electrical/ electronic/ programmable electronic safety-related systems».

●#1257



Если у Вас возникли вопросы по технологии сварки, организации рабочих мест сварщиков, правильному выбору сварочных материалов и оборудования, Вы можете отправить письмо в редакцию журнала по адресу: 03150, Киев, а/я 337 или e-mail: demuv@ukr.net, позвонить по тел. +38(044) 205 26 07, м. (050) 331 56 65. На Ваши вопросы ответит кандидат технических наук, Международный инженер-сварщик (IWE) Юрий Владимирович ДЕМЧЕНКО.

Расскажите, пожалуйста, о криогенной резке.

Сергиенко П.А. (Киев)

Криогенная обработка материалов – одно из последних научно-технических достижений в XXI в. Разработанный несколько лет назад метод резки материалов жидким азотом пока что не имеет не то что аналогов, но даже экономически эффективно-го практического воплощения. В настоящее время в NASA используется очередная версия прототипа прибора под условным названием «Nitrojet», который может разрезать за несколько секунд практически любой из существующих на планете материалов. В теории никаких ограничений для криогенной резки не существует, но на практике все далеко не так просто.

По мнению ведущих мировых специалистов, цивилизация будущего будет использовать в своем обиходе именно криогенные методы обработки материалов. Пока что реализация этой мечты – создание первых серийных установок по технологии «nitrojet» – планируется не ранее 2020 г. В настоящее время стоимость используемого в НАСА работающего прототипа составляет 450 тыс. \$, без учета затрат на расходные материалы. Он используется для обработки сверхпрочных термостойких сплавов и металлокерамики в аэрокосмической промышленности.

NASA применяет систему Nitrojet в Космическом центре им. Кеннеди для прецизионного удаления теплозащитного покрытия с внутренних поверхностей твердотопливных ускорителей шаттлов. ВМФ использует ее для удаления антикоррозионных покрытий с палуб, килей, антенн и защитных колпаков радаров. Технология испытывается также в аэрокосмической промышленности, в производстве полупроводников, красок, полиуретановых изделий и при расфасовке мяса.

Сущность обработки заключается в воздействии на материал струей жидкого азота под давлением порядка 400 МПа, при этом скорость струи достигает 1020 м/с. При соприкосновении струи жидкого азота с материалом происходит резкое его охлаждение. В результате этого межзёрная прослойка становится хрупкой и нарушает-

ся связь между зёрнами. Кристаллические зёрна под действием давления струи выводятся из зоны резания. Также, жидкий азот с температурой -196°C , попадая в материал с температурой около 20°C , испаряясь, расширяется в 700 раз. Расширение азота при переходе из жидкого в газообразное состояние увеличивает полезную кинетическую энергию и материал фактически разрывается изнутри. После использования газообразный азот рассеивается в воздухе, не причиняя вреда окружающей среде. Практически неограниченная толщина резания материала, скорость и высокое качество поверхности являются главными достоинствами данной технологии. Ширина зоны резания ограничивается диаметром сопла и составляет 0,1 – 0,3 мм. К недостатку можно отнести тот факт, что при резке тонкого металла (до 1 мм) более 5 с, он может рассыпаться из-за быстрого охлаждения до сверхнизких температур.

На рис. 1 показана технологическая схема, которая позволяет наглядно показать принцип работы перспективной установки для криогенной обработки материалов. Установка состоит из следующих основных компонентов: источник жидкого азота, переохладитель, насосы рециркуляционный и предпусковой, теплообменник, насосы-интенсификаторы, теплообменник - переохладитель, сопло.

Работа установки основана на охлаждении жидкого азота, который постоянно нагревается в результате прохождения по магистралям трубопровода гидросистем. Из источника жидкого азота (в перспективе это может быть любой криоген, будь то жидкость или газ), криогенная жидкость поступает в переохладитель, где жидкий азот охлаждается с $-167,7^{\circ}\text{C}$ до -190°C . После прохождения рециркуляционного насоса жидкость попадает в предпусковой насос, который повышает давление азота в промежутке от 103,4 до 137,89 МПа. Из-за повышения давления азота предпусковым насосом температура азота падает от -190°C до температуры в промежутке от -112°C до -123°C . Затем теплообменник (через который проходит жидкий азот к насосам-интенсификаторам), благодаря тепловому обмену двух потоков (охлаждённого азота из теплообменника и «нагретого» азота из насосов-интенсификаторов), позволяет повысить давление крио-

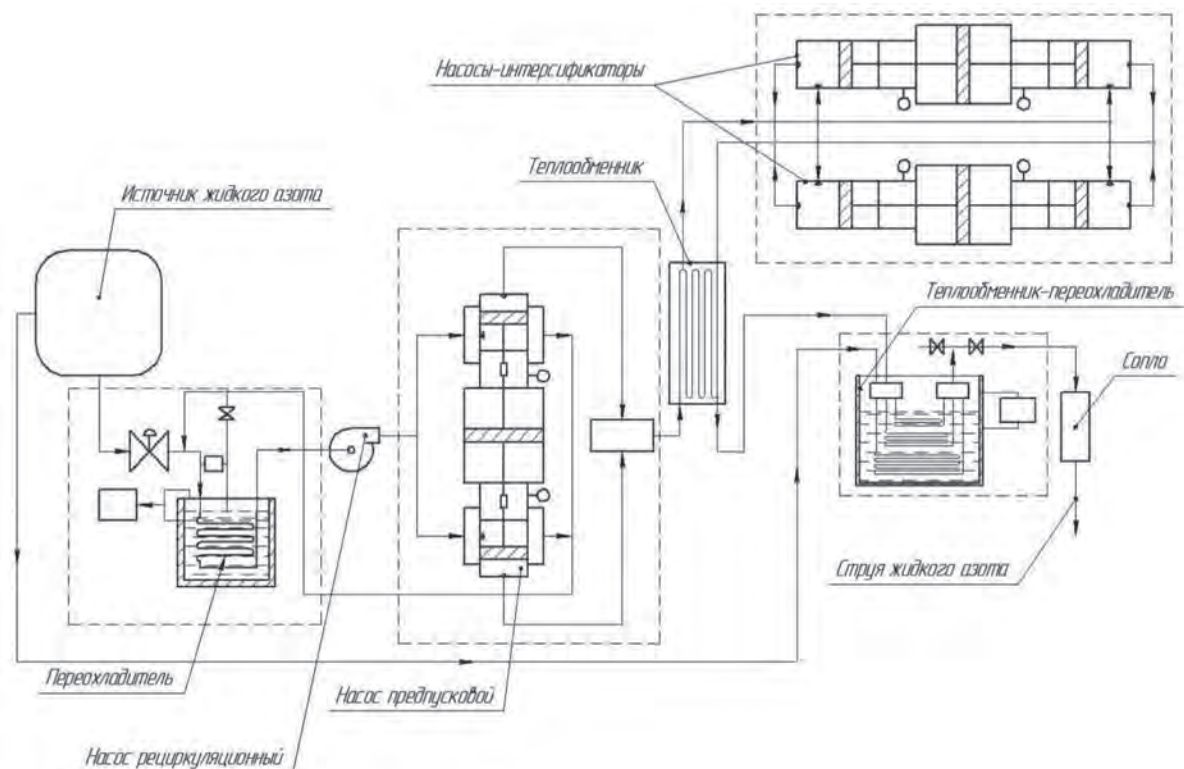


Рис. 1. Технологическая схема установки криогенной обработки материалов

гена в насосах-интенсификаторах с 103,4 до 379,21 МПа. После повышения давления более чем в три раза нагретый поток жидкого азота поступает в теплообменник-переохладитель, который с помощью теплообмена двух жидкостей («нагретого» жидкого азота из насосов-интенсификаторов и «охлажденного» жидкого азота из источника) охлаждает жидкость до -148°C . В таком состоянии жидкий азот проходит через сопло и попадает на обрабатываемую поверхность.

Два предложенных варианта сопел имеют различное назначение. Один вариант используется

для резки, а другой для поверхностной обработки различных материалов.

На рис. 2, 3 представлено сопло для криогенной резки, выполненное в программе КОМПАС-3D. Был спроектирован ряд деталей, представляющих собой тела вращения. Сопло для резки состоит из следующих конструктивных элементов: корпус, втулка соединительная, камера смесительная, втулка, насадка и головка. Жидкий азот попадает в отверстие диаметром 2 мм, затем в смесительную камеру, где, проходя через втулку, диаметр струи уменьшается до 1 мм и жидкий азот смешивается с



Рис. 2. Общий вид сопла для резки

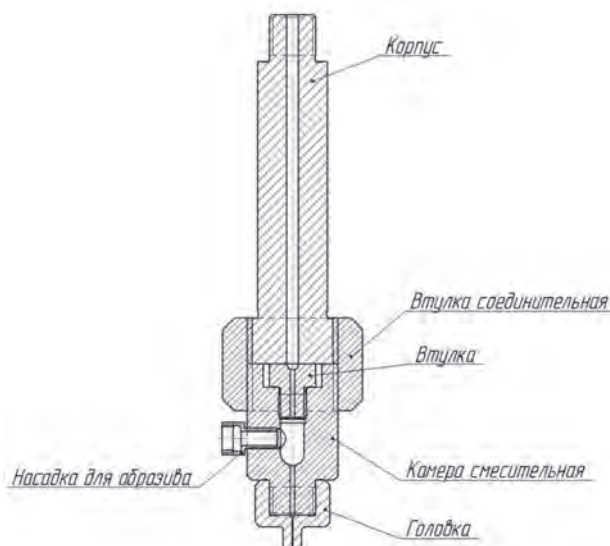


Рис. 3. Сопло для резки в разрезе



Рис. 4. Вид сопла для обработки поверхностей

абразивом. Далее струя, попадая в головку, уменьшаясь в диаметре до 0,3 мм, выходит наружу. Т. о., сопло, пропуская жидкий азот через отверстия внутри конструктивных элементов, создаёт струю, диаметром 0,3 мм, которая выходит из головки со скоростью около 1020 м/с, что позволяет резать любые материалы, обеспечивая высокую точность и качество резания.

Следующий инструмент представляет собой сопло для обработки поверхностей, спроектированное в программе КОМПАС-3D (рис. 4, 5). Сопло состоит из следующих компонентов: головка, патрон, сектора: А, В, I, II, III, IV, V, корпус, втулка прижимная обхватывающая, диск резервного уплотнения, кольцо промежуточное, уплотнительное кольцо, стакан.

Сопло предназначено для обработки поверхностей: очистки от коррозии, краски, снятия нанесённых слоёв и т.д. Жидкий азот или другой криоген с абразивом, проходя через вращающийся вал и выходя наружу через специальную головку, производит очистку поверхности. В зависимости от типа поверхности и необходимого варианта обработки есть возможность регулировать давление жидкости и вращение сопла. В данном варианте головка 4-х позиционная, однако есть возможность установки различных головок в зависимости от задач. Структура вала разбита на сектора, что позволяет регулировать длину сопла, а также, в случае износа в тех или иных местах, не заменять инструмент целиком, а заменить лишь определённые элементы. Вал в корпусе вращается с помощью трёх подшипников: радиального и радиально-упорного (однонаправленный тип размещения), что позволяет лучше компенсировать осевые и радиальные нагрузки.

Отдельно стоит отметить, что все элементы сопел, соприкасающиеся с криогенной жидкостью, выполнены из полиэтилена со сверхвысо-

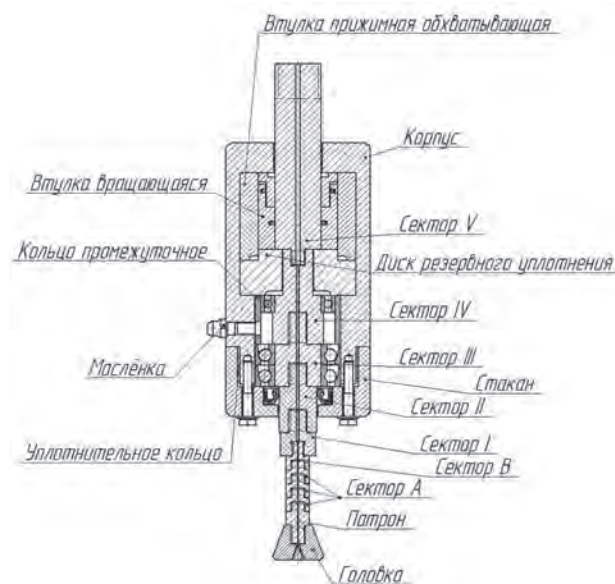


Рис. 5. Сопло для обработки поверхностей в разрезе

кой молекулярной массой. Этот материал обладает высокой износостойкостью при сверхнизких температурах. Для смазки движущихся элементов используется аэрокосмическая смазка с криогенными характеристиками, которая представляет собой перфторполиэфирную смазку Christo-Lube® MCG-106 фирмы Lubrication Technology, Inc.

Данная технология имеет большое будущее. Радиоактивные и токсичные материалы могут быть утилизированы путём резки струёй жидкого азота без образования опасных отходов. Сухой остаток после резки удаляется всасыванием в изолированную ёмкость, использованный азот в газобразном состоянии отфильтровывается и растворяется в воздухе без нанесения вреда окружающей среде. Также есть возможность утилизации взрывчатых веществ, которые могут быть разрезаны струёй жидкого азота без детонации, что особенно актуально для разработки систем утилизации боеприпасов, которые сегодня просто взрывают, нанося значительный вред окружающей среде. Также, из-за возможности регулировки параметров, установка, использующая данную технологию, позволяет выполнять не только высококачественную очистку поверхностей металла от различных загрязнений, коррозии и т.п., но и деметаллизацию. Так, например, можно очистить сталь от защитного слоя цинка и др. покрытий без повреждения основного металла.

Ответ подготовлен по материалам зарубежных изданий и справочной литературы

● #1258

Компания ESAB представила новую систему ручной плазменной резки Cutmaster® 40

Компания ESAB, один из лидеров в области производства оборудования и расходных материалов для сварки и резки, объявила о выходе на рынок новой системы ручной плазменной резки Cutmaster® 40.

Система предназначена для мастерских по ремонту и реставрации автомобильных кузовов; мобильного производства; подсобного строительства; работ с водопроводом и вентиляцией; металлоконструкций, строительства и кровли; технического обслуживания и ремонта; сельскохозяйственных и архитектурно-декоративных работ.

Новинка весом 10 кг, способна обеспечить номинальную мощность в 40 А при 40% продолжительности включения, работающая от сетей напряжения 110-240 В с автоматическим определением входного напряжения.

При питании от сетей 230 В Cutmaster® 40 обеспечивает рекомендованные показатели резки и прошивки по 12 мм стали, с возможностью разрезания до 25 мм. Что касается работ, производимых на питании от сетей 120 В, то система достигает рекомендованных показателей резки и прошивки по 9 мм стали.

Система Cutmaster 40 оснащена прочным, защищенным от атмосферного воздействия корпусом, который не допускает механических повреждений устройства, в частности, при его транспортировке в кузове грузового автомобиля. Также корпус оснащен 3 ручками, чтобы облегчить перемещение устройства в тесных помещениях и обеспечить удобную укладку кабеля.

Поставляется новинка с уже зарекомендовавшим себя на рынке плазматроном SL60 1Torch™ и кабель-пакетом длиной 6,1 м. Кроме того, благодаря использованию разъема АТС® (стандартного для всех устройств серии Cutmaster), пользователи могут подключить дополнительные 7,6 м кабель-пакета плазматрона. Рабочий кабель оснащен стандартным 50 мм разъемом типа DIN, а клемма заземления изделия обеспечит плотный электрический контакт.

Плазматрон SL60 1 Torch, в свою очередь, поставляется с электродами серии Cutmaster Black, которые увеличивают срок службы расходных деталей до 60%.

«Компания ESAB известна стремлением идти в ногу со временем, разрабатывая и совершенствуя уже завоевавшие популярность технологические решения. Так, в ответ на потребность в эффективной резке широкого спектра компаний из самых различных отраслей, был разработан Cutmaster® 40. Он воплотил в себе все последние достижения в области мобильного оборудования для резки. Так, благодаря выходу новинки на российский рынок, возможность повысить производительность резки и сократить их стоимость станет доступна широкому спектру компаний, не только промышленного сектора», – подчеркивает Константин Демидов, руководитель продуктовой группы резки.



● #1259

Завод «ЭСАБ-Тюмень» подвел итоги первого полугодия

Завод сварочных материалов «ЭСАБ-Тюмень», входящий в состав компании ESAB, одного из лидеров в области производства оборудования и расходных материалов для сварки и резки, подвел итоги первого полугодия после реорганизации, и поделился планами на будущее.

Поскольку завод ЭСАБ-Тюмень относится к предприятиям непрерывного цикла, пандемия не отразилась на выпускаемых объемах продукции. За первое полугодие сотрудниками этого градообразующего предприятия было произведено порядка 7 200 т электродов и 2 500 т проволоки, что существенно превысило ожидаемый объем.

Завод выпускает сварочную проволоку марок ОК ПРО 51С и Св-08Г2С с медным покрытием, а также электроды ОК 46, УОНИИ-13/55. До конца года в планах предприятия запуск новых электродов МР-3, АНО-21 и небольших коробок электродов, весом 1,0 и 2,5 кг. Кроме этого, предприятие готовится к выпуску неомедненной проволоки, которой планируется начать в 2021 г.

За 20 лет общий объем выпускаемых компанией в России сварочных материалов вырос в 5 раз и сегодня составляет 45 тысяч т в год. При этом 71 % сырья для производства поставляется отечественными ком-



паниями. Продукция с тюменского и Санкт-Петербургского заводов поступает во все регионы РФ, а также в республику Казахстан. Численность сотрудников «ЭСАБ-Тюмень» составляет 146 человек.

По результатам прошлого года на предприятии было произведено 4 900 т проволоки ОК ПРО 51С и Св-08Г2С диаметрами 0,8, 1,00, 1,2 и 1,6 мм, а также 16 800 т электродов ОК 46, УОНИИ-13/55 и ОК 48.

«Локализация производства ESAB – важный шаг для развития компании, который говорит не только о нашем отношении к российскому рынку, но и об определенном уровне бренда. Мы начали процесс локализации 20 лет назад. В первую очередь для того, чтобы иметь возможность снизить себестоимость продукции и сегодня, благодаря слаженной работе коллектива предприятия, нам это удается. Тем самым мы не только поставляем качественные и доступные материалы и оборудование клиентам, но и инвестируем в локальный рынок, а также поддерживаем отечественных поставщиков сырья», – комментирует управляющий директор ООО «ЭСАБ» в России и СНГ Дмитрий Куракса.

●#1260

Подготовка сварщиков различного уровня: ESAB на конференции МИИТ

18 августа 2020 г. на базе Российского Университета Транспорта (МИИТ) прошла конференция «Сварка. Подготовка сварщиков различного уровня». В дискуссии приняли участие руководство ведущих технических университетов России и СНГ, представители промышленных компаний и государственной власти.

Мероприятие состоялось в рамках реализации Указа Президента РФ Владимира Путина «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года». Ежегодно Правительство РФ направляет на обновление парка оборудования в колледжах более 5 млрд. руб., а приём на обучение по программам СПО в среднем составляет 50 000 студентов.

Одной из тем обсуждения стала подготовка кадров для современной промышленности в части технологий сварки. Участники конференции отметили важность поддержки не только среднего профессионального образования, но и высшего образования в направлении сварки, т.к. спрос на инженерно-технических работников не меньше, чем на представителей рабочих специальностей. При этом, должна развиваться система наставничества, поскольку индивидуальная работа со студентом позволяет лучше развивать его навыки. В ходе выступлений отдельно была подчеркнута необходимость создания новой учебной литературы.

Ручная сварка, которой обучают в технических колледжах, является лишь небольшой частью от существующих технологий сварки. Большая часть соединений на современных предприятиях выполняется при помощи роботизированной, многодуговой сварки, сварки трением с перемешиванием, а также при помощи средств автоматизации и механизации различной степени, а это компетенции специалистов с высшим образованием.

Руководитель направления по взаимодействию с образовательными организациями компании ESAB, одного из лидеров в области производства оборудования и расходных материалов для сварки и резки, поделился опытом компании в сетевом взаимодействии с образовательными организациями среднего профессионального и высшего образования. Площадка Технологического центра ESAB в г. Красногорск была предложена для проведения научно-образовательных мероприятий, направленных на развитие отечественного образования и создание научно-технологического задела в наиболее актуальных направлениях.

Ещё одной важной темой дискуссии стало упорядочивание и гармонизация стандартов в области сварки с Международными нормативно-техническими документами, а также унификация требований по аттестации специалистов в области сварки вне зависимости от сфер их работы (нефтяная промышленность, атомная энергетика, транспортное машиностроение и прочее).

В заключение участники конференции обсудили необходимость обеспечения обязательного трудоустройства участников и победителей различных конкурсов и чемпионатов, в т.ч. проводимых МИС, Абилимпикс, а также WorldSkills в России и за её пределами.

По результатам мероприятия членами конференции была подготовлена резолюция в адрес Правительства РФ.

«Развитие сварочных технологий и подготовка кадров для данной отрасли являются одними из ключевых задач транспортной отрасли, так как строительство, в т.ч. железнодорожное, не может без этого обойтись», – подчеркнул Александр Климов, ректор МИИТ.

«Сварочные процессы являются сквозными технологиями для различных отраслей промышленности. По этой причине развитие технологий сварки и резки и подготовка квалифицированных кадров необходимы для успешного функционирования каждой индустрии. И промышленным компаниям, учебным организациям и государственным структурам необходимо вести тесное сотрудничество для достижения общей цели поддержания индустрии сварки в России на самом современном уровне с использованием передовых технологий», – отмечает Станислав Конов, руководитель направления по взаимодействию с образовательными организациями ESAB, к.т.н., доцент.

●#1261



Евгений Оскарович Патон - выдающийся ученый в области мостостроения и сварки, основатель Института электросварки. Часть 3

А.Н. Корниенко, к.т.н., д.и.н., ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ (Киев),

А.П. Литвинов, к.т.н., д.и.н., Приазовский государственный технический университет (Мариуполь)

Тысячи страниц составляют труды Евгения Оскаровича Патона. А на последней странице, опубликованной уже после смерти, он пишет: «Свои воспоминания я довел до 1945 года. Восемь лет, которые прошли со дня Победы, были для меня и для руководимого мной института, для работников, очень насыщенные и напряженными годами. Мы много искали, многого достигли, переживали, конечно, и неудачи и ошибки, стремились их исправить и исправляли в меру своих сил. Для того, чтобы рассказать о пережитом и сделанном за послевоенные годы, понадобилась бы книга, может быть не меньшая по объёму, чем эта. Очень хотелось бы написать такую книгу, рассказать в ней о том, как мы научились сваривать автоматами под флюсом доменные мосты, газопроводы, статоры турбогенераторов, огромные резервуары, корабли, высотные здания, сельскохозяйственные машины, как разительно расширилась сварка свои владения, как развилась и обогатилась сварочная наука, какой неразрывной стала наша дружба с сотнями заводов и строек... Киев, 1953». [1, с.319]. О том, как работал Е.О. Патон, написали его ученики, сотрудники его института, те, кто с ним общался, кому он помогал.

Война и удар по экономике.

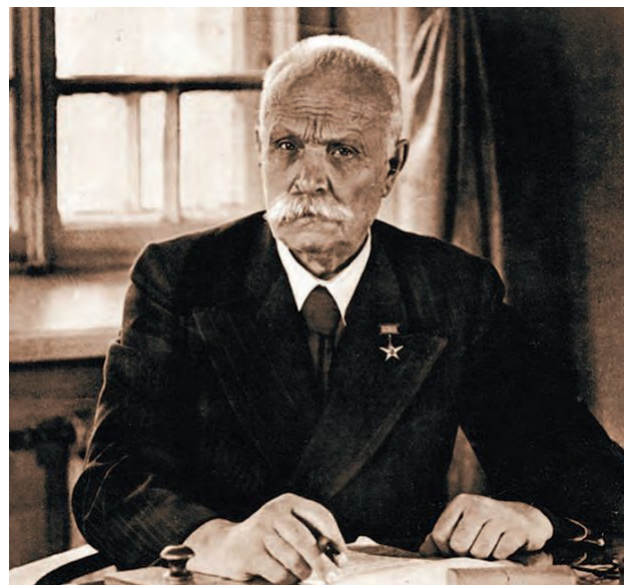
Оценивать сделанное Е.О. Патоном и сотрудниками Института электросварки нужно в контексте послевоенного состояния страны.

Военные действия на территории СССР нанесли огромный ущерб народному хозяйству. В 1941 – 1944 гг. было разрушено 1710 городов и поселков городского типа, свыше 70 тыс. сел и деревень, взорвано и выведено из строя 31 850 заводов и фабрик, 1135 шахт, 65 тыс. км железнодорожных путей, было разорено свыше 100 тыс. колхозов, совхозов и машинотракторных станций, посевные площади сократились на 36,8 млн. га, т.е. на четверть. Урон, причиненный СССР, превышал потери в период второй мировой войны всех других вместе взятых европейских государств [2].

Только в Украине, территория которой была полностью оккупирована немецко-фашистской армией, были превращены в руины свыше 16 тыс.

промышленных предприятий и 200 тыс. зданий производственного назначения. Первоочередной задачей экономической политики советского руководства являлась остановка экономического спада, обусловленного колоссальным материальным ущербом, людскими потерями и военными затратами. Во всех базовых отраслях промышленности СССР имело место абсолютное падение производственно-экономических показателей. В 1945 г. чугуна выплавлялось 59%, стали и проката производилось 66% и 65%, нефти добыто 62% по сравнению с 1940 г.; тракторов, комбайнов, паровозов, автомобилей изготовлялось в 2–5 раз меньше, чем накануне войны [3].

Еще в 1943 г. руководство СССР приняло постановление «О неотложных мерах по восстановлению хозяйства в районах, освобожденных от немецкой оккупации». А в конце мая 1945 г. Государственный Комитет Обороны (ГКО) постановил перевести часть оборонных предприятий на выпуск товаров для населения. Государственный бюджет на 1945-1946 гг. предусматривал сокращение военных расходов, резкое увеличение ассигнований на развитие народного хозяйства, на социально-куль-



За работой в день 80-летия

турные мероприятия. Восстанавливалась сеть учебных заведений, амбулаторий и др. медицинских учреждений, библиотек, клубов. Увеличился прием в техникумы и вузы.

К концу 1947 г. было демобилизовано 8,5 млн. человек. В сентябре 1945 г. был упразднен ГКО, в марте 1946 г. Совет Народных Комиссаров был преобразован в Совет Министров СССР, начали реорганизовываться министерства. Председателем Совета Министров СССР был утвержден И.В. Сталин. Его авторитет, возросший за годы войны, поддерживался всей системой административного и идеологического аппарата. Парработники строго следили за исполнением спускаемых «сверху» директив и указаний [3].

В марте 1946 г. Верховным Советом СССР был принят закон о 4-м пятилетнем плане восстановления и развития народного хозяйства. Основная задача заключалась в том, чтобы восстановить районы страны, подвергавшиеся оккупации, достичь довоенного уровня развития промышленности и сельского хозяйства, а затем и превзойти. Главными стратегическими основами этого плана были продолжение развития тяжелой промышленности и дальнейшая индустриализация страны; развертывание научно-технической революции. Техническая реконструкция базовых отраслей промышленности должна была осуществляться на основе последних достижений науки и техники, при внедрении передовых отечественных и зарубежных технологий, и опыта организации производства. Для реализации плана долю прямых военных расходов в государственном бюджете СССР уменьшили с 54,3% в 1945 г. до 24% в 1946 г. и 18% в 1947 г.; численность вооруженных сил в 1945–1946 гг. сократили с 11 млн. человек до 2,8 млн. человек. Объемы капитальных работ в системе наркоматов обороны и военно-морского флота (ВМФ) на период 1946–1950 гг. устанавливались в размере 7 млрд. руб. – в 2 раза меньше, чем в последние предвоенные годы (1938–1941 гг.).

Для переключения предприятий на выпуск гражданской продукции изменялась технология производства, создавалось новое оборудование, обучались специалисты. Одновременно с восстановительными работами в Украине, Белоруссии, Молдавии, прибалтийских республиках, велось строительство новых и реконструкция действующих заводов и фабрик [4].

Но самое главное – для реализации всех этих задач нужны были люди. Только Украина потеряла на войне около 8 млн. трудоспособных человек, немало людей вернулись инвалидами. В дополнении ко всему в 1948 – 1949 гг. США приняли ряд законов о контроле над экспортом, которые являлись по своей сути «экономической войной» против СССР. Были составлены списки «стратегических товаров», запрещенных к вывозу в СССР и страны соцлагеря.

И СССР оказался в экономической блокаде, научно-технической и информационной изоляции [5].

Из истории известно, что принципиально новая высокопроизводительная техника возникала после больших войн, эпидемий, освобождения от рабства и крепостной зависимости. Т.е. резкое существенное уменьшение рабочей силы давало импульс новому витку научно-технического прогресса. В разные времена основную часть таких научных и промышленных революций составляли новые химические и металлургические технологии, механизмы с новым видом энергии, текстильные и хлопкоуборочные машины и др. А на этот раз в первую очередь требовалась высокопроизводительная технология соединения металлов.

Организация Патонем прорывных технических решений, поднявших из руин промышленность страны.

В мае 1944 г. ИЭС возвратился в Киев. До конца года автоматическая сварка под флюсом была успешно внедрена на 12 крупных предприятиях, в т.ч. на Киевском заводе «Ленинская кузница», Днепропетровском заводе металлоконструкций им. В.М. Молотова и др. [6].

В принципе институт мог бы спокойно постепенно усовершенствовать и внедрять уже созданное оборудование и проверенную войной технологию. Коллеги – сварщики в СССР и за рубежом были уверены, что возможности сварки под флюсом исчерпаны, этот вид соединения металлов достиг максимума. Причем благодаря именно работам Патоновского института.

А Евгений Оскарович не мог смириться с тем, что вместо высокопроизводительной автоматической сварки на стройках и заводах господствует ручная дуговая и газовая сварка. Но автоматическую сварку под флюсом можно применять только в нижнем положении, и стационарными аппаратами. Но для того, чтобы восстановить разрушенную промышленность освобожденной территории СССР при колоссальной потере в рабочей силе необходимы были высокопроизводительные технологии и оборудование.

Е.О. Патон решился выполнить эту задачу. «Нам нужно воспользоваться довоенным опытом внедрения автоматической сварки под флюсом, когда этот процесс проходил в соответствии с постановлением правительства. Здорово тогда дело пошло. Меньше чем за год после завершения лабораторной разработки сварка под флюсом уже нашла применение в нескольких отраслях машиностроения. В государстве с плановой системой хозяйствования нужна плановость и в использовании новой техники» – говорил он своему помощнику [7].

И Е.О. Патон принялся за подготовку плана развития сварочного производства. Сотрудники ездили на заводы и стройки, изучали условия производ-

ства, конструкции изделий. Вырисовывались проблемы, требующие принципиально новых решений. Швы на домнах, мостах, резервуарах, зданиях реально располагаются во всех пространственных положениях. Необходимо было создать оборудование и технологию автоматической сварки вертикальных и наклонных швов. Задачу заставить ползти автоматы по вертикальным стенкам и «запретить» стекать расплавленному металлу не только решать, но даже ставить никто не решался. Кроме того, множество машин и др. изделий были спроектированы ещё с расчетом на клепку – с перемычками, с ячейками, с короткими швами ... Значит, требовалась принципиальная переделка старой техники. Логистика заготовительных, сборочно-сварочных участков была не рациональной... Патон понимал, что даже если в институте и удастся решить научные и технические проблемы, для внедрения новейшей невиданной ранее техники нужно наладить выпуск сварочного и смежного оборудования, усовершенствовать сварные конструкции, подготовить специалистов всех уровней. И конечно, преодолеть сопротивление различных руководителей и исполнителей.

Проект постановления по сути был не только планом подъема сварочного производства на новый мировой уровень, но инициировал прорыв в научно-техническом прогрессе. Он был одобрен в Госплане СССР, Советах Министров союзных республик и министерствах. 9 июня 1947 г. вышло Постановление Совета Министров СССР «О расширении применения в промышленности автоматической электросварки под флюсом».

Постановления в то время выполнялись неукоснительно. Как и предлагал Патон, в ближайшие 1,5 года требовалось изготовить и внедрить 670 сварочных автоматов на 111 заводах страны, открыть новые сварочные кафедры в вузах, курсы подготовки рабочих и др. Кроме прочего, для специалистов ИЭС предусматривалось построить квартиры площадью 1000 кв. м. ИЭС им. Е.О. Патона поручалось научное и организационное сопровождение всех сварочных работ в стране. Е.О. Патон организовал Всесоюзное совещание по материалам постановления [8].

Борис Евгеньевич так оценивает организацию работ: «Институт электросварки, созданный Евгением Оскаровичем Патоном в 1934 г., является первым в мире научно-исследовательской организацией по проблемам сварочного производства. ... Благодаря разработанной Е.О. Патоном структуре, подбору и воспитанию специалистов институт сразу же начал быстро самостоятельно создавать новые технологии, начиная от идеи и кончая внедрением. ... Над проблемами сварочного производства работали во многих странах, но благодаря такой организации в Институте электросварки созданы изобре-

тения, решившие многие проблемы экономического развития страны, научно-технического прогресса, ставшие основой новых отраслей техники» [9].

Б.Е. Патон рассказал и о том, как работали патоновцы. «Я горжусь тем, что тогда, работая, как и все сотрудники института, наладчиком установок и инструктором, выполнил научные исследования дуговых и металлургических процессов. Развитие этих исследований привело к изобретению супер-скоростной (как теперь модно говорить) многодуговой сварки, и изобретению технологий и оборудования для производства труб – по сути, к созданию современной трубной промышленности в СССР. Можно назвать ещё несколько десятков основополагающих изобретений, их называют пионерскими, созданных на основе дугового источника нагрева. Так впервые в мире была разработана автоматическая сварка вертикальных швов, микроплазменная сварка разнополярными импульсами, плазменная сварка на переменном токе, сварка алюминиевых сплавов по флюсу и сплавов титана и др. новых сплавов по активизирующим пастам. Эти другие изобретения запатентованы во многих странах» [10].

Одним из таких новшеств было включение сварочных автоматов в поточные линии по производству серийных металлоемких изделий и создание новых конструкций, пригодных к автоматизации сборочно - сварочных операций. В 1948 г. в ИЭС впервые в мире удалось решить проблему автоматической сварки вертикальных швов. Появилась возможность полностью автоматизировать сварку крупногабаритных пространственных конструкций, что значительно ускорило строительство крупных конструкций (доменных печей, резервуаров и т.п.). Так, при сварке автоматом в монтажных условиях поясов доменной печи трудоемкость снизилась в 3 раза, повысился съём готовой продукции с единицы площади.

Был реализован способ полуавтоматической сварки под флюсом: с механизированной подачей электродной проволоки через гибкий шланг к держателю с соплом и бункером, перемещаемому вручную, и разработана технология сварки под флюсом тонкой электродной проволокой Ø 1-3 мм (Б.Е. Патон, Д.А. Дудко др.) [11]. Еще в 1944 г. был разработан сварочный пистолет для приварки шпилек под флюсом в вертикальном и потолочном положениях (Н.Г. Остапенко).

Теоретически и экспериментально была доказана возможность изменения формы сварных конструкций в пределах упругих деформаций (В.Г. Равевский). Разработан принципиально новый метод сооружения крупногабаритных листовых конструкций методом сворачивания цельносварных полотнищ. В 1948 г. этим методом построены первые в мире резервуары. В результате исследова-

ний прочности узлов различной конструкции, воспроизведения разрушений в лабораторных условиях на больших образцах-моделях сварных соединений были определены рациональные конструктивные решения (В.В. Шеверницкий и др.).

С 1944 г. началось конструирование сварочных аппаратов нового класса – была разработана серия аппаратов УСА-2 и специализированных тракторов ТС-6 - ТС-17 (П.И. Севбо, В.Е. Патон). Универсальный сварочный автомат-трактор ТС-17, разработанный в 1948 г. В.Е. Патоном, стал одним из основных средств механизации сварочных работ в народном хозяйстве страны. Конструкция этого аппарата послужила основой для большой гаммы аппаратов для дуговой сварки и развивается до сих пор. Уже с 1949 г. Т-17 был использован при строительстве газопровода Дашава - Киев - Брянск - Москва.

С целью повышения скорости сварки проводились исследования магнитогидродинамических явлений в зоне горения дуг и сварочной ванне, процессов многодуговой сварки с колебаниями электрода, трехэлектродной сварки и др. (Б.Е. Патон, С.Л. Мандельберг и др.). Были разработаны технологии автоматической сварки под флюсом электродами, наклоненным вдоль оси шва «углом вперед», расщепленными электродами и др. (А.И. Коренной, Б.И. Медовар и др.).

По темпам развития, уровню разработок и масштабам, применения дуговой автоматической и полуавтоматической сварки под флюсом СССР опередил другие страны. Впервые в мире были созданы технология и оборудование для сварки неповоротных стыков, различных типов соединений, универсальные сварочные аппараты, специализированные установки, головки с автоматическим регулированием.

Уже к началу 1950-х гг. цистерны и котлы, вагоны и газгольдеры, металлоконструкции высотных зданий, морские и речные суда, шахтное оборудование и сельскохозяйственные машины свариваются дугой под флюсом автоматами и полуавтоматами. В это же время создаются новые способы сварки труб, магистральных трубопроводов, негабаритных резервуаров, доменных комплексов. Общий объем производства сварных конструкций в СССР в 1958 г. составлял 5,9 млн. т. Применение автоматической сварки под флюсом дало возможность в 3,5 раза повысить производительность труда. Только в 1946 – 1958 гг. внедрение сварки под флюсом позволило высвободить для других отраслей производства свыше 30 тыс. высококвалифицированных рабочих [12].

Именно работы, выполненные в ИЭС им. Е.О. Патона в первые послевоенные годы, сыграли значительную роль в восстановлении разрушенной промышленности страны. В частности, в Украине к 1952 г. была полностью восстановлена топлив-

но-энергетическая и металлургическая промышленность.

Магистральные идеи и старт новым отраслям промышленности.

Велики заслуги Е.О. Патона не только в восстановлении разрушенной экономики. Ученый дал старт принципиально новым направлениям развития судостроения, металлургии и ряда др. отраслей промышленности.

Форсирование перевооружения ВМФ СССР началось сразу после окончания Великой Отечественной войны. Новый этап в истории военного кораблестроения открывает проектирование и строительство с применением сварки легких крейсеров проекта 68 бис. Клепанные судна уже не закладывали, началось внедрение высокоэффективных технологий автоматической и полуавтоматической дуговой сварки под флюсом, разработанные в ИЭС им. Е.О. Патона. Здесь, а также в отраслевых: ЦНИИ Конструкционных материалов («Прометей»), ЦНИИ Технологии судостроения (Ленинград) были разработаны требования к сталям и материалам. В ИЭС для сварки судового набора, плоскостных и объемных секций были спроектированы: сварочный трактор с направляющим ножом и формирующим ползуном, шланговые полуавтоматы ПШ-5, ПШ-54 и ПДШ-500, флюсомагнитные стенды. При строительстве крейсеров 68 бис в Николаеве была применена технология посекционной сборки из сварных блоков весом 100 - 150 т, а броневые плиты включены в основные несущие конструкции. То есть корпус боевых кораблей был цельносварным. Благодаря сварке коренным образом изменился принцип строительства судов - были применены посекционная сборка корпусов и надстроек; основные операции сборки и сварки начали выполнять в помещении цехов в специальных приспособлениях и удобном технологическом положении. Применение новой технологии сократило время строительства при высоком качестве конструкций.

Идея создать новый принцип производства магистральных труб возникла у Евгения Оскаровича на сессии Верховного Совета СССР, во время доклада зампреда Совета Министров СССР Н.А. Вознесенского. К тому времени Б.Е. Патон уже добился мирового рекорда скорости сварки – 200 м/час (сталь толщиной до 20 мм). Тщательно проработанный проект Е.О. Патон отправил правительству. Его вызвали в Москву. На заседании министр тяжелого машиностроения Н.С. Казаков вдруг заявил: «Товарищи, проектирование и изготовление стана обойдется более чем в 2 миллиона рублей при сомнительной возможности его промышленной эксплуатации. Кто же будет отвечать за попусту истраченные деньги?» [7, с.83]. В ответ прозвучала знамени-

тое патоновское: «Ответственность беру на себя». И встречный вопрос: «Не считает ли министр вообще возможным, не понеся никаких затрат и ничем не рискуя, создать отечественное производство труб большого диаметра и за счет этого избавиться от иностранной зависимости?» [7, с.83].

Н.А. Вознесенский закончил совещание словами: «Трубоплавильный стан будем строить и как можно скорее. Прошу подготовить при участии академика Патона распоряжение правительства и представить его мне не позднее чем через два дня» [7, с.84]. Так был дан старт новой индустриальной отрасли.

Первый опытный автоматизированный трубоплавильный стан был запущен на Харцызском трубном заводе (Донбасс) и наряду с высокой производительностью, широкими возможностями и существенным облегчением условий труда за три года работы дал экономический эффект 25 млн. руб. – в 10 раз больше затрат на его изготовление. Такие цеха в различных регионах СССР обеспечили трубами строительство многих тысяч километров обычных и магистральных трубопроводов.

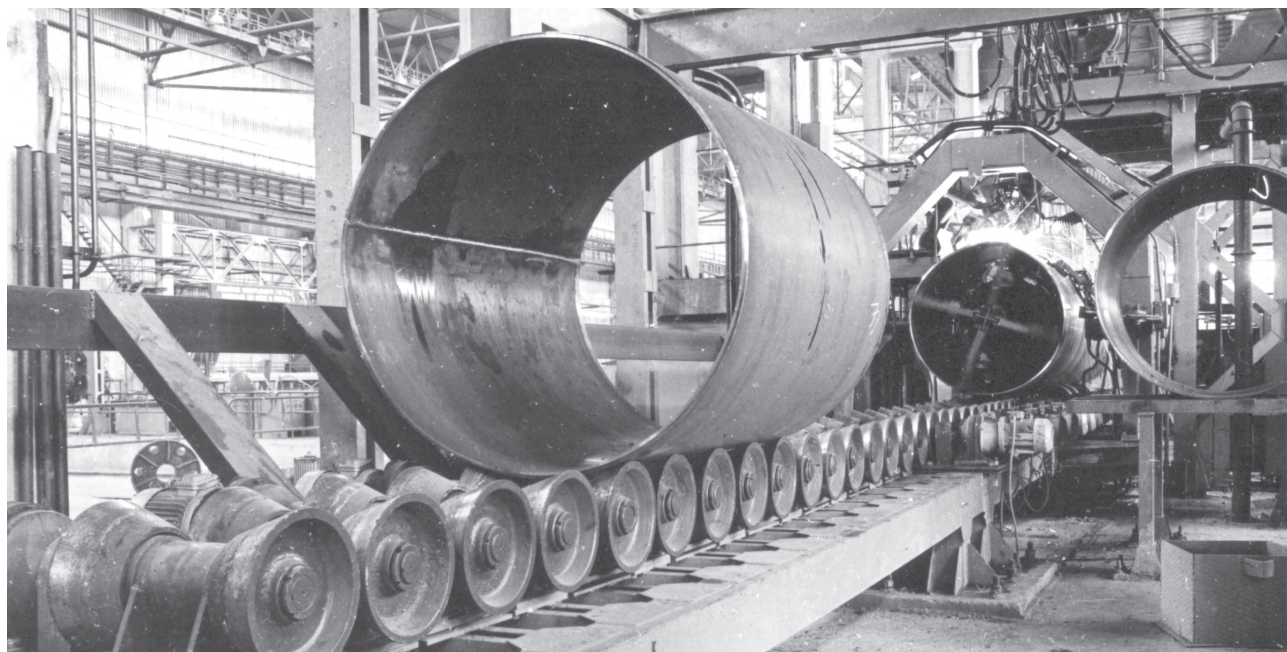
Кроме технологий дуговой сварки под флюсом под руководством Е.О. Патона и Б.Е. Патона разворачиваются исследования и создание технологий, основанных на других источниках нагрева и металлургических процессах. В 1949 г. впервые в мире в ИЭС был создан новый вид сварки – электрошлаковая сварка (ЭШС). Г.З. Волошкевич и Б.Е. Патон добились высокой стабильности процесса при сварке за один проход соединений значительной толщины [12]. К освоению технологий и совершенствованию нового вида свар-



Сварочный трактор ТС-17 конструкции В.Е. Патона открыл новый класс аппаратов для дуговой сварки

ки подключились ученые МВТУ им. Н.Э. Баумана, ЦНИИ Технологии машиностроения и др. организаций, специалисты Таганрогского «Красный котельщик», Барнаульского котельного, Новокраматорского машиностроительного, Ленинградского металлического и др. заводов, где были сформированы совместные с ИЭС им. Е.О. Патона лаборатории и группы. Судить о том, что научно-технический прогресс нуждался в ЭШС можно хотя бы по тому, как кинулись осваивать новый вид сварки за рубежом. Советское оборудование экспортировали во Францию, Румынию, КНР, Польшу, Японию, Швецию, Индию, ФРГ, Италию, Нидерланды и др. страны [13].

В 1949 г. в ИЭС им. Е.О. Патона впервые в мире был открыт новый принцип трансформации сва-



Скоростная сварка впервые применена на Харцызском трубном заводе

рочного тока - изобретен контурный трансформатор кольцевого типа, вторичной обмоткой которого служит свариваемое изделие (Н.Г. Остапенко). На этой основе создан принципиально новый вид стыковой контактной сварки оплавлением и уникальные сборочно-сварочные передвижные комплексы для строительства трубопроводов и бесстыковых железнодорожных путей (В.К. Лебедев В.А. Сахарнов, С.И. Кучук-Яценко и др.). Были установлены закономерности легирования металла шва через порошковую проволоку. Разработаны составы проволок и техника дуговой наплавки износостойких поверхностей изделий, работающих при высоких температурах и ударных нагрузках (И.И. Фрумин). Совместно с учеными ЦНИИ Технологии машиностроения (Москва) были исследованы закономерности протекания электрических и металлургических процессов при дуговой сварке сталей в активных газах. Установлена возможность повышения качества металла путем дополнительного введения раскислителей, впервые в мире создана технология сварки в углекислом газе (К.В. Любавский, Н.М. Новожилов, И.И. Заруба, Д.А. Дудко, А.Г. Потапьевский, Н.Г. Остапенко). В 1952 г. начались исследования процессов взаимодействия хлора и фтора с компонентами дуговой плазмы и металла ванны при сварке алюминия и его сплавов. Разработаны составы галогенных флюсов и технология дуговой сварки по флюсу (Д.М. Рабкин) [6].

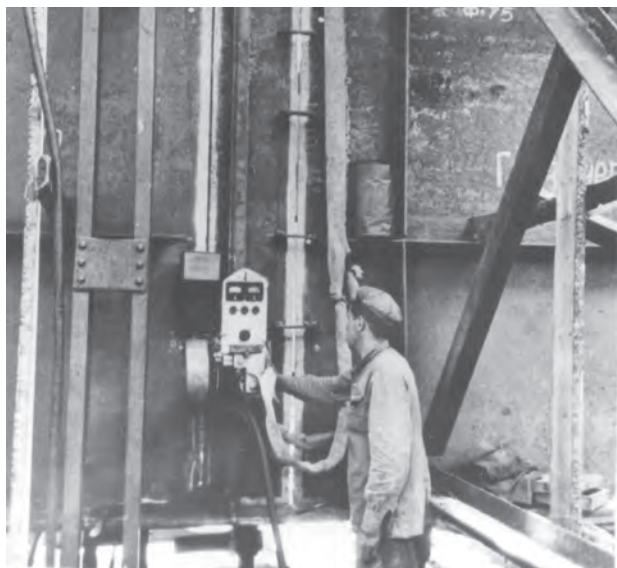
Учитывая, что научно-технический прогресс выдвигал все более высокие требования к эксплуатационным качествам конструкционных материалов, Е.О. Патон развернул исследования, направленные на улучшение сталей. В 1945-1950 гг. выполнены комплексные исследования природы об-

разования трещин и пор в сварных соединениях, разработана теория хрупкого разрушения сварных конструкций и методы оценки свариваемости сталей. Результаты работ послужили основанием для создания новых марок сталей, сварочных материалов и технологий, использованных при производстве ответственных инженерных сооружений [14].

Для того, чтобы организовать выпуск такой стали для мостовых и корабельных конструкций, Евгению Оскаровичу пришлось воспользоваться дружественными связями с министром черной металлургии И.Ф. Тевосяном. Впервые металлурги согласились с требованием сварщиков о снижении максимального уровня содержания в полуфабрикатах углерода, серы и фосфора.

Занимаясь неотложными проблемами восстановления экономики, Е.О. Патон не забывал о мечте - строительстве цельносварного моста в столице Украины. Такого большого сварного моста в мире не было. Коллеги и заказчики оказывали упорное сопротивление, вели дискуссии о трещинах, вспоминали не только мосты, которые рухнули в Бельгии и Германии еще в 1936 г., но и катастрофы сварных американских кораблей типа «Liberty», разваливавшихся в годы войны [15]. Вопрос о строительстве моста рассматривали на совещаниях самого высокого уровня. Никто не хотел рисковать - разрешить такое строительство. И тогда Е.О. Патон опять обратился к Н.С. Хрущеву. И тот решил разделить с Патоном ответственность за супермост. В конце июля 1946 г. на основании записки академика было принято правительственное постановление, предусматривающее применение автоматической сварки в строительстве железнодорожных и шоссейных мостов. Мечта Евгения Оскаровича Патона - построить цельносварной мост через р. Днепр в Киеве была реализована с максимальным объемом применения дуговой автоматической сварки - 10 000 м швов, в т. ч. вертикальных.

Евгений Оскарович не дожидаясь торжественного открытия своего моста - он умер 12 августа 1953 г. 6 ноября 1953 г. мост открыл Борис Евгеньевич Патон.



На строительстве моста через р. Днепр в Киеве монтажные соединения впервые выполнены автоматической сваркой под флюсом



Балки моста Патона на Днепропетровском заводе металлоконструкций изготавливали автоматической сваркой

Как и задумал Е.О. Патон, применив новую технологию строительства, ему удалось создать мост необычной архитектуры – без решетчатых ферм, мачт и тросов. В 1959 г. В.В. Шульгин (политический деятель, писатель, депутат Госдумы России 1914-1917 гг.) так описывает мост, из-за которого Е.О. Патону пришлось создать первый в мире сварочный институт: «Мы решили посмотреть промышленный Дарницкий район и по удивительному мосту Патона переехали на левый берег Днепра. Патон, один из замечательных ученых нашего времени, посвятивший значительную часть своей жизни проблемам электросварки и мостостроению. Его талант, давший ему всемирное имя, особенно проявился в этом мосту, построенном в 1953 г. Этот мост является украшением и гордостью Киева, с которым Патон связал свою судьбу, начав читать лекции в Киевском политехническом институте с 1905 г. Кроме того, что мост Патона является большим достижением в деле мостостроения, он очень красив сам по себе. Красота его в том, что как будто бы моста совсем и нет. Как будто бы одна из улиц Киева каким-то волшебным путем перебрасывается с правого на левый берег» [16]. Американским сварочным обществом автодорожный мост им. Е.О. Патона длиной 1543 м включен в список выдающихся сварных конструкций XX века. А мост эксплуатируется и в настоящее время при нагрузке, превышающей расчётную в 10 раз.

Евгений Оскарович стремился передать бесценный опыт, накопленный за годы работы, которым он искусно и уверенно пользовался. Он часто вспоминал определение взаимоотношений науки и промышленности, данное инженером-металлургом Осмондом, и по-своему комментировал его: «По мнению Осмонда, промышленность – тело, душой которого является наука. Когда душа покидает тело, остается лишь умереть. Это очень хорошо сформулировано, но определяет только зависимость практики от науки. Я бы дополнил так: если душа – наука – не находит тела, в которое может вселиться, то она становится пустой схоластикой. Слияние науки и практики необходимо как для одной, так и для второй. Чем скорее они объединятся в единое творческое целое, тем лучше». В вышедшей уже посмертно одной из последних статей Е.О. Патона «Наш опыт работы в содружестве с промышленностью» эти раздумья были афористично сжаты в финальной фразе: «Наука, не обогащённая опытом практики, мертва, а, практика, лишённая достижений науки, бессильна» [1].

«Воспоминания» Е.О. Патон заканчивает словами: «С надеждой смотрю я на нашу талантливую молодежь. У большинства товарищей ещё сравнительно невелик стаж научной деятельности, но они научились работать коллективно, спаяно, дружно, не зазнаваться и критически оценивать свои успехи, держать тесную связь с жизнью, с производ-

ством. Это позволяет мне надеяться, что созданный нами почти двадцать лет тому назад Институт электросварки будет и дальше справляться со своими большими задачами. Киев, 1953» [1, с.320].

Литература:

1. Патон Е.О. Воспоминания. – К.: Гослитиздат УССР, 1956. – 320 с.
2. Великая Отечественная война Советского Союза 1941–1945: Краткая история. – М.: Воениздат, 1970. – 571 с.
3. Решения партии и правительства по хозяйственным вопросам. / Сборник документов за 50 лет. – М, 1968. – Т. 3.
4. История социалистической экономики СССР. – М., 1980. – Т. 6.
5. Containment: Documents on American Policy and Strategy, 1945–1950. – N.Y.: Columbia University Press, 1978.
6. Корниенко А.Н. История сварки. XV – середина XX вв. – Киев: «Феникс», 2004. – 212 с.
7. Ефетов Б.М. Ответственность принимаю на себя. Из воспоминаний о Е.О. Патоне. – Киев: Наукова думка, 1984. – 126 с.
8. Патон Е.О. Перспективы дальнейшего развития автоматической сварки в СССР. / Труды Всесоюзной конферен. по автоматич. сварке под флюсом. – К., 1948. – С. 52-55.
9. Патон Б.Е. Интервью. Газета «Сегодня», 30 декабря 2014 г. – С. 4.
10. Патон Б.Е. Интервью. Газета «Аргументы и факты», 27 ноября 2008 г.
11. Патон Б.Е. Сварка длинным, гибким электродом под флюсом. // Автогенное дело. – 1945. – № 1. – С. 1
12. Литвинов О.П. Сварочные технологии в УССР в условиях научно-технической революции второй половины XX ст. / Переяслав-Хмельницкий: ФЛП Лукашевич О.М. - 2014. – 406 с.
13. Корниенко А.Н., Макаренко Н.А. История создания и развития электрошлаковой сварки и наплавки. // Автоматическая сварка. – 1999. – № 9. – С. 81-90.
14. Патон Е.О., Шеверницкий В.В. Сталь для сварных мостов. / Книга: Труды по автоматической сварке под флюсом. – Киев: Изд-во АН УССР, 1949. – № 6. – С. 3-7.
15. Davis A.F. The saga of welded ships. // Welding journal. – 1945. – № 1. – P. 80-82.
16. Шульгин В.В. Письма к русским эмигрантам. – М.: Изд-во Соцэконом-литературы, 1961. – 254 с.



weldex 201
россварка

20-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ
ВЫСТАВКА СВАРОЧНЫХ
МАТЕРИАЛОВ, ОБОРУДОВАНИЯ
И ТЕХНОЛОГИЙ

ВЫСТАВКА ПРОЙДЕТ
В ОНЛАЙН-ФОРМАТЕ

НАЧАЛО
13.10.2020

ПОДРОБНОСТИ НА САЙТЕ
WWW.WELDEX.RU

0+

Тел.: +7 (499) 750-08-28
E-mail: weldex@hyve.group

Официальная
поддержка:



Генеральный
информационный
партнер:



Журнал
«Сварочное производство»



БЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ТРУДА

МИНИСТЕРСТВО ТРУДА И СОЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
АССОЦИАЦИЯ «СИЗ»
XXIV МЕЖДУНАРОДНАЯ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ВЫСТАВКА



www.asiz.ru

+7 495 7899 320

www.biotexpo.ru

Международная бизнес-конференция «СИЗ – глобальная проверка рынка 2020. Было-стало»

Пятитысячную аудиторию специалистов и профессионалов отрасли средств индивидуальной защиты собрала онлайн бизнес-конференция «СИЗ – глобальная проверка рынка 2020. Было-стало», которая состоялась 9 сентября 2020 г. на площадке Ассоциации «СИЗ» в рамках деловой программы выставки БИОТ-2020.

30 российских и зарубежных спикеров – руководителей и топ-менеджеров предприятий отрасли СИЗ, экспертов рынка, представителей профессиональных сообществ приняли участие в конференции. За время пандемии COVID19 российский и мировой рынки СИЗ подверглись глобальным изменениям. Вопросов, требующих всесторонней оценки и анализа, накопилось очень много. Онлайн-«марафон» продолжался без перерыва более 9 часов!

Программа была разбита на три основных блока. В первом из них российские и зарубежные эксперты рынка дали всестороннюю оценку процессам, происходившим в сфере средств индивидуальной защиты с момента начала пандемии. Представили количественные и качественные показатели по России, Европе и Миру в целом. Привели данные маркетинговых исследований относительно бывшего и будущего спроса на СИЗ, дали оценку действий государственных органов в условиях форс-мажорной ситуации.

Второй блок был отдан руководителям крупнейших предприятий отрасли СИЗ, где они поделились с коллегами своим опытом работы в условиях резко возросшего спроса на продукцию и отношения с регуляторами.

В третьем блоке спикеры попытались спрогнозировать будущее глобального спроса на СИЗ и выстроить механизмы действий в нестабильной экономике и непредсказуемой ситуации с развитием пандемии COVID-19.

Интерес зрителей не ослабевал до самого финала онлайн-форума. Вопросы поступали в течение всего эфира и продолжают непрерывно поступать до сих пор.

Все участники дали высокую оценку уровню и формату мероприятия, собравшему самый авторитетный состав выступающих. По опросу телеграмм-канала «Спецодежда и СИЗ. Охрана труда», больше всего зрители оценили актуальную повестку конференции. На вторую строчку рейтинга был поставлен представительный состав спикеров. Третье место с отрывом в один процент голосовавшие отдали работе ведущего – президента Ассоциации «СИЗ» Владимира Котова.

По итогам конференции единогласно было отмечено, что содержание выступлений и сопровождавшие их презентации помогли понять и оценить перспективы рынка СИЗ, наметить главные шаги в предстоящей работе по улучшению эффективности производства в условиях волатильного спроса на средства индивидуальной защиты.

Итоги форума еще долго будут обсуждаться профессиональным сообществом. Для более удобной работы с материалами бизнес-конференции специалисты Ассоциации «СИЗ» в скором времени сформируют библиотеку выступлений, разбив их по темам и спикерам. В данный момент запись конференции доступна на YouTube-канале Ассоциации «СИЗ» по ссылке: <https://youtu.be/K6LGUMclyRQ>

Ассоциация «СИЗ» благодарит участников и зрителей конференции. Ждем вас на полях БИОТ-2020, который пройдет с 8 по 11 декабря в «Экспоцентре» на Красной пресне.

Сайт выставки БИОТ-2020:
<http://www.biot-expo.ru/>

В ЦНИИТМАШ прошел первый онлайн-хакатон АТОМЭНЕРГОМАШ

Государственный научный центр РФ АО «НПО «ЦНИИТМАШ» (входит в машиностроительный дивизион «Росатома» – АО «Атомэнергомаш») организовал первый онлайн-хакатон Атомэнергомаш «Материалы и технологии. Разработка новых технологических решений». Целью мероприятия стала проработка перспективности тем и идей для дальнейшей реализации в рамках предприятия или акселератора. В 2-х дневном хакатоне приняли участие 80 сотрудников 7 дивизионов Госкорпорации из 14 городов.

Реализация решений, предложенных участниками, позволит улучшить целый ряд показателей – в частности, повысить безопасность персонала АЭС в процессе работы, снизить трудоемкость и увеличить скорость протекания процессов на реальных производствах дивизиона, а также развивать новые направления бизнеса машиностроительного дивизиона Росатома.

Участники хакатона разрабатывали решения для 3-х кейсов: по сварочным и наплавочным технологиям, технологии одностороннего ремонта трубопроводов АЭС с использованием автоматической аргодуговой сварки и технологии подводной сварки. Кейсы были подготовлены специалистами ЦНИИТМАШ на базе реально проводимых в институте НИОКР-ов и созданных недавно технологий и материалов.

В 1-й день хакатона участники объединились в 9 виртуальных команд и начали решать кейсы по алгоритму ТРИЗ (теория решения изобретательских задач), обучающий курс по методике которого они прошли незадолго до старта. Каждый из кейсов взяли в работу по 3 команды. Обсуждение внутри групп велось при поддержке экспертов и ТРИЗ-консультантов. В тот же день стартовал и конкурс селфи #НаскАЕМ, собравший 170 фотографий участников, а также был организован онлайн-квест по атомным городам.

Во 2-й день хакатона участники продолжали решать кейсы в команде под наблюдением экспертов и ТРИЗ-консультантов. В середине дня они подготовили итоговую презентацию с предлагаемыми направлениями решений и защитили их перед жюри. В жюри конкурса вошли генеральный директор ЦНИИТМАШ **Виктор Орлов**, заместитель генерального конструктора – начальник отделения конструкционной целостности АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС» **Павел Ведерников**, заместитель гендиректора по развитию АО «ВНИИХТ» **Павел Козлов**, директор департамента инвестиций АО «Атомэнергомаш» **Алина Пиляева**, начальник управления проектно-технологического сопровождения и инновационного развития АО «Атомэнергомаш» **Константин Балюра**, главный специалист управления проектно-технологического сопровождения и инновационного развития АО «Атомэнергомаш» **Игорь Толстов**.

Жюри рассмотрело все предложенные направления решения кейсов и определило 3 команды-победителя – по одной для каждого кейса. Ими стали группы «Плазма», «UP-STEAM» и «Бесконечность не предел». Все команды изъявили желание продолжить работу по проектам: совместно с учеными ЦНИИТМАШ оценить научную, производственную и экономическую эффективность предложенных решений и выйти с ними на рассмотрение в рамках научно-технического совета (НТС) АО «Атомэнергомаш» и НТС ЦНИИТМАШ в IV квартале 2020 г.

«При существенном росте количества работающих в дивизионе, структуры также имеют свойство усложняться и бюрократизироваться. Высокий темп работы над текущими задачами снижает инициативность. При этом развитие новых продуктов и направлений необходимо для обе-



спечения устойчивости в горизонте уже 3–5 лет. Поэтому в дивизионе запущена программа развития высокопотенциальной молодежи STEAM, в рамках которой проходил хакатон. Будущее за теми, кто умеет быстро находить нестандартные решения, соответствующие интересам бизнеса, проявляет вкус к постоянному самообучению, не боится выхода за пределы «зоны комфорта». Результат хакатона впечатлил даже научных скептиков», – считает **Юлия Николаева** заместитель гендиректора по управлению персоналом АО «Атомэнергомаш».

«Формат, опробованный на площадке ЦНИИТМАШ, будет продолжен на других площадках АЭМ и, мы надеемся, сможет дать не только новые возможности для развития молодежи, но и практическую пользу дивизиону и отрасли. Предложенные участниками направления решений вполне могут лечь в основу реальных экономических и технологически эффективных проектов в контуре Росатома и за его пределами. Если ребята приложат достаточно усилий по доработке после хакатона, то у проектов есть вполне реальный потенциал для выхода на Единый отраслевой тематический план НИОКР Росатома, гранты Минобрнауки и Минпромторга, аванпроекты АЭМ», – рассказал **Антон Захаров**, заместитель гендиректора ЦНИИТМАШ по управлению персоналом и один из организаторов мероприятия. Он также отметил, что хакатон – это еще и возможность для молодых специалистов освоить новые инструменты работы, форматы взаимодействия, расширить сеть профессиональных контактов.

www.cniitmash.ru

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА

Название книги	Цена (руб.)*
В. М. Литвинов, Ю. Н. Лысенко. Кислородная резка и внепечной нагрев в тяжелом машиностроении. 2017.— 368 с. 600	
В. И. Лакомский, М. А. Фридман. Плазменно-дуговая сварка углеродных материалов с металлами. 2004.— 196 с. 400	
А. Н. Корниенко. История сварки. под ред. акад. Б. Е. Патона. — 2004 г. — 210 с. 700	
А. А. Кайдалов. Электронно-лучевая сварка и смежные технологии. Издание 2-е, переработанное и дополненное. 2004.— 260 с. ... 500	
В. Я. Кононенко. Газовая сварка и резка. 2005.— 208 с. 400	
С. Н. Жизняков, З. А. Сидлин. Ручная дуговая сварка. Материалы. Оборудование. Технология. 2006.— 368 с. 500	
А. Я. Ищенко и др. Алюминий и его сплавы в совре- менных сварных конструкциях. 2006.— 112 с. с илл. ... 400	
П. М. Корольков. Термическая обработка сварных соединений. 3-е изд., перераб. и доп. 2006.— 176 с. ... 400	
А. Е. Анохов, П. М. Корольков. Сварка и термиче- ская обработка в энергетике. 2006.— 320 с. 500	
Г. И. Лащенко. Способы дуговой сварки стали плавающим электродом. 2006.— 384 с. 500	
А. А. Кайдалов. Современные технологии термической и дистанционной резки конструкционных материалов. 2007.— 456 с. ... 500	
П. В. Гладкий, Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев. Плазменная наплавка. 2007.— 292 с. 500	
** А. Г. Потапьевский. Сварка в защитных газах плавающим электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. 2007.— 192 с. 500	
Г. И. Лащенко, Ю. В. Демченко. Энергосберегающие технологии послесварочной обработки металлоконструкций. 2008.— 168 с. 400	
Б. Е. Патон, И. И. Заруба и др. Сварочные источники питания с импульсной стабилизацией горения дуги. 2008.— 248 с. 400	
З. А. Сидлин. Производство электродов для ручной дуговой сварки. 2009.— 464 с. 600	
В. Н. Радзиевский, Г. Г. Ткаченко. Высокотемпературная вакуумная пайка в компрессоростроении. 2009.— 400 с. 500	
В. Н. Корж, Ю. С. Попиль. Обработка металлов водородно-кислородным пламенем. 2010.— 194 с. ... 400	
Нормирование расхода покрытых электродов при ручной дуговой сварке и наплавке. Нормирование расхода сварочных материалов при сварке под флюсом. Справочные пособия. 2008.— 68 – 68 – 40 с. 200	
** Г. И. Лащенко. Современные технологии сварочного производства. 2012.— 720 с. 400	

* Цены на книги указаны без учета стоимости отправки.

** Продается только в электронной версии.

Тарифы на рекламу в 2020 г.

На внутренних страницах		
Площадь	Размер, мм	Стоимость, руб.*
1 полоса	210×295	25000
1/2 полосы	180×125	13000
1/4 полосы	88×125	7000
На страницах основной обложки		
Страница	Размер, мм	Стоимость, руб.
1 (первая)	215×185	50000
4 (последняя)	210×295 (после обрезки 205×285)	36000
2		33000
3		30000

(*все цены в руб. с НДС)

Изготовление оригинал-макета

- 10% стоимости рекламной площади

Статья на правах рекламы

- 1 стр. — 12 000 руб.

Прогрессивная система скидок

Количество подач	2	3	4	5	6
● Скидка	5%	10%	13%	17%	20%

Требования к оригинал-макетам

Для макетов «под обрез»: формат издания после обрезки 205×285 мм; до обрезки 210×295 мм; внутренние поля для текста и информативных изображений не менее 15 мм.
Файлы принимаются в форматах: PDF, AI, INDD, TIF, JPG, PSD, EPS, CDR, QXD с прилинкованными изображениями и шрифтами. Изображения должны быть качественными, не менее 300 dpi, цветовая модель CMYK, текст в кривых, если нет шрифтов. Размеры макета должны точно соответствовать указанным редакцией.

Зам. глав. ред., рук. ред., **В. Г. Абрамишвили**, к.ф.-м.н.:
тел./факс: +380 44 200-80-14, моб.: +380 50 413-98-86,
моб.: +380 95 146-06-91
e-mail: welder.kiev@gmail.com
www.welder.stc-paton.com

Подписка-2020 на журнал

«Сварщик в России»

Подписной индекс **20994**
в каталоге «Пресса России»

Подписной индекс **E20994**
в каталоге Агентства «Книга-Сервис»

Подписной индекс **K0103**
в каталоге российской прессы
«Почта России» — персональная подписка

На электронную версию журнала можно
подписаться в редакции или на сайте:
www.welder.stc-paton.com (скидка 30 %)