



КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В. Ф. ДЕМЧЕНКО, д-р техн. наук, **С. С. КОЗЛИТИНА**, инж. (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Описаны системы информационного обеспечения технологий сварки и наплавки, разработанные в ИЭС им. Е. О. Патона

Ключевые слова: технология сварки и наплавки, сварочные материалы, режимы сварки, сварочные аэрозоли, металлургическое оборудование, аттестация специалистов, информационные системы, экспертные системы

Большое количество разнообразных способов сварки, сварочных материалов, типов сварных соединений, форм разделки и пространственного положения сварного шва, толщины и химического состава основного металла, вариантов режимов и других условий сварки обуславливают необходимость создания современных систем информационного обеспечения сварочного производства, ориентированных на специалистов, работающих в службах главного сварщика машиностроительных предприятий. Наряду с информационно-поисковыми, документальными, менеджерскими и другими информационными системами особый интерес представляет создание компьютерных систем проектирования сварочных технологий, которые аккумулировали бы накопленные знания, данные и имеющийся опыт высококвалифицированных специалистов в области сварки. Разработку подобных систем целесообразно вести таким образом, чтобы последовательно «накрывать» информационными системами отдельные предметные области сварочного производства.

Остановимся кратко на анализе существующих подходов к созданию систем информационного обеспечения. Первой формой компьютерного упорядочения информации были базы данных, организованные в виде файлов машиночитаемой информации. Несмотря на эволюцию, прошедшую за последние 40 лет, все базы данных ограничены включением только пассивной информации, отвечающей на вопрос *что?* Пассивный характер баз данных выражается в следующем: отвечая на вопрос *что?*, эти информационные системы подразумевают, что их пользователь знает ответ на вопрос *как?*, т. е. знает, как этими данными распорядиться для решения поставленной перед ним задачи. Если в память компьютера дополнительно к пассивной вводятся активная информация, отвечающая на вопрос *как?*, то, тем самым, база данных дополняется базой знаний. Построенные по такому принципу информационные системы принято называть экспертными системами. Специалисты Британского компьютерного общества дают, такое определение экспертной системы: «Под

экспертной системой понимается система, объединяющая возможности компьютера со знанием и опытом эксперта в такой форме, что система может предложить разумное решение поставленной задачи». Под такое весьма общее и широкое определение попадают самые разнообразные компьютерные системы, однако в любом случае при создании экспертной системы существенное значение имеет наличие двух фигурантов: предметного эксперта и инженера по знаниям. Функция первого из них — предоставить информационное сырье в форме данных и знаний, необходимых для создания экспертной системы в данной проблемной области. Инженер по знаниям систематизирует, обрабатывает и обобщает полученную информацию, создает модели баз данных и знаний, проектирует и разрабатывает соответствующее программное обеспечение.

Вопрос *как?*, на который отвечают экспертные системы, имеет два продолжения: *как поступать?* — так называемые оперативные экспертные системы, относящиеся к фактуальной экспертизе; *как понимать?* — когнитивные экспертные системы, относящиеся к интерпретационной экспертизе. Фактуальная экспертиза обеспечивает решение инженерных задач, в то время как интерпретационная является инструментом, ориентированным на научных работников и предназначенным для проектирования новых технологических процессов.

При разработке конкретной экспертной системы всегда возникают два вопроса: 1) насколько полной и достоверной является имеющаяся у эксперта информация по базам данных и базам знаний с точки зрения возможности решения поставленной задачи, обеспечения достоверности и качества компьютерных решений; 2) что делать с тем фактом, что часть информации неизбежно устаревает, и как поддержать систему в актуальном состоянии возможно длительное время? При ответе на первый вопрос первостепенное значение имеют опыт и квалификация эксперта, однако, вместе с тем, наиболее успешное решение проблемы достоверности информационного сырья достигается путем создания количественных моделей баз данных, которые позволяют на формальном уровне отсеивать заведомо недостоверную информацию. Проблема поддержания информационной системы в актуальном состоянии в определенной мере решается путем создания специальных редакторов



баз данных, которые дают возможность пользователю самостоятельно пополнять базы новой информацией, корректировать имеющуюся или удалять неактуальную для данного конкретного пользователя информацию, конфигурируя информационную систему в нужном для себя направлении.

Идеология экспертных систем оказывается чрезвычайно привлекательной для информатизации сварочного производства. В настоящей работе описаны некоторые информационные системы в области сварки, разработанные за последние годы в Институте электросварки им. Е. О. Патона.

Экспертная система «Наплавка» [1] (эксперт И. А. Рябцев). Предназначена для проектирования технологий механизированной электродуговой наплавки применительно к 12 способам наплавки для деталей типа тел вращения и с плоской наплавляемой поверхностью, работающих в различных отраслях промышленности (в металлургии, горнодобывающей, химическом машиностроении, сельском хозяйстве и др.). Структурно система состоит из нескольких подсистем: выбора наплавочного материала; проектирования технологии наплавки; редактора баз данных наплавочных материалов; банка технологий наплавки. Подсистема выбора наплавочного материала опирается на базу данных наплавочных материалов, которая в авторском варианте содержит информацию о 280 материалах, используемых в странах СНГ. Последняя включает данные о применении наплавочного материала (условия работы и виды изнашивания детали), сварочно-технологических характеристиках материала, износостойкости наплавлен-

ного металла и др. Детали, работающие в сходных условиях, сгруппированы в 42 группы (рис. 1), так что пользователю достаточно указать группу, к которой относится наплавляемая им деталь, чтобы получить рекомендации о подходящих наплавочных материалах. Для более точного определения оптимального наплавочного материала требуется дополнительно сообщить компьютеру детальную информацию об условиях работы и видах изнашивания детали. При наличии альтернативы в выборе материала система обеспечивает пользователя информационной поддержкой в виде данных (рис. 2) о химическом составе, износостойкости и сварочно-технологических характеристиках наплавленного металла. Благодаря этой поддержке пользователь, исходя из индивидуальных критериев качества, предъявляемых к наплавке данной детали, может выбрать подходящий наплавочный материал. База данных наплавочных материалов поддерживается в актуальном состоянии с помощью специального редактора, позволяющего пользователю самостоятельно вводить данные о новых наплавочных материалах или редактировать существующую информацию.

Подсистема проектирования технологии наплавки дает рекомендации о подходящих способах и технике наплавки данной детали и в зависимости от типа детали, ее габаритов и пространственного положения наплавленного слоя предлагает пользователю варианты рациональных режимов наплавки сварочными проволоками (лентами) различного диаметра. Итогом работы экспертной системы «Наплавка» является выходной документ, в ко-

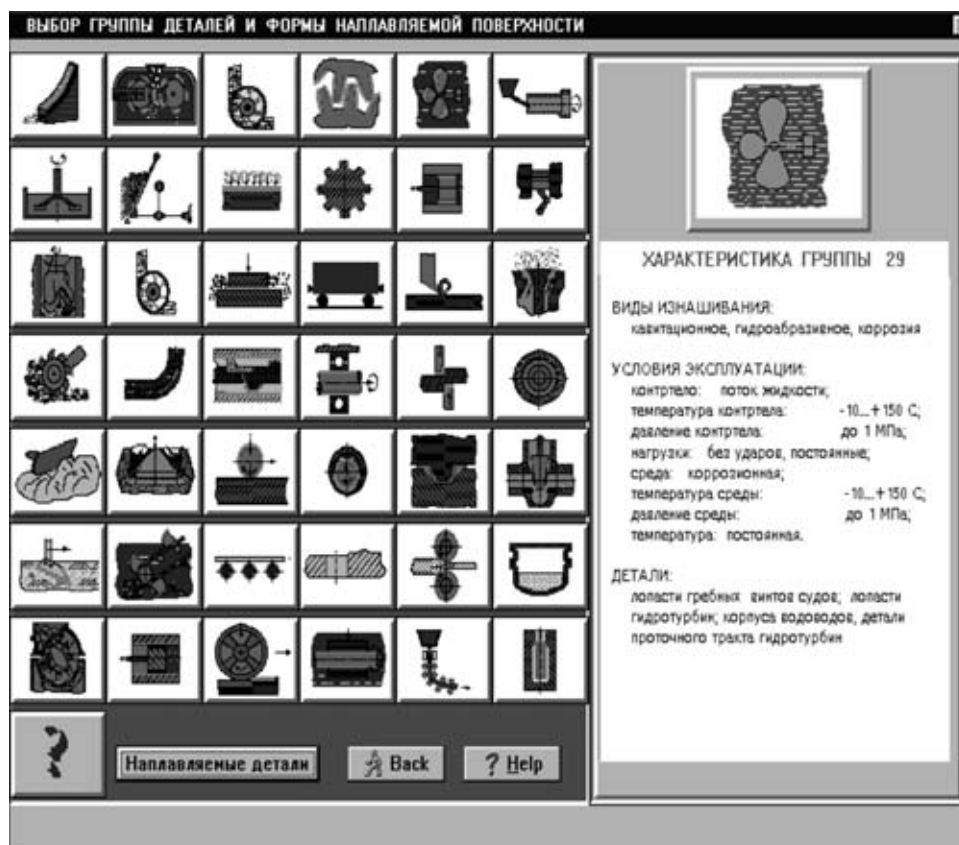


Рис. 1. Классификация наплавляемых деталей по группам

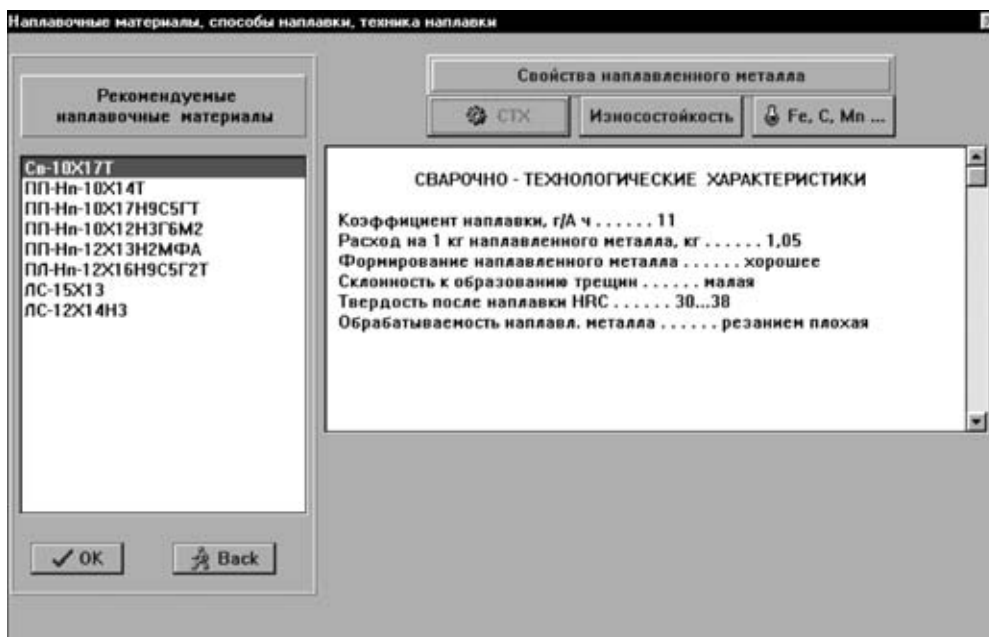


Рис. 2. Информационная поддержка решения о выборе наплавочного материала



Рис. 3. Итоговый документ работы экспертной системы «Наплавка деталей металлургического оборудования»

тором отражены результаты совместной работы технолога-сварщика и компьютера по проектированию технологии наплавки. Банк данных технических решений позволяет накапливать в памяти компьютера рекомендации по технологии наплавки отдельных деталей и узлов, полученных при помощи экспертной системы «Наплавка», а также корректировать эту информацию по результатам опытной проверки, создавая тем самым на предприятии банк характерных технологий наплавки.

Экспертная система проектирования технологий наплавки деталей металлургического оборудования [2] (эксперт И. А. Рябцев). Является дочерним продуктом экспертной системы «Нап-

лавка», ориентированным на проектирование технологий наплавки деталей металлургического оборудования. Базы данных и базы знаний системы содержат информацию о наплавке нескольких сотен деталей металлургического оборудования. Поиск информации организован по иерархической цепочке «Производство (цех металлургического предприятия)» — «Агрегат» — «Деталь». В качестве иллюстрации работы этой системы приведен итоговый документ работы системы (рис. 3), в котором даются рекомендации о подходящем сварочном материале, способе и режиме наплавки, сварочном оборудовании, условиях предварительного подогрева детали и ее охлаждения после наплавки.



Экспертная система проектирования технологий сварки легких сплавов (эксперты А. Я. Ищенко, В. П. Будник). Разработанная экспертная система аккумулировала знания, практический опыт и данные по технологиям сварки легких сплавов, реализованные в виде баз данных и баз знаний. В состав экспертной системы входят следующие фактографические и графические базы данных: основных материалов; сварных соединений; сварочных материалов; способов и режимов сварки; сравнительных характеристик способов сварки. База данных сварных соединений включает информацию о формах разделки сварного шва для стыковых, угловых, тавровых и нахлесточных соединений, допустимых способах сварки для данной формы разделки, а также геометрические ограничения на толщину металла и длину шва. В качестве иллюстрации работы системы на рис. 4 приведен элемент диалога пользователя с компьютером, в процессе которого выбирается форма разделки шва для стыкового соединения с заданной толщиной основного металла. Экспертная система позволяет выбирать сварочные материалы, способ и режимы сварки для различных систем легирования и марок основного металла.

Банк данных гигиенических характеристик сварочных аэрозолей [3] (эксперты О. Г. Левченко, В. А. Метлицкий). Информация о сварочных аэрозолях сосредоточена в базах данных, созданных для покрытых электродов, сварочных проволок и флюсов. Они содержат информацию о факторах, влияющих на химический состав и уровень выделений сварочных аэрозолей (марка присадочного материала, диаметр и тип проволоки, способ и режим сварки, состав защитной смеси и др.), а также данные об уровнях выделения газообразных и твердых компонентов сварочных аэрозолей. Для формирования баз данных и их поддержания в актуальном состоянии в процессе

эксплуатации компьютерной системы разработан редактор баз данных, который позволяет осуществлять их первичное наполнение и последующее редактирование.

Поиск информации в базах данных осуществляется по заданной марке сварочного материала, результат оформляется в виде выходного документа, в котором отображаются данные об условиях сварки и гигиенических показателях, характеризующих химический состав, уровень выделений и токсичность сварочных аэрозолей. По данным предельно допустимой концентрации сварочных аэрозолей рассчитывается производительность общеобменной вентиляции. Даются рекомендации по оборудованию для вентиляции рабочего места и средствам индивидуальной защиты органов дыхания сварщиков (рис. 5). Благодаря детальному описанию условий сварки и уровней выделения сварочных аэрозолей по результатам работы компьютерной системы можно осуществить гигиеническую оценку процесса сварки для каждой марки сварочного материала, дать конкретные рекомендации по применению соответствующих средств защиты сварщиков и провести полный анализ влияния всех факторов на количественный и качественный состав сварочного аэрозоля, а также его токсичность. Последнее дает возможность проводить гигиеническую оптимизацию процесса и технологии сварки, оптимизировать состав сварочных материалов на стадии их разработки, выбрать среди имеющихся марок сварочных материалов менее токсичные.

Банк данных режимов сварки в CO_2 , под флюсом и в инертных газах (эксперт П. Зайффарт). В банке данных аккумулирована информация о режимах сварки в зависимости от толщины основного металла, способа и положения сварки, типа сварного соединения. Например, для полуавтоматической сварки в CO_2 данные о режимах

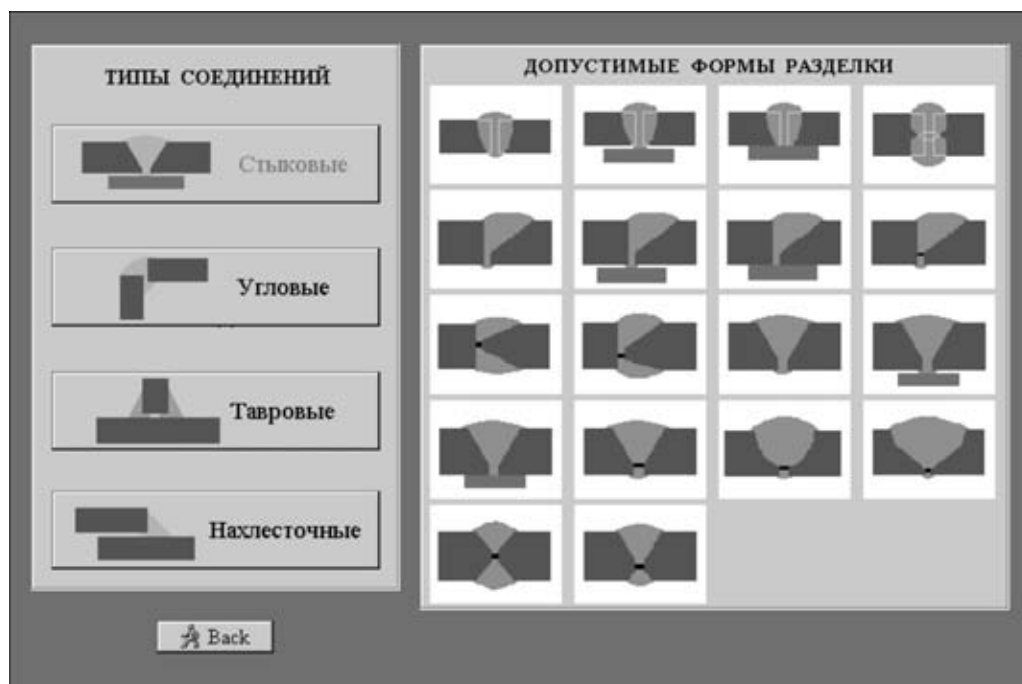


Рис. 4. Выбор типа сварного соединения и формы разделки кромок при сварке легких сплавов



**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЗАЩИТЕ СВАРЩИКОВ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
ОТ СВАРОЧНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ**

ВЕНТИЛЯЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

- ☐ Фильтровентиляционный агрегат "Темп-2000" с комбинированным фильтром из материалов 6В19-КТ и сорбционно-фильтрующего типа ЦМ

СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

- ☐ Устройство очистки и подачи воздуха под маску сварщика "Шмель-40 ФГП" с комбинированным фильтром из материалов НФП-50-0,6А и сорбционно-фильтрующего типа ЦМ
- ☐ Респиратор типа "Снежок ГП-В"



НАЗНАЧЕНИЕ

Устройство предназначено для защиты органов дыхания от сварочного аэрозоля. Обеспечивает постоянный приток очищенного воздуха в резиновую полумаску, которая крепится на лице под щитком сварщика. Система очистки воздуха крепится на поясе сварщика.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Производительность подачи воздуха

? [Дополнительная информация](#)

← [Назад](#)

Рис. 5. Рекомендации по защите сварщиков и окружающей среды от сварочных аэрозолей

охватывают толщины до 200 мм с информацией о количестве проходов, режимах сварки для корневого, заполняющих и декоративного швов, а при Х-образной разделке эти данные приводятся для заполнения нижней и верхней разделки. В ряде случаев режимы сварки иллюстрируются микрошлифом сварного шва (рис. 6), что дает возможность пользователю из альтернативных вариантов режимов выбрать наиболее рациональный с его точки зрения. В настоящее время база данных содержит 1200 записей о режимах сварки.

Компьютерная система аттестации специалистов (эксперты П. Зайффарт, А. Шарф). Представляет собой некоторую унифицированную оболочку, предназначенную для аттестации и обучения слушателей учебных курсов. В состав системы входят три модуля: модуль формирования экзаменационных вопросов, экзаменационных билетов и учебного материала (редактор соответствующих баз данных); модуль тестирования знаний слушателя с элементами обучения; экзаменационный модуль, осуществляющий официальную аттестацию знаний слушателя по отдельным разделам курса. Система позволяет поддерживать несколько учебных курсов, каждый из которых имеет некоторое количество разделов. Экзаменационный вопрос содержит варианты ответов, из которых один или несколько являются правильными. Предусмотрено четыре различных шаблона ответов на экзаменационный вопрос: текстовые ответы и графические варианты ответов, в том числе и с рисунком, поясняющим вопрос. При помощи редактора имеется возможность сформировать базы экзаменационных вопросов к различным учебным курсам. Из них преподаватель генерирует экзаменационные билеты, по своему усмотрению выбирая вопросы, относящиеся к различным разделам курса. При работе экзаменационного модуля из комплекта би-

летов компьютер по датчику случайных чисел выбирает билет, на который слушатель должен ответить в течение заданного времени. Правильность ответов оценивается по 100-балльной системе. Тестирующий модуль служит для подготовки учащихся к сдаче экзаменов и также может быть использован в качестве вспомогательного средства в учебном процессе. В отличие от экзамена при тестировании экзаменационный билет генерируется по датчику случайных чисел из базы экзаменационных вопросов. При этом слушатель имеет возможность не только проконтролировать правильность своих ответов, но и получить информационную поддержку в том случае, если ответ оказался неверным. Для этой цели редактор баз данных экзаменационных вопросов устанавливает связь между вопросом и соответствующим разделом электронного учебника, который преподаватель предварительно готовит при помощи специального программного средства. При этом имеется также возможность непосредственного доступа к электронному учебнику через его оглавление. Разработанная компьютерная система может быть использована на кафедрах высших учебных заведений, промышленных предприятиях, средних учебных заведениях для аттестации слушателей и специалистов. Предусматривается, в частности, ее применение при подготовке и аттестации специалистов по курсу европейских инженеров-сварщиков. С этой целью экспертами подготовлены базы экзаменационных вопросов по нескольким учебным курсам, а также разработан соответствующий электронный учебник. Оценивая перспективу развития и использования электронных средств информационной поддержки сварочного производства, авторы полагают, что изложенные в настоящей статье компьютерные системы вместе с другими системами, которые уже разработаны [4] или будут разработаны в даль-


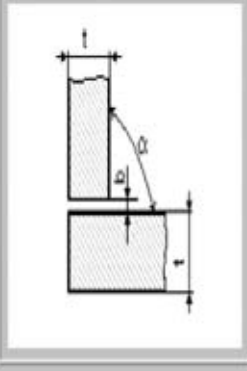


Способ сварки
сварка в смеси газов (Ar + 18% CO₂)

Вид сварного шва угловой, односторонний

Положение шва РВ

Толщина металла (t) 8 мм

Макрошлиф шва

Режимы сварки обеспечивают качественное формирование шва и условие свариваемости

d пр. (мм)	Колесо шлева	I (А)	U (В)	V (см/мин)	V пр. (м/мин)	Погонная энергия (Дж/см)	Макрошлиф
1.2	1	320	25.0	30	10.5	16000	*
1.2	1	270	23.0	30	7.9	12420	*
1.2	1	300	26.0	40	9.3	11700	*
1.2	1	260	23.0	40	7.0	8970	*
1.2	1	320	31.0	60	10.5	9920	*
1.2	1	290	27.0	60	9.0	7830	*
1.2	1	330	28.0	80	11.1	6930	*
1.2	1	305	23.0	80	9.9	5261.2	*

Для просмотра макрошлифа шва выберите режим сварки

← Назад ✕ Выход

Рис. 6. Варианты режимов сварки угловых швов в инертных газах (18 % CO₂ + Ar)

нейшем, позволят создать на машиностроительных предприятиях компьютеризированное рабочее место технолога-сварщика, обеспечив возможность использования специалистами служб главного сварщика опыта и знаний высококвалифицированных экспертов.

Авторы выражают искреннюю признательность экспертам за многолетнее плодотворное сотрудничество в создании описанных выше систем информационного обеспечения в области сварки.

1. *Экспертная система по технологиям механизированной электродуговой наплавки* / П. В. Гладкий, В. Ф. Демченко, И. А. Рябцев, С. С. Козлитина // Свароч. пр-во. — 1996. — № 2. — С. 23–26.
2. *Демченко В. Ф., Рябцев И. А., Козлитина С. С. Компьютерное проектирование технологий наплавки металлургического оборудования* // Сварщик. — 1999. — № 2. — С. 14–15.
3. *Информационно-поисковая система гигиенических характеристик сварочных аэрозолей* / В. Ф. Демченко, О. Г. Левченко, В. А. Метлицкий, С. С. Козлитина // Свароч. пр-во. — 2001. — № 8. — С. 41–43.
4. *Махиенко В. И., Королева Т. В., Лавриец И. Г. Компьютерная система выбора сварочных материалов для дуговой сварки конструкционных сталей* // Автомат. сварка. — 2003. — № 2. — С. 14–18.

Described are the information support systems developed by the E.O.Paton Electric Welding Institute for welding and surfacing technologies.

Поступила в редакцию 06.10.2003