
УДК 621.791: 378.162.36

М. В. Мельник

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБУЧЕНИЯ УЧАЩИХСЯ РАБОЧЕЙ ПРОФЕССИИ
СВАРЩИК С ПРИМЕНЕНИЕМ СВАРОЧНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ
(ИМИТАТОРОВ)**

UDC 621.791: 378.162.36

M. V. Melnik

**IMPROVEMENT OF WELDING STUDENTS TRAINING WITH THE USE
OF WELDING SIMULATORS (IMITATORS)**

Аннотация

Приведен анализ основных характеристик современных сварочных тренажеров отечественных и зарубежных производителей. Предложена методика совершенствования обучения учащихся рабочей профессии сварщик с применением сварочных тренажеров.

Ключевые слова:

сварка, сварочные тренажеры, технические средства обучения, аттестация сварщиков.

Abstract

The analysis of basic characteristics of modern welding training simulators of domestic and foreign producers is done. The methodology to improve students' training in welding trade with the use of welding training simulator is offered.

Key words:

welding, welding training simulators, training facilities, certification of welders.

Введение

Сварка является одним из важнейших технологических процессов в современной промышленности. Ручная дуговая сварка в настоящее время остается одним из основных и распространенных способов получения неразъемных соединений. Развитие и усложнение строительного комплекса, применение современных конструкций и материалов, внедрение европейских и международных стандартов требует высокой квалификации персонала. Рабочие-сварщики должны обладать знаниями, умениями и навыками в соответствии с профессионально-квалификационной характеристикой, грамотно перерабатывать информацию, что особенно важно

при возникновении сложных, в том числе аварийных, ситуаций, уметь быстро принимать решения по устранению неполадок [1]. При выполнении ручной дуговой сварки до 40...50 % брака возникает из-за неэффективного управления процессом вследствие низкой квалификации и плохой подготовки сварщиков, поэтому важным является эффективное обучение квалифицированных сварщиков ручной дуговой сварки [2].

Недостаток квалифицированных сварщиков и специалистов сварочного производства приводит к ухудшению качества работ. Снижение этого дефицита возможно только при условии повышения эффективности профессионального образования и модернизации

процесса подготовки сварщиков и специалистов по сварке [3] с применением современных информационных технологий [4].

Появление тренажеров, основанных на технологии виртуальной реальности, позволяет более качественно обучать учащихся рабочей профессии сварщик. При этом сокращаются время и затраты на практическое обучение.

Основная часть

До настоящего времени теоретическую подготовку, как правило, осуществляют путём аудиторных занятий, при этом учебные планы строят по модульному принципу с обязательным контролем знаний и умений, полученных на занятиях, по каждому модулю и окончательным экзаменом (зачетом) после завершения полного курса теоретической подготовки.

В последние годы наблюдается интенсивный поиск новых, базирующихся на компьютерных мультимедийных технологиях методик, форм и средств обучения сварщиков и специалистов сварочного производства. Применение таких технологий существенно расширяет возможности индивидуального обучения и самостоятельного приобретения знаний обучающимися, обеспечивает возможность дистанционного общения с преподавательским составом учебных заведений через Интернет, получения необходимой информации не только в виде текстов, но и в виде анимаций, видеофильмов [5]. Разработка методик и средств обучения сварщиков и специалистов в области сварки и родственных технологий с применением компьютерных технологий, интерактивных досок и других современных мультимедийных средств обучения ведется в России (НАКС, МГТУ им. Н. Э. Баумана, ВолгГТУ, ДГТУ и др.), в Украине (ИЭС им. Е. О. Патона, Институт новых технологий в образовании и др.), в странах Европейского союза, Китае, Бразилии,

Японии, Австралии и др. Наиболее значимые результаты совершенствования системы подготовки сварщиков и специалистов сварочного производства получены в Германии [6]. Разработанные там методики и средства обучения имеют ряд преимуществ по сравнению с классическими: индивидуальный выбор времени, вида и темпа обучения, сокращение его стоимости, возможность обучения и повышения квалификации без отрыва от работы, унификация требований к качеству продукции сварочного производства со взаимопризнанием различных систем аттестации и подготовки специалистов.

Актуальным на сегодняшний день является совершенствование процесса обучения операторов-сварщиков ручной дуговой сварки, снижение затрат, повышение качества подготовки специалиста рабочей профессии сварщик, а также сокращение времени на обучение путем совмещения (без переналадки) традиционных программ подготовки и нового программного модуля (мультимедиа). Наиболее перспективными в процессе совершенствования подготовки специалистов по сварке являются методы, базирующиеся на современных информационных технологиях, позволяющие не только моделировать перемещение электрода в трехмерном пространстве, проводить виртуальный процесс сварки, но и получать качественные сварные соединения [2].

В настоящее время информационные технологии в области сварки эффективно развиваются по следующим направлениям:

- разработка и практическое использование электронных учебников;
- применение для самоподготовки или получения допуска к работе программ тестирования для проверки знаний;
- применение сварочных тренажеров для практического обучения приемам сварки.

Сварочные тренажеры являются лишь имитаторами. Их применение целесообразно только совместно с классическими средствами обучения. Изменения необходимо вносить не только в методику проведения занятий, но и в излагаемый материал в рамках специальности. По мнению автора, совмещение известных методов обучения и новых, связанных с современными технологиями, создает условия для лучшего усвоения знаний обучающихся по специальности сварщик. Целесообразно добавить теоретический курс в начале обучения с применением сварочных тренажеров (с помощью мультимедиа показать, как происходит процесс сварки, как правильно формируется сварной шов, каковы металлургические процессы при сварке, особенности поведения сварочной ванны, существующие дефекты).

Для улучшения качества обучения следует:

- разработать методику проведения лабораторных занятий с использованием технических средств обучения;
- применить в процессе обучения электронные учебники;
- разработать электронную базу с наиболее известными марками сталей и сплавов, свариваемых ручной дуговой сваркой;
- опробовать и внедрить в процесс обучения сварочные тренажеры или симуляторы по сварке, предназначенные для манипулирования сварочной дугой;
- оценить необходимость применения указанных технических средств обучения в подготовке будущих инженеров-педагогов и мастеров производственного обучения.

Согласно [7], в зависимости от уровня специалиста соотношение теоретической и практической подготовки может изменяться в диапазоне от 5...10 и 90...95 % для рабочих-сварщиков, 70 и 30 % для инженеров-сварщиков соответственно.

Обучение сварщиков, повышение их квалификации и поддержание навыков и умений выполнения различных видов сварки с учетом особенностей методов профессиональной подготовки являются весьма сложными, дорогостоящими и энергоемкими процессами, если их выполнять в реальных условиях на сварочном оборудовании с использованием сварочных материалов и образцов [5].

К техническим средствам обучения, которые позволяют усовершенствовать процесс подготовки специалистов по сварке, относятся:

- информационные средства обучения (радиовещание, учебное кино и учебное телевидение, статическая диапроекция);
- средства контроля знаний (тестовые и контролирующие программы и другие компьютерные средства, позволяющие хранить, передавать и проверять правильность усвоения обучающимися информации учебного назначения);
- тренажеры (пакеты прикладных программ, компьютерные тренажеры, лабораторные практикумы, экспертно-обучающие системы и другие компьютерные средства);
- комбинированные средства обучения (замкнутые учебные телевизионные системы, лингафонные кабинеты, компьютерные системы).

Сварочная наука и техника развивается, совершенствуется, и, как следствие, появляется необходимость создания технических средств обучения сварщиков, в частности тренажерно-обучающих устройств и систем. Для повышения качества подготовки специалистов по рабочей профессии сварщик сегодня широко применяются тренажеры (имитаторы).

Тренажер – это симулятор движений сварщика во время выполнения сварочной работы с отображением процесса сварки и полученных результатов. Тренажеры используют для выработки моторных навыков сварщика ручной и

механизированной дуговой сварки. Тренажерные средства применяются в качестве информационно-справочных систем для теоретической подготовки к аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства [8]. По степени имитации процесса сварки тренажеры (имитаторы) подразделяются на компьютерные и искровые. В компьютерных тренажерах имитация сварочной зоны и сварочной дуги происходит с помощью синтеза изображений и приемов машинной графики в виртуальном пространстве [4]. Искровые тренажеры более реально воспроизводят сварочные процессы; особенностью этих тренажеров является обратная аудиовизуальная связь по основным параметрам: углу наклона электрода-имитатора, длине дуги, тепловому режиму ванны.

Институт электросварки им. Е. О. Патона (ИЭС – Paton Electric Welding Institute) и ИПМЭ им. Г. Е. Пухова НАН Украины разработали в 1981 г. первый в мире дисплейный тренажер сварщика, позволивший впервые оценить на практике перспективность использования информационных технологий при подготовке сварщиков [9] и явившийся прообразом многих тренажеров, разработанных впоследствии.

Работа тренажера основана на имитации средствами электроники основных процессов сварки. При этом проводится количественная оценка технологических параметров, влияющих на качество сварного соединения. Тренажер позволяет:

- оценивать навыки и физиологическое состояние сварщика на основе регистрации точных движений его руки с электрододержателем;
- усложнять или упрощать имитируемую сварочную ситуацию в зависимости от уровня подготовки обучаемого;
- изменять в широких пределах основные параметры сварочного процесса;
- вводить в сценарий подготовки

экстремальные ситуации;

- многократно возвращаться к повторению нужного эпизода;
- получать объективную оценку знаний обучаемого или испытуемого.

Развитие систем тренинга по сварке продолжилось в работах ИЭС и SLV Halle, в 2005 г. GSI mbH представил автоматизированный сварочный тренажер международным специалистам на выставке «Сварка и резка».

Автором проведен анализ характеристик пяти видов сварочных тренажеров отечественных и зарубежных производителей: Fronius Virtual Welding, тренажер сварщика для обучения электросварщиков дуговым способом сварки ТСДС-06М, дуговой тренажер сварщика ДТС-02, малоамперный дуговой тренажер сварщика МДТС-05М, Lincoln Electric VRTEX 360.

Тренажер сварщика для обучения электросварщиков дуговым способом сварки ТСДС-06М применяется в качестве технического средства обучения, предназначен для тренировки, повышения квалификации, тестирования, допускового контроля и аттестации электросварщиков дуговой сварки.

Сварочный тренажер обеспечивает возможность обучения с использованием реальных сварочных образцов, выполняемых ручной дуговой сваркой покрытыми электродами и неплавящимся электродом в среде инертных газов (ТИГ) с подачей присадочной проволоки и без нее.

Тренажер ТСДС-06М позволяет:

- вводить исходные данные сварочного процесса в диалоговом режиме или загружать учебные задания;
- автоматически устанавливать уровень сварочного тока в соответствии со значениями, задаваемыми учебной программой или программой сварщика;
- совершенствовать навыки сварки с использованием реальных сварочных образцов в соответствии с нормативно-технической документацией;
- отображать на экране монитора

компьютера текущие, мгновенные и усредненные значения параметров реальных сварочных процессов, сравнивать возможные отклонения от заданных или нормативных значений;

- выполнять с помощью цифрового индикатора блока контроль текущих численных значений сварочного тока, напряжения дуги, расхода инертного газа при ТИГ-процессе;

- осуществлять обратную связь с обучаемым или тестируемым сварщиком непосредственно во время выполнения процесса сварки путем автоматической подачи речевых сигналов;

- контролировать правильность реализации сварочного процесса и его соответствие нормативным или задан-

ным требованиям по всем и отдельным параметрам;

- осуществлять компьютерную регистрацию и обработку результатов сваренных контрольных образцов; документировать, хранить и воспроизводить эту информацию в цифровом, графическом или табличном виде на оптическом, магнитном и бумажном носителях [10].

Сварочный тренажер Fronius Virtual Welding (рис. 1) на основе технологии виртуальной реальности разрабатывался применительно к процессу полуавтоматической сварки в среде защитного газа с учетом последних достижений в этой области и современных требований.



Рис. 1. Сварочный тренажер Fronius Virtual Welding

Имитация сварки Fronius Virtual Welding основана на эмпирических данных и анализе большого количества выполненных сварных соединений. Для оценки качества сварки и формы сварного шва используются чувствительные датчики системы слежения, определяющие положение горелки, скорость ее перемещения. Система учитывает зависимость формы и качества шва от введенных параметров сварки.

Особенностью использования рассматриваемого сварочного тренажера является возможность обучаться без предварительной подготовки, в условиях, близких к ситуации реальной сварки. Процесс сварки происходит с использованием эргономичной горелки с регулировкой параметров сварки и включает:

- режим теоретического обучения (состоит из трех разделов). Виртуальный учитель, так называемый Ghost,

дает подсказки, указывая оптимальную технику выполнения сварки. Он устанавливает оптимальную скорость сварки, расстояние до заготовки и угол наклона сварочной горелки;

– режим моделирования (включает два раздела). Сначала новичок тренируется выполнять сварку в реальной ситуации без помощи Ghost. Затем учащийся сам выставляет необходимые параметры.

Сопоставимые измеримые результаты обучения дают возможность объективно оценить качество обучения при помощи хорошо разработанной балльной системы [11].

Малоамперный дуговой тренажер сварщика МДТС-05М (рис. 2) дает возможность имитации сварочного процесса путем получения реальной малоамперной дуги при использовании имитаторов сварочных инструментов, выполненных на базе инструментов, применяемых в промышленности. Тренажер предназначен для формирования учащимися моторных навыков зажигания и устойчивого удержания сварочной дуги при осуществлении различных способов сварки (ручная дуговая сварка покрытыми электродами, сварка в среде защитных газов, аргонодуговая сварка).



Рис. 2. Малоамперный дуговой тренажер сварщика МДТС-05М

В состав тренажера включены следующие компоненты:

– блок технологического интерфейса, отображающий значения выходных электрических параметров, необходимые для возникновения и устойчивого горения дуги, а также для получения, обработки и передачи на компьютер информационных сигналов;

– манипулятор-позиционер с тремя имитаторами образцов свариваемого изделия, предназначенный для установки сварочного образца и фиксации

его в различных пространственных положениях;

– имитаторы инструмента сварщика, применяющиеся для отработки техники зажигания и поддержания дуги, перемещения сварочного инструмента относительно объекта сварки и формирования навыков выдержки основных параметров процесса ручной дуговой сварки: длины дугового промежутка, скорости сварки, углов наклона электрода;

– маска со стеклом типа «Хаме-

леон», защищающая глаза сварщика-учащегося от излучения сварочной дуги при всех видах сварки путем автоматического затемнения стекла;

- головные телефоны, используемые для прослушивания голосовых указаний программного обеспечения;

- методические материалы, в которые входят теоретические сведения по основам ручной дуговой сварки, сведения по технике безопасности при проведении сварочных работ, а также описание не менее 12 тематических за-

ятий, содержащих не менее 80 различных практических заданий [12].

Дуговой тренажер сварщика ДТС-02 (рис. 3) предназначен для тренировки и начального обучения электросварщиков приемам ручной дуговой сварки трех видов: сварки покрытым электродом, полуавтоматической сварки электродной проволокой в среде защитных газов, аргодуговой сварки неплавящимся электродом с контактным возбуждением дуги.



Рис. 3. Дуговой тренажер сварщика ДТС-02

Тренажер обеспечивает приобретение опыта по поддержанию определенной длины дугового промежутка и пространственного положения ручного инструмента по отношению к поверхности объекта сварки.

Тренажер позволяет:

- имитировать процесс сварки с помощью реальной малоамперной сварочной дуги;

- вводить исходные параметры имитируемого сварочного процесса (длина дугового промежутка, угол наклона электрода);

- регистрировать информацию о тренировочном сеансе;

- формировать сигналы акустической обратной связи при нарушении контролируемых параметров граничных значений;

- изменять сложность учебных задач по всем или отдельным параметрам;

- проводить статистическую обработку и оценивать результаты тренировочного сеанса, документально фиксировать результаты тренажа в виде табличной и графической информации на бумажном носителе [13].

Виртуальный тренажер сварщика Lincoln Electric VRTEX 360 (рис. 4) предназначен для получения и закреп-

ления навыков сварки на основе компьютерного симулятора виртуальной реальности. Он дает возможность полностью имитировать окружающую обстановку сварщика и процесс сварки, что существенно сократит затраты на оборудование, материалы, электроэнергию

и снизит загрязнение окружающей среды. Комбинация визуальной воспроизводимой наплавки металла, звука сварочной дуги создает у обучающегося впечатление реальной обстановки на рабочем месте.



Рис. 4. Виртуальный тренажер сварщика Lincoln Electric VRTEX 360

Возможности тренажера заключаются в имитации сварки различных сварочных процессов и типов сварных соединений во всех пространственных положениях [14].

Сравнительный анализ основных характеристик сварочных тренажеров показал, что тренажеры для обучения операторов-сварщиков ручной дуговой сварки позволяют:

- повысить производительность и качество обучения;
- сократить расходы на выявление качественных характеристик свар-

ного шва при помощи разработанного программного обеспечения (по сравнению с оценкой качества на реальном процессе);

- снизить расходы на обучение;
- ускорить время обучения и подготовки специалистов в области сварки согласно международным стандартам (в зависимости от сферы деятельности (нефтепереработка, домостроение, сварка металлоконструкций));
- применить их при переезде сварщиков органами технического надзора;

– осуществить рейтинговый контроль при обучении сварщиков.

Согласно анализу современных сварочных тренажеров, используемые в настоящее время системы для обучения имеют следующие недостатки: не задействована информация по поддержанию постоянной длины дуги, невозможно имитировать плавление электрода, не учитываются углы наклона электрода, отсутствует возможность формирования сварного шва, невозможна оценка качества формирования сварного соединения после окончания процесса. Помимо этого, инструктор не может объективно контролировать процесс сварки в реальном времени из-за отсутствия совокупной информации о ходе процесса. Поэтому следует совершенствовать процесс обучения, включая в него современные технологические системы обучения. Автором предлагается с помощью персонального компьютера смоделировать тепловую сварочную ситуацию (зависимость между силой сварочного тока и напряжением), используя программное обеспечение Cosmos Works, основанное на численном анализе метода конечных элементов. С помощью программы можно рассчитать, в каких опасных сечениях сваренных образцов со смещением электрода вероятнее всего на практике могут находиться дефекты, и подтвердить это, применяя наглядные пособия (стенды, сваренные образцы). Необходимо, чтобы опытные сварщики, смещая электрод в различных направлениях, выполняли контрольные образцы. Это позволит косвенно оценить качество провара (его наличие или отсутствие), а при наличии дефекта в сварном шве – выполнять заваривание стандартного дефекта. При обучении навыкам манипулирования сварочной дугой на сварочном тренажере учащиеся будут получать дефект в сварных соединениях, связанный со смещением электрода от оси движения. Это даст возможность оценить на мониторе сварочного тренажера дефект при

таком отклонении, а также сам контрольный образец, выполненный ранее. Основные дефекты, которые могут зависеть только от положения электрода, – это смещение электрода от оси движения, наплыв (неправильно выбран наклон электрода), подрез (смещение электрода в сторону вертикальной стенки), наблюдаемый в угловых и тавровых соединениях, неравномерная форма шва (неточное направление электрода), непровар (несплавление) кромки шва (смещение электрода от оси стыка шва). Для определения качества выполнения сваренных соединений необходимо произвести поперечные разрезы (шлифы), что позволит увидеть внутреннее сечение сварного шва.

По окончании тренировки на сварочном тренажере учащиеся смогут:

- увидеть наглядный пример сваренных образцов с дефектами и выполненных микрошлифов этих дефектов;
- просмотреть тепловую задачу, т. е. температурный режим для выяснения возникновения дефектов;
- проследить методику исправления ошибки.

Заключение

В основе системы обучения сварщиков лежит формирование программных моторных навыков путем проведения множества реальных сварочных процессов в различных пространственных положениях разными способами. Причем качество сварного соединения может быть оценено только после окончания сварки лабораторными испытаниями. Такие способы оценки качества и навыков работы, особенно на начальных стадиях обучения, являются дорогостоящими, требуют больших затрат времени и применения специализированного оборудования.

Предлагаемая методика совместного использования сварочных тренажеров и современных мультимедийных технологий позволит существенно

улучшить систему подготовки специалистов рабочей профессии сварщик за счет применения наглядных пособий и технических средств обучения.

Практическая значимость тренажерных средств – снижение временных

и материальных затрат при практической подготовке сварщиков, применение этих средств при переезде сварщиков органами технического надзора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Сироткин, Ф. П.** Дидактические условия производственного обучения специалистов сварочного производства : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.08 / Ф. П. Сироткин. – Н. Новгород, 2005. – 149 л.
2. **Ишигов, И. О.** Информационно-измерительная система для испытательного стенда обучения операторов-сварщиков ручной дуговой сварки : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.11.16 / И. О. Ишигов. – Волгоград, 2008. – 18 с.
3. Информационные технологии при подготовке сварщиков и специалистов сварочного производства : современные тенденции / Б. Е. Патон [и др.] // Сварка и диагностика. – 2010. – № 1. – С. 10–16.
4. **Мельник, М. В.** Инновационные технологии обучения рабочей профессии в условиях педагогического вуза / М. В. Мельник, О. Ф. Смолякова // Весн. ім. І. П. Шамякіна. – 2013. – № 4 (41). – С. 99–105.
5. **Лукиянов, В. Ф.** Опыт использования дистанционного обучения для профессиональной переподготовки инженеров сварочного производства / В. Ф. Лукиянов // Сварка и диагностика. – 2007. – № 3. – С. 12–14.
6. **Кайтель, С.** Образование и подготовка специалистов в области сварки и испытания материалов / С. Кайтель, К. Арене // Автоматическая сварка. – 2008. – № 11. – С. 204–207.
7. **Сидоров, В. П.** Организационно-техническое обеспечение непрерывной практической подготовки сварщиков и специалистов сварочного производства / В. П. Сидоров, В. И. Столбов // Сварка и диагностика. – 2007. – № 4. – С. 5–7.
8. **Тувана, М. Х.** Разработка тренажерных средств для подготовки к аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.06 / М. Х. Тувана. – Ростов н/Д, 2002. – 148 л.
9. Электронные тренажерные системы в сварке / Б. Е. Патон [и др.] // Автоматическая сварка. – 1988. – № 5. – С. 45–48.
10. Тренажер для обучения сварщика ручной дуговой сварке плавящимся и неплавящимся электродом : пат. 2373040 С1 РФ, МПК В 23 К 37/04, В 23 К 9/10, G 09 В 19/24 / Л. М. Лобанов [и др.] ; заявитель и патентообладатель ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ. – № 2008108601/02 ; заявл. 04.03.08 ; опубл. 20.11.09, Бюл. № 32. – 17 с. : ил.
11. Тренажер сварщика Virtual Welding // Объединенная сварочная компания [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.welder.by/catalog/149/459.html>. – Дата доступа : 19.06.2013.
12. Малоамперный дуговой тренажер сварщика МДТС-05М // Омега [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cnc-omega.ru/products/svarnoe/116>. – Дата доступа : 22.09.2013.
13. Дуговой тренажер сварщика ДТС-02 // Омега [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.cnc-omega.ru/products/svarnoe/114>. – Дата доступа : 23.10.2013.
14. VRTEX 360 – комплект для обучения сварке в виртуальной среде // DeltaSVAR оборудование для сварки и резки [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.lincoln-welding.ru/publi-kaczii/stati/vrtex-360-komplekt-dlya-obucheniya-svarke-v-virtualnoj-srede>. – Дата доступа : 23.07.2013.

Статья сдана в редакцию 23 февраля 2015 года

Мария Васильевна Мельник, ассистент, Мозырский государственный педагогический университет им. И. П. Шамякина.

Mariya Vasilyevna Melnik, assistant lecturer, Mozyr State Pedagogical University named after I. P. Shamiakin.