

М 494 504

Государственный комитет СССР по народному образованию
- - -
Московский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и
ордена Трудового Красного Знамени государственный
технический университет имени Н.Э. Баумана

На правах рукописи

ГРУЗИНЦЕВ Борис Петрович

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОПЕРАТОРА
С ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ СВАРКИ И ТРЕНАЖЕРОВ
ДЛЯ НАЧАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ АЛЕКТРОСВАРЩИКОВ

05.03.06 - Технология и машины сварочного
производства
19.00.03 - Психология труда. Инженерная психология

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 1990

Работа выполнена в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени государственном техническом университете имени Н.Э. Баумана.

Научный руководитель - к.т.н., с.н.с. САС А.В.

Научный консультант - к.т.н., доц. ПАРАХИН В.А.

Официальные оппоненты: д.псих.н., к.т.н. профессор
Чернышев А.П.

к.т.н., с.н.с. Ластовири В.Н.

Ведущее предприятие - Трест № 7 Минмонтажспецстрой
г. Москва

Защита состоялась "17" ЯНВАРЯ 1991 г. на заседании специализированного совета К 053.15.03. в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана по адресу: 107005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5.

Ваш отзыв на автореферат в I экз., заверенный печатью,
у.

сьям в библиотеке

ите должны заблаговременно
есованных организаций на
я справок 263-65-14.

сентября 1990 г.

В.И. Гириш

М 497507

п.л. Тираж 100 экз.
МГТУ им. Н.Э. Баумана

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Значительная часть общего объема производства сварных конструкций в настоящее время выполняется сварщиками ручной дуговой сваркой (РДС). В СССР в 1986 г. насчитывалось более 1 млн. сварщиков.

Применение РДС позволяет получить качественное соединение там, где использование роботов и средств автоматизации экономически нецелесообразно или практически невозможно.

Широкое распространение РДС получила при монтаже атомных станций нефте- и газопроводов, гражданском и промышленном строительстве (70-80% общего объема).

Вследствие механизации, автоматизации и роботизации простых в исполнении технологических операций, а также вследствие возрастания требований к качеству, необходимость подготовки высококвалифицированных сварщиков будет постоянно возрастать. Существующая система и практика подготовки сварщиков не удовлетворяет потребностям народного хозяйства ни по качеству, ни по эффективности, ни по срокам подготовки. Время достижения 5-6 разряда сейчас составляет от 6 до 9 лет.

Одним из основных путей решения проблемы подготовки сварщиков является использование технических средств обучения (тренажеров). Но, несмотря на то, что различных конструкций тренажеров для подготовки сварщиков разработано и создано достаточно много, применения они практически не получили.

Такое положение сложилось потому, что при проектировании тренажеров не учитывались характеристики взаимодействия оператора с технологическим процессом. Поэтому разработка модели взаимодействия сварщика с технологическим процессом и создание на ее базе эффективных технических средств подготовки, является актуальной задачей.

Цель работы заключается в повышении эффективности начальной подготовки сварщиков, сокращение сроков и материальных затрат за счет использования тренажеров, базирующемся на модельном представлении о взаимодействии оператора РДС с технологическим процессом сварки.

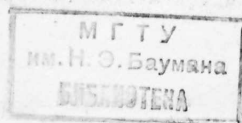
Методы исследования. В работе использовались частотные методы теории автоматического регулирования, исследования математических моделей.

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



1497507

Грузинцев Б.П.Разработка



тических моделей на ЭВМ, методы инженерной психологии, статистическая обработка экспериментальных данных.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- показано, что описание взаимодействия оператора с технологическим процессом сварки моделью "Зрительный анализатор - моторный выход" в режиме слежения за дугой не позволяет объяснить качественную работу оператора в течение всей смены;

- установлено, что системообразующим фактором квалификации сварщика является наличие программы моторного выхода на различные траектории сварных стыков, по скорости сварки и скорости подачи электрода;

- разработана модель взаимодействия сварщика с технологическим процессом, в которой отражены свойства аналizаторных систем и памяти оператора, сенсомоторные связи, а также профессионально значимые качества.

Практическая ценность работы. Разработаны технические средства и алгоритмы поэтапного формирования у сварщиков программы моторного выхода.

Использование разработанной модели деятельности операторов РДС, сварочных тренажёров при начальной подготовке сварщиков позволило значительно сократить затраты электродного и вспомогательного материала (в 5-10 раз), осуществить подготовку до 3-го разряда за 25-30 занятий. Экономический эффект составляет более 200 руб. на одного подготовленного оператора.

Апробация работы. Основные положения работы доложены на научных семинарах кафедры "Машины и автоматизация сварочных процессов" МВТУ им. Н.Э.Баумана в феврале 1986 г. и декабре 1987 г., кафедрах сварочного производства во ВТУЗе при ЗИЛе им. Лихачёва (июнь 1986 г., в МИНХ им. Губкина и на общемосковском семинаре "Проблемы исследования, проектирования и эксплуатации систем "человек-машина" в декабре 1987 г.

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, выводов, списка литературы и приложений. Выполнена на 124 страницах, содержит 26 рисунков, 4 таблицы. Список литературы включает 96 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе рассмотрено состояние и тенденции развития технологии сварочного производства. Показано, что научно-техническая революция коренным образом изменила характер совме-

менной технологии и структуру сварочного производства. Доли ручных операций сократились. Часть наиболее простых операций, которые ранее выполнялись сварщиками 3 и 4-го разрядов, автоматизированы или роботизированы. Однако, в сварке плавлением ручная дуговая сварка продолжает сохранять свое ведущее положение. Благодаря свойствам сварщика, РДС имеет высокую технологическую гибкость. Это позволяет ей успешно конкурировать с другими видами сварки, особенно при мелкосерийном производстве и нестандартной номенклатуре изделий.

В настоящее время значительно расширилось строительство объектов с усложненной структурой и резко увеличились требования к качеству сварных конструкций. Эти факторы привели к повышенному спросу на сварщиков высокой квалификации. В тоже время существующие подходы обеспечивают подготовку рабочих 5-6 разрядов за 6-9 лет, что явно не устраивает современное производство.

Проведенный анализ практики подготовки квалифицированных сварщиков показал, что в естественно сложившейся системе явно просматриваются два этапа. На первом этапе в профессионально-технических училищах (ПТУ) или специальных комбинатах при министерствах проводится подготовка на реальном процессе до уровня 2-3 разряда соответственно программным требованиям. К недостаткам такой формы подготовки следует отнести: большие материальные расходы, психологическая напряженность оператора, отрицательные экологические и гигиенические факторы. На втором этапе, во время практической деятельности на реальных объектах профессиональный рост сварщика случаен и зависит от целого ряда факторов: сложности работы, качества электродов, регулярности объективного контроля, качества начальной подготовки и др. Но одновременно даже только указанные факторы в практике встречаются редко.

В работе, в связи с тем, что одним из путей преодоления недостатков подготовки и аттестации операторов в ряде современных отраслей техники является использование тренажеров и других технических средств обучения (ТСО), были проанализированы потребительские свойства ряда моделей тренажеров, предназначенных для подготовки сварщиков.

Показано, что в большинстве инженерных разработок конструкторы стремятся как можно точнее копировать сварочный про-

цесс в целом или отдельные его элементы, предполагая получить положительный эффект за счет большого количества повторений имитации сварки. Стремление конструкторов воспроизвести в моделях ТСО множество существующих в реальном процессе сварки технологических режимов по скорости сварки, длине дуги и т.д. привело к появлению большого количества разнообразных моделей (более 40 А.с.). Большинство конструкций при этом предназначены по сути своей для формирования элементарных навыков. В то же время методические разработки с акцентом на формирование профессионально значимых качеств, играющих важнейшую роль в прогрессе квалификации, отсутствуют. Это приводит к тому, что хорошие в техническом исполнении тренажеры для начальной подготовки не используются. Затруднено и их применение при текущей оценке квалификации — ошибки регистрируются без учета их значимости для реального технологического процесса ручной дуговой сварки.

Анализ литературных данных показал, что наиболее продуктивно методология проектирования ТСО развивается там, где используются результаты изучения процессов взаимодействия оператора с информацией, поступающей к нему от объекта управления.

Исследованием деятельности сварщиков, влияния некоторых факторов на их квалификацию занимались Георгиев Г.Г., Парахин В.А., Глебов А.З., Черноусов В.А., Шергов И.В. и др. Однако, имеющихся в литературе данных явно недостаточно для того, чтобы синтезировать модель взаимодействия сварщика с объектом управления, и на ее основе проектировать тренажеры, позволяющие осуществлять эффективную начальную подготовку.

Исходя из проведенного анализа, а также ряда предварительных исследований, в работе для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1 — исследование информационных характеристик объекта управления РДС;

2 — анализ взаимодействия моторного выхода оператора со слуховым и зрительным анализатором;

3 — разработка функциональной модели деятельности оператора РДС высокой квалификации;

4 — обоснование требований к тренажерам с учетом модельных характеристик операторов РДС и разработка моделей тренажеров.

Вторая глава посвящена исследованию технологического процесса РДС как объекта управления.

В первую очередь была изучена информация, поступающая к оператору от объекта управления. С этой целью был проведен анкетный опрос 24 сварщиков 4-6 разряда. Анкеты обрабатывались методом парного сравнения. Анализ полученных результатов показал, что число используемых факторов колеблется от 5 до 9, причем среднее их количество избыточно и не зависит от квалификации операторов. Так для 4-го разряда оно составляет 7,22 единицы информации, для 5-го - 7,67, для 6-го - 7,33. При обработке анкетных данных также установлено, что состав факторов даже для высококвалифицированных сварщиков может быть различным. Так один из сварщиков 6-го разряда использовал на информацию о сварочной ванне и дуге, а другой - на информацию только о сварочной ванне.

Однако оператор, несмотря на большой объем информации, в конкретный момент времени работает как одноканальный процессор и может отреагировать только на одну единицу информации. Поэтому вначале по простейшей модели контура управления (рис. 1) "зрительный анализатор - моторный выход (МВ)" был проведен анализ взаимодействия оператора РДС с технологическим процессом. Согласно модели оператор отслеживает один из параметров технологического процесса по информации поступающей к нему через зрение и выполняет корректирующее действие рукой.

В качестве выходного регулируемого параметра была принята длина дуги. Это обусловлено тем, что, во-первых, она является одним из основных технологических параметров, а, во-вторых, согласно экспертной оценке учебных мастеров, задача поддержания длины дуги служит основной психологической установкой при начальном обучении.

Зрительный анализатор модели представлен в виде совокупности двух звеньев: нелинейного звена зоны нечувствительности δn . Величина зоны нечувствительности задается разрешающей способностью зрения, которая при оптимальных условиях (при освещенности 100 + 700 лк, минимальной экспозиции 0,8 с и расстоянии 330 мм) составляет порядка одной угловой минуты, что в пересчете на линейный размер равно 0,1 мм.

При моделировании величину δn изменяли в пределах 0,1-0,5 мм. Второе звено - аperiodическое с запаздыванием. Величина постоянной времени T_z принималась равной 0,01+0,02 с. Моторный выход представлен также аperiodическим звеном с запаздыва-

нием. Постоянная времени звена T_m принималась 0,04 с. Суммарное запаздывание звеньев, которое в оптимальных условиях равно $0,12 + 0,22$ с при моделировании варьировалось в пределах $0,1 + 0,5$ с. (Возрастание характеризует степень физического утомления.)

При моделировании контура был использован приближенный метод исследования устойчивости и автоколебаний нелинейных систем. Все расчеты выполнялись на ЭВМ СМ-4. Установлено, что со снижением порога чувствительности (с возрастанием δ_m) амплитуда автоколебаний растет. Так, например, при увеличении δ_m от 0,1 до 0,2 мм, амплитуда автоколебаний возрастает вдвое (например, для электрода Ф2 она возрастает с 2 до 4 мм), а при дальнейшем снижении порога чувствительности зрительного анализатора она выходит за пределы допустимых колебаний длины дуги. Кроме того, чем меньшую амплитуду колебаний требуется обеспечить, тем в большем диапазоне требуется изменять K_S , т.е. тем выше требования к адаптационным свойствам моторного выхода.

Следует отметить, что моделирование работы контура проведено без учета микроколебаний руки (тремора). Учет тремора в расчетах значительно усложняет ситуацию. При этом качественная работа контура возможна только при еще более жестких требованиях к адаптационным свойствам моторного выхода оператора.

Результаты моделирования показали, что качество регулирования длины дуги (а возможно и качество регулирования смещения электрода относительно стыка) в значительной мере зависит от психофизиологических параметров оператора РДС, их стабильности во времени. Поэтому для того, чтобы правильно оценить допустимый временной интервал качественного регулирования процесса РДС конкретным оператором в режиме "зрительный анализатор - моторный выход", необходимо знать, как изменятся психофизиологические параметры, и в первую очередь, характеристики зрения, в условиях реальной работы.

На следующем этапе была исследована утомляемость зрения в условиях реального процесса. Вначале сварщикам в количестве 8-ми человек было предложено выполнить наплавку валика электродом Ф 4 мм в нижнем положении в режиме непрерывного слежения за дугой. По условию эксперимента сварщик должен был постоянно следить за дугой до ощутимого утомления зрительного анализато-

ра (зрения).

Анализ результатов эксперимента показал, что K_z падает до нуля через 10-30 с, при этом среднее время 19,4 с при $\sigma = 4,1с$.

В следующем эксперименте сварщики, выполняя условия предыдущего эксперимента, чередовали наблюдение за дугой и ванной по 10 с. При этом время непрерывной работы составило 5-8 мин с $\sigma = 6,48$ мин.

В естественных условиях в цикл работы сварщика входит время на замену электрода, которое используется для частичного восстановления ресурса зрения и тем самым создается предпосылка для продления качественной работы. Для подтверждения этого предположения сварщики выполняли наплавку валика в течение 2 минут с психологическими установками, которые использовались в предыдущем эксперименте, но с паузой в 1 минуту. Результаты эксперимента показали, что время непрерывной работы с качеством наплавки соответственно квалификации составляло 1-2 часа, при математическом ожидании 1,43 часа и $\sigma = 0,20ч$.

Таким образом, результаты эксперимента показали, что длительная работоспособность сварщика в реальной деятельности моделью "ЗА-МВ" в режиме непрерывного слежения не может быть объяснена. Было выдвинуто два предположения. Первое заключалось в том, что сварщик воспринимает зрительную информацию не постоянно, а дискретно, и в промежутках времени между моментами получения информации ведет управление технологическим процессом подобно программному регулятору. Второе предположение состояло в том, что сварщики для управления технологическим процессом используют информацию не только от зрительного, но и от других сенсорных входов.

В третьей главе на основе исследования свойств операторов РДС была разработана математическая модель их деятельности.

Для проверки существования у сварщиков разной квалификации программы моторного выхода (ПМВ) и связи характеристики ПМВ с квалификацией была проведена серия экспериментов. При проведении экспериментов сварщики выполняли наплавку валиков не включая зрительной и слуховой информации. С этой целью, а также чтобы не нарушать привычных стереотипов, использовался стандартный шиток, в котором окно закрывалось светопроницаемым экраном, и надувники.

В первой серии экспериментов сварщики выполняли наплавку валиков на ровной плоскости в нижнем положении по прямой линии электродами ф 4 мм. Условный сварной шов имитировался прямой линией проведенной мелом.

Для проверки сформированности ПМВ на более сложной траектории во второй серии экспериментов сварщики 4+6 разряда выполняли наплавку валика в нижнем положении по окружности диаметром 65 мм.

Проведенные эксперименты подтвердили предположение о том, что с ростом квалификации навык в программировании своих профессиональных действий сформирован лучше. Поэтому численные характеристики ПМВ могут быть использованы при оценке квалификации сварщиков, а формирование программ ПМВ должно быть одной из основных задач при начальной подготовке операторов РДС. Более того, наличие ПМВ на данную технологическую операцию обеспечивает устойчивость зрительной и слуховой информации на уровне эталонов, которые легко могут быть занесены в долговременную память. В свою очередь, наличие эталонов информации позволяет оператору сформировать алгоритм их считывания и тем самым обеспечивать оптимальный режим работы зрения и слуха, а также их взаимодействия между собой.

В таком случае управление сварочным процессом выполняется по следующей схеме: извлечение из памяти сформированной программы ПМВ и ее реализация при дежурном контроле операций зрением и слухом. По данной схеме может вестись управление техпроцессом при поступлении информации также и от тактильного и проприорецепторного анализаторов. Информация от тактильного анализатора играет роль сторожевого сигнала (время реакции на ее появление минимальное относительно всех других анализаторов). Информация от проприоцептивного анализатора дает возможность оператору фиксировать текущие координаты электрода в пространстве и скорость его перемещения.

В случае отсутствия программы (моторной реакции) оператор выполняет поисковые движения (в РДС манипуляции электродом), отслеживая только одну единицу информации и оценивая при этом результаты своих действий по сходству с эталоном состояния поступающей к нему информации от объекта управления, т.е. переходя в непрерывный режим слежения за одномерной целью. Время отработки возмущения при этом увеличивается, а точность дозировки

корректирующих действий.

Постоянная работа в таком режиме особенно на фоне переутомления приводит к тому, что время занесения эталона в долговременную память возрастает (в принципе до бесконечности).

Проведенные исследования информационных характеристик ручной дуговой сварки, свойств оператора, контура регулирования длиной дуги и другие данные послужили основой разработки представления о ручной дуговой сварке как о единой системе: "объект управления (технологический процесс сварки) - анализаторы - программный блок - моторный выход.

Упрощенная структурная схема системы приведена на рис. 2. Она включает моторный выход (МВ) с внутренней обратной связью через мышечно-суставные анализаторы положения и скорости, которые представлены безынерционными звеньями K_n и K_c .

Моторный выход представлен аperiodическим звеном $K_M(t)/T_M(t)p^{11}$

Коэффициент передачи $K_M(t)$ зависит от группы работающих мышц и от их текущего функционального состояния. При прочих равных условиях с увеличением времени работы коэффициент передачи падает, а постоянная времени возрастает. Отметим, что на значение выходного сигнала МВ накладываются внутренние возмущения X_{tr} (тремор).

Основная внешняя обратная связь осуществляется через канал зрительного анализатора, который включает импульсный элемент (ИЭ), непосредственно ЗА и блок обработки зрительной информации (БОЗИ). ИЭ характеризует дискретность передачи информации через канал. Внешняя обратная связь по части параметров техпроцесса может также осуществляться через канал слухового анализатора, который кроме СА включает еще блок обработки "слуховой информации" (БОСИ). Каналы внешней обратной связи могут подключаться совместно. Передаточные функции ЗА и СА представлены аperiodическими звеньями. Коэффициенты передачи звеньев K_{1A} и K_{1A} переменные, они зависят от времени работы каналов. Причем при фиксированном наблюдении постоянные времени восстановления работоспособности анализаторов больше, чем постоянные времени снижения их работоспособности.

В модели предусмотрено управление объектом не только по принципу обратной связи, но и в режиме разомкнутого управления. Установка на моторный выход в этом случае поступает из программного блока моторного выхода (ПМВ). В ПМВ "записывается" ин-

формация о состоянии мышечно-суставных анализаторов моторного выхода при наличии необходимых сигналов каналов ЗА и СА.

Для качественного выполнения работы сварщик должен иметь в памяти набор эталонов зрительной и слуховой информации и соответствующий ему набор программных реакций для их стабилизации в случае производственных и других помех. Наличие и состав сформированных наборов ПМВ в значительной мере определяет квалификацию сварщика. Поэтому задачей начального обучения должно являться формирование таких наборов, а тренажеры должны обеспечивать создание условий для приобретения таких навыков.

С другой стороны, мастерство сварщика и возможность его дальнейшего роста, характеризуется обучаемостью оператора (темпами роста квалификации). На это свойство значительное воздействие оказывает способность запоминать зрительные и слуховые образы информации, характеризующие качественную сторону сварочного процесса. Коэффициенты обучаемости, наряду с такими характеристиками, как время реакции (постоянная времени и запаздывание) и зависимость коэффициентов передачи каналов от времени их работы и разгрузки, также являются критериями для отбора на профессиональную пригодность.

Таким образом, модель деятельности может быть использована для решения различных практических задач: разработки технических средств обучения и методик отбора контингента для обучения профессии сварщика; методик и средств текущей аттестации; требований к учебным программам по всем разрядам. Модель также позволяет расчленить формирование профессиональных навыков на составляющие элементы и контролировать поэтапное освоение квалификации, переходя от простых элементов к сложным и к различным сочетаниям из этих элементов. Согласно модели наиболее предпочтительный алгоритм обучения оператора РДС с использованием технических устройств базируются на формировании программы моторного выхода, являющихся системообразующим фактором квалификации сварщиков.

Четвертая глава посвящена разработке технических средств и их использованию при начальной подготовке операторов ручной дуговой сварки. Первоначально был проведен анализ потребительских свойств известных ТСО на базе разработанного модельного представления деятельности оператора РДС, согласно которому оператор может управлять техпроцессом по одному из произвольно выбранных

им контуров: ЗА-МВ, СА-МВ или по разомкнутой схеме, т.е. по заранее сформированной программе на данную операцию.

При анализе учитывалось, что максимальная концентрация внимания оператора на своих управляющих действиях достигается при минимуме поступающей от объекта управления информации. Анализ показал, что в основном в тренажерах прослеживается тенденция имитации с использованием зрения и слуха, при этом зрительное подобие в лучшем случае реализуется частично и требует больших затрат материальных средств. Далеко от реального и информационного подобия, которое направлено на формирование профессионального навыка, заключающегося в точности воспроизведения скорости сварки и подаче электрода со скоростью стороняния. Четко прослеживается также тенденция к повышению степени операционной интеграции (комплексности) тренажеров и приближению информационного подобия к реальному процессу сварки.

Однако при начальной подготовке высокая степень интеграции не нужна. Сложные навыки необходимо расчленять на отдельные компоненты. Это значительно проще и экономичней выполнять с помощью простых тренажеров. Более того, при отсутствии модели деятельности и высококвалифицированного учебного мастера вероятность формирования на сложном тренажере неправильных навыков, которые затем необходимо перестраивать, значительно возрастает.

Нами на основе модельного представления деятельности высококвалифицированного сварщика с учетом разработанного алгоритма поэтапного формирования навыка, были разработаны простые конструкции тренажеров для имитации отслеживания траектории стыка, поддержания длины дуги с предварительным ее зажиганием, отслеживания закрытых стыков, а также способ формирования элементов ПМВ.

Разработка технических средств формирования навыков сварщиков базировалась на том, что системообразующим фактором квалификации сварщиков является сформированные в процессе обучения программы моторного выхода. Учитывалось, что выполнение имитации технологических операций на тренажере (причем в комфортных условиях) позволяет своевременно и с любой требуемой точностью фиксировать ошибки по каждому из кинематических элементов. В свою очередь, это дает возможность обучаемому во время имитации устанавливать причины возникновения ошибок и вносить в свои действия поправки.

Тренажеры комплектовались набором сменных шаблонов, ими-

тирующих контур сварного стыка, метрологические характеристики тренажеров подбирались при тестовых испытаниях сварщиков различной квалификации. В обосновании метрологических характеристик тренажеров использовались статистические данные тестовых испытаний сварщиков различной квалификации. Затем были проведены эксперименты по формированию на тренажерах ПМВ на прямолинейную траекторию.

Анализ результатов экспериментов показывает, что обучаемость программным движениям у разных испытуемых колебалась от $K_{мп} = 150$ до $K_{мп} = 750$, $\bar{K}_{мп} = 250$, $\bar{L}_к = 320$ мм. Поэтому значение $K_{мп}$ может использоваться как один из элементов при оценке пригодности кандидата в сварщики.

Для адаптации к условиям реального процесса с экспериментальной группой (из ПТУ № 27 г. Подольска) были проведены занятия, во время которых выполнялась наплавка валиков покрытыми электродами диаметром 4 и 5 мм с контролем и без контроля зрением своих управляющих действий. Расход электродов на каждого испытуемого составил 2 кг. У экспериментальной и контрольной групп были также определены характеристики ПМВ при наплавке прямолинейных валиков. Практические занятия с контрольной группой проводились по общепринятой методике. Количество занятий у обеих групп было одинаковым. Расход электродов в контрольной группе составил 20 кг на человека. Из сопоставления характеристик ПМВ экспериментальной и контрольной групп установлено, что средняя длина воспроизводимой траектории у экспериментальной группы существенно больше, чем у контрольной.

В дальнейшем разработанные тренажеры были использованы при подготовке нескольких групп новичков (всего 25 человек) профессии электросварщика. Занятия включали предтренажерную подготовку (приводились сведения о характере и механизмах, обеспечивающих взаимодействие сварщика с технологическим процессом, роли ПМВ и т.п.), освоение ПМВ на тренажерах и закрепление их на реальном процессе. Для исключения монотонности в занятиях использовалось несколько комплектов тестов. После 25-30 занятий прошедшие подготовку были аттестованы на 3-й разряд.

Внедрение тренажеров, базирующих на модельном представлении о взаимодействии сварщика с процессом ручной дуговой сварки, а также поэтапное освоение программ моторного выхода позволило значительно сократить срок подготовки до 3-го разря-

да, снизить затраты электродного и сопутствующего металла, а также заложить основы для дальнейшего роста квалификации. Экономический эффект составил более 200 руб. на одного обученного.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Изучение существующей практики подготовки электросварщиков показало, что:

а) она не удовлетворяет современным требованиям народного хозяйства по срокам подготовки, материальным затратам и не формирует основ для быстрого прогресса квалификации оператора.

б) отсутствуют научно обоснованные подходы отбора, начального обучения и совершенствования рабочих кадров;

в) при построении и использовании тренажеров не учитываются психофизиологические свойства операторов ручной дуговой сварки

2. На основании обработки методом парных сравнений экспертных оценок важности используемых операторами РДС факторов определено, что количество их колеблется от 5 до 9, их сочетание может быть любым, а наиболее значимым фактором оценки состояния технологического процесса является длина сварочной дуги.

3. Моделирование на ЭЭМ контура регулирования длины дуги по информации, поступающей через зрение показало, что точность работы контура, "зрительный анализатор - моторный выход" в значительной мере зависит от порога чувствительности зрения, коэффициента передачи и запаздывания контура; стабилизация точности регулирования длины дуги возможна только при высоких адаптационных свойствах оператора по коэффициенту передачи моторного выхода.

4. В результате экспериментального исследования утомляемости зрительного анализатора установлено, что время непрерывной качественной работы операторами РДС при коэффициенте загрузки 0,6 и работе только в режиме слежения по зрительной информации не превышает 2-х часов.

5. Совместный анализ техпроцесса ручной дуговой сварки и свойств оператора по восприятию и переработке информации, выполнению управляющих воздействий на объект управления позволил установить, что для качественного выполнения сварочных операций сварщик должен обладать набором программ моторного выхода (ПМВ) на различные технологические операции, набором эталонов зрительной и слуховой информации о состоянии техпроцесса, умением

управлять взаимодействием анализаторных систем.

6. Анализ РДС как объекта управления дал возможность представить его как единую систему: "объект - анализаторы - программный блок - моторный выход", в которой отражено взаимодействие и процесс формирования всех компонент квалификации электросварщиков.

7. Теоретически обосновано и экспериментально подтверждено, что наличие ПМВ является системообразующим фактором становления и роста квалификации сварщиков. Наличие ПМВ способствует:

а) стабилизации зрительной и слуховой информации на уровне эталонов;

б) формированию эталонов о состоянии техпроцесса;

в) оптимизации режима работы зрения и слуха.

8. На основе модельного представления о взаимодействии оператора РДС с техпроцессом предложен алгоритм поэлементного формирования практических навыков, разработаны конструкции тренажеров для имитации отслеживания траектории стыка, поддержания длины дуги с предварительным зажиганием, отслеживания закрытых стыков, а также способ формирования элементов ПМВ. Конструкции и способ защищены авторскими свидетельствами.

9. Использование разработанных тренажеров, а также поэлементное освоение ПМВ позволило значительно сократить сроки подготовки новичков до III-го разряда, снизить затраты электроного и сопутствующего металла, заложить основы дальнейшего роста квалификации. Экономический эффект более 200 рублей на одного обученного.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Парахин В.А., Грузинцев Б.П., Решетников А.Б. Эргономические требования к системе "электросварщик - ручная дуговая сварка" // Труды МВТУ. - 1980. - № 337. - С. 38-42.

2. А.с. 871176 СССР, МКИ 09 В 19/24. Тренажер для обучения электродуговой сварке / В.А. Парахин, Б.П. Грузинцев, С.Б. Моцохин, А.Б. Решетников, А.Н. Лебяжьев // Б.И. - 1981. - № 37.

3. А.с. 963066 СССР, МКИ 09 В 9/00. Тренажер оператора / В.А. Парахин, Б.П. Грузинцев, С.Б. Моцохин, А.Б. Решетников, А.Н. Лебяжьев // Б.И. - 1981. - № 36.

4. Парахин В.А., Лебяжьев А.Н., Грузинцев Б.П. Тренажер для обучения электродуговой сварке // Машины. Приборы. Стенды: Каталог МВТУ. -1982, №8. -С.20

5. Парахин В.А., Лебяжьев А.Н., Грузинцев Б.П. Тренажер оператора // Машины. Приборы. Стенды: Каталог МВТУ -1984, №9 -С.22

6. А.с. 1297093 СССР. МКИ 09 В 9/00. Тренажер оператора / А.В. Сас, Б.П. Грузинцев, В.А. Парахин, В.М. Макаров // Б.И. - 1987. - № 10.

7. Сас А.В., Грузинцев Б.П., Парахин В.А. Модельное представление деятельности оператора при ручной дуговой сварке // Труды МВТУ. 1985. - № 434. - С. 41-51.

8. Иванов Г.А., Грузинцев Б.П. Опыт подготовки студентов рабочей специальности с применением тренажеров // Тренажерные системы в учебном процессе: Информационное письмо. - М.: МИНГ им. И.М. Губкина, 1989. - С. 7-14.

9. Стеклов О.И., Сас А.В., Грузинцев Б.П. Оценка качества регулирования дуговой сварки по модели контура "зрительный анализатор - моторный выход" Информационное письмо. М.: МИНГ им. И.М. Губкина, 1989. -С.14-20

10. А.с. 1489933 СССР. МКИ 6 00 В 9/00. Способ тренировки сварщиков / А.В. Сас, Б.П. Грузинцев, В.А. Парахин. //Открытия. Изобретения. -1989. №24.

11. А.с. 1506465 СССР. МКИ 6 00 В 9/00. Устройство тренировки сварщиков / А.В. Сас, Б.П. Грузинцев, В.А. Парахин. //Открытия. Изобретения. -1989. №33.

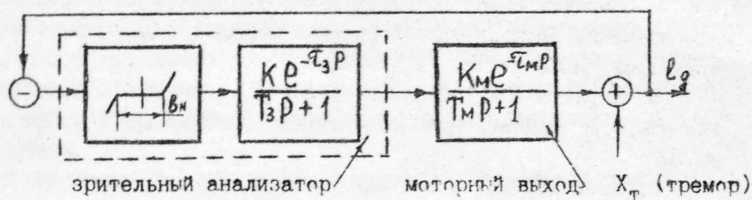


Рис.1 Модель контура "Зрительный анализатор - моторный выход"

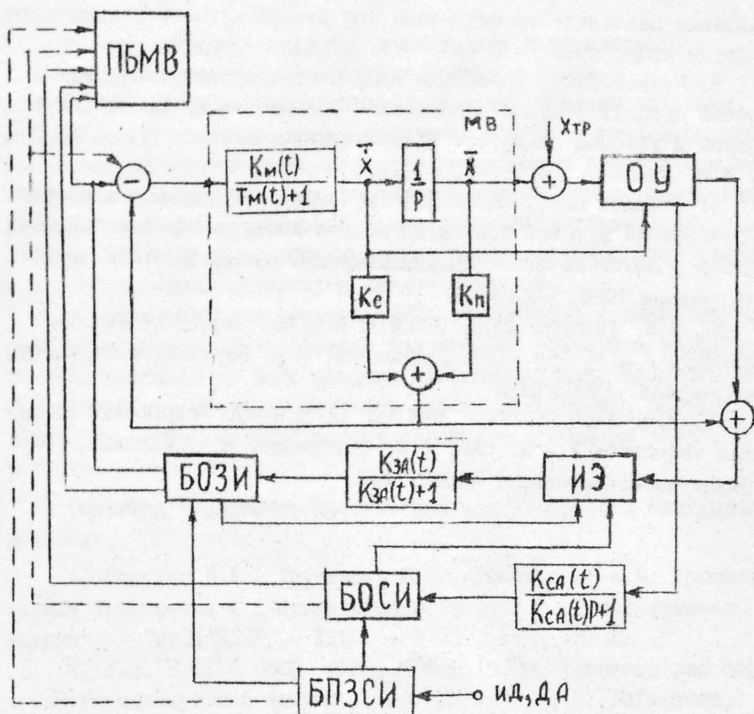


Рис.2 Структурная схема системы взаимодействия моторного выхода с объектом управления