

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА

КАДИС

Комплекс Автоматизированных Дидактических
Средств

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ
РЕЖИМА СВАРКИ НА ФОРМУ
И РАЗМЕРЫ СВАРНОГО ШВА

Методические указания
к лабораторной работе

САМАРА 1994

Авторы-составители: М. Д. Рудман, А. В. Соловов.

УДК 981.3:621.791.753.012.5.

Исследование влияния параметров режима сварки на форму и размеры сварного шва: Метод. указания к лабораторной работе / Самар. аэрокосм. ун-т; Сост. М. Д. Рудман, А. В. Соловов. Самара. 1994. 16 с.

Рассматривается структура теоретического материала, который необходимо изучить при подготовке к лабораторной работе, приводятся требования к уровню усвоения каждого учебного элемента, дается набор контрольных вопросов для самоподготовки и контроля на ЭВМ, описываются компьютерные средства поддержки лабораторной работы: автоматизированный учебный курс для изучения и контроля теоретического материала и пакет прикладных программ для автоматизации расчетной части работы.

Методические указания подготовлены кафедрой производства летательных аппаратов совместно с межфакультетской научно-исследовательской лабораторией информационных технологий в образовании и предназначены для студентов дневного и вечернего отделений механических факультетов, изучающих курсы по сварке. Выполнены на кафедре производства летательных аппаратов.

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С. П. Королёва

Рецензент Г. В. Иванов

ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ КОМПЛЕКСА

Рассматриваемый учебный комплекс разработан в соответствии с общей концепцией системы КАДНС (Комплексы Автоматизированных Дидактических Средств [1]). Комплекс состоит из следующих компонент:

– учебного пособия с описанием теоретического материала и экспериментальной части лабораторной работы [2];

– автоматизированного учебного курса (АУК), подготовленного с помощью инструментальной среды системы КАДНС [3];

– пакета прикладных программ (ППП) для автоматизации расчетной части работы.

Программно-информационное обеспечение комплекса разработано для ЭВМ типа IBM PC в среде MS DOS, а более ранняя версия – для ЭВМ ДВК-3 с использованием инструментальной среды [4].

При подготовке к лабораторной работе студенты предварительно во внеаудиторное время изучают теоретический материал по данным методическим указаниям и пособию [2]. Самостоятельную подготовку студенты продолжают в диспленном классе с помощью АУК в режимах «Просмотр теории» и «Тренаж».

Аудиторное занятие проводят в учебной лаборатории по следующей примерной схеме.

1. Контроль предварительной теоретической подготовки студентов. Проводят на ЭВМ с помощью АУК в режиме «Контроль». Студенты, получившие неудовлетворительные оценки при контроле, продолжают теоретическую подготовку с помощью АУК в режимах «Просмотр теории» и «Тренаж».

В работе участвовали программно-информационное обеспечение прикладного учета к.т.н. А. А. Черепанков и студентка А. А. Соловова.

2. Проведение физического эксперимента по исследованию влияния параметров режима сварки на форму и размеры сварного шва на лабораторной установке [2]. В этой части лабораторной работы по ряду причин (ограниченности времени занятия; необходимости экономить материал образцов, электродной проволоки, флюса; большой трудоемкости изготовления макрошлифов поперечных сечений зон проплавления и т. д.) ограничиваются обычно четырьмя опытами, изменяя, например, скорость сварки, а диаметр электродной проволоки, силу сварочного тока и напряжение на дуге поддерживают постоянными.

3. Проведение вычислительного эксперимента на ЭВМ. С помощью учебного ППП студенты проводят расчеты для выполнения натурального эксперимента, сопоставляют расчетные и экспериментальные данные. Далее в режиме диалога с ЭВМ выполняют более обширные, чем в физическом эксперименте, исследования влияния параметров режима сварки на форму и размеры сварного шва. Результаты этих исследований, представленные в цифровом и графическом виде, выводятся для анализа на экран дисплея, а некоторые из них фиксируют для отчета на принтере.

Применение в данной лабораторной работе перечисленных компьютерных средств позволяет повысить качество предварительной теоретической подготовки студентов, сократить время для контроля знаний перед выполнением работы. В ходе выполнения самой работы сочетание наглядности физического эксперимента с параметрическими расчетами на ЭВМ позволяет придать работе характер учебного исследования, увеличивает объем получаемых студентами знаний.

СТРУКТУРА УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Приступая к изучению теоретического материала по данной лабораторной работе, весьма важно представить себе его роль и место во всем учебном курсе «Сварка в производстве самолетов». Анализ структуры курса показывает, что учебный материал лабораторной работы базируется на знаниях физико-химических основ образования сварных соединений, закономерностях установления межатомных связей термического класса сварки, параметров режима сварки и др. (рис. 1). Поэтому при подготовке к лабораторной работе перед изучением пособия [2] необходимо проработать указанный выше учебный материал по конспекту лекций.

Состав и требования к уровню усвоения теоретического материала, изложенного в пособии [2], сведены в табл. 1. Иерархическая связь учебных элементов (УЭ) показана на рис. 2.

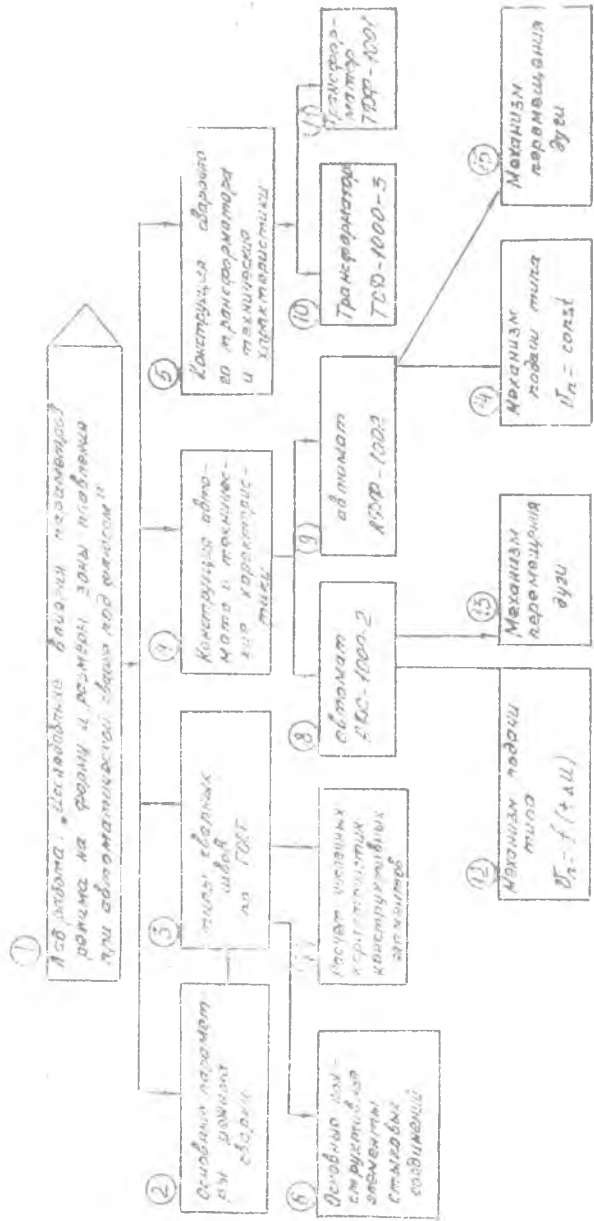


Рис. 2. Граф содержания учебного материала лабораторной работы

При формулировании требований по уровню усвоения знаний (см. табл. 1) использовалась принятая в теории педагогических систем четырехуровневая классификация [5]:

$\alpha = 1$ — знакомство (узнавание ранее изученной информации при ее предъявлении);

$\alpha = 2$ — воспроизведение ранее изученной информации по памяти от буквальной копии до применения в типовых ситуациях;

$\alpha = 3$ — применение изученной информации в нестандартных ситуациях, например, решение нетиповых задач;

$\alpha = 4$ — уровень творчества (применение ранее изученной информации для генерирования новых знаний).

При этом α_n определяет необходимый уровень, достигнутый в результате предшествующего обучения, α_k — конечный уровень, который должен быть достигнут в ходе выполнения данной лабораторной работы.

Таблица 1

Переменные УЭ и требования к их усвоению

Номер УЭ	Наименование УЭ	Уровень усвоения	
		α_n	α_k
1	Исследование влияния параметров режима	1	2
2	Основные параметры режима сварки	1	2
3	Типы сварных швов по ГОСТу	1	2
4	Конструкция автомата и его технические характеристики	1	2
5	Конструкция сварочного трансформатора и его характеристики	1	2
6	Основные конструктивные элементы стыковых соединений	1	2
7	Расчет численных характеристик конструктивных элементов	1	3
8	Автомат АДС-1000-2	0	2
9	Автомат АДФ-1002	0	1
10	Трансформатор ТСД-1000-3	0	2
11	Трансформатор ТДФ-1001	0	1
12	Механизм подачи типа $V_{II} = f(\pm \Delta U)$	1	2
13	Механизм перемещения дуги АДС-1000-2	0	1
14	Механизм подачи типа $V_{II} = V_{II,0} = \text{const}$	1	2
15	Механизм перемещения дуги АДФ-1002	0	1

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ УЧЕБНЫЙ КУРС

После знакомства с текстом пособия [2] осмысление, закрепление и контроль знаний перед лабораторной работой проводят с помощью автоматизированного учебного курса (АУК). АУКом называют определенным образом подготовленные ообществленные знания (структурированную информацию и систему упражнений для ее осмысления и закрепления), предназначенные для самостоятельного усвоения в среде автоматизированной обучающей системы. АУК, подготовленный в системе КАДИС, имеет четыре режима учебной работы: контроль, просмотр теории, тренаж, работа со словарем.

Режим контроля используется для предварительного или итогового контроля теоретических знаний по теме. Выборка вопросов из базы данных АУК производится с помощью датчика случайных чисел. Каждый вопрос имеет несколько вариантов ответов (до 10). Порядок расположения ответов, вывешиваемых при контроле на экране дисплея, также определяется с использованием элементов случайности. Все ответы оцениваются определенным количеством баллов – от 0 до 5. Один из ответов является правильным и оценивается максимальным числом баллов – 5. Оценки остальных ответов меньше – от 0 до 4 в зависимости от степени правильности.

Различают контроль с фиксированным числом вопросов в наборе (ФЧВ) и контроль с переменным числом вопросов (ПЧВ). При контроле с ФЧВ каждому обучаемому независимо от качества его ответов предъявляется определенное количество вопросов, заранее заданное преподавателем при настройке АУК [4, 6].

При контроле с ПЧВ заранее известно лишь начальное минимальное количество вопросов в наборе. Если ответы обучаемого неверны, то к этому минимуму добавляются дополнительные вопросы. Их количество (максимум 3) зависит от степени правильности ответов – чем хуже отвечает обучаемый, тем больше он получает вопросов. Такая схема контроля поощряет, с одной стороны, студентов, которые сразу отвечают безукоризненно. С другой стороны, она напоминает опрос преподавателя, который, предоставляя возможность студенту сгладить впечатление от ранее сделанной ошибки, задает ему дополнительные вопросы.

После окончания контроля на экран дисплея выдается интегральная оценка (отл., хор., удовл., неудовл.) и протокол контроля, в котором указываются порядковые номера вопросов АУК, входивших в контрольный набор, и количество баллов, полученное за каждый ответ. При необходимости можно посмотреть

Вопросы — данного АУК приведены в приложении.

текст каждого вопроса и текст данного на него ответа. Интегральная оценка подсчитывается в соответствии с критериями, установленными преподавателем при настройке АУК [1, 6].

Режим просмотра теории заключается в предъявлении на экране дисплея ЭВМ отдельных порций текстовой и (или) графической информации (информационных кадров), последовательность выдачи которых определяется логикой изложения учебного материала. Обучаемый имеет возможность «перемещивать» страницы учебной информации вперед и назад, смотреть теорию с начала или с конца, прерывать просмотр в любой момент времени. Этот режим целесообразно использовать для того, чтобы освежить в памяти учебный материал, прочитанный в пособии [2].

Режим тренажа предусматривает предъявление обучаемому вопросов с вариантами ответов, как в режиме контроля. Однако в тренаже после ответа на вопрос следует сообщение о его правильности (правильно, не совсем точно, неточно, неверно) и предлагается посмотреть правильный ответ, информационный кадр с текстовой и (или) графической информацией по данному вопросу.

Основная учебная цель тренажа — осмысление и закрепление теоретического материала, изученного (прочитанного) в пособии. Режим тренажа имеет два подрежима: полный и выборочный тренаж. В полном тренаже могут быть предъявлены все вопросы АУК в том порядке, в котором они введены в базу данных при подготовке АУК. Выборочный тренаж предусматривает выборку вопросов с использованием элементов случайности. Количество вопросов в выборке задает сам обучаемый.

В ходе тренажа автоматически подсчитывается текущее значение интегральной оценки, которое зависит от качества ответов на вопросы. При неудовлетворительной оценке обучаемому дается рекомендация дополнительно изучить теоретический материал по пособию или в режиме просмотра теории.

Тренаж может заканчиваться по трем признакам:

- по истечению количества вопросов (во всем АУК — при полном тренаже, в выборке — при выборочном тренаже);
- по сигналу обучаемого;
- при низкой текущей интегральной оценке, предельная нижняя граница которой задается преподавателем при настройке АУК [6].

Последний признак вводят для того, чтобы исключить возможность учебной работы в режиме тренажа без предварительного изучения теоретического материала.

Словарь терминов и понятий используют для выборочного просмотра теории, тренажа или контроля по каким-либо

фрагментам учебного материала. Выбор осуществляют в ходе просмотра словаря (списка терминов и понятий) на экране дисплея.

В процессе учебной работы с АМК автоматически собирается статистика, которая накапливается в так называемом журнале — разделе базы данных АМК. По каждому обучаемому заносится вся необходимая информация для анализа его работы в режимах контроля и тренажа. В журнале накапливается также обобщенная информация по АМК: процентное соотношение различных оценок, средний балл по АМК, средние баллы по каждому вопросу АМК. Последняя информация позволяет преподавателю выявить «легкий» и «трудный» для усвоения учебный материал и внести необходимые коррективы в процесс обучения.

УЧЕБНЫЙ ПАКЕТ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ

Учебный ППП комплекса предназначен для расчета характеристик зоны проплавления и усиления шва при заданных значениях параметров режима сварки. Подробное описание инженерной методики расчета дано в [2]. Здесь приведены только основные расчетные формулы и принятые в [2] обозначения (табл. 2):

$$I_{\text{зона}} = \eta I_{\text{св}} U_{\text{д}} \cdot 36 / S_{\text{пл}} V_{\text{св}} \quad (1)$$

$$h_{\text{ш}} = I_{\text{зона}} / \sqrt{K / \pi} \quad (2)$$

$$\sigma_{\text{ш}} = 2I' (\ln \eta_{\text{ш}} + 3,5) / K \quad (3)$$

$$\sigma_{\text{ш}} = 7,0 + 70,2 \cdot 10^{-4} I_{\text{св}} / d^{1,05} \quad (4)$$

$$\alpha_{\text{ш}} = 1,2 \sigma_{\text{ш}} \quad (5)$$

$$I_{\text{зона}} = \alpha_{\text{ш}} I_{\text{св}} / 100 \sqrt{V_{\text{св}}} \quad (6)$$

$$V_{\text{св}} = I_{\text{зона}} / 0,73 \sigma_{\text{ш}} \quad (7)$$

Множитель «36» в формуле (1) введен для пересчета значения скорости сварки в м/ч на значения в см/с.

Принятые обозначения

Наименование параметра	Обозначение	Размерность
Сила сварочного тока	I_a	А
Напряжение на дуге	U_d	В
Скорость сварки	$V_{св}$	м/ч
Коэффициент остроты зоны проплавления	K	—
Диаметр электродной проволоки	$d_{эп}$	мм
Коэффициент расплавления электродной проволоки	α_p	г/(А·ч)
Составляющая коэффициента расплавления, обусловленная тепловым воздействием дуги	$\alpha_{пд}$	г/(А·ч)
Расчетная максимальная глубина проплавления	$h_{пр,расч}$	см
Расчетная ширина шва	$b_{расч}$	см
Расчетная площадь проплавления	$F_{пр,расч}$	см ²
Расчетная площадь наивысши	$F_{нв,расч}$	см ²
Расчетное усиление шва	$g_{расч}$	см
Теплосодержание расплавленного металла с учетом теплоты плавления	$S_{пл}$	Дж/г
Плотность металла	γ	г/см ³
Полный тепловой КПД дуги	$\eta_{пр}$	—

При проведении расчетов необходимо учитывать некоторые ограничения, которые накладываются используемыми в физическом эксперименте материалами и оборудованием. Так значения γ и $S_{пл}$ зависят от свойств расплавляемого материала. В программе они приняты постоянными и соответствующими малоуглеродистой стали: $\gamma = 7,85$ г/см³, $S_{пл} = 1300$ Дж/г. Принято также $\eta_{пр} = 0,25$. Кроме того, каждому режиму сварки соответствует одно определенное значение коэффициента остроты зоны проплавления K , которое подбирается эмпирически. Поэтому расчеты целесообразно проводить лишь для тех режимов сварки, для которых значения K известны [2].

Расчеты проводят в диалоге с ЭВМ. Студенты по запросу ЭВМ последовательно задают значения диаметра электродной проволоки, скорости сварки, напряжения на дуге, силы сварочного тока и начальные значения коэффициента остроты зоны проплавления, пользуясь данными из табл. 3. Перебор последующих значений скорости сварки (30, 45, 60 м/ч), напряже-

ния на дуге (36, 40, 44 В) и коэффициента K осуществляется в программе автоматически.

Таблица 3

Значения коэффициента K для $d_2=4$ мм, $V_{св}=15$ м/ч, $U_2=32$ В

$I_{св}, A$	400	500	600
$K, см^{-2}$	2,7; 3,4; 4,2; 5,1	2,8; 3,5; 4,4; 5,7	3,0; 3,8; 4,6; 6,0

В результате работы программы на экран дисплея или на принтер выводятся размеры зоны проплавления и наплавки для каждой комбинации параметров режима сварки. Результаты расчетов могут быть выведены и в графическом виде (рис. 3-7).

После выполнения физического эксперимента и расчетов на ЭВМ студенты заполняют табл. 4, в соответствующие графы которой вписывают качественные характеристики влияния параметров режима сварки на размеры зоны проплавления и наплавки, пользуясь следующей терминологией: «увеличивается», «уменьшается», «изменяется незначительно», «изменяется интенсивно». Сделанные выводы сравниваются с рекомендациями [2].

Таблица 4

Характер изменения размеров конструктивных элементов шва при увеличении численных значений параметров режима сварки

Конструктивный элемент шва, мм	I, A			U, B				$V, м/ч$			
	400	500	600	32	36	40	44	15	30	45	60
$h_{гн}$ рн.а											
$r_{гн}$											
$h_{гн} с.ч$											

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гречников Ф. В., Соловов А. В. Организационно-методические принципы построения и применения программно-информационных средств учебного назначения: Тез. докл. республ. науч.-метод. конференции / Совершенствование подготовки специалистов аэрокосмического профиля Самар авиац. ин-т. Самара, 1992 С. 78-80

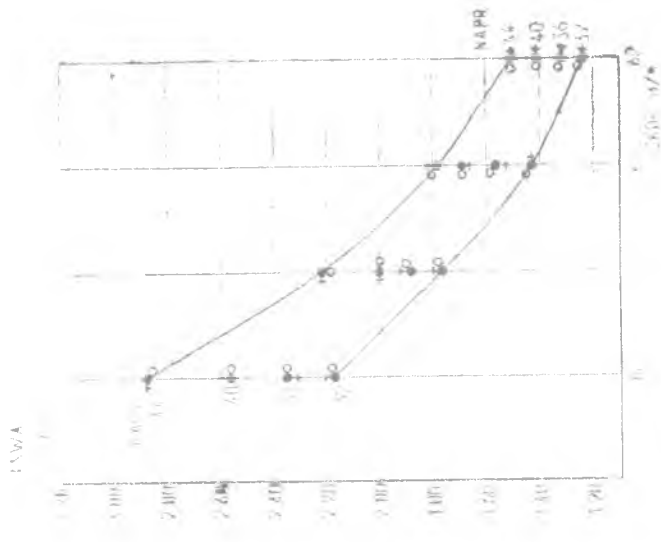


Fig. 4. Dependence of average cutting force on average cutting speed in orthogonal cutting (average cutting force).

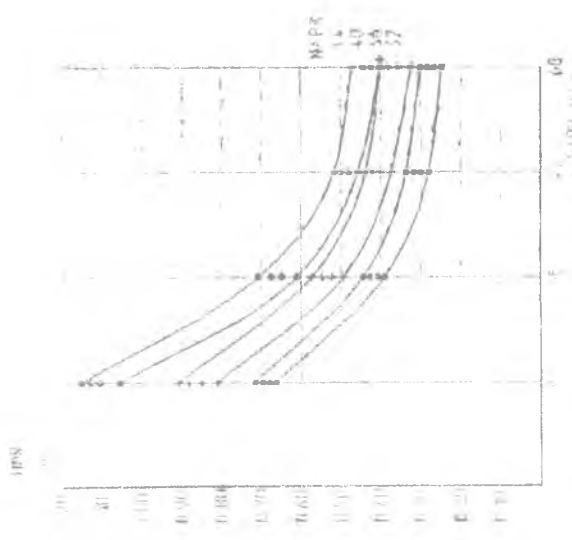


Fig. 5. Dependence of average cutting force on average cutting speed in orthogonal cutting for different cutting depths (average cutting force).

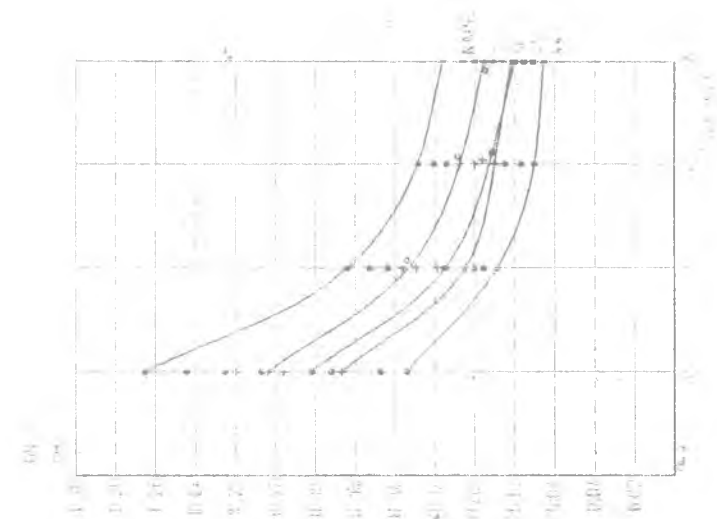


Рис. 5. Зависимость угла полного внутреннего отражения от относительного показателя преломления среды

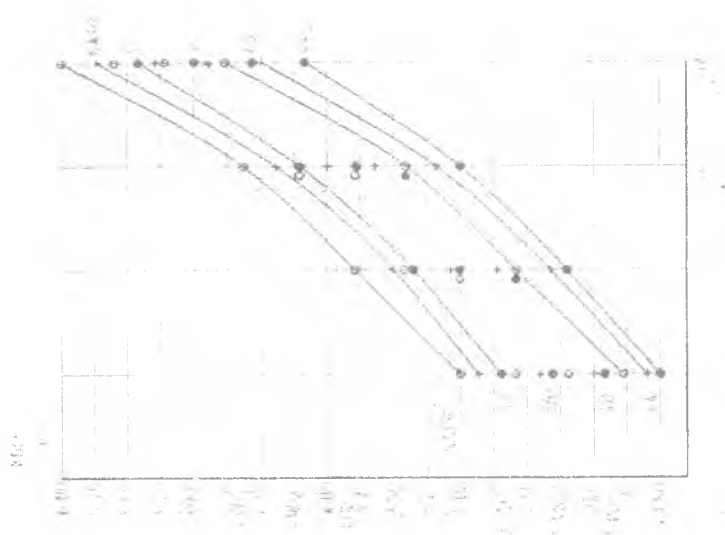


Рис. 6. Зависимость угла полного внутреннего отражения от относительного показателя преломления среды

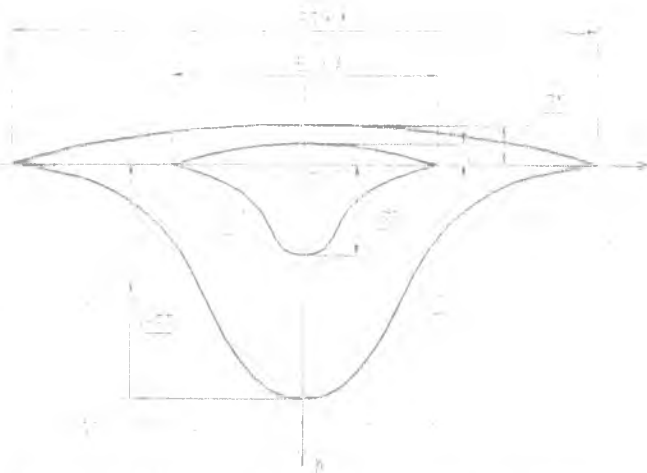


Рис. 7. Относительные формы и размеры зон плавления и привалки для двух режимов сварки (1 и 2):
 $I = I_{св} = 15$ м/ч; $I_{св} = 600$ А; $U_x = 41$ В; $h_{оп} = 1,112$ см;
 $e = 2,841$ см; $a = 0,206$ см; 2- $I_{св} = 60$ м/ч; $I_{св} = 600$ А;
 $U_x = 41$ В; $h_{оп} = 0,166$ см; $e = 1,510$ см; $g = 0,097$ см.

2. Руднев М. Д. Исследование влияния параметров режима на форму и размеры зоны плавления при автоматической сварке под флюсом: Метод. указания. Куйбышев: Куйбышев. авиац. ин-т, 1980. 28 с.

3. Пряничников Г. Ю., Соловов А. В. Инструментальные средства для разработки автоматизированных учебных курсов в системе КАНИС. Совершенствование подготовки специалистов аэрокосмического профиля: Тез. докл. республ. науч.-метод. конференции / Самар. авиац. ин-т, Самара, 1992. С. 87- 88.

4. Соловов А. В., Колодийца Л. В. Подсистема контроля знаний учебной САПР ПРОСКО: Метод. указания. Куйбышев: Куйбышев. авиац. ин-т, 1986. 28 с.

5. Беспалько В. П. Основы теории педагогических систем. Воронеж: ГИУ, 1977. 304 с.

6. Соловов А. В., Пряничников Г. Ю. и др. Разработка комплексов автоматизированных дидактических средств для компьютерной поддержки учебных дисциплин: Технический отчет по госбюджетной НИР. Самар. авиац. ин-т; А. В. Соловов, Г. Ю. Пряничников и др. Самара, 1991. 80 с.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какая из приведенных формул для расчета $F_{н.расч}$ верна?
2. Какие из ориентировочно указанных пределов регулирования скорости сварки соответствуют характеристикам автомата АДС-1000-2?
3. Каковы классификационные признаки дуги, используемой как источник тепла при автоматической сварке под флюсом?
4. Каким уравнением описывается очертание зоны проплавления при сварке под флюсом?
5. Какая из приведенных формул для определения α_p верна?
6. К какому типу относится механизм подачи электродной проволоки автомата АДС-1000-2?
7. Какая из приведенных формул для определения $\alpha_{гн}$ верна?
8. Какая из приведенных формул для определения $l_{гн}$ верна?
9. К какому типу относится сварочный трансформатор ТСД-1000-3?
10. Какие из ориентировочно указанных пределов регулирования сварочного тока соответствуют характеристикам сварочного трансформатора ТСД-1000-3?
11. Какие из ориентировочно приведенных пределов регулирования скорости подачи электродной проволоки соответствуют характеристикам автомата АДС-1000-2?
12. В каких пределах ориентировочно изменяется напряжение на дуге при автоматической сварке под флюсом?
13. В каких пределах ориентировочно изменяется диаметр электродной проволоки при сварке под флюсом?

14. Какая из приведенных формул для определения $h_{т,расч}$ верна?

15. Какому свариваемому материалу соответствует принятое в расчетах значение теплосодержания жидкого металла 1300 Дж/г?

16. Какие из приведенных значения эффективного КПД дуги соответствуют условиям сварки под флюсом?

17. Какие из приведенных предельных значений термического КПД соответствуют условиям сварки под флюсом?

18. По какой формуле правильно определена полый тепловой КПД дуги при сварке под флюсом?

19. Какая из приведенных формул для определения $e_{ра}$ верна?

20. Какой размерности коэффициент расплавления электродной проволоки?

21. Какой размерности коэффициент остроты зоны проплавления?

22. Числовые значения каких параметров режима сварки учитываются при расчете размеров сварных швов?

23. Как изменяется численное значение коэффициента остроты зоны проплавления при увеличении сварочного тока?

24. Как изменяются численные значения коэффициента остроты зоны проплавления при увеличении скорости сварки?

25. Как изменяются численные значения коэффициента остроты зоны проплавления при увеличении напряжения на дуге?

26. Из каких функциональных блоков состоит автомат АДС-1000-2?

27. Какая последовательность действий оператора при прекращении сварки правильна?

ОГЛАВЛЕНИЕ

Общее описание комплекса	1
Структура учебного материала	2
Автоматизированный учебный курс	6
Учебный пакет прикладных программ	8
Библиографический список	10
Приложение	11

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ
РЕЖИМА СВАРКИ НА ФОРМУ
И РАЗМЕРЫ СВАРНОГО ШВА**

Составители: Рудман Меер Давидович,
Соловов Александр Васильевич

Редактор Л. Я. Чегодаева
Техн. редактор Н. М. Каленюк
Корректор Т. И. Щедокова

Сдано в набор 29.06.1994 г. Подписано в печать 31.08.1994 г.
Формат 60×84 1/16. Бумага оберточная.
Гарнитура литературная. Печать высокая. —
Усл. печ. л. 0,93. Усл. кр.-отт. 1,05. Уч.-изд. л. 1,0.
Тираж 200 экз. Заказ № 259. Арт. С-38мр/94.

Самарский государственный аэрокосмический
университет имени академика С. П. Королева,
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

ИПО Самарского государственного аэрокосмического
университета. 443001. Самара, ул. Ульяновская, 18.