

## ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ И НАПЛАВКИ

Ю. Н. ЛАНКИН, В. Г. СОЛОВЬЕВ

ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины. 03680, г. Киев-150, ул. Казимира Малевича, 11.  
E-mail: office@paton.kiev.ua

Разработана информационно-измерительная система для дуговой сварки и наплавки, которая позволяет автоматически определять зоны состояния процесса, т. е. зону зажигания дуги, горения дуги, короткого замыкания, холостого хода и обрыва дуги, тем самым исключая субъективность в идентификации зон, и получать более расширенный рассчитываемый набор статистических параметров для каждого из состояний. Для этого используется оцифровка сигналов тока и напряжения сварки, компьютерная обработка по алгоритмам автоматического распознавания и кластеризации зон состояния периодов, использующим эмпирические правила, анализ гистограмм распределения сигналов тока и напряжения по отдельности, а также гистограмм их совместного распределения. Построенная информационно-измерительная система для дуговой сварки и наплавки на базе АЦП E14-440 и ноутбука позволяет вычислить 29 статистических параметров, характеризующих процесс. Информационно-измерительная система выполняет автоматическую идентификацию состояния процесса сварки/наплавки, тем самым исключая влияние человеческого фактора на полученные оценки статистических параметров процесса. Библиогр. 11, табл. 4, рис. 8.

*Ключевые слова:* информационно-измерительная система, сварочный процесс, сварка, наплавка, кластеризация, состояния процесса сварки, короткие замыкания дуги, обрывы дуги

Из всех параметров основной объем информации о сварочном процессе несут электрические параметры: ток сварки  $I_{св}$  и напряжение на дуге  $U_{д}$ . При этом они наиболее доступны для измерения. Поэтому в подавляющем большинстве случаев для исследования процессов сварки/наплавки используются  $I_{св}$  и  $U_{д}$ , а для их измерения, регистрации, обработки и визуализации созданы многочисленные информационно-измерительные системы (ИИС). Измерение и анализ электрических параметров процесса дуговой сварки/наплавки используется для контроля качества, определения свойств, выбора режима и регулирования процесса.

Состав всех ИИС в основном одинаков: датчики контролируемых параметров, нормирующие измерительные преобразователи уровня сигнала, аналого-цифровой преобразователь (АЦП), устройство обработки и визуализации данных, программное обеспечение. В исследовательской практике ИИС чаще всего собираются из покупных перечисленных модулей. Известны и коммерчески доступные ИИС, например, ADAM III, Arc Guard, Weldcheck [1], Hannover XV (АН XV) [2], DAREG [3], ARCDATA LQ-1N [4], ARCDATA LQ-2 [5], Arcwatch<sup>TM</sup> [6], АПН-1, АПН-2 [7].

Анализ записей тока сварки и напряжения на дуге проводится, как правило, стандартными статистическими методами, причем число анализируемых показателей крайне ограничено.

Во время сварки можно выделить несколько состояний процесса (рис. 1): холостой ход свароч-

ного источника (ХХ), зажигание дуги (ЗД), установившийся дуговой процесс с периодическими короткими замыканиями (КЗ), периодами горения (ГД) и обрывами дуги (ОД). Каждое из этих состояний характеризуется своими статистическими показателями и пороговыми уровнями бинаризации для определения их начала и конца. Обычно исследуется только установившийся дуговой процесс, для чего практически во всех ИИС приходится вручную выбирать соответствующие фрагменты записей. Это существенно влияет на результаты последующей статистической обработки данных, делая их зависимыми от конкретного исследователя, условий записи электрических сигналов, выбранного для обработки фрагмента записи. Приятным исключением являются работы [8, 9], где для ИИС аттестации сварочных источников, по-видимому, решена задача автоматической идентификации состояния процесса сварки плавящимся электродом путем кластеризации данных тока и напряжения.

Ниже описана ИИС дуговой сварки, отличающаяся от известных автоматическим определением зон состояния процесса сварки и расширенным набором рассчитываемых статистических параметров для каждого состояния процесса [10].

**Сбор данных.** Измерения и запись сварочного тока и напряжения дуговой сварки проводится с помощью универсального модуля АЦП E14-440 (шина USB2), который особенно удобен для создания портативных измерительных систем на базе

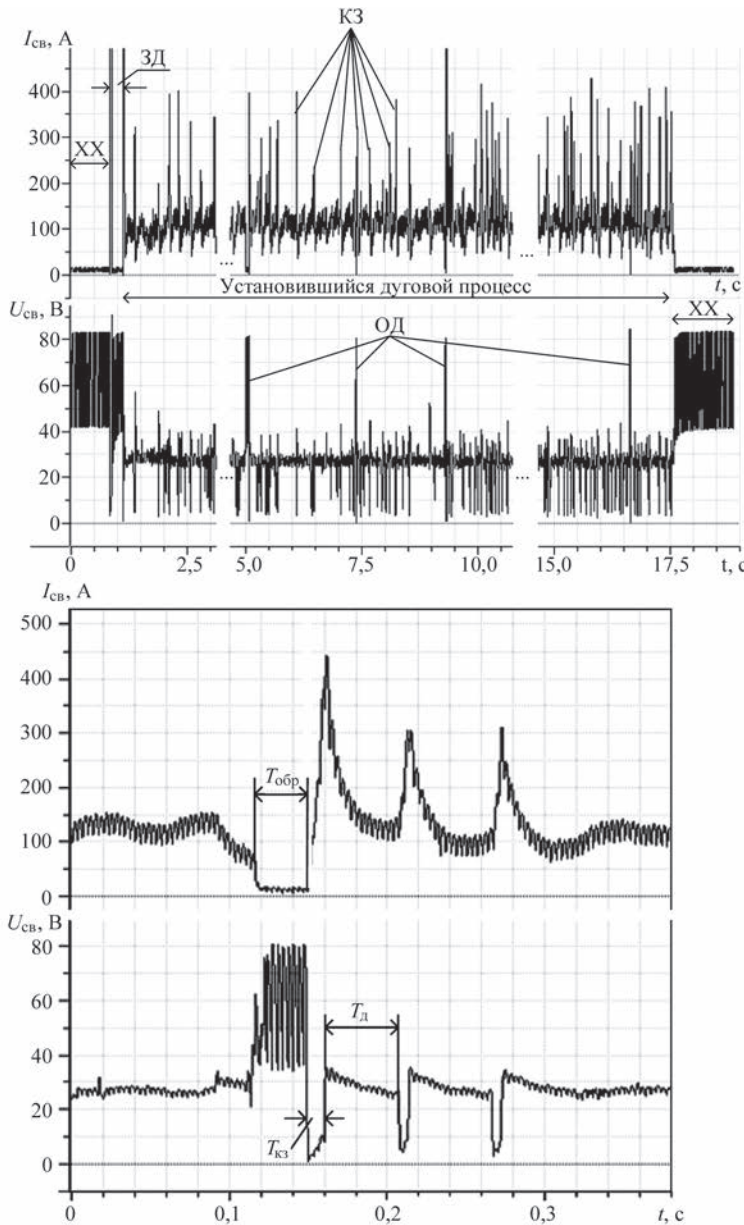


Рис. 1. Запись процесса дуговой сварки в CO<sub>2</sub>

ноутбука. В табл. 1 приведены режимы дуговой наплавки проволокой диаметром 1,6 мм в CO<sub>2</sub>, а в табл. 2 — в смеси защитных газов (82 % Ar + 18 % CO<sub>2</sub>).

Для АЦП требования к уровню квантования и интервалу дискретизации сигналов напряжения источника  $U_{св}$  и тока источника  $I_{св}$  определяются требованием к точности определения средне ква-

Таблица 1. Режимы дуговой наплавки проволокой диаметром 1,6 мм в CO<sub>2</sub>

Номер режима дуговой наплавки	Скорость подачи проволоки, м/ч	Напряжение источника $U_{св}$ , В	Ток источника $I_{св}$ , А
1	160	26	120
2	330	28...29	220
3	220	27...28	150
4	420	30	260
5	460	60	270...280

дратичного отклонения (СКО) напряжения КЗ —  $\sigma_{U_{кз}}$  и СКО длительностей КЗ —  $\sigma_{T_{кз}}$ . Предварительные оценки  $\sigma_{U_{кз}}$  и  $\sigma_{T_{кз}}$  показали, что  $\sigma_{U_{кз}}$  составляет примерно 2 В, а  $\sigma_{T_{кз}}$  — 5 мс. Поскольку для технологических параметров обычно достаточно точность порядка 1 %, ограничились ошибкой измерения  $\sigma_{U_{кз}} = 0,02$  В, а  $\sigma_{T_{кз}} = 0,05$  мс.

Максимальная частота преобразования АЦП Е14-440 при оцифровке двух параметров составляет 200 кГц, а разрядность — 14 бит, то есть интервал дискретизации — 0,005 мс, а уровень квантования — 0,05 %. Это с избытком удовлетворяет приведенным выше требованиям. Для ограничения величины получаемых записей выбрана минимально допустимая частота дискретизации 20 кГц.

**Обработка данных.** Для компьютерной обработки записанных с помощью модуля Е14-440 и программного обеспечения «PowerGraph» сигналов  $I_{св}$  и  $U_{св}$  разработаны алгоритмы автоматического распознавания периодов XX, ЗД, КЗ, ГД и обрыва дуги ОД, использующие эмпирические правила, анализ гистограмм распределения сигналов  $I_{св}$  и  $U_{св}$  по отдельности, анализ гистограмм совместного распределения  $I_{св}$  и  $U_{св}$ .

Очевидными признаками сигналов  $I_{св}$  и  $U_{св}$ , которые можно использовать при кластеризации данных для выделения периодов процесса сварки, являются следующие:

- повышенная скорость изменения сигнала  $I_{св}$  и  $U_{св}$  в момент возникновения КЗ;
- «нулевое» или близкое к нулю значение  $I_{св}$  и повышенное значение  $U_{св}$  в периоды XX или ОД;
- повышенное значение  $I_{св}$  и пониженное значение  $U_{св}$  в период КЗ;

Таблица 2. Режимы дуговой наплавки в смеси газов 82 % Ar + 13 % CO<sub>2</sub>

Номер режима дуговой наплавки	Скорость подачи проволоки, м/ч	Напряжение источника $U_{св}$ , В	Ток источника $I_{св}$ , А
1	220	28	170...180
2	25	18...20	40...50
3	155	28	120
4	225	30	150
5	325	30	200
6	520	30	250
7	450	40	250

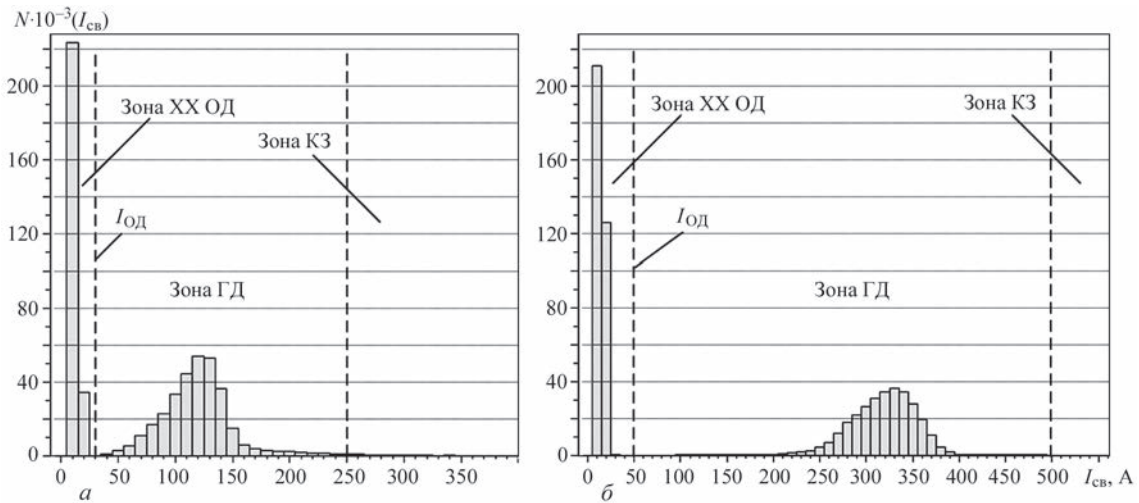


Рис. 2. Гистограмма плотности распределения  $N$  значений  $I_{св}$  для процессов сварки в  $CO_2$  1 (а) и 5 (б) (см. табл. 1)

- относительно средние значения  $I_{св}$  и  $U_{св}$  в период ГД;
- период ХХ характерен только для начала и/или конца записей сигналов;
- период ОД возникает только после периодов ГД или КЗ;
- период ОД, который превышает некий временной предел, является ХХ;
- период ЗД начинается при первом КЗ, а заканчивается при первом появлении периода установившегося процесса ГД;
- с момента начала первого периода ГД и до момента начала периода ХХ в конце записи, наблюдается установившийся процесс сварки;
- «нулевые» значения  $I_{св}$  и  $U_{св}$  свидетельствуют об отключенном источнике.

В связи с тем, что  $U_{св}$  в период ХХ в некоторых случаях может изменяться в больших пределах и с достаточно большой скоростью (частота изменения 300 Гц), начало периода ЗД  $t_n$  определяется не по первому «резкому», превышающему некий порог, изменению сигналов  $I_{св}$  и/или  $U_{св}$ , а по изменению уровня  $I_{св}$  в соответствии со следующим алгоритмом:

$$t_n = \begin{cases} \frac{\bar{I}_i}{\bar{I}_{i-1}} > \infty & (\text{при } t \geq t_k) \\ \frac{\bar{I}_i}{\bar{I}_{i-1}} \leq \infty & (\text{при } t < t_k) \end{cases}, \quad (1)$$

где  $\bar{I}_i = \bar{I}_{i-1} + \frac{I_i}{N} - \frac{I_{i-N}}{N}$ ;  $I_i$  —  $i$ -ое значение  $I_{св}$ ;  $\bar{I}_i$  —  $i$ -ое значение усредненного значения  $I_{св}$ ;  $\infty$  — постоянная величина, определяемая в результате экспериментов (принято  $\infty = 2$ );  $N$  — количество отсчетов, определяющих интервал скользящего усреднения (принято  $N = 100$ ).

По такому же алгоритму определяется и момент окончания установившегося процесса сварки  $t_k$  и, соответственно, момент начала ХХ в конце наблюдения с тем лишь отличием, что скользящее

усреднение необходимо реализовать в обратную сторону — от конца к началу.

Предварительная идентификация состояний процесса КЗ, ГД и ОД производится на основе анализа гистограмм распределения плотности вероятности сигналов  $I_{св}$  и  $U_{св}$ .

Для конкретности рассмотрим два процесса в  $CO_2$  — 1 и 5. Процесс 1 (рис. 1), характерен большим количеством обрывов дуги и достаточно быстрым зажиганием, а 5 отличается длительным периодом ЗД и длительной записью периода ХХ в конце процесса.

Как видно из рис. 2, а, б, гистограммы сильно отличаются диапазонами изменений тока и модами, но имеют одинаковый характер плотности распределения. В обоих случаях присутствуют три характерных участка, которые как бы разделяют весь диапазон изменения токов на три зоны. Для процесса 1 — это диапазоны 0...30, 30...250 и 250...860 А. Для процесса 5 — это диапазоны 0...50, 50...500 и 500...1060 А.

То же самое можно сказать и о гистограммах напряжений для процесса 1 (рис. 3) и 5 (рис. 4). Для 1 — это диапазоны 0...17, 17...40 и 40...90 В, а для 5 — 0...43, 43...65 и 65...107 В.

Очевидно, что эти зоны представляют собой три различных состояния процесса сварки: КЗ, ГД, ХХ или ОД. Обозначим границы зон следующим образом:

$U_{кд}$  — граница разделения зон КЗ и ГД;  
 $U_{до}$  — граница разделения зон ГД и ХХ или ОД;

$I_{од}$  — граница разделения зон ГД и ХХ или ОД.

Для определения границ зон  $U_{кд}$  и  $U_{до}$  логично двигаться влево и вправо от моды зоны ГД до первых минимумов плотности распределения напряжений. Поскольку горение дуги наиболее вероятное состояние при дуговой сварке, то в качестве приближения моды зоны ГД можно принять моду всего диапазона плотности распределения. Одна-

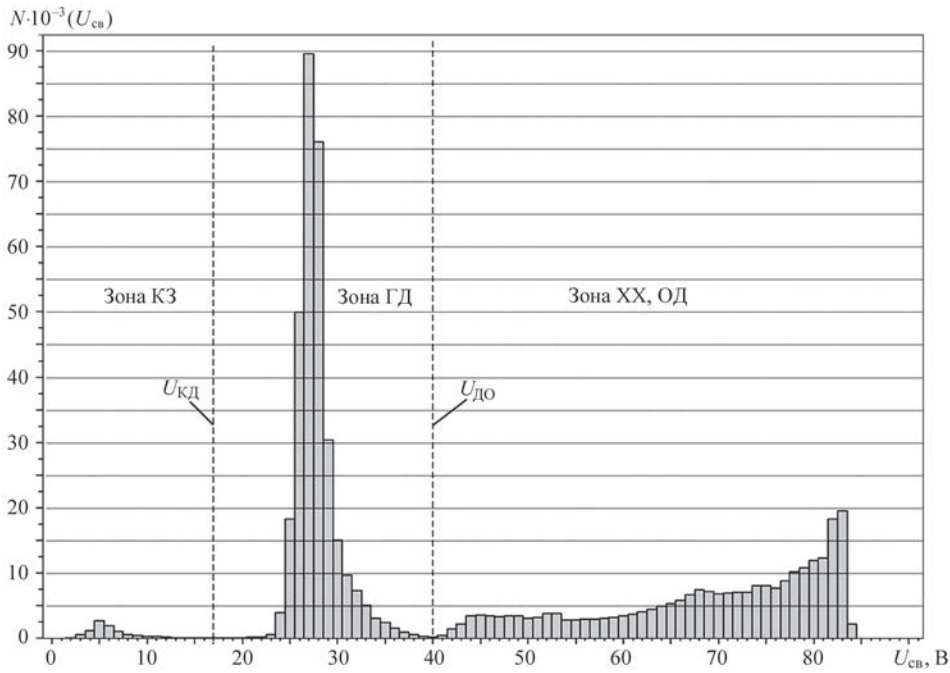


Рис. 3. Гистограмма плотности распределения  $N$  значений  $U_{св}$  для процесса сварки 1 в  $CO_2$

ко в исследовательской практике иногда длительность XX может превысить длительность ГД, в результате чего мода всей реализации находится в зоне XX и ОД (рис. 5). Поэтому запись наблюдения перед компьютерной обработкой необходимо «очищать» от лишних периодов XX. Достаточно, чтобы периоды XX в начале и в конце записи не превышали 1 с при общей длительности записи более 10 с.

Для «очищения» записи от лишних периодов XX автоматически удаляются все записи, сделанные за 1 с до  $t_n$ , и через 1 с после  $t_k$ . На рис. 5 представлена гистограмма плотности распределения напряжения после «очищения».

Гистограмма плотности распределения тока после «очищения» для процесса 5 представлена на рис. 6. Как видим, по сравнению с гистограм-

мой, изображенной на рис. 3, б, частота появления значений тока в зоне XX и ОД значительно уменьшилась, но не до такой степени, чтобы считать моду всей записи модой зоны ГД. Это связано с тем, что ток в периоды XX и ОД имеет малый разброс значений, что увеличивает плотность распределения тока в этой зоне.

Указанное обстоятельство не позволяет использовать такой же алгоритм поиска границ разделения зон для токов, как и для напряжений. В данном случае предлагается использовать отличительное свойство гистограммы токов от гистограммы напряжений — зона XX и ОД на гистограмме токов значительно уже зон КЗ и ГД. Если предположить, что зона XX и ОД находится в пределах от 0 до 40 А и сузить поиск границы  $I_{од}$  в этих пределах, то он сведется к поиску моды и градиентному спуску вправо

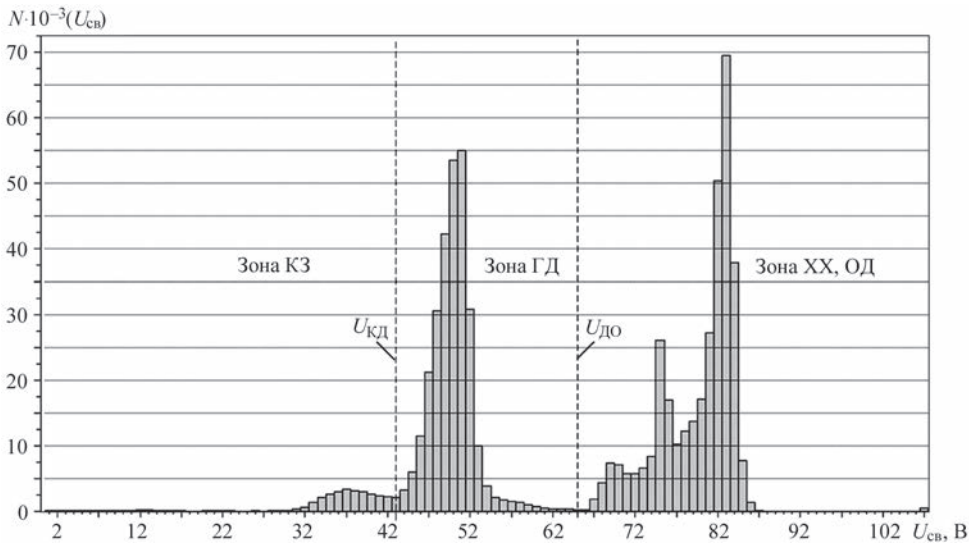


Рис.4. Гистограмма плотности распределения  $N$  значений  $U_{св}$  для процесса сварки 5 в  $CO_2$

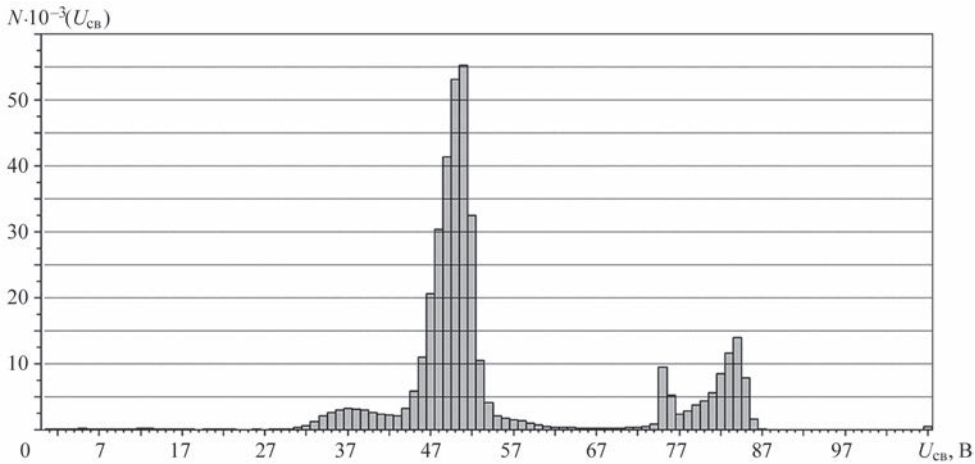


Рис. 5. Гистограмма плотности распределения  $N$  значений  $U_{св}$  для процесса сварки 5 в  $CO_2$  после «очистения»

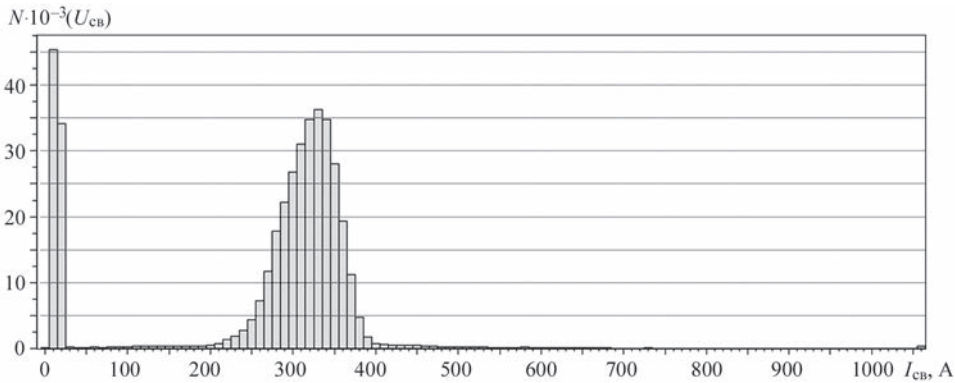


Рис. 6. Гистограмма плотности распределения  $N$  значений  $I_{св}$  для процесса сварки 5 в  $CO_2$  после «очистения»

от моды до достижения минимума. Поиск границы разделения зон ГД и КЗ на гистограмме тока теряет смысл в связи с «расплывчатостью» границы.

Границы трех зон, определенные по гистограммам тока и напряжения, являются весьма неточными, так как зоны пересекаются друг с другом и сигнал со значением уровня, примерно соответствующим границе разделения зон, может относиться как к одной, так и к другой зоне. Повысить точность определения границы разделения зон позволяет анализ совместной плотности распределения  $I_{св}$  и  $U_{св}$  (рис. 7).

На графике отчетливо видны зоны горения дуги и КЗ. Зона холостого хода заметна хуже, так как обрывы в процессе 3 отсутствуют (см. табл. 3), а периоды холостого хода здесь «очищены». Между зонами практически ровная поверхность, что свидетельствует о том, как редко появляются сочетания  $I_{св}$  и  $U_{св}$  в эти местах.

Граница  $L_{ГД-КЗ}$  между зонами КЗ и ГД определяется как проекция на плоскость  $(I_{св}, U_{св})$  траектории движения некоторой точки в 3-х мерном пространстве, движущейся в определенном направлении от заданного места по алгоритму «поиска пути наименьшего сопротивления». Поверхность в пространстве  $(I_{св}, U_{св}, N(I_{св}, U_{св}))$ , где  $N(I_{св}, U_{св})$  — значение плотности совместного распределения  $I_{св}, U_{св}$ , задана в табличном виде.

В качестве начальной точки для поиска границы приняты координаты точки  $A$  (см. рис. 7) с полученным выше значением  $U_{кд}$  и «нулевым» током, т. е.  $A(0, U_{кд}, N(0, U_{кд}))$ . Траектория  $L_{ГД-КЗ}$  проводится так, чтобы при движении от точки  $A$  в сторону увеличения значения тока на каждом шаге  $i$  значение  $N(I_{св}(i), U_{св}(j))$  было наименьшим среди соседних значений  $N(I_{св}(i), U_{св}(j-1))$  и  $N(I_{св}(i), U_{св}(j+1))$ .

Аналогичным образом находится граница между зонами ОД и ГД. В качестве начальной точки для поиска границы берется точка  $B(I_{од}, U_{кд}, N(I_{од}, U_{кд}))$ . Траекторию  $L_{ГД-ХХ}$  от точки  $B$  в сторону уве-

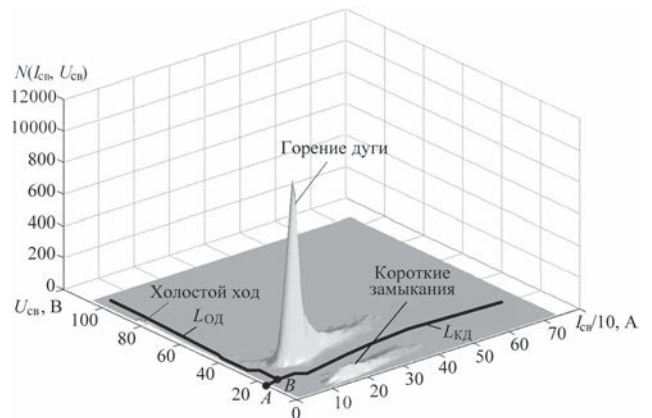


Рис. 7. График функции совместной плотности распределения  $I_{св}$  и  $U_{св}$  для процесса сварки 3 в  $CO_2$

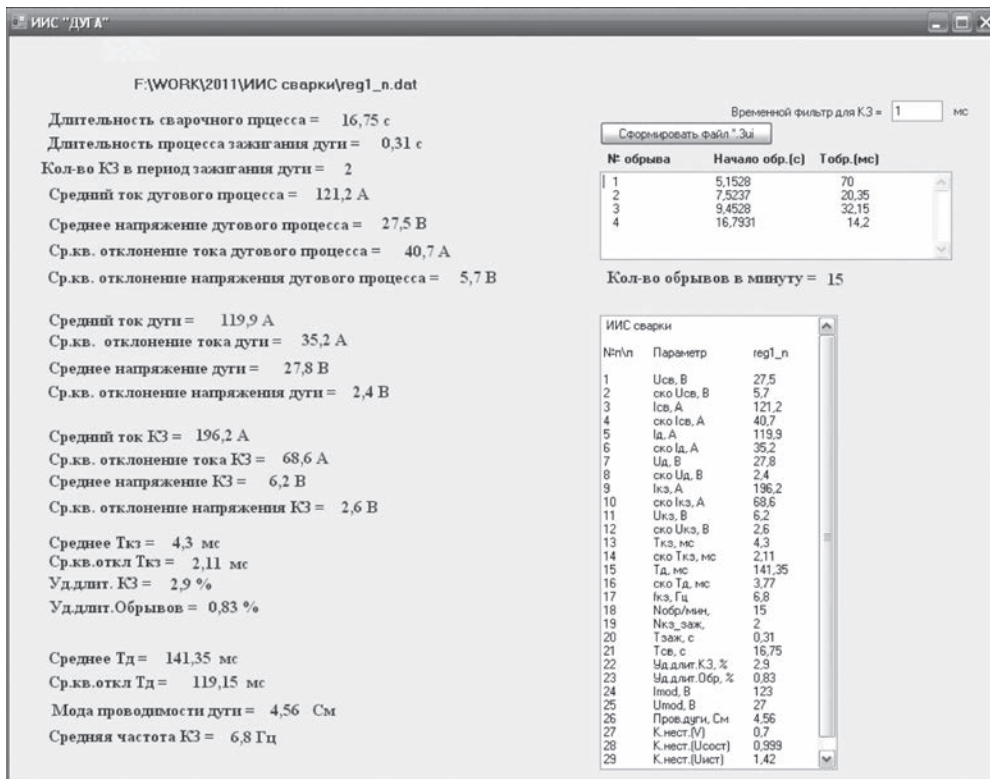


Рис. 8. Форма представления информации о параметрах сварочного процесса 1 в CO<sub>2</sub>

личения значения напряжения проводится так, чтобы на каждом шаге  $j$  значение  $N(I_{св}(i), U_{св}(j))$  было наименьшим среди соседних значений  $N(I_{св}(i - 1), U_{св}(j))$  и  $N(I_{св}(i + 1), U_{св}(j))$  (см. рис. 7).

**ИИС параметров сварочного процесса.** Для расчета основных параметров сварочного процесса создана программа обработки бинарного файла 2-х канальной записи сварочного тока и напряже-

ния, полученного с помощью ПО «PowerGraph». Основная форма программы приведена на рис. 8.

Порядок расчета параметров сварочного процесса следующий.

1. Выполняется фильтрация сигналов:
  - удаление кратковременных (до 0,1 мс) выбросов для  $I_{св}$ ;

Таблица 3. Параметры процесса сварки в CO<sub>2</sub>

Параметры процесса сварки в CO <sub>2</sub>	Номер процесса				
	1	2	3	4	5
Длительность сварочного процесса, с	16,8	19,9	14,0	16,6	17,7
Длительность ЗД, с	0,31	0,31	0,34	0,23	2,68
Количество КЗ в период ЗД	2	2	3	2	15
Средний ток дугового процесса, А	121	231	167	283	317
Среднее напряжение дугового процесса, В	27,5	28,9	26,8	30,8	48,7
СКО тока дугового процесса, А	40,7	62	55,6	84,9	42,9
СКО напряжения дугового процесса, В	5,7	7,1	7,3	7,8	5,6
Средний ток дуги, А	120	226	162	274	318
СКО тока дуги, А	35,2	53,8	48,8	69	37,6
Среднее напряжение дуги, В	27,8	30,7	28,8	32,9	48,7
СКО напряжения дуги, В	2,4	2,9	2,7	3,8	4,8
Средний ток КЗ, А	196	287	218	362	308
Среднее напряжение КЗ, В	6,2	10,1	7,1	12,9	12,4
СКО напряжения КЗ, В	2,6	3,2	2,6	4,1	4,3
Средняя длительность КЗ, мс	4,29	4,01	4,61	3,69	3,11
СКО длительности КЗ, мс	2,1	1,4	1,3	2,3	1,3
Средняя длительность дуги, с	0,14	0,0	0,05	0,03	0,87
СКО длительности дуги, с	0,119	0,033	0,026	0,0217	2,545
Средняя частота КЗ, Гц	6,75	21,7	19,3	27,5	1,1
Среднее количество ОД в мин	15	0	0	0	12

Таблица 4. Параметры процесса сварки в смеси CO<sub>2</sub> с аргоном

Параметры процесса сварки в смеси CO <sub>2</sub> и Ar	Номер процесса						
	1	2	3	4	5	6	7
Длительность сварочного процесса, с	16,9	19,8	16,5	14,9	12,0	13,3	21,9
Длительность ЗД, с	0,45	2,02	0,39	0,0	0,0	0,22	3,09
Количество КЗ в период ЗД	2	7	2	1	1	2	10
Средний ток дугового процесса, А	166	55	141	171	219	251	267
Среднее напряжение дугового процесса, В	30,1	17,1	29,3	30,7	31,6	31,5	41,9
СКО тока дугового процесса, А	20,4	40,4	26,6	27,5	23,3	27,1	28,2
СКО напряжения дугового процесса, В	1,8	4,7	2	1,6	1,7	2,5	2,6
Средний ток дуги, А	166	49	141	170	219	251	267
СКО тока дуги, А	19,6	30,5	25,9	21,8	23,3	27	28,2
Среднее напряжение дуги, В	30,1	18,1	29,4	30,7	31,6	31,5	41,9
СКО напряжения дуги, В	1,3	1,8	1,6	1,4	1,7	2,4	2,6
Средний ток КЗ, А	246	127	226	423	нет КЗ	278	нет КЗ
Среднее напряжение КЗ, В	9,4	4	6,9	14,3	нет КЗ	14,4	нет КЗ
СКО напряжения КЗ, В	2,7	1,6	2,2	8,4	нет КЗ	5,9	нет КЗ
Средняя длительность КЗ, мс	3,89	9,07	4,79	5,01	нет КЗ	1,58	нет КЗ
СКО длительности КЗ, мс	1,2	4,2	1,4	3,2	нет КЗ	0,2	нет КЗ
Средняя длительность дуги, с	1,096	0,111	1,46	1,855	11,975	1,302	18
СКО длительности дуги, с	1,852	0,202	1,748	3,266	0	2,138	0
Средняя частота КЗ, Гц	0,85	8,26	0,62	0,47	нет КЗ	0,69	нет КЗ
Среднее количество ОД в мин	0	3	0	4	0	0	0

– фильтрация обоих сигналов с помощью нелинейного фильтра с переменной структурой [11], который полностью повторяет сигнал без задержки, если скорость его изменения не превышает некоторой заданной величины  $\epsilon$ , определяемой экспериментально (в нашем случае для тока  $\epsilon = 15$  А, а для напряжения  $\epsilon = 5$  В);

$$\overline{I_{cb}(i)} = I_{cb}(i-1) + \frac{\Delta I_{cb}(i)}{|\Delta I_{cb}(i)|} \epsilon$$

при условии, что  $|\Delta I_{cb}(i)| > \epsilon$ , в противном случае  $\overline{I_{cb}(i)} = I_{cb}(i)$ . Аналогично для напряжения:

$$\overline{U_{cb}(i)} = U_{cb}(i-1) + \frac{\Delta U_{cb}(i)}{|\Delta U_{cb}(i)|} \epsilon$$

при условии, что  $|\Delta U_{cb}(i)| > \epsilon$ , в противном случае  $\overline{U_{cb}(i)} = U_{cb}(i)$ .

2. Производится очистка записей от лишних периодов ХХ. В результате «очистения» в начале и конце записей остаются отрезки периодов ХХ длительностью не более 1 с.

3. Осуществляется расчет плотности распределения напряжений с шагом 5 В, вычисляется  $U_{кд}$  и  $U_{до}$ .

4. Вычисляется плотность распределения тока с шагом 5 А на участке от 0 до 31 А. Определяется мода на этом участке, затем вычисляется местоположение минимума плотности (позиция  $I_{од}$ ) справа от моды на участке 0...31 А.

5. Вычисляется функция совместной плотности распределения  $I_{cb}$  и  $U_{cb}$  для тока с шагом 10 А, для напряжения с шагом 1 В.

7. Вычисляется граница раздела зон ГД и КЗ —  $L_{гд-кз}$  и граница раздела зон ГД и ХХ(ОД) —

$L_{гд-хх}$ , а также проекции  $L_{гд-кз}$  и  $L_{гд-хх}$  на плоскость  $[U_{cb}, I_{cb}]$ , т. е.  $U_{cb} = Tri(I_{cb})$  и  $I_{cb} = Tru(U_{cb})$ , соответственно.

8. Производится кластеризация сварочного процесса.

Формируется массив состояний процесса  $Kdd(i)$  для последующего его анализа. Каждое состояние процесса в массиве  $Kdd(i)$  кодируется определенным значением уровня сигнала:

–  $Kdd(i)_{хх,од}$  при соблюдении условия:

$$U_{cb}(i) > [Tri(I_{cb}(i))Or(U_{cb}(i) \leq U_{кд} \text{ And } I_{cb}(i) \leq I_{од})]$$

$$\text{And } I_{cb}(i) \leq Tru(U_{cb}(i)).$$

–  $Kdd(i)_{кз}$  при соблюдении условия:

$$U_{cb}(i) \leq Tri(I_{cb}(i))Or(U_{cb}(i) \leq U_{кд}$$

$$\text{And } I_{cb}(i) \leq I_{од}).$$

–  $Kdd(i)_{гд}$  при соблюдении условия:

$$U_{cb}(i) > [Tri(I_{cb}(i))Or(U_{cb}(i) > U_{кд} \text{ And } I_{cb}(i) > I_{од})]$$

$$\text{And } I_{cb}(i) > Tru(U_{cb}(i)).$$

В таблицах 3 и 4 представлены результаты работы ИИС для режимов сварок, приведенных в табл. 1 и 2.

### Выводы

1. Представленная ИИС обеспечивает получение широкого набора статистических показателей электрических параметров процесса для анализа всех стадий — включение источника, возбуждение дуги, установившийся дуговой процесс, завершение сварки.

2. ИИС выполняет автоматическую идентификацию состояния процесса сварки, тем самым исключая влияние человеческого фактора на полученные оценки статистических параметров процесса.

1. Blakeley P. J. Developments in monitoring systems for resistance and arc welding / P. J. Blakeley // Proceedings of the International conference on automated welding systems in manufacturing, Gateshead, England // Woodhead Publishing, Ltd. – 1992. – P. 40.
2. Wu C. S. A fuzzy logic system for process monitoring and quality evaluation in GMAW / C. S. Wu, T. Polte, D. Rehfeldt // Welding J. – 2001 – № 2. – P. 33–38.
3. ELMA-Technik. «Daten-Registrier-Anlage für die Schweißtechnik (DAREG)». Firmenschrift ELMA-Technik GmbH & Co-KG, Aachen.
4. ARCDATA LQ-5N System. «Geräte zur Überwachung, Dokumentation und Regelung der Schweißdaten beim Lichtbogenschweißen», Messer Griesheim Firmenschrift 30.0102 d/e.
5. ARCDATA LQ-2 System. «Schweißdaten-Überwachungsgeräte zur Qualitätskontrolle beim Lichtbogenschweißen», Messer Griesheim Firmenschrift 30.0104 d/e.
6. Ogunbiyi B. GMAW metal transfer and arc stability assessment using monitoring indices / B. Ogunbiyi, J. Norrish // Computer Technology in Welding, Lanaken, Belgium 9–12 June 1996.
7. Металлургия дуговой сварки: Процессы в дуге и плавление электродов / И. К. Походня, В. Н. Горпенюк, С. С. Миличенко [и др.]; под ред. И. К. Походни; АН УССР, Институт электросварки им. Е. О. Патона. – К.: Наукова думка, 1990. – 224 с.
8. Бекетов В. Г. Информационно-измерительная система для аттестации источников питания дуговой сварки: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.11.16. – Информационно-измерительные и управляющие системы (в машиностроении) / В. Г. Бекетов; научн. рук. В. В. Кривин. – Волгоград, 2006. – 16 с.
9. Ульянова О. В. Информационно-измерительная система для аттестации источников питания дуговой сварки на основе параметров марковской модели процесса плавления: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.11.16. – Информационно-измерительные и управляющие системы (в машиностроении) / О. В. Ульянова; научн. рук. В. В. Кривин. – Волгоград, 2006. – 18 с.
10. Ланкин Ю. Н. Показатели стабильности процесса дуговой сварки плавящимся электродом / Ю. Н. Ланкин // Автоматическая сварка. – 2011. – № 1. – С. 7–15.
11. А. с. 1190361. Нелинейный фильтр / В. Г. Соловьев, А. И. Капелистый, В. Н. Федас, Т. Н. Удовенко; опубл. 30.05.1984 г.

Поступила в редакцию 31.03.2016



## МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ СЕМИНАР

### «Совершенствование сварочных материалов и технологий их производства под прогнозируемые требования»

(посвящен памяти академика И. К. Походни)

5–8 июня 2017 г.

г. Белгород, Россия

**Организаторы:** Ассоциация «Электрод», ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины, ООО «Новооскольский электродный завод», ООО «КЕРАМГЛАС».

Главные особенности семинара — практическая направленность сообщений, возможность участия в прениях производителей и потребителей продукции, посещение производственной площадки Новооскольского электродного завода.

Темы докладов необходимо сообщить до 15.01.2017 г.

Тезисы докладов в электронном виде следует направить до 10.04.2017 г.

**Контакты:** ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины. 03680, Украина, г. Киев-150, ул. Казимира Малевича, 11. Липодаеву В. Н., тел.: +38-044-200-63-02.

E-mail: vladimir.lipodaev@yandex.ua; as-electrod@mail.ru. hppt: //association-electrode.com