

УДК 621.791

**КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ В АВТОМАТИЗАЦИИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА
И ОБЕСПЕЧЕНИИ ТРЕБУЕМОГО КАЧЕСТВА СВАРНЫХ
СОЕДИНЕНИЙ**

П. В. ЗАНКОВЕЦ, П. А. ШКУРДЮК

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

UDC 621.791

**COMPUTER SYSTEMS IN WELDING FABRICATION PROCESS DESIGN
AUTOMATION AND WELDED JOINTS QUALITY ASSURANCE**

P. V. ZANKOVETS, P. A. SHKOURDUKE

Аннотация. С использованием математического моделирования и исследования технологических процессов сборочно-сварочных работ разработаны и внедрены в производство ряд информационно-аналитических систем, позволяющих осуществлять учет, контроль и анализ качества сварки, устанавливать причины образования дефектности и способы их предупреждения. При этом для энергоресурсосбережения в сварке разработаны технически обоснованные системы расчета норм расхода сварочных и вспомогательных материалов, параметров режима сварки, расчет норм основного и вспомогательного времени на различные способы дуговой сварки металлоконструкций.

Ключевые слова: качество сварки, сварные соединения, дефектность, дуговая сварка, базы данных и знаний, причины брака, режимы сварки, нормы расхода сварочных материалов, нормы времени на сварку.

Abstract. A number of the information analysis systems, allowing to carry out the welding quality account, control and analysis, are developed and introduced in manufacture to establish the deficiency formation reasons and ways of its prevention with use of mathematical simulation together with assembly and welding work technological processes research. At the same time the technologically reasonable systems of calculating the material consumption rates for welding consumables and auxiliary materials, welding conditions parameters, the basic and auxiliary standard times for different manners of structural steel arc welding providing the energy and resources saving in welding are developed.

Keywords: welding quality, welded joints, deficiency, arc welding, data and knowledge bases, deficiency reasons, welding conditions, welding consumables consumption rates, standard times for welding.

Мировой опыт показывает, что применение только прогрессивных технологий не обеспечивает требуемый уровень качества сварки, т. к. сборочно-сварочное производство является, по сути, сложнейшим процессом, зависимым от множества как внутренних, так и внешних факторов. Поэтому для формирования бездефектных сварных соединений необходимо постоянно совершенствовать системы управления качеством сборочно-сварочных работ. Вместо

приемочных операций по отбраковке негодных сварных соединений должен применяться оперативный контроль по предупреждению брака на всех производственных стадиях подготовки, сборки и сварки. Однако, чтобы предупреждать брак, необходимо знать наиболее вероятные причины его появления. В системе управления качеством сварных соединений проблема определения и предупреждения причин дефектов сборочно-сварочных работ является, безусловно, одной из важнейших. Решение проблемы возможно только в комплексе единых методов и средств, обеспечивающих выполнение установленных требований, основанных на знании влияния основных производственных факторов на качество сварных соединений и позволяющих предотвращать дефекты до начала процесса производства на промежуточных этапах, а не в готовом изделии. Следовательно, необходима разработка методов и средств, основанных на концепции бездефектного изготовления сварных соединений на конкретном сборочно-сварочном производстве. Основой для решения проблемы является система учета, контроля и анализа качества сварочных работ и сварных соединений (рис. 1–3).

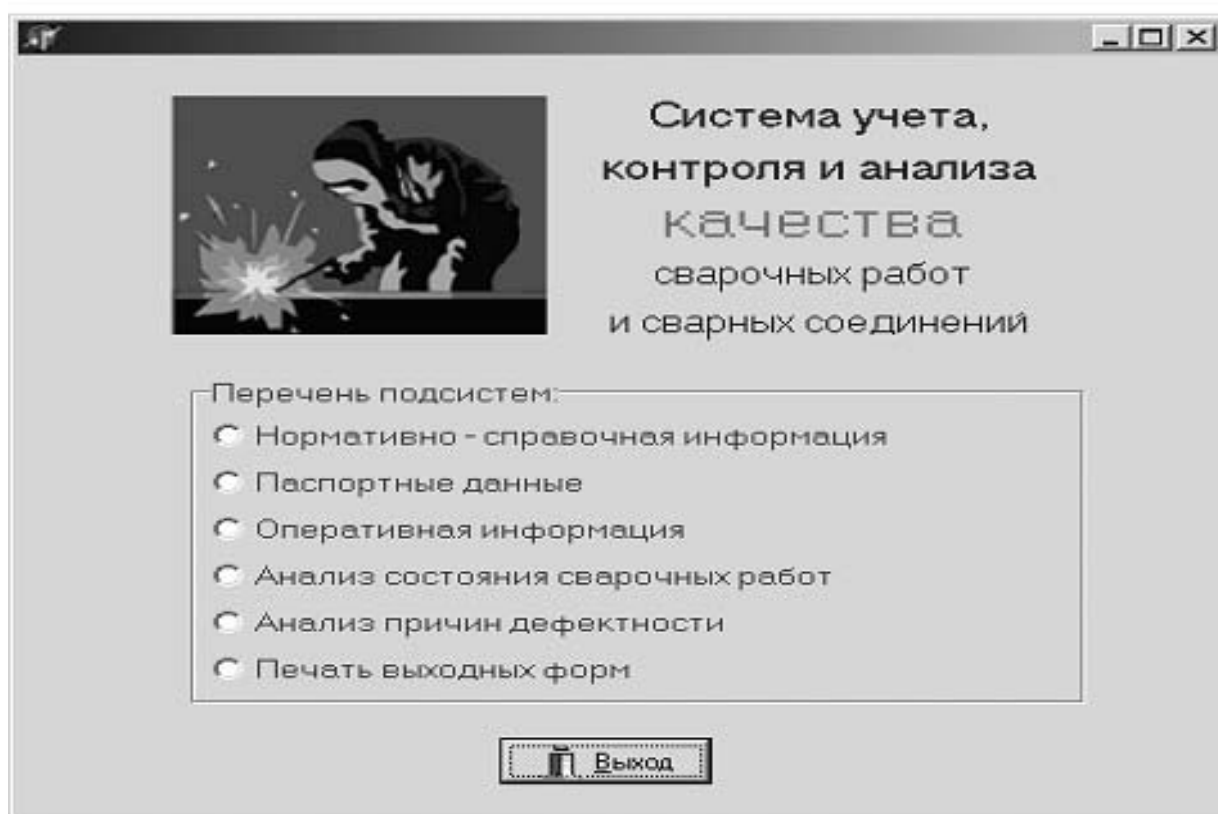


Рис. 1. Головное меню системы учета, контроля и анализа качества сварочных работ и сварных соединений

На рынке программных продуктов СНГ достаточно широко применяются и постоянно совершенствуются системы, разработанные НПП «ИНТЕРМЕХ», АО «Топ Системы», АО «АСКОН», ПО «КОМПАС» и др. Эти системы предназначены для технологической подготовки производства деталей, позволяют формировать выходную технологическую документацию, однако решение

расчетных задач при проектировании техпроцессов сварки ограничено конкретными способами сварки.

База данных контроля сварных стыков

Дата	РГГ или УЗК	Клеймо	Кл. 1	Кл. 2	Кл. 3	Пров. стык	Деф. стык	D	S	Пр. шва	Пр. деф.	Причина
01.01.2008	РГГ	И				0	0		8	600	0	
01.01.2008	РГГ	Ш				4	1	273	6	3428,9	250	Сварочное оборудование
01.01.2008	РГГ	ГГ				5	0	159	9	2496,3	0	
01.02.2008	УЗК	ЧЧЧ				13	0	159	5	6490	0	
01.02.2008	УЗК	Н				0	0		15	17550	850	Сварочные материалы
01.02.2008	УЗК	88				0	0		15	17550	850	Прочие
01.02.2008	УЗК	66				0	0		10	1500	0	
01.02.2008	УЗК	Л2				0	0		8	24000	0	
01.02.2008	УЗК	11				0	0		8	26000	2000	Технология сварки
01.02.2008	УЗК	ППП				1	0	1020	14	3203	0	
01.02.2008	УЗК	66				1	0	630	14	1978	0	Квалификация сварщика
01.02.2008	УЗК	66				4	0	630	12	7913	0	
01.02.2008	УЗК	ППП				3	2	325	10	3062	480	Квалификация сварщика
01.02.2008	УЗК	99				3	2	325	10	3062	520	Подготовка и сборка

Фильтрация: Нет Дата + РГГ Дата Дата + УЗК Клеймо Дата + Клеймо Дата + Причина

Период выборки: 01.04.2009 < 09.04.2009

Клеймо- Список (ФИО): 11

Причина дефектности: Подготовка и сборка

Обновить Запись в Excel Сводная табл. Выход

Рис. 2. Пример работы с базой данных о состоянии качества сварочных работ

Таким образом, системы, предназначенные для автоматизации технологической подготовки в сварочно-монтажном производстве, практически отсутствуют. Такие ограничения связаны с крайней неоднородностью и разнообразием способов сварки, свариваемых и сварочных материалов, оборудования, типов сварных соединений. Поэтому значительно усложняется формализация задач и создание алгоритмов, программных средств, больших по объему и сложных по структуре баз данных и знаний. Следовательно, задача разработки информационных технологий в сварке, позволяющих обеспечить требуемое качество сборочно-сварочных работ и сварных соединений, имеет очень важное значение для всей отрасли сварочного производства.

Разработанный комплекс информационно-аналитических систем (ИАС) позволяет оперативно получать информацию, необходимую для принятия проектных решений по технологическим процессам сборочно-сварочных работ, и решать расчетные задачи, связанные с профессиональной деятельностью конструкторов и технологов. Представленные расчетные задачи охватывают наиболее распространенные в машиностроении и строительстве способы дуговой сварки.

Например, в системе расчета норм расхода сварочных материалов на механизированную дуговую сварку в защитном газе (рис. 4) решаются следующие задачи:

- подготовка и накопление исходных данных для расчета;
- расчет площади поперечного сечения сварного шва;
- расчет нормы расхода сварочных материалов (электродов, проволоки, флюса, газа) на 1 м шва и расхода на выполнение сварного шва;
- формирование исходных данных и результатов расчета в формате, соответствующем правилам записи информации в технологических документах;
- формирование и сохранение файла результатов расчета на магнитных носителях.

База данных контроля сварных стыков

Дата	РГГ или ЧЗК	Клеймо	Кл. 1	Кл. 2	Кл. 3	Пров. стык.	Деф. стык.	D	S	Пр. шва	Пр. деф.	Причина
08.03.2010	РГГ	M2				62	3	159	5	30954,1	370	Подготовка и сборка
13.03.2010	РГГ	88				5	2	219	6	3438,3	340	Подготовка и сборка
17.03.2010	РГГ	11	C2			8	1	325	6	8164	250	Подготовка и сборка
27.03.2010	ЧЗК	ЮЮ	22			27	2	273	36	23144,94	420	Подготовка и сборка
30.03.2010	ЧЗК	Э	PP			7	2	720	8	15825,6	1130	Подготовка и сборка
30.03.2010	ЧЗК	Э	PP			3	1	630	8	5934,6	495	Подготовка и сборка
17.05.2010	РГГ	99				27	8	720	9	61042	18086	Подготовка и сборка
22.05.2010	РГГ	С				10	2	720	9	22608	4522	Подготовка и сборка
24.05.2010	РГГ	99	C4	ППП		16	14	720	9	36173	31651	Подготовка и сборка
25.05.2010	РГГ	С				14	7	1220	11	53631	26816	Подготовка и сборка
29.05.2010	РГГ	99	ППП			11	7	1220	11	42139	10535	Подготовка и сборка
17.06.2010	РГГ	77				10	4	1220	11	69000	9600	Подготовка и сборка
22.07.2010	ЧЗК	T1	T	V		4	2	640	10	8038	980	Подготовка и сборка
25.07.2010	ЧЗК	KK	Э			4	2	2220	10	27883	3400	Подготовка и сборка
27.07.2010	ЧЗК	T1	T	Э		4	2	4427	10	55603	6900	Подготовка и сборка
21.08.2010	РГГ	77	ЩЩ			15	4	820	9	166200	21300	Подготовка и сборка

Фильтрация: Нет Дата + РГГ Дата Дата + ЧЗК Клеймо Дата + Клеймо Дата + Причина

Период выборки: 01.01.2010 < 01.10.2010

Клеймо-Список [ФИО]: 1

Причина дефектности: Подготовка и сборка

Убновить

Запись в Excel

Сводная табл.

Выход

Рис. 3. Пример получения выходной информации по фактору «Подготовка и сборка под сварку»

Адаптация результатов расчета на условия конкретных пользователей обеспечивается поправочными коэффициентами.

Расчет параметров режима дуговой сварки выполняется для сталей (низкоуглеродистых, углеродистых, низколегированных, легированных конструкционных теплоустойчивых, высоколегированных жаропрочных, высоколегированных жаростойких, высоколегированных коррозионно-стойких), алюминия и алюминиевых сплавов, меди и медно-никелевых сплавов, титана и титановых сплавов.

В системах расчета параметров режима дуговой сварки решаются следующие задачи:

- подготовка исходных данных для расчета;

- расчет параметров режима сварки;
- расчет норм основного и вспомогательного времени на сварку;
- формирование результатов расчета в формате строки «Р» для вставки в технологический документ.

Рис. 4. Пример подготовки данных и результаты расчета норм расхода сварочных материалов на механизированную дуговую сварку в защитном газе

На рис. 5 представлены форма подготовки данных и результаты расчета параметров режима на механизированную дуговую сварку в защитном газе.

Отдельной подгруппой задач представлены системы расчета норм расхода сварочных материалов в строительстве:

- система расчета норм расхода сварочных материалов при сварке стальных трубопроводов (ручная дуговая, газовая, аргоно-дуговая и комбинированная, типы сварных соединений по ГОСТ 16037–80);
- система расчета норм расхода сварочных материалов при сварке листовых и решетчатых конструкций;
- система расчета норм расхода материалов при ручной и механизированной газовой резке;
- система расчета норм расхода материалов при газовой сварке.

Отличие этих систем от вышеприведенных заключается в использовании нормативной базы, применяемой в строительстве.

Расчет режимов дуговой сварки

Признак изменяемости исходных данных: []

Группы свариваемых материалов: Углеродистые стали

Режимы дуговой сварки в защитном газе:
 Число слоев = 1
 Расст. от торца сопла до детали, min LC1=10мм
 Расст. от торца сопла до детали, max LC2=20мм
 Сила тока min, I1=240 А
 Сила тока max, I2=280 А
 Напряжение дуги min, U1=24 В
 Напряжение дуги max, U2=26 В
 Скорость сварки min, VS1=24м/час

ГOST способа сварки: ГOST 14771-76

РИН
 АИН
 РИНп
 АИНп
 АИНп-3
 МИП
 АИП
 МУП
 АУП

Условное обозначение сварного соединения: C5

Конструктивные элементы: S = 0,8 - 8,0 мм

Максимальная толщина свариваемых деталей, мм: 4

Положение сварки: Нижнее

Расположение шва: Наружный

Вид шва: Прямолинейный непрерывный

Тип проволоки: Проволока металлическая

Введите длину сварного шва, мм: 1450

Выбор марки электрода (проволоки) [] Расчет расхода [] Запись []
 Сброс [] **Расчет режимов** [] Конец []

DC=3-4мм;Lc=8-15мм;Lз=9-15мм;Пл=0;U=24-26В;I=240-280А;Vc=24-26м/ч;Vп=180-200м/ч;

Рис. 5. Пример подготовки данных и результаты расчета параметров режима на механизированную дуговую сварку в защитном газе

На рис. 6 представлены форма подготовки данных и результаты расчета норм расхода сварочных материалов на сварку трубопроводов.

Базы данных и знаний (БД и З) комплекса ИАС содержат файлы нормативно-справочной информации, представленные в виде таблиц, файл конструктивных элементов и размеров сварных соединений по способам сварки и типам сварных соединений и файлы, содержащие марки сварочных материалов (электродов, проволоки), сгруппированные по группам свариваемых материалов, защитные газы и флюсы, коэффициенты потерь (в зависимости от марки электрода) и другие сведения.

При работе с системами пользователю обеспечены:

- рационально организованный современный интерфейс, который обеспечивает удобство работы и позволяет избежать ошибок при подготовке данных;
- ввод, визуализация, контроль и возможность корректировки входной информации об элементах, узлах сварных конструкций;

- интеллектуальная поддержка в процессе подготовки данных и в процессе расчетов;
- возможность работы с несколькими системами в процессе подготовки текстовой технологической документации.

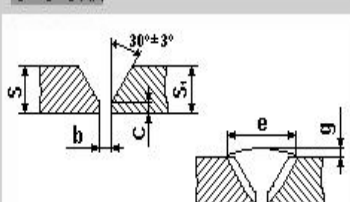
Расчет норм расхода при сварке трубопроводов

Выберите способ сварки: **Аргодуговая**

Сварка углеродистых и легированных сталей

Условное обозначение сварного соединения: **C17**

Конструктивные элементы и размеры: **S = 3 - 6 мм**



Диаметр X Толщина стенки трубы, мм: **273*6**

Длина шва, мм: **857,22**

Расход на 1 стык, кг: **Неповоротный**

Положение оси трубопровода: **Горизонтальное**

Количество одинаковых стыков, шт.: **25**

Удельный расход аргона на сварку / поддув, л/мин: **8 л/мин; 5 л/мин**

Результаты расчета

Аргодуговая сварка

Расход на 1 м: **0,314** кг сварочной проволоки, кг; **0,269** кг электродов вольфрамовых, г;

Расход на 1 стык: **4,984** л аргона на сварку, л; **529,16** л аргона на поддув, л;

Расчет расхода

Запись на диск

Запись в Excel

Сброс **Очистить файл** **Окончание работы**

Размеры сечения шва, мм

S=S ₁	b		c		e		g	
	Но-мнн.	Пред. откл.	Но-мнн.	Пред. откл.	Но-мнн.	Пред. откл.	Но-мнн.	Пред. откл.
3			0,5	+0,5	7			
4	1,0				8			
5		+0,5			9	+2	1,5	+1,5
6	1,5				11			-1,0
7					12			
8			1,0		13	+3		
10					16			
12		+1,0		±0,5	18	+4		
14	2,0				21		2,0	+2,0
16					23			-1,5
18		+1,5	1,5		26	+6		
20					28			

Аргодуговая сварка
Тип шва = C17;
Тип стыка = Неповоротный;
Положение оси трубопровода=Горизонтальное;
Толщина (катет)=6мм;
Длина шва=857,22мм;
Количество стыков (фланцев, патрубков)=25шт;
Расход проволоки на 1 м шва=0,314кг;

Рис. 6. Пример подготовки данных и результаты расчета норм расхода сварочных материалов на сварку трубопроводов

Таким образом, представленные системы построены по модульному принципу и состоят из универсальных модулей, не зависящих от типа производства, и объектно-ориентированных модулей, учитывающих специфику конкретного предприятия. Каждая из систем комплекса оформлена в виде загрузочного модуля и имеет свою независимую от других базу данных и знаний. В результате такой подход позволяет адаптировать и внедрять разработанные системы на различных предприятиях, имеющих сварочное производство.