



ПРИМЕНЕНИЕ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ АСУТП СВАРКИ

Ф. Н. КИСИЛЕВСКИЙ, д-р техн. наук, **В. В. ДОЛИНЕНКО**, канд. техн. наук
(Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины),
А. Ю. НИКИФОРОВ, инж. (ГППО «ЮМЗ им. А. М. Макарова»)

Выполнен анализ состояния руководящих документов, касающихся разработки автоматизированных систем управления сваркой. Показана возможность применения объектно-ориентированного проектирования при разработке сложных АСУТП сварки.

Ключевые слова: АСУТП сварки, объектно-ориентированное проектирование, стадии и этапы создания АС, межгосударственные, государственные и отраслевые стандарты

Для эффективного функционирования сварочного производства в условиях рыночной экономики необходимо на предприятиях внедрять передовые технологии и автоматизированные системы управления. В связи с тем, что разработка новой автоматизированной технологии предприятия, как правило, связана с временным изъятием из оборотных средств значительных ресурсов, возникает необходимость выполнения проекта в минимальные сроки и с максимальным соответствием окончательного варианта автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУТП) сварки техническим требованиям.

Как известно, разработка АСУТП сварки обычно осуществляется специализированными организациями (научно-инженерными фирмами, научно-

исследовательскими институтами и др.) и только в редких случаях — силами самого предприятия при наличии в его структуре соответствующего подразделения. В связи с этим особое значение приобретает эффективное взаимодействие между заказчиком и исполнителем. Существующие руководящие документы по стандартизации разработки и внедрению автоматизированных систем (АС) [1–6] предусматривают определенный состав и содержание работ, выполняемых на различных стадиях создания АС (табл. 1).

В соответствии с общими положениями руководящих документов известно, что «процесс создания АС представляет собой совокупность упорядоченных во времени, взаимосвязанных, объединенных в стадии и этапы работ, выполнение которых необходимо и достаточно для создания АС, соответствующей заданным требованиям» [3, п.1.1]. К этому можно добавить, что финансирование разработки АС обычно ведется поз-

Таблица 1. Типовой состав работ при создании АС

№ п/п	Стадия	Этап
1	Формирование требований к АС	1.1. Обследование объекта и обоснование необходимости создания АС 1.2. Формирование требований пользователя к АС 1.3. Оформление отчета о выполненной работе и заявки на разработку АС (тактико-техническое задание)
2	Разработка концепции АС	2.1. Изучение объекта 2.2. Проведение необходимых научно-исследовательских работ (НИР) 2.3. Разработка вариантов концепции АС и выбор варианта, удовлетворяющего требованиям пользователя 2.4. Оформление отчета о выполненной работе
3	Техническое задание (ТЗ)	3.1. Разработка и утверждение ТЗ на АС
4	Эскизный проект	4.1. Разработка предварительных проектных решений по АС и ее частям 4.2. Разработка документации
5	Технический проект	5.1. Разработка проектных решений по АС и ее частям 5.2. Разработка документации 5.3. Разработка и оформление документации на поставку изделий для комплектования АС и/или технических требований (ТЗ) на их создание 5.4. Разработка заданий на проектирование в смежных частях проекта объекта автоматизации

№ п/п	Стадия	Этап
6	Рабочая документация	6.1. Разработка рабочей документации на систему и ее части 6.2. Разработка или адаптация программ
7	Ввод в действие	7.1. Подготовка объекта автоматизации к вводу АС в действие 7.2. Обучение персонала 7.3. Комплектация АС поставляемыми изделиями (программными и техническими средствами, программно-техническими комплексами, информационными изделиями) 7.4. Строительно-монтажные работы 7.5. Пусконаладочные работы 7.6. Предварительные испытания 7.7. Опытная эксплуатация 7.8. Приемочные испытания
8	Сопровождение	8.1. Выполнение работ в соответствии с гарантийными обязательствами 8.2. Послегарантийное обслуживание

тапно и авансом. К моменту проведения приемочных испытаний, как правило, осваивается до 90 % выделенных ресурсов. В то же время на этапе опытной эксплуатации и приемочных испытаний иногда могут обнаружиться недочеты, которые требуют не только устранения неисправностей и внесения изменений в документацию, но и уточнения ТЗ.

Такие исключительные случаи, однако, имеют определенную причину. Это связано с тем, что при закрытии (приемке) очередного этапа работ при создании АС специалисты заказчика не всегда могут в полной мере оценить полноту и качество работ, выполненных исполнителем. Критерием оценки для них обычно являются результаты, полученные после выполнения сварки, — качество сформированного шва и наличие в нем дефектов. Поэтапное выполнение работ иногда приводит к тому, что самые серьезные проблемы обнаруживаются в конце осуществления проекта. Наблюдается следующая тенденция: чем сложнее процесс сварки, тем выше риск появления форс-мажорных обстоятельств на конечной стадии разработки АСУТП сварки.

В связи с изложенным выше возникает необходимость поиска других организационных форм управления проектом при создании сложной АСУТП сварки.

Специалистами ИЭС им. Е. О. Патона и ГППО «ЮМЗ им. А. М. Макарова» подготовлены предложения по применению объектно-ориентированного проектирования (ООП) при разработке сложных АСУТП сварки конструкций ракетносителей. Как известно, ООП имеет следующие отличительные свойства [7, 8]:

представляет собой возвратный процесс (возвратное проектирование);

в нем реализуется непрерывное моделирование результата (наличие многих версий АС);

используется эволюционный характер проектирования — от общих требований, предъявляемых к АС, к все более детальным;

требует использования выразительных (самодокументируемых) средств автоматизированного проектирования типа CAD (computer aided design).

Отличие ООП от традиционного подхода проектирования в упрощенном виде показано на рис. 1.

Таким образом, можно отметить, что в процессе разработки АС с помощью ООП создается ряд версий математического и программного обеспечения. В то же время аппаратное обеспечение (комплекс технических средств) совершенствуется, постепенно приближаясь к конечному варианту АС.

Примерами эффективного применения ООП в сварке могут быть разработка автоматической системы управления ТИГ сваркой сосудов и труб большого диаметра [9], а также комплексно-автоматизированных технологий дуговой сварки МИГ и ТИГ [10]. Такие разработки имеют ряд отличительных свойств: повышенную сложность задачи автоматизации; широкое использование компьютерной техники (системы управления ба-

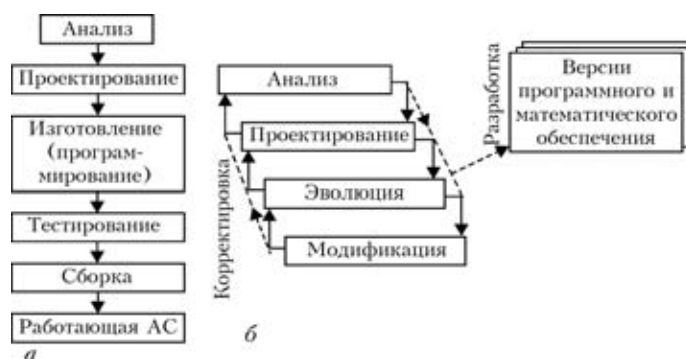


Рис. 1. Сравнение подходов к проектированию АС — традиционного (а) и ООП (б)

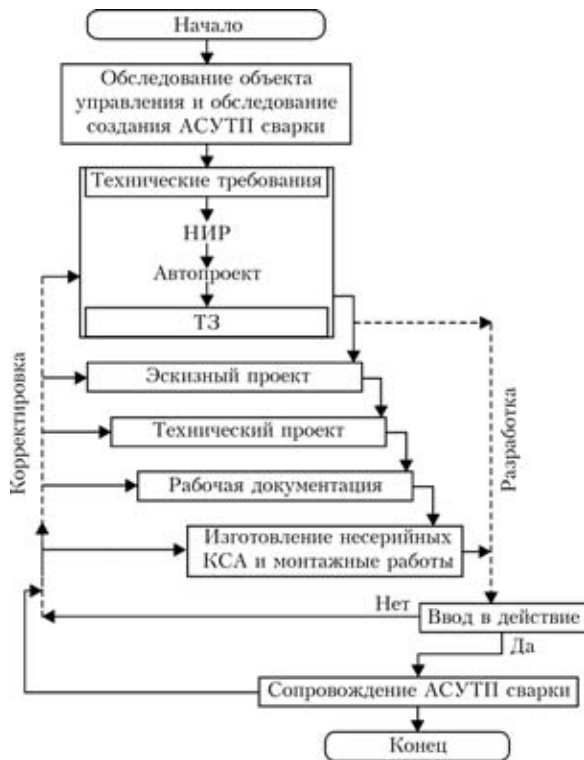


Рис. 2. Ориентировочная схема выполнения проекта по созданию АСУТП сварки с использованием ООП

зами данных, CAD/CAM — системы и т. д.) как на стадии моделирования АС, так и ее создания; использование математического моделирования процессов сварки и сборки (например, «виртуальная фабрика» в [9]); непрерывное проведение научно-исследовательских работ с целью повышения производительности сварки.

Формальным признаком ООП является введение версионности (или очередности) работающего прототипа АС. Например, теперь можно говорить об альфа- и бета-версиях АС (или первой очереди, второй и т. д.). Для каждой версии прототипа АС могут проводиться испытания и оцениваться степень соответствия ее ТЗ.

Ориентировочная схема выполнения проекта по созданию АСУТП сварки с использованием ООП приведена на рис. 2. Новым в данном подходе является то, что при обнаружении на одном из промежуточных этапов работ серьезного не-

достатка в реализации АС, разработка следующей версии может быть начата с этапа выполнения НИР и корректировки ТЗ.

В самом общем виде при использовании ООП разработка АС может включать выполнение параллельно нескольких работ: например, можно выполнять параллельно с НИР эскизный проект, разработку рабочей документации и изготовление несерийных компонентов средств автоматизации (КСА).

Понятно, что при такой организации работ необходимо приложить большие усилия по координации действий исполнителей, чем при традиционном подходе. Требуется также наличие более точных критериев оценки степени завершенности проекта. Последнее может быть выполнено путем «параметризации» при оценке готовности текущей версии АС. Такими параметрами могут быть показатели качества и/или эффективности функционирования АСУТП сварки, например, контуры автоматического регулирования (управление положением горелки относительно стыка, шириной сварного шва, глубиной проплавления, положением мундштука с присадочной проволокой и пр.), режимы функционирования (ручной, автоматический, тестовый и др.), циклограмма сварки («поджиг» дуги, сварка, заварка кратера), технологический регламент сварки (первый и второй проход, контроль качества сварного шва и т. д.), комплектность КСА и др. Система таких параметров может разрабатываться с привлечением специалистов заказчика, и поэтому будет им вполне понятна, поскольку относится к предметной области данного вида сварки. После того, как система параметров АС согласована, можно достаточно просто оценить степень готовности АС в процентах по каждому показателю качества.

Очевидно, что такой подход позволяет заказчику на любом этапе выполнения работ адекватно оценить состоятельность проекта и оперативно контролировать продвижение в выполнении проекта по тем или иным показателям. Еще одним преимуществом такого подхода является то, что в связи с периодическим проведением испытаний

Таблица 2. Ориентировочный календарный план работ, разработанный с использованием ООП

№ п/п	Стадия	Степень готовности по показателям функционирования, %					
		А	Б	В	Г	...	Я
1	Анализ технических требований и результатов обследования технологии сварки, разработка ТЗ	5	0	5	0	...	5
2	Разработка альфа-версии АСУТП сварки	25	10	25	0	...	10
3	Разработка бета-версии АСУТП сварки	50	25	50	75	...	75
4	Разработка окончательной версии АСУТП сварки	95	95	100	100	...	95
5	Проведение приемосдаточных испытаний	100	95	100	100	...	100
6	Сопровождение и устранение замечаний	100	100	100	100	...	100

промежуточных версий прототипов АС можно принять решение о начале опытной эксплуатации АСУТП сварки в усеченном режиме (например, в ручном режиме с работающим контуром автоматического направления горелки на стык).

Ориентировочная структура календарного плана работ в постановке такой задачи приведена в табл. 2.

Необычность формы календарного плана состоит в том, что в нем отсутствуют наименования некоторых стадий и этапов работ создания АС, которые оговорены в п. 2.1 [3]. В действительности они существуют, но в неявном виде. Выполнение того или иного этапа работ связано с достижением определенных уровней значений (степени готовности) группы показателей функционирования.

Анализ состояния руководящих документов межгосударственного значения (государственных стандартов) показал, что предложенная схема реализации проекта не противоречит их смыслу. Например, в том же документе [3] указано, что «в зависимости от специфики создаваемых АС и условий их создания допускается выполнять отдельные этапы работ до завершения предшествующих стадий, параллельное во времени выполнение этапов работ, включение новых этапов работ» (п. 2.2).

В связи с изложенным выше, можно считать, что, во-первых, в нашем случае некоторые этапы работ выполняются параллельно, и, во-вторых, добавлены несколько этапов работ (п. 2–4, табл. 2).

Анализ национальных руководящих материалов по разработке АС приводит к неоднозначному выводу в отношении возможности применения ООП при создании АСУТП сварки.

Можно отметить систему национальных стандартов [11–15], которые касаются разработки и постановки продукции на производство. Из п. 5.1.2 [12] следует, что АС относятся к сфере действия этих стандартов. Анализ содержания указанных документов показал, что использование ООП при разработке АС затруднительно, поскольку в силу наличия нормативных документов отдельно на выполнение НИР и ОКР приводит к невозможности реализации принципа возвратного проектирования. Однако в п. 5.3.5 [12] отмечается, что создание автоматизированных систем управления осуществляют в соответствии с комплексом стандартов и руководящих документов на АС. Последнее можно интерпретировать как ограничение действий данной системы национальных стандартов и расширение границ при-

менения межгосударственных стандартов по разработке АС.

В заключение следует отметить, что применение ООП при разработке АС обеспечивает следующие дополнительные преимущества: создаваемая АС отличается более открытыми свойствами (соответствует требованиям [2, 5]), в результате реализации проекта активизируются познавательные способности специалистов-разработчиков.

Таким образом, можно заключить, что существуют объективные предпосылки для использования ООП при разработке сложных АСУТП сварки.

1. *ГОСТ 24.104–85*. Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Автоматизированные системы управления. Общие требования. — Введ. 01.01.87.
2. *ГОСТ 24.703–85*. Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Типовые проектные решения в АСУ. Основные положения. — Введ. 01.01.87.
3. *ГОСТ 34.601–90*. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания. — Введ. 01.01.92.
4. *ГОСТ 34.602–89*. Информационная технология. Комплекс стандартов и руководящих документов на автоматизированные системы. — Введ. 01.01.90.
5. *ГОСТ 24.702–85*. Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Эффективность АСУ. Основные положения. — Введ. 01.01.87.
6. *РД 50-680–88*. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Руководящий документ по стандартизации. Методические указания. Автоматизированные системы. Основные положения. — Введ. 01.01.90.
7. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на С++ / Пер. с англ. — М.: Бином, 2001. — 558 с.
8. Долиненко В. В., Кисилевский Ф. Н. Объектно-ориентированное программирование систем управления технологическим процессом сварки // Автомат. сварка. — 2001. — № 6. — С. 43–49.
9. Такано Г., Камо К. Полная автоматизация сварки сосудов и труб // Там же. — 2003. — № 10/11. — С. 138–144.
10. Усио М., Сугитани Ю. Разработка высокопроизводительных комплексов для дуговой сварки // Там же. — 2003. — № 10/11. — С. 204–210.
11. *ДСТУ 3973–2000*. Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Правила виконання науководослідних робіт. Загальні положення. — Чинний з 01.07.2001.
12. *ДСТУ 3974–2000*. Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Правила виконання дослідно-конструкторських робіт. Загальні положення. — Чинний з 01.07.2001.
13. *Р88-001–99*. Організація та проведення науководослідних робіт. — Чинний з 01.01.2000.
14. *Р88-003.1–2001*. Організація та проведення дослідно-конструкторських робіт. Ч. 1: Розроблення ТЗ. — Чинний з 01.01.2002.
15. *Р88-003.2–2001*. Організація та проведення дослідно-конструкторських робіт. Ч. 2: Розроблення дослідного зразка. Загальні положення. — Чинний з 01.01.2002.

Analysis of the status of guidelines on development of automated welding control systems has been performed. Applicability of object-oriented design in development of complex CAD systems for welding processes is demonstrated.

Поступила в редакцию 07.09.2005