

Волосенков В.О., Морозов А.В.
Военная академия войсковой ПВО ВС РФ, г. Смоленск

СПОСОБ ПОСТРОЕНИЯ СРЕДСТВ КОМПЛЕКСНОЙ ОТЛАДКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ЭВМ, ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Рассматривается задача комплексной отладки программного обеспечения специализированной ЭВМ функционирующей в реальном времени. Предлагается новый способ построения средств комплексной отладки, который позволяет накопить информацию о событиях, возникавших в программе до появления ошибки в форме файла памяти данных хода программы. В отличие от существующих способов отладки программ реального времени, регистрация хода программы реализована на аппаратном, а не на программном уровне.

Эффективность создания нового и модернизация существующего программного обеспечения (ПО) существенно зависит от качества отладки программ. Отладка представляет собой процесс обнаружения, локализации (нахождения места в программе) и исправления ошибки [1, 2].

Программное обеспечение специализированных ЭВМ (СЭВМ) функционирующих в режиме реального времени характеризуется большим количеством программных модулей, обеспечивающих преобразования информации ограниченным количеством выполняемых функций, повышенными требованиями к времени выполнения и надежности обрабатываемой информации [3].

Комплексная отладка в режиме реального времени является самым сложным этапом отладки. В настоящее время отсутствуют средства отладки программ позволяющие обнаруживать и исправлять ошибки в программах без нарушения хода ее выполнения. Для устранения этого недостатка предлагается новый способ построения средств комплексной отладки программ, особенность которого заключается в предоставлении возможности сбора, хранения и выдачи информации о ходе выполнения программы, что позволит получить неискаженную информацию для ее анализа с целью обнаружения и локализации ошибок.

Сущность способа заключается в применении специального устройства позволяющего регистрировать выполнение программы и сохранять информацию в форме файла памяти данных хода программы.

Для реализации способа разработан аппаратно-программный комплекс, состоящий из специальной аппаратуры сбора и хранения дан-

ных о ходе выполнения программ (регистратора) и программных средств обеспечения обработки информации.

Структура комплекса состоит из целевой специализированной ЭВМ (СЭВМ), инструментальной ПЭВМ, наладочного запоминающего устройства (НЗУ) и специального устройства (регистратора), подключаемого к внутренним шинам СЭВМ и инструментальной ПЭВМ (рисунок 1).

Следует отметить, что при отладке ПО постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) СЭВМ предлагается заменить наладочным запоминающим устройством, в котором команды могут перезаписываться от инструментальной ЭВМ.

Средства отладки реализовывают следующие функции:

- обеспечивают возможность управления ходом отладки в интерактивном режиме;
- позволяют прерывать выполнение программы при возникновении указанных пользователем или аварийных ситуаций;
- выдают информационные и диагностические сообщения об обнаруженных ошибках и несоответствиях в задании и программе пользователя;
- регистрируют ход выполнения заданных участков программы с выдачей необходимой информации, например, последовательности меток (трассы), количества выполненных циклов или списка исполняемых операторов и получаемых результатов;
- осуществляют редактирование и изменение текста программы с целью устранения ошибок и модификации;
- сохраняют полную информацию о ходе выполнения программы в виде файла данных.

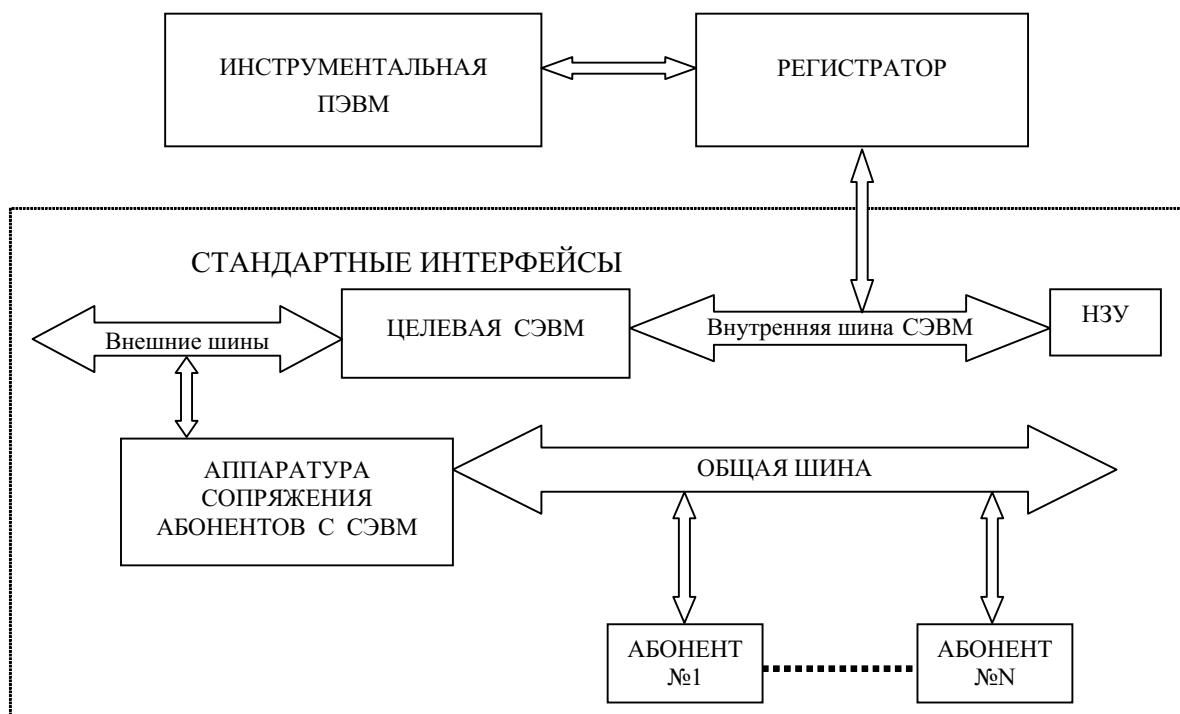


Рисунок 1. Структурная схема средств комплексной отладки ПО

Для настройки регистратора и обработки поступающих данных разработана программа пользовательского интерфейса комплексной отладки. При отладке программ предлагается использовать метод контрольных точек [4]. Контрольные точки устанавливаются в отлаживаемой программе для регистрации прохождения программы через определенную метку, обращения к оператору (имени переменной), регистрации определенного значения переменной (события). Назначение контрольных точек и выполняемые ими функции представлены в таблице 1.

Регистратор подключается к внутреннимшинам целевой СЭВМ и по типу контрольной точки, передаваемой из инструментальной ПЭВМ, автоматически собирает необходимую информацию.

При наступлении исследуемого события регистратор инициирует программу пользовательского интерфейса комплексной отладки, команды которого обеспечивают установку необходимого программисту вида зарегистрированной информации. На рисунке 2 приведена конфигурация аппаратных средств комплексной отладки ПО.

Аппаратная часть комплексной отладки ПО должна выполнять следующие функции:

- загрузку ПО в НЗУ;
- управление настройкой контрольных точек, записью и считыванием анализа хода выполнения программы;
- сбор информации с внутренней шины СЭВМ;
- чтение содержимого НЗУ в инструментальную ПЭВМ;
- чтение содержимого памяти регистратора в инструментальную ПЭВМ;
- тестирование.

В начале процесса отладки пользователь с помощью инструментальной ПЭВМ настраивает регистратор (вводит исходную информацию).

При прохождении программой адреса начала (окончания) сбора информации, интересующей программиста, регистратор автоматически производит запоминание данных (считываемых с внутренней шины СЭВМ) в своей внутренней памяти. По завершении записи хода программы в памяти данных регистратор последний вырабатывает сигнал прерывания на

инструментальную ПЭВМ. После обработки этого сигнала ПЭВМ запускает программу селективной (выборочной) обработки данных. По окончании регистрации выбранного участка анализируемой ПО, пользователь переходит к ее анализу. Схема процесса комплексной отладки ПО изображена на рисунке 3.

В процессе динамической отладки используются программные компоненты: эмулятор и отладчик.

Эмулятор СЭВМ имитирует функционирование целевой СЭВМ на инструментальной ПЭВМ типа РС АТ. В процессе эмуляции обеспечивается диалоговый режим управления и следующие виды отладочных действий:

- отображение значения области памяти ОЗУ, как по указанным физическим адресам, так и по именам языка программирования;
- задание трассировки переменных по физическому адресу или по именам;
- задание трассировки отлаживаемой программы (условные передачи управления, вызовы подпрограмм);
- измерение времени выполнения отлаживаемой программы.

Отладчик представляет собой инструмент для комплексной отладки путем визуализации процесса отладки ПО на мониторе инструментальной ПЭВМ.

Рассмотрим оценку надежности системы аппаратных средств комплексной отладки ПО

Таблица 1. Назначение контрольных точек

№ п/п	Условное обозначение	Выполняемая функция
1	КТ-1	Запись хода программы по счетчику команд при проходе интервала адресов A_i-A_j
2	КТ-2	Измерение времени хода программы по счетчику команд между адресами A_i-A_j
3	КТ-3	Выполнение режима «Цикл», при котором запись хода рабочей программы не проводится до завершения заданного числа циклов N прохода программы через заданный адрес A_n
4	КТ-4	Запись хода программы в заданном интервале адресов A_i-A_j по исполнительному адресу ОЗУ
5	КТ-5	Останов записи хода программы по значению M операнда ОЗУ в заданном адресе A_n исполнительного адреса ОЗУ

представленных на рисунке 2. В качестве исследуемого показателя надежности целесообразно выбрать среднюю наработку на отказ до достижения предельного уровня деградации системы. Для восстанавливаемых систем средняя наработка на отказ T_0 определяется выражением [3]:

$$\bar{T}_0 = \int_0^{\infty} P(t) dt, \quad (1)$$

где $P(t)$ – условная вероятность безотказной работы системы, при условии, что в начальный момент времени все ее элементы работоспособны.

Вероятность того, что в системе, при допущении о равной надежности ее модулей за время $(0,t)$ не произойдет ни одного отказа, определяется выражением:

$$P_{sys_0}(t) = [Pm(t)]^N, \quad (2)$$

где $Pm(t)$ – вероятность безотказной работы одного модуля системы; N – число модулей в системе.

Выражение для вероятности безотказной работы системы после возникновения очередного I -го отказа в интервале времени $(0,t)$:

$$P_{sys_i}(t) = P_{sys_{i-1}}(t) + \\ + \int_0^t C_i \cdot [Pm(t)]^{N-i} \cdot \left(-\frac{d}{d\tau} P_{sys_{i-1}}(\tau) \right) d\tau, \quad (3)$$

где C_i – вероятность обнаружения I -го отказа.

Условная вероятность безотказной работы вычислительной системы при допустимом уровне деградации M определяется выражением:

$$P_{sys_M}(t) = P_{sys_{M-1}}(t) + \\ + C_M \cdot [Pm(t)]^{N-M} \cdot [1 - P_{sys_{M-1}}(t)]. \quad (4)$$

Из выражения (4) получим среднее время наработки на отказ системы аппаратных средств комплексной отладки ПО:

$$\bar{T}_{sys_M} = \int_0^{\infty} \left[P_{sys_{M-1}}(t) + C_M \cdot [Pm(t)]^{N-M} \cdot [1 - P_{sys_{M-1}}(t)] \right] dt. \quad (5)$$

Таким образом, разработанный способ построения средств комплексной отладки ПО специализированных ЭВМ функционирующих в

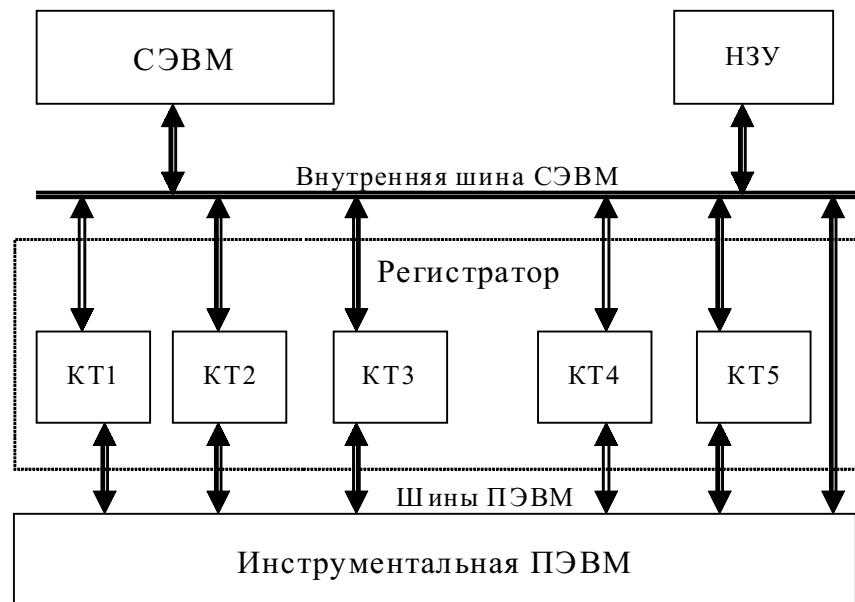


Рисунок 2. Конфигурация аппаратных средств комплексной отладки ПО

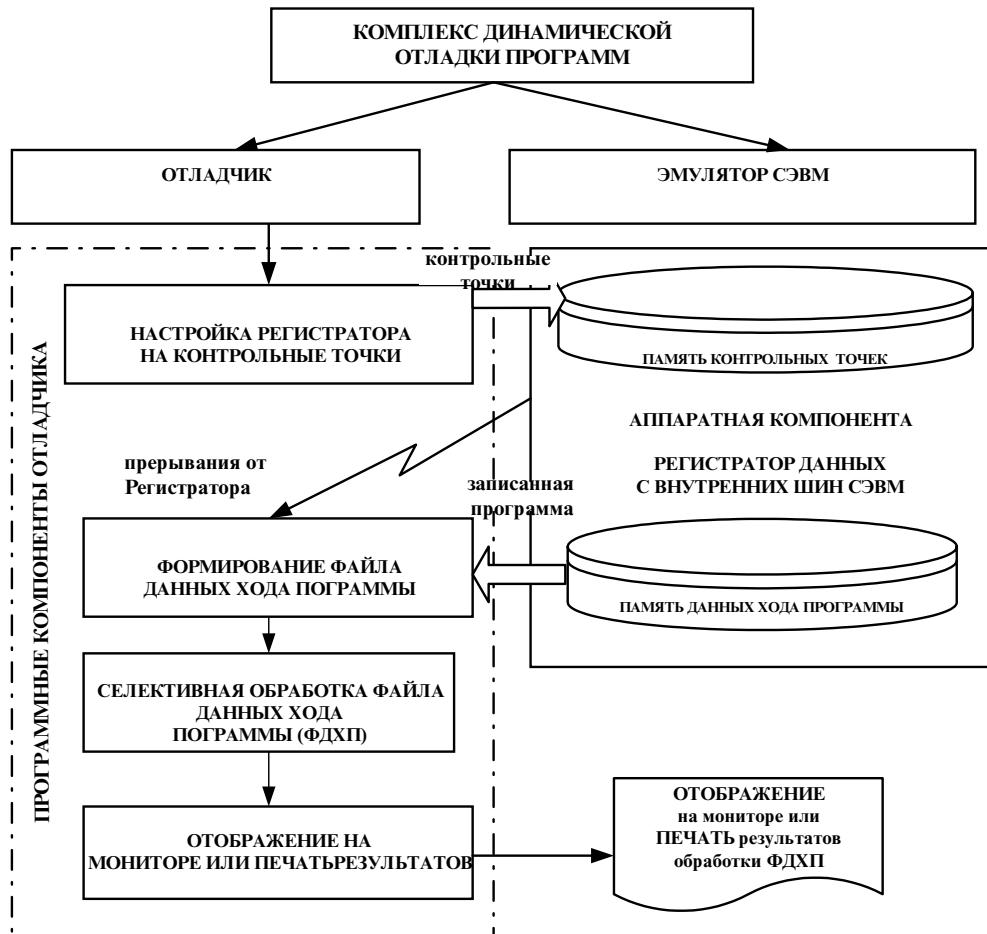


Рисунок 3. Схема процесса комплексной отладки ПО

режиме реального времени предоставляет возможность осуществлять запись, хранение и вывод информации о ходе выполнения программы. Ценность этого способа состоит в том, что с использованием информации о событиях в программе может быть произведен ее анализ для

обнаружения ошибочного участка. При этом в отличие от существующих способов отладки программ реального времени, механизмы регистрации значений операндов и регистрации хода программы предлагается реализовать на аппаратном, а не на программном уровне.

Список использованной литературы:

1. Липаев В.В. Надежность программных средств. Серия «Информатизация России на пороге XXI века». – М.: СИНТЕГ, 1998.
2. Липаев В.В. Отладка сложных программ. – М.: Энергоатомиздат, 1993.
3. Фараджев В.А., Зварич С.И., Сигналов И.Л., Филькенштейн В.А. Комплекс аппаратных средств ЭВМ для отладки программ реального времени. – Управляющие системы и машины, 1980, №1.
4. Майерс Г. Надежность программного обеспечения./Пер. с англ. М., Мир, 1980.