

стоимость системы защиты, - предпочтение должно быть отдано программному комплексу защиты "КОБРА".

## ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ В ОТЛАДКЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ РОСПУСКОМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СОСТАВОВ НА СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРКАХ

А. Ю. Павлов М. А. Шамашов

Отладка программного обеспечения (ПО) систем реального времени (СРВ) - это процесс, трудоемкость которого может превышать 50-60% общего объема работ по созданию таких систем. Если же рассматривать отладку в широком смысле не только как процесс выявления ошибок в уже разработанном программном продукте, а в первую очередь, как процесс проверки правильности решений, принимаемых на различных стадиях проектирования системы, то приведенные цифры можно рассматривать, по-видимому, как нижнюю границу такой трудоемкости. Отладка в широком смысле - это непрерывный процесс, который желательно начинать на самых ранних стадиях проектирования системы.

В общем случае существует два метода отладки ПО СРВ: отладка с использованием реальных устройства связи с объектом (УСО) и объекта управления и исследования (ОУИ) (натурные испытания) и отладка на базе имитационных моделей этих устройств и объекта. Применение первого способа во многих случаях невозможно или нецелесообразно. Наиболее важным аргументом в пользу применения имитационных моделей при отладке ПО СРВ является принципиальная способность подобной системы справиться с самыми важными и разнообразными проблемами отладки: доступность ко всем моделируемым элементам, разнообразие методов управления, повторяемость, возможность введения аварийных ситуаций и обеспечения параллельных разработок аппаратуры и ПО СРВ [1]. В рамках методологии моделирования, используемой при втором методе отладки, УСО и ОУИ заменяются моделями, функционирующими в соответствии со строгими временными и логическими закономерностями, свойственными реальным устройствам и объекту

При отладке ПО СРВ целесообразно использовать две ЭВМ. На одной из них, моделирующей ЭВМ, осуществляется моделирование УСО и ОУИ, а на другой, инструментальной, а в дальнейшем рабочей ЭВМ ведется непосредственное выполнение отладки программного продукта. При таком подходе реально сохраняется параллельность процессов функционирования объекта управления и управляющего устройства, процесс отладки происходит действительно в реальном, а не в системном времени [2], имитирующем реальное, как это происходит при использовании одной ЭВМ для отладки ПО и моделирования ОУИ. При отладке ПО СРВ и моделировании УСО и ОУИ на различных ЭВМ взаимосвязь между ПО и моделью осуществляется на уровне имитации регистровых передач, информационного обмена [1] и реального механизма прерываний ЭВМ с использованием стандартных асинхронных последовательных портов ввода/вывода RS232. Схема взаимодействия инструментальной и моделирующей ЭВМ представлена на рис. 1. В данной статье обсуждаются подходы к отладке в режиме моделирования ПО для яркого примера СРВ - автоматизированной системы управления технологическим процессом роспуска железнодорожных составов на сортировочной горке.

В этой системе можно выделить две центральных и во многом независимых подсистемы: маршрутизация и регулировка скорости движения вагонов на спускной части сортировочной горки. В основе ПО автоматизированной системы маршрутизации (АСМ) [3] лежит синхронный принцип - циклический опрос реле занятости и положения разделительных стрелок и маршрутов с целью подготовки маршрута для очередного отцепа и его "трансляции" (блокировки стрелок при их занятости и переводах тех или иных стрелок под очередной отцеп при их освобождении).

Основа же ПО системы измерения и регулирования скорости, составляющей основу автоматизированного рабочего места оператора тормозных позиций (АРМ ОТП), асинхронна по своей сути: движущийся вагон, его колесо, проезжая над датчиками, расположенными на полотне инициируют запросы на прерывания, программы вторичной обработки которых определяют скорость и межосные расстояния, подсчитывают число осей и вагонов [4].

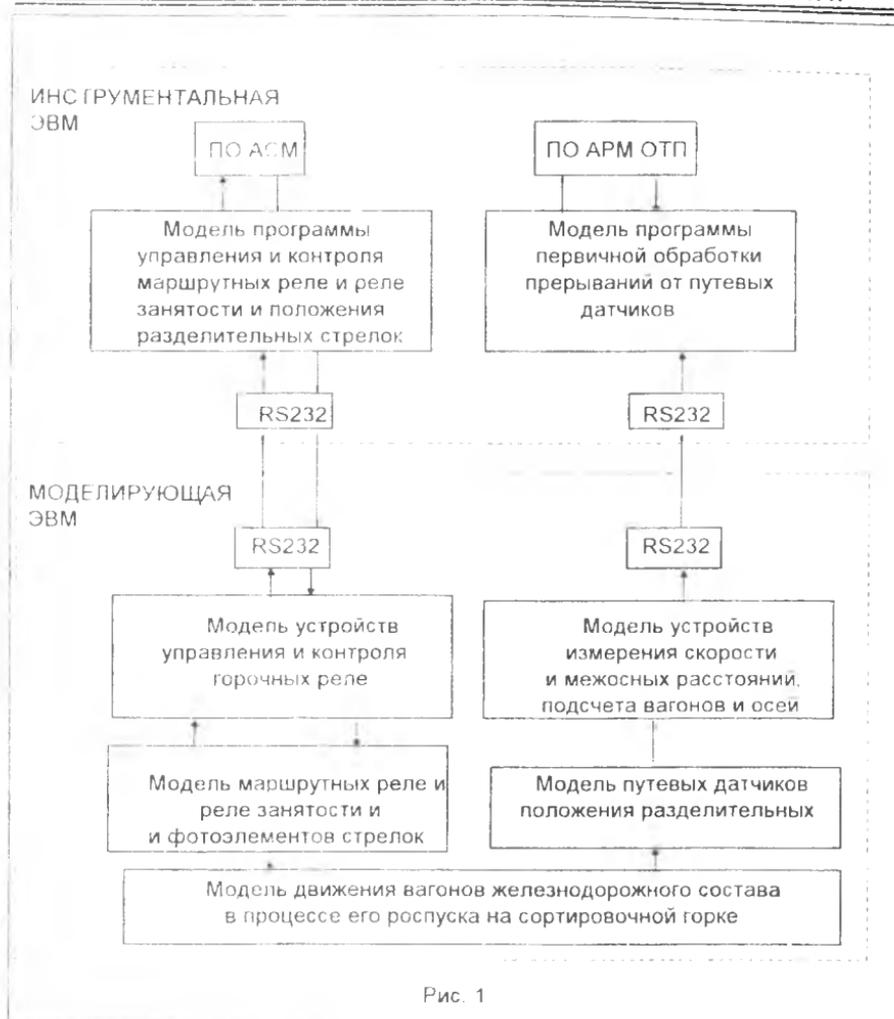


Рис. 1

В соответствии с этим, модели реле стрелок и путевых датчиков, состояния которых в свою очередь определяется моделью движения вагонов на горке, ведут себя по-разному. Модель реле пассивна, она лишь фиксирует изменения положения стрелок, "управляемых" отлаживаемым ПО, и их занятость и освобождение, определяемые "движением" вагонов по горке. Модель же для подсистемы измерения скорости активна. Она выставляет отлаживаемому ПО АРМ ОТП запросы на прерывания, связанные с "функционированием" путевых датчиков.

Рассмотрим модель устройства измерения скорости и межосных расстояний, счетчика осей и вагонов [4] более подробно. В устройстве применяются измерители, условно разделенные на 2 типа: "два датчика - одно колесо" (тип 1) и "один датчик - два колеса" (тип 2). Суть их функционирования состоит в том, что при известном расстоянии между датчиками Д1 и Д2 или колесами (оссями) для определения скорости достаточно измерять интервал времени за который либо одна ось последовательно проходит над датчиками, либо две оси над одним и тем же датчиком. Измеренный интервал будет обратно пропорционален скорости движения.

Схему работы измерителя 1-го типа можно представить следующим образом. Импульсы с формирователя Ф1, связанного с первым датчиком Д1, подаются на триггер ТГ, который открывает схему "И". В свою очередь, импульс формирователя Ф2, связанного с датчиком Д2, который расположен на расстоянии  $L_d$  от Д1, перебрасывает триггер и закрывает схему "И". Во время  $T_{д1}$ , на период которого схема "И" открыта, импульсы с генератора стабильной частоты Г проходят на суммирующий вход счетчика СЧ. Выходной код СЧ  $N_i$  пропорционален  $T_{д1}$  и, следовательно, обратно пропорционален скорости движения отцепа, однозначно определяя эту скорость при известном расстоянии между датчиками  $L_d$ . Измеритель типа 2 еще проще, - его единственный формирователь  $i$ -ым сигналом открывает схему "И", а  $i+1$ -ым закрывает ее. Для проведения всех указанных измерений в обсуждаемом устройстве выделено 4 канала [4].

Модель рассмотренного устройства можно описать в рамках системы с дискретными событиями, при которой процесс функционирования системы во времени отождествляется с последовательностью событий, возникающих в системе в соответствии с закономерностями ее функционирования. Функциональное описание системы может быть выполнено с использованием следующих событий:

**EV1:** начало движения отцепа

**EV2:** наезд  $i$ -го колеса отцепа (где  $i$  нечетно) на первый датчик Д1. Моделируется открытие входа счетчика СЧ1. Начинается "подсчет" эталонной скорости

**EV3:** наезд  $i$ -го колеса отцепа на второй датчик Д2. Моделируется открытие входов счетчиков СЧ2 и СЧ3 и закрытие счетного входа СЧ1 с установкой разряда РЗ - запрос на прерывание от  $i$ -ого канала, сигнализирующего о завершении "дсчета" скорости.

**EV4:** наезд  $i+1$ -го колеса отцепла на первый датчик Д1. Моделируется открытие входа счетчика СЧ1 и закрытие входа СЧ2 с выставлением запроса на прерывание от канала 2, оповещающего систему о возможности определения межосного расстояния

**EV5:** наезд  $i+1$ -го колеса отцепла на второй датчик Д2. Моделируется открытие входа СЧ2 и закрытие входа СЧ3. Сигнализирует прерыванием от канала 3 о возможности получить новое значение скорости или откорректировать последнее межосное расстояние.

**EV6:** освобождение зоны измерения. Вырабатывается запрос на прерывание от канала 4, извещающая о завершении отцепла и необходимости закончить формирование его характеристик.

**EV7:** событие пересчета времени.

Пересчет времени в модели осуществляется по принципу  $t$ , при котором "движение по времени" происходит с постоянным шагом, равным периоду импульса генератора стабильной частоты. Монитор моделирования использует интеррогативный принцип управления [3].

Процесс отладки ПО с использованием модели основывается на следующих принципах: отлаживается ПО, а не модель ( модель лишь поставляет информацию, требуемую ПО с учетом динамики взаимосвязей в проектируемой системе); отладка ведется в интерактивном режиме и начинается на самых ранних стадий разработки системы параллельно с разработкой аппаратуры.

Описанная модель использовалась для отладки ПО АСМ и АРМ ОТП. Опыт отладки на основе моделирования позволяет рассматривать такой подход как удобный и экономичный.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Шамашов М.А. Функциональное описание и имитационные модели КАМАК-систем.- Киев: "Управляющие системы и машины", 1984, N 2, с. 106-111.
2. Цифровая имитация автоматизированных систем. / А.А. Болтянский, В.А. Виттих, М.А. Кораблин, Г.И. Куклин, А.А. Сидоров, М.А. Шамашов.- М.: Наука, 1983. - 264 с

3. Шамашов М.А. Автоматизированная система роспуска железнодорожных составов на сортировочной горке - В кн: Интеллектуальные системы в машиностроении. Материалы всесоюзной конференции. Ч.2. - Самара: ИМАШ АН СССР 1991. с. 45-48.

4. Шамашов М.А. Васин Н.Н. Мохонько В.П. Программно-аппаратный измеритель скорости и межосных расстояний, счетчик вагонов и осей. - М.: "Автоматика, телемеханика и связь", 1994. N8. с. 9-11

## ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА АНАЛИЗА ВЕРОЯТНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

С.А. Прохоров, Л.С. Зеленко, Е.В. Дмитриева

Область распространения статистических методов исследования и обработки сигналов практически безгранична. При этом данные могут быть получены как непосредственно от физического источника, так и при моделировании работы устройства.

При обработке на ЭВМ дискретным аналогом случайного процесса (СП)  $X(t)$  является последовательность отсчетов. В зависимости от временных точек, в которые были сняты ( смоделированы ) отсчеты, процесс  $X(t)$  будет представлен равномерным или неравномерным (неэквидистантным) временным рядом (НВР). Особого внимания заслуживают НВР, так как они находят практическое применение в задачах радиотехники, автоматического управления, акустики и океанологии, геофизики и других научных направлений, где получение "равномерных" отсчетов практически невозможно. Неравномерная дискретизация приводит к "сжатию" данных и позволяет получить ряд преимуществ при измерениях [1] и обработке: расширение полосы пропускания частот в каналах связи, уменьшение необходимого объема памяти, повышение помехоустойчивости системы и т.п.

При нерегулярном способе представления информации исследователь получает два массива выборочных данных: значения случайного процесса и соответствующие им метки времени. Математическая модель, описывающая поведение объекта во времени, существенно усложняется.