

Плеханов Юрий Леонидович

кандидат военных наук, профессор Академии военных наук; старший преподаватель Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург.

Электронный адрес: vka@mil.ru

Yuriy L. Plekhanov

Ph.D. of Military Sciences, Professor at the Academy of Military Science; Senior Lecturer at the Mozhaisky Military Space Academy, Saint Petersburg.

E-mail address: vka@mil.ru

Кочанов Игорь Анатольевич

кандидат технических наук, доцент Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург. SPIN-код: 9259-9845. AuthorID: 883060.

Электронный адрес: vka@mil.ru

Igor A. Kochanov

Ph.D. of Engineering Sciences, Docent at the Mozhaisky Military Space Academy, Saint-Petersburg. SPIN code: 9259-9845. AuthorID: 883060.

E-mail address: vka@mil.ru

СПЕЦИФИКА СОЗДАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ЭВМ СПЕЦИАЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Аннотация. В статье описываются особенности создания программного обеспечения управляющих ЭВМ специальных организационно-технических систем, функционирующих в режиме реального времени, для своевременного выполнения установленных техническим заданием функций в заранее указанных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: программное обеспечение, специальные организационно-технические системы, системы реального времени.

Для цитирования: Плеханов Ю.А., Кочанов И.А. Специфика создания программного обеспечения управляющих ЭВМ специальных организационно-технических систем // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2026. № 3. С. 61–66. DOI: 10.18137/RNU.V9187.26.03.P.61

THE SPECIFICS OF CREATING SOFTWARE FOR CONTROL COMPUTERS OF SPECIAL ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL SYSTEMS

Annotation. The article describes the features of creating control computer software for special organizational and technical systems operating in real time to timely perform the functions set by the terms of reference under pre specified operating conditions.

Keywords: software, special organizational and technical systems, real-time systems.

For citation: Plekhanov Yu.L., Kochanov I.A. (2026) The specifics of creating software for control computers of special organizational and technical systems. *Vestnik of the Russian New University. The series: Complex systems: models, analysis and management*. No. 3. Pp. 61–66. DOI: 10.18137/RNU.V9I87.26.03.P.61 (In Russian).

Введение

В основе системы управления специальных организационно-технических систем, функционирующих в режиме реального времени, почти всегда используются специальные вычислительные системы (СЭВМ), ориентированные на решение определенного, неизменного, специального перечня задач.

Целенаправленность СЭВМ на решение определенного круга задач осуществляется различными способами: специальная архитектурная организация самой СЭВМ и её внешних связей внутри изделия; создание для СЭВМ специального программного обеспечения или введение дополнительных аппаратных узлов, расширяющих те или иные функции, возлагаемые на СЭВМ в данной организации [1; 2].

В таких случаях управляющая СЭВМ представляет собой вычислительную систему реального времени. Обеспечение работы такой вычислительной системы, существующей в условиях реального времени при сложных по структуре алгоритмах и малых периодах повторения входной и выходной информации, на практике всегда приводит к очень жестким требованиям по организации обмена между СЭВМ и абонентами.

Следовательно, в этих условиях обмен информацией должен организовываться в автоматизированном режиме путем применения развитой системы обработки запросов на обслуживание от абонентов.

Специальные вычислительные системы реального времени

Вычислительные системы реального времени в основном ориентированы на решение двух проблемных задач [3]:

- быстрая обработка вычислительной системой заявок на обслуживание от абонентов;
- обеспечение достоверности, точности и устойчивости вырабатываемого управляющего решения в заданном временном интервале по всему возможному диапазону изменения входных данных с учётом доступа.

Учитывая вышесказанное, на текущий момент под программным обеспечением вычислительных систем реального времени понимается комплекс управляющих и обрабатывающих программ, назначение которых – организация функционирования аппаратуры вычислительных систем, а также поддержка процесса создания новых программ.

С этих позиций программное обеспечение может быть разделено на две основные группы:

- функциональное программное обеспечение;
- технологическое программное обеспечение.

Функциональное программное обеспечение (ФПО), в свою очередь, создаётся под конкретную организацию СЭВМ и разрабатывается на основании требований к системе,

Специфика создания программного обеспечения управляющих ЭВМ
специальных организационно-технических систем

внешних спецификаций, описывающих интерфейсы объектов системы с вычислительными средствами, а также внутренних спецификаций, описывающих интерфейсы между программными компонентами.

Технологическое ПО используется при разработке, отладке и испытаниях штатного функционального программного обеспечения, а также при тестировании и ремонте аппаратуры [4].

При этом диалоговый способ общения, привычный при работе на персональных ЭВМ, используется только при работе оператора на автоматизированном рабочем месте (АРМ).

Автоматизация процесса ввода-вывода информации реализуется программным образом – через управление устройствами ввода-вывода либо специальными канальными контроллерами обмена информации.

Одни и те же алгоритмы и цикличность решаемых задач, сохраняются на весь период эксплуатации СЭВМ. Временные циклы решения этих задач жестко связаны с параметрами, то есть измеряемой и обрабатываемой информацией. Циклы периодически повторяются, обеспечивая решение одного и того же круга задач при изменяющихся исходных данных.

Обычно для СЭВМ перечень решаемых задач находит свое отражение в конструкторской и эксплуатационной документации, в технических средствах и в программном обеспечении.

Это приводит к тому, что при смене решаемых задач для ЭВМ общего назначения проводится простая загрузка новой пользовательской программы или, в крайнем случае, установке новой ОС, то для управляющей СЭВМ изменение алгоритма решаемых задач при модернизации или доработке изделий приводит к обязательным внесениям изменений в комплект конструкторской эксплуатационной документации.

Кроме этого существует и ограничение времени расчета в режиме жесткого реального времени. В управляющих СЭВМ циклы расчета управляющих воздействий не могут выбираться произвольно, их запаздывание или опережение приводит к нарушению правильности функционирования изделия.

К таким же последствиям приводит и увеличение интервала дискретизации поступающей на обработку в СЭВМ информации, на основе которой производится расчет управляющих воздействий.

Для определения интервала дискретизации входного воздействия можно применить теорему Котельникова для случайных процессов с ограниченным спектром. Для детерминированных процессов обычно он выбирается исходя из условия непревышения измеряемой величины порога квантования по уровню за время, равное интервалу дискретизации.

Тогда время цикла расчета управляющих воздействий является функцией скорости изменения состояния управляемого объекта, то есть его инерционности и скорости изменения возмущающих воздействий.

Примем допустимый период повторения интервала времени расчета i -го управляющего воздействия равным T_i , тогда вычислительная система с СЭВМ в контуре управления будет работать в реальном масштабе времени при выполнении следующего условия:

$$T_i > t_{\text{расч.}i} + t_{\text{пр.}i} + t_{\text{пер.}i},$$

$$T_i > \sum_{i=1}^n (t_{\text{вв},i} + t_{\text{выв},i} + t_{\text{пер},i} + t_{\text{расч},i}),$$

где $t_{\text{расч},i}$ – время расчета управляющих воздействий для i -го абонента; $t_{\text{пр},i}$ – время обработки i -го прерывания (постановка на обслуживание, ввод исходных данных); $t_{\text{вв},i}$ – время ввода информации от i -го абонента в оперативную память; $t_{\text{выв},i} = t_{\text{пер},i}$ – время передачи информации i -му абоненту; $t_{\text{пер},i}$ – время, необходимое для принятия решения о необходимости обмена с i -м абонентом.

Но специфический состав внешнего оборудования (датчики, средства отображения информации, исполнительные устройства) вызывает дополнительные требования к функциональному программному обеспечению в части реализации режима автоматического сбора, преобразования и отображения информации необходимой для управления.

Следовательно, функциональное программное обеспечение можно разбить на подпрограммы, привязанные к прерываниям и синхронизированные между собой через систему приоритетов (см. Рисунок).

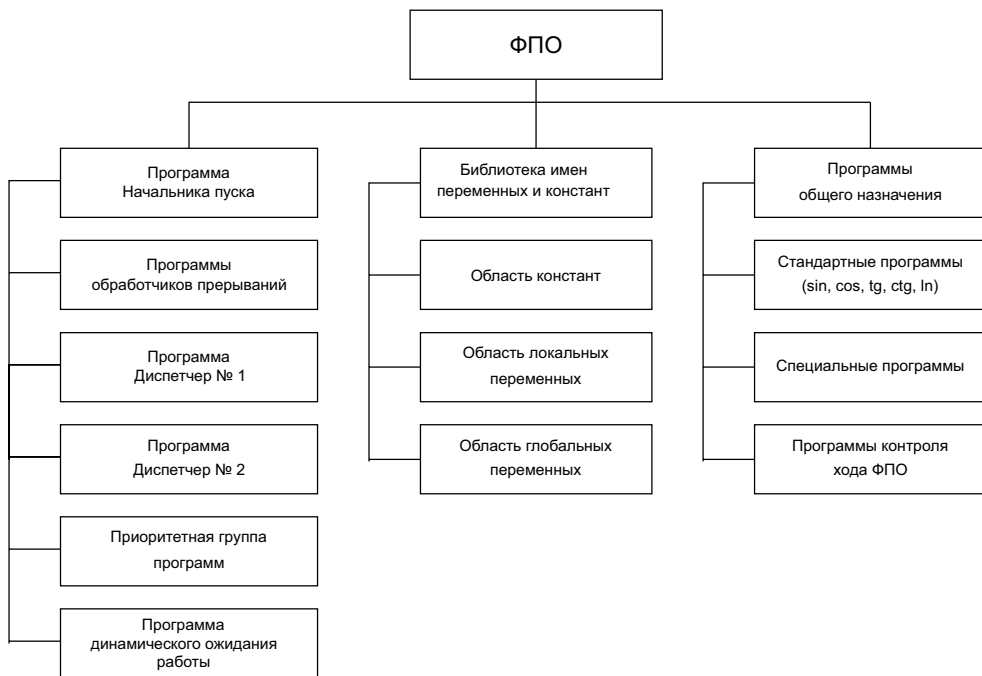


Рисунок. Компонентный состав ФПО

Источник: рисунок выполнен авторами

При этом такой подход к построению структуры ФПО наряду с применением специализированной ЭВМ сокращает время на обработку информации, а функциональное программное обеспечение может состоять из следующих программ:

- инсталляции и начального пуска вычислительной системы;
- обработчиков прерываний;

Специфика создания программного обеспечения управляющих ЭВМ
специальных организационно-технических систем

- приоритетной группы программ (ППП);
- диспетчера инициализации приоритетной группы программ (Диспетчер № 1);
- диспетчера гашения заявки и восстановления начального состояния выбранной ППП (Диспетчер № 2);
- программы общего назначения;
- библиотеки стандартных функций поддержки аппаратных решений изделия, в том числе программы обмена по реализованным в системе каналам обмена информацией.

При этом типовой состав программного обеспечения будет содержать:

- рабочие программы эксплуатации;
- широкий набор стандартных программ, программ управления потоками информации и ходом решения задач и др.;
- контрольную задачу или работу по контрольному сигналу дискретного управления, использующую рабочую программу с эталонными входными данными и заранее известными результатами для проверки работы вычислительной системы и изделия в целом;
- комплекс контрольных тестов для проверки функционирования системы в целом и составляющих ее устройств;
- комплекс диагностических программ для отыскания неисправностей при ремонте аппаратуры;
- технологические программы для отладки программного обеспечения.

В итоге программное обеспечение может быть разделено:

- на функциональное программное обеспечение, разрабатываемое под конкретную спецификацию СЭВМ;
- базовое системное программное обеспечение;
- технологическое программное обеспечение.

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод что, функциональное программное обеспечение систем реального времени имеет следующие основные особенности:

- решение задач в реальном времени;
- большое разнообразие функций, выполняемых комплексами управляющих программ при относительной неизменности состава ФПО в течение всего периода эксплуатации вычислительной системы;
- непосредственный обмен информацией с большим количеством внешних абонентов при одновременном решении основных функциональных задач;
- высокая программная устойчивость при большой продолжительности непрерывной работы и высокие требования к достоверности управляющих воздействий при наличии различных возмущений.

В этом случае реальное время является важнейшим требованием, определяющим выходные воздействия и функциональную связь между изменениями состояния управляемых объектов. Искажение значений времени в СЭВМ может нарушить эту временную связь и привести к полному отказу вычислительной системы. Длительность решения задач и темп выдачи информации должны соответствовать режиму работы и текущему состоянию управляемых объектов. Это означает, что скорость обработки информации должна быть выше скорости реального управляемого процесса. Эффективность органи-

зации вычислительного процесса в реальном масштабе времени определяется задержкой сообщений перед их обработкой и вероятностью потери сообщений. Поэтому одной из важных для организации работы комплексов управляющих программ является проблема оперативного управления вычислительным процессом в реальном масштабе времени.

Литература

1. Безбородов Ю.М. Индивидуальная отладка программ. М. : Наука, 1986. 192 с.
2. Бозм Б.У. Инженерное проектирование программного обеспечения. М. : Радио и связь, 1985. 512 с.
3. Вендеров А.М. Проектирование программного обеспечения экологических информационных систем : учебник для вузов. М. : Финансы и статистика, 2005. 543 с.
4. Вентцель Е.Е., Овчаров Л.А. Теория операций и ее инженерные приложения. М. : Мир, 1988. 480 с.

References

1. Bezborodov Yu.M. (1986) *Individualnai otkladka program* [Individual Debugging of Programs]. Moscow: Nauka Publishing, 1986. 192 p. (In Russian).
2. Boem B.U. (1985) *Injenernoe proektirovanie programmnogo obespechenia* [Software Engineering Design]. Moscow: Radio i svyaz' Publishing, 1985. 512 p. (In Russian).
3. Venderov A.M. (2005) *Proektirovanie programmnogo obespechenia ekologicheskikh informacionnih system* [Software Design for Environmental Information Systems]: A Textbook. Moscow: Finansi i statistika Publishing, 2005. 543 p. (In Russian).
4. Ventcel E.E. Ovcharov L.A. (1988) *Teoria operacij i ee injenernie prilozhenia* [Operations Theory and Its Engineering Applications]. Moscow: Mir Publishing, 1988. 480 p. (In Russian).

Поступила в редакцию: 16.06.2026

Поступила после рецензирования: 12.08.2026

Принята к публикации: 26.08.2026

Received: 16.06.2026

Revised: 12.08.2026

Accepted: 26.08.2026