

УДК 621.396.96

В.В. ЛИСИЦКИЙ, доктор технических наук
Д.В. БОГОМАЗ
А.М. МАРТЫНОВ

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РАЗРАБОТКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Рассмотрены стадии процесса разработки программного обеспечения информационно-измерительной системы. Предложены возможные варианты сокращения или исключения некоторых этапов на каждой стадии при условии использования имитационных программных моделей.

Ключевые слова: информационно-измерительная система; функциональное программное обеспечение; техническое задание; эскизный проект; рабочий проект; имитационная модель.

Введение

Современные информационно-измерительные системы (ИИС) представляют собой совокупность аппаратуры, оборудования и реализованных на них в виде программ алгоритмах [1]. Это позволяет говорить о современных ИИС как о сложном аппаратно-программном комплексе. При этом достигнутый в настоящее время уровень развития программной составляющей, реализованной в этом комплексе, дает право говорить о том, что ИИС – это скорее не аппаратно-программный комплекс, а программно-аппаратный комплекс. То есть доля, степень участия программного обеспечения в функционировании ИИС превалирует над степенью участия аппаратуры. Очень наглядно это выражено в ИИС с активной фазированной антенной решеткой, где антенная система с группой приемных и передающих устройств, по сути является только лишь «исполнительным механизмом» для программного обеспечения ИИС, которое реализует заложенные в нем алгоритмы. Можно сказать, что программное обеспечение ИИС в сути своей и есть сама ИИС.

Несомненно, при разработке, конструировании ИИС, анализе технического задания учитываются конструктивные и аппаратные особенности. Антенная система должна соответствовать заданному сигналу, передающее устройство обеспечивать заданную мощность, приемное устройство обладать заданной чувствительностью и т.д. Тем самым обеспечивается реализация возможностей программного обеспечения ИИС и в совокупности ИИС в целом. Следующая, а скорее всего параллельная задача при разработке ИИС – это задача разработки или даже конструирования программного обеспечения ИИС. И эта задача является не менее серьезной и порой не менее затратной, чем конструирование аппаратной части ИИС [2].

Здесь необходимо сделать акцент именно на тех компонентах программного обеспечения ИИС, которые отвечают за ее функционирование и за выполнение задач ИИС. Эти компоненты в совокупности имеют название функциональное программное обеспечение (ФПО) ИИС. Другие части программного обеспечения относятся к программам, обеспечивающим работу программ из комплекта программ ФПО (например,

операционные системы) или к программам, используемым для обслуживания и настройки ИИС (сервисные программы, программы проверки и испытаний).

Таким образом, ФПО как неотъемлемая часть современной ИИС, являющая собой основные функциональные особенности ИИС, требует внимания на всех стадиях и этапах процесса его разработки.

Процесс разработки ФПО

В процессе разработки ФПО участвуют следующие лица (группа лиц): заказчик; разработчик-алгоритмист; разработчик-программист.

Представленный список участников процесса разработки ФПО носит достаточно уловный характер и приведен в качестве примера. В существующих реалиях список может изменяться, дополняться, а лица и их роли могут совмещаться.

Под заказчиком необходимо понимать не только заказчика самой ИИС, но и, с учетом модульности построения ФПО, заказчиком может быть разработчик ФПО более высокого уровня, в чьих интересах имеется необходимость разработки какого-либо программного компонента или программы, которая будет входить в состав его ФПО. Здесь же отметим, что в терминах функциональное программное обеспечение, просто программное обеспечение, программа, программный продукт, программный компонент, программный код понимается ФПО ИИС или его компоненты.

Процесс разработки ФПО разделен на следующие пять стадий¹: стадия технического задания; стадия эскизного проекта; стадия технического проекта; стадия рабочего проекта; стадия внедрения.

Стадия технического задания

Стадию технического задания инициализирует и реализует заказчик разработки ФПО. Как понятно из названия этой стадии ее суть заключается в разработке и утверждении технического задания. Стадия заканчивается утверждением технического задания на разработку ФПО.

Этапы подготовки (обоснование необходимости разработки программы, научно-исследовательские работы) для разработки технического задания описаны в соответствующих регламентирующих документах¹.

Техническое задание и его содержание является основой и исходными данными для реализации процесса разработки ФПО. Содержание технического задания определено государственным стандартом². В техническое задание включаются разделы, которые определяют общие установочные и организационные моменты, а также различные выдвигаемые требования, среди которых отдельно необходимо выделить требования к функциональным характеристикам.

¹ ГОСТ 19.102-77. Единая система программной документации. Стадии разработки. М., 2010.

² ГОСТ 19.404-79. Единая система программной документации. Пояснительная записка. Требования к содержанию и оформлению. М., 2010.

Раздел требования к функциональным характеристикам определяет в итоге функциональность требуемого программного продукта, определяет алгоритм его работы. При формировании технического задания заказчик именно в этом разделе максимально подробно описывает сущность разрабатываемой программы, максимально подробно описывает требования к программе как к изделию, реализующему какую-либо функцию или функции.

В дополнение к этому разделу, для максимально подробного описания требований к разрабатываемому ФПО, государственный стандарт³ предусматривает возможность использования приложений к техническому заданию, в которых, при необходимости приводятся необходимые описания, таблицы, графики, алгоритмы, формулы, расчеты и т.д.

Опыт разработки современных ИИС показывает, что заказчик, формулируя требования к функциональным характеристикам, как правило, указывает следующие сведения: входные, выходные данные, их структуру, способ и приемы обработки этих данных, математическую модель, формулы и т.д. Если в роли заказчика выступает проектная организация или отдел, разрабатывающий какую-либо систему, комплекс, устройство или другую программу, входящую в состав ИИС, в раздел требования к функциональным характеристикам заказчик нередко включает описание алгоритма, тем самым, более точно формулируя требования и задачу на разработку ФПО остальным участникам ее процесса.

Таким образом, стадия технического задания и как ее итог само техническое задание является фундаментальной основой для процесса разработки ФПО. После утверждения технического задания процесс переходит в следующую стадию – стадию эскизного проекта.

Стадия эскизного проекта

Стадию эскизного проекта реализует, как правило, разработчик-алгоритмист, с возможным привлечением разработчика-программиста, а также с возможным (а порой и необходимым) участием заказчика. В ходе этой стадии разрабатывается и утверждается эскизный проект. При этом осуществляется разработка структуры входных и выходных данных, уточнение методов решения задачи, разработка общего описания алгоритма решения задачи, а также разработка самого эскизного проекта с пояснительной запиской⁴. По своей сути, в течение стадии эскизного проекта идет уточнение технического задания, уточнение требований, предъявляемых к разрабатываемому ФПО, уточнение способов и приемов хранения и обработки информации, уточнение алгоритмов работы ФПО [3].

Главная цель стадии эскизного проекта – убедиться в полном понимании разработчиком целей и задач, поставленных заказчиком в техническом задании, и формирование, по существу, уточненного технического задания в форме эскизного проекта.

³ ГОСТ 19.201-78. Единая система программной документации. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению. М., 2010.

⁴ ГОСТ 19.404-79.

Заканчивается стадия согласованием и утверждением эскизного проекта. При этом обязательным условием для завершения стадии должно быть соответствие эскизного проекта пунктам технического задания. Можно сказать, должно быть видно «равенство» эскизного проекта и технического задания.

Следующая стадия процесса разработки ФПО – стадия технического проекта.

Стадия технического проекта

На стадии технического проекта осуществляется «примерка» замысла заказчика и разработчика-алгоритмиста, описанных в эскизном проекте, к конкретным программно-алгоритмическим решениям и к конкретной конфигурации технических средств. Эту стадию реализует разработчик-программист совместно с разработчиком-алгоритмистом. При этом уточняется структура входных и выходных данных, разрабатывается алгоритм решения задачи с учетом выбранного языка программирования. Разрабатывается структура программы⁵.

Суть работы на стадии технического проекта состоит в том, чтобы согласованный и утвержденный в конце стадии технический проект стал руководством к действию для разработчика-программиста, став для него однозначно понимаемым и простым пошаговым техническим заданием. В идеальном случае при продуманном техническом проекте разработчику-программисту останется только выполнить свою работу по программированию, перевести заданный алгоритм в программный код, то есть чисто механическая работа. Конечно же такой уровень подготовки технического проекта трудно достижим, а скорее не возможен. Тем не менее основная цель стадии технического проекта сформировать технический проект, максимально соответствующий задачам составления программного кода ФПО (программирования).

Как уже стало понятно, стадия заканчивается согласованием и утверждением технического проекта. Дополнением к нему служит План мероприятий по разработке и внедрению ФПО и пояснительная записка. Следующая стадия процесса разработки ФПО – стадия рабочего проекта.

Стадия рабочего проекта

Стадия рабочего проекта – это стадия получения готового работающего кода программы. Соответственно, реализует эту стадию разработчик-программист. Стадия рабочего проекта включает в себя следующие три этапа: этап разработки программы; этап разработки программной документации; этап испытаний программы.

Этап разработки программы включает в себя программирование и отладку полученного кода. Этот этап, как правило, является самым затратным по времени и трудоемкости во всем процессе разработки ФПО. При этом наибольшую трудность составляет отладка программы. Именно во время отладки выявляются ошибки в программе, причем не только синтаксические, обусловленные банальной ошибкой написания самого текста программы, но и самые опасные ошибки – логические, которые могут быть скрыто заложены в самом алгоритме и выявлены только при

⁵ Калинин В.Н., Резников Б.А. Теория систем и управления. Структурно-математический подход: учеб. пособие. Л.: ВИКИ им. А.Ф. Можайского, 1978. – 417 с.

выполнении программы. На этом этапе целесообразно привлечение специалиста разработчика-алгоритмиста. Как исключительный случай, возможна и такая ситуация, когда найденную логическую ошибку в алгоритме невозможно будет исправить без нарушения пункта технического задания, установленного заказчиком. Это подразумевает серьезную доработку эскизного и технического проектов с дополнительным их согласованием и утверждением.

Этап разработки программной документации подводит некоторый промежуточный итог процессу разработки ФПО. В ходе этого этапа осуществляется разработка программных документов в соответствии с государственным стандартом⁶. Например, таких как текст программы, описание программы и т.д. Перечень программных документов определяется заблаговременно и указывается в техническом задании.

Этап испытаний программы включает в себя следующие работы:

- разработку, согласование и утверждение порядка и методики испытаний⁷;
- проведение установленных видов испытаний;
- корректировку программы и программной документации по результатам испытаний.

Виды испытаний устанавливаются заблаговременно в техническом задании.

Этап испытаний завершает стадию рабочего проекта и в своей сути завершает сам процесс разработки ФПО, так как программа готова, отлажена, сопроводительная программная документация подготовлена, откорректирована. Работоспособность, функциональность, соответствие разработанного ФПО техническому заданию продемонстрировано на испытаниях. Остается только передать программный продукт заказчику, что и делается на стадии внедрения.

Стадия внедрения

Стадия внедрения обозначает этап подготовки и передачи разработанного ФПО заказчику с оформлением при этом необходимых документов. Стадия внедрения завершает процесс разработки ФПО.

Таким образом, процесс разработки ФПО включает в себя пять стадий. На первой стадии – стадии технического задания – задаются начальные условия на разработку, на второй и третьей стадии – стадии эскизного проекта и стадии технического проекта – идет уточнение технического задания, уточнение способов и приемов решения задачи. Четвертая стадия – стадия рабочего проекта – является основной стадией процесса разработки. В ходе этой стадии, собственно, и реализуется сама разработка программного обеспечения. И пятая стадия – стадия внедрения – это стадия завершения процесса разработки ФПО [4].

Допускается исключать стадию эскизного проекта, а в технически обоснованных случаях – эскизного проекта и технического проекта. Необходимость проведения этих стадий указывается в техническом задании.

Схема процесса разработки ФПО представлена на рисунке 1.

⁶ ГОСТ 19.101-77. Единая система программной документации. Виды программ и программных документов. М., 2010.

⁷ ГОСТ 19.301-79. Единая система программной документации. Программа и методика испытаний. Требования к содержанию и оформлению. М., 2010.

Использование имитационной модели в процессе разработки ФПО

Под имитационной моделью (ИМ) следует понимать специальный программный комплекс, который позволяет имитировать деятельность какого-либо сложного объекта [5]. Он запускает на вычислительном средстве параллельные взаимодействующие вычислительные процессы, которые являются по своим параметрам аналогами исследуемых процессов. Имитационная модель может использоваться практически на всех стадиях процесса разработки ФПО⁸.

Использование ИМ на стадии технического задания

На стадии технического задания заказчик устанавливает и определяет требования к разрабатываемому ФПО. При наличии ИМ имеется возможность проверки реальности их реализации и соотношений между ними. Что позволяет исключить (или как минимум сократить) из стадии такой этап, как научно-исследовательская работа (НИР) (рисунок 2).

Основная цель стадии технического задания – это поставить задачу разработчикам-алгоритмистам, разработчикам-программистам на разработку программного обеспечения в виде технического задания с приложениями. Наличие ИМ в техническом задании позволит исполнителям максимально точно уяснить задачу на предстоящую работу по его реализации⁹.

Имитационная модель, включенная в техническое задание с соответствующим описанием алгоритма, в своей содержательной части соответствует эскизному и техническому проектам, что позволит исключить одноименные стадии из процесса разработки ФПО и перейти сразу к написанию программы (стадии рабочего проекта) (рисунок 3).



Рисунок 2 – Этапы работ стадии технического задания

⁸ Лавров С.С. Введение в программирование: учеб. пособие. 2-е изд. М.: Наука, 1977. – 366 с.

⁹ Александровская Л.Н., Круглов В.И., Кузнецов А.Г., Кузнецов В.А., Кутин А.А., Шолом А.М. Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем: учеб. пособие. М.: Логос, 2003. – 736 с.

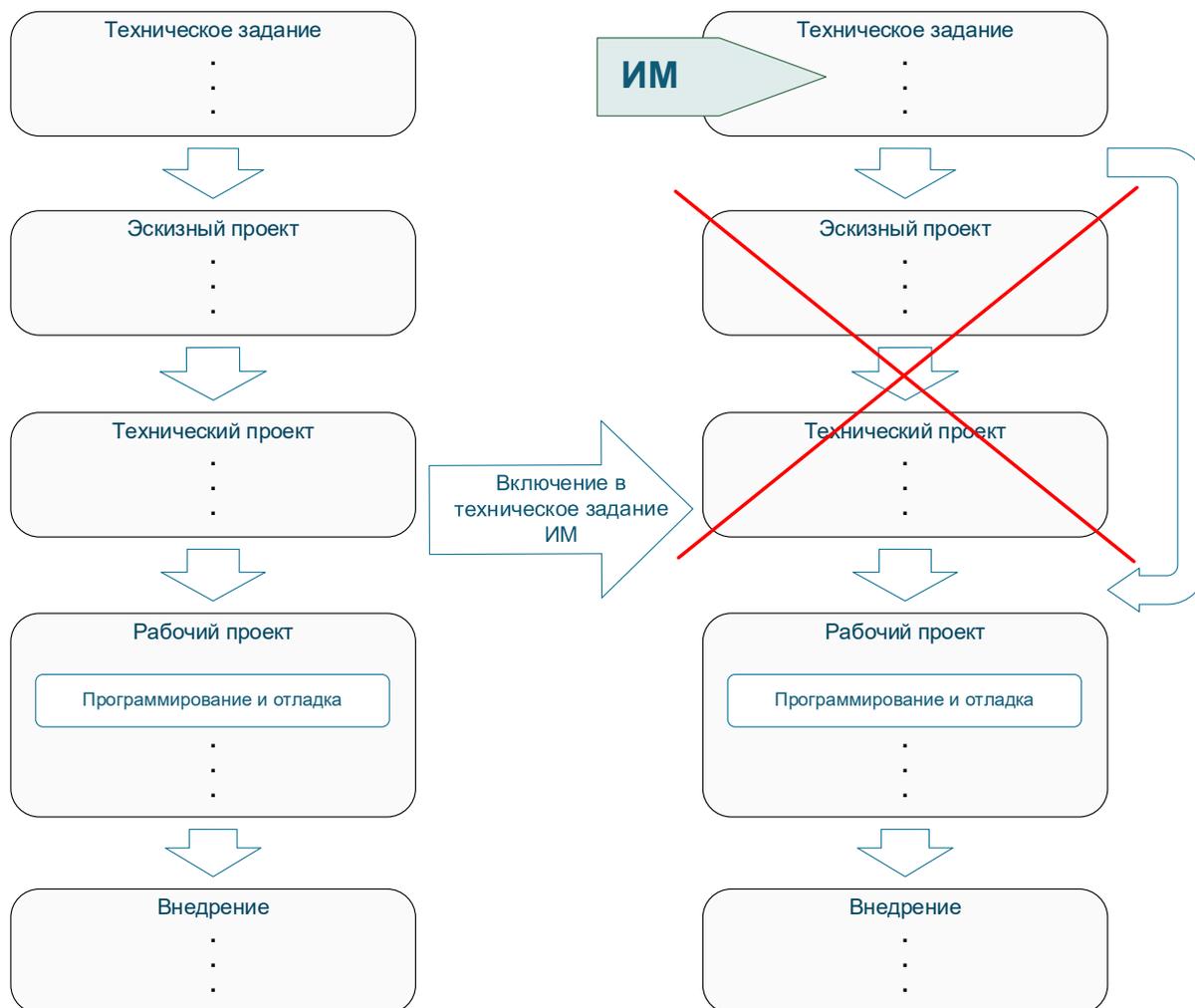


Рисунок 3 – Схема изменения процесса разработки ФПО при включении ИМ в техническое задание

Использование ИМ на стадии эскизного и технического проектов

Получив от заказчика техническое задание, разработчик-алгоритмист (разработчик-программист) уясняет задачу и приступает к разработке сначала эскизного проекта, а в последующем, после его согласования и утверждения, к разработке и технического проекта. В том и другом случае определяется структура входных, выходных данных, разрабатывается алгоритм работы ФПО. Разработчику крайне важно на этих стадиях избежать логических, алгоритмических ошибок. С этой целью разработчик вынужден моделировать процесс функционирования программного обеспечения в соответствии с разрабатываемым алгоритмом, так как подобные ошибки можно выявить только в момент выполнения программы, в момент реализации алгоритма. Для этого необходимо разработать и использовать в своей работе ИМ.

В дополнение к этому разработанная ИМ позволит представить заказчику выполнение пунктов технического задания на этапах согласования и утверждения эскизного и технического проектов.

Использование ИМ на стадии рабочего проекта

Как было сказано выше, один из самых трудозатратных этапов в стадии рабочего проекта – это программирование и отладка программного кода. Этап отладки многоитерационен и предусматривает неоднократное исследование кода с различными входными и выходными данными. Применение ИМ дает разработчику-программисту заранее подготовленную модель поведения для проверки и отладки, а также возможность решения тестовых задач, что в совокупности сократит время проведения этапа. Таким образом, схема «Алгоритм – Модель – Программный код» окажется более эффективной и предпочтительной, чем схема просто «Алгоритм – Программный код»¹⁰.

В дополнение к этому наличие ИМ на стадии рабочего проекта позволит ввести дополнительные виды испытаний разработанного ФПО.

Заключение

Функциональное программное обеспечение определяет основные функциональные особенности современной ИИС и является неотъемлемой ее частью. Разработка ФПО представляет собой процесс не менее важный и не менее сложный, чем процесс разработки и конструирования аппаратурной составляющей ИИС. В процессе разработки ФПО заказчик и разработчик решают общую задачу получения программного продукта должного качества, при этом сам процесс разработки разделен на определенные стадии и этапы. Использование имитационной программной модели в процессе разработки ФПО позволяет сократить или даже исключить некоторые этапы или стадии процесса разработки ФПО. Что, в свою очередь, позволит сократить время создания ИИС в целом. А при введении дополнительных видов испытаний разработанного программного продукта на стадии рабочего проекта с использованием ИМ позволит повысить качество разработки.

Список использованных источников

1. Буренок А.В., Ляпунов В.М., Мудров В.И. Теория и практика планирования и управления развитием вооружением. М.: Вооружение. Политика. Конверсия, 2004. – 419 с.
2. Васильева Т.Ю. Экспертный модуль для программного обеспечения исполнительной системы виртуального производства // Бизнес-информатика. 2009. №4(10). – С. 25-28.
3. Лисицкий В.В., Ворона С.Г., Мартынов А.М. Полимодельный комплекс предъявления требований к качеству сложной технической системы на различных этапах жизненного цикла // Успехи современной радиоэлектроники. 2022. Т.76. №10. – С. 22-28.
4. Неймарк Ю.И., Коган Н.Я., Савельев В.П. Динамические модели теории управления. М.: Наука, 1985. – 400 с.
5. Микони С.В., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Квалиметрия моделей и полимодельных комплексов: монография. М.: РАН, 2018. – 314 с.

¹⁰ Вентцель Е.С. Теория вероятностей: учебник. 10-е изд. М.: Высшая школа, 2006. – 575 с.