



УДК 681.51.013

*Г. Г. Арунянц, Д. А. Айрапетов*

## ОСОБЕННОСТИ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В РАМКАХ САПР СУ СЛОЖНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

*Рассмотрены основные проблемы управления процессом проектирования систем управления сложными объектами в условиях САПР. Представлены основные структурные решения и особенности реализации подсистем и модулей разработанного управляющего комплекса УК-01. Рассмотрены проблемы обеспечения универсальности УК относительно источников данных, построения и реализации оригинального информационного и специального программного обеспечения УК-01.*

*The main problems the process control system design control of complex objects in CAD. The main structural solutions and implementation features of subsystems and modules developed by managing complex УК-01. The problems of the universality of the Criminal Code with respect to data sources, build and implementation of the original information and special software УК-01.*

**Ключевые слова:** система проектирования, технологический объект, декомпозиция, управляющий комплекс, структура, модуль, информационное обеспечение, программное обеспечение, пользовательский интерфейс.

**Key words:** system design, technological object, decomposition, managing complex, structure, module, information, software, user interface.

### Введение

Современные системы автоматизированного проектирования (САПР), являющиеся сложными программно-техническими комплексами, должны представлять собой не только инструменты для разработки проектных решений, но и иметь в своем составе средства для обеспечения эффективной одновременной работы большого количества пользователей. В составе всех современных САПР, предназначенных для коллективной работы, есть управляющая программа (УП) или управляющий комплекс (УК). УП отвечает за соблюдение технологического процесса проектирования и предоставление разработчикам возможностей доступа к необходимым средствам проектирования (синтеза, моделирования, анализа и т. д.) и данным. Эффективная структурная организация САПР систем управления (СУ) сложными технологическими объектами (ТО) с использованием платформы построения сложных облачных приложений [1] связывается с результатами системных исследований самого процесса проектирования [2; 3].

В работе авторов [2] рассмотрены основные проблемы структурного синтеза СУ сложными ТО с использованием эволюционной стратегии синтеза. Такое представление взаимозависимости результатов отдельных этапов структурного синтеза САП параметров ТО было эффективно-



но использовано при разработке программного обеспечения управляющего комплекса (УК-01) САПР СУ ТО [4].

Ниже приведены особенности построения и практической реализации программного комплекса УК.01 управления процессов проектирования СУ сложными ТО в рамках САПР проектной организации.

**Структура комплекса УК.01** представляет собой множество взаимозависимых объектов. Каждый объект характеризуется набором атрибутов, значения которых определяют состояние объекта, и набором операций, которые можно применять к этому объекту [5; 6]. Введение понятия подсистемы и возможность включать в объектную модель наряду с объектами (классами) и подсистемы определяет иерархическую структуру объектной модели и позволяет использовать методологию ОМТ [7] при проектировании достаточно сложных программных систем, содержащих большое число различных объектов и классов.

Общая для разработчиков рекомендация [5]: подсистем должно быть не очень много (в пределах 10). В ходе выявления классов и связей между ними и построения моделей принято решение о реализации УК САПР СУ ТО из следующих функциональных подсистем (рис. 1).



Рис. 1. Укрупненная структурная схема комплекса УК-01



Подсистема «Авторизация» реализует механизмы авторизации пользователей в УК и предоставления доступа другим подсистемам. Используется другими подсистемами. Данную подсистему применяют все пользователи для запуска других подсистем.

Подсистема «Диспетчирование» представляет собой совокупность модулей, реализующих решение основной задачи УК.

Подсистема «Поддержка диспетчирования» содержит сложные алгоритмы, применяемые для генерации рекомендаций по управлению проектами. Используется подсистемой «Диспетчирование».

Подсистема «Рабочие группы» отображает деревья задач для рабочих групп и позволяет получать информацию о ходе выполнения задач от них. Используется руководителями рабочих групп.

Подсистема «Администрирование» содержит интерфейсы для редактирования настроек работы УК и управления системными параметрами. Используется администратором.

## 1. Модульная структура

Все программные модули и процедуры комплекса УК-01 составлены с учетом возможности их самостоятельного использования при решении отдельных задач управления процессом проектирования.

Подсистема «Диспетчирование» состоит из следующих модулей.

1. «Менеджер проектов» реализует графические интерфейсы взаимодействия с пользователем в интерактивном диалоговом режиме и функции для добавления/редактирования/удаления проектов из БД **УК-01**, а также просмотра информации о ходе их выполнения.

2. «Менеджер отчетов» позволяет строить отчеты (рабочие и архивные) о ходе выполнения проектов, просматриваемые в графическом интерфейсе либо в сторонней программе.

3. «Экспорт документов» в форматы популярных офисных программ: HTML/PDF файлы, документы Word, таблицы Windows.

4. «Деревья заданий» позволяет строить деревья задач для рабочих групп, исходя из приоритетов проектов, степени их готовности, плановых и фактических сроков выполнения и наличия необходимых ресурсов.

5. «Статистика». Данный модуль собирает информацию о ходе выполнения проектов, загруженности рабочих групп, наличии ресурсов, действиях пользователей УК и другой информации для последующего анализа хода выполнения проекта.

6. «Принятие рекомендаций» выполняет все изменения, предлагаемые встроенным модулем «**Рекомендации**» при выборе соответствующего пункта меню. Это позволяет сэкономить рабочее время диспетчера проектов и избежать ошибок, допущенных самим диспетчером.

7. «Чат» реализует функции чата между диспетчером и руководителями рабочих групп. Все сообщения чата заносятся в историю и могут быть позже просмотрены.

Подсистема «Поддержка диспетчирования» включает такие модули.

1. «Аналитика» реализует алгоритмы анализа состояния процесса разработки проектов на основе данных, полученных из модуля «Статистика», а также расчетных данных.



2. «Генерация рекомендаций» генерирует рекомендации диспетчеру проектов для устранения найденных проблем по управлению на основе данных модулей «Статистика», «Аналитика» и расчетных переменных.

Подсистема «Рабочие группы» состоит из следующих модулей.

1. «Деревья заданий» отображает построенные в подсистеме «Диспетчирование» деревья заданий, позволяет руководителю группы сообщать диспетчеру проектов о степени готовности этапов проекта с помощью указания статусов: «не выполнен», «выполняется», «нет данных», «нет ресурсов», «выполнено».

2. «Статистика» анализирует данные о загруженности рабочей группы и наличии ресурсов для выполнения этапов и отображает данные посредством графического интерфейса.

3. «Чат» реализует функции чата между руководителями рабочих групп и диспетчером проектов.

4. «Менеджер отчетов» позволяет строить отчеты о ходе выполнения проектов («Загруженность рабочей группы», «Календарный план», «Распределение ресурсов»).

5. «Экспорт документов» дает возможность экспортировать построенные отчеты в форматы популярных офисных программ: HTML/PDF файлы, документы Word, таблицы Windows.

Подсистема «Администрирование» включает модули:

1. «Пользователи». Заведение новых или удаление пользователей, изменение паролей, разрешения на доступ к подсистемам и модулям.

2. «Статистика» сохраняет статистику о внесенных пользователями изменениях и некоторых других данных.

3. «Настройки функционирования» предоставляет возможности по изменению настроек функционирования УК-01 САПР СУ ТО.

4. «Настройки БД» позволяет изменять настройки соединения с серверами БД, производить проверку деревьев БД, управлять расписанием создания резервных и архивных копий.

5. «Безопасность» управляет настройками шифрования данных, паролей, обеспечивает запуск программы в защищенном режиме.

6. «Диагностика» осуществляет проверку целостности данных БД, корректности функционирования подсистем УК, анализирует настройки безопасности, проверяет целостность файлов УК и возможность запуска программы на компьютере-клиенте.

Подсистема «Авторизация».

1. «Шифрование» отвечает за шифрование вводимых данных (имени пользователя, пароля, контрольного слова).

2. «Статистика» фиксирует время входа и выхода пользователей, количества попыток набора паролей.

## 2. Информационное обеспечение УК-01

В результате проведенных авторами исследования путей повышения эффективности взаимодействия средств САПР СУ ТО в условиях ее эволюционного развития [8] было показано, что основными компонентами структуры средств САПР СУ сложными ТО являются:

- автоматизированный банк данных проектирования (БнД) САПР;
- программный комплекс, управляющий процессом проектирования;



- пакеты прикладных программ решения отдельных задач в рамках единой архитектуры САПР;
- внешние прикладные программы решения задач, не работающие в рамках единой архитектуры САПР.

Ввиду того, что САПР СУ ТО использует в своей работе СУБД [8] и в организации, где будет эксплуатироваться УК, планируется наличие СУБД, авторы приняли решение о применении СУБД в качестве хранилища данных для УК-01. Быстродействие современных СУБД повышается за счет включения в их состав оптимизатора SQL запросов, который обеспечивает исполнение запроса наилучшим образом [9]. Использование СУБД позволяет значительно упростить разработку приложений, предназначенных для совместной работы пользователей в локальной или глобальной сетях и сокращает сроки сдачи проектов, работающих по технологии «клиент-сервер», в 2–3 раза [10]. При организации хранения данных в файлах единственным простым подходом реализации сетевого взаимодействия может быть «сервер приложений», использование других подходов значительно увеличит труд программистов [11].

УК-01 функционирует с применением оригинального информационного обеспечения (ИО). В рамках решаемой задачи таблицы и поля ИО являются статическими ввиду определенности решаемой задачи и четкой структуры данных, необходимых для работы УК. Модель базы данных – реляционная, создаваемая по архитектуре ANSI-SPARC [12].

Не менее важными представлялись проблемы обеспечения универсальности комплекса относительно источников данных [13–15] и реализации эффективных механизмов удаленного доступа к данным. Предположено и обосновано использование облачных хранилищ на базе смешанной (гибридной) облачной платформы. Это обеспечивает возможность работы САПР как в облаках, так и с применением инфраструктуры организаций-проектировщиков [1].

Задача реализации поддержки как можно большего количества популярных СУБД, пригодных для обеспечения функционирования УК САПР СУ ТО, была одной из приоритетных при разработке УК-01.

Были сформулированы общие требования к СУБД для обеспечения работы УК-01 САПР СУ ТО с точки зрения особенностей архитектуры и функциональных возможностей.

- *Мобильность* – независимость системы от среды, в которой она работает. Средой в данном случае является как аппаратура, так и программное обеспечение (операционная система).

- *Масштабируемость* – соответствие росту информационной системы (увеличении числа пользователей, объема хранимых данных и обрабатываемой информации).

- *Распределенность* – возможность управления распределенными базами данных.

- *Сетевые возможности* – возможность использования широкого диапазона сетевых протоколов и служб для работы и администрирования.

- *Надежность* – обеспечение сохранности информации и безотказности работы системы в любых условиях. Восстановление целостности и работоспособности всей системы после сбоев.



- *Резервное копирование* — поддержка механизмов резервирования данных (хранение одной или более копий всей базы данных, хранение копии ее части, копирование логической структуры и т. д.).

- *Откат изменений* — обеспечение аннулирования в случае сбоях всех результатов недоведенных до конца транзакций.

- *Многоуровневая система защиты*, включая идентификацию пользователей при входе в систему и механизм шифрования данных при передаче по линиям связи.

По результатам проведенного анализа особенностей реализации, преимуществ и недостатков известных технологий универсального доступа к данным с учетом требований быстродействия и надежности при создании и реализации УК-01 для САПР СУ ТО были приняты следующие решения.

1. Применять набор библиотек прямого доступа к СУБД ZeosDBO [16] для обеспечения взаимодействия с такими СУБД, как MS SQL Server, MySQL, Oracle, InterBase и другими, поддерживаемыми данной API.

2. Использовать ODBC для реализации возможности подключения СУБД, не поддерживаемых ZeosDBO.

Проверка работоспособности УК-01, использующей СУБД MS SQL, осуществлялась при анализе возникающих в процессе проектирования реальных систем управления технологическими объектами [17] ситуаций в соответствии с процессуальной схемой автоматизированного структурного синтеза СУ сложными ТО [2]. Результаты проверки подтвердили его высокую эффективность при решении всего комплекса поставленных задач управления процессом проектирования в рамках САПР.

### 3. Среда разработки

В качестве средства разработки выбрана среда CodeGearDelphi 2010. Так как УК-01 имеет сложные взаимосвязанные графические интерфейсы, то благодаря использованию среды Delphi их построение заметно упрощается [18]. Благодаря поддержке технологии NET в выбранной среде разработки возможно создавать кроссплатформенные приложения [19] для различных операционных систем. Среда CodeGear 2010 имеет огромное количество встроенных утилит для решения задач, не связанных непосредственно с кодированием ПО, но отнимающих у разработчика много времени и сил [20].

### 4. Дополнительное программное обеспечение

УК САПР СУ ТО работает под управлением операционной системы MSWindowsXP/Vista/Seven. Приложение является 32-битным.

Для просмотра сформированных в модуле «*Менеджер отчетов*» документов необходим пакет прикладных программ MSOffice (Word, Excel) и AdobePDFReader или их аналоги. Обязательно наличие установленной и поддерживаемой УК СУБД. Прочего программного обеспечения для работы УК САПР СУ ТО не требуется.

УК-01 предполагается использовать в многопользовательском режиме. Не планируется отдельная разработка клиентского приложения для различных видов пользователей. Начало работы с УК начинается с



запуска подсистемы «Авторизация». Работа других подсистем без запуска этой подсистемы невозможна. После авторизации пользователь в зависимости от прав доступа может через главное окно комплекса запустить одну из трех подсистем: «Диспетчирование», «Рабочие группы», «Администрирование». Основные режимы, в которых функционирует УК-01, приведены на рисунке 2.



Рис. 2. Основные режимы функционирования УК-01

Предусмотрена работа одновременно в нескольких режимах. Для них созданы пользовательские интерфейсы, обеспечивающие дружелюбный диалог пользователей с УК.

В заключение необходимо отметить, что результаты проведенной проверки работоспособности УК-01 в различных ситуациях при автоматизированном структурном синтезе реальных систем управления технологическими объектами показали соответствие его требованиям открытости, доступности, расширяемости, надежности и легкой адаптации к различным условиям функционирования. Это позволяет эффективно использовать его для решения широкого круга задач автоматизированного управления процессом проектирования в рамках САПР СУ сложными ТО.

### Список литературы

1. Айранетов Д. А. Исследование и выбор концепции распределения и использования ресурсов проектирования для САПР систем управления сложными технологическими объектами // Известия Волг. ГТУ : межвуз. сб. науч. ст. №7(94). Волгоград, 2012. С. 196 – 204.



2. Айрапетов Д. А. Методологические аспекты оптимального проектирования систем управления сложными технологическими объектами с использованием эволюционной стратегии синтеза // Там же. 2011. №14(87). С. 177 – 189.
3. Арунянц Г. Г., Айрапетов Д. А. Проектирование систем управления сложными технологическими производствами как объект системного анализа // Балтийский финансовый журнал. Калининград, 2011. №1(5). С. 137 – 147.
4. Салихов З. Г., Арунянц Г. Г., Рутковский А. Л. Системы управления сложными технологическими объектами. М., 2004.
5. Гайсарян С. С. Объектно-ориентированные технологии проектирования прикладных программных систем. CIT-forum. URL: <http://sure.org.ru/docs/c/oop/index.shtml.htm>
6. Хассан Гома. UML Проектирование систем реального времени, распределенных и параллельных приложений. М., 2002.
7. Фаулер М., Скотт К. UML в кратком изложении. Применение стандартного языка объектного моделирования. М., 1999.
8. Айрапетян Д. А., Арунянц Г. Г. Повышение эффективности взаимодействия средств САПР САР ТС в условиях эволюционного развития // Естественные и технические науки. М., 2010. №6 (50). С. 544 – 551.
9. Кузнецов С. К свободе от проблемы Больших Данных // Открытые системы. 2012. №2.
10. Кренке Д. Теория и практика построения баз данных. СПб., 2003.
11. Walker В. Всегда ли эффективна архитектура клиент/сервер? // CW-Moscow. 1996. №2.
12. ANSI/X3/SPARC Study Group on Data Base Management Systems Interim Report // FDT Bulletin. 1975. N 7(2). P. 1 – 140.
13. Керниган Б., Пайк Р. Практика программирования. М., 2001.
14. Ганеев Р. М. Web-интерфейс баз данных ODBC. М., 2002.
15. Сигнор Р., Стегман М. О. Использование ODBC для доступа к базам данных / пер. с англ. М., 1995.
16. Чужа В. BORLANDDELPHI: Базы данных «на DELPHI». BDE. , 2004. URL: <http://www.realcoding.net/articles/borland-delphi-bazy-dannykh-na-delphi-%E2%80%93-bde.html>.
17. Салихов З. Г., Арунянц Г. Г., Рутковский А. Л. Системы управления сложными технологическими объектами. М., 2004.
18. Фленов М. Библия Delphi. СПб., 2011.
19. Албахари Дж., Албахари Бен. LINQ. Карманный справочник. СПб., 2009.
20. Архангельский А. Я. Программирование в Delphi для Windows. СПб., 2007.

#### Об авторах

Геннадий Георгиевич Арунянц – д-р техн. наук, проф., Калининградский государственный технический университет (КГТУ), Калининград.  
E-mail: suro99@mail.ru

Давид Альбертович Айрапетов – асп., Калининградский государственный технический университет (КГТУ), Калининград.  
E-mail: david.kgd@gmail.com

#### About the authors

Prof Gennady Arutunjants – Kaliningrad State Technical University (KSTU), Kaliningrad.  
E-mail: suro99@mail.ru

David Airapetov – PhD student, Kaliningrad State Technical University (KSTU), Kaliningrad.  
E-mail: david.kgd@gmail.com