



УДК 621.165

А. В. Бойко, д-р техн. наук,
Ю. Н. Говорущенко, А. П. Усатый, кандидаты техн. наук,
Национальный технический университет
«Харьковский политехнический ин-т»
(Украина, 61002, Харьков, ул. Фрунзе, 21,
тел. (057) 707-60-88, E-mail: aboiko@kpi.kharkov.ua)

Программная реализация единого информационного пространства интегрированной системы автоматизированного проектирования «Турбоагрегат»

Рассмотрены особенности программной реализации информационного пространства интегрированной системы автоматизированного проектирования «Турбоагрегат» на основе принципов открытости, информационного и системного единства с использованием специального описания структурно-топологической конфигурации информационного пространства и представлении всех его элементов, компонент и подсистем в унифицированном виде, что позволило организовать процессы управления и информационного согласования с помощью универсальных рекурсивных алгоритмов.

Розглянуто особливості програмної реалізації інформаційного середовища інтегрованої системи автоматизованого проектування «Турбоагрегат» на основі принципів відкритості, інформаційної та системної єдності з використанням спеціального опису структурно-топологічної конфігурації інформаційного середовища і представлення усіх його елементів, компонент і підсистем в уніфікованому вигляді, що дозволило організувати процеси управління та інформаційного узгодження за допомогою універсальних рекурсивних алгоритмів.

Ключевые слова: интегрированное пространство, открытость, системное единство.

Постоянное увеличение стоимости энергоресурсов требует выявления новых резервов и путей повышения показателей экономичности энергооборудования. Это, в свою очередь, обуславливает необходимость поиска методов и разработки алгоритмов, позволяющих решать задачи оптимального проектирования в более сложных постановках, что обеспечивает всесторонний учет влияния на эффективность не только конструктивных параметров, но и эффектов взаимодействия объектов, вызванных, например, изменением режимов их эксплуатации. Только такой подход к организации процессов проектирования будет способствовать выявлению скрытых резервов и обеспечит получение более совершенных и эффективных конструкций. В этой связи наиболее актуальными являются задачи, связанные с обеспе-

чением эффективных процессов взаимодействия и согласованной работы компонент системы автоматизированного проектирования (САПР) энергетического оборудования, так как только с использованием интегрированных, информационно согласованных систем появляется возможность решать указанные задачи проектирования.

Несмотря на стремительное развитие современных вычислительных средств, методов и алгоритмов расчета, проектирования и конструирования энергетического оборудования, а также достигнутые результаты в этой области [1—4], в настоящее время существует достаточно острая проблема их интеграции в качестве компонент единой САПР. Выполнение принципов открытости, информационного и системного единства [5], гарантирующих на всех стадиях разработки, функционирования и развития САПР целостность системы, является достаточно актуальной и нетривиальной задачей.

При кажущейся на первый взгляд простоте и естественности указанных принципов их практическая реализация связана с рядом трудностей, которые, в первую очередь, вызваны разнородностью используемого оборудования, предназначенного для выполнения определенных взаимосвязанных функций в проектируемых объектах энергетики. Необходимость решения многочисленных задач анализа и синтеза этих объектов в процессе проектирования требует применения большого числа мультидисциплинарных моделей анализа и синтеза различных уровней сложности (0D, 1D, 2D, 3D) каждого из объектов. Функциональная разнородность оборудования и соответствующих моделей расчета, обусловленная уникальностью структур и содержания их информационных моделей, создает серьезные трудности в обеспечении требуемой согласованности при интеграции этих моделей в САПР «Турбоагрегат».

Как известно [6], информационная согласованность в САПР определяется в первую очередь тем, что при решении в соответствующей последовательности задач процесса проектирования все они обслуживаются информационно согласованными моделями. В противном случае это будет простой совокупностью автономных программ, требующих участия человека для передачи данных между ними, что повлечет за собой снижение качества и скорости получаемых проектных решений, увеличение их стоимости, а также сужение возможностей и классов решаемых задач проектирования.

Осуществить перечисленные выше принципы при создании САПР можно было бы, реализовав идею «с чистого листа», т.е. разрабатывая заново изначально согласованные модели, компоненты и подсистемы. Однако такой подход практически не имеет перспектив, так как его реали-

зация потребует чрезмерно больших временных, материальных, организационных и иных затрат.

Вместе с тем, направление, основанное на комбинированном подходе с использованием ранее разработанных моделей и компонент и разработкой недостающих, представляется более приемлемым. Такой подход при решении этой задачи позволит учесть и использовать как существующие научно-методические разработки отечественных ученых и специалистов, так и реализованные на их основе пакеты прикладных программ. Однако проблема объединения их в единую систему остается и представляет собой достаточно серьезную задачу организации процесса интеграции в САПР ранее разработанных расчетных моделей и компонент и вновь создаваемых.

Попытки решения этой проблемы с помощью создания соответствующих функций перекрестного согласования типа «все со всеми» ведет к увеличению числа работ, связанных с написанием таких функций и их сопровождению в процессе развития и совершенствования расчетных моделей и поддержки принципа открытости САПР. Такой подход организации информационной согласованности САПР нельзя считать перспективным.

Наиболее удачным направлением обеспечения согласованности информационных моделей проектных процедур и других компонент и подсистем САПР является подход, основанный на идее единого интегрированного информационного пространства (среды) (ИИП) [7—10]. В этом случае для создания условий эффективного функционирования всей системы достаточно обеспечить согласованность между ИИП и всеми компонентами САПР, как объектно-ориентированной проектирующей подсистемы, так и различных инвариантных подсистем, обслуживающих процессы, связанные с интерактивным управлением проектированием, обеспечением информационного поиска, документированием и др.

Множество данных, которые потенциально могут быть использованы при функционировании САПР или являться запоминаемым результатом ее работы, составляют содержательную часть ИИП. Очевидно, что широкое разнообразие уникальных свойств и целевых ролей элементов содержательной части ИИП требует проведения серьезного анализа для выявления у них общих признаков. Учет этих признаков и их классификация существенным образом облегчат разработку методологии, основанной на унифицированном универсальном подходе по формированию и организации структурно-топологической конфигурации ИИП, а также реализацию принципа согласованности моделей, компонент и подсистем. Поэтому необходимо в самом начале определить минимальный перечень информации, позволяющей четко и недвусмысленно идентифицировать

все элементы ИИП, их свойства, связанные с ними операции и их роли в САПР «Турбоагрегат». Без такого перечня реализовать эффективную согласованную систему управления не представляется возможным.

Проведенный анализ элементов подсистем САПР (их параметров, массивов, структур, моделей расчета, редакторов, пунктов меню, кнопок, справочников, атласов, библиотек и др.) позволил в самой общей форме представить некоторый абстрактный элемент ИИП как функцию ряда блоков с атрибутами, т.е. значений, характеризующих элемент в его классе:

$$X_i = F_i(A_{ID}, A_{VIEW}, A_{NAME}, A_{INIT}, A_{SUB}, A_{CONTROL}, A_{LIB}, A_{LINK}, A_{DATA}, A_{EXIMP}), \quad (1)$$

где X_i и F_i — элемент ИИП и функция его представления в ИИП. Здесь также введены следующие обозначения атрибутов элементов:

- A_{ID} — обеспечивающие уникальность идентификации X_i в ИИП;
- A_{VIEW} — отображения и вида X_i на экране монитора;
- A_{NAME} — мультиязычных имен X_i ;
- A_{INIT} — начального состояния X_i ;
- A_{SUB} — подчиненности X_i в структурах;
- $A_{CONTROL}$ — управления подчиненными элементами ИИП;
- A_{LIB} — связей X_i с математическими методами и расчетными моделями;
- A_{LINK} — параметрических связей X_i со своими клонами в различных моделях расчета, компонентах и подсистемах;
- A_{DATA} — связей X_i с данными из справочников и атласов;
- A_{EXIMP} — экспортно-импортных операций X_i с внешними источниками данных.

По результатам анализа с учетом (1) создадим информационную базу данных ресурсов САПР «Турбоагрегат» (ИБДР), в которой все элементы ИИП с описывающими их свойства атрибутами получают уникальные индексы. Таким образом, сформируем некий реестр элементов предметной и инвариантной подсистем ИИП, который будет одной из базовых компонент информационного обеспечения САПР «Турбоагрегат». Здесь и далее под индексом будем понимать уникальное целое число, идентифицирующее в соответствии с правилами системы управления базами данных (СУБД) запись в таблице ИБДР, соответствующую какому-либо элементу ИИП. С помощью блока A_{SUB} элементы будут организованы в соответствующие управляющие иерархические структуры (УИС). Минимально необходимый набор УИС, соответствующих различным компонентам предметной и инвариантной подсистем САПР «Турбоагрегат», а также некоторые фрагменты этих структур приведены на рис. 1.

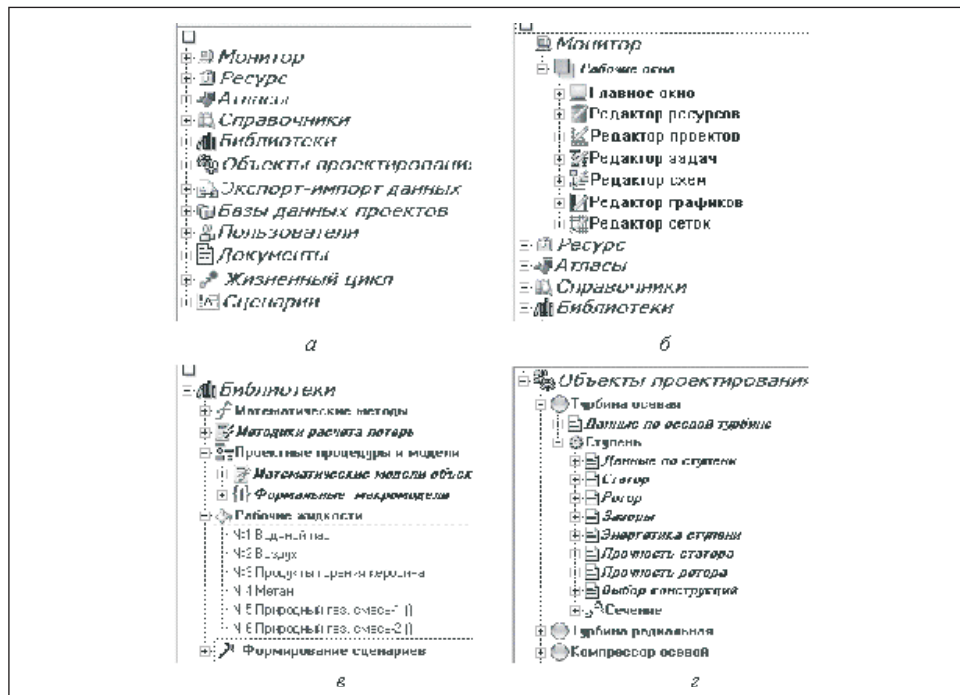


Рис. 1. Управляющие структуры САПР «Турбоагрегат»: а — список основных УИС; б, в и г — содержание верхних уровней структур «Монитор», «Библиотеки» и «Объекты проектирования»

Очевидно, что у каждого класса элементов есть свой набор блоков с атрибутами, который представлен некоторой усеченной версией общей зависимости (1) и описывает присущие только ему свойства. Необходимо заметить, что при разработке САПР может быть создано несколько функционально-тематических ИБДР, предназначенных для формирования ИИП, связанных с различными аспектами проектирования и (или) функционирования объектов энергетики, например этапами жизненного цикла.

Для выполнения специфических работ, связанных с созданием и развертыванием ИБДР, а также для формирования и редактирования конфигурации и содержательной части УИС (см. рис. 1, а) специально разработан редактор ресурсов, информация о котором также находится в УИС «Редактор ресурсов» ИИП САПР «Турбоагрегат» (см. рис. 1, б).

Следует заметить, что в случае изменения содержания УИС «Монитор» (добавление, удаление записей, описывающих пункты меню и кнопки) автоматически модифицируется код программы, отвечающий за их функциональность. Кроме того, при следующей загрузке интерфейсной

оболочки САПР добавленный в ИБДР элемент, соответствующий кнопке или пункту меню, появится на экране монитора.

Рассмотрим более детально содержательную часть блоков, входящих в (1).

Блок атрибутов

$$A_{ID} = a(ID_X, ID_C, ID_S, ID_B, Symb),$$

где ID_X — индекс X_i элемента; ID_C — индекс его класса; ID_S — индекс УИС, которой принадлежит X_i элемент; ID_B — индекс элемента, которому подчиняется X_i элемент; $Symb$ — идентификатор X_i элемента.

Блок атрибутов

$$A_{VIEW} = a(Font, C_T, C_B, Mask), \quad (2)$$

где $Font$ — тип шрифта и его свойства; C_T — цвет текста; C_B — цвет фона; $Mask$ — битовая маска свойств X_i элемента (разрешения на чтение, запись, редактирование, визуализацию и др.).

Блок атрибутов

$$A_{NAME} = a(UA, RU, AN, DCH, \dots),$$

где UA, RU, AN, DCH — название X_i элемента на украинском, русском, английском и других языках общения.

Блок атрибутов A_{INT} чаще всего используется для описания элементов ИИП класса «Параметр» и содержит следующую информацию:

$$A_{INT} = a(Type, Min, Max, Cur, Unit),$$

где $Type$ — тип параметра; Min, Max, Cur — левая и правая границы допустимой области изменения параметра, а также его текущее значение; $Unit$ — информация о группе физических единиц измерения параметра.

Блок атрибутов A_{SUB} содержат информацию, позволяющую объединять X_i элементы в УИС:

$$A_{SUB} = a(ID_1, ID_2, \dots, ID_N), \quad (3)$$

где ID_1, ID_2, \dots, ID_N — список индексов подчиненных элементов нижнего иерархического уровня. С помощью данного блока можно формировать как древовидные, так и сетевые конфигурации УИС.

Формат блоков атрибутов A_{LIB} , A_{LINK} и A_{DATA} аналогичен (3). Информация из A_{LIB} наиболее часто используется в элементах структуры «Объекты проектирования» для установления связей с выбранной моделью расчета — элементом структуры «Библиотека». Блок атрибутов A_{LINK} предназначен для хранения значений индексов параметров-клонов из других УИС. По ним устанавливаются связи между параметрами раз-

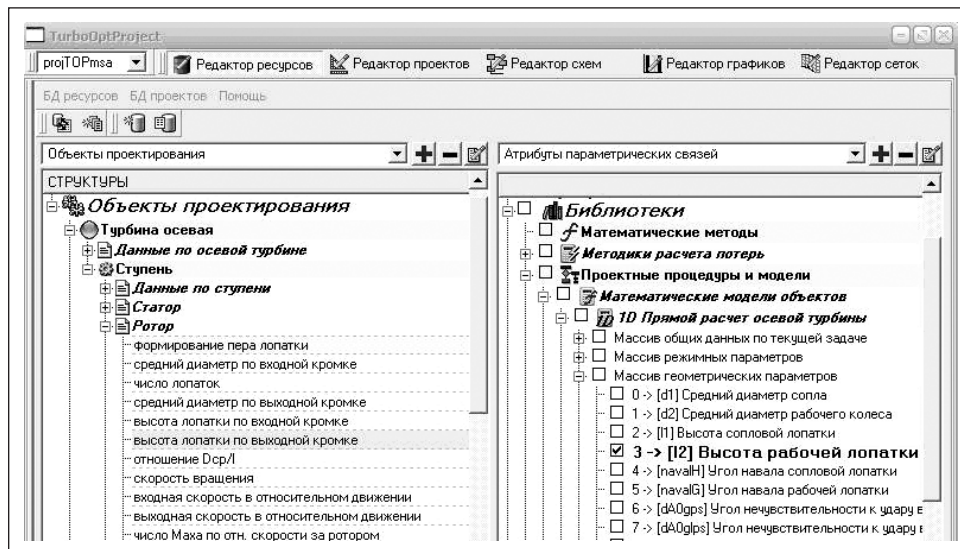


Рис. 2. Фрагмент редактора ресурсов с операцией настройки параметрических связей

личных моделей расчета объектов проектирования с аналогичными параметрами из общего информационного пространства проекта. Настройка этих связей осуществляется с помощью редактора ресурсов, в котором элементам-параметрам из УИС «Объекты проектирования» ставятся в соответствие элементы массивов моделей расчета из УИС «Библиотеки».

На рис. 2. видно, что для параметра «высота лопатки по выходной кромке», характеризующего ступень осевой турбины из УИС «Объекты проектирования» устанавливается связь с третьим элементом «Высота рабочей лопатки» массива геометрических параметров модели «1D Прямой расчет осевой турбины» из УИС «Библиотеки».

В блоке A_{DATA} находятся значения индексов элементов с информацией из УИС «Справочники» и «Атласы», что позволяет легко находить необходимую справочную информацию и атласные решения.

Данные из блока $A_{CONTROL}$ предназначены для организации динамических процессов управления состоянием подчиненных элементов из различных УИС, например разрешать или запрещать редактирование определенных параметров, выделять текст и фон элементов различными цветами, делать активными или неактивными кнопки и пункты меню, формировать сценарии вычислительных процессов. Формат блока следующий:

$$A_{CONTROL} = a(ID_{X1}, ID_{X2}, \dots, ID_{Xn}, A_{VIEW1}, A_{VIEW2}, \dots, A_{VIEWn}),$$

где $ID_{X1}, ID_{X2}, \dots, ID_{Xn}$ — список индексов подчиненных (управляемых

элементов; $A_{VIEW1}, A_{VIEW2}, \dots, A_{VIEWn}$ — список блоков с атрибутами элементов в формате (2).

Блоки $A_{CONTROL}$ и A_{LIB} по сути являются квалификаторами, так как в процессе функционирования системы достаточно часто возникают ситуации, когда значения их атрибутов зависят от конкретного контекста, определяемого функциональной логикой системы.

Форма и содержание блока атрибутов A_{EXIMP} зависит от типа внешнего источника данных, но в любом случае здесь содержится информация, позволяющая однозначно связать параметры ИИП с данными внешнего источника данных. Информация, находящаяся в атрибутах элементов ИИП, представляет собой метаданные, описывающие его структурно-топологическую конфигурацию и позволяющие представить САПР «Турбоагрегат» как единую информационно согласованную систему.

Наличие ИБДР с универсальной структурой данных (1) о всех УИС ИИП и их элементах позволяет создавать достаточно эффективные алгоритмы управления информационными потоками в процессах согласования и управления. Указанные алгоритмы основаны на зависимостях, реализованных в виде тематической коллекции специальным образом сформированных динамических словарей (ДС) ссылок (указателей) из одного элемента на другой. По форме ДС являются экземплярами классов $QIntDict$, $QPtrDict$, $QPtrList$ и других библиотеки Qt. С помощью высокоэффективных алгоритмов поиска указанных классов ДС возможно получение надежной и быстрой идентификации любого элемента ИИП в оперативной памяти компьютера.

Рассмотрим последовательность формирования коллекции ДС, обеспечивающих функционирование всех подсистем и компонентов как единой управляемой и согласованной системы.

В первую очередь при запуске программы пользователю предоставляется возможность выбрать из соответствующих списков язык общения (украинский, русский, английский и др.) и текущую ИБДР. Затем в общедоступной для всех подсистем САПР области оперативной памяти компьютера создается «копия» выбранной ИБДР в виде ДС ресурсов. При его заполнении в качестве «ключа» используется индекс элемента ИИП из ИБДР, а содержимым является адрес структуры данных, содержащих значения его атрибутов в соответствии с (1).

На следующем этапе формируются интерфейсные части подсистем и всей системы в целом. Для этого осуществляется рекурсивный обход ДС ресурсов, начиная с УИС «Монитор», с использованием на каждом уровне рекурсии информации об индексах подчиненных элементов из A_{SUB} текущего элемента. В процессе рекурсии создаются соответствующие окна, меню, кнопки и другие объекты, а их физические адреса заносятся в соот-

ветствующие ДС класса QintDict, аналогично ДС ресурсов. Созданные интерфейсы подсистем («Редактор ресурсов», «Редактор проектов», «Редактор задач» и др.) определяют формы всех взаимодействий с ними и все потоки данных через их границы, но не регламентируют представление их внутренних информационных пространств, а также требований к их программированию.

Взаимодействие подсистем реализовано по модели клиент-сервер. Поэтому каждая подсистема может быть разработана независимо от остальных, но для всех подсистем является обязательной процедура внесения в ИБДР данных по УИС, соответствующих этим подсистемам. При выполнении этой операции в ИБДР вносится информация о всех меню, кнопках и других объектах их интерфейсов, а также о настройках топологических связей с необходимыми элементами различных УИС.

Аналогично формируются ДС элементов из УИС «Библиотеки», «Справочники», «Атласы». Сформированные ДС хранят физические адреса функций, математических методов, мультидисциплинарных моделей расчета объектов проектирования, справочных блоков данных, данных об атласных решениях и другие элементы.

Информация в УИС «Сценарии» определяет последовательность событий в вычислительном процессе, предназначенном для решения конкретной постановки задачи проектирования. Сценарии вычислительных процессов имеют различные степени влияния на параметры элементов УИС «Объекты проектирования». Они могут включать все объекты проектирования (осевая турбина, осевой компрессор, камера сгорания, теплообменник и др.) в вычислительный процесс, причем в нескольких экземплярах, либо их часть. Каждый объект проектирования, включенный в сценарий вычислительного процесса в своем блоке атрибутов A_{LIB} , содержит индексы элементов из УИС «Библиотеки», соответствующие текущим (выбранным) моделям расчета и методам вычислительной математики, с помощью которых, обратившись к соответствующим ДС, получаем доступ к выбранным инструментам решения поставленной задачи. Сценарии позволяют описывать как древовидные, так и сетевые варианты вычислительных процессов.

Следует заметить, что все элементы, создаваемые в оперативной памяти компьютера, «знают» свой индекс в ДС ресурсов, что позволяет при их активизации однозначно определять свойства, роли и другие элементы, указанные в их атрибутах. Кроме того, любая информация, внесенная в ИБДР через редактор ресурсов, автоматически становится доступной всем подсистемам САПР. Схема информационных потоков, обеспечивающих

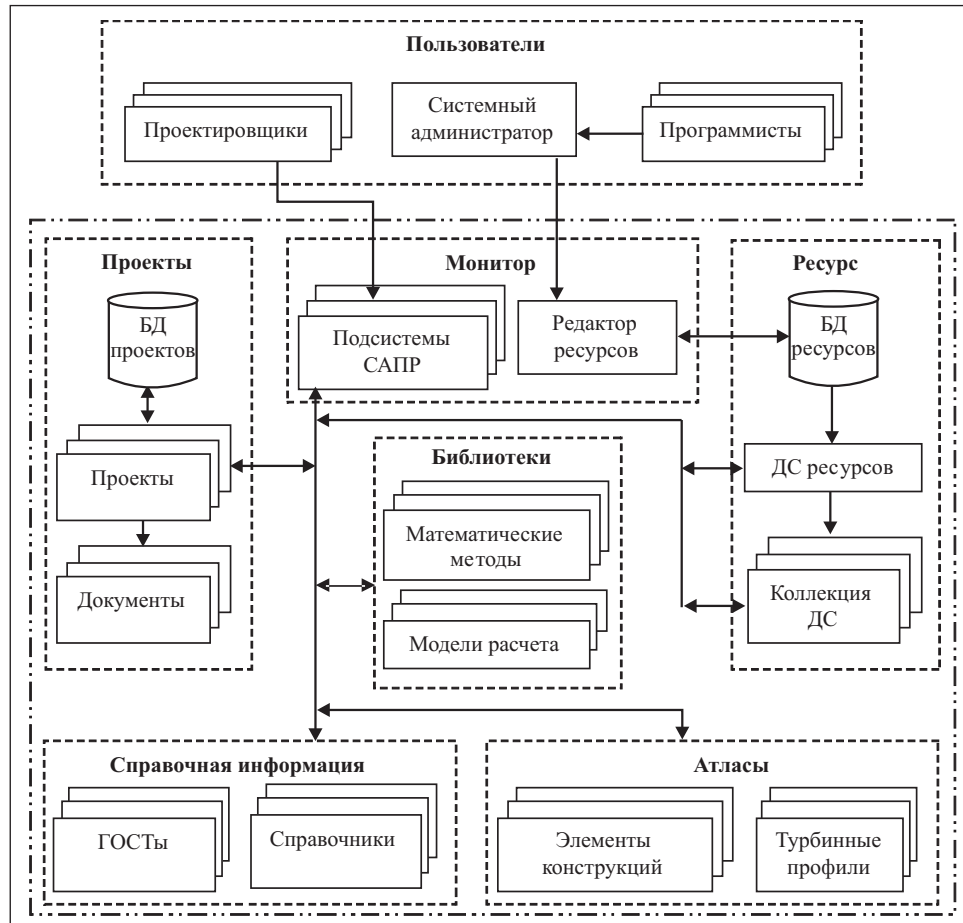


Рис. 3. Схема информационных потоков САПР «Турбоагрегат»

согласованную работу всех подсистем и их компонентов в ИИП САПР «Турбоагрегат», приведена на рис. 3.

С помощью коллекции ДС удалось реализовать двухмодельный вариант управления процессами проектирования и состоянием элементов ИИП — процедурное управление и управление с помощью сценариев.

Предложенная технология формирования подсистем САПР «Турбоагрегат», основанная на использовании описывающих ее метаданных из ИБДР, позволяет легко организовать управление допусками пользователей к подсистемам и их компонентам. Информация о привилегиях различных групп пользователей с помощью редактора ресурсов заносится в УИС «Пользователи» через блок атрибутов $A_{CONTROL}$, а затем при автори-

зации пользователя используется для определения его прав. При этом пользователи из группы «Системный администратор» имеют право изменять с помощью редактора ресурсов как число блоков атрибутов (1), так и их содержание для различных классов элементов ИИП, что существенно облегчает работу программистов, разрабатывающих САПР «Турбоагрегат». Указанная возможность позволяет быстро и эффективно осуществлять формирование структурно-топологических конфигураций вновь добавляемых компонентов в интегрированное информационное пространство САПР, а также модифицировать существующие.

Рассмотренный подход к формированию единого информационного пространства интегрированной САПР «Турбоагрегат» основан на использовании технологии «клиент-сервер». Клиентская часть в настоящее время реализована в среде Windows на языке C++. Интерфейсы с базами данных построены с помощью ODBC (в настоящее время поддерживаются СУБД MsAccess, MySQL и SQLite). Информационное наполнение баз данных возможно как средствами клиентской части, так и специфическими для используемой СУБД приложениями.

Графический интерфейс пользователя разработан с использованием библиотек Qt и OpenGL. Размер основного клиентского загружаемого модуля составляет приблизительно 2 Мб. Суммарный объем программного обеспечения разработанного подхода составляет более 70 Мб.

С использованием описанной технологии обеспечения информационной согласованности и управления процессом проектирования решен ряд задач оптимизации конструктивных параметров проточной части осевых турбодетандеров, работающих в условиях существенной переменности эксплуатационных нагрузок [11, 12]. Несмотря на достаточно сложную постановку таких задач, использование описанных подходов по формированию информационного пространства объекта проектирования и построению необходимого сценария вычислений позволило организовать высокоэффективные вычислительные процессы и получить в результате оптимального проектирования турбодетандеры, более эффективные по сравнению с существующими.

Выводы. На основе разработанной программной реализации формирования структурно-топологической конфигурации интегрированного информационного пространства САПР «Турбоагрегат» создана единая взаимосвязанная система с обеспечением целостности конфигурации на всех стадиях разработки, функционирования и совершенствования. Создание единой ИБДР для хранения метаинформации о всех компонентах и подсистемах САПР позволило реализовать принцип информационного единства всей системы.

Использование ДС ресурсов, как «копии» ИБДР и коллекции ДС, хранящих физические адреса элементов различных УИС, обеспечивает реализацию принципа системного единства САПР, что позволяет:

- осуществлять идентификацию элементов ИИП;
- определять их свойства и роли;
- осуществлять информационное согласование между ними;
- управлять их состоянием из любой подсистемы САПР «Турбоагрегат»;
- одновременно управлять несколькими проектами;
- формировать и использовать сценарии вычислительных и управляющих процессов.

Разработанный редактор ресурсов является эффективным инструментом описания конфигурации САПР «Турбоагрегат» как единой, взаимосвязанной системы и существенно упрощает процесс интеграции новых компонент проектирующей и инвариантной подсистем САПР, что способствует реализации принципа открытости САПР.

Основные алгоритмы, реализованные на основе рекурсивных циклов обхода соответствующих УИС с использованием ДС, являются универсальными и эффективно выполняют управление и согласование между компонентами и подсистемами САПР «Турбоагрегат».

Достигнута информационная согласованность различных расчетных моделей и компонент подсистем в вычислительных процессах, основанная на совместном и многократном использовании одних и тех же данных из информационных пространств проектов.

Применение сценариев информационно согласованных вычислительных процессов позволяет существенным образом расширить класс решаемых задач проектирования, а также выявить новые резервы повышения экономичности энергетического оборудования.

The features of software realization of information space of integrated Turboagregat CAD system are considered on the basis of principles of an openness, information and system unity with the use of the special description of a structural-topological configuration of information space and presentation of all its elements, components and subsystems in a unified form, that has allowed to organize the processes of control and information coordination with the help of universal recursive algorithms.

1. Бойко А. В., Говорущенко Ю. Н. и др. Аэродинамический расчет и оптимальное проектирование проточной части осевых турбин. — Харьков : НТУ «ХПИ», 2002. — 356 с.
2. Стоянов Ф. А. Оптимальное автоматизированное проектирование проточных частей осевых турбин. — Киев : Наук. думка, 1989. — 176 с.
3. Палагин А. А. Автоматизация проектирования тепловых схем турбоустановок. — Киев : Наук. думка, 1983. — 180 с.
4. Шубенко-Шубин Л. А., Стоянов Ф. А. Автоматизированное проектирование лопаточных аппаратов тепловых турбин. — Л. : Машиностроение, 1984. — 236 с.

5. *Корячко В. П., Курейчик В. М., Норенков И. П.* Теоретические основы САПР: Учебник для вузов — М.: Энергоатомиздат, 1987. — 400 с.
6. *Норенков И. П.* Основы автоматизированного проектирования. — М.: Изд-во МГТУ имени Н. Э. Баумана, 2002. — 336 с.
7. *Бойко А. В., Говорущенко Ю. Н., Усатый А. П.* Разработка информационной среды и средств динамического управления информационными моделями данных сложных технических объектов применительно к САПР «Турбоагрегат» // Вестн. НТУ «ХПИ». — 2006. — № 5. — С. 36—42.
8. *Бойко А. В., Говорущенко Ю. Н., Усатый А. П.* Особенности информационного обмена в рамках единого информационного пространства САПР «Турбоагрегат» // Там же. — 2007. — № 2. — С. 11—15.
9. *Иноземцев А. А., Нихалкин М. А., Сандрацкий В. Л.* Газотурбинные двигатели. Серия учебников. — <http://www.avid.ru/pr/other/ntex/>.
10. *Петров А. В., Черненко В. М.* Проблемы и принципы создания САПР. — М.: Высш. шк., 1990. — 144 с.
11. *Бойко А. В., Говорущенко Ю. Н., Усатый А. П., Руденко А. С.* Результаты оптимального проектирования турбодетандера с учетом переменного режима работы // Проблемы машиностроения. — 2007. — **10**, № 4. — С. 33—39.
12. *Бойко А. В., Говорущенко Ю. Н., Усатый А. П., Руденко А. С.* Оптимизация геометрических параметров проточной части турбодетандера с поворотными диафрагмами // Вестн. НТУ «ХПИ». — 2008. — № 6. — С. 32—40.

Поступила 20.06.08;
после доработки 01.12.08

БОЙКО Анатолий Владимирович, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой турбиностроения Национального технического университета «Харьковский политехнический ин-т». В 1961 г. окончил Харьковский политехнический ин-т. Область научных исследований — газовая динамика турбомашин, экспериментальное исследование элементов проточной части турбин, оптимальное проектирование проточной части турбин, САПР турбин.

ГОВОРУЩЕНКО Юрий Николаевич, канд. техн. наук, ст. науч. сотр. кафедры турбиностроения Национального технического университета «Харьковский политехнический ин-т». В 1975 г. окончил Харьковский политехнический ин-т. Область научных исследований — газовая динамика турбомашин, экспериментальное исследование элементов проточной части турбин, оптимальное проектирование проточной части турбин, САПР турбин.

УСАТЫЙ Александр Павлович, канд. техн. наук, ст. науч. сотр. кафедры турбиностроения Национального технического университета «Харьковский политехнический ин-т». В 1976 г. окончил Харьковский политехнический ин-т. Область научных исследований — газовая динамика турбомашин, экспериментальное исследование элементов проточной части турбин, оптимальное проектирование проточной части турбин, САПР турбин.