

## СРЕДА СОЗДАНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ КОМПЛЕКСНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ «АМАІ»

П. О. Глухов, Н. А. Марчихина, С. В. Борматинов, В. В. Куштан,  
В. С. Устинов (Москва)

### Архитектура программного обеспечения

Программный код «АМАІ» написан на языке С++ и при помощи библиотек Qt, что делает программное обеспечение кроссплатформенным и позволяет использовать его на различных операционных системах (Linux, MS Windows, QNX и другие).

Программная архитектура «АМАІ» представляет собой ядро и плагины расширений (рис. 1). В ядро входят главное приложение, средства управления базой данных (БД), диспетчер плагинов и система обмена данными.

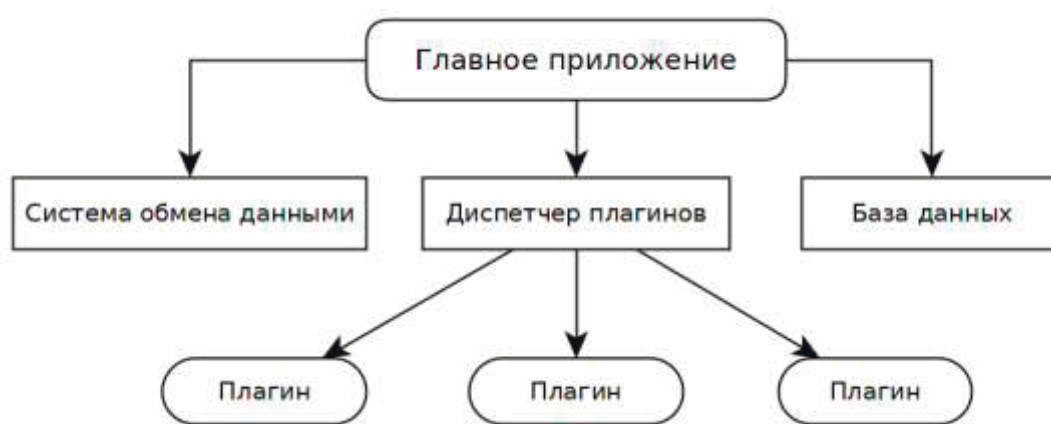


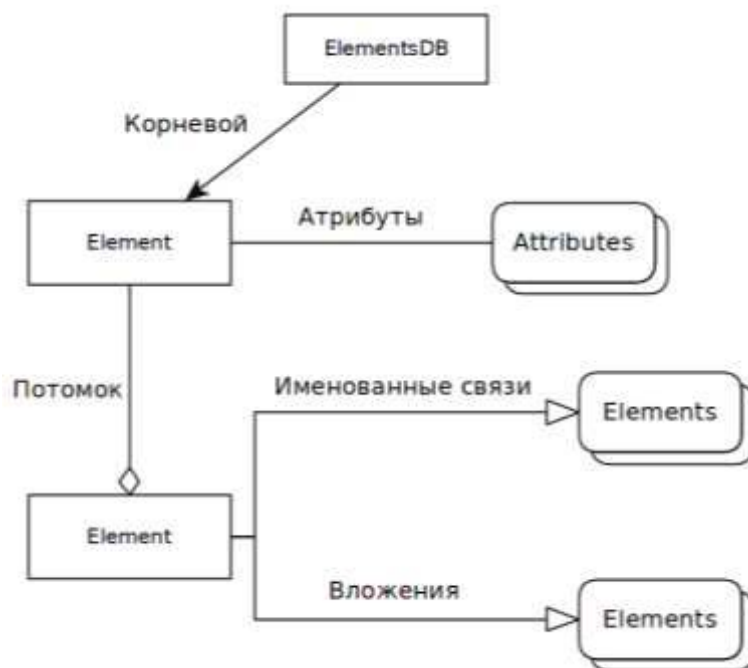
Рис. 1. Программная архитектура «АМАІ»

В основе представления объектов моделирования средствами «АМАІ» лежит база данных собственной реализации, имеющая объектно-реляционную архитектуру. Такая архитектура имеет древовидную структуру объектов, обладающих собственным поведением, и связанных не только отношениями родитель-наследник, но и произвольными связями.

Организацию данных в виде древовидной структуры предполагает иерархическая модель. В корне дерева содержится корневой элемент (родитель), имеющий связи с расположенными ниже элементами (наследниками, потомками). Все элементы имеют атрибуты – наименьшие единицы хранения данных. Элемент, независимо от его местоположения в иерархии, – это поименованная совокупность атрибутов, рассматриваемая как единица представления прикладной сущности (объект). В корне дерева содержится корневой элемент (родитель), имеющий связи с расположенными ниже элементами (наследниками, потомками). Принципиальной особенностью объектной модели является то, что наряду с описанием атрибутов, объект поддерживается кодом в плагинах расширения, отвечающий за его поведение (функционирование). Таким образом, объекты базы данных и их связи, это не просто описание структуры предметной области, а «живые», готовые к использованию объекты. Важной особенностью объектной модели является то, что поведение объекта может определяться поведением объектов его составляющих.

База данных «АМАІ», может состоять из неограниченного числа объектов (элементов) с уникальным поведением, имеющих между собой неограниченное число связей. Такую объектную модель принято относить к базам данных объектно-

реляционной организации (архитектуры). Структура внутренней организации базы представлена на рисунке 2.



**Рис. 2. Структура внутренней организации API базы**

На платформе «АМАІ» построен редактор схем, который предоставляет возможность создания простых графических примитивов сцены, на базе которых разрабатываются расширения произвольных нодализационных схем. Редактор построен при помощи паттернов проектирования MVC, Bridge, Singleton и Observer, благодаря чему внесение изменений не затрагивает другой функционал и позволяет избежать появления ошибок. Схема взаимодействия редактора схем с его расширениями представлена на рисунке 3.



**Рис. 3. Схема взаимодействия редактора схем и расширений**

Для управления расчетом разработан плагин-планировщик, при помощи которого осуществляются команды на расчет, остановку, сохранение и загрузку состояния. Функционал планировщика позволяет задавать шаг расчета, проводить расчет в реальном времени и в пошаговом режиме. Обмен данными между расчетными кодами и инструментами отладки, осуществляется через централизованный модуль обмена данными по заданному протоколу. Взаимосвязь планировщика, модуля обмена данными и расчетными кодами представлена на рисунке 4.



Рис. 4. Взаимосвязь планировщика, модуля обмена данными и расчетными кодами

Стоит отметить о наличии встроенных инструментов для отладки комплексной модели. Одним из таких инструментов для вывода расчетной информации является плагин графиков, который позволяет в реальном времени следить за параметрами модели, а после окончания расчета сохранить результаты в удобном виде. Вторым средством отладки является плагин-наблюдатель, который позволяет просматривать и изменять параметры узлов нодализационной схемы во время расчета.

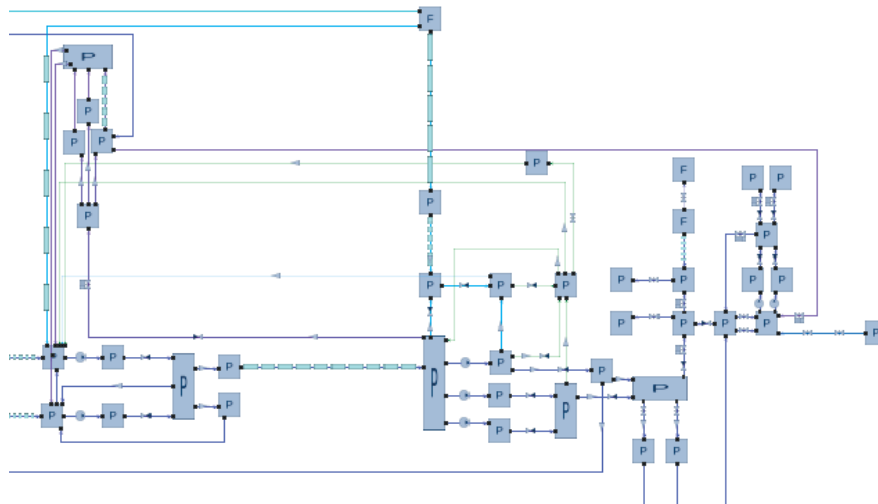
#### Области применения

Среда «АМАІ» активно применяется в НИЦ «Курчатовский институт» при разработке комплексных математических моделей, которые используются для исследования динамических процессов транспортных ЯЭУ, создания компьютерных и полномасштабных тренажеров нового поколения для подготовки специалистов личного состава кораблей ВМФ, а также программно-аппаратных комплексов, позволяющих проводить отладку алгоритмов управления и проверку комплексной системы управления техническими средствами (КСУ ТС) до поставки на заказ. Создание подобных комплексов обусловлено необходимостью снижения трудоемкости при проведении корабельных швартовых испытаний, за счет выявления ошибок и недочетов на ранней стадии разработки КСУ ТС, и сокращения сроков строительства заказа в целом.

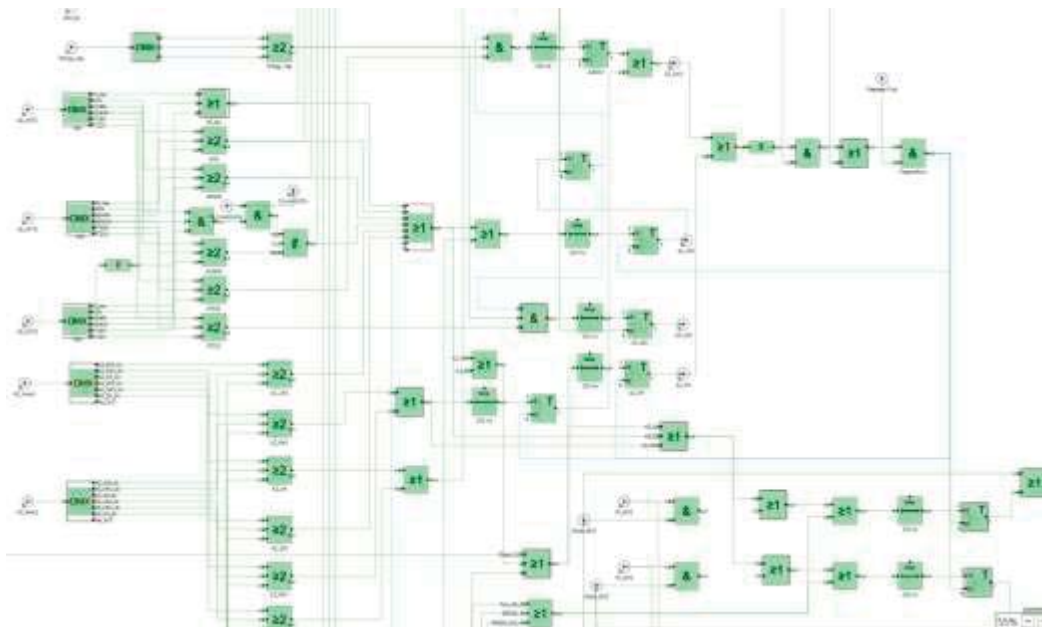
Применение подобного инструмента позволяет разработчикам работать в единой среде, что существенно сокращает время и трудозатраты на разработку изделия и облегчает внесение корректировок при необходимости.

На данный момент для моделирования транспортных ЯЭУ реализован теплогидравлический редактор для трехфазного многоскоростного неравновесного теплогидравлического кода «Serpent». Пример нодализационной схемы представлен на рисунке 5.

Для создания системы управления модели ЯЭУ, разработан графический язык программирования, позволяющий работать в нем пользователям, не имеющим навыков программирования. В «АМАІ» имеется встроенная библиотека с основными операторами и функциями, позволяющая строить любые логические алгоритмы. Присутствует возможность расширения библиотеки собственными блоками для последующего использования. Пример логической схемы представлен на рисунке 6.



**Рис. 5. Пример нодализационной схемы в теплогидравлическом редакторе**



**Рис. 6. Пример схемы в редакторе логики**

### **Выводы**

«АМАІ» предоставляет пользователю визуальные средства, как для создания модели динамических систем, так и для управления процессом моделирования в реальном времени. Включает в себя средства для обмена информацией с внешними программами, а также имеет собственные математические средства для описания сложных физических систем и систем регулирования, в том числе со сложной топологической схемой. В настоящее время успешно применяется для проведения полного цикла работ по созданию и сопровождению комплексных математических моделей для транспортных ЯЭУ ВМФ.