

ПРОГРАММНЫЙ ПАКЕТ ALLBEA: ЗАДАЧИ ИНТЕГРАЦИИ С ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДОЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДВС

*Р.Д. Еникеев, зав. кафедрой, А.А. Черноусов, доц. кафедры
Уфимский государственный авиационный технический университет*

Обсуждается задача интеграции пакета программ ALLBEA для моделирования процессов в технических системах с единым информационным пространством, поддерживающим проектирование ДВС на основе CALS/ИПИ-технологий. Отмечена важность интеграции с ALLBEA математических моделей независимых исследовательских групп, позволяющих описать разные физические аспекты и конкретные элементы технических систем.

Проектирование высокотехнологичной продукции ведется по методологиям, которые предпочтительно реализовывать в единой информационной системе. На разных этапах проектирования и доводки изделий проводятся расчеты процессов в них. Инструменты для численного решения задач анализа и синтеза («проверочных» и «проектировочных» расчетов) — специализированные пакеты прикладных программ (ППП), разработчики которых стремятся обеспечить в первую очередь удобство решения задач и достоверность результатов. В наиболее развитых ППП учитываются требования готовности ППП к взаимодействию с другими пакетами, более широко — к работе в составе внешних информационных сред, реализующих методологии разработки и сопровождения изделий.

В данной статье применительно к ППП ALLBEA [1] обсуждаются задачи интеграции подобного пакета программ с информационной средой, а также важность интеграции с пакетом моделей независимых разработчиков и формы интеграции в этих направлениях.

Повышение качества продукции отечественного двигателестроения возможно при внедрении информационных систем или сред, обеспечивающих процессы проектирования (шире — весь жизненный цикл изделий). Технологии, применяемые для комплексной информатизации процессов создания и сопровождения изделий, получили наименование ИПИ-технологий (англ. аналог — CALS-технологии).

Известно, что внедрение информационных систем (ИС) на основе CALS/ИПИ-технологий



позволяет на десятки процентов уменьшить затраты времени на проектирование. При этом желателен и возможен перевод всей конструкторской, технологической и иной документации, связанной с проектированием, изготовлением и испытанием изделий целиком на электронную (безбумажную) основу. Такая ИС позволяет упорядочить взаимодействие разнесенных в пространстве подразделений и относительно автономных исполнителей по единому проекту конкретного изделия. Поэтому уместно ставить вопрос о продуманном создании для нужд двигателестроения России отраслевой ИС (шире — единого информационного пространства, ЕИП), реализующей CALS/ИПИ-технологии [2].

В методологиях проектирования и доводки изделий энергомашиностроения ключевую задачу прогнозирования показателей изделий решают численным моделированием на ЭВМ. Применяемые для расчетов инструменты — более или менее специализированные ППП. Информатизация методологий проектирования путем внедрения ИС на основе технологий CALS/ИПИ потребует в некоторой степени интегрировать с ИС используемые ППП. При этом учитывается, что самые разные по «происхождению» и функциональным возможностям ППП должны будут применяться также разными, слабо связанными (и даже организационно независимыми) группами разработчиков в рамках единого проекта.

Не будучи специалистами в CALS/ИПИ-технологиях и в области системной интеграции, авторы подчеркивают, что такие задачи специалистами решаются на основе обкатанных подходов

(выявление и формализация «бизнес-процессов», построение интерфейсов для потоков данных на базе вводимых протоколов и форматов) и технологий построения распределенных информационных систем, с соблюдением стандартов, принятых в области CALS/ИПИ. Однако можно и нужно, ставя задачи создания ЕИП в двигателестроении, оценить возможности, архитектуру и готовность к разным формам применения тех или иных специализированных ППП — как имеющихся на рынке ПО, так и находящихся в разработке — отечественных и зарубежных, не вдаваясь при этом в конкретные подробности их интеграции с ЕИП.

Для проектирования и доводки поршневых и комбинированных ДВС применимы отдельные отечественные ППП для расчетного анализа и синтеза технических систем; такие ППП — в основном университетские разработки: «Дизель-РК» в МГТУ, «Альбея» в УГАТУ и др. При том, что пакеты находят применение в проектировании ДВС, полнота и универсальность упомянутых (и многих других ППП) недостаточны. Предприятиям (особенно в оборонно-промышленном комплексе) предпочтительно применять для инженерного анализа собственные, или же отечественные, ППП. Разумеется, при отсутствии равноценных отечественных («импортозамещающих») ППП, на наших предприятиях используются зарубежные пакеты.

На рынке ПО имеется множество развитых специализированных ППП для моделирования процессов в объектах энергомашиностроения. Можно классифицировать воплощенные в них модели по физическому аспекту (специальные и «многодисциплинарные»), по степени детализации в представлении полей физических величин — «детальные», «пространственные» (3D) и «быстрорасчетные» (1D), а сами пакеты — по степени зрелости, где важны такие аспекты, как развитость библиотек моделей и наличие средств поддержки решения обратных задач, а также протоколов и форматов обмена данными для совместной работы с др. ППП и ИС, поддерживающими проектные методологии.

Компании-разработчики собственно ППП стремятся в первую очередь обеспечить удобство и эффективность процессов (и достоверность результатов) решения на ЭВМ прямых и обратных задач моделирования процессов. Примеры таких ППП (в области поршневых ДВС) — «линейка» программных пакетов фирмы AVL [3]; примеры: ППП FIRE, применяемый для расчетов пространственных (в 3D) течений газов и жидкостей, а также ППП BOOST — для численного моделирования (в основном — газообмена и рабочего процесса) по математическим моделям термо- и

газодинамики в 1D. Разработчики наиболее развитых и успешных ППП уделяют внимание «интероперабельности» своего ПО — они вынуждены отрабатывать взаимодействие с другими ППП, а также возможность работы в составе информационной среды, обеспечивая (в том числе в архитектуре самого пакета) готовность к таким взаимодействиям.

Перечислим, какие возможности, по мнению авторов (помимо упомянутой весьма желательной готовности ко взаимодействию и интеграции с внешними программными системами), должен предоставлять современный развитый ППП для моделирования процессов в технических системах [1]:

- развитость прикладного багажа — наличие встроенных библиотек моделей динамики процессов для ряда физических аспектов, типовых элементов систем и агрегатов;
- высокая степень модульности и внутренней интеграции;
- открытость — в смысле возможности подключения «пользовательских» моделей и целых библиотек моделей;
- встроенная поддержка решения обратных задач;
- возможность работы на разных программных и аппаратных платформах;
- поддержка удобства использования вычислительных ресурсов многопроцессорных систем.

Такое сочетание «базовых элементов» ППП и наличие ориентированных на конкретную область «обвязок» и позиционируется их производителями в качестве комплексных решений проблем проектировщиков. Примером такого рода ППП можно считать пакет (систему) моделирования LMS Imagine. Lab [4] — развитый зарубежный пакет, укомплектованный библиотеками моделей процессов в системах и моделями устройств для ряда физических аспектов и открытый для дополнения и интегрирования в процессы (и информационные системы) пользователей.

Пакет прикладных программ ALLBEA (Applied Library Layers for the Best Engineering Analysis), разработанный в УГАТУ в основном в 2009–2011 гг. [1], является развитием системы имитационного моделирования «Альбея» [5], созданной там же в основном к 1995 г. коллективом под руководством профессора Б.П. Рудого. Новый пакет ALLBEA наследует и развивает заложенные тогда плодотворные подходы к численному моделированию процессов в сложных технических системах и воплощает результаты многолетних НИР кафедры в области моделирования ДВС.

ППП ALLBEA спроектирован с учетом указанных выше требований, в его архитектуре выделяется независимое от предметной области «ядро» и библиотеки прикладных моделей. В нынешнем виде ALLBEA — пакет прикладных программ с иерархической модульной архитектурой, с базовым набором библиотек моделей в области термо- и газодинамики, динамики и трибологии, прикладной гидромеханики и алгоритмов систем управления. Прикладное математическое обеспечение ALLBEA разрабатывается на языках программирования C или C++; встроенные библиотеки моделей разрабатываются в отдельных подпроектах. Поддерживается следующий набор прикладных библиотек моделей разных физических аспектов:

➤ *model* — простые математические модели, в основном позволяющие представлять потоки и преобразования данных (в том числе для моделей систем управления), а не какой-либо физический аспект процесса в сложной системе;

➤ *control* — «управление» (модели специфических элементов и алгоритмы систем управления техническими системами);

➤ *mech* — «динамика и трибология» (элементарная динамика, кинематика и динамика ДВС, модели трения и изнашивания);

➤ *gasdyn* — «термогазодинамика» (нестационарные процессы газообмена и процессы в рабочих камерах ДВС);

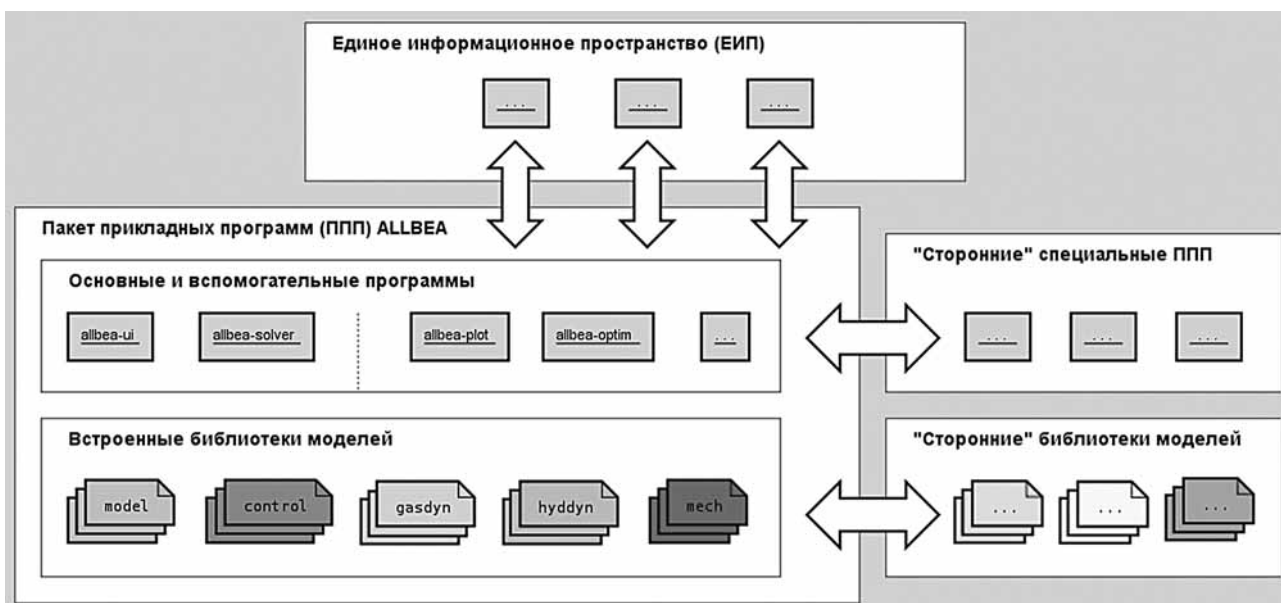
➤ *hyddyn* — «гидродинамика» (нестационарные и стационарные течения двухфазных жидкостей в топливных и гидравлических системах);

➤ *nvh* — «акустика»: модели «акустических» процессов (шум и вибрации).

Математические модели для ППП ALLBEA могут оформляться в программные модули (блоки) трех типов моделей — компоненты (модели-элементы), коннекторы (модели-связи) и преобразователи (функциональные блоки).

Благодаря иерархичной и модульной архитектуре, содержащей предметно-независимое «ядро» и библиотеки моделей, в ALLBEA естественно реализован стандартный подход: имеются две основные программы — расчетная программа (решатель, «солвер») и программа, реализующая графический интерфейс с пользователем. Прикладные модели и их данные абстрагированы (как от «ядра», так и от особенностей реализации ППП в целом) интерфейсом прикладного программирования — т. е. специфика представления конкретных устройств и систем в моделях вынесена в область прикладного математического обеспечения. Последняя «по горизонтали» (пусть несколько произвольно) поделена на условные «предметные области» — по физическому аспекту процессов. Функции же ППП, связанные с решением задач в разных постановках (в первую очередь — обратных задач), и далее — с интеграцией ППП ALLBEA с внешними системами, могут и должны реализовываться в отдельных программных компонентах (библиотеках и программах — как поставляемых с ППП, так и внешних (рис.).

Настройка ALLBEA на новый физический аспект или набор устройств в некоторой предметной области достигается добавлением програм-



Направления интеграции ППП ALLBEA: «вертикальная» — с единым информационным пространством; «горизонтальная» — со сторонними пакетами прикладных программ и прикладными библиотеками моделей

мно реализованной библиотеки моделей, доработанной до соответствия известному стандарту на прикладной программный интерфейс. Подключение библиотек моделей сторонних разработчиков (созданных в том числе на иных языках программирования) не должно вызывать затруднений.

В описанном виде ППП ALLBEA можно в принципе рассматривать как аналог системы моделирования LMS Imagine. Lab [4] (при том что ALLBEA находится все еще в стадии разработки). Однако авторы убеждены, что архитектура пакета ALLBEA обеспечивает «точки роста», необходимые и достаточные для расширения номенклатуры и улучшения отдельных моделей и библиотек моделей, как входящих в стандартный комплект, так и разрабатываемых и интегрируемых с ППП ALLBEA (в перспективе) силами сторонних разработчиков. Разумеется, такая «горизонтальная» интеграция (в направлении: «прикладные модели сторонних разработчиков — ППП») сможет развиваться не раньше, чем ALLBEA сможет выполнять роль полезного в инженерной практике связующего звена между моделями процессов и устройств различного вида, сняв с пользователей и исследователей (разработчиков моделей) львиную долю проблем обеспечения работы их моделей с другими моделями в системе, т. е. когда ALLBEA обеспечит на деле удобство использования моделей (воплощенного труда их создателей) в практике исследователей и проектировщиков.

По мнению авторов, необходимым этапом становления ALLBEA как такого рода универсальной «платформы» для расчетного анализа и синтеза технических систем по междисциплинарным моделям будут работы по «вертикальной» интеграции, в направлении «ППП — единое информационное пространство». Здесь то, что ALLBEA — отечественный интенсивно развиваемый ППП, оказывается преимуществом — развитие его можно скорректировать в соответствии с целями создаваемой CALS/ИПИ-системы. Это бы стимулировало разработчиков ALLBEA выстраивать библиотеки моделей, программные компоненты и архитектуру ППП под реальные отраслевые задачи и процессы, а у передовых неза-

висимых коллективов исследователей появилась бы мотивация интегрировать разрабатываемые модели с ALLBEA, и через ALLBEA — с ЕИП.

Заключение

На основании вышесказанного ППП ALLBEA в принципе может позиционироваться как универсальная «платформа» для расчетов (включая проектировочные) сложных систем, в силу чего можно ставить задачи «вертикальной» и «горизонтальной» интеграции ALLBEA с отечественными разработками в рамках единого информационного пространства и в масштабах двигателестроительной отрасли. Независимым исследователям пакет ALLBEA будет полезен как платформа для решения междисциплинарных задач, поскольку снизит необходимость поддержки моделей «непрофильных» физических аспектов, расширит применение их моделей в проектных организациях.

Для интеграции ALLBEA с ЕИП может быть создана рабочая группа с соответствующими компетенциями и полномочиями. Задача группы — разработка протоколов и форматов обмена данными (и содействие в реализации их со стороны разработчиков ALLBEA). По результатам работы уместно будет с применением «связки» ЕИП с ALLBEA решить «пилотную» задачу доводки поршневого ДВС.

Литература

1. Еникеев, Р.Д. Проектирование и реализация пакета прикладных программ для анализа и синтеза сложных технических объектов / Р.Д. Еникеев, А.А. Черноусов // Вестник УГАТУ. — Уфа: УГАТУ, 2012. — Т. 16, № 5 (50). — С. 60–68.
2. Маслов, А.П. Как нам преобразовать тракторное двигателестроение / А.П. Маслов, В.В. Бирюк // Двигателестроение. — 2010. — № 4. — С. 35–38.
3. AVL List GmbH / Web-страница: <http://avl.com>.
4. LMS Imagine.Lab / Web-страница: <http://lmsintl.com/LMS-Imagine-Lab-Platform>.
5. Горбачев, В.Г. Система имитационного моделирования «Альбея» (ядро). Руководство пользователя. Руководство программиста: учеб. пособие / В.Г. Горбачев, С.А. Загайко, Н.В. Рудая, Б.П. Рудой, С.Б. Щербаков // Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. — Уфа: УГАТУ, 1995. — 112 с.