

## Виртуальная аналитическая среда для изучения и прикладных исследований систем управления

Кондрашин А.В., канд. техн. наук

Рассматриваются концептуальные положения, используемые в процессе создания среды для эффективного изучения теории автоматического управления и развития навыков исследования и наладки систем автоматического регулирования. Приведены краткие сведения и примеры работы компонентов.

Ключевые слова: теория автоматического управления, виртуальная среда, объектно-ориентированная база данных.

## The virtual analytic environment for control systems study and research

Kondrashin A.V., PhD

It is described the conceptual regulations, used in the making of virtual environment, destined for study of control system theory and for experience development in control system research and tuning. It is presented some examples of components action.

Keywords: theory of the autocontrol, virtual ambience, object oriented database.

Внедрение информационных технологий в сферы образования и научных исследований не только отражается на сущности характерных для них процессов, но и требует адекватного подхода при отработке методик, обеспечивающих эффективное участие обучаемого или исследователя в этих процессах [1].

Теория автоматического управления (ТАУ) относится к той прикладной области знаний, для которой наработано огромное количество расчетных и обучающих программ. Но, к сожалению, количество не переходит в качество. Это обусловлено рядом обстоятельств, в том числе:

- функциональной и алгоритмической разрозненностью программных средств, их оторванностью от учебного процесса;
- отсутствием концептуальной платформы, способной органично ввести в процесс обучения методы, характерные для исследования технических систем;
- консервативностью отношений к учебному процессу, сдерживающей динамичное изменение базиса знаний и соответствующего ему арсенала приобретаемых навыков;
- некоторой терминологической разобщенностью, свойственной различным школам и научным направлениям.

Понимая реальную непреодолимость последней проблемы, приходится ориентироваться на конкретную прикладную область ТАУ – на системы управления в теплоэнергетике.

Необходимо заметить, что складывающийся в последние годы подход к оценке уровня и качества знаний, формально цепляющийся за псевдосовременные процедуры интернет-тестирования, не способствует системности знаний, требуя лишь готовности ответа на примитивные, не всегда корректно поставленные шаблонные вопросы.

Дистанция между образовательным уровнем молодого специалиста и современным уровнем развития теории управления в последние годы только увеличивается.

Именно эти обстоятельства побудили нас обратиться к проблеме повышения эффективности образовательного процесса по теории управления, являю-

щейся фундаментальной дисциплиной для специалистов по автоматизации технологических процессов. Не имея возможности в рамках небольшой статьи подробно изложить все аспекты подхода, ограничимся лишь наиболее существенными.

Начнем с необходимости разработки целостной виртуальной среды (ВС-ТАУ), объединяющей все необходимые компоненты на единой образовательной платформе. Конечной целью является создание комфортных условий, стимулирующих познавательный процесс, обеспечивающих целостное представление о предметной области, обладающей адаптивными функциями, учитывающими уровень начальной подготовки обучаемого и желаемый уровень конечной подготовки.

Важнейшей содержательной основой является тщательно разработанная модель предметной области, гарантирующая полноту и логическую связанность изучаемых категорий и методов теории автоматического управления. Для ее реализации предложено использовать *объектно-ориентированную базу данных* (рис. 1), в которой неструктурированные данные обрабатываются как абстрактные объекты, наделенные свойствами и методами взаимодействия с другими объектами окружающего мира. Требование однородности снимается, гибкость в характеристиках предметной области существенно повышается. Более того, для реализации системы управления базой данных можно использовать хорошо зарекомендовавший себя инструмент – среду Delphi, основой которой является объектно-ориентированное программирование. В нем основными концептуальными категориями являются понятия объектов и классов (прототипов).

Основными функциональными компонентами ВС-ТАУ являются четыре подсистемы (рис. 2):

- 1) дидактическая;
- 2) аналитическая;
- 3) методическая;
- 4) сервисная.

*Дидактическую среду* можно отождествить с «Электронным учебником». Ее внутренняя структура достаточно полно отражена на рис. 2 и не требует особых пояснений. Однако для понимания сущности

реализованного подхода на рис. 3 показана схема, раскрывающая формальную связь основных форм познавательного процесса с начальным уровнем подготовки, а также с требованиями образовательного стандарта и специфицируемым уровнем подготовки.



Рис. 1. Общая концептуальная характеристика СУБД

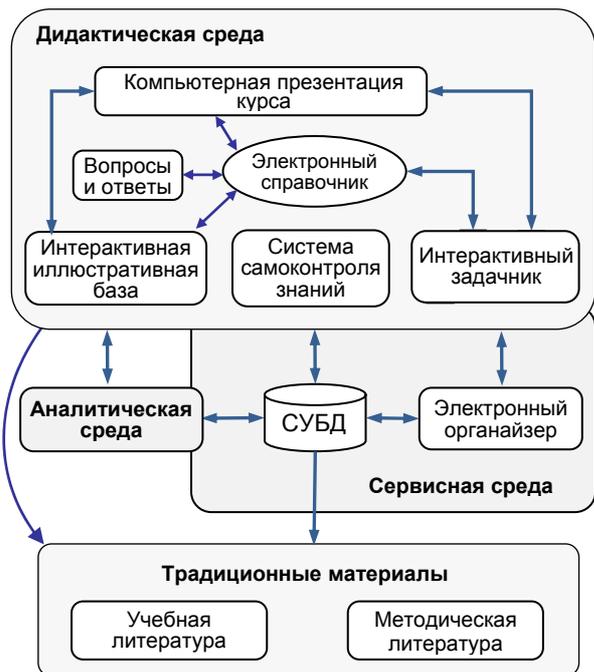


Рис. 2. Функциональная структура виртуальной среды

Требования стандарта являются базисом обязательной программы подготовки. Для оценки фактически необходимого объема знаний ЗП<sub>0</sub> и навыков НП<sub>0</sub>, подлежащего освоению в процессе изучения темы, учитывается и фактический уровень начальной подготовки (ЗН<sub>0</sub> и НН<sub>0</sub>). Это объясняется возможной несогласованностью программ смежных дисциплин или общим низким уровнем готовности студентов, приступающих к изучению темы. Объем ЗП<sub>0</sub> и НП<sub>0</sub> определяет объем аудиторных занятий, необходимых для изучения и практического усвоения материала.

Специфицируемый (дополнительный) объем приобретаемых знаний ΔЗП и навыков ΔНП ориентирован на углубленное изучение материала и формируется на инициативной основе обучаемого. При этом главный акцент переносится с аудиторной работы на самостоятельную. Виртуальная среда должна обеспечить всю необходимую организационную, методическую и дидактическую поддержку такой инициативы.

Для возможности планирования образовательного процесса, а также для синхронизации материала как внутри самой дисциплины, так и на междисциплинарном уровне каждый дидактический модуль формирует оценку рекомендуемого начального уровня подготовки ЗН и НН. Их сопоставление с ЗН<sub>0</sub> и НН<sub>0</sub> позволяет выявить возможные несоответствия, устранимые при формировании плана образовательного процесса.

Главными компонентами, формирующими *сервисную среду* (рис. 4), являются система управления базой данных (СУБД) и электронный органайзер (ЭО). К традиционным функциям СУБД добавлены задачи организации и синхронизации информационного обмена между приложениями. ЭО призван обеспечить эффективное оперативное взаимодействие пользователя с ВС-ТАУ и выполнять функцию планировщика познавательного или исследовательского процесса.

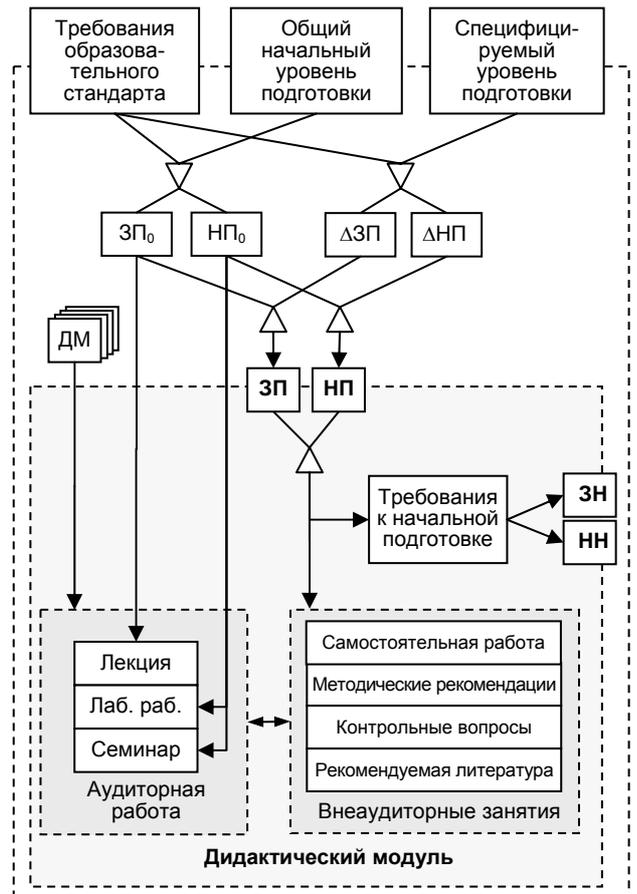


Рис. 3. Формальное представление дидактического модуля: ЗН – знания начальные; ЗП – знания приобретаемые; НН – навыки начальные; НП – навыки приобретаемые; ДМ – дидактический материал



Рис. 4. Схема взаимодействия основных компонентов сервисной подсистемы

Модель предметной области соответствует типу объектно-ориентированной СУБД и определяет всю содержательную сущность теории автоматического управления на множестве иерархически организованной системы классов. Выделенные на рис. 1 три класса верхнего уровня, по существу, создают полноценное 3D-представление дидактической единицы курса, наделяя с проекционной точки зрения объект описания всеми необходимыми декларативными, процедурными и организационными свойствами.

Кроме СУБД и ЭО на рис. 4 представлены также инструментальные средства администратора и личная база данных пользователя (ЛБД). Выделенные пунк-

тиром взаимодействующие компоненты допускают автономную работу, позволяющую использовать ЭО на любом доступном компьютере.

В качестве примера на рис. 5 показано одно из рабочих окон органайзера, иллюстрирующее организационные особенности виртуальной среды.

*Аналитическая среда* представлена комплексом расчетных программ (КРП), формируемым под объем функций виртуальной среды из доступного множества программных продуктов (рис. 6):

- *прикладных расчетных программ (РП-П)*, имеющих возможность формирования общей расчетной модели, выбора численных методов решения, планирования вычислений и т.п. Алгоритмическая детализация отодвигается на второй план, а по мере усложнения задачи и вообще может быть скрыта от пользователя (обучаемого, исследователя);

- *проблемно-ориентированных расчетных программ (РП-ПО)*, способных устранить нежелательные эффекты, свойственные РП-П, и реализовать все важные методические особенности преподавания дисциплины, свойственные вузу (факультету, кафедре). Такие программы разработаны прямо «под учебный процесс». В некоторой степени это затратное направление, но с учетом последующей отдачи от учебного процесса его можно считать оправданным. Концептуальные и методические особенности таких программ должны быть определены «школой»;

- *сервисных программ (СП)*, обеспечивающих информационное и организационное взаимодействие компонентов КРП. Одной из функций СП является возможность модификации рабочей версии КРП под задачи учебного или исследовательского процессов. При этом обеспечивается гарантированная совместимость программных средств и возможность работы под управлением навигационной программы KompAS.

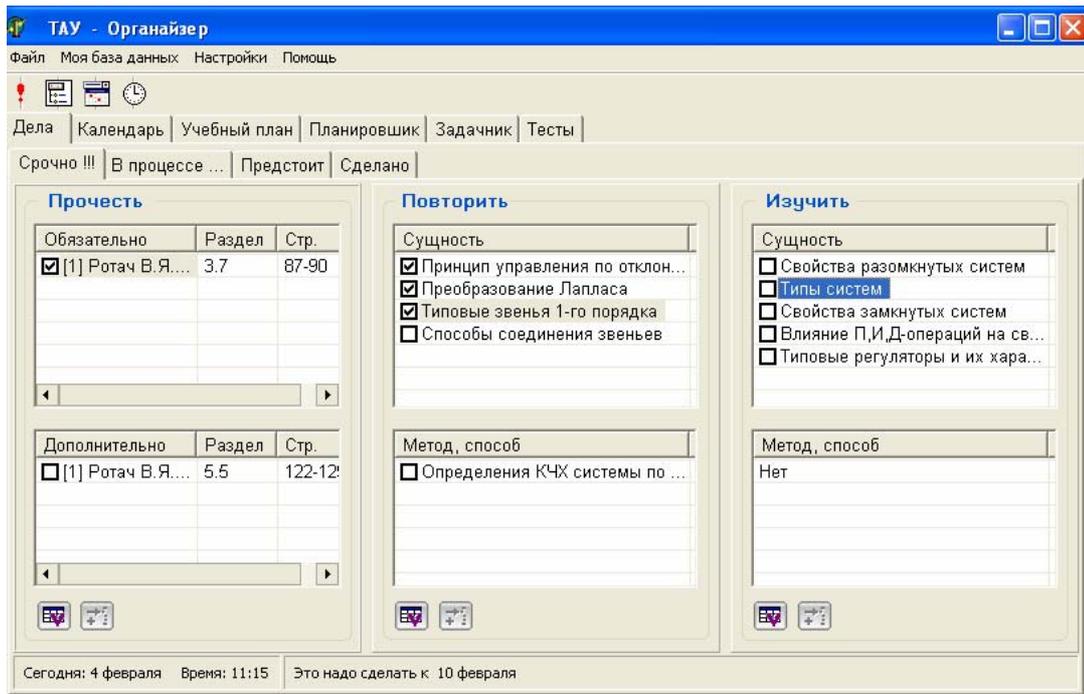


Рис. 5. Пример активного окна органайзера

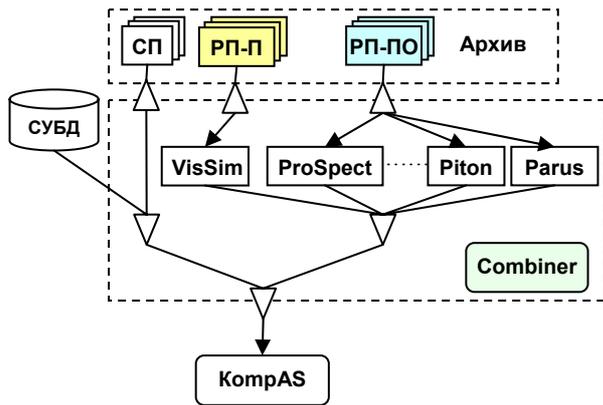


Рис. 6. Схема формирования рабочей версии КРП

Основными функциональными особенностями КРП являются:

- гибкая модульная структура, позволяющая легко модифицировать компонентный состав комплекса при изменении программы обучения и уровня подготовленности студентов (пользователь может самостоятельно конфигурировать комплекс в соответствии со своими требованиями);
- единые соглашения по форматам данных, гарантирующие полную информационную совместимость компонентов (это исключает потребность в ручном вводе данных, являющихся результатом некоторого расчета в компонентах ПК);
- общая база моделей динамических каналов и процессов в них (простой параметрический формат описания моделей создает удобства не только при манипулировании моделями, но и в процессе наполнения базы, а также при последующем документировании расчетов);
- унифицированный интерфейс, создающий удобства работы, прежде всего, с графическим материалом;
- возможность формирования массивов данных в форматах, воспринимаемых (импортируемых) такими программными продуктами, как Excel, Maple и VisSim (это существенно облегчает выполнение специфических прикладных расчетов в них и создает возможность конструктивной и творческой модификации алгоритма расчета).

Наряду с выраженным выше обучающим акцентом, ВС-ТАУ предназначена и для выполнения исследовательских работ, затрагивающих следующие процессы:

- процессы идентификации объекта управления;
- процессы структурного и параметрического синтеза АСП;
- процессы наладки и тестирования синтезированной системы управления «на объекте».

Большинство тренажерных и наладочных программ связывают процесс отладки синтезируемой системы управления не на реальном объекте, а на модели, полученной в результате достаточно грубой оценки динамических свойств (по кривым разгона). Это не свойственно реалиям практических работ по созданию и внедрению АСП на технологическом оборудовании.

Принципиальной особенностью реализованного подхода следует считать возможность объективной оценки результатов проектирования и предварительной наладки АСП на виртуальном объекте, выполняющем роль реального объекта управления. Именно этот «неопознанный объект» со своими, близкими к свойствам реального объекта (шумами, нелинейностями, нестационарностью поведения), является, прежде всего, объектом идентификации. Богатый арсенал реализованных в КРП современных методов позволяет добиться качества модели, адекватного качеству решений, принимаемых в процессе синтеза АСП.

Итоги предварительных аналитических и имитационных расчетов могут быть проверены специальной программой Tester, основное окно которой показано на рис. 7. Индикаторы, расположенные в правой нижней панели рабочего окна, отражают достигнутое качество управления. В данном примере общий итог тестирования положителен (выполнены все требования к качеству управления).

В случае, когда итоги тестирования не соответствуют заданным требованиям, пользователь имеет возможность детальной диагностики особенностей процессов в системе и ее доводки в среде виртуального объекта. При грубых промахах на предварительных стадиях идентификации и синтеза необходим возврат и повторные действия.

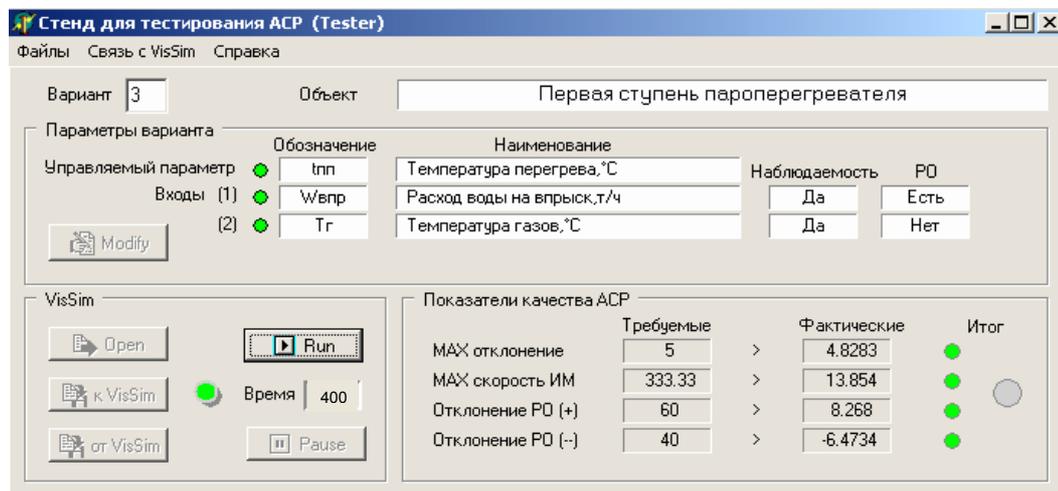


Рис. 7. Главное окно программы Tester

Более подробные сведения о возможностях и особенностях КРП, а также примеры решения задач в среде КРП можно найти в [2]. Здесь же заметим, что наличие в виртуальной среде встроенных исследовательских возможностей существенно повышает познавательную эффективность образовательного процесса. Это объясняется возможностью системного осмысления теоретических знаний и формирования навыков, основанных на теоретическом базисе.

Кондрашин Анатолий Васильевич,  
Ивановский государственный энергетический университет,  
кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры автоматизации технологических процессов,  
e-mail: tvd@atp.ispu.ru

#### Список литературы

1. **Кондрашин А.В.** Роль компьютерных технологий в изучении теории автоматического управления / Новые технологии в автоматизации теплоэнергетических процессов: Сб. науч. тр. – Иваново, 2005. – С. 28–33.
2. **Кондрашин А.В.** Программный комплекс КОМПАС в учебном процессе / Новые технологии в автоматизации теплоэнергетических процессов: Сб. науч. тр. – Иваново, 2005. – С. 170–188.