

## ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ИНТЕРАКТИВНОМ СИНТЕЗЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

*Моисеев А.А.*

*Научно – производственное предприятие «Технос – РМ», Мытищи*

**Ключевые слова:** интерактивная процедура, эвристическая коррекция, численный эксперимент, аналитический инструментарий, унифицированные компоненты, базовые субмодели, симуляционная платформа.

**Аннотация.** Разработана интерактивная процедура модификации алгоритмов автоматического управления, особенностью которого является использование поэтапной эвристической коррекции структуры и параметров алгоритма в ходе автономных и полунатурных численных экспериментов по проблемно – ориентированному моделированию процессов управления. В рамках открытой среды разработки разработан аналитический инструментарий, обеспечивающий указанную модификацию и представляющий собой иерархически организованную и эволюционно изменяющуюся библиотеку унифицированных компонент - функций автоматизации и базовых субмоделей динамических процессов. Разработана техника применения виртуальных функций автоматизации из состава инструментария, включающая синтез на их основе модифицируемых фрагментов алгоритмов автоматического управления на этапе перспективного проектирования и их поэтапный перенос в состав прикладного программного обеспечения в рамках симуляционной платформы. Разработана методика синтеза проблемно – ориентированных моделей, особенностью которых является их реализация в виде структур базовых субмоделей, аналогичных структурам объектов и верифицируемых по результатам исследования адекватности в ходе проблемно – ориентированного моделирования процессов управления.

## PROBLEM-ORIENTED SIMULATION IN INTERACTIVE SYNTHESIS OF CONTROL SYSTEMS.

*Moiseev A.A.*

*Scientific and industrial enterprise “Technos – RM”, Mytischki*

**Keywords:** interactive procedure, heuristical correction, numerical experiment, analytical tool, unified components, base submodels, simulation platform.

**Abstract.** Developed interactive procedure of control algorithms modification. Its base feature is stepwise heuristical correction of algorithm’s structure and parameters during problem-oriented simulation of control processes. Was developed analytical tool in form of hierarchical and evolvable library of unified components – automation functions and dynamical submodels. Developed also technique for control functions implementation on the base of virtual elements in the course of project formulation. Synthesis of problem- oriented models based on application of base submodels of control object functions and processes.

Важной особенностью современного этапа развития автоматизации является переход к сквозному проектированию систем управления – от выработки концепции управления до испытаний реализующей его системы. Особое значение в этих условиях приобретают проектирование и модификация алгоритмов управления, реализуемые в виде комбинации процедур порождения и отбора альтернативных проектных решений, а также организация тестирования этих решений на различных этапах разработки и модернизации. Основной проблемой

при этом является традиционно высокая сложность объектов управления, часто усугубляемая неполнотой информации о них и условиях их функционирования, а также уникальностью проблемных ситуаций. Это обстоятельство практически исключает использование формальных методов синтеза оптимальных алгоритмов управления и вынуждает обратиться к эвристическим, позволяющим отыскать по крайней мере рациональное решение.

Обычной базой такого проектирования является прецедентный подход, предусматривающий синтез проектных решений на основе некоторых типовых, апробированных при эксплуатации референтных объектов [1, 2]. Вместе с тем, довольно часто возникает задача модернизации объектов управления, достаточно глубокой, но имеющей, как правило, локальный характер. В этих условиях целесообразно использовать пробно – поверочный (интерактивный) подход, предусматривающий поэтапную эвристическую коррекцию синтезируемого алгоритма по результатам проблемно – ориентированного моделирования процессов управления, характеризующегося [2, 3]:

- ограниченностью проблемной области рамками модернизируемой подсистемы;
- полнотой и адекватностью описания проблемной области, и обобщенным описанием ее связей с исследуемым процессом в целом;
- возможностью манипуляции моделью в соответствии с заложенным алгоритмом управления;
- простотой модификации модели, а также интуитивностью интерпретации результатов моделирования.

Дополнительным преимуществом такого подхода является воспроизводимость условий испытательных экспериментов, простота их вариации, а также возможность проверки алгоритмов управления в критических режимах функционирования. Верификация используемой модели предусматривает статические и динамические испытания, проводимые на этапе перспективного проектирования наряду с синтезом прототипа алгоритма управления.

Отличительной особенностью проблемно-ориентированного моделирования является синтез прототипа алгоритма управления и модели управляемого объекта путем компоновки унифицированных составляющих. С этой целью предлагается использовать аналитический инструментарий, представляющий собой эволюционно развивающуюся и иерархически организованную библиотеку функций автоматизации и базовых субмоделей динамических процессов. Отдельные функции автоматизации входят в состав инструментария в качестве базовых модулей и предназначены для реализации более сложных функций. Часть этих модулей используется практически во всех системах автоматизированного проектирования (САПР) программного обеспечения, а часть эндемична только для отдельных систем. В этих условиях, наряду с задачей моделирования функции в составе прототипа алгоритма управления, может возникнуть задача ее реализации в составе штатного программного обеспечения при отсутствии в числе встроенных функций САПР. Что касается базовых субмоделей, то их возможное использование для идентификации объекта управления в рамках прикладного программного обеспечения требует их реализуемости средствами используемого САПР [4].

Компоновка составляющих инструментария в проблемно – ориентированные модели управляемых объектов осуществляется в рамках некоторой специализированной программной среды. В общесистемном отношении эта среда должна быть открытой, т.е. обеспечивать вложенность синтезируемых компонент, возможность интеграции с другими системами, а также реализацию интерфейса пользователя и архивирования результатов численных экспериментов. Примером среды разработки, удовлетворяющей указанным требованиям, является графический инструментальный LabView [5]. С одной стороны, он позволяет реализовывать функции автоматизации и динамические субмодели в виде унифицированных компонент, представляющих собой иерархически организованные виртуальные инструменты. С другой стороны, совместимые с LabView программно – аппаратные интерфейсы [6] обеспечивают командно – информационный обмен с реальными средствами автоматизации и тем самым – проведение полунатурных экспериментов в рамках конструкторских испытаний прикладного программного обеспечения. Последние организуются с использованием штатных средств управления и заменяющей объект имитационной модели.

Эти свойства LabView позволяют рассматривать его как среду разработки, идеально подходящую для решения задач сквозного проектирования, в частности, для поэтапной сборки прикладного программного обеспечения и его тестирования на этапе конструкторских испытаний. Унифицированные компоненты в рамках этой среды реализуются в виде виртуальных инструментов, а их компоновка осуществляется встроенными графическими средствами. Реализация встроенных функций автоматизации средствами LabView позволяет, в частности, отлаживать на этой основе некоторые частные субмодели, переносимые на штатные средства автоматизации и используемые как идентификационные составляющие алгоритмов адаптивного управления [7, 8].

Характерной чертой подобного моделирования является использование модульного принципа построения, т.е. сборка моделирующих комплексов из унифицированных компонент – функций автоматизации и динамических субмоделей. Эти компоненты ориентированы на реализацию некоторых специальных функций в составе модели управляемого процесса и/или прототипа алгоритма управления.

Модули в составе инструментария обеспечивают реализацию некоторых общих функций в составе различных моделей и, следовательно, должны быть унифицированы. С другой стороны, должна быть обеспечена возможность синтеза на их основе дополнительных функций в случае эволюции модели или смены проблемной области. Это обстоятельство обуславливает актуальность разработки и применения аналитического инструментария, который представляет собой эволюционно развивающуюся и иерархически организованную и расширяемую библиотеку унифицированных компонент, обеспечивающих динамическое моделирование процессов управления. Синтез прототипов алгоритмов и динамических моделей осуществляется путем компоновки модулей и субмоделей из состава инструментария, а связи между алгоритмом управления и динамической моделью реализуются методами и средствами командно –

информационного обмена: внутрiproграммного на этапе перспективного проектирования и программно – аппаратного на этапе конструкторских испытаний.

Целью проведенного исследования является разработка аналитического инструментария и методики его применения при проведении автономных и полунатурных численных экспериментов по проблемно – ориентированному моделированию процесса управления в рамках эвристического синтеза алгоритма управления. Новизна разработки определяется предложенной конструктивной процедурой указанного синтеза в рамках единой симуляционной платформы, а практическая ценность – удобством привязки разрабатываемого программного обеспечения к решаемым технологическим задачам, удобством модернизации программного обеспечения и более широкую и глубокую проверку проектируемого программного обеспечения в различных режимах функционирования объекта.

Основные результаты разработки были реализованы в ходе подготовки и проведения тестирования и предварительной отладки прикладного программного обеспечения системы регулирования турбины на этапе конструкторских испытаний соответствующего программно – технического комплекса. Используемая в ходе отладки динамическая модель турбогенератора была синтезирована средствами аналитического инструментария. Наряду с имитацией функционирования турбины, модель отображала функционирование гидравлической части системы регулирования и основных исполнительных механизмов системы дроссельного парораспределения, а также позволяла имитировать срабатывание технологических разгрузок, защит и каналов противоаварийной автоматики.

Предварительная верификация модели осуществлялась в рамках автономных численных экспериментов с использованием виртуального комплекса, включающего программный прототип алгоритма управления и динамическую модель турбогенератора. Проведенные верификационные испытания показали, что статические характеристики модели в целом соответствуют характеристикам реальной турбины, а характер переходных процессов так же соответствует ожидаемому. Это позволило сделать вывод о пригодности математической модели турбины для проведения полунатурного тестирования и предварительной отладки программного обеспечения на этапе конструкторских испытаний программно – технического комплекса.

Тестирование и предварительная отладка прикладного программного обеспечения на этапе конструкторских испытаний проводилась для различных режимов функционирования турбогенератора. Это позволило скорректировать прикладное программное обеспечение в ходе конструкторских испытаний и повысить его готовность к пусконаладочным испытаниям. Тем самым была практически продемонстрирована эффективность применения разработанного аналитического инструментария в рамках интерактивной коррекции прикладного программного обеспечения достаточно сложного программно – технического комплекса.

## Выводы

1. Разработана интерактивная процедура модификации алгоритмов автоматического управления, особенностью которого является реализация указанной модификации путем поэтапной эвристической коррекции структуры и параметров алгоритма в ходе автономных и полунатурных численных экспериментов по проблемно – ориентированному моделированию процессов управления.

2. Разработан аналитический инструментарий в рамках открытой среды разработки, обеспечивающий указанную модификацию и представляющий собой иерархически организованную и эволюционно изменяющуюся библиотеку унифицированных компонент – функций автоматизации и базовых субмоделей динамических процессов.

3. Разработана техника применения виртуальных функций автоматизации из состава инструментария, включающая синтез на их основе модифицируемых фрагментов алгоритмов автоматического управления на этапе перспективного проектирования и их поэтапный перенос в состав прикладного программного обеспечения в рамках симуляционной платформы, обеспечивающий повышение надежности последнего.

4. Разработана методика синтеза проблемно – ориентированных моделей, особенностью которых является их реализация в виде структур базовых субмоделей, аналогичных структурам объектов и верифицируемых по результатам исследования адекватности в ходе проблемно – ориентированного моделирования процессов управления.

## Список литературы

1. Вермишев Ю.Х. Основы автоматизированного проектирования. – М.: Радио и связь, 1989. – 280 с.
2. Моисеев А.А. Проблемно – ориентированное моделирование в сквозном проектировании прикладного программного обеспечения // Инженерная физика. – 2006. – №5. – С 64.
3. Иващенко Н.Н. Автоматическое регулирование. – М.: Машиностроение, 1973. – 606 с.
4. Верлань А.Ф., Ефимов И.Е. Латышев А.В. Вычислительные процессы в системах управления и моделирования. – Л.: Судостроение, 1981. – 248 с.
5. Тревис Дж. LabVIEW для всех. – М.: ДМК, 2005. – 544 с.
6. DAQ. Getting started with SCXI. National Instrument Corporation. – Austin. Texas, 2000.
7. Воронов К.В. Итеративные процедуры синтеза адаптивных систем управления. Кандидатская диссертация. – СПб.: ИТМО, 2002. – 142 с.
8. Никифоров В.О. Адаптивное и робастное управление с компенсацией возмущений: Дисс. ... докт. техн. наук. – СПб.: ИТМО, 2001. – 259 с.

## Сведения об авторе:

*Моисеев Александр Александрович* – к.т.н., старший научный сотрудник.