

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

на диссертационную работу Ковалёва Сергея Протасовича «Теоретико-категорные модели и методы проектирования больших информационно-управляющих систем», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.17 «теоретические основы информатики»

### **1. Актуальность работы**

Одной из основных тенденций развития современных автоматизированных систем управления является рост размера объекта управления и количества автоматизируемых задач. Это приводит к взрывному увеличению трудоемкости процедур разработки программных компонентов системы, особенно в условиях применения готовых средств решения частных задач, оформленных в виде модулей с фиксированным интерфейсом. Системным инженерам приходится согласованно отрабатывать непрерывные интенсивные потоки мелких изменений, рассеянных по большому количеству разнородных проблемно-ориентированных средств. Снижение трудозатрат здесь возможно за счет автоматизации (перехода к метапрограммированию), однако она требует точных формализованных постановок задач разработчикам CASE-инструментов.

Таким образом, возникает потребность в формировании единой формальной теоретической основы технологий проектирования больших информационно-управляющих систем (ИУС). Адекватным математическим аппаратом для такой основы, по мнению ряда специалистов, способна выступить теория категорий. Она позволяет компактно и строго описать ряд общих принципов системной инженерии на абстрактном концептуальном уровне. Однако ее успешное применение для решения практически значимых задач требует адаптации математических конструкций к специфике актуальных проблем комплексирования больших систем, к потребностям и привычкам специалистов в области их решения.

Диссертационная работа С.П. Ковалёва посвящена созданию и теоретическому обоснованию аппарата для математического (формального) анализа и синтеза технологий проектирования ИУС на основе теории категорий.

Все вышеизложенное указывает на несомненную актуальность исследований, проводимых в рамках представленной диссертационной работы.

### **2. Краткий обзор результатов диссертации**

**Первая глава** представляет собой обзор современных подходов к организации жизненного цикла ИУС. Приведены типовые решения по выполнению этапов жизненного цикла: модель качества, архитектура, принцип применения аспектно-ориентированного подхода, цикл инженерии предметной области. Обоснована целесообразность применения теории категорий как

средства для формального анализа и строгого доказательства свойств таких решений.

**Во второй главе** излагаются основы теоретико-категорного подхода к формализации процессов инженерии информационных систем. Подробно рассмотрена организация интеграционных интерфейсов – процедура, от которой критическим образом зависит масштабируемость технологии проектирования систем. Построена категорная семантика ряда процедур распараллеливания и оптимизации архитектуры. Рассмотрены подходы к выбору трансформаций. Сконструирована формальная технология проектирования технологий конфигурирования систем.

**Третья глава** посвящена проектированию вычислительных подсистем больших ИУС. Представлены алгебраические конструкции, формализующие процедуры реализации вычислительных алгоритмов с учетом особенностей современных сред распределенных вычислений типа Grid или облака. Сконструирована соответствующая формальная технология, сформулированы и доказаны ее свойства, характеризующие мощность заложенных в ней механизмов синтеза систем.

**В четвертой главе** построена теоретико-категорная семантика аспектно-ориентированного подхода – перспективного способа снижения затрат на проектирование задач, не поддающихся локализации в виде модулей и рассеивающихся по всем компонентам системы. Описано теоретико-категорное преобразование произвольной формальной технологии проектирования, приводящее к ее оснащению механизмами трассирования, связывания, модуляризации аспектов. Показано, что это преобразование обобщает построение помеченных моделей программ, некоторые частные виды которых рассматривались еще классиками теоретического программирования. Приведен и неклассический пример такого преобразования – показано, что именно оно лежит в основе конструкции формальной технологии проектирования технологий проектирования систем.

**В пятой главе** рассматриваются методы, средства и результаты формального моделирования, применяемые в жизненном цикле ИУС. Предложен формальный способ синтеза технологий проектирования, обеспечивающий широкие возможности трассирования и расширения аспектно-ориентированными приемами. Этим способом сконструированы формальные технологии моделирования данных и процессов. Сформулированы и доказаны необходимые и достаточные условия, при которых возможно проектировать сложные информационные и процессные модели путем связывания и разделения ответственности. Построен морфизм технологии аспектно-ориентированного моделирования процессов в технологию моделирования данных, обеспечивающий возможность строить совместные модели данных и процессов. Приведен обзор моделей, построенных с применением предложенных методов в ходе создания систем управления большими объектами топливно-энергетического комплекса.

### **3. Оценка обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций диссертации**

Достоверность основных выводов и теоретических результатов диссертации не вызывает сомнения, так как они строго аргументированы и обоснованы математическими доказательствами. Приведенные доказательства базируются на корректном использовании аппарата теории категорий и других разделов алгебры. Прикладные результаты работы подтверждены 4 актами внедрения научных и практических результатов исследований, 5 свидетельствами о регистрации программ для ЭВМ, 1 патентом РФ на изобретение.

### **4. Научная новизна и практическая значимость результатов работы**

Научную ценность работы составляет новый аппарат для математического (формального) анализа и синтеза технологий проектирования информационных систем на основе теории категорий, позволяющий обеспечивать эффективность решения проблем системной инженерии, трудоемкость которых возрастает по мере роста масштаба систем. При помощи этого аппарата в диссертации предложены новые решения ряда важных практических задач проектирования ИУС в области топливно-энергетического комплекса: актуализация информационной модели объекта управления, классификация данных по задачам, генерация компонентов расчета показателей объекта. Эти решения были апробированы при создании программной платформы «Энергиус».

### **5. Замечания по работе**

К сожалению, работа не свободна от недостатков.

1. Пример применения теоретико-категорных методов в проектировании, приведенный в работе, охватывает только часть функциональных подсистем из архитектуры информационно-управляющей системы, изображенной в разд.1.3 и 5.5. Следовало бы привести примеры проектирования других подсистем, в частности подсистемы пользовательских интерфейсов, подсистемы сбора информации и телеуправления.

2. В целом, текст диссертации оформлен аккуратно, как правило, каждое формальное определение сопровождается неформальными комментариями или пояснениями. Однако встречаются грамматические ошибки. Например, в некоторых перечислениях встречается запятая перед союзом «и» (стр. 220, 3-я строка снизу).

Указанные замечания не являются принципиальными и не снижают общей ценности результатов, полученных в рамках диссертационных исследований.

### **6. Общая оценка диссертации**

Исследования, выполненные в рамках диссертационной работы С.П. Ковалёва, являются комплексными и завершенными. Все результаты

диссертационных исследований, представленные к защите, являются новыми. Основные предложенные модели и методы, а также сформулированные положения и выводы, содержащиеся в диссертации, опубликованы в отечественной и зарубежной научной литературе, в том числе в 17 статьях в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных в действующем перечне ВАК. Результаты докладывались на международных и российских конференциях и семинарах. Содержательная часть диссертационной работы соответствует специальности 05.13.17 «теоретические основы информатики». Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа Ковалёва С.П. «Теоретико-категорные модели и методы проектирования больших информационно-управляющих систем» удовлетворяет всем требованиям ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации, предъявляемым к докторским диссертациям, а автор заслуживает присвоения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.17 «теоретические основы информатики».

Заместитель директора  
ФГБУН НИИ системных исследований РАН  
Д.Т.Н.

П.П. Кольцов

Подпись руки *П.П. Кольцов* заверяю  
Начальник отдела кадров *А.А. Паша*

30.10.2013

