

# ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ФИЛЬТРАЦИИ И ИДЕНТИФИКАЦИИ В ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИКО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

**И.Н. Сеницын**

*ФИЦ ИУ РАН*

Россия. 119333, Москва, Вавилова, д. 44, кор. 2

E-mail: [sinitsin@dol.ru](mailto:sinitsin@dol.ru)

**А.С. Шаламов**

*ФИЦ ИУ РАН*

Россия. 119333, Москва, Вавилова, д. 44, кор. 2

E-mail: [a-shal5@yandex.ru](mailto:a-shal5@yandex.ru)

**Э.Р.Корепанов**

*ФИЦ ИУ РАН*

Россия. 119333, Москва, Вавилова, д. 44, кор. 2

E-mail: [ekorepanov@ipiran.ru](mailto:ekorepanov@ipiran.ru)

**В.В.Белоусов**

*ФИЦ ИУ РАН*

Россия. 119333, Москва, Вавилова, д. 44, кор. 2

E-mail: [vbelousov@ipiran.ru](mailto:vbelousov@ipiran.ru)

**Ю.П. Титов**

*ФИЦ ИУ РАН*

Россия. 119333, Москва, Вавилова, д. 44, кор. 2

E-mail: [kalengul@mail.ru](mailto:kalengul@mail.ru)

**Ключевые слова:** аналитическое моделирование; инструментальное программное обеспечение; организационно-техничко-экономическая система (ОТЭС) массового применения; открытое программное обеспечение; стохастическая система; условно-оптимальное оценивание (фильтрация и идентификация).

**Аннотация:** На примере созданного инструментального программного обеспечения (ПО) ОТЭС-18 были исследованы вопросы разработки на базе открытых программных платформ ПО для аналитического моделирования условно-оптимальной фильтрации экстраполяции процесса в организационно-техничко-экономических системах (ОТЭС). В качестве базовой открытой платформы для создания программ был выбран общесистемный язык Python. Показана высокая эффективность реализации и работы алгоритмов на базе открытого ПО с сохранением их высокой доступности.

## 1. Введение

Организационно-технико-экономические системы (ОТЭС) представляют собой класс крупных хозяйствующих субъектов технического профиля, соответствующих 4–5-му технологическому укладу экономики, обладающих более высоким уровнем конкурентоспособности по сравнению с существующими, чья деятельность удовлетворяет современным международным стандартам, а продукция – требованиям мировых рынков.

В настоящее время в рамках методологии «Stochastic-CALS» разработаны методы, технологии и инструментальные средства стохастического (имитационного и аналитического) моделирования процессов нелинейных динамических стохастических СеМО, охватывающих ЖЦП, а также получены теоретические решения задач оптимального оценивания процессов, синтеза стратегий управления и регулирования ОТЭС на заданных временных интервалах [1, 2].

Необходимость новых постановок задач в области анализа и синтеза ОТЭС диктуется существенным повышением требований к эффективности управления этими системами в условиях масштабных интеграционных процессов, совершенствованием, глобализацией и развитием современных рынков и связанным с этим усилением конкуренции и противодействия. В таких условиях организации хозяйственной деятельности крупных комплексов (кластеров) экономики страны возникают и новые угрозы, связанные с возможностями нанесения им локального или системного экономического ущерба. Этот ущерб может быть вызван, в частности, внеправовыми формами деятельности физических лиц, отдельных организаций и предприятий, а также их объединений в процессе выполнения проектов, приводящей к существенным непроизводительным затратам ресурсов (продукции) и/или снижению показателей качества, а также к срыву их сроков окончания.

С методологической точки зрения, упомянутые угрозы могут быть реализованы как непреднамеренные и преднамеренные внешние и внутренние помехи в виде специфических стохастических процессов, которые в крайних проявлениях могут иметь сложное организационно-технико-экономическое происхождение и вызывать наихудшие последствия в силу своего достаточно скрытого характера.

В качестве моделей ОТЭС, основные процессы которых порождены стохастическими потоками ресурсов и продукции, предлагается использовать дифференциальное уравнение Ито, описывающее в различных постановках задач нелинейную стохастическую динамику систем технического, материально-технического, кадрового и финансового сопровождения в сфере производства материальных и нематериальных товаров и услуг (реальный сектор экономики), а также процессов деятельности кредитных институтов, обеспечивающих инвестиционную готовность (финансово-кредитный сектор), и производственно-торговых (распределительных) комплексов широкого профиля (сектор экономики торговли) и др.

Для формирования общего подхода к решению задач фильтрации процессов ОТЭС понятие «наблюдатель» должно рассматриваться в расширенном смысле, поскольку в общем случае этими функциями может быть наделена специализированная ОТЭС – наблюдатель (ОТЭС-Н). Кроме того, понятие «помеха» в общем случае должно рассматриваться как процесс (совокупность процессов), являющийся продуктом также специализированной системы типа ОТЭС – постановщик помех (ОТЭС-П). Ее финансовое обеспечение, а также какие-либо иные потребности являются дополнительным бременем, возлагаемым на ОТЭС и снижающим ее эффективность.

Следует отметить, что некоторые виды помех могут вынуждать ОТЭС преследовать ложные цели, изменяя истинным.

Рассмотрим вопросы создания инструментального программного обеспечения фильтрации и идентификации в ОТЭС, в том числе на базе открытого обеспечения.

## 2. Основные результаты

Фильтрация помех в ОТЭС различного профиля является новой темой фундаментально-прикладного значения как по объему, так и по содержанию. Это связано с тем, что в современных условиях организации и ведения хозяйственной деятельности крупных объектов экономики страны уже достаточно давно существуют и реализуются угрозы нанесения им локального или системного экономического ущерба с помощью различных помех, искажающих, например, бухгалтерскую отчетность в целях завышения показателей бюджетного планирования. Подобные действия позволяют нелегально выводить из оборота большие финансовые ресурсы. Рынок программной продукции нуждается в разработке специальных алгоритмов и соответствующих информационных технологий фильтрации процессов такого рода, повышающих эффективность управления производственно-экономической деятельностью предприятий и организаций в различных отраслях экономики.

В процессе фильтрации помех, ОТЭС как объект их воздействия в той или иной степени взаимодействует с двумя другими внешними системами: ОТЭС-Н как наблюдателем и ОТЭС-П как постановщиком помех. Дано описание математических моделей ОТЭС, ОТЭС-Н и ОТЭС-П в виде типовых вариантов дифференциального уравнения Ито и непреднамеренных и преднамеренных помех в виде аддитивной смеси нецентрированных винеровской и пуассоновской составляющих. Разработана постановка задачи и на основе [3, 4] получено общее решение по созданию условно-оптимального в среднеквадратическом смысле линейного фильтра и идентификатора Пугачева для ОТЭС-МП и ОТЭС-Н с зависимыми помехами. Особенностью полученных решений является также возможность параллельного решения задач оптимальной линейной фильтрации и калибровки исходной вероятностной аналитической модели в сопряжении с имитационной моделью процессов ОТЭС.

Результаты применены для оценки частных показателей качества эксплуатации технических средств и стоимости его обеспечения в ОТЭС воздушных перевозок, а также для разработки концепции противодействия криминальной «скрытой» бухгалтерии и для синтеза ТС ОТЭС, крупного предприятия, выпускающего наукоемкую продукцию.

## 3. Применение открытого программного обеспечения

В [5] обсуждаются актуальные вопросы перевода информационных систем на платформы с открытым программным обеспечением (ПО), для которого есть доступ к исходному коду. Подавляющее большинство открытого ПО является одновременно бесплатным и свободным, предоставляя пользователям права на неограниченное повторное распространение, запуск, изменение кода и т.п. Кроме перечисленных, в мир открытого ПО внесено множество других правил, с которыми можно ознакомиться из документов таких организаций как Open Source Initiative и Free Software Foundation. Сегодня можно с уверенностью сказать, что позиции открытого ПО становятся все более и более прочными. Многие крупные коммерческие компании и государственные

организации по всему миру переходят полностью или частично на использование открытых программ. Кроме возможности получить существенную финансовую выгоду, к подобным решениям подталкивают вопросы безопасности и модифицируемости. Возможность самим изменять программный код для ряда организаций оказывается не менее важным критерием, чем стоимость. Но следует также отметить и рост количества случаев, когда в процессе перехода к открытому ПО сталкиваются с определенными рисками и проблемами как правового (лицензии), так и технического характера.

Важным стимулом переноса программных пакетов для прикладного математического обеспечения из коммерческих (проприетарных) сред является необходимость перевода критичных информационных систем на технические средства отечественной разработки. С учетом особенностей отечественных вычислительных систем перенос в их среду коммерческих приложений (пакетов MATLAB, Mathematica, Maple) сопровождается огромными трудностями, а иногда невозможно в принципе. При этом, на подобные платформы успешно переносится открытое ПО с распространяемыми исходными кодами.

Рассмотрены особенности разработки на базе открытых программных платформ математического инструментального ПО для моделирования, фильтрации и экстраполяции процессов в ОТЭС. В качестве методического обеспечения выбраны символьные методы параметризации апостериорных распределений и, в первую очередь, метода нормальной аппроксимации и статистической линеаризации [3, 4]. Данные подходы позволяют решать ключевые подзадачи аналитически, с помощью средств компьютерной алгебры и переходить к численным расчетам лишь на завершающих этапах исследований. При этом требовательные к аппаратным ресурсам численные методы статистического моделирования не используются.

В качестве открытой платформы для экспериментального инструментального ПО был выбран язык Python. Этот популярный (входит в состав многих ОС на базе ядра Linux), развивающийся язык программирования общего назначения можно также отнести к универсальным системам компьютерной математики благодаря его мощным дополнительным библиотекам, например SymPy – занимает лидирующие позиции среди современных систем компьютерной алгебры. Создано специальное инструментальное ПО СЭ-Анализ, в котором реализованы методы анализа СтС для моделирования ОТЭС. ПО использует следующие математические библиотеки Python: NumPy, SciPy для численных методов и решения детерминированных СДУ; Latex2sympy, SymPy для осуществления символьных преобразований. Разработан комплекс тестовых примеров.

## 4. Заключение

На примере созданного инструментального программного обеспечения (ПО) ОТЭС-18 были исследованы вопросы разработки на базе открытых программных платформ ПО для аналитического моделирования условно-оптимальной фильтрации экстраполяции процесса в организационно-техничко-экономических системах (ОТЭС) массового применения. В качестве базовой открытой платформы для создания программ был выбран общесистемный язык Python. Показана высокая эффективность реализации и работы алгоритмов на базе открытого ПО с сохранением их высокой доступности. Существует возможность развертывания подобных инструментальных средств на новых отечественных процессорах и высокопроизводительных платформах.

Реализация ПО ОТЭС-18 дала существенное преимущество перед аналогом на основе коммерческих, закрытых платформ, состоящее в универсальном способе ввода символьных математических выражений из формата LaTeX.

Вопросы скорости работы программного кода и оптимизации под конкретные аппаратные платформы остались открытыми для будущих исследований и разработок.

## Список литературы

1. Синицын И.Н., Шаламов А.С. Лекции по теории систем интегрированной логистической поддержки. М.: ТОРУС ПРЕСС. 2012 г. 620 с.
2. Синицын И.Н., Шаламов А.С., Корепанов Э.Р., Белоусов В.В., Титов Ю.П. Методическое и инструментальное программное обеспечение моделирования процессов в организационно-техно-экономических системах массового применения // Системы высокой доступности. 2017. Т. 13, № 1. С. 65-90.
3. Пугачев В.С., Синицын И.Н. Теория стохастических систем. М.: Изд-во «Логос», 2000 и 2003. (1 и 2 изд.) [Англ. пер. Stochastic Systems. Theory and Applications. Singapore: World Scientific, 2001].
4. Синицын И.Н. Фильтры Калмана и Пугачева. М.: Логос, 2005 (1-е изд.); 2007 (2-е изд.).
5. Белоусов В.В. Опыт разработки инструментов для моделирования организационно-экономических систем высокой доступности на базе открытого программного обеспечения // Системы высокой доступности. 2018. Т. 14, № 5.
6. Синицын И.Н., Синицын В.И., Корепанов Э.Р., Белоусов В.В. Современное методическое и программное обеспечение анализа качества и моделирования стохастических систем управления // Труды III Международной конференции «Идентификация систем и задачи управления» SICPRO '04. Москва, 28-30 января 2004 г. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2004. С. 17-43.
7. Синицын И.Н., Шаламов А.С., Белоусов В.В. Программное инструментальное обеспечение аналитического моделирования процессов высокой размерности в системах послепродажного сопровождения изделий наукоемкой продукции // Системы высокой доступности. 2016. № 1. С. 37-40.