

## Отзыв

на автореферат диссертации Ибряевой Ольги Леонидовны

«Методы и алгоритмы экспоненциального анализа

для промышленных приложений в АСУ ТП»,

представленной на соискание ученой степени доктора технических наук

по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

### 1. Общая оценка работы

Диссертационное исследование О.Л. Ибряевой посвящено актуальной и востребованной научно-технической проблеме — разработке и модификации методов экспоненциального анализа для решения практических задач в автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУ ТП). Работа выполнена на высоком теоретическом и экспериментальном уровне, отличается строгой логикой изложения, системностью подхода.

Представленные в диссертации результаты демонстрируют значительный научный и практический вклад в развитие теории и практики обработки сигналов, систем диагностики промышленного оборудования, а также методов анализа временных рядов в условиях нестационарности и сильного шумового влияния.

### 2. Актуальность темы

Актуальность темы исследования не вызывает сомнений. В условиях цифровизации промышленности, перехода к концепции Industry 4.0 и развития систем предиктивного обслуживания возрастает роль точного и быстрого извлечения диагностически значимой информации из сигналов сенсоров. Задача экспоненциального анализа — восстановление параметров суммы затухающих комплексных экспонент — лежит в основе многих современных приложений: от кориолисовых расходомеров и диагностики электродвигателей до мониторинга состояния металлургического оборудования.

Автор убедительно обосновывает необходимость модификации классических методов (Паде–Лапласа, Прони, матричных пучков), адаптированных к специфике промышленных сигналов: нестационарности, наличию импульсных и случайных компонент, ограниченной длительности наблюдения, а также требованиям к вычислительной эффективности.

### 3. Научная новизна

Научная новизна работы подтверждается рядом важных достижений, среди которых:

- разработка алгоритма вычисления аппроксимаций Паде со знаменателем минимальной степени, исключающего появление ложных полюсов;
- предложение модификаций методов Прони и матричных пучков, учитывающих совместный анализ оценок полюсов и обратных к ним величин, что особенно эффективно при обработке случайных потоков затухающих синусоид;
- создание рекуррентных и многоканальных версий метода матричных пучков, обеспечивающих существенное снижение вычислительной сложности при анализе сигналов

в режиме скользящего окна;

- предложение подходов к диагностике неисправностей на основе нейросетевых моделей, сочетающих спектральные, временные и статистические признаки.

Все перечисленные результаты оригинальны, защищены публикациями, патентами и свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ.

#### 4. Практическая значимость

Практическая ценность работы подтверждена внедрением результатов в реальных промышленных системах:

- в ООО «Элметро Групп» — для повышения точности измерений кориолисовых расходомеров;

- на стане холодной прокатки ПАО «ММК» — для диагностики состояния плит клети и сокращения внеплановых простоев;

- в НТЦ «Приводная техника» — при разработке комплекса диагностики асинхронных двигателей.

Кроме того, автором создан программный комплекс, реализующий рекуррентные алгоритмы, имеющий перспективы широкого применения в АСУ ТП для других отраслей.

#### 5. Замечания и рекомендации

Несмотря на высокое качество работы, имеются перечисленные ниже замечания, носящие, преимущественно, рекомендательный или дискуссионный характер.

Отсутствие количественных оценок преимуществ. В разделе «Положения, выносимые на защиту» не приведены числовые характеристики, позволяющие объективно сопоставить предложенные методы с известными аналогами (например, по критериям MSE, вычислительной сложности и т.п.). Это снижает возможность строгого сравнения достигаемой эффективности с существующими методами. Было бы желательно ввести формальный критерий (например, минимизация апостериорной дисперсии ошибок оценивания при заданном объеме вычислений), по которому можно было бы объективно охарактеризовать эффективность алгоритмов.

Недостаточная строгость обоснования формулы оптимальной частоты дискретизации (стр. 17–18). Выражение даётся без строгого вывода и без указания, насколько получаемая частота близка к истинному минимуму числа обусловленности. Не ясно, является ли она универсальной или применима только к заранее известным, узкополосным, квазигармоническим сигналам. В условиях нестационарных и широкополосных процессов её применимость требует дополнительного обоснования.

Терминологическая неточность. Используемое выражение «наименьшее усиление шума» не соответствует общепринятым терминам в теории оценивания и измерений. Целесообразно было бы оперировать понятиями дисперсии ошибки оценивания, границы Крамера–Рао.

Опечатки и стилистические недочеты. Например, на стр. 3 упоминается «сломанный стрежень», что является орфографической ошибкой (вероятно, имелось в виду «стержень»). Также обращает на себя внимание чрезмерное использование иностранных аббревиатур,

операторов программ для ЭВМ без соответствующей расшифровки.

Недостаточная представленность в отечественной периодике. Несмотря на большое количество публикаций в международных журналах, желательно было бы дополнительно представить ключевые результаты в ведущих российских изданиях или в виде монографии, что способствовало бы более широкому освещению методов для внедрения в отечественную практику.

## 6. Заключение

Сделанные замечания не умаляют высокой научной и практической ценности диссертации. Работа О.Л. Ибрыевой является актуальным, логически завершённым и методологически выдержаным исследованием, выполненным на современном научном уровне. Диссертация вносит существенный вклад в развитие методов обработки сигналов для их использования в АСУ ТП, соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, и заслуживает положительной оценки.

## ВЫВОДЫ

Диссертация соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, а ее автор – Ольга Леонидовна Ибрыева, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.1.

Даю согласие на обработку персональных данных.

Профессор кафедры РТС РГРТУ, д-р техн. наук, доцент

*бело*

Владимир Александрович Белокуров

E-mail: belokurov.v.a@rsreu.ru; тел. +7 (4912) 72-03-59

Специальность 2.2.16. Радиолокация и радионавигация

Почтовый адрес РГРТУ: 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, д. 59/1.

*17.12.2025*

Подпись В.А. Белокурова заверяю.



Сергей Игоревич Гусев

Проректор по научной работе и инновациям РГРТУ

*б/к*  
М.П.

*С огрызком ознакомка  
О.Л. Ибрыева*

*ИУ*

*22.12.2025*