

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук Соломенчука Павела Валентиновича на диссертацию Юхра Ривас Эдди на тему: «Обоснование метода автоматического обнаружения и диагностики неисправностей датчиков в системе контроля деформации крепежных шпилек крышки гидротурбины», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8 – Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды.

1. Актуальность темы диссертации

Крепежные шпильки крышки гидротурбины являются критическими элементами, подверженными экстремальным нагрузкам, а их разрушение может привести к авариям.

Существующие системы контроля имеют межповерочный интервал до 4 лет из-за сложности демонтажа датчиков, что создает риск пропуска их неисправностей. Традиционный метрологический самоконтроль на основе структурной избыточности неэффективен из-за конструктивных особенностей крышки (ребра жесткости), вызывающих неравномерную деформацию шпилек.

Таким образом, разработка метода автоматического обнаружения и диагностики неисправностей датчиков без остановки оборудования является востребованной и своевременной задачей, имеющей прямое значение для повышения достоверности контроля и предотвращения техногенных катастроф.

2. Научная новизна диссертации

Диссертационное исследование Юхра Ривас Эдди обладает следующей научной новизной:

- На основании результатов исследований массивов данных систем контроля осевой деформации крепежных шпилек и их соотношения с величинами, влияющими на их деформацию (напор воды, электрическая мощность), предложен метод автоматического обнаружения и диагностики функциональных неисправностей датчиков (смещение, дрейф, деградация прецизионности, залипание), базирующийся на принципе аналитической избыточности с использованием опорных моделей. В отличие от известных подходов, основанных на структурной избыточности, предложенный метод не требует сравнения показаний пространственно-распределенных датчиков и позволяет производить диагностирование указанных неисправностей.

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-552 от 14.09.26
АУ УС

- Показано, что для обеспечения обнаружения и диагностики неисправностей датчиков осевой деформации (смещение и дрейф > 5 мкм; деградация прецизионности при СКО $> 0,3$ мкм; залипание при СКО $< 0,1$ мкм) необходимо соотносить значения невязок с измерениями величин, влияющих на изменение состояния деформации крепежных шпилек (напор воды, электрическая мощность). Установленные зависимости позволяют избежать ложных срабатываний алгоритма при изменении режимов работы гидроагрегата.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций обусловлены:

- Согласованностью результатов моделирования с экспериментальными данными, полученными в реальных условиях эксплуатации гидроагрегата в течение 21 дня. Коэффициенты корреляции Пирсона между измеренными и оцененными значениями составили не менее 0,94, что свидетельствует о высокой степени соответствия моделей реальному процессу.

- Комплексной валидацией опорных моделей в условиях, имитирующих реальную эксплуатацию (выбросы, измерительный шум, изменение режима нагрузки). Результаты валидации показали высокую точность (средняя абсолютная ошибка МАЕ не превышала 0,74 мкм, что составляет менее 10 % от абсолютной погрешности системы контроля) и робастность (метрика чувствительности S_4 не превышала $1,00 \times 10^{-4}$) моделей к внешним возмущениям.

- Успешным тестированием разработанного алгоритма на данных с имитацией неисправностей датчиков. Алгоритм корректно идентифицировал тип неисправности (смещение, дрейф, деградация прецизионности, залипание) и сформировал диагностическое заключение о метрологической исправности каждого датчика.

4. Научные результаты, их ценность

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 7 печатных работах, в том числе в 2 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук (Перечень ВАК), в 2 статьях – в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получено одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Теоретическая значимость работы заключается в разработке и обосновании метода обнаружения и диагностики неисправностей датчиков осевой деформации на основе аналитической избыточности, который расширяет теоретические основы обеспечения достоверности измерений в системах непрерывного контроля деформации шпилек крышки гидротурбины.

Практическая значимость заключается в возможности автоматического обнаружения и диагностики неисправностей датчиков без их демонтажа и остановки гидроагрегата. Разработанный алгоритм ориентирован на обработку данных действующей системы контроля и позволяет формировать диагностическое заключение о состоянии каждого контролируемого датчика.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Разработанный метод и алгоритм рекомендуется использовать на гидроэлектростанциях, оснащенных системами контроля деформации типа ПТК КМ-Дельта или аналогичных. Предложенный подход может быть адаптирован для систем мониторинга напряженно-деформированного состояния аналогичных других ответственных конструкций в энергетике, машиностроении и строительстве.

7. Замечания и вопросы по работе

Диссертация в целом производит положительное впечатление, однако имеются отдельные вопросы и замечания.

1. В описанном алгоритме указано, что невязка вычисляется как разность между измеренным значением датчика и оцененным значением модели, (без модуля), то есть, она чувствительна к направлению искажения сигнала датчика. При этом искажение измеренных значений датчика при неисправности типа «смещение» и «дрейф» автор рассмотрел только в положительном направлении. Однако, в случае если искажение измеренных значений датчика будет в отрицательном направлении, описанный алгоритм не обнаружит неисправность датчика автоматически.

2. Датчики деформации шпилек гидроагрегата нужны, в том числе, для предупреждения и обнаружения аварийных ситуаций, например, обрыв шпильки. В рамках всей работы Автор забывает об этом назначении датчиков деформации и все измеренные значения датчика, невязки которых превышают базовое значение, автор рассматривает как неисправность датчика деформации. В случае, если возникнет реальная неисправность гидроагрегата, например,

обрыв одной из шпилек, предложенный Автором алгоритм пометит данные ближайшего датчика деформации как недостоверные с пометкой типа неисправности «смещение». Неисправность гидроагрегата может быть не замечена вовремя, что может привести к аварии.

3. Данные каждого датчика анализируются независимо друг от друга, что не позволяет диагностировать неисправность блока управления (например, рассматриваемого ПТК КМ-Дельта) и не позволяет отличить неисправность датчика от неисправности контролируемого гидроагрегата.

4. В работе не уделено внимание корректности сведения по времени данных, полученных от датчика деформации и данных напора воды. Это приводит к ошибке при расчете невязки во время переходных процессов работы гидроагрегата.

5. Разработанный алгоритм не является универсальным. Он требует построения индивидуальной модели для каждого экземпляра гидроагрегата и перестроения модели после каждой разборки/сборки гидроагрегата. По моему мнению, одной из научных задач, подлежащей решению в рамках данной работы, должна была стать автоматизация построения опорной модели предмета исследования.

Указанные замечания не снижают научной и практической ценности работы и преимущественно определяют направления дальнейшего развития предложенного метода.

8. Заключение по диссертации

Диссертация Юхра Ривас Эдди «Обоснование метода автоматического обнаружения и диагностики неисправностей датчиков в системе контроля деформации крепежных шпилек крышки гидротурбины», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8 – Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды, полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор, **Юхра Ривас Эдди**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8 – Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды.

Официальный оппонент,
ведущий специалист ООО «КОНСТАНТА»,
кандидат технических наук

« 09 » сентября 2026 года



Соломенчук Павел Валентинович

Общество с ограниченной ответственностью «КОНСТАНТА»
198097, г. Санкт-Петербург, Огородный переулок, д. 21, литер А, офис 404
office@constanta.ru, +7 (812) 339-92-64,

Подпись П.В. Соломенчук заверяю:



Мед. Сергеева Н.Е.