

Утверждаю:

Генеральный директор

АО «ВНИИ им. Б.Е. Веденеева»

Р.Н. Оришук

Ул. Ежатская, д.21

Санкт-Петербург, 195220



Председателю диссертационного совета
Д 212.233.01 при ФГАОУ ВО «Санкт-
Петербургский государственный
университет аэрокосмического
приборостроения»

Ларину В.П.

ул. Большая Морская, д. 67, лит. А, г.

Санкт-Петербург, 190000

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

АО «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники имени Б.Е. Веденеева» на диссертационную работу Козионова Алексея Петровича «Контроль состояния грунтовых дамб на основе интеллектуального анализа данных», выполненную в ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» и принятую к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 — «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» в диссертационный совет Д 212.233.01 при ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения».

Актуальность темы диссертации

На сегодняшний день дамбы из грунтовых материалов являются наиболее распространённым видом защитных гидротехнических сооружений. Как показывает статистика, на дамбы из грунтовых материалов приходится наибольшее число аварийных ситуаций, которые могут приводить к существенному экономическому, материальному и экологическому ущербу.

| | |
|----------|--|
| ФГАОУ ВО | Документ зарегистрирован |
| | « 14 » <i>ноября</i> 20 <i>16</i> г. |
| | Вх. № <i>72-1957/16-0-0</i> <i>Роско М.В.</i> |

Важной составляющей безопасной эксплуатации дамб являются системы контроля состояния сооружений. Задача этих систем в режиме онлайн по сигналам с датчиков контроля обнаруживать дефекты, неисправности сооружений на ранних стадиях их возникновения, что в дальнейшем позволяет оперативно реагировать и применять соответствующие меры по предотвращению аварийной ситуации. Основными элементами системы контроля состояния являются методы и алгоритмы контроля, которые позволяют своевременно обнаруживать отклонения в состоянии дамбы. Задача разработки методов и алгоритмов контроля состояния грунтовых дамб усложняется тем, что, как правило, имеется высокий уровень априорной неопределённости, например, изменчивость действующих нагрузок на дамбу, условность расчетных схем, неоднородный состав грунтов тела и основания дамбы и другие факторы. Вышеизложенное позволило Диссертанту определить актуальность задачи разработки методов и алгоритмов контроля состояния грунтовых дамб.

Структура и содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 111 наименований. Основное содержание работы изложено на 145 страницах, содержит 84 рисунка и 7 таблиц.

Во введении обосновывается актуальность работы, степень ее разработанности, сформулированы ее основные цели и задачи, указаны ее научная новизна, теоретическая и практическая значимость, объект и предмет исследования, методы исследования, положения, выносимые на защиту, приводится информация об апробации и публикациях автора.

В первой главе рассмотрены современные методы контроля состояния гидротехнических сооружений, включая дамбы из грунтовых материалов. Представлен обзор основных причин и статистика аварий по различным видам разрушения дамб из грунтовых материалов.

Приведено описание системы контроля состояния дамб, для которой исследовались и разрабатывались метод и алгоритмы контроля. В системе используются датчики порового давления, уровня воды, инклинометры и акселерометры. Такой набор датчиков позволяет контролировать состояние сооружения, в том числе своевременно обнаруживать большинство дефектов и отклонений от нормального состояния сооружения, что в дальнейшем может послужить развитием деструктивных процессов, приводящих к аварии ГТС

Автором отмечаются основные сложности, которые возникают в процессе разработки и применении методов и алгоритмов контроля состояния грунтовых дамб, такие как:

- отсутствие моделей предельных состояний (критических и аномальных состояний, критериев отказа) при различных сочетаниях нагрузок и воздействии внешних и внутренних факторов;
- отсутствие требуемой информации для вероятностного описания моделей состояний дамб;
- отсутствие моделей контролируемых параметров.

Для преодоления указанных выше сложностей автором предлагается применение метода и алгоритмов контроля на основе интеллектуального анализа данных. Интеллектуализация контроля состояния заключается в следующих особенностях:

- предварительная обработка контролируемых сигналов с целью выделения признаков аномального состояния сооружения;
- оценка области допустимых значений для контролируемых параметров, посредством обучения методов идентификации состояния в условиях сложности формирования моделей предельных состояний;
- идентификация состояния дамбы в режиме онлайн с учетом ранее оценённой области допустимых значений контролируемых параметров.

Вторая глава посвящена методу контроля состояния дамб из грунтовых материалов на основе интеллектуального анализа контролируемых сигналов.

Автором проведен широкий обзор методов предварительной обработки контролируемых сигналов на основе анализа временных рядов, а также алгоритмов идентификации состояния на основе методов интеллектуального анализа данных.

Предложенный автором метод контроля состояния дамб на основе интеллектуального анализа данных состоит из двух режимов: «режима обучения» и «режима контроля» и трех основных этапов. В режиме «обучения» алгоритмы контроля обучаются на доступных исторических данных о нормальном состоянии дамбы. В режиме «контроля» алгоритмы контроля идентифицируют состояния дамбы и обнаруживают отклонение от ранее известного нормального состояния.

В качестве метода идентификации состояния предлагается использование методов на основе одноклассовой классификации, для обучения которых достаточно только

исторических данных о нормальном состоянии дамбы. В качестве метода извлечения признаков из контролируемых параметров автором предлагается применение методов частотно-временного анализа по следующим причинам:

- наличие возможности обнаружения аномалий в динамических свойствах сигнала посредством обнаружения изменений в частотно-временных свойствах сигнала в условиях непараметрической априорной неопределенности;
- наличие возможности обнаружения сингулярностей в поведении сигнала;
- разложение нестационарного сложного сигнала на простые составляющие с известными полосами частот.

В третьей главе автором представлены разработанные алгоритмы контроля одномерных и многомерных контролируемых сигналов на основе предложенного метода контроля, предоставлены результаты апробации алгоритмов. Также представлен алгоритм предварительной обработки исторических записей контролируемых сигналов.

В главе показано, что исторические данные требуют предварительной обработки. Автором предложен алгоритм на основе модели авторегрессии, позволяющий восстанавливать пропуски в сигналах с сохранением их частотно-временных свойств. Предложенный алгоритм сравнивался с алгоритмами на основе преобразования Фурье и «Гусеница-SSA». По результатам анализа качества восстановления и вычислительной сложности автором предлагается использовать алгоритм на основе модели авторегрессии.

Автором предложен алгоритм контроля одномерных сигналов на основе применения частотно-временного разложения к одномерным контролируемым сигналам и последующей идентификацией состояния методами одноклассовой классификации. Автором приведен сравнительный анализ методов частотно-временного разложения: дискретное вейвлет-преобразование, оконное преобразование Фурье; и одноклассовых классификаторов: «нейронные облака», нормальное распределение, смесь нормальных распределений, одноклассовый метод опорных векторов.

Для контроля многомерных сигналов автором предложено два алгоритма контроля состояния грунтовых дамб: алгоритм контроля состояния дамб на основе модели вход-выход между сигналами и алгоритм контроля состояния дамб на основе дискретного вейвлет-преобразования многомерных сигналов.

Апробация всех алгоритмов проводилась на реальных данных дамб, в которые добавлялись искусственно сгенерированные примеры аномального состояния. Автором было

показано, что алгоритмы обладают примерно одинаковой точностью, но для алгоритма на основе частотно-временного анализа отсутствует проблема устойчивости, характерная для алгоритма на основе модели вход-выход.

В четвертой главе автором представлено применение разработанных алгоритмов на данных, полученных в рамках эксперимента IJkDijk.

Для эксперимента «Южная дамба» был применен алгоритм контроля состояния дамб на основе использования дискретного вейвлет-преобразования одномерных сигналов датчиков инклинометров. Алгоритм позволил обнаружить экстремальные внешние воздействия на дамбу. Для эксперимента «Восточная дамба» был применен алгоритм контроля состояния дамб на основе анализа модели вход-выход между контролируемыми сигналами, использующий сигналы датчиков уровня воды и порового давления. Алгоритм позволил обнаружить аномальное состояние, вызванное потерей фильтрационной прочности системы «сооружение-основание» дамбы, за ~55 часов до ее прорыва, что раньше визуального обнаружения на 18 часов.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

Научная и практическая ценность диссертационного исследования

Научная и практическая ценность исследования и его результатов подтверждается тем, что автором диссертации в процессе выполнения диссертационной работы, по рассматриваемой тематике и защищаемым положениям (вопросам разработки метода и алгоритмов контроля на основе интеллектуального анализа данных) опубликовано 7 работ в изданиях из списка, рекомендованного ВАК Минобрнауки РФ, а также 4 патента в Европейском союзе, в России патенты находятся в стадии заявок. Автор диссертации был удостоен стипендии Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам, осуществляющим перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики (2012–2015 гг.). При этом могут быть выделены следующие основные результаты диссертационной работы:

- автором предложен новый метод контроля состояния грунтовых дамб на основе применения методов интеллектуального анализа данных. Метод контроля заключается в выделении признаков из контролируемых сигналов с последующей идентификацией состояния дамбы путем анализа выделенных признаков обучающимся одноклассовым классификатором.

- Разработан алгоритм контроля состояния грунтовых дамб на основе применения частотно-временного разложения к одномерным контролируемым сигналам. Алгоритм применим как для обнаружения аномального состояния с использованием сигналов датчиков инклинометров и акселерометров, так и сигналов датчиков порового давления.
- Разработан и впервые применен алгоритм контроля состояния грунтовых дамб на основе анализа модели вход-выход между контролируемыми сигналами датчиков порового давления.
- Разработан новый алгоритм контроля состояния дамб на основе анализа частотно-временной зависимости между контролируемыми сигналами датчиков порового давления (или порового давления и уровня воды). Для этого алгоритма отсутствует проблема устойчивости, характерная для алгоритма на основе модели вход-выход.
- Разработан алгоритм восстановления пропусков в исторических записях контролируемых параметров на основе модели авторегрессии. Алгоритм позволяет сохранять частотно-временные свойства восстановленных участков сигналов.

Достоверность результатов подтверждена апробацией метода и алгоритмов контроля на данных реальных систем контроля состояния дамб, полученных в рамках проектов UrbanFlood и IJkDijk, где была продемонстрирована возможность обнаружения аномального состояния дамб и прогнозирования разрушения в ходе экспериментов.

Практическая ценность результатов подтверждена положительным опытом внедрения:

- разработанные метод и алгоритмы контроля были внедрены компанией ООО «Сименс» при разработке системы контроля состояния дамб, о чем имеется соответствующий акт;
- представленные в работе методы и алгоритмы контроля могут расширить возможности существующих систем контроля состояния грунтовых дамб;
- с участием автора диссертации опубликовано четыре патента в Европейском союзе, в России на настоящий момент эти патенты находятся в стадии заявок.

Рекомендации по использованию результатов диссертационной работы

Предложенные в работе метод и алгоритмы контроля могут быть использованы при разработке новых и расширении существующих систем контроля состояния гидротехнических сооружений различного назначения, а также для учебных и научных целей.

Замечания по диссертации

По результатам рассмотрения диссертации можно указать следующие замечания:

1. В диссертации отсутствуют рекомендации по необходимому объему статистики (глубины исторических записей), требуемых для оценивания области соответствующей нормальному состоянию дамбы.
2. Отсутствуют практические рекомендации о том, с какой периодичностью необходимо переобучать алгоритмы контроля для сохранения качества контроля.
3. Отсутствуют практические рекомендации о том, как настраивать алгоритмы контроля: сколько уровней дискретного-вейвлет преобразования необходимо выбирать и с помощью какой методики.
4. Несмотря на проведенный анализ качества контроля в третьей главе, в заключении не приведены численные характеристики качества контроля разработанных алгоритмов.

Отмеченные недостатки не являются принципиальными для общей положительной оценки работы.

Заключение

Рассмотрев диссертационную работу Козионова Алексея Петровича, считаем, что:

- диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая содержит новые научно-обоснованные технические решения, имеющие практическую значимость в области исследования контроля состояния дамб, направленного на обеспечение их надежности.
- по актуальности, научной новизне и практической значимости, степени обоснованности положений, диссертационная работа соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям;
- автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы;
- автор диссертации Козионов Алексей Петрович достоин присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 — «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий».

Отзыв рассмотрен и утвержден на заседании Департамента «Информационно – аналитический центр по безопасности ГТС» от 11.11.2016 г.

Руководитель департамента «Информационно – аналитический центр по безопасности ГТС»,
кандидат технических наук



Филиппова Елена Александровна

Филиппова Елена Александровна, кандидат технических наук, Руководитель департамента «Информационно – аналитический центр по безопасности ГТС», Акционерное общество «Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники имени Б.Е. Веденеева», 195220, Санкт-Петербург, ул. Гжатская, д.21, тел. 8-812-535-88-79, heis_office@bk.ru, кандидатскую диссертацию защитила по специальностям 05.23.07 - «Гидротехническое строительство», 05.23.02 - «Основания и фундаменты, подземные сооружения».

Орищук Роман Николаевич, Генеральный директор, Акционерное общество «Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники имени Б.Е. Веденеева», 195220, Санкт-Петербург, ул. Гжатская, д.21, тел. 8-812-535-28-07, vniig@vniig.ru