

Бужинский В.С., Жданов А.С., Греченева А.В.
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: vladin19982014@mail.ru

Типы датчиков носимых устройств и оценка возможностей их применения при аутентификации

Носимые устройства окружили жизнь людей, это часы, телефоны, наушники, браслеты, и т.д. Это целые системы датчиков связанные между собой. Большинство носимых устройств использует аутентификацию с помощью датчиков.

С точки зрения аутентификации датчики носимых устройств можно разделить на две группы. В первую группу входят датчики данные с которых могут с большей долей вероятности сказать, что устройством пользуется владелец. Ко второй группе относятся датчики, данные с которых могут лишь дополнять данные с устройств первой группы. Поэтому датчики второй группы должны быть использованы в связке с другими.

Самым распространенным датчиком в носимых устройствах является акселерометр. Есть множество работ, в которых описываются алгоритмы распознавания мельчайших движений человека. К примеру, Г.А. Фофанов описывает систему способную определять походку человека с помощью множества акселерометров для медицинских целей. В своих трудах Фофанов предлагает применять систему датчиков для выявления заболеваний позвоночника по походке. Таким образом, можно сделать вывод, что по данным акселерометра можно определить физиологические особенности человека. Подобную систему можно использовать и для аутентификации. Однако определение физиологических особенностей человека по данным одного акселерометра затруднительна, так как методологическая база по данному направлению плохо проработана. Поскольку большинство носимых устройств имеет один датчик, соответственно применять алгоритмы много-акселерометрической системы для определения физиологических особенностей затруднительно. Таким образом, разработка алгоритма для использования одного акселерометра является актуальной.

Одним из датчиков является GPS, в первых смартфонах Sony он использовался в качестве датчика аутентификации, т.е. когда человек находился по координатам отмеченным пользователем смартфон не блокировался. Такую систему нельзя назвать надежной, так как она не получала достоверной информации о пользователе, из-за этого GPS может быть использован только в качестве дополнительного датчика. Так же в паре с GPS часто идет барометр, он не может быть использован как основной, но хорошо дополняет GPS давая 3-х мерное положение устройства.

В фитнес браслетах на ряду с акселерометром распространен датчик измерения температуры. Мобильные датчики такого типа часто бывают недостаточно точны, поэтому использовать их в качестве датчика аутентификации будет не целесообразно. Но теоретически при достижении точности примерно до сотых они могут быть использованы в качестве дополнительных.

На ряду с датчиком измерения температуры часто используется датчики пульса. У этого сенсора есть два основных недостатка, которые не позволяют их использовать для наших целей. Первый недостаток это не высокая точность, второй, это показание мгновенного состояния, то есть при определении пульса у людей с аритмией появляется очень большая погрешность.

Особо следует отметить сенсорную матрицу носимого устройства, она тоже является своего рода датчиком и может быть использована при аутентификации в качестве одного из критериев. Это обусловлено индивидуальными особенностями письма и печати на смартфоне.

Таким образом, большинство датчиков, которые расположены в мобильном устройстве, можно использовать для аутентификации так как, большинство алгоритмов аутентификации по данным этих датчиков мало проработаны.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации № МК-1558.2021.1.6

Васильев Г.С., Суржик Д.И., Кузичкин О.Р., Курилов И.А., Харчук С.М.
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования «Белгородский государственный
 национальный исследовательский университет»
 308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85,
 E-mail: vasilievgleb@yandex.ru

Способ аппроксимации электромагнитного поля неоднородности для математического и натурального моделирования систем геомониторинга

Повышение надежности функционирования автоматизированного электромагнитного контроля геодинамических объектов требует разработки эффективных методов математического моделирования и натурных испытаний этих систем. Единая система норм и критериев качества систем мониторинга, необходимая для эффективного проектирования таких систем и диагностики их состояния при натурных испытаниях, в настоящее время отсутствует.

Способы натурального моделирования неоднородностей сложной формы на объемных или плоскостных моделях сред, необходимые для испытаний систем геомониторинга на этапе проектирования или диагностики, обладают низкой технологичностью или точностью; кроме того, внесение изменений в готовые натурные модели представляется крайне затруднительным [1].

Новый способ аппроксимации аномального поля, обусловленного влиянием неоднородности сложной формы, на основе системы приповерхностных и заглублённых электродов, повысит эффективность математического и натурального моделирования различных геоэлектрических разрезов методом мнимых источников (изображений).

Для повышения чувствительности измерительной установки представляется перспективным в первую очередь использовать информацию о фазовой составляющей поля, пренебрегая амплитудной составляющей. Данная идея лежит в основе фазового метода регистрации изотропных и анизотропных приповерхностных слоев [2]. Метод обладает лучшей помехоустойчивостью по сравнению с амплитудным методом, наиболее широко используемым в задачах электромагнитного зондирования и профилирования.

Для эффективной реализации фазового метода необходимо прецизионное и независимое управление амплитудами и фазами отдельных электродов многополюсной установки, которое может быть достигнуто с использованием цифровых вычислительных синтезаторов частот [3]. Значения амплитуд I и фаз φ токов отдельных излучателей для представления поля конкретной неоднородности необходимо получить из решения многокритериальной задачи минимизации среднеквадратической погрешности

$$\delta(I, \varphi) = \sum_{m=1}^M \left| \dot{U}_m - \tilde{U}_m \right|^2 \rightarrow \min,$$

где I и φ – вектора амплитуд и фаз токов излучающих электродов размерностью N , N – число излучающих электродов; m , M – номер и число приемных электродов, $\dot{U}_m$ – точное значение потенциала в точке m , полученное на основе решения прямой задачи или в результате натурных измерений, $\tilde{U}_m = \frac{\dot{\rho}}{2\pi} \sum_{n=1}^N \frac{\dot{I}_n}{r_{mn}}$ – приближенное значение потенциала, аппроксимированное

системой электродов (I, φ) , $\dot{\rho}$ – удельное сопротивление среды натурной модели,

$\dot{I}_n = I_n \exp(j\varphi_n)$ – комплексная амплитуда n -го излучателя, $r_{mn} = |\mathbf{r}_m - \mathbf{r}_n|$ – расстояние между электродами m и n , $\mathbf{r}_m$, $\mathbf{r}_n$ – радиус-векторы электродов.

Данный способ является привлекательным инструментом натурального моделирования разрезов, необходимого для испытаний систем геомониторинга на этапе проектирования или диагностики. В отличие от известных способов создания объемных или плоскостных физических моделей сред, новый подход обладает гораздо более высокой технологичностью, а готовая модель разреза может быть легко изменена перемещением электродов, что в испытанных методах недостижимо.

Работа выполнена при поддержке Фонда содействия инновациям в рамках гранта по конкурсу «УМНИК-Нефтегаз» №133ГУЦЭС8-D3/56254.

Литература

1. Матвеев Б.К. Электроразведка: Учеб. Для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990. – С. 276-279.
2. Vasilyev G.S., Kuzichkin O.R., Baknin M.D., Dorofeev N.V., Grecheneva A.V. Results of the modeling of the phase-metric method of the control of the development of suffosion processes // 18th International Multidisciplinary Scientific Geoconference (SGEM 2018). – Iss. 5.2. – P. 827-834.
3. Кочемасов В., Голубков А., Егоров Н., Черкашин А., Чугуй А. Цифровые вычислительные синтезаторы – применение в системах синтеза частот и сигналов // Электроника: наука, технология, бизнес. № 8, 2014. – С. 171-179.

Васильев Г.С., Суржик Д.И., Кузичкин О.Р., Курилов И.А., Харчук С.М.
*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Белгородский государственный
национальный исследовательский университет»
308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85,
E-mail: vasilievgleb@yandex.ru*

Способ прецизионного формирования зондирующих сигналов на основе ЦВС для систем электромагнитного геодинамического контроля

В настоящее время представляет существенный интерес обеспечение безопасности жизнедеятельности людей и их защиты от техногенных, биогенных и антропогенных опасных факторов. Современные системы геодинамического контроля, построенные на базе геоэлектрических методов зондирования, обеспечивают оперативное высокоточное слежение за геодинамикой среды и позволяют предотвратить возможные критические ситуации. Надежность и чувствительность таких систем непосредственно определяется качеством формирования зондирующих сигналов и алгоритмов их обработки.

Для прецизионного управления амплитудами, частотами и фазами зондирующих сигналов многополюсных электроустановок, позволяющих увеличить геодинамическую чувствительность систем мониторинга в условиях действия природных и техногенных помех, предлагается разработать и использовать новые технические решения на основе цифровых вычислительных синтезаторов (ЦВС) с автоматической компенсацией искажений. Авторами предложены структурные схемы таких синтезаторов, выполнено их математическое моделирование и обоснована эффективность применения для формирования сигналов различных радиосистем [1]. Однако вопросы применения таких синтезаторов для систем геомониторинга и их влияния на точность оценки геодинамики ранее не рассматривались. Согласно предварительным исследованиям, ЦВС способны устранить наиболее значимые недостатки известных способов формирования зондирующих сигналов электролокационных установок [2]:

- нежелательное изменение фазы при перестройке частоты зондирования и сложность обеспечения фазовой синхронизации;
- большое число нелинейных преобразований, вносящих дополнительные искажения и усложняющих устройство формирования.

Среди многочисленных преимуществ ЦВС перед другими методами синтеза [3], актуальными для систем электромагнитного контроля являются:

- очень высокое разрешение по частоте и фазе, управление которыми осуществляется в цифровом виде, дает возможность прецизионной установки параметров зондирующих сигналов;
- перестройка по частоте без разрыва фазы, без выбросов и других аномалий, связанных со временем установления;
- архитектура, основанная на ЦВС, ввиду очень малого шага перестройки по частоте, исключает необходимость применения точной подстройки опорной частоты, а также обеспечивает возможность параметрической температурной компенсации;
- цифровой интерфейс позволяет легко реализовать микроконтроллерное управление;
- для квадратурных синтезаторов имеются ЦВС с I и Q выходами, которые работают согласованно.

Основные требования к ЦВС формирователей зондирующих сигналов электролокационных установок систем геомониторинга:

- многоканальность и независимость отдельных каналов;
- наличие регистра амплитуды (кроме регистров частоты и фазы);
- удобство формирования сигналов с различными законами модуляции. Сложные сигналы актуальны для систем геомониторинга благодаря возможности повышения помехоустойчивости. Проще всего модулированные сигналы формируются в ЦВС посредством подачи на них соответствующих кодов управления частотой, фазой, амплитудой, длительностью сигнала и периодом его повторения. При необходимости формирования сигналов с линейной частотной

модуляцией в ЦВС обычно добавляется накопитель кода скорости, обеспечивающий линейное изменение кода частоты [4].

Диапазон рабочих частот и скорость перехода на другую частоту (или фазу) в спектральном диапазоне зондирующих сигналов систем электромагнитного геомониторинга (обычно десятки-тысячи Гц) для выбора ЦВС не критичен. Целесообразно выбирать сравнительно низкочастотные модели синтезаторов без умножителей частоты, обладающие наименьшим уровнем фазовых шумов.

Выполнено моделирование спектральных характеристик конкретной модели ЦВС для системы электромагнитного геодинамического контроля. Исследована зависимость шумовых свойств синтезатора от параметров устройства автоматической компенсации искажений: коэффициентов регулирования по возмущению и отклонению, порядков и частот среза фильтров нижних частот в управляющих трактах автокомпенсатора. Проведенные исследования подтвердили эффективность применения цифровых вычислительных синтезаторов для формирования зондирующих сигналов в системах электромагнитного геодинамического контроля.

Работа выполнена при поддержке Фонда содействия инновациям в рамках гранта по конкурсу «УМНИК-Нефтегаз» №133ГУЦЭС8-D3/56254

Литература

1. Васильев, Г.С. Курилов И.А., Харчук С.М. Моделирование нелинейного автокомпенсатора фазовых помех ЦАП прямого цифрового синтезатора частот // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. № 2, 2014. – С. 30-38.
2. Цаплёв А.В., Кузичкин О.Р. Фазовое управление многополюсной электролокационной установкой в геомониторинговых и измерительных системах // Методы и устройства передачи и обработки информации. Вып. 9, 2009. – С. 122-127.
3. Ридико Леонид. DDS: прямой цифровой синтез частоты // Компоненты и технологии. № 7, 2001. – С. 50-56.
4. Кочемасов В., Голубков А., Егоров Н., Черкашин А., Чугуй А. Цифровые вычислительные синтезаторы – применение в системах синтеза частот и сигналов // Электроника: наука, технология, бизнес. № 8, 2014. – С. 171-179.

Греченева А.В., Бужинский В.С.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: GrechenevaAV@yandex.ru*

Определение требований к технологии аутентификации пользователей по данным носимых устройств и смартфонов на основе интеллектуальной обработки биометрических параметров походки

Процесс создания методов и алгоритмов аутентификации пользователей, которые будут положены в основу новой технологии усиленной аутентификации, сопряжен с необходимостью исследования требований выполнения определенных уровней доверия, а также требований к строгости аутентификации [1,2].

Согласно предлагаемой технологии, аутентификация пользователей будет осуществляться по данным носимых устройств и смартфонов на основе интеллектуальной обработки биометрических параметров походки. Носимые устройства (смартфоны, фитнес-трекеры, смарт-часы), оснащенные датчиками перемещения (акселерометры и гироскопы), позволяют получать данные об особенностях походки, которые регистрируются на протяжении повседневной деятельности отдельно взятого пользователя, не ограничивая движений и не оказывая на человека дополнительного воздействия. Это позволяет за счет активного отслеживания аутентичности на протяжении всего времени доступа пользователя к устройству, на фоне основной работы системы, анализировать значительные объемы данных суточной активности и определять тренды в них, с целью повышения качества обучения нейросетей и процесса аутентификации в целом. В результате выполнения аутентификационного протокола будет совершаться автоматизированный процесс принятия решения о соответствии регистрируемых параметров походки индивидуальной норме движений пользователя по семи признакам: длина шага, база шага, скорость шага, частота шага, цикл шага, период опоры, период переноса, формирующим индивидуальные пространства движений.

При разработке технологии аутентификации следует выделить следующие системные требования:

- хранение не менее семи поведенческих и физиологических биометрических параметров (длина шага, база шага, скорость шага, частота шага, цикл шага, период опоры, период переноса);
- обеспечение целостности и непротиворечивости данных;
- защита данных от «растекания» (неотделимость образцов от базы данных);
- доступность сенсоров (акселерометры и гироскопы) носимых устройств (смартфоны, фитнес-трекеры, смарт-часы);

При решении задачи распознавания движений к каждому из формируемых пространств движений пользователя предъявляются особые требования:

- наличие различных стилей движений;
- наличие различных условий регистрации образцов движений (смена ландшафта, погодных условий, времени суток);
- наличие вариации пользователей (по полу, возрасту и т. п.);
- регистрация данных на носимые устройства, имеющие различные технические характеристики;
- необходимость разбиения двигательных актов на простейшие локомоции.

Критериями для оценки строгости аутентификации, характеризующими доверие к результатам процедуры аутентификации, являются показатели функциональной надёжности системы (уровень безошибочности выполнения заданных функций) и уровень безопасности информации пользователя, который система обрабатывает, передаёт и принимает. В результате анализа стандарта [3] были определены требования:

- Уровень достоверности результатов аутентификации.
- Функциональная надёжность выполнения основных процедур.
- Степень уверенности, что стороны взаимодействия являются теми, за кого себя выдают.
- Безопасность передачи и обработки персональных данных пользователей в процессе аутентификации.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации № МК-1558.2021.1.6.

Литература

1. ГОСТ Р 58833-2020 Национальный стандарт российской федерации. Защита информации. Идентификация и аутентификация. Общие положения/ Information protection. Identification and authentication. General (Дата введения 2020-05-01

2. Единая система идентификации и аутентификации. Методические рекомендации по использованию Единой системы идентификации и аутентификации. Версия 2.25.

3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 9594898. Информационная технология. Взаимосвязь открытых систем: Справочник. Ч. 8. Основы аутентификации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gostrisomek9594898>.

Греченева А.В., Жданов А.С.

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: GrechenevaAV@yandex.ru

Технология усиленной аутентификации пользователей по данным биомеханики походки

Развитие и повсеместное внедрение информационных услуг обуславливает актуальность исследования и разработки новых методов и подходов применяемых в технологиях аутентификации пользователей и обладающих повышенной надежностью. В настоящее время на смену статических методов аутентификации (например, использование связки «логин-пароль») приходят динамические методы, одним из которых является метод поведенческой биометрии.

Известно, что биомеханика походки человека, а также отдельных его локомоций, уникальна и обусловлена совокупностью индивидуальных физиологических и психологических факторов (антропометрические признаки, особенности нервной системы, наличие привычек и др.) [1,2]. В таком случае целесообразным является разработка новых методов и алгоритмов анализа биомеханики походки человека, положенных в основу технологии усиленной аутентификации.

В основе предлагаемого механизма аутентификации пользователя по параметрам его походки лежит задача управления движениями, представляемая в виде многомерной модели биомеханики походки, имеющей три выхода и множество входов управления приводами-мышцами. Следует отметить, что процесс ходьбы является сложным многопараметрическим процессом, в ходе которого человеческое тело задействует значительное количество мышц и связок. Тогда, в первом приближении относительная сложность задачи управления может быть оценена по числу входов модели или по числу мышц, задействованных в процессе ходьбы. Во время ходьбы организм задействует около 200 мышц (передние большеберцовые мышцы ног, икроножные мышцы ног, задние группы мышц бедер, большие ягодичные мышцы, мышцы брюшного пресса, широчайшая мышца спины, внешние косые мышцы живота, груднопоясничная фасция, сгибатели предплечий, трицепсы, большая круглая мышца, большая грудная мышца и др.), учет работы даже 30 % от которых ведет к формированию 60-мерной задачи управления [3].

Следовательно, решаемая задача анализа биомеханики походки обладает большой размерностью, что позволяет сделать выводы об уникальности походки пользователя и утверждать о целесообразности использования предлагаемого метода аутентификации пользователей по биометрическим параметрам походки на практике. В таком случае, на основании контроля и анализа соответствия параметров походки индивидуальному шаблону движений пользователя обеспечивается возможность повышения надежности аутентификации в системах с ограниченным персональным доступом.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации № МК-1558.2021.1.6.

Литература

1. Шендеров В. А., Китаев Н. Н., Негреева М. Б. Биомеханическая экспертиза: выявление индивидуальных особенностей походки и осанки при идентификации личности // Российский журнал биомеханики. 2007. №2.
2. Скворцов Д.В. Клинический анализ движений. Анализ походки: Издательство НПП - «Стимул», Иваново, 1996. - 344 с
3. Ходашинский И. А., Савчук М. В., Горбунов И. В., Мещеряков Р. В. Технология усиленной аутентификации пользователей информационных процессов // Доклады ТУСУР. 2011. №2-3 (24)

Дорофеев Н.В., Греченева А.В.

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: itpu@mivlgu.ru

Алгоритм оценки устойчивости геотехнической системы на основе базовой модели

Задача разработки методов и алгоритмов повышения качества оценки устойчивости геотехнических систем сохраняет актуальность в связи с недостаточной эффективностью применяемых в настоящее время методов, лежащих в основе автоматизированных систем геотехнического мониторинга и управления, что подтверждается наличием аварий на эксплуатируемых инженерно-строительных объектах. Первоначально, сложность решения данной задачи заключается не только в необходимости построения многопараметрической модели геотехнической системы, но и определении оптимального числа физико-механических связей ее элементов, учет которых необходим для построения качественного прогноза устойчивости.

Согласно предлагаемому алгоритму, обобщенная блок-схема которого приведена на рис. 1, оценка устойчивости геотехнической системы будет осуществляться исходя из формирования базовой модели геотехнической системы и ее коррекции с использованием нейросетевого подхода и бифуркационного анализа.

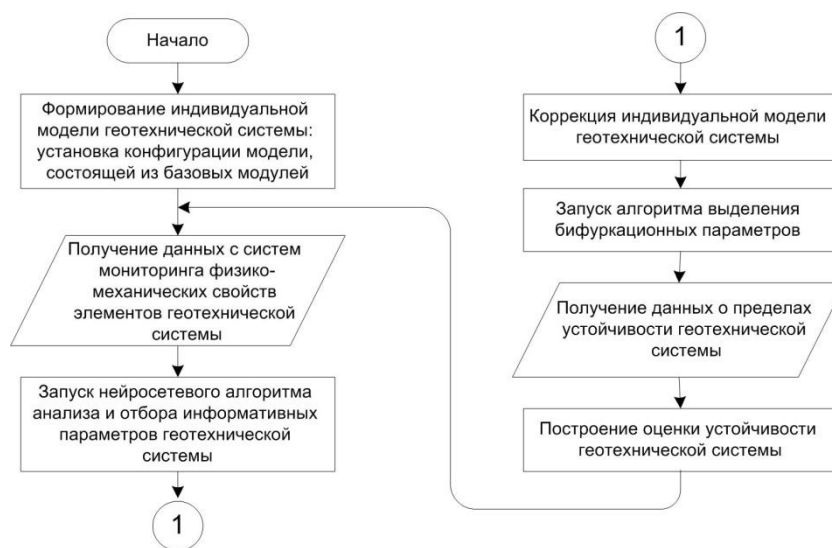


Рис. 1 – Блок-схема алгоритма оценки устойчивости геотехнической системы на основе базовой модели

Известно, что геотехническая система представляет собой совокупность надземных и подземных элементов одного или нескольких строительных объектов, расположенных на грунтовом основании. Исходя из этого, в ходе выполнения алгоритма происходит построение модели геотехнической системы с использованием модульного подхода [1], а ее элементы представлены в виде совокупности взаимосвязанных унитарных модулей, обладающих определенными физико-механическими свойствами. В результате, индивидуальная модель геотехнической системы формируется на основе сконфигурированных определенным образом базовых модулей и может быть описана вектором изменяющихся во времени параметров [2]:

$$S = (B, F, G, R_{ij}).$$

где $B = (M_B, C, K, P_B, f, u, \dot{u}, \ddot{u})$ – вектор, описывающий динамику физико-механических свойств элементов конструкции сооружения, изменяющихся согласно базовым законам

механики твердого тела; $F = (M_F, \theta, B_F, k, \varphi, P_F)$ – вектор, описывающий динамику физико-механических свойств фундамента сооружения; $G = (E, \varphi, c, \Delta\alpha_{ij}, D_{ij}, \Delta\sigma_{ij}, A_{ij}, B_i)$ – вектор, описывающий динамику физико-механических и электрических свойств грунтового основания; $R_{ij} = (T, A, Ch, N, V)$ – вектор, описывающий связи между i -м и j -м параметром геотехнической системы. При этом $\exists R_{ij} \neq \emptyset \Rightarrow \exists R_{ji} \neq \emptyset$ иначе $R_{ij} = R_{ji} = \emptyset$; T – вектор описывающий тип связи; A – вектор, определяющий свойства связи; Ch – вектор описывающий параметры связи; N – вектор описывающий возможные воздействия на связь; V – вектор описывающий стадию процессов, активизирующихся при изменении связи.

В результате выполнения предлагаемого алгоритма на основе регистрируемых данных систем мониторинга (физико-механические параметры элементов (модулей) конструкции сооружения, элементов (модулей) конструкции фундамента, геоэлектрические и физико-механические параметры грунтового основания) происходит отбор информативных параметров геотехнической системы, с целью коррекции и оптимизации её индивидуальной модели. Дальнейшее применение бифуркационного анализа позволяет определить пределы устойчивости геотехнической системы вследствие даже малых проявлений взаимного влияния ее модулей, а также при динамическом влиянии внешних факторов.

В результате, полученные с использованием предлагаемого алгоритма пределы устойчивости геотехнической системы, основанные на использовании бифуркационных параметров, позволяют учитывать малые вариации изменений физико-механических свойств элементов геотехнической системы и увеличить чувствительность систем мониторинга к регистрации медленно текущих деструктивных процессов, оказывающих скрытую угрозу нарушения устойчивости геотехнической системы.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации № МД-1800.2020.8.

Литература

1. Греченева А.В., Дорофеев Н.В., Еременко В.Т., Кузичкин О.Р., Романов Р.В. Модульный подход при организации информационно-технического обеспечения прогнозирования геодинамики в природно-технических системах // Информационные системы и технологии. 2018. № 6 (110). С. 62-69.
2. Панькина Е. С., Дорофеев Н. В., Греченева А. В., Романов Р.В. Базовая модель геотехнической системы/ Ресурсосбережение и экология строительных материалов, изделий и конструкций. Сборник научных трудов 3-й Международной научно-практической конференции. Юго-Западный государственный университет. Курск, 2020 С.: 49-53.

Дорофеев Н.В., Греченева А.В.
*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: itpu@mivlgu.ru*

Бифуркационные процессы в геотехнических системах и их представление в базовой модели

Мониторинг геотехнических систем направлен на выявление негативных скрытых и непредсказуемых процессов, протекающих в геотехнических системах и формирования прогнозных оценок нарушения устойчивости геотехнической системы или отдельных её участков. Одним из методов, применяемых для анализа и формирования прогнозирования устойчивости геотехнической системы, является бифуркационный анализ.

Выявление бифуркационных параметров и точек бифуркации требует наличия детерминированных моделей, описывающих взаимосвязи параметров и процессов. Сама геотехническая система описывается индивидуальной геотехнической моделью, которая формируется на основе базовой модели геотехнических систем, принадлежащих к одному классу [1]:

$$I=(P, R), \quad (1)$$

где P – вектор анализируемых параметров, R – вектор описывающий процессы протекающие в геотехнических системах (2).

$$R=(T, A, Ch, M, E), \quad (2)$$

где T – тип взаимной связи параметров; A – свойства взаимосвязи; Ch – параметры связи; M – допустимые изменения взаимосвязей; E – текущее состояние.

В базовой модели вектора T и A являются вспомогательными, имеющими смысловой характер для функционирования информационного обеспечения геотехнического мониторинга и понимания происходящих в геотехнических системах процессов.

Для выявления бифуркационных процессов в рамках применяемой модели необходимо определиться с анализируемым участком геотехнической системы (её модели). При этом результаты бифуркационного анализа будут отражать поведение части модели при изменении модельных параметров. С применением модульного подхода [2] в качестве модельных параметров выступают входные параметры унитарных блоков и параметры самих блоков. В этом случае модульный подход позволяет оценивать результаты анализа при изменении не только модельных параметров анализируемого участка, но и при изменении параметров соседних и удаленных участков.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации № МД-1800.2020.8

Литература

1. Панькина Е.С., Дорофеев Н.В., Греченева А.В., Романов Р.В. Базовая модель геотехнической системы // Ресурсосбережение и экология строительных материалов, изделий и конструкций. Сборник научных трудов 3-й Международной научно-практической конференции. Юго-Западный государственный университет. Курск. 2020. С. 49-53.
2. Греченева А.В., Дорофеев Н.В., Еременко В.Т., Кузичкин О.Р., Романов Р.В. Модульный подход при организации информационно-технического обеспечения прогнозирования геодинамики в природно-технических системах // Информационные системы и технологии. 2018. № 6 (110). С. 62-69.

Дорофеев Н.В., Греченева А.В.

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: itpu@mivlgu.ru

Оценка устойчивости отдельных звеньев геотехнической системы и групповой устойчивости выделенной области

При построении оценки устойчивости геотехнических систем анализу подвергаются как ее отдельные звенья (элементы конструкций фундамента и сооружения, участки грунтового основания) так и области, состоящие из групп сконфигурированных единичных звеньев. В таком случае, разбиение сложной геотехнической системы на единичные модули осуществляется схоже с методом конечных элементов, согласно которому сложные объекты разбиваются на простейшие участки, физико-механические свойства в каждом из которых изменяются линейно и в зависимости от степени разбиения определяется степень адекватности динамики свойств модели реальному объекту. Принцип разбиения геотехнической системы на звенья (модули) представлен на рис. 1.

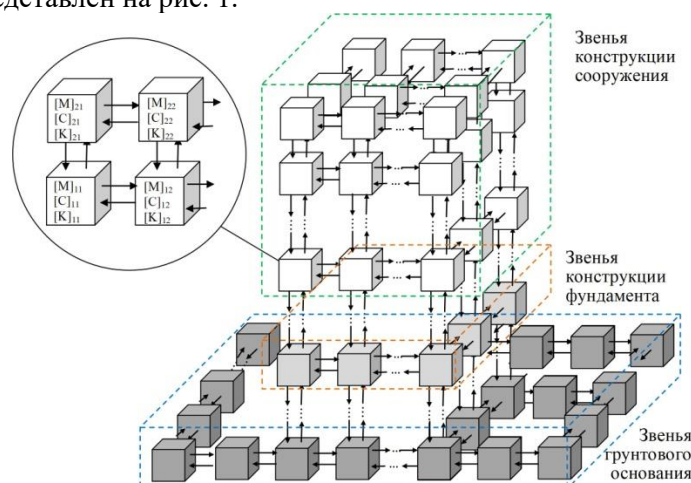


Рис. 1 – Структура геотехнической системы

В рамках работы предлагается осуществлять оценку устойчивости отдельных звеньев геотехнической системы и групповой устойчивости выделенной области с использованием принципа бифуркаций [1]. Согласно данному принципу даже слабые вариации физико-механических параметров взаимодействия единичных модулей при различных вариантах их комбинаций могут привести к потере устойчивости всей геотехнической системы (точка бифуркации).

В результате, представление геотехнической системы в виде системы дифференциальных уравнений и ее дальнейшее решение позволяет моделировать бифуркационные процессы перехода в неустойчивое состояние. Такой принцип определения устойчивости справедлив как для отдельных звеньев геотехнической системы, представляющих собой модули участков конструкции сооружения, так и для групповой устойчивости, в ходе оценки нескольких сооружений, расположенных на едином грунтовом основании.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации № МД-1800.2020.8.

Литература

1. Dorofeev N. V., Romanov R. V., Grecheneva A. V., Pankina E. S./ Improving The Reliability Of The Results Of Automated Forecasting Of Emissions In Geotechnical Systems Based On The Bifurcation Approach// MIP: Engineering-2020: Modernization, Innovations, Progress: Advanced Technologies In Material Science, Mechanical And Automation Engineering» Krasnoyarsk, 16–18 Апреля 2020 Года Страницы: 52070

Дорофеев Н.В., Греченева А.В.

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: itpu@mivlgu.ru

Построение индивидуальной модели геотехнической системы на базе нейросетевых технологий

Индивидуальный подход при осуществлении геотехнического мониторинга осложняет подготовительный этап (развертывание системы мониторинга), моделирования и анализа данных. Упрощение процедуры проведения геотехнического мониторинга для одного класса геотехнических систем осуществляется на основе модульного подхода с применением базовых геотехнических моделей [1]. При этом одной из основных задач является построение индивидуальной модели на основе базовой модели геотехнической системы, таким образом, что бы полученная индивидуальная модель в наибольшей степени отражала бы объект исследования [2].

Базовая модель геотехнической системы описывается векторами параметров, характеризующих отдельные компоненты и геотехническую систему в целом, и векторами взаимосвязей между компонентами геотехнической системы, учитывающие тип и свойства связи, а так же параметры, возможные воздействия и реакцию на изменения связи. На практике произвести коррекцию базовой модели для отражения индивидуальных особенностей геотехнической системы зачастую достаточно сложно, а иногда не возможно, что связано с недостаточным количеством данных о функционировании геотехнической системы и технико-экономическими ограничениями при выборе точек и параметров измерения. Нехватка информации не позволяет сформировать адекватную математическую базу, описывающую индивидуальные особенности. Кроме этого не всегда удастся отнести геотехническую систему к конкретному классу базовых моделей. Одним из выходов в данной ситуации является применение нейросетевых технологий. Следует отметить, что в этом случае задача кластеризации, т.е. формирование базовых шаблонов-классов решается с помощью нейронных сетей, что позволяет автоматизировать процесс разделения на классы в случае появления новых геотехнических моделей.

Соотнесение исследуемой геотехнической системы к одному из классов осуществляется на основе имеющихся данных о структуре геотехнической системы и дальнейшего анализа измеряемых параметров. При этом классификация осуществляется на основе выделенных трендов в данных, что позволит выявлять взаимосвязи между компонентами геотехнической системы и их параметрами. В случае не возможности получения аналитического выражения, отражающего взаимосвязь параметров и компонентов геотехнической системы осуществляется процедура аппроксимации по имеющемуся набору данных с дальнейшей коррекций результатов по мере накопления информации.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации № МД-1800.2020.8

Литература

1. Греченева А.В., Дорофеев Н.В., Еременко В.Т., Кузичкин О.Р., Романов Р.В. Модульный подход при организации информационно-технического обеспечения прогнозирования геодинамики в природно-технических системах // Информационные системы и технологии. 2018. № 6 (110). С. 62-69.
2. Панькина Е.С., Дорофеев Н.В., Греченева А.В., Романов Р.В. Базовая модель геотехнической системы // Ресурсосбережение и экология строительных материалов, изделий и конструкций. Сборник научных трудов 3-й Международной научно-практической конференции. Юго-Западный государственный университет. Курск. 2020. С. 49-53.

Дударев Д.В.

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
 602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
 E-mail: dima.dudarev.2013@mail.ru

Исследование взаимосвязи эргономики и надежности приборных систем.

При разработке приборов и систем наряду с параметрами надежности необходимо учитывать параметры эргономики. Очень часто повышение эргономики приводит к снижению надежности приборных систем. Таким образом важной задачей является нахождение оптимальной точки пересечения надежности и эргономики устройства.

Рассмотрим на примере прочностных характеристик корпуса телефона с точки зрения повышения эргономических показателей корпуса – величина округления угла грани. Результаты моделирования представлены на рисунках 1,2.

Зависимость надежности от угла округления

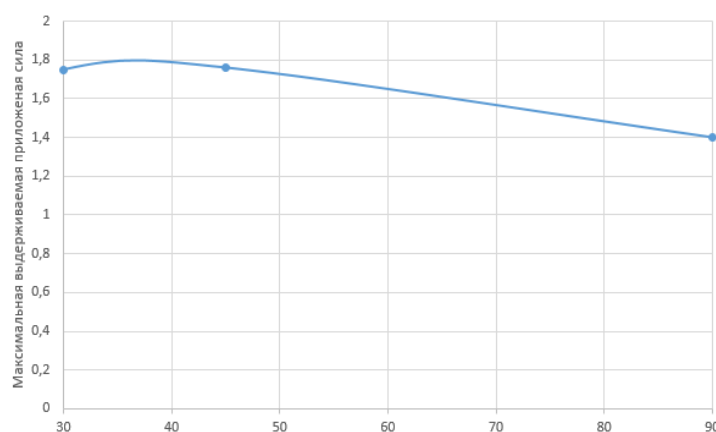


Рисунок 1 – График зависимости угла округления граней от силы, приложенной на эту грань.

На данном графике по оси X угол округления граней, а по оси Y максимальная выдерживаемая сила до разрушения.

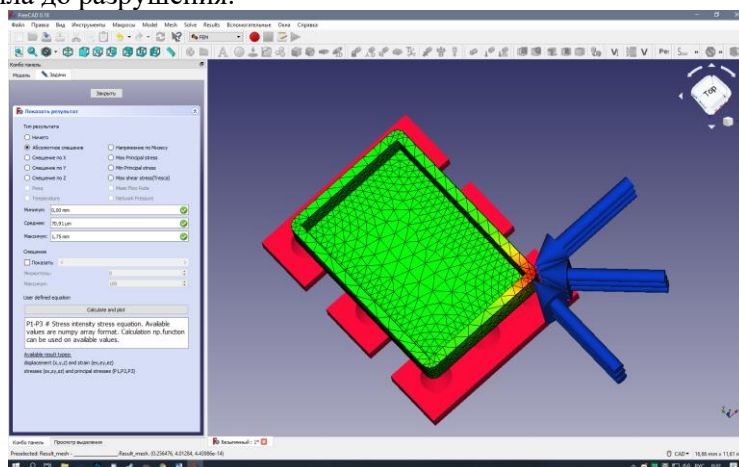


Рисунок 2 – пример 1-ого из моделирований угла и приложения силы.

При моделировании в качестве материала корпуса использовался пластик. Округление граней корпуса осуществлялось на 30, 45 и 90 градусов. По результатам моделирования видно, что скругление корпуса повышает прочностные свойства корпуса.

Для получения более детальной картины необходимо проводить дальнейшие исследования, прикладывать различную силу с разных сторон, использовать различные материалы.

1. Литература

2. Бычков А.А. Надежность приборов и систем: Учебное пособие. – Ростов-наДону, 2008. – 84 с.
3. Евгений, Александрович Трофимов ЭРГОНОМИКА ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ / Евгений Александрович Трофимов. - М.: Книга по Требованию, 2013. - 192 с.
4. Крылов, А.А. Эргономика / А.А. Крылов. - М.: Книга по Требованию, 2012. - 182 с.
5. Зорин, В.А. Надежность механических систем: Учебник. Гриф МО РФ / В.А. Зорин. - М.: ИНФРА-М, 2017.-211 с.

Жданов А.С., Бужинский В.С., Греченева А.В.
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: Sasha_1998z@mail.ru

Анализируемые виды движений при аутентификации

Задача аутентификации заключается в проверки подлинности предоставленных данных, а также уникальных меток, присвоенных конкретному объекту и субъекту, позволяющих отличить его от других [1 - 3].

Аутентификация по видам движения позволяет аутентифицировать конкретного человека с некоторой вероятностью. Каждый человек имеет индивидуальный набор данных.

Для регистрации движений можно воспользоваться мобильным телефоном, в котором присутствуют акселерометр и гироскоп

Если рассматривать аутентификацию в мобильный банке через приложение на сотовом телефоне, то выступать метками могут особенности ввода пароля (например, скорость ввода каждого символа), манера держать телефон, а также микродвижения (неосознанные, рефлекторные) которые совершает каждый человек [4, 5].

С помощью телефона можно анализировать и походку человека, по тому, как человек держит телефон, а также при нахождении его в кармане одежды (рисунок 1).

Следует отметить, что пока аутентификация по движениям работает с не большой вероятностью, но ее можно использовать как дополнительное условие для подтверждения личности, которое будет иметь маленький вес при проверке.

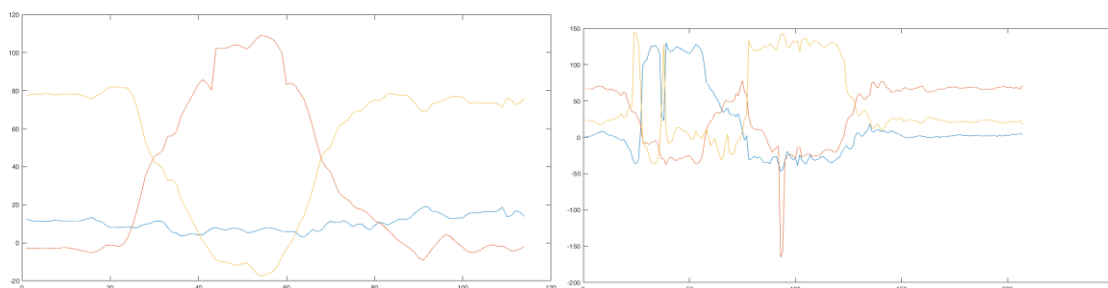


Рисунок 1 – Изменение угла сгибания кисти у здорового человека (слева) и человека с отклонениями (справа)

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации № МК-1558.2021.1.6

Литература

1. ГОСТ Р 58833-2020 Национальный стандарт российской федерации. Защита информации. Идентификация и аутентификация. Общие положения/ Information protection. Identification and authentication. General (Дата введения 2020-05-01)
2. Единая система идентификации и аутентификации. Методические рекомендации по использованию Единой системы идентификации и аутентификации. Версия 2.25.
3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 9594898. Информационная технология. Взаимосвязь открытых систем: Справочник. Ч. 8. Основы аутентификации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gostrisomek9594898>.
4. Скворцов Д.В. Клинический анализ движений. Анализ походки: Издательство НППЦ - "Стимул", Иваново, 1996. - 344 с
5. Ходашинский И. А., Савчук М. В., Горбунов И. В., Мещеряков Р. В. Технология усиленной аутентификации пользователей информационных процессов // Доклады ТУСУР. 2011. №2-3 (24)

Киселев Д.М.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: vip.DimKis1998@mail.ru*

Исследование принципов контроля геометрических параметров пассажирских платформ

Эксплуатация пассажирских платформ и конструкций, расположенных на пассажирских платформах, тесно связана с необходимостью осуществления периодических контрольных измерений габаритных геометрических параметров. Проведение периодических замеров связано со значительными временными и трудовыми затратами. Решением вышеуказанной проблемы является применение при контроле габаритных геометрических параметров пассажирских обустройств устройства габаритного контроля пассажирских обустройств (пассажирских платформ и навесов над пассажирскими платформами).

Такой прибор должно иметь антивандальное покрытие, а также быть устойчивым к изменениям температурных режимов, быть компактным, чтобы не мешать движению состава.

Во время движения состава прибор должен измерять геометрические параметры, по этому исходя из конструкции ЖД платформы устройство должно крепиться непосредственно во внутренней части платформ.

Еще одной проблемой возникающей при применении устройства-это его устойчивость и надежность корпуса. Для надежного крепления прибора следует использовать гаично-винтовое крепление, чтобы в любой момент устройство было возможно снять и заменить на другое.

Габариты будут измеряться с помощью ИК датчиков, после этого эти данные с помощью блютуз датчику отправляться на устройство сбора в ЖД составе. Такое устройство сбора нам необходимо так как блютуз датчики не способны на большие расстояния передавать значительные объемы информации.

После этого данные передаются на сервер и сравниваются с начальными значениями, которые должны быть заданы в соответствии с типом платформы.

Романов Р.В.

*Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
600000, г. Владимир, ул. Горького, 87
E-mail: romanov.roman.5@yandex.ru*

Комплексная обработка разнородных данных в измерительной системе геоэкологического мониторинга.

Подземные воды карстового формирования являются уязвимой компонентой геологической среды к влиянию антропогенных факторов [1]. Если своевременно не принимать меры к их изучению, охране и рациональному использованию водных ресурсов на закарстованных территориях, то это может привести к сравнительно быстрому ухудшению подземных вод[2].

В связи с этим, необходимо выделять определенный ряд параметров, дающих основу для анализа и оперативного контроля экологической обстановки и внедрение измерительной системы мониторинга с использованием ГИС-технологий, методов и алгоритмов оценки состояния водных ресурсов [3].

Измерительная система для геоэкологического мониторинга водоносного горизонта включает в себя электролокационную установку, которая служит для построения вертикального геологического и гидрогеологического разреза и систему сбора и обработки первичных данных [4]. Электролокационная установка состоит из блока управления, обработки и анализа данных, излучающих электродов, датчиков измерения электромагнитного поля, датчиков градиента температуры и коммутационное оборудование. Управление блоками осуществляется на микроконтроллерах dsPIC30F2011 по интерфейсу UART и RS-485. В результате интерпретации данных зондирования определяется структура вертикального геологического разреза, по которому определяется глубина и мощность залегания водоносных горизонтов.

При наблюдении за состоянием подземных вод с помощью измерительной системы геоэкологического мониторинга на больших территориях, можно выделять ключевые зоны и заранее определять скрытые процессы предвещающие изменение качества подземных вод и образования карста. При этом контролируются только определенные компоненты геологической среды. Они выбираются на основе алгоритма пространственно-временной обработки данных[5].

На карстово-суффозионные процессы в значительной степени оказывает минимальный речной сток и является наиболее чувствительной характеристикой гидрогеологического режима. Поверхностные воды, стекающие в депрессии, поглощаются понорами и питают реки. Карстовые процессы нарушают зональный характер распределения подземного стока, и приводят к перераспределению подземного стока в окрестных реках. Соответственно уровень стока рек оказывает значительное влияние на развитие деструктивных карстово-суффозионных процессов, как в локальном, так и в региональном масштабе. Эта особенность рек дает возможность организации режимного геоэкологического мониторинга развития и прогноза активизации деструктивных карстовых процессов.

Работа выполнена при поддержке Стипендии Президента РФ СП-254.2019.5

Литература

1. Токарев С. В. Оценка уязвимости карстовых подземных вод к загрязнению на примере массива Ай-Петри, горный Крым. Вопросы географии. 2018. № 147. с. 143-160;
2. Шестаков В. М., Невечера И.К., Авилина И.В. Методика оценки ресурсов подземных вод на участках береговых водозаборов: монография М.: КДУ, 2009. - 192 с.;
3. Kuzichkin O.R., Romanov R.V., Dorofeev N.V., Grecheneva A.V., Organization and application of information and analytical support for geological monitoring of water use, IOAB Journal, India vol. 11/ Issue 1, pp 20-26, 2020;

4. Grecheneva A V, Kuzichkin O R, Romanov R V, Bykov A A Analysis of influence of endogenous factors on results of geoecological express-control of water resources. Journal of Engineering and Applied Sciences 2017 Volume: 12 Issue: 24 pp 6852-6857;
5. Панькина Е.С., Дорофеев Н.В., Греченева А.В., Романов Р.В. Адаптивная обработка разнородных данных геотехнического мониторинга. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. ISSN 2071-6168 Выпуск 7, 2020 с.226-235.

Романов Р.В.

*Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
600000, г. Владимир, ул. Горького, 87
E-mail: romanov.roman.5@yandex.ru*

Подходы к санитарно-техническому мониторингу централизованно водоснабжения.

Исходя из роста инфраструктуры крупных населенных пунктов и с учетом факторов износа и старения коммуникаций, повышается уровень нагрузки на системы централизованного водоснабжения, что приводит к изменению качества питьевой воды [1]. Результаты мировой и национальной политики, а так же исторические факты подтверждают важность и ценность питьевой воды, по экономическим и стратегическим показателям, выходящей на первые места, опережая нефть и полезные ископаемые [2]. Сложность организации автоматизированного санитарно-технического мониторинга систем централизованного водоснабжения заключается в необходимости контроля и учета множества факторов: от гидрогеологических (режим подземных и поверхностных вод, наличие растворимых пород) до технических (различные типы сред, сложность структуры коммуникационной сети, ограниченный доступом к коммуникациям, стоимостью и сложностью технической реализации системы сбора показателей, не постоянство сбора и пропуск данных и др.). Особую значимость приобретает необходимость получения краткосрочных и долгосрочных прогнозных оценок возможных последствий ухудшения качества воды и технического состояния системы водоснабжения.

В связи с указанными выше сложностями необходима разработка эффективных информационно-аналитических средств санитарно-технического мониторинга систем водоснабжения, выявления рисков бактериологического заражения населения, длительного влияния на него химического состава воды и появления технических аварий в системах водоснабжения.

Для этого предлагается определить корреляционные зависимости показателей химического и бактериологического состава воды от санитарно-технического состояния системы водоснабжения и типов технической неисправности элементов трубопроводов. Разработать параметрическую модель зависимости технического состояния участков системы водоснабжения от данных входного и выходного химического и бактериологического контроля. Разработка алгоритмического и аналитического обеспечения для обработки разнородных данных пространственно-временных изменений показателей состояния системы водоснабжения на основе распределенного контроля показателей качества воды с использованием геоинформационных технологий.

Таким образом, применение информационно-аналитических средств санитарно-технического мониторинга систем централизованного водоснабжения позволит формировать прогнозные оценки риска нарушения санитарно-технического состояния систем централизованного водоснабжения и обеспечить комплексный учет, сбор и хранение больших объемов данных исследуемого региона.

Литература

1. Павлов Ю.Н., Кузьминский Р.А. Исследование вопросов мониторинга систем водоснабжения. Проблемы и пути их решения. // Наука и техника транспорта № 4 2016 с.48-53;
2. Петина М. А. Использование геоинформационных технологий в системах поддержки принятия решений при управлении водными ресурсами (на примере Белгородской области) // Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки. 2010. №21 (92).

Суржик Д.И., Васильев Г.С., Кузичкин О.Р., Харчук С.М., Курилов. И.А.
 Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
 учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
 имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
 602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
 E-mail: arzerum@mail.ru

Математическая модель механизма нефтяного загрязнения геологической среды на основе аппроксимации передаточной функции геоэлектрического разреза

Одним из источников загрязнения геологической среды являются аварийные утечки нефтепродуктов с площадных объектов их хранения и переработки, возникающие по ряду тех или иных причин [1]. Их результатом являются образующиеся под объектами нефтяной отрасли линзы нефтепродуктов, которые являются комбинированными жидкостями, не смешивающимися с водой и слабо в ней растворяющимися.

При поступлении нефтепродуктов в приповерхностные слои геологической среды под действием гравитационных сил они испытывают влияние различных физико-химических процессов: растворения, испарения, сорбции, биodeградации [2], которые зависят от физико-химических свойств, как нефтепродуктов, так и грунтов зоны аэрации, результатом чего является образование сложной трехфазной системы «вода-нефтепродукт-воздух».

Известные математические модели, описывающих механизмы нефтяных загрязнений, в большинстве случаев основаны на уравнении сохранения массы и являются сложными для использования ввиду существенной многофакторности данного процесса.

Для описания механизма нефтяного загрязнения может быть использовать подход, основанный на контрасте электрических свойств нефтепродуктов относительно электрических свойств геологической среды [3]. Известно, что геоэлектрический разрез произвольной геологической среды является объектом с распределенными параметрами, для математического описания которого допустимо использование аппроксимации передаточных функций эквивалентными дробно-рациональными выражениями вида

$$H(p, x, y, z) = \frac{b_0(x, y, z)p^0 + b_1(x, y, z)p^1 + \dots + b_n(x, y, z)p^n}{a_0(x, y, z)p^0 + a_1(x, y, z)p^1 + \dots + a_m(x, y, z)p^m} \quad (1)$$

где p - оператор Лапласа, x, y, z - пространственные координаты, b_n и a_m - коэффициенты числителя и знаменателя передаточной функции.

В соответствии с (1) геодинамические вариации геологической среды, вызванные утечками нефтепродуктов и их пространственными перемещениями, характеризуются изменениями действительных коэффициентов передаточной функции без изменения ее порядка, что позволяет задать такой порядок коэффициентов знаменателя, который будет обеспечивать заданную точность приближения.

Поскольку реальный геоэлектрический разрез имеет достаточно сложную структуру, то в соответствии с (1) он может быть эквивалентно представлен моделью слоистого несовершенного диэлектрика в виде параллельно-последовательных моделей верхних слоев разреза, физически реализуемых параллельно-последовательными соединениями дискретных RC-цепей.

Использование данного подхода на основе совместного применения аппроксимирующей эквивалентной дробно-рациональной функции комплексного переменного и пространственных координат (1), а также модели слоистого несовершенного диэлектрика и его представления дискретными электрическими цепями, является достаточно простым и точным математическим аппаратом для описания механизмов нефтяных загрязнений геологической среды, позволяющим с необходимой степенью точности осуществлять их описание, приближенные расчеты и моделирование.

Работа выполнена при поддержке Фонда содействия инновациям в рамках гранта по конкурсу «УМНИК-Нефтегаз» №133ГУЦЭС8-D3/56254

Литература

1. Haustov A.P. Problems of forecasting and assessing risks of contamination of the geological environment with petroleum hydrocarbons / Ecology and labor protection. — 2014. — № 7/8. — Pp. 59-64.
2. Ognianik N.C., Paramonova N.K., Briks A.L. Fundamentals of studying the contamination of the geological environment with light oil products / К.: [A.P.N.]. - 2006. – 278 p.
3. Pozdnyakov A.I., Gulalyev C.G. Electrophysical properties of some soils / Moscow-Baku «Adiloglu». - 2004. – 240 p.

Суржик Д.И., Кузичкин О.Р., Васильев Г.С., Курилов И.А., Харчук С.М.
 Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
 учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
 имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
 602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
 E-mail: arzerum@mail.ru

Обоснование применимости фазометрического метода для геоэлектрического контроля утечек нефтепродуктов

Обеспечение мирового населения качественным и безопасным продовольствием во многом зависит от эффективности решения проблемы поддержания экологической безопасности сельскохозяйственных угодий за счет непрерывного контроля их состояния и раннего обнаружения возможных загрязнений, к числу которых относятся аварийные утечки нефтепродуктов с площадных объектов их хранения и переработки.

Для решения данной задачи могут быть использованы различные геоэлектрические методы контроля, а для описания механизма нефтяного загрязнения - подход, основанный на представлении геоэлектрического разреза произвольной геологической среды передаточной функций комплексного переменного и пространственных координат [1], которая в показательной форме определяется как

$$H(p, x, y, z) = A(p, x, y, z)e^{j\varphi(p, x, y, z)}, \quad (1)$$

где p - оператор Лапласа, x, y, z - пространственные координаты,

$A(p, x, y, z) = |H(p, x, y, z)| = \sqrt{\text{Re}^2[H(p, x, y, z)] + \text{Im}^2[H(p, x, y, z)]}$ - модуль передаточной функции, Re - действительная часть комплексной переменной, Im - мнимая часть комплексной переменной, $\varphi(p, x, y, z) = \arg[H(p, x, y, z)] = \arctg \left[\frac{\text{Im}[H(p, x, y, z)]}{\text{Re}[H(p, x, y, z)]} \right]$ - аргумент передаточной функции.

Модуль и фаза данной передаточной функции могут быть вычислены на основе классической модели "вход-выход" из отношения

$$H(p, x, y, z) = \frac{Y(p, x, y, z)}{X(p, x, y, z)}, \quad (2)$$

где $X(p, x, y, z)$ - зондирующий низкочастотный электрический сигнал в операторной форме, $Y(p, x, y, z)$ - регистрируемый электрический сигнал в операторной форме.

Преобразовав (2) с учетом (1), получаем

$$H(p, x, y, z) = \frac{|Y(p, x, y, z)|e^{j\varphi_Y(p, x, y, z)}}{|X(p, x, y, z)|e^{j\varphi_X(p, x, y, z)}} = \frac{|Y(p, x, y, z)|}{|X(p, x, y, z)|}e^{j\Delta\varphi(p, x, y, z)}, \quad (3)$$

$$\text{где } \Delta\varphi(p, x, y, z) = \varphi_Y(p, x, y, z) - \varphi_X(p, x, y, z).$$

Поскольку параметры зондирующего сигнала являются известными, то, очевидно, что информация об утечках нефтепродуктов содержится как в модуле, так и аргументе регистрируемого геоэлектрического сигнала.

Важнейшим недостатком контроля амплитуд регистрируемых геоэлектрических сигналов, в первую очередь, является наличие существенного влияния на них различных помеховых воздействий и колебаний климатических факторов. В связи с этим наиболее перспективно применять подход, информативным параметром которого являются фазовые характеристики регистрируемых геоэлектрических сигналов. Как следствие фазометрический метод [2, 3] геоэлектрического контроля характеризуется повышенной чувствительностью и большей дальностью действия.

Работа выполнена при поддержке Фонда содействия инновациям в рамках гранта по конкурсу «УМНИК-Нефтегаз» №133ГУЦЭС8-D3/56254

Литература

1. Vasilyev G.S., Kuzichkin O.R., Grecheneva A.V., Dorofeev N.V., Surzhik D.I. Analysis of the combined transfer functions for geotechnical control / International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. – 2018. - 18(1.2), pp. 43-50.
2. Kuzichkin O.R., Vasilyev G.S., Grecheneva A.V., Mikhaleva E.V., Baknin M.D., Surzhik, D.I. Application of phase-metric compensation method for geoelectric control of near-surface geodynamic processes / Bulletin of Electrical Engineering and Informatics. - Volume 9, Issue 3, June 2020, Pp.898-905.
3. Baknin M.D., Surzhik D.I., Vasilyev G.S., Dorofeev N.V. The modeling of the Phase-Metric Method of the Geoelectrical Control of Oil Sludge Straits / IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Volume 459, Issue 4, 14 April 2020, №0420852019. - International Science and Technology Conference on Earth Science, ISTC Earth Science 2019; Russky Island; Russian Federation; 10 December 2019 to 12 December 2019; Code 159192.