МЕТОД ОПИСАНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ ПРИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ СПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

С.Н. Свиташева, д.ф.-м**. (ИФП СО РАН, Новосибирск)**

При интерпретации измерений одной из проблем был и остается способ описания диэлектрической функции (ДФ) кристаллических, поликристаллических и аморфных пленок. Условия синтеза пленки влияют на ее кристаллическую структуру и состав, что, следовательно, приводит к существенным изменениям спектрального вида ε(λ). Практически невозможно создать библиотеку ДФ всех известных и синтезируемых новых материалов на все случаи жизни. Проблема была решена путем описания ДФ математически. Теоретически все ДФ должны иметь общую спектрально выраженную форму, [Cardona M. *Modulation Spectroscopy*, Academic Press, New York, 1969] с ограниченным набором параметров (коэффициентов), что позволяет легко модифицировать спектральный вид ε(λ) в зависимости от условий синтеза.

$$\varepsilon(\omega) \approx 1 + \sum_j \frac{\omega_{pj}^2}{\left(\omega_{gj}^2 - \omega^2 - i\Gamma_j\right)\left(\omega_{gj}^2 + \omega^2 + i\Gamma_j\right)}$$

Представление ДФ суммой осцилляторов не только удобно, но и полезно для определения состава эпитаксиальных слоев и управления процессом ростом в режиме реального времени, используя обратную связь. Уравнение автоматически удовлетворяет принципу причинности, четности и соотношению Крамерса-Кронига, однозначно связывающего действительную и мнимую части диэлектрической функции во всем диапазоне измерений. Правда, в этих уравнениях не выполняется правило сумм на бесконечности, поэтому классическая дисперсионная модель аппроксимации диэлектрической функции может быть использована и в модифицированном виде, с выделением в отдельное слагаемое Друде осциллятора. Далее рассмотрен формализм, предложенный Форохи и Блумером (Forouhi A.R., Bloomer I.) для описания ДФ кристаллических и аморфных материалов, основанный на зонной теории твердого тела.

О ВЫБОРЕ ФОРМЫ ФУНКЦИОНАЛА ПРИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ИЗМЕРЕНИЙ

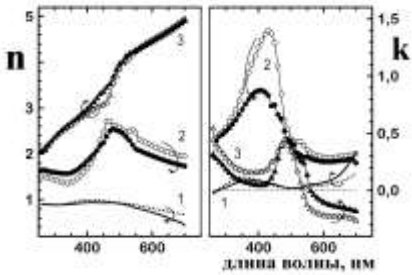
С.Н. Свиташева, д.ф.-м.н, **(ИФП СО РАН, Новосибирск)**

Интерпретация результатов измерений состоит, как правило, из трех этапов. На первом задается (выбирается) **физическая** модель объекта, описываемая некоторым набором **P** = {P_1, P_2, ..., P_m} параметров, часть которых может быть известна. На втором этапе выбирается **математическая** модель представления свойств исследуемой системы. На третьем этапе находится **набор** значений **параметров**, наилучшим образом соответствующий набору экспериментальных данных, критерием является функция ошибок χ^2 или «целевая функция» (merit function, objective function or error function) выраженная, как правило, суммой квадратичных невязок (отклонений) между экспериментальными данными и рассчитанными согласно выбранным моделям. В идеальном случае для идеальной исследуемой системы ***функция ошибок*** χ^2 должна равняться нулю, что может быть реализовано только в машинном эксперименте и то, если не заданы «шумы измеренных» величин. С точки зрения математики в качестве функция ошибки может использоваться любая функция, имеющая глобальный минимум только при точном совпадении модельных значений и экспериментальных данных. Если точное решение существует, то задача поиска минимума и задача решения системы уравнений “*теоретически”* эквивалентны. На практике выбор χ^2 влияет на результаты решения обратной задачи. Это влияние оказывается двумя способами. *Во первых*, скорость сходимости выбранной χ^2 и, следовательно, при одном и том же количестве итераций критерий останова будет соответствовать различным величинам χ^2, то есть различным значениям найденных параметров. *Второй способ,* когда χ^2 кроме глобального минимума имеет ***локальные минимумы***. Если критерий останова сработает при достижении локального минимума, то решение будет не только неверным, но и весьма далеким от истины. Далее приведены примеры выбора χ^2.

НЕОДНОЗНАЧНОСТЬ РЕШЕНИЯ И МЕТОД ЕЕ УСТРАНЕНИЯ

С.Н. Свиташева, д.ф.-м.н, **(ИФП СО РАН, Новосибирск)**

Для поглощающих пленок было рассмотрено аналитическое решение обратной задачи для трех параметров системы и получено точное решение в виде пространственной спирали, все точки которой являются решениями для одной единственной пары измеренных данных. Чтобы найти одно единственное решение, нужно найти точку пересечения двух пространственных спиралей, полученных варьированием одного из параметров системы. Этот метод полезен для определения границ поиска каждого из параметров при условной минимизации некоторого функционала. Для исследователя важно убедиться, что найдено решение, удовлетворяет параметрам системы, как математическим, так и физическим принципам.



Найдены три пары ветвей, математически удовлетворяющих входным данным. Анализ результатов показал, что в данном диапазоне измерений от двух пар ветвей необходимо отказаться. Правила отбора корней уравнения позволяют проверить, адекватность модели системы, используемой для решения обратной задачи. Решения, полученные для нескольких вариантов одного или нескольких параметров системы, должны содержать общее решение. *Только тогда выбранная модель соответствует* исследуемой структуре.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СКОРОСТНОЙ И ТЕПЛОВОЙ ДИНАМИКИ НЕСКОЛЬКИХ ЧАСТИЦ ЗА ПРОХОДЯЩЕЙ УДАРНОЙ ВОЛНОЙ

И.А. Бедарев, канд. физ.-мат. наук, доцент**,**
Федоров А.В., д-р физ.-мат. наук, профессор,
(НГАСУ (Сибстрин), ИТПМ СО РАН, г. Новосибирск)

Целью настоящей работы было численное изучение количественных характеристик взаимодействия проходящей ударной волны с системой тел для определения влияния режима обтекания на коэффициент сопротивления, время тепловой и скоростной релаксации частиц. В рамках пакета инженерного анализа ANSYS Fluent с применением решателя 6DOF создана вычислительная технология прямого численного моделирования скоростной и тепловой динамики массива частиц. В качестве математической модели использовались осредненные по Фавру нестационарные уравнения Навье-Стокса, дополненные SST модификацией k-ω модели турбулентности и уравнением состояния идеального газа. Выполнен расчет движения двух и трех частиц под воздействием проходящей ударной волны. Для учета столкновений использована модель упругого взаимодействия частиц. Сопоставление расчетных и экспериментальных данных показывает хорошее их соответствие. частиц. Получена подробная волновая картина нестационарного взаимодействия проходящей ударной волны с движущимися частицами. Показано, что приближенная модель расчета скоростной релаксации (режим одиночных частиц – модель Ньютона) плохо работает в случае взаимного влияния частиц, когда одни частица находятся в аэродинамической тени других частиц. Это свидетельствует об ограниченной применимости Лагранжевого подхода для концентраций частиц, при которых возможно взаимодействие частиц.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 15-08-01947, 15-08-01723).

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАНОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ КВАНТОВЫХ АВТОМАТОВ-КОНВЕРТОРОВ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

С.А. Безносюк, д-р физ.-мат. наук, профессор, **М.С. Жуковский,** канд. хим. наук, доцент, **О.А. Маслова**, канд. физ.-мат. наук, доцент, **Д.Ю. Максимов,** аспирант (АГУ, г. Барнаул)

Рассмотрено математическое моделирование и компьютерный дизайн наноэлектромеханических систем (НЭМС) квантовых автоматов-конверторов наноструктур конструкционных материалов в рамках квантово-полевого формализма аттосекундной физики конденсированного состояния [1, 2]. Компьютерным моделированием квантовой НЭМС-кинетики (НК) изучена эволюция НЭМС квантовых автоматов-конверторов наноструктур в виде ограниченных плоскостями типа (100) кубоидов Ru_{256}, Rh_{256} и Pd_{256} в ГЦК структуре кристаллов. В докладе проведено сравнение результатов расчёта для характеристических температур: криогенных T = 1 - 77 К, нормальных 293 - 298 К и предплавления кристаллов рутения, родия и палладия. Анализ компьютерных экспериментов показал, что при разных температурах квантовая релаксация НЭМС квантовых автоматов-конверторов рутения, родия и палладия, как квантовых накопителей электромеханической энергии аттосекундных импульсов жесткого ультрафиолета и мягкого рентгена, имеет существенные различия в кинетических характеристиках и в разнообразии стадий наноструктурных превращений. Методом НК выявлено, что при релаксации происходит существенное изменение формы и парной радиальной функции распределения ядер НЭМС квантовых автоматов-конверторов. Показано, что в течение первых нескольких десятков пикосекунд процесса релаксации НЭМС квантовых автоматов-конверторов происходит квантово-флуктуационное перестроение исходного куба в кубоид с сильным изгибанием поверхностных граней, после чего происходит серия последующих вторичных стадий трансформация с изменением граней в трапецоиды и другие морфологические формы.

ПРЯМЫЕ И ОБРАТНЫЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ КИНЕТИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ ПЕРЕНОСА НЕЙТРОНОВ

Бобоев К.С, к.ф.-м.н.,доц.**(НГАСУ (Сибстрин),г. Новосибирск)**

Для нестационарного кинетического уравнения переноса нейтронов рассматривается вопрос об определении коэффициентов входящих в уравнении.
Изучается вопрос о решении прямой и обратной задачи на основе разложения решения в ряд по сферическим функциям .Доказывается теорема существования «в малом» и единственности «в малом» обратной задачи.
Предложен конечно-разностный метод решения обратной задачи для системы метода сферических гармоник на основе обращения разностной схемы а также оптимизационный метод определения коэффициентов системы.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ СТАЛИ НАНОРАЗМЕРНЫМИ ТУГОПЛАВКИМИ ЧАСТИЦАМИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

О.А. Бойко, ст. преподаватель (**НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск**), В. Н. Попов, д. ф.-м.н., г.н.с. (**ИТПМ СО РАН, г. Новосибирск**)

Моделируется процесс модифицирования нанопорошками поверхностного слоя движущейся стальной пластины при разогреве её лазерным излучением. При плавлении пластины, тугоплавкие наноразмерные частицы равномерно распределяются по всему объёму расплава и являются центрами зарождения и роста кристаллизации. Плавление металла рассматривается в приближении Стефана, а затвердевание сопровождается объёмной кристаллизацией. Для численной реализации модели использовалась дискретизация расчетной области при помощи равномерной пространственной сетки. Разностные уравнения строились посредством аппроксимации балансных соотношений.

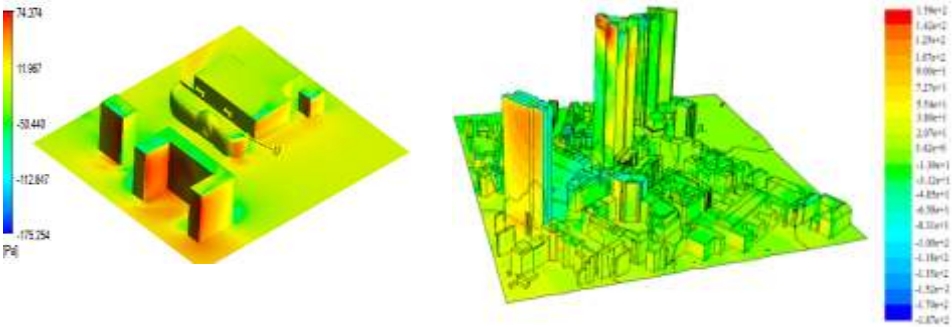
Проведено численное исследование характеристик возникающей жидкой лунки в зависимости от скорости движения пластины и мощности излучения, а также процессы зарождения и роста твердой фазы в период затвердевания металла. Показано, что, предлагаемая технология модифицирования может способствовать улучшению поверхностного слоя металла на глубину его проплавления.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕТРОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА КОМПЛЕКСЫ ЗДАНИЙ

С.А. Вальгер, м.н.с. (**НГАСУ (Сибстрин)**, **г. Новосибирск**),
Н.Н. Федорова, профессор, д.ф.-м.н. **(НГАСУ (Сибстрин)**, **г. Новосибирск**)

При построении численных моделей для исследования ветровых нагрузок на строительные сооружения ключевыми входными параметрами являются количественные и качественные характеристики атмосферы: скорость и направление ветра в пограничном слое атмосферы и их изменение во времени, толщина и структура атмосферного пограничного слоя. Следует учитывать особенности атмосферного движения: его неупорядоченный, турбулентный характер, возникновение существенных вертикальных градиентов метеорологических величин в пограничном атмосферном слое (ПСА), а так же существенную толщину ПСА, которая значительно превышает вертикальный размер зданий и сооружений.

В настоящей работе приведены результаты 3D численного моделирования течений воздуха в окрестности реальных строительных объектов сложной формы и их комплексов с учетом сложного рельефа местности на основе решения несжимаемых URANS/RANS уравнений, дополненных моделью вихревой вязкости k-ω SST с учетом модификации для коррекции вихревой вязкости. Целью работы является исследование комплексной структуры течения в приземном атмосферном слое в условиях нейтральной стратификации, получение количественных характеристик течения для оценки ветрового воздействия на объекты, а так же сравнение полученных результатов с экспериментальными данными.



а) б)

Рис. 1. Расчетные поля статического давления P, Па на стенах зданий для различных типов городской застройки и направлений ветра.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ, проект № 211, ЗАДАНИЕ № 2014/140 на выполнение государственных работ в сфере научной деятельности в рамках базовой части государственного задания; Российского фонда фундаментальных исследований, грант №15-07-06581 А.

ПРИВЕДЕНИЕ К КАНОНИЧЕСКОМУ ВИДУ КРАЕВЫХ УСЛОВИЙ СИНГУЛЯРНО-ВОЗМУЩЕННОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ОБЫКНОВЕННОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ

Ю.М.Вахромеев, канд.физ.-мат. наук, доцент **(НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск)**

Рассматривается задача с малым параметром при старших производных, как в уравнении, так и в граничных условиях. Описывается алгоритм приведения краевых условий к виду, когда краевые условия ранжированы относительно их значимости для вырожденной задачи. Диаграммы Ньютона таких условий вложены друг в друга.

ЭФФЕКТИВНЫЙ КРИТЕРИЙ РАСХОДИМОСТИ РЕКУРРЕНТНОГО АЛГОРИТМА ОЦЕНИВАНИЯ ВЕКТОРА СОСТОЯНИЯ

Воскобойников Ю.Е., д-р физ.-мат. наук, профессор
(НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск)

Рекуррентные алгоритмы оценивания (фильтры Калмана) получили широкое распространение при решении широкого круга задач управления, идентификации и фильтрации. Эти алгоритмы имеют ряд преимуществ перед другими алгоритмами решения названных задач. Главные из этих преимуществ – оптимальность оценки вектора состояния (минимизация среднеквадратической ошибки оценивания) и свойство рекуррентности - когда «новая» оценка вектора состояния получается из «старой» оценки (оценка на предыдущем шаге) и обработки «нового» измерения. Такая схема оценивания получила название «предиктор-корректор».

Однако при использовании этих алгоритмов на практике возникает **проблема расходимости** – когда «истинные» ошибки оценивания вектора состояния существенно выше «расчетных» значений, вычисленных по расчетным соотношениям алгоритма оценивания, т.е. алгоритм оценивания работает не в оптимальном режиме. Для преодоления расходимости алгоритм оценивания должен обнаружить нарушение оптимального режима и провести коррекцию расчетной схемы алгоритма. В работе построен простой и хорошо реализуемый на практике критерий расходимости рекуррентного алгоритма оценивания, который достаточно точно обнаруживает момент потери алгоритмом свойства оптимальности, т.е. момент начала резкого возрастания среднеквадратической ошибки оценивания. В основу этого критерия положена проверка статистических гипотез о свойствах обновляющего процесса, который представляет разность между текущим измерением и предсказанным значением этого измерения. Проведенные вычислительные эксперименты показали высокую эффективность предложенного критерия.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗРЫВОВ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЙ РАЗЛИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИИ

Ю.В. Захарова, **к.ф.-м.н.** (НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск)
И.А. Борисов, **магистрант.**, (НГАСУ (Сибстрин)

В работе представлены результаты численного моделирования взрыва заряда TNT внутри помещений различной конфигурации. Математическое моделирование проведено в программной среде ANSYS Workbench с использованием расчетного кода ANSYS AUTODYN, который позволяет моделировать крайне сложные быстропротекающие процессы механики сплошной среды, такие как моделирование взрыва и распространение ударных волн в среде, поведение и отклик конструкции на внешнее динамическое воздействие, а также разрушение материала. Расчеты проведены для случая полностью закрытого помещения и помещения с вентиляционным отверстием на крыше. Описание воздушной среды проводилось с помощью системы уравнений Эйлера, дополненных уравнением состояния идеального газа. Все расчеты выполнены при нормальных атмосферных условиях $P = 101325$ *Па*. Для аппроксимации уравнений использована явная схема Годунова второго порядка точности. Для описания заряда TNT в расчетах использовано уравнение состояния Jones-Wilkins-Lee (JWL)

По результатам расчетов получены данные о величинах давлений, действующих на стенки помещений, исследована ударно-волновая структура течения, проведена оценка влияния массы взрывчатого вещества, а также наличия вентиляционных отверстий в исследуемых помещениях. Результаты расчетов сопоставлены с имеющимися в литературе экспериментальными данными.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ, проект № 211, ЗАДАНИЕ № 2014/140 на выполнение государственных работ в сфере научной деятельности в рамках базовой части государственного задания; Российского фонда фундаментальных исследований, грант №15-07-06581 А.

РАЗВИТИЕ НЕУСТОЙЧИВОСТИ РИХТМАЙЕРА – МЕШКОВА ПРИ ПАДЕНИИ УДАРНОЙ ВОЛНЫ НА СИСТЕМУ ИЗ ДВУХ КАПЕЛЬ ТЯЖЕЛОГО ГАЗА.

К. И. Зырянов, ст. преподаватель**, Г. А. Руев,** к.ф.- м. н, доцент**, А. В. Федоров,** д.ф.- м. н, профессор **(НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск)**

На основе математической модели механики двухскоростной двухтемпературной смеси газов исследуется эволюция двух взаимодействующих капель тяжелого газа при падении на них ударной волны в двумерном нестационарном приближении.

Импульсное ускорение искривленной границы раздела двух сред с разной плотностью порождает неустойчивость Рихтмайера – Мешкова, что связано с рассогласованием градиентов плотности и давления. В результате возникает завихренность вдоль поверхности раздела, что приводит к деформированию поверхности, смешению сред и в дальнейшем к возникновению турбулентности. После прохождения ударной волны через систему из двух капель тяжелого газа образуется пара вихрей на противоположных концах каждой капли. В дальнейшем течение вблизи капель определяется взаимодействием этих вихрей. В частности, когда в результате расширения капель, они начинают контактировать между собой, происходит ослабления двух взаимодействующих вихрей в контактной зоне.

Со временем появляется волнообразность в областях смешения, что связано с возникновением вторичной неустойчивости. Объяснения многих явлений, таких как, например, сверхзвуковое смешение и горение, астрофизика, инерционный термоядерный синтез и др., лежит в понимании развития указанной неустойчивости.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЛЕНОК ВОЛЬФРАМА, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

В.Н. Кручинин (канд. хим. наук, научн. сотр.), **В.В. Атучин** (к.ф.-м.н., зав. лаб.), **В.А. Кочубей** (к.ф.-м.н., вед.инж.), **Т.А. Гаврилова** (научн. сотр.), **Л. Д. Покровский** (вед. инж.)
(ИФП СО РАН, Новосибирск)

Исследованы структура, микроморфология и оптические характеристики толстых, непрозрачных пленок вольфрама, нанесенных на подложки из кремния методом магнетронного распыления в режиме постоянного тока. По данным ДЭВЭО, приповерхностный слой пленок — смесь аморфной и поликристаллической компонент; последняя отнесена к вольфраму, пространственная группа Im3m. Данные РЭМ показали, что размеры неоднородностей на поверхности пленки составляют величину ~ 30-300 нм, а толщина пленок ~ 400 нм.

Методом спектральной эллипсометрии определены дисперсионные зависимости показателя преломления, n(λ), и коэффициента поглощения пленок вольфрама, k(λ) в диапазоне длин волн λ = 250-1100 нм. Решение обратной задачи эллипсометрии и подгонка спектральных зависимостей эллипсометрических углов Ψ(λ) и Δ(λ) осуществлялась в соответствии с основным уравнением эллипсометрии

$$tg\Psi \cdot e^{i\Delta} = R_p / R_s \ ,$$

где R_p, R_s - комплексные коэффициенты отражения света для волн, поляризованных в плоскости падения и перпендикулярно к ней, зависят от оптических постоянных и толщин слоев. N(λ), k(λ) рассчитывались с использованием модели полубесконечной отражающей среды, подгонка значений углов Ψ(λ), Δ(λ) для спектра осуществлялась минимизацией функции ошибки:

$$\sigma^2 = 1/m \cdot \sum_{i=1}^{m} \left[\left(\Delta_{\exp.} - \Delta_{calc.} \right)^2 + \left(\Psi_{\exp.} - \Psi_{calc.} \right)^2 \right]$$

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РЕКУРРЕНТНЫХ АЛГОРИТМОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Крысов Д.А., аспирант (НГТУ, г. Новосибирск)

В работе исследуется устойчивость рекуррентных алгоритмов идентификации параметров динамических систем, которые описываются разностными ARMA-моделями. В общем случае такие модели описываются следующим уравнением (обозначается как ARMA(p,q):

$$z(k)=\sum_{i=1}^{p}a_i z(k-i)+\varepsilon(k)+\sum_{j=1}^{q}b_j\varepsilon(k-j) \qquad (1)$$

где p – порядок авторегрессионной части модели, а q – порядок скользящего среднего. Для применения рекуррентых алгоритмов идентификации делается переход от разностного уравнения (1) к модели в пространстве состояний:

$$z(k)=H(k)X(k)+\varepsilon(k) \qquad (2)$$

где вектор X(k) – составлен из идентифицируемых коэффициентов разностного уравнения, а матрица *H(k)* – из значений входного и выходного сигналов динамической системы.

Для уравнений (1) небольшого порядка (p=0,1,2; q=1,2) выполнены исследования влияния неточностей задания матрицы *H(k)* (обусловленные погрешностями измерений входного и выходного сигнала) на устойчивость и ошибки идентификации рекуррентным алгоритмом идентификации.

Установлена степень влияния уровней шума измерения входного и выходного сигнала на ошибку идентификации, а также влияние аномальных измерений на эту ошибку.

ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ROI-ТОМОГРАФИИ ВНУТРЕННИХ ТРЕЩИН

А.В. Лихачев, д-р техн. наук, с.н.с. (ИАЭ СО РАН, г. Новосибирск), **Н.С. Воронцов**, магистрант, **Е.Ю. Орлова**, магистрант (НГТУ, г. Новосибирск)

Одним из средств контроля изношенности конструкций, находящихся в эксплуатации, является рентгеновская томография. Спецификой задачи является то, что объект исследования, как правило, не может быть прозондирован полностью. Возникающая при этом задача визуализации его внутренней структуры относится к ROI-томографии (от английского region of interest). В условиях недостатка данных важную роль играет использование априорной информации. В рассматриваемом случае ею, в частности, является то обстоятельство, что возможны только два значения плотности, которые соответствуют материалу и пустотам. В то же время, яркость пикселей восстановленного изображения является случайной величиной, распределённой в некотором интервале.

В работе предлагается, исходя из статистического анализа, каждому пикселю присваивать одно из двух значений: единица, если его яркость больше некоторой критической величины ε_c, и ноль в противном случае. Для определения ε_c разработан следующий алгоритм. Рассматриваются распределения пикселей с высокой и низкой яркостью. На основании теоремы Ляпунова предполагается, что оба они являются нормальными. Их параметры оцениваются по выборкам пикселей, взятых из реконструированных изображений. Гипотезы о распределениях проверяются по критерию χ^2. При моделировании было получено, что они согласуются с имеющимися данными при трёх – пяти процентном уровне значимости отклонения. После принятия гипотез, ε_c находится как значение аргумента, при котором функции плотности распределения ярких и тёмных пикселей равны.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ РЕКУРРЕНТНЫХ АЛГОРИТМОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ МА-МОДЕЛЕЙ

Ляшенко В.С. (НГТУ, г. Новосибирск)

Рекуррентные алгоритмы оценивания (фильтры Калмана) получили широкое распространение при решении широкого круга задач управления, идентификации и фильтрации. Эти алгоритмы имеют ряд преимуществ перед другими алгоритмами решения названных задач. Главные из этих преимуществ – оптимальность оценки вектора состояния (минимизация среднеквадратической ошибки оценивания) и свойство рекуррентности - когда «новая» оценка вектора состояния получается из «старой» оценки (оценка на предыдущем шаге) и обработки «нового» измерения. Такая схема оценивания получила название «предиктор-корректор».

Однако при использовании этих алгоритмов в задачах идентификации (в отличие от задачи фильтрации или задачи оценивания) матрица наблюдений содержит в себе случайные погрешности. Эти погрешности обусловлены шумами измерения входного и выходного сигнала идентифицируемой динамической системы и это вызывает увеличение ошибки идентификации, а в некоторых случаях и расходимость алгоритма идентификации – когда «истинные» ошибки идентификации существенно выше «расчетных» значений, вычисленных по расчетным соотношениям алгоритма идентификации, т.е. алгоритм идентификации работает не в оптимальном режиме.

В работе исследуется точность процедуры идентификации на одном классе моделей динамических систем – МА-модели (модели скользящего среднего). Исследуется зависимость ошибки идентификации параметров моделей от уровней погрешностей измерения входного и выходного сигнала идентифицируемой системы, а также моменты появления расходимости алгоритма идентификации. Кроме этого исследуется зависимость ошибки идентификации стационарных систем от количества измерений.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

К.С. Михайлов, (**НГАСУ (Сибстрин)**, **г. Новосибирск**),
С.А. Вальгер, м.н.с. (**НГАСУ (Сибстрин)**, **г.Новосибирск**)

Геоинформационные системы (ГИС) в реальном мире играют огромную роль. Сегодня эти технологии активно используются в различных отраслях промышленности, строительстве, проектировании городской инфраструктуры. Благодаря развитию ЭВМ и информационных систем в целом, технологии ГИС прошли путь от простых бумажных карт до мощных комплексов, позволяющих хранить информацию о рельефе, архитектуре, природных ресурсах, а также проводить различные типы численного анализа на основе этих данных. Как правило, современные ГИС имеют модульную архитектуру – базу данных (БД), алгоритмы обработки данных и графическую среду для визуализации геоинформации. Эти модули предоставляют мощные инструменты для работы с ГИС.

Данная работа посвящена проектированию ГИС для различных типов инженерного анализа городской среды, таких как оценка аэродинамики городской застройки, исследование процессов распространения вредных выбросов и т.д. Разработана БД, в качестве управления которой использована среда Microsoft SQL Server. В работе реализованы алгоритмы обработки данных – построение 3D моделей зданий и сооружений на основе набора точек, и их импорта в САПР. Для реализации данных алгоритмов использован объектно-ориентированный язык программирования высокого уровня C# в среде разработки Microsoft Visual Studio 2015 Community. В качестве САПР выступают программный продукт Autodesk Revit и система инженерного анализа ANSYS.

На первом этапе разработаны технологии для проектирования 3D моделей зданий с нулевым уровнем детализации: не учитываются дверные и оконные проемы, сложные объекты представлены совокупностью простых примитивов. В дальнейшем планируется усовершенствовать алгоритмы обработки данных, для построения более сложных форм; дополнить БД объектами городской инфраструктуры, такими как дороги, мосты, водоёмы и т.д.. Также предполагается разработать удобные инструменты импорта/экспорта

для CAD (*Computer-Aided Design*) и CAE (*Computer-Aided Engineering*) программ.

В качестве тестового проекта выбрана модель студенческого городка НГАСУ (Сибстрин) с нулевым уровнем детализации зданий и рельефа. Построенная модель в дальнейшем будет использована для инженерных расчетов в САПР с целью анализа комфортности университетской среды.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ, проект № 211, ЗАДАНИЕ № 2014/140 на выполнение государственных работ в сфере научной деятельности в рамках базовой части государственного задания.

АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ

Соппа М.С., д-р физ.-мат. наук, профессор **(НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск)**

При исследовании проблем очистки природных подземных и поверхностных вод актуальной задачей является расчет и проектирование реакторов - осветлителей на основе технологии фильтрации примеси в псевдоожиженном слое частиц контактной массы. В многочисленных работах по физико-математическому описанию таких моделей не принималось во внимание наличие нестационарных периодических пульсаций частиц. Однако, не вызывает сомнения, что данный фактор оказывает существенное влияние на основные кинематические и энергетические характеристики устройств в системах очистки воды.

В качестве одного из возможных подходов к моделированию автоколебаний рассматривается генератор Ван дер Поля. Его реализация описывается с помощью обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка, включающего (помимо обычной возвращающей силы) нелинейное демпфирующее слагаемое с положительной обратной связью. Численное решение указанного уравнения позволяет получать зависимости, демонстрирующие физическое явление "захвата частоты".

Для приближенного моделирования автоколебаний частиц контактной массы построен разрывный аналог генератора Ван дер Поля. Нелинейное демпфирование заменяется турбулентным вязким взаимодействием с переменным числом Рейнольдса, а влияние возвращающей силы учитывается постановкой соответствующих граничных условий. Объединяя дифференциальные уравнения на различных этапах движения частицы, удается получить фазовый портрет автоколебательного процесса, с помощью которого можно определить частоту пульсаций в вертикальном канале, а также провести оценку энергетических затрат на поддержание давления в системе подачи очищаемой воды.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ОТКЛИКА МНОГОСЛОЙНОЙ КОНСТРУКЦИИ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ УДАРНОЙ ВОЛНЫ

М.Н. Данилов, м.н.с., ст. преп.
В.В. Адищев, д.т.н., проф.
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), г. Новосибирск

В работе рассматриваются вопросы взрывостойкости строительных конструкций, в частности многослойных стеновых и кровельных панелей. Проведено комплексное исследование многослойной конструкции, находящейся под воздействием статических и динамических нагрузок. В результате исследования получены напряжения и деформации элементов конструкции при действии нагрузок различной величины и конфигурации. Установлены пределы статической и динамической прочности многослойных конструкций. Выполнен сравнительный анализ нескольких математических моделей многослойных оболочек. Даны рекомендации по использованию различных моделей и установлены диапазоны толщин и жесткости среднего слоя, в которых эти модели применимы. Проведен анализ колебательных процессов возникающих в оболочках при воздействии на них импульсных нагрузок. Изучены волновые процессы в элементах конструкции.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ, проект № 211, ЗАДАНИЕ № 2014/140 на выполнение государственных работ в сфере научной деятельности в рамках базовой части государственного задания.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ БУРОНАБИВНОЙ СВАИ И ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ

М.Н. Данилов, младший научный сотрудник, старший преподаватель, **А.С. Войтенко**, магистрант
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), г. Новосибирск

В работе рассматривается процесс нагружения сваи равномерно-распределенной нагрузкой приложенной к оголовку сваи и ее совместная работа с грунтовым основанием. Целью данной работы является исследование напряженно-деформированного состояния в грунтовом массиве, усиленном буронабивными сваями. Рассматриваются существующие модели грунта, выполняется их обзор и анализ. Проводится сравнение линейных и нелинейных моделей грунта. Рассматривается возможность применения метода конечных элементов к решению задач механики грунтов. Описывается механизм разрушения массива грунта.

Ключевые слов: свая, механика грунтов, нелинейные модели, , ANSYS, метод конечных элементов.

Одним из самых важных вопросов строительства на сложных основаниях является правильная оценка величины деформации грунтового массива. В настоящее время наиболее распространенным методом является решение задач линейно деформируемой среды. Методика определения нормальных и касательных напряжений с помощью использования линейных законов несовершенна и не позволяет отобразить реальную картину работы грунтовой среды. Использование нелинейных зависимостей позволит описать работу грунта при высоких нагрузках, при которых грунт переходит в пластическую стадию. Имеется необходимость учитывать, как физическую нелинейность, так как при высоких напряжениях зависимости деформаций от напряжений имеют явно выраженный

нелинейный характер, так и геометрическую нелинейность, потому что система меняет свои размеры и форму.

Объектом исследования является грунтовое основание, усиленное буронабивными сваями. В настоящей работе рассматривается область грунтового основания с одной сваей.

Математическое моделирование механической реакции системы «свая-основание» на статические нагрузки основано на методе конечных элементов. При создании математической модели приняты следующие основные допущения:

1) динамические эффекты отсутствуют (статическая постановка);

2) все слои грунта соединены неразрывно;

3) при любых деформациях сохраняется структурная целостность элементов конструкции;

4) поведение всех материалов предполагается упругопластическим.

При описании работы системы «свая-основание» учитывается физическая и геометрическая нелинейность. Необходимость учета геометрической нелинейности для исследуемой конструкции обусловлена малой жесткостью материалов основания и схемой нагружения. происходят большие перемещения и деформации. Моделирование больших перемещений и поворотов осуществляется в соответствии с теорией конечных деформаций, рассматривающей нагружение конструкций, сопровождаемое конечными перемещениями и поворотами материальных элементов.

Исследование совместной работы сваи и грунтового массива проводится с помощью конечно-элементного[1] программного комплекса ANSYS 17.0.

Решение задачи выполнено с использованием математических моделей пластического деформирования грунта, например модели Друкера–Прагера[2]

На основе численного моделирования изучен процесс деформирования грунтового массива. Проведена оценка величины пластических деформаций в грунтовом массиве.

Установлен характер распределения напряжений и деформаций. Получено значение прочности грунта.

Выводы:

1)Выполнено комплексное исследование системы «свая-основание»

2)Изучены модели пластического деформирования грунта. Даны рекомендации по их использованию.

3)Разработана методика решения задачи прочностного расчета системы «свая-основание».

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ, проект № 211, ЗАДАНИЕ № 2014/140 на выполнение государственных работ в сфере научной деятельности в рамках базовой части государственного задания.