

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ МОДЕЛЕЙ ПЕРСПЕКТИВНЫХ САМОЛЕТОВ В ТРАНСЗВУКОВОЙ ТРУБЕ

П.П. Бардаев, инженер (г. Новосибирск, СибНИА им. С. А. Чаплыгина), **М.Н. Данилов**, м.н.с., ст. преп. (г. Новосибирск, НГАСУ (Сибстрин))

Рассмотрены особенности проектирования шестикомпонентных датчиков усилий для проведения испытаний моделей перспективных самолетов в трансзвуковой трубе. Разработана методика конструирования упругих элементов датчиков усилий. Даны рекомендации по применению тензометрического метода для определения деформаций упругого элемента.

Разработан измерительно-вычислительный комплекс (ИВК), обеспечивающий высокую точность измерения сил, действующих на модель самолета, обтекаемую потоком воздуха, с использованием шестикомпонентного тензодатчика аэродинамических весов. Разработанный измерительно-вычислительный комплекс представляет собой автоматизированное средство измерения, состоящее из тензодатчика и электронно-вычислительной измерительной системы на базе микроконтролера. ИВК осуществляет обработку электрических сигналов от первичных преобразователей и представление результата в измерениях в установленной форме.

Создана математическая модель, учитывающая нелинейность датчика, основанная на полиномах Колмогорова-Габора. Разработан алгоритм и дана его программная реализация для микроконтроллера ИВК.

Выполнен анализ погрешностей датчика. Предложены способы уменьшения методических погрешностей за счет алгоритмической обработки дополнительной информации.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДАВЛЕНИЯ ЯЧЕИСТОЙ ДЕТОНАЦИИ ИНЕРТНЫМИ ЧАСТИЦАМИ

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

Исследована проблема механики реагирующих гетерогенных сред, связанная с разработкой методов изучения ударно-волновых, взрывных и детонационных явлений в реагирующих смесях газов и микрочастиц.

В работе проведено моделирование задачи взаимодействия ячеистой детонационной волны, распространяющейся по водородо-воздушной смеси, с облаком микрочастиц глинозема (Al_2O_3). Газодинамика процесса моделировалась системой уравнений Навье–Стокса, описывающей движение вязкого сжимаемого теплопроводного газа, с учетом многокомпонентности газовой смеси и химической кинетики. Твердая фаза описывалась в континуальном приближении с помощью уравнений для законов сохранения массы, импульса и энергии. Система дополнялась источниками членами, учитывающими сопротивление и теплообмен при взаимодействии со сферическими частицами. На основе данной математической модели разработана технология расчетов двумерных детонационных течений в системе реагирующая газовая смесь – инертные частицы для анализа вопросов, связанных с подавлением ячеистой детонации. Получены значения объемной концентрации частиц, приводящие к срыву детонационной волны при различном диаметре частиц. Например, для 100 мкм частиц при объемной концентрации 10^{-4} не наблюдается существенного изменения структуры волны. Количество ячеек сохраняется по всей длине облака. Увеличение объемной доли частиц приводит к изменению структуры ячеистой волны и

росту величины ячейки. При объемной концентрации частиц 10^{-2} происходит срыв, гашение детонации и ее вырождение в ударную волну.

РАСЧЕТ ИНИЦИИРОВАНИЯ ДЕТОНАЦИИ СФЕРИЧЕСКИМ СНАРЯДОМ В ВОДОРОД- КИСЛОРОДНОЙ СМЕСИ

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

Изучение вопросов связанных с инициированием и стабилизацией детонации сферическим снарядом, метаемым со сверхзвуковой скоростью, важно как с научной, так и с технологической точек зрения. Исследование подобного рода задач охватывает обширную область науки от вопросов создания прямоточного двигателя, сгорание топлива в котором происходит в ударных волнах, до оценки энергии инициирования детонации. Для численных исследований таких явлений необходимо обеспечить адекватность выбранной математической модели и в частности кинетической схемы химических реакций. Целью настоящей работы является верификация математической модели по экспериментальным данным для выбора констант кинетической схемы для дальнейшего исследования проблем детонации численными методами.

Математическая модель включает в себя осреднённые по Фавру уравнения Навье-Стокса для многокомпонентной газовой смеси с учетом химических реакций. Для моделирования химической кинетики в работе была использована приведённая кинетическая схема, включающая одну брутто-реакцию горения водорода в воздухе. В работе [1] данная кинетическая схема была верифицирована по экспериментальным данным о временах задержки воспламенения и скорости распространения детонационной волны при различных условиях.

В качестве решателя использован программный комплекс ANSYS Fluent. Для аппроксимации по времени используется

невная схема второго порядка, а для аппроксимации по пространству – схема расщепления вектора потоков AUSM с противопотоковой аппроксимацией второго порядка точности.

На основе созданной математической технологии проведен расчёт инициирования детонации с помощью шарика, диаметром $d=3.18$ мм, метаемого в водород-кислородной смеси разбавленной аргоном со скоростью $V_p=1.2\div 1.5M_{CJ}$, и выполнено сравнение с экспериментальными данными [2]. Для приведенной кинетики в стехиометрической смеси водород/кислород/аргон число Маха Чепмена-Жуге составляет $M_{CJ}=5.21$. Расчёты проводились для различных значений статического давления набегающего потока. При моделировании определялись константы модели (предэкспоненциальный множитель и энергия активации) при которых результаты расчёта наилучшим образом согласуются с экспериментальными данными. В результате, разработанная математическая модель позволила достаточно точно воспроизвести режимы течения, полученные в эксперименте. Получен режим детонационного горения с наклонной детонационной волной при $P_{st}=141$ кПа. Кроме того, в расчете реализованы режимы, именуемые в работе [2] «соломенная шляпа» со стабилизированной наклонной детонационной волной при $P_{st}=136$ кПа и с неустойчивой наклонной детонационной волной при $P_{st}=131$ кПа. Режим ударно-инициированного горения при $P_{st}=121$ кПа также получен в расчете.

Сравнительный анализ показал, что для данного рода задач имеет смысл проводить нестационарный расчет и динамическую адаптацию расчетной сетки. Такие меры, несмотря на усложнение расчетов и увеличение времени на обработку результатов, позволяют более правильно воспроизвести картину течения и значительно улучшит согласование между результатами численного моделирования и эксперимента. Вычисления позволили получить все режимы при изменении статического давления, выявить тонкую ячеистую

структуру наклонной детонационной волны и дать классификации возможных типов детонационных течений наблюдаемых в эксперименте. Результаты расчетов представлены в виде карты режимов на рис. 1, показавшей хорошее соответствие с экспериментальными данными [2].

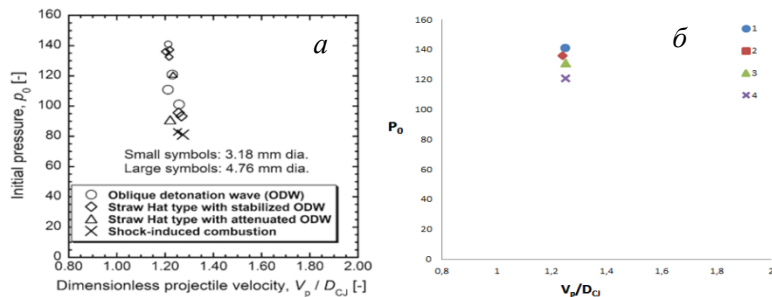


Рис. 1 Карта режимов, *a* - экспериментальные данные [2];
б - расчетные данные.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 17-41-540918).

Список литературы.

1. Бедарев И.А., Федоров А.В., Рылова К.В. Применение детальных и приведенных кинетических схем для описания детонации водородо-воздушных смесей с разбавителем // Физика горения и взрыва. 2015. Т. 51, № 5. С. 22-33
2. Maeda S., Sumiya S., Kasahara J., Matsuo A. Scale effect of spherical projectiles for stabilization of oblique detonation waves // Shock Waves. 2015. Vol. 25. P. 141–150.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НЕСТАНДАРТНЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСАХ

Н.В. Бессонова, кандидат педагогических наук, доцент,
(НГАСУ, г. Новосибирск)

Актуальный вопрос оптимизации процесса проектирования архитектурных объектов, способствующей повышению качества проектируемых объектов при сокращении сроков, трудозатрат и стоимости проектирования, успешно решается средствами современных программных комплексов, в частности – технологий параметрического моделирования зданий (BIM), которые активно внедряются в проектно-строительную практику по всему миру.

В докладе рассматриваются некоторые возможности создания нестандартных архитектурных элементов в среде Autodesk Revit Architecture. Широкие возможности 3D моделирования в данной среде дают простор для фантазии архитектора. Но, для того, чтобы будущие архитекторы отвечали современным требованиям и задачам строительства, необходимо вырабатывать у них соответствующее мышление уже в ВУЗе, знакомя с возможностями современных программных комплексов, давая хотя бы начальные навыки работы в них.

Приведены примеры создания элементов для оформления фасадов зданий, моделирования малых архитектурных форм для оформления ландшафта, что явилось результатами работы со студентами на практических и лабораторных занятиях.

Подобный взгляд на современное проектирование позволит оптимизировать процесс индивидуального проектирования, разнообразит серийные здания, поможет сделать облик современного города неповторимым, уходя от однообразия и серости построек последних десятилетий.

Удк 517.976

ОБОСНОВАНИЕ СХОДИМОСТИ ДЛЯ КОНЕЧНО-РАЗНОСТНОГО АЛГОРИТМА РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ P_n ПРИБЛИЖЕНИЯ КИНЕТИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ ПЕРЕНОСА

К.С. Бобоев к.ф.м доцент,(НГАСУ(Сибстрин)
г.Новосибирск)

Рассмотрим кинетическое уравнение переноса нейтронов для анизотропного рассеяния в случае плоскопараллельной геометрии:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \mu \frac{\partial u}{\partial x} + \sigma(x)u = Su + \delta(x, t)\delta(\mu' - \mu^2 *); \quad x \in \mathbb{R}, t \in R_+,$$

(1)

$$u|_{t < 0} \equiv 0$$

(2)

Здесь

$$\mu^*, \mu \in (-1, 1), R_+ = \{t \in R: t > 0\}$$

R

– множество вещественных чисел, δ – дельта – функция Дирака,

$$Su = \frac{\sigma_s(x)}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_{-1}^1 g(x, \mu_0) u(x, t, \mu') d\mu' d\varphi,$$

$$\mu_0 = \mu\mu' + \sqrt{1 - \mu'^2} \sqrt{1 - \mu^2} \cos\varphi,$$

$u(x, t, \mu)$ - плотность потока нейтронов, $\sigma(x)$, $\sigma_s(x)$ - полное сечение и сечение рассеяния, $g(x, \mu_0)$ – индикатриса рассеяния.

Заменим обратную задачу для полученной системы метода сферических гармоник (МСГ) из (1)-(2) с дополнительным условием конечно-разностными соотношениями

$$\begin{cases} v_{(1)x} + v_{(1)x} = (A - u)_{j(i)}^k + 0(h), \\ \frac{1}{h} v_{(2)i+1}^{k+1} - v_{(2)i+1}^k - v_{(2)x} = (-Av)_{(2*j)}^k + Oih), \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} \frac{1}{h_1} [v_{(3)i}^k - v_{(3)}(ih, h_1(k-1))] + \frac{\alpha}{n} [v_{(3)}((i+1)h, (k-1)h_1) = \\ -v_{(3)}(ih, (k-1)h_1)] = (-AV)_{(3)i}^k + O(h). \\ \frac{1}{h_1} [v_{(4)}((i+1)h, (k+1)h_1) - v_{(4)i+1}^k] - \frac{\alpha}{h} [v_{(4)i+1}^k - v_{(4)i}^k] = \\ (-Av)_{(4)i+1}^k + O(h). \end{cases} \quad (4)$$

Для конечно-разностного соотношения (3) – (4) доказано сходимость предложенного алгоритма.

Лемма. Существует положительная постоянная c_2 такая, что при всех $N > 0$

$$\max_{j=\overline{1..n}} \max_{i=\overline{1..n}} \|v_{(j)}\|_i \leq c_2.$$

Нетрудно доказать (25), используя дискретный аналог неравенство Беллмана [5], что

$\bar{S}_{(k)i}$, $\bar{a}_{(k)i}$, $k=2,4,\dots,2n$; $\bar{a}_{(k,2)i}$; $k=1,3,\dots,2n+1$;
ограничены, поскольку выполнено(24).

Из леммы непосредственно вытекает оценка

$$(26) \quad \max \| (Av)_i^k - (Av)_i^k \| \leq c_3 W_i, \quad i=1, N.$$

где c_3 не зависит от N .

Используя дискретный аналог неравенства Беллмана [5], получаем

$$\Theta \leq e^{c_4 T} O(h),$$

где c_4 зависит от N .

$$\theta_i = \max \{ \max \| w_{(i)} - \bar{v}_{(i)} \|, |S_{(k)i} - \bar{S}_{(k)i}|, |a_{(21)i} - \bar{a}_{(21)i}| \}$$

$$|a_{(41)i} - \bar{a}_{(41)i}|, |a_{(12)i} - \bar{a}_{(12)i}|, |a_{(32)i} - \bar{a}_{(32)i}| \}$$

УДК 519.6:621.7

**ЧИСЛЕННЫЕ ОЦЕНКИ ПРОЦЕССОВ ПРИ
МОДИФИЦИРОВАНИИ СТАЛЬНОЙ
ПОВЕРХНОСТИ С ПОМОЩЬЮ
ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА**

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

Ключевые слова: модифицирование металла, индукционная обработка, теплоперенос, численное моделирование

По результатам численного моделирования оцениваются теплофизические процессы при модифицировании поверхностного слоя металла в перемещающейся подложке. Для разогрева и плавления материала используется непрерывное индукционное воздействие электромагнитным полем через прямоугольное пятно. На поверхности подложки находится слой наноразмерных частиц тугоплавкого соединения, которые при плавлении металла проникают в расплав и в последствии служат центрами кристаллизации. Рассматривается распределение температурного поля, размеры зон плавления и кристаллизации, кинетика роста твёрдой фазы и время нахождения модифицирующих частиц в перегретом расплаве. Определены характеристики индукционного нагрева, позволяющие сократить время обработки поверхности.

МОДЕЛИРОВАНИЕ УДАРНО-ВОЛНОВОГО ТЕЧЕНИЯ В ОКРЕСТНОСТИ ПРИЗМЫ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ С РАСПОЛОЖЕННОЙ ПЕРЕД НЕЙ КАВЕРНОЙ

С. А. Вальгер^{1,2}, Н. Н. Федорова^{1,2}, А. В. Федоров^{1,2}

¹ *ФГБУ науки ИТПМ им. С.А. Христиановича СО РАН*

² *ФГБОУ ВО НГАСУ (Сибстрин)*

Распространение в городской застройке ударных волн, формирующихся при взрыве конденсированного взрывчатого вещества, приводит к нарушению целостности ограждающих конструкций зданий и сооружений. Вследствие этого требуется разрабатывать эффективные численные методы для оценки количественных параметров ударных волн и корректного предсказания динамической ударно-волновой нагрузки на здания.

В настоящем исследовании проведено численное моделирование процесса распространения ударной волны вблизи призмы с расположенной перед ней каверной. Базовая конфигурация задачи, включая параметры взрыва, выбрана в соответствии с экспериментальными данными [1]. В расчетной конфигурации на расстоянии 0.063 м перед призмой дополнительно установлена каверна прямоугольного сечения. Глубина каверны в расчетах варьировалась в пределах $h/2$, $h/4$ и $h/8$.

Для расчета ударно-волнового течения, сформированного в результате взрыва конденсированного взрывчатого вещества (ВВ), используются 3D уравнения Эйлера. В качестве основного инструмента для моделирования выбран пакет вычислительной гидродинамики ANSYS Fluent. Начальные параметры для воздушной среды выбраны в соответствии с нормальными атмосферными условиями. Структура течения, сформированная в результате взрыва конденсированного ВВ, в начальный момент времени описана с помощью сферы со сжатым газом “Compressed balloon method” [2].

В работе показано, что наличие каверны, расположенной перед призмой, уменьшает максимальный пик давления на фронтальной стенке призмы на 8-10%. В зоне отрицательных относительных давлений для конфигураций с каверной также наблюдаются дополнительные локальные максимумы, связанные с воздействием вторичных ударных волн, образующихся внутри каверны.

Исследование поддержано Российским научным фондом РФФ,
грант
№ 16-19-00010.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Rose T. A.**, An Approach to the Evaluation of Blast Loads on Finite and Semi-Infinite Structures, Ph.D thesis, Cranfield University, Royal Military College of Science, 2001.
2. **Brode H. L.**, Numerical Solutions of Spherical Blast Waves // Journal of Applied Physics. 1955. Vol. 26. P. 766–775.

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННЫХ ВХОДНЫХ УСЛОВИЙ НА СТРУКТУРУ И ПАРАМЕТРЫ СВЕРХЗВУКОВОГО ТЕЧЕНИЯ В КАНАЛЕ С ВНЕЗАПНЫМ РАСШИРЕНИЕМ

О.С. Ванькова¹, Ю.В. Захарова¹, Н.Н. Федорова^{1,2}

¹ ФГБУ науки ИТПМ им. С.А. Христиановича СО РАН

² ФГБОУ ВО НГАСУ (Сибстрин)

В работе представлены результаты численного моделирования сверхзвукового течения в канале камеры сгорания с учетом переменных входных параметров (давление и температура), являющимися типичными для условий импульсной аэродинамической установки. Основной целью данных исследований являлась оценка влияния нестационарных условий, заданных на входе в расчетную область, на структуру и параметры течения в рассматриваемом канале.

Численное моделирование было проведено в 2D постановке с помощью коммерческого пакета ANSYS Fluent на основе решения полных осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса, дополненных $k-\omega$ SST моделью турбулентности. Расчетная область задачи, схема которой представлена на Рисунке, включала профилированное сопло, изолятор и канал камеры сгорания, состоящий из секции постоянного сечения и расширяющейся секции.



Рисунок. Геометрия расчетной области

Расчеты выполнены с учетом симметрии канала при числе Маха $M=3$ для постоянных и переменных (падающих) параметров на входе. Во втором случае входные параметры задавались с помощью пользовательской функции (UDF), описывающей поведение экспериментальных распределений статического давления и полной температуры. Полученные численные результаты позволили детально проанализировать волновую картину течения в рассматриваемом канале и оценить влияние нестационарности входных условий.

Результаты расчетов сопоставлены с данными экспериментальных измерений статического давления в датчиках, расположенных на стенках канала, получено удовлетворительное совпадение. Дальнейшая работа связана с реализацией трехмерных расчетов с учетом массоподвода и химических реакций.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант №17-08-01158 А).

ОБ АНАЛИТИЧЕСКОМ РЕШЕНИИ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ В СКОРЫХ ФИЛЬТРАХ

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

Согласно работам Минца Д.М., Фоминых А.М. и др. при накоплении осадка в загрузке фильтра, касательные напряжения нарастают и при равенстве их прочности осадка на сдвиг, дальнейшее накопление осадка прекращается. Закон, определяющий работу фильтра, принимаем в форме: скорость изменения концентрации по x , в направлении тока воды, пропорциональна концентрации взвеси $C = C(x, t)$ и потенциальной «работоспособности» слоя по принятию осадка $M(x, t)$. Добавляя уравнение баланса, получаем систему для определения удельной насыщенности осадка Δm и концентрации $C(x, t)$.

$$\begin{cases} \rho \frac{\partial M}{\partial t} = v \frac{\partial C}{\partial x} \\ \frac{\partial C}{\partial x} = -\mu M C. \end{cases}, \quad (1)$$

где $M(x, t) = \Delta m_{np} - \Delta m$, $\Delta m = m_0 - m$, $m_0 = m(x, t)$ - пористость, Δm_{np} - предельная удельная насыщенность осадка, $\Delta m_{np}(x) = m_0 - m_{np}$, $m_{np}(x) = m(x, t)$ при $t \rightarrow \infty$; ρ - плотность осадка, v - скорость смеси в колонне. Считаем $\rho, v, \mu - \text{const}$, $\mu > 0$.

В докладе изучается вопрос о возможности аналитического решения системы (1).

ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕЗЕРВУАРОВ ПОДЗЕМНЫХ ПИТЬЕВЫХ ВОД В БАССЕЙНЕ ГОРНОЙ РЕКИ

Е.Ю. Гошко, канд. техн. наук, доцент

(НГАСУ (Сибстрин), АО «Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья», г. Новосибирск)

Работы выполнены по двум профилям, расположенным на р. Теберда. Общая длина профилей 630 м. Профиль 1 расположен в предгорье и пойме р. Теберда, Профиль 2 пересекает две надпойменные террасы. На всех сейсмограммах получены четкие сейсмозаписи первых вступлений продольных (Р) прямых преломленных волн. Преобладающая частота записи 90-120 Гц. Во вторых вступлениях уверенно выделялась низкочастотная поперечная (S) волна. Построение скоростного разреза с использованием продольных преломленных волн проводилось способом послышной интерпретации годографов первых вступлений. В результате этих построений были выделены две сильные преломляющие границы (рис.). Первая из них связана с подошвой зоны малых скоростей, вторая – с кровлей первого водоносного горизонта (граница ВГ).

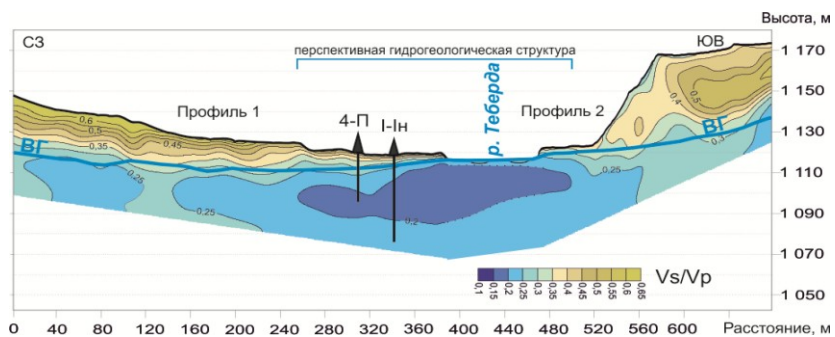


Рис. Сводный томографический разрез по параметру V_s/V_p по профилям 1 и 2. Верхнетебердинский участок

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗГИБА ТРЕХСЛОЙНЫХ ПАНЕЛЕЙ

М.Н. Данилов, м.н.с., ст. преп., **В.В. Адищев**, д-р техн. наук,
профессор (г. Новосибирск, НГАСУ (Сибстрин))

Проведено экспериментальное исследование изгиба трехслойных панелей с применением методов тензометрии и фотограмметрии (система Correlated Solutions VIC-3D). Методом тензометрии установлены режимы деформирования металлической гофрированной наружной обшивки панели и внутренней обшивки из алюминиевой фольги. Методом фотограмметрии определены деформации среднего слоя из пенополиуретана. Механические характеристики несущих металлических слоев определены экспериментально.

В программе ANSYS выполнено конечно-элементное моделирование деформирования исследуемых панелей. Определены области применимости различных математических моделей многослойных пластин, имеющих в программном комплексе ANSYS Mechanical.

Средний теплоизолирующий слой обладает существенной неоднородностью механических свойств в областях, примыкающих к несущим металлическим слоям. Поведение трехслойной пластины моделируется с помощью введения дополнительных слоев, прилегающих к обшивкам. Характеристики приведенных слоев определяются с использованием экспериментальных данных. Применение предложенной модели позволило разработать методику расчета трехслойных панелей с пенополиуретановым теплоизолирующим слоем при различных видах нагружения.

Вычисление пористости газобетона на малоконтрастных изображениях

М.С. Тарков, к.т.н., с.н.с., **А.Ф. Задорожный**, к.т.н.

доцент, **М.А. Раков**, ст.преподаватель

В докладе предложен алгоритм вычисления пористости газобетона на малоконтрастных изображениях. Алгоритм включает методы обработки малоконтрастных изображений: нормализацию яркости гистограммы, растяжение контраста и выравнивание фона.

Изучение характера пористости позволяет определить прочность газобетона и его теплопроводность.

Обычный метод определения пористости образцов проводится с помощью ртутно-вакуумной порометрии на ртутном порометре по измерению кривых вдавливания ртути либо другими методами на лабораторном оборудовании. Он может проводиться как вручную, что крайне трудоемко и затратно в плане времени. Данная работа ставит своей целью разработку эффективного алгоритма вычисления пористости на изображениях с низкой контрастностью.

Пористость материала оценивается как доля площади материала, занимаемая порами. Предложен алгоритм вычисления пористости на изображении по эталонным образцам, задаваемым пользователем. Для выделения пор на изображении использовано растяжение контрастности с последующей пороговой обработкой яркости.

В алгоритм включен этап предобработки изображения с целью улучшения его качественных характеристик, в частности, контрастности.

РАЗРАБОТКА СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЗНАКОВ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

С.Я. Каздорф, студент факультета Радиотехники и электроники,
В.А. Абросимов, студент факультета Автоматики и
вычислительной техники, **В.И. Шершунова**, студент факультета
 Автоматики и вычислительной техники (**НГТУ, г. Новосибирск**)

При навигации автономных систем в городской среде наиболее важной является задача распознавания знаков дорожного движения. Для ее решения применяются различные подходы, наиболее успешным из которых является разработка алгоритмов распознавания, основанных на сверточных нейронных сетях.

Для решения поставленной задачи была разработана архитектура сверточной нейронной сети. Разработанная архитектура была обучена на изображениях дорожных знаков, расположенных в открытом доступе. В выборке присутствовали изображения шести типов знаков, определяющих направления движения. Количество изображений каждого типа выбиралось с учетом равномерности обучающих данных. Также в процессе обучения изображения подвергались процедуре аугментации (повороты, масштабирование и т.д.) с целью увеличения объема обучающих данных.

Сверточная нейронная сеть с полученными весами была протестирована на данных, которые не применялись для обучения сети. Точность классификации изображений составила 95%. Предлагаемое решение будет использовано при разработке системы управления мобильным роботом, в рамках конкурсной задачи соревнований Робофест 2018 в категории Автонет 18+, одним из этапов которых является преодоления участка с условиями движения, приближенными к городским.

Анализ и моделирование влияния региональных изменений климата на социальную инфраструктуру и отрасли экономики

В.Н. Копылов, д-р техн. наук, профессор, (НГАСУ, г. Новосибирск), **А.М. Стерин**, д-р ф.-м. наук, профессор, (ВНИИГМИ МЦД, г. Обнинск)

В докладе на примере нескольких субъектов РФ представлены результаты разработки концепции паспорта гидрометеорологической безопасности регионов России. При описании особенностей регионов использовались сведения, определяющие природную, экологическую, производственную и социальную специфику. Важнейшими из них являются сведения о повторяемости, интенсивности и продолжительности опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлений (ОЯ и НГЯ) нанёсших значительный ущерб объектам инфраструктуры, экономики и населению, подвергших опасности жизни людей. Расчёты ожидаемых изменений характеристик климата регионов к середине 21-го века осуществлены с помощью ансамбля глобальных климатических математических моделей СМIP5 для сценариев изменения содержания парниковых газов и аэрозолей в атмосфере RCP2.6, RCP4.5 и RCP8.5.

Результатами анализа и моделирования являются:

- оценки влияния изменений климата на повторяемость и экстремальность характерных для региона ОЯ и НГЯ;
- показатели экономического риска ОЯ и НГЯ на ближайшую, среднюю и дальнюю перспективу с учётом специфики региона;
- перечень возможных последствий наиболее значимых видов ОЯ с детализацией по значимым для региона элементам социальной инфраструктуры и климатозависимым отраслям экономики (строительство, энергетика, транспорт, сельское хозяйство и др.) с рекомендуемыми адаптационными мерами;

- карты-схемы региона с нанесёнными по степеням рисков возникновения ОЯ и НГЯ зонами.

ОБ ИЗМЕРЕНИЯ ПРЕВЫШЕНИЙ И СИЛЫ ТЯЖЕСТИ В ПОЛЕ ТЯГОТЕНИЯ ЛУНЫ

Ю. А. Кравченко, канд. техн. наук., доцент, (НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск)

В результате усложнения возводимых объектов и повышения требований к точности воспроизведения их геометрических параметров возрастают требования к точности геодезических измерений. В связи с чем прилагаются значительные усилия по повышению точности геодезических приборов на основе электронизации и автоматизации. Однако, отсюда не следует соответствующее повышение точности измерений, поскольку действуют внешние факторы, вносящие ошибки в результаты выполненных измерений. Поэтому в настоящее время актуальной является проблема совершенствования методик геодезических измерений для уменьшения влияния внешних факторов на их результаты. Одним из таких факторов, влияющих на результаты высокоточного нивелирования и измерений силы тяжести, служит Луна. Хотя о таком влиянии известно, оно учитывается не полностью. Как было показано ранее, в существующих методиках игнорируется действие центробежной силы, возникающей при вращении пары Земля–Луна вокруг их центра масс, т. е. ошибка, вызванная влиянием Луны на результаты измерений, складывается из ошибки, обусловленной тяготением Луны, и ошибки, вызываемой указанной центробежной силой. Ранее было показано, что суммарное воздействие этих двух сил на результаты измерения превышений на станции может достигать 0,5 мм. Поэтому существующая теория учета приливных сил при высокоточных геодезических работах требует значительной корректировки. Ранее автором было определено максимальное воздействие Луны на измерения. В настоящей статье приводятся формулы для вычисления

поправок в результаты высокоточных измерений превышений и силы тяжести в произвольной точке земной поверхности.

ЯЧЕИСТАЯ ДЕТОНАЦИЯ БИДИСПЕРСНЫХ ВЗВЕСЕЙ АЛЮМИНИЯ МИКРОННЫХ И НАНОМЕТРОВЫХ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ

А.В. Федоров, д-р физ.-мат. наук, профессор, (НГАСУ (Сибстрин), ИТПМ СО РАН, г. Новосибирск), **Т.А. Хмель** д-р физ.-мат. наук, (ИТПМ СО РАН, г. Новосибирск), **С.А. Лаврук**, аспирант, (ИТПМ СО РАН, г. Новосибирск)

Распространение детонации в гетерогенных средах, в частности, газозвесах алюминия, представляет интерес как с точки зрения развития детонационных двигателей, так и для предотвращения техногенных катастроф, вызванных взрывами на производстве.

Порошки алюминия, как правило, характеризуются неоднородностью состава и наличием определенного разброса в размерах частиц. Рассмотрение бидисперсных взвесей является первым шагом в исследовании реальных порошков. Ранее для микроразмерных взвесей (1 мкм – 3.5 мкм) исследовалось развитие волн плоской и ячеистой детонации в каналах различной геометрии [1,2]. Были выявлены некоторые особенности ячеистой детонации, к ним относятся: вырождение поперечных волн, снижение давления в тройных точках, отсутствие возмущений поверхности фронта детонационной волны.

Описание более мелкодисперсных порошков (субмикронных и наноразмерных) требует учета переходного характера режима горения частиц алюминия: от диффузионного к кинетическому. В работе [1] время горения принималось пропорционально квадрату диаметра частиц ($t \sim d^2$). В [2] учитывался переход от диффузионного к кинетическому режиму ($t \sim d^{0.3}$) но без изменения значения энергии активации. Из данных, приведенных в [3], следует, что горение наноразмерных частиц алюминия происходит в кинетическом режиме, при этом энергия активации для частиц размером 80 –

135 нм практически в 2 раза выше, чем для частиц 1 – 5 мкм. Для этих целей в настоящей ра-боте была принята аппроксимирующая зависимость, позволяющая описать плавный переход закона горения в диапазоне частиц от 135 нм до 1 мкм в виде:

$$E = 0.5[E_{\text{micro}}(2 + \ln d_p) - E_{\text{nano}} \ln d_p]$$

где d_p – диаметр частиц, E_{micro} – энергия активации для микронных частиц (32 кДж/моль), E_{nano} – энергия активации для наночастиц (60 кДж/моль).

Исследуются процессы развития и распространения ячеистой детонации в плоском канале, заполненном бидисперсной смесью частиц алюминия. Динамика смеси описывается в рамках трехтемпературной трехскоростной модели механики многофазных сред. Горение алюминия описывается как приведенная реакция, инициируемая после достижения критической температуры, с учетом неполного сгорания частиц [8]. Целью работы является анализ влияния фракционного состава $\eta = \rho_{30} / (\rho_{20} + \rho_{30})$ на режимы распространения и характеристики детонационных течений при переходе от диффузионного к кинетическому режиму горения. Плотность частиц в облаке отвечает стехиометрии $\rho_{20} + \rho_{30} = 1.34 \text{ кг} / \text{м}^3$. Где ρ_{20}, ρ_{30} - плотность алюминиевых частиц разного диаметра. Рассматривались частицы диаметром от 150 нм до 2 мкм.

На рис. 1 приведен пример расчета для смесей 1 мкм и 200 нм различного состава (поля максимальных давлений). Здесь в рассмотренных комбинациях полное вырождение поперечных волн не наблюдается, как в смесях более крупных частиц [4], что, по-видимому, связано с меньшим влиянием процессов скоростной и тепловой релаксации (масштаб зон которых убывает намного быстрее с уменьшением размера частиц, чем масштаб зоны горения). Можно отметить увеличение давления в тройных точках от 150 атм для 1 мкм (фрагмент а рисунка) до 280 атм при 50 % мелких частиц в составе (Рис. 1 б). При

преобладании доли мелких частиц давление составляет свыше 450 атм и 650 атм для параметров насыщенности 0.9 и 1 соответственно (фрагменты в и г). Характер ячеистой структуры также существенно меняется от регулярной для 1 мкм до сильно нерегулярной для частиц 200 нм.

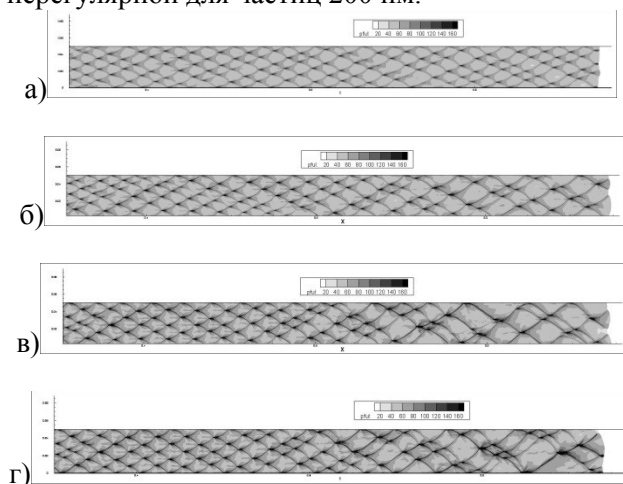


Рис. 1. Ячеистая детонация в бидисперсных смесях: $d_2=1$ мкм, $d_3=0.2$ мкм, $H=0.05$ м. а) $\eta=0$; б) $\eta=0.5$; в) $\eta=0.9$, г) $\eta=1$.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-08-0778.

Список литературы.

1. Кратова Ю.В., Федоров А.В., Хмель Т.А. Осесимметричная расширяющаяся гетерогенная детонация в газозвзвесьях частиц алюминия // ФГВ, 2016, т. 52, № 1, с. 84–95.
2. Khmel' T.A., Fedorov A.V., Lavruk S.A. Diffraction of detonation wave in bidisperse mixture in expanding channel // AIP Conference Proceedings, 2017, №1893, 030139.

3. Сандарам Д., Янг В., Зарко В.Е. Горение наночастиц алюминия (обзор)// ФГВ, 2015, Т. 51, № 2. С. 37-63.

РАЗВИТИЕ ДЕТОНАЦИИ ПОРОШКОВ АЛЮМИНИЯ В КАНАЛАХ РАЗЛИЧНОЙ ГЕОМЕТРИИ

А.В. Федоров, д-р физ.-мат. наук, профессор, (НГАСУ (Сибстрин), ИТПМ СО РАН, г. Новосибирск), **Т.А. Хмель** д-р физ.-мат. наук, (ИТПМ СО РАН, г. Новосибирск), **С.А. Лаврук**, аспирант, (ИТПМ СО РАН, г. Новосибирск)

Широкое распространение технологий, использующих микро- и нанодисперсные порошки алюминия, а также возможность скопления пыли при производстве изделий из алюминия обуславливает актуальность проблемы взрывобезопасности. Одним из важных вопросов является оценка взрывных нагрузок на стены помещений и различные конструкции (транспортёры, вентиляционные шахты и т.д.). Как правило, при проектировании конструкций учет возможного взрывного воздействия основывается на оценках амплитудных характеристик волн Чепмена-Жуге (ЧЖ). Однако как в газовых смесях, так и в газозвесах частиц алюминия распространение детонационного фронта носит характер ячеистой детонации. При этом максимальные давления в тройных точках (при столкновениях поперечных волн на фронте лидирующей ударной волны) могут быть в несколько раз выше, чем давления в хемпике волны Чепмена-Жуге.

В настоящей работе обсуждается вопрос о пиковых давлениях детонации и представлены расчетные данные для монодисперсных и полидисперсных порошков алюминия микронного и нанометрового диапазона размерности частиц. Результаты получены на основе моделирования развития и распространения ячеистой гетерогенной детонации в каналах сложной геометрии в рамках полуэмпирической модели, учитывающей особенности воспламенения и горения микродисперсных и нанодисперсных порошков алюминия [1]:

$\tau_{\xi} = \tau_0 (d / d_0)^{0.3} \exp(E_a / RT_1) (p / p_*)^{-0.5}$, где $d_0 = 80$ нм, $E_a = 60$ кДж/моль, $p_* = 0.8$ МПа. Для частиц диаметром 0.5 мкм и микронных размеров принимается $\tau_{\xi} = \tau_0 (d / d_1)^m \exp(E_a / RT_2)$, где $E_a = 32$ кДж/моль, $d_1 = 3.5$ мкм, при этом при $d < 3.5$ мкм $m = 0.3$, при $d > 3.5$ мкм $m = 2$ (учитывается переход от диффузионного режима горения к кинетическому режиму).

Результаты расчетов. Распространение плоских волн ЧЖ и волн ячеистой детонации моделировалось на основе решения нестационарных уравнений в одномерном и двумерном приближении. В плоских волнах детонации ЧЖ в стехиометрических взвесах алюминия в кислороде максимальные давления достигаются в точке химпика и составляют порядка 50 – 60 атм. Реальные детонационные волны в газовзвеси алюминия, как и в газовой детонации, распространяются в режиме ячеистой детонации. В точках смыкания поперечных волн и фронта лидирующей волны давления возрастают и при столкновении поперечных волн могут достигать значительно более высоких значений. В монодисперсных взвесах микроразмерных и субмикронных частиц (при $E_a = 32$ кДж/моль) давления в тройных точках достигают 150 атм и выше. На рис. 1 показаны поля максимальных за период развития и распространения ячеистой детонации давлений $p_{\max}(x, y) = \max_t [p(x, y, t)]$ для частиц 2 мкм (а) в канале с линейным расширением. В области субмикронных размеров частиц пиковые давления несколько выше: для частиц 500 нм p_{\max} достигает значений 210 атм (рис. 1б). Эти свойства обусловлены взаимодействием зон релаксации и горения: в более крупных частицах значительная доля периода горения соответствует условиям скоростной и температурной неравновесности фаз, что является сглаживающим фактором формирования профиля давления за фронтом лидирующей УВ. При переходе к субмикронным частицам характерные времена скоростной и тепловой релаксации уменьшаются

пропорционально d^α , где $1.5 < \alpha < 2$, в то время как время горения сокращается пропорционально $d^{0.3}$, т.е. горение при детонации субмикронных частиц протекает в равновесной по скоростям и температурам смеси.

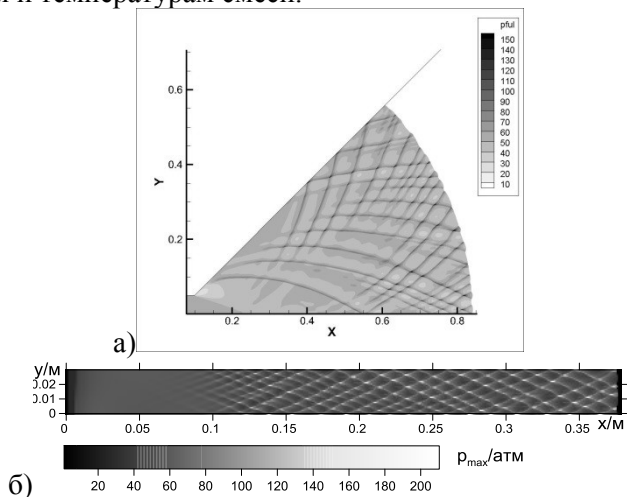


Рис. 1. Ячеистая детонация монодисперсных взвесей алюминия: 2 мкм в канале с линейным расширением (а) и 0.5 мкм (б).

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-08-0778.

Список литературы.

- Fedorov A.V., Khmel T.A. Detonation structures in gas suspensions of submicron and nano aluminum particles//In: Nonequilibrium Processes in Physics and Chemistry. V. II. / Ed. by A.M. Starik and S.M. Frolov. – M.: TORUS-PRESS. 2016. P. 341-351.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ АКТУАЛЬНОЙ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ

Л.А. Литвинов, ст. преп. (НГАСУ (Сибстрин) г. Новосибирск)

Выдающийся советский математик Леонид Витальевич Канторович, 106-летие которого мы отмечаем в нынешнем году, стал лауреатом Нобелевской премии по экономике 1975 года "за вклад в теорию оптимального распределения ресурсов". Еще в 1939 году Л.В. Канторович опубликовал работу "Математические методы организации и планирования производства", в которой сформулировал постановки задач, возникающих в промышленности и в экономике в целом, разработал для этих задач математические модели и предложил несколько методов решения этих задач. Таким образом были заложены основы линейного программирования.

В рамках крупной плановой экономики СССР решение задач линейного программирования позволило с наибольшей эффективностью использовать ограниченные ресурсы, увеличивая выпуск продукции и уменьшая ее себестоимость.

Одной из таких задач является "задача о диете". Ее постановка звучит так: определить рацион (суточную норму продуктов), содержащий все необходимые живому существу вещества, и имеющий при этом минимальную стоимость. Смысл этой задачи в применении к людям в том, что в магазине мы покупаем продукты и из них готовим пищу, а нашему организму требуются питательные и минеральные вещества и

витамины, причем в четко определенных количествах (медицинские нормы).

В докладе будет представлена мат. модель задачи. В качестве коэффициентов системы ограничений и целевой функции выбраны актуальные на сегодняшний день значения норм суточного потребления веществ, содержания их в доступных для покупки продуктах и магазинные цены на продукты.

Представляет интерес анализ полученного решения.

АНАЛИЗ РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

МЕТОДОМ МАКСИМУМА ЭНТРОПИИ

А.В. Лихачев, д-р техн. наук, с.н.с. (ИАЭ СО РАН, г. Новосибирск),

А.В. Попова, магистрант, **О. Пойда**, магистрант (НГТУ, г. Новосибирск)

Одним из эффективных средств контроля степени изношенности конструкций, находящихся в эксплуатации, является рентгенография. По сравнению с медицинскими снимками в этом случае отношение сигнал/шум оказывается, как правило, существенно ниже из-за сильного поглощения зондирующего пучка строительными материалами, такими как железобетон. В результате изображения дефектов (трещин, каверн и т. п.), имеющие низкий контраст по сравнению с окружающим фоном, в значительной степени вуалируются интенсивными помехами. Для анализа таких изображений предлагается использовать метод максимума энтропии.

В разработанном алгоритме оцифрованное изображение сканируется прямоугольным окном. Для каждого пикселя, попавшего в створ окна, вычисляется величина $e_i = -g_i \cdot \ln(g_i)$, где g_i – яркость в i -ом пикселе. Все e_i суммируются, в результате чего получается значение функционала энтропии E . Пусть F_E функция распределения случайной величины E для участков рентгенограммы не содержащих изображений дефектов. По заданной малой вероятности p и функции F_E определяется критическое значение E_c . Если для некоторого положения окна E превосходит E_c , то считается, что в нём содержится изображение дефекта, или его части. Распределение F_E определялось эмпирически по результатам вычислительного эксперимента. Оно оказалось близким к нормальному. Тестирование метода на математических фантомах показало, что суммарное количество ошибок первого и второго рода не превосходит 5%.

ПРИМЕНЕНИЕ СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ МЕТОДОВ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОНВЕКЦИИ-ДИФФУЗИИ

А.О. Малышева (НГТУ, г. Новосибирск)

Характерная черта задач конвекции-диффузии - преобладание конвективного члена, что приводит к неустойчивости дискретного аналога вариационной постановки в форме Галеркина. Одним из путей обеспечения стабильности является введение члена искусственной диффузии $S(u, v)$ по методу Streamline upwind/Petrov-Galerkin (SUPG), Galerkin/least-squares (GLS) или Unusual Stabilized FEM (USFEM).

Уравнение конвекции-диффузии:

$$-div(\lambda grad u) + \vec{a} \cdot grad u = F \text{ в } \Omega \quad (1)$$

$$\text{Граничные условия: } u = g \text{ на } \partial\Omega \quad (2)$$

где \vec{a} – поле скорости, м/с; λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м К), F – плотность источника.

Введем Гильбертово пространство H со скалярным произведением $(u, v) = \iint_{\Omega} u(x, y)v(x, y)dxdy$ и ассоциированной с ним нормой $\|u\| = (u, u)^{1/2}$.

Рассмотрим вариационную постановку задачи (1) - (2) в форме SUPG: найти $u \in H_0^1$:

$$\lambda(\nabla u, \nabla v) + (\vec{a}u, \nabla v + \sum_K \tau_K \vec{a} \cdot \nabla v) = (F, v + \sum_K \tau_K \vec{a} \cdot \nabla v),$$

где $\tau_K = d_K(\coth Pe - 1/Pe)/(2|\vec{a}|)$ - стабилизирующий параметр, Pe – сеточное число Пекле.

В работе рассмотрена двумерная область с прямоугольными билинейными конечными элементами. Построена вычислительная схема, верифицированная на классе модельных задач с аналитическим решением вида $u(x, y) = x(1-x)y(1-y)$. Исследована сходимость решения СЛАУ методом BiCGSTAB для разных наборов входных параметров модельной задачи.

1. P.B. Bochev / Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering // 2004. V. 193, № 23, P. 2301-2323.

РЕШЕНИЕ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ МАГНИТОСТАТИКИ В ANSYS MAXWELL

**Е.П. Матус, к.т.н., доц. (НГАСУ (СИБСТРИН), г.
Новосибирск)**

В настоящее время растет доля применения сталефибробетона в стройиндустрии региона. Одной из причин, сдерживающих этот рост, является отсутствие способа неразрушающего контроля равномерности распределения фибр в изделиях. Такой способ может быть основан на взаимодействии стальных волокон, армирующих бетон, с электромагнитным полем.

Ранее [Матус Е.П., Морозов А.В., Шевченко А.А. Магнитный контроль распределения фибр в сталефибробетонных конструкциях. Вестник СевКавГТИ, 2017, т. 1, № 1 (28), С. 110–115.] автором были проведены вычисления индуктивности тонкой электромагнитной катушки вблизи образца сталефибробетона в осесимметричном случае с помощью программного комплекса ELCUT. Расчеты показали, что используя датчик симметричной формы, можно определять распределение стальных волокон на глубине до 20мм. Для диагностики объемных изделий необходимо применять системы катушек с узконаправленным распределением магнитного поля. Расчет таких задач уже не осесимметричен и не может быть выполнен в ELCUT.

С помощью программы ANSYS MAXWELL найдена зависимость магнитной проницаемости сталефибробетона от

коэффициента армирования, коэффициента ориентации фибр и их магнитных характеристик. Осуществлен расчет взаимной индуктивности электромагнитных катушек, расположенных вблизи поверхности сталефибробетонного изделия. Варьируя расположение, форму катушек, коэффициент армирования и толщину сталефибробетона, выделена область пространства, в которой возможно достоверное определение распределения волокон.

ПЕРЕНОС ГАЗОВ ЧЕРЕЗ БИОМЕМБРАНУ МОЖЕТ ОСУЩЕСТВЛЯТЬСЯ КИНКАМИ-СОЛИТОНАМИ

Мокрушников П.В. к.ф.-м.н., доцент (НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск)

Перенос молекул газа (O_2 , CO , CO_2 , NH_4) через мембраны эритроцитов является важным физиологическим процессом. Экспериментально установлено, что диффузионное сопротивление мембраны эритроцита переносу молекул газа не превышает диффузионного сопротивления слоя воды такой-же толщины. Это очень странно, ведь вязкость липидного бислоя, составляющего большую часть поверхности мембраны эритроцита, составляет от 10 до 60 cSt, а воды 1 cSt. Можно предположить, что помимо пассивной диффузии в нативной мембране эритроцита существуют механизмы активного переноса молекул газа.

Возможно, что одним из таких механизмов является перенос молекул газа кинками-солитонами. Эритроциты сворачиваются в цилиндрики при прохождении через микрокапилляры. При этом в их плазматических мембранах возрастает растягивающие напряжения в продольном направлении и сжатия в поперечном направлении плоскости мембраны. Это увеличивает частоту образования кинков углеводородных цепей молекул фосфолипидов, проталкивающих молекулы кислорода или углекислого газа через мембрану. Кинки приобретают характер солитонов, бегущих вдоль углеводородных цепей молекулы фосфолипида. Кинки-солитоны появляются при действии растягивающих напряжений в фосфолипидном бислое. Перенос молекул газа кинками-солитонами происходит в зонах растяжения бислоя.

В нашей работе представлена модель возникновения таких кинков-солитонов, получено аналитическое выражение для кинка-солитона, обсуждаются условия их возникновения.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ УТЕЧЕК НА ТЕПЛОВИЗИОННОМ ИЗОБРАЖЕНИИ

К. С. Морозов, **аспирант** (НГТУ, г. Новосибирск)

Тепловизионный контроль утечек тепла из домов производят при разности температур внутри и снаружи дома не менее 20 градусов при стационарных условиях. Измерения могут занять много времени при некомфортной для оператора температуре. Для облегчения работы оператора предлагается алгоритм автоматического поиска тепловых аномалий (областей с повышенной температурой). Алгоритм выделяет аномальные области на общем виде здания.

Алгоритм основан на применении контурного подхода к обработке изображения и содержит следующие основные этапы:

- 1) Для выделения контуров используются детектор границ Канны [1];
- 2) Применяются морфологические операции для получения областей заливки с аномальными областями;
- 3) Расчет средней яркости пикселей полученных областей;
- 4) По полученным результатам было решено автоматически классифицировать полученные области на две группы: окна и другие аномалии, с помощью анализа коэффициента заполнения и коэффициента эксцентриситета эллипса.

Для отработки алгоритма были произведены съемки нескольких зданий на тепловизионную камеру длинноволнового инфракрасного спектра (8...14 мкм) с неохлаждаемой матрицей микроболометров на основе α -Si, разрешением 640×480.

Применение разработанного алгоритма в ПО «Матлаб» позволило выделить окна и аномальные зоны на тепловизионных изображениях нескольких зданий.

1. Canny, J. F. A Computational Approach to Edge Detection // IEEE Trans. Pattern Recognition and Machine Intelligence. — Vol. 8, No 6. — 1986. — P. 679-698.

АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ ОБЛАКА 3D ТОЧЕК НА ОСНОВЕ ДАННЫХ RGB-D КАМЕРЫ

Ж.С. Першина, ассистент факультета Автоматики и вычислительной техники, **С.Я. Каздорф**, студент факультета Радиотехники и электроники, **В.И. Шершунова**, студент факультета Автоматики и вычислительной техники (НГТУ, г. Новосибирск)

При решении задачи визуальной навигации одной из моделей представления внешней среды может служить облако 3D точек. Эта модель может быть получена на основе данных лазерных дальномеров, стереокамеры или RGB-D камеры. В рамках представленного исследования используются данные RGB-D камеры.

Данные получаемые от RGB-D камеры представляют собой цветное (RGB) изображение, карту глубины, а также данные о повороте и смещении камеры относительно начальной точки (RT-матрица). Расчет однородных 3D координат каждого пикселя, выполняется на основе формулы:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} = [K]^{-1} \cdot [RT]^{-1} \cdot \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix},$$

где K – внутренняя матрица камеры, RT – матрица поворота и смещения камеры, u , v , w – однородные пиксельные координаты. На основе полученной модели, предполагается выполнение разметки каждой 3D точки с использованием результатов семантической сегментации 2D изображений. Семантическая сегментация реализуется в виде сверточной нейронной сети и позволяет каждый пиксель 2D изображения соотнести с классом распознаваемых объектов. Таким образом, в результате каждой 3D точке присваивается 2 метки: метка

класса и ID объекта. Метка класса позволит определить весь класс, а ID – все объекты этого класса.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ТУРБУЛЕНТНОГО ТЕЧЕНИЯ В ОКРЕСТНОСТИ УСТАНОВЛЕННОЙ НА ПЛАСТИНЕ ПРИЗМЫ С УЧЕТОМ АЭРОУПРУГИХ ЭФФЕКТОВ

С. А. Вальгер^{1,2}, Н. Н. Федорова^{1,2}, С.В. Погудалина¹

¹ *ФГБУ науки ИТПМ им. С.А. Христиановича СО РАН*

² *ФГБОУ ВО НГАСУ (Сибстрин)*

В работе представлены результаты моделирования возбуждения колебаний закрепленного на подложке стержня при его обтекании стационарным воздушным потоком. В предыдущей работе авторов [1] показано, что под действием периодической нагрузки, обусловленной вихревой дорожкой Кармана, развиваются поперечные колебания стержня. При совпадении частоты срыва вихрей с одной из собственных частот конструкции может возникнуть резонанс. Целью настоящей работы является численное исследование режимов возбуждения поперечных колебаний стержня различного поперечного сечения, в том числе близких к резонансным.

Моделирование проведено в среде ANSYS Workbench с использованием технологии двунаправленного взаимодействия (2-FSI) [1]. Рисунок представляет полученную в расчетах зависимость от времени амплитуд максимального отклонения стержня прямоугольного сечения. Амплитуда продольных колебаний с частотой $f_x = 69$ Гц, совпадающей с первой собственной частотой конструкции, быстро затухает. Однако под действием периодической силы, вызванной сходом вихрей с частотой $f_z = 11.8$ Гц, возбуждаются поперечные колебания.

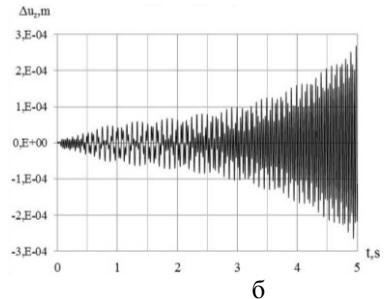
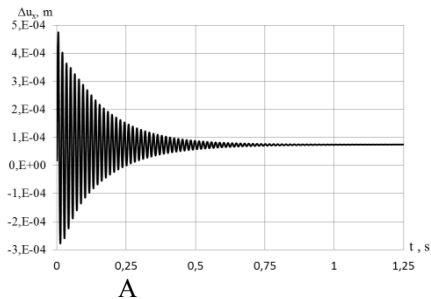


Рисунок. Амплитуда продольных (а) и поперечных (б) колебаний стержня прямоугольного сечения

Работа выполнено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант №18-08-00755 А).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. С. В. Погудалина, Н. Н. Федорова, С. А. Вальгер, Сопряженный расчет взаимодействия воздушного потока с упругим стержнем квадратного сечения, закрепленного на подложке // Известия высших учебных заведений. Строительство, №5 (689), с. 11-20, (2016).

ЛИНЕАРИЗАЦИЯ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ В ДИФРАКЦИОННЫХ ЗАДАЧАХ

Соппа М.С., д-р физ.-мат. наук, профессор

(НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск)

При математическом моделировании радиолокационных задач распространение цилиндрических электромагнитных волн описывается двумерным по пространственным переменным уравнением Гельмгольца.

$$u_{xx} + u_{yy} + k^2 u = 0 .$$

Общий вид уравнения взаимодействия плоской волны с поверхностью рассеивателя

$$\vec{n} \times \vec{E} = -W (\vec{n} \times (\vec{n} \times \vec{H}))$$

может иметь различные формы в зависимости от поверхностных импедансных характеристик (распределение поверхностного импеданса $W(S)$) и от поляризации падающей волны. В случае Е-поляризации на границе имеет место нелинейное соотношение $u = iW u_n / (\omega \mu)$, а при Н-поляризации $u_n = i\omega \epsilon W u$.

Линеаризация этих граничных соотношений проводится на решении u_0 с нулевым поверхностным импедансом $W(S)=0$ (оно соответствует случаю дифракции на идеально проводящей поверхности):

$$u = iW u_{0n} / (\omega \mu), \quad u_n = i\omega \epsilon W u_0 .$$

Необходимо отметить, что граничные условия, линеаризованные указанным способом, весьма успешно используются при исследовании различных постановок обратных дифракционных задач. Естественным образом возникает вопрос, на сколько обосновано такое упрощение уравнений на границе.

В данной работе показано, что итерационный процесс, соответствующий применяемой линеаризации сходится к точному решению задачи с нелинейными соотношениями на границе. Полученные оценки позволяют установить и скорость сходимости (погрешность убывает со скоростью геометрической прогрессии).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ИМИТАТОРА MODBIS24 ДЛЯ ОТРАБОТКИ СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.

Д.т.н., профессор НГТУ, Толстиков А.С.
К.т.н., нач. сектора ФГУП "СНИИМ", Карауш А.А.
Н.с. ФГУП "СНИИМ", , Ханькова Е.А.
Магистрант НГТУ, Ушаков А.Е.

В ФГУП "СНИИМ" разработан программный имитатор измерительной информации, поступающей от орбитальных группировок навигационных спутников ГЛОНАСС и GPS. Программный комплекс ModBis24 обеспечи-вает:

1. Расчет движения орбитальных группировок навигационных спутников ГЛОНАСС и GPS в условиях:
 - гравитационного воздействия на спутники Луны и Солнца,
 - возмущений от несферичности гравитационного поля Земли,
 - радиационного воздействия на спутники солнечного излучения,
 - прохождения спутниками теневых участков орбит.
2. Задание координат беззапросных измерительных станций в Гринвичской системе координат.
3. Расчет геометрических дальностей от навигационных спутников до измерительных станций.
4. Имитацию факторов, влияющих на точность траекторных измерений (уходы бортовых часов и часов измерительных станций, задержки навигационных сигналов в ионосферном и тропосферном слоях и др.).

С помощью программного имитатора ModBis24 проводится моделирование спуфинговых атак на аппаратуру приема навигационных сигналов. Такие атаки могут использоваться для создания ложных тревог в аппаратурных комплексах контроля за состоянием ответственных сооружений (ГЭС, АЭС, мосты и т.п.) на основе спутниковых технологий.

Рассчитываются параметры атак и отрабатываются алгоритмы обнаружения и защиты от спуфинговых атак.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СМЕШЕНИЯ СТРУЙ, ПОДАВАЕМЫХ ТРАНСВЕРСАЛЬНО К СВЕРХЗВУКОВОМУ ПОТОКУ В КАНАЛЕ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ

С. А. Вальгер^{1,2}, Н. Н. Федорова^{1,2}, Ю.В. Захарова¹

¹ ФГБУ науки ИТПМ им. С.А. Христиановича СО РАН

² ФГБОУ ВО НГАСУ (Сибстрин)

Целью настоящей работы является численное изучение процессов смешения газов с различными молекулярными весами, инжектируемых по нормали к сверхзвуковому потоку со стенок канала с внезапным расширением. Задача заключалась в выборе схемы и параметров подачи газа, обеспечивающих лучшее смешение с воздухом в зависимости от условий на входе в канал.

Расчетные исследования выполнены в пакете ANSYS Fluent на основе полных осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса, дополненных

$k-\omega$ моделью турбулентности. Подача топлива осуществлялась через круглые отверстия, расположенные перед уступом на верхней и нижней стенках. Расчетные исследования выполнены в 3D постановке для условий экспериментов при числах Маха 3 и 4, статическом давлении $0.04 \div 0.12$ МПа, полной температуре $1400 \div 2500$ К, и различных относительных напорах подачи $J = (\rho U^2)_j / (\rho U^2)_{\text{air}}$. Экспериментальная модель состояла из сверхзвукового сопла, изолятора и канала с расширяющейся частью. Симметрия задачи позволяет проводить расчеты не для всего канала, а только для его части (см. Рисунок). На входе в канал задавались профили газодинамических и турбулентных параметров, полученные в расчетах течения в сопловой части канала и изолятора.

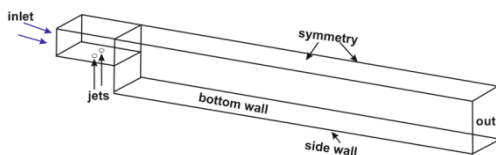


Рисунок. Схема расчетной области

В результате серии расчетов получена структура течения и исследованы условия, обеспечивающие лучшее смешение газов при минимальных потерях полного давления. Сравнение расчетных и экспериментальных данных свидетельствует об их удовлетворительном соответствии.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, проект

