

стаф-

Общество "Знание" Украины

Республиканский Дом экономической и научно-технической пропаганды

Киевский институт инженеров гражданской авиации

Государственное научно-производственное предприятие "Потенциал"

МЕТОДЫ ПОТЕНЦИАЛА И КОНЕЧНЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
ИССЛЕДОВАНИЯХ ИНЖЕНЕРНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ

/Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции, 10-11 декабря 1991 г., г.Киев/

КИЕВ 1991

стаф-
1/3

Тезисы докладов посвящены вопросам применения методов потенциала и конечных элементов в широком классе инженерных задач с использованием современных средств вычислительной техники.

Расчитаны на широкий круг научных и инженерно-технических работников, занимающихся вопросами теоретических исследований расчета конструкций.

(Рекомендованы к печати координационно-проблемным советом по пропаганде научно-технического прогресса, конкретной экономики и передового производственного опыта при правлении общества "Знание" Украины. Секция авиационного транспорта).

Ответственный за выпуск председатель секции
доктор технических наук П.в.Назаренко
Научный редактор кандидат технических наук
В.С.Горбатов
Рецензент кандидат технических наук
А.Я.Петренко



Общество "Знание"
Украины, 1991

Проблемы сочетания численно-аналитического
метода потенциала и метода конечных элементов

Доклад посвящен представлению результатов рационального сочетания методов, при разработке которых ставилась цель суммирования достоинства различных вариантов численных и экспериментальных подходов.

В виде примера приводится аппарат расчета, построенный для исследования сложных дискретных и континуальных структур на основе применения стержневых аппроксимаций. Внутренние компоненты определяются как функции граничных условий при конструкционной дискретизации разрешающих функциональных систем, что характерно для численно-аналитического метода потенциала, но их матрицы имеют ленточную структуру как в методе конечных элементов /МКЭ/.

В область приложений комбинированных подходов вошли задачи реконструкции объектов техники, которые связаны с частичным изменением расчетных схем, ранее использованных при создании исходного проекта. Попытки выполнения исследований измененных конструкций как совершенно новых объектов могут оказаться весьма нерациональными, поскольку сложней реконструируемый объект часто представляется громоздкой комбинацией стержневых, пластинчатых и объемных элементов. В них необходимо учитывать неоднородность оснований, концентрацию напряжений, трещинообразование, появление зон повреждений и обрушений и другие особенности, возникающие вследствие существования в реальных условиях эксплуатации.

Необходимость отражения расчетной моделью реального поведения конструкций во многих случаях требует качественного учета совместной работы надземной и подземной частей сооружения, что невозможно при использовании упрощающих гипотез, чрезмерно идеализирующих реальную работу элементов.

В этих случаях использование представления о напряженно-деформированном состоянии исходного объекта в качестве начального приближения позволяет применить для описания поведения локальной зоны изменения параметров даже трехмерные высокоточные модели.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

	Стр.
Верюжский Ю.В. Проблемы сочетания численно-аналитического метода потенциала и метода конечных элементов	1
Бондарь Н.Г., Горбатов В.С. Численное моделирование вынужденных колебаний весьма пологих цилиндрических оболочек	2
Сахаров А.С., Гондлах А.В., Мельников С.Л. Численное моделирование процессов нелинейного деформирования оболочек при динамическом нагружении	3
Толок В.А., Гавеля С.П., Сысов Ю.А., Шарапова Д.И. Расчет деформирования многослойных объектов	3
Мельников Ю.А. Об использовании функций влияния в нелинейных задачах механики	4
Верюжский Ю.В., Гигинейшвили Д.Н. Численное моделирование, проектирование и технология строительства зданий и сооружений для экстремальных сред	5
Сирота Н.А., Снитко А.Н. Стержневая аппроксимация в численно-аналитическом методе потенциала при расчете объектов на упругом основании	6
Постнов В.А., Петров А.Ю. Новый метод расчета колебаний осесимметричных оболочек в жидкой среде при гармоническом возбуждении	7
Кривелев В.А. Термонапряженное состояние конструкций аэродромных сооружений в условиях нестационарных тепловых воздействий	8
* Верюжский Ю.В., Агеева Г.Н., Горбатов В.С., Ищенко Н.Г., Кривелев Л.И. Экспериментально-теоретическое исследование эксплуатационной пригодности многослойной плиты аэродромного покрытия	9
Пискунов В.Г., Присяжнюк В.К., Табаков П.Н. Анализ различных подходов к построению непрерывно-структурных теорий расчета кусочно-неоднородных оболочек и плит	10
Саркисян В.С., Саркисян М.А. О решении задачи изгиба неоднородных изотропных пластин с отверстием	11
Легостаев А.Д., Боговио В.Е., Мацвейко А.В. Исследование напряженно-деформированного состояния большепролетных оболочек переменной толщины с подкрепляющими элементами от статических и динамических воздействий	11
Кислюцкий В.Н., Цыхановский В.К., Касилова Т.А. Реализация ППП "ПАРУС" для прочностных и динамических расчетов облегченных пространственных систем на ПЭВМ в диалоговом режиме	12
Венцель Э.С., Трофимов А.М. О применении метода компенсирующих нагрузок к решению краевых задач для пологих оболочек	13

	Стр.
Анкаянец К.И., Синев П.А., Кандирал-Синева В.А. Влияние аппроксимации плотностей в соотношениях метода потенциала для задач с разрезами	14
Волков В.И., Мазуранок А.В. Численная реализация метода потенциала в постановках с начальными деформациями и начальными напряжениями в решениях задач пластичности	15
Завьялов Г.Г., Тоцкий Н.П., Кандирал-Синева В.А. Опыт разработки и внедрения на основе МКЭ АСНИ ТЕРМОС прочностных расчетов конструкции энергетического машиностроения на ПЭВМ	16
Галанов Б.А. Нелинейные граничные уравнения моделей трещин в упругих телах, учитывающих межмолекулярные силы притяжения и отталкивания	16
Легейда Г.А., Клименко В.И. Аппроксимация разрывных решений методом конечных элементов	17
Пилипенко А.И. Визуализация и контроль в исследованиях численными методами	17
Оробей В.Ф., Работягов Д.Д., Работягова М.Д. Метод граничных интегральных уравнений в неконсервативных задачах устойчивости стержневых и пластинчатых конструкций	18
Кривилев В.А., Нислев И.П., Пилиugin В.Д., Разов В.Г. Расчет конструкций при нестационарных температурных воздействиях	19
Балов А.В., Голубенко Н.В., Гавеля Р.С. Деформирование составных оболочек	20
Никитин С.К. Эллипсоид переменной толщины с жидкостью при действии кратковременной нагрузки	20
Головки Д.Б., Кульбашный П.Ф., Левчук С.А. Исследование подрессоривания вулканизационной диафрагмы	21
Легейда Г.А., Мотренко В.И., Вакульчик О.П. Функции формы МКЭ из $W_2^2(\Omega)$ для решения эволюционных нелинейных задач гидродинамики и упругости	21
Москалев А.Н., Постнов В.А. К вопросу определения собственных чисел в задачах устойчивости и колебаний упругих консервативных систем	22
Гигинеишвили Д.Я., Гавриленко В.В. Особенности распределения напряжений в стыках бесшовных соединений строительных конструкций	23
Ищенко Н.Г. Трехмерная модель НДС многослойного полупространства	23
Гордеева С.П. Определение напряженно-деформированного состояния подземных выработок при сейсмическом воздействии	24

1. Уравнению Гельмгольца для жидкой среды.
2. Условию излучения для жидкой среды.
3. Условию непротекания и неразрывности на поверхности оболочки элемента.
4. Граничным условиям стыковки с соседними элементами.
5. Уравнениям движения оболочки элемента.

Математическая модель описываемого элемента позволяет разработать высокоэффективные программы расчета колебаний оболочек вращения в жидкой среде. Эффективность программ основывается на легкости подготовки исходных данных (в отличие от МКЭ) и на значительном быстродействии, достигаемом за счет хорошо разработанной математической модели.

В.А.Кривилев

Термонапряженное состояние конструкций
аэродромных сооружений в условиях
нестационарных тепловых воздействий

Рассматривается задача по расчету аэродромных сооружений на совместное действие механических расчетных нагрузок и нестационарных тепловых потоков пожаров, возникающих в аварийных ситуациях. В данном случае в элементах конструкций формируется нестационарное температурное поле, которое в свою очередь образует поле напряжений. Предлагается алгоритм расчета конструкций с учетом изменения физико-механических характеристик материалов. В основу положено решение связанной задачи термоупругости, позволяющей учитывать взаимодействие полей деформации и температуры.

Расчет производится поэтапно с использованием уравнений термоупругости в перемещениях, для чего разработан алгоритм и составлена программа для реализации на ЭВМ.

Рассмотрена физика теплового удара. В этом случае при динамических тепловых нагрузках, возникающих в аварийных ситуациях, характеризующихся крайней нестационарностью по интенсивности амплитуд тепловых потоков и площадей нагреваемых участков конструкций, используется метод конечных элементов.

Приводятся инженерные формулы для экспертной оценки состояния конструкций при локальном нагреве в любой момент времени.

Рассмотрен процесс локальной потери устойчивости стержневых систем при действии сжимающей силы и высоких температур. Приводятся

схемы разрушения конструкций, анализируется характер изменения величины критической силы.

Приложены рекомендации по повышению огнестойкости конструкций, проверенные расчетным и экспериментальным путями.

Ю.В.Веряжский, Г.Н.Агаева,
В.С.Горбатов, Н.Г.Ищенко,
Л.И.Кривелев

Экспериментально-теоретическое исследование
эксплуатационной пригодности многослойной
плиты аэродромного покрытия

Для оценки годности взлетно-посадочной полосы аэропорта Кольцово (г.Екатеринбург), эксплуатируемой в течение 45 лет и подвергавшейся многократной реконструкции, было проведено комплексное экспериментально-теоретическое исследование, включавшее:

- инженерно-геологическое исследование;
- определение толщин слоев и физико-механических характеристик материалов слоев;
- описание картины трещин на поверхности полосы;
- определение деформативности полосы в отдельных ее точках путем прокатки тяжелой колесной нагрузки;
- штамповые испытания грунта рядом с полосой;
- штамповые испытания полосы в наиболее деформативных точках;
- определение напряженно-деформированного состояния полосы аналитическим методом (методика СНиП 2.05.08-85 "Аэродромы");
- определение эксплуатационной пригодности полосы по международным показателям;
- определение напряженно-деформированного состояния (НДС) полосы численными методами.

НДС поля из нескольких многослойных плит покрытия полосы моделировалось методом конечных элементов в изгибной постановке с учетом поперечного сдвига.

НДС одиночных плит моделировалось численно-аналитическим методом потенциала в трехмерной постановке с учетом граничных условий по контуру плиты, возникающих при моделировании НДС поля плит,

Рассмотрено несколько расчетных случаев для шестиугольных и прямоугольных плит покрытия, усиленных сверху слоями асфальтобетона.

При расчете моделировались существующие в плитах продольные, поперечные и диагональные трещины, разделяющие их на отдельные диски.

В.Г.Пискунов, В.К.Присяжнюк,
П.Я.Табакон

Анализ различных подходов к построению
непрерывно-структурных теорий расчета
кусочно-неоднородных оболочек и пластин

В докладе приведен анализ различных моделей напряженно-деформированного состояния многослойных пологих оболочек, позволяющих понизить размерность рассматриваемой задачи на единицу. При этом рассмотрены только такие подходы, которые основываются на введении гипотез для пакета слоев в целом. Они порождают непрерывно-структурные теории, что позволяет получить систему разрешающих уравнений, независимую от количества слоев. Это существенно для композитов, представляющих собой многослойную структуру.

Непрерывно-структурные теории можно классифицировать как полубратный метод решения краевых задач теории упругости. Все рассмотренные теории данного класса можно разделить на следующие группы:

1. Теория Кирхгофа-Лява, распространенная на слоистые структуры.

2. Сдвиговые теории:

- линейный учет сдвига (модели типа С.П.Тимошенко);
- нелинейный учет сдвига (модели типа С.А.Амбарцумяна, А.Ф.Рябова);
- модели, в которых установлено соответствие между принятой кинематической моделью и системой внутренних усилий (например, теория многослойных конструкций А.О.Раскозова и др.).

3. Теории, учитывающие как деформации и напряжения поперечного сдвига, так и поперечного обжатия (например, теория В.Г.Пискунова и др.).

В зависимости от степени учета сдвига и обжатия непрерывно-структурные теории уточняют как внутреннее напряженное состояние, так и краевые эффекты.

На основе численных экспериментов для шарнирно опертой пластины определены области физико-геометрических параметров, в пределах которых теория того или иного класса имеет погрешность меньше 5%.

В.С.Саркисян, М.А.Саркисян

О решении задачи изгиба неоднородных
изотропных пластин с отверстием

Рассматриваются задачи изгиба тонких неоднородных изотропных пластин с криволинейным отверстием. При решении поставленных задач применен вариационно-разностный метод. В этом случае учитываются особенности, возникающие в угловых точках контура отверстий, что позволит найти решение в этих точках. При этом наблюдается рост концентрации напряжений.

Рассматриваются вопросы аппроксимации используемых функций эрмитава выполнения. Особенность решения, порождаемая наличием угловых точек, вызывает необходимость использования сгущающейся нерегулярной сетки, повышающей скорость сходимости. Дана оценка параметра сгущения.

Поставленные задачи решаются также методом малого параметра. При этом углы на контуре отверстия предполагаются закругленными. При решении полученной рекуррентной системы краевых задач применяется интегральное уравнение Шермана-Лауричелла.

Рассмотрен ряд конкретных задач с квадратным, треугольным и прямоугольным отверстием. Исследовано влияние неоднородности на распределение направления возле отверстия в зависимости от функции неоднородности, степени отклонения формы отверстия от правильного многоугольника. Проведено сравнение результатов, полученных разными методами. Получена качественная картина изменения концентрации напряжений.

А.Д.Легостаев, В.Е.Боговис,
А.В.Мацвейко

Исследование напряженно-деформированного состояния
большепролетных оболочек переменной толщины с
подкрепляющими элементами от статических и динамических
воздействий

Требования современной инженерной практики выдвигают задачи проектирования эффективных пространственных конструкций в число наиболее актуальных. Предлагается прием решения задачи проектирования,