

От авторов

Введение

Г л а в а 1

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

- 1.1. Классификация линейчатых поверхностей
- 1.2. Классификация поверхностей вращения:
- 1.3. Классификация циклических поверхностей
- 1.4. Поверхности второго порядка
- 1.5. Классификация кинематических поверхностей общего вида
- 1.6. Алгебраические поверхности выше второго порядка
- 1.7. О возможности классификации оставшихся поверхностей 33 классов

Литература

Г л а в а 2

ЭЛЛИПТИЧЕСКИЙ ПАРАБОЛОИД

- 2.1. Способы образования и задания эллиптических параболоидов
- 2.2. Дополнительные сведения о возможностях поверхностей эллиптических параболоидов
 - 2.2.1. Использование поверхности эллиптического параболоида для создания новых поверхностей
 - 2.2.2. Оптимизация геометрических размеров срединной поверхности оболочек
- 2.3. Аналитические методы определения НДС оболочек в форме эллиптических параболоидов
 - 2.3.1. Безмоментная теория расчета
 - 2.3.2. Оболочки на прямоугольном плане
 - 2.3.3. Точечное опирание оболочек
 - 2.3.4. Оболочки на эллиптическом плане
- 2.4. Численные методы определения НДС оболочек в форме эллиптических параболоидов
 - 2.4.1. Стержневые модели, упрощающие расчет
 - 2.4.2. Метод сеток
 - 2.4.3. Метод конечного элемента
 - 2.4.4. Метод конечных разностей
- 2.5. Экспериментальные методы исследования НДС оболочек в форме эллиптических параболоидов
- 2.6. Проблемы устойчивости оболочек
 - 2.6.1. Аналитические и численные методы исследования
 - 2.6.2. Экспериментальные методы исследования
- 2.7. Собственные и вынужденные колебания оболочек
 - 2.7.1. Аналитические методы исследования
 - 2.7.2. Численные методы исследования
 - 2.7.3. Экспериментальные исследования колебаний оболочек
- 2.8. Задачи теории упругости
- 2.9. Примеры возведенных и проектируемых оболочек в форме эллиптических параболоидов

Литература

Г л а в а 3

ПАРАБОЛОИД ВРАЩЕНИЯ

- 3.1. Безмоментная теория расчета оболочек
- 3.2. Моментная теория расчета оболочек

- 3.3. Собственные и вынужденные колебания
- 3.4. Устойчивость оболочек
- 3.5. Экспериментальные исследования
- 3.6. Температурные воздействия
- 3.7. Задачи теории упругости
- 3.8. Примеры использования формы параболоида вращения

Литература

Г л а в а 4

СФЕРА

- 4.1. Формы задания сферической поверхности
- 4.2. Примеры использования формы сферической поверхности

Литература

Г л а в а 5

ЭЛЛИПСОИД ВРАЩЕНИЯ

- 5.1. Уравнения поверхности эллипсоидов
 - 5.1.1. Трехосные эллипсоиды
 - 5.1.2. Эллипсоиды вращения
- 5.2. Примеры сооружений в форме эллипсоидов
 - 5.2.1. Сооружения в форме эллипсоидов общего вида
 - 5.2.2. Применяемые материалы для возведения оболочек в форме эллипсоидов вращения
 - 5.2.3. Здания с металлическими купольными покрытиями
 - 5.2.4. Здания с железобетонными покрытиями
 - 5.2.5. Эллипсоид вращения в конструкции резервуаров и сосудов
- 5.3. Теоретические исследования напряженно-деформированного состояния эллипсоидальных оболочек
 - 5.3.1. Безмоментная теория расчета эллипсоидальных оболочек
 - 5.3.2. Безмоментная теория расчета эллипсоидальных оболочек вращения
 - 5.3.3. Безмоментное напряженное состояние эллиптических днищ и оголовков цилиндрических баков и резервуаров
 - 5.3.4. Моментная теория расчета оболочек
 - Эллиптические оболочки вращения с переменной толщиной
 - Слоистые эллиптические оболочки вращения
 - Толстостенные эллиптические оболочки вращения
 - 5.3.5. Напряженно-деформированное состояние резервуаров с эллиптическими оголовками и днищами
 - Упруго-пластическое поведение эллиптических оболочек
 - 5.3.6. Эллипсоидальные оболочки вращения с отверстиями
- 5.4. Устойчивость эллипсоидальных оболочек
 - Связь между устойчивостью эллипсоидальной и сферической оболочек
 - Эллипсоидальные оболочки из композитного материала
 - Эллипсоидальные оболочки из ортотропного материала
 - Многослойные оболочки
 - Совместное действие внешнего давления и дополнительной нагрузки
 - Уточненные методы расчета на устойчивость эллипсоидальных оболочек
 - 5.4.1. Вопросы устойчивости эллипсоидальных днищ и оголовков цилиндрических баков и резервуаров

- 5.5. Торосферические оболочки
 - 5.6. Температурные воздействия
 - 5.7. Собственные и вынужденные колебания
 - 5.8. Экспериментальные исследования эллипсоидальных оболочек вращения
 - Обзорные работы
 - 5.9. Заключение
- Литература

Г л а в а

ОБОЛОЧКИ В ФОРМЕ ОДНОПОЛОСНОГО ГИПЕРБОЛОИДА ВРАЩЕНИЯ

- 6.1. Способы задания и формообразования поверхности
 - 6.2. Примеры сооружений в форме однополостных гиперboloидов вращения
 - 6.2.1. Отечественный опыт строительства
 - 6.2.2. Зарубежное строительство
 - 6.3. Основные принципы проектирования и расчета гиперболических оболочек вращения
 - 6.4. Конструктивные решения башенных градирен
 - 6.4.1. Вытяжные башни
 - 6.4.2. Опорные конструкции градирен
 - 6.5. Экспериментальные исследования гиперболических оболочек вращения
 - 6.5.1. Модельные исследования ребристых гиперболических оболочек
 - 6.5.2. Влияние граничных условий
 - 6.5.3. Натурные обследования башенных градирен
 - 6.5.4. Формы потери устойчивости
 - 6.5.5. Критическая нагрузка при местной и общей потере устойчивости
 - 6.5.6. Эксперименты с ветровой нагрузкой
 - 6.5.7. Исследования свободных и вынужденных колебаний
 - 6.6. Теоретические исследования гиперболических оболочек вращения
 - 6.6.1. Безмоментная теория расчета
 - 6.6.2. Устойчивость гиперболических оболочек вращения
 - 6.6.3. Моментная теория расчета
 - Расчет на ветровую нагрузку
 - Учет нагрузки от собственного веса, ветрового давления и неравномерной осадки нижнего края
 - Задачи теории упругости
 - Учет местных несовершенств срединной поверхности
 - Ребристые гиперболические оболочки
 - Работа железобетонных градирен с трещинами
 - Композитные оболочки
 - Особые случаи расчета
 - 6.7. Дополнительные виды воздействий на оболочку
 - 6.7.1. Температурные воздействия
 - 6.7.2. Влажностные воздействия
 - 6.8. Собственные колебания
 - 6.9. Вынужденные колебания
 - 6.10. Расчет на сейсмические воздействия
 - 6.11. Заключение
- Литература

Г л а в а 7

ГИПЕРБОЛИЧЕСКИЙ ПАРАБОЛОИД

- 7.1. Способы образования и задания гиперболического параболоида
- 7.2. Сооружения в форме гиперболического параболоида
 - 7.2.1. Компоновка покрытий из фрагментов эллиптического параболоида
 - 7.2.2. Составные покрытия сооружений из фрагментов гиперболического параболоида
 - 7.2.3. Вопросы конструирования и возведения покрытий из гипаров
- 7.3. Аналитические, численные и экспериментальные методы изучения напряженно-деформированного состояния и свободных колебаний оболочек в форме гиперболических параболоидов

Литература

Г л а в а 8

ЦИКЛИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ

- 8.1. Введение
- 8.2. Терминология, геометрические исследования циклических поверхностей, применение их в реальных конструкциях и рекомендации для внедрения новых форм
 - 8.2.1. Классификация циклических поверхностей
 - 8.2.2. Краткое описание некоторых циклических поверхностей, применение их в реальных конструкциях и рекомендации для внедрения новых форм
 - Круговая винтовая поверхность с образующей окружностью, лежащей в соприкасающейся плоскости винтовой линии центров окружностей
 - Каналовые поверхности
 - 8.2.3. Циклические поверхности с окружностями в плоскостях пучка
 - 8.2.4. Нормальная циклическая поверхность
 - 8.2.5. Циклические поверхности с плоскостью параллелизма
 - Круговые поверхности прямого переноса
 - Поверхность винтового столба
 - 8.2.6. Циклические поверхности вращения
- 8.3. Заключение по приведенным результатам геометрических исследований.
- 8.4. Статические и динамические расчеты на прочность тонкостенных циклических оболочек
 - 8.4.1. Обзор работ по исследованию прочности трубчатых оболочек
 - 8.4.2. Обзор работ по исследованию прочности эпитрохидалных оболочек
 - 8.4.3. Обзор работ по исследованию прочности оболочек в форме каналовых поверхностей Иоахимсталя
 - 8.4.4. Обзор работ по исследованию прочности оболочек в форме циклид Дюпена
 - 8.4.5. Дополнительная информация о расчете циклических оболочек
- 8.5. Заключение

Литература

Г л а в а 9

ВИНТОВЫЕ И ВИНТООБРАЗНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ

- 9.1. Классификация, терминология и геометрические исследования
- 9.2. Аппроксимация и изгибание винтовых поверхностей

- 9.2.1. Построение разверток и изгибание прямых и косых геликоидов
- 9.2.2. Построение разверток и изгибание торсов-геликоидов
- 9.2.3. Изготовление и изгибание винтовых трубчатых поверхностей
- 9.2.4. Аппроксимация торсов-геликоидов складками
- 9.3. Винтообразные строительные конструкции
 - 9.3.1. Винтообразные фрагменты сооружений и зданий
 - 9.3.2. Винтообразные железобетонные пандусы и рампы
 - 9.3.3. Винтовые лестницы
 - Винтовые железобетонные лестницы
 - Деревянные винтовые лестницы с изолированными ступенями
 - Стальные винтовые лестницы
 - 9.3.4. Дорожные и транспортные сооружения
 - 9.3.5. Винтовые опоры и якоря
- 9.4. Строительные машины и механизмы
 - 9.4.1. Винтовые конвейеры и подъемники
 - 9.4.2. Машины и механизмы с винтовыми зубьями и нарезками
 - 9.4.3. Винтовые трубчатые конструкции
- 9.5. Использование формы винтовых поверхностей для конструирования лопастей в судо-, самолето- и других отраслях машиностроения
- 9.6. Определение напряженно-деформированного состояния геликоидальных оболочек аналитическими методами
 - 9.6.1. Расчет прямых геликоидальных оболочек
 - Прямая геликоидальная оболочка, опирающаяся одним краем на винтовую балку
 - Кручение и растяжение полосы с начальной закруткой
 - Прямые винтовые оболочки как частный случай геликоидов общего вида:
 - Дополнительные задачи для прямых геликоидов
 - Прямая геликоидальная оболочка из композитного материала
 - 9.6.2. Расчет винтовых лестниц
 - 9.6.3. Расчет тонких винтовых оболочек в форме торсов-геликоидов
 - 9.6.4. Расчет цилиндрических винтовых оболочек
 - 9.6.5. Лопатки с начальной закруткой
 - 9.6.6. Расчет криволинейных пролетных строений эстакад
 - 9.6.7. Расчет винтовых зубьев
- 9.7. Определение напряженно-деформированного состояния геликоидальных оболочек численными методами
 - 9.7.1. Расчет прямой геликоидальной оболочки
 - 9.7.2. Расчет винтовых лестниц
 - 9.7.3. Влияние винтовой лопасти на изгибную жесткость шнека
 - 9.7.4. Конический винтовой геликоид
 - 9.7.5. Вариационные методы расчета прямых геликоидальных оболочек
 - 9.7.6. Расчет косой геликоидальной оболочки
 - 9.7.7. Расчет оболочки в форме торса-геликоида
- 9.8. Собственные и вынужденные колебания стержней с начальной закруткой
- 9.9. Винтовые трубчатые оболочки
- 9.10. Информация о дополнительных видах винтообразных конструкций
- 9.11. Профилирование винтовых поверхностей сопряженными поверхностями вращения

9.12. Выводы и перспективы дальнейших исследований

Литература

Г л а в а 10

КОНОИДЫ

10.1. Общие сведения по геометрии коноидов

10.2. Виды и формы задания коноидов

10.2.1. Параболический коноид

10.2.2. Коноид с направляющей окружностью

10.2.3. Коноид с направляющей цепной линией

10.2.4. Прямой синусоидальный коноид

10.2.5. Прямой коноид с направляющей параболой, ось которой параллельна оси коноида

10.2.6. Коноид Плюккера

10.2.7. Коническая кромка Уоллиса

10.2.8. Коноид Циндлера

10.2.9. Эвольвентный коноид

10.3. Статические и динамические расчеты коноидальных оболочек

10.4. Примеры использования коноидальной поверхности

Литература

Г л а в а 11

КАПЛЕВИДНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ

Литература

Г л а в а 12

ЗОНТИЧНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ И ПОВЕРХНОСТИ ЗОНТИЧНОГО ТИПА В АРХИТЕКТУРЕ

12.1. Заключение

Литература

Введение

Тонкостенные конструкции оболочечного типа нашли широкое применение в современном строительстве и архитектуре. Об этом говорится во многих научно-технических и научно-популярных публикациях российских и иностранных авторов. Интересные факты из истории строительства и проектирования тонкостенных пространственных конструкций и взгляды на будущее оболочек были изложены в сообщении Р. Брэдшау (R. Bradshaw), Д. Кампбелла (D. Campbell), М. Гаргари (M. Gargari), А. Мирмирана (A. Mirmiran) и П. Трипени (P. Tripeny) "Специальные конструкции. Прошлое, настоящее и будущее" в юбилейном выпуске журнала "Journal of Structural Engineering", посвященном 150-летию Американского общества инженеров гражданского строительства (American Society of Civil Engineers). В их статье [1] отмечается, что, начиная со времени строительства купола Джоржия в Атланте (the Georgia Dome in Atlanta), павильона Ливстока в Ралли (the Livestock Pavilion in Raleigh), Мэдисон Сквер Гарден в Нью-Йорке (Madison Square Garden) и, заканчивая выдающимися сооружениями современности, такими как Олимпийский стадион в Мюнхене, здание оперы в Сиднее и Хай терминал в Саудовской Аравии (Hajj terminal), тонкостенные специальные сооружения являются вехами и свидетельствами достижений строительной механики. Мнение вышеуказанных авторов о выдающихся пространственных сооружениях второй половины 20-го века, показанных на рис.1, является их личным мнением, с ним можно соглашаться или нет. Просмотрев материалы, представленные в настоящей книге, некоторые могут прийти и к другим выводам.

Каждое знаменитое пространственное сооружение является уникальным и их строительство нельзя поставить на поток. Те же авторы отмечают, что в последнее время большепролетные оболочки потеряли свою популярность по сравнению с пиком их строительства в 1950--

1960 годах, когда архитекторы страстно пропагандировали их в качестве нового средства для выражения своего времени. Однако, сейчас появляется новая генерация молодых архитекторов и инженеров, которые также проявляют интерес к проектированию большепролетных пространственных покрытий. Этот процесс усиливается появлением новых материалов, таких как фибробетон и волокнистые армированные полимерные композиты, которые могут быть использованы в оболочках. Сейчас эти материалы -- очень дороги для применения их в оболочках, но со временем это может измениться.

Второй причиной возвращения интереса к оболочкам является появление новых форм в архитектуре пространственных конструкций, предлагаемых для внедрения в практику. Однако реальное применение нашли чуть более 5% существующих форм. Знаменитый архитектор и инженер Э. Торроха говорит: "Лучшим сооружением является то, надежность которого обеспечивается главным образом за счет его формы, а не за счет прочности его материала. Последнее достигается просто, тогда как первое, наоборот, с большим трудом. В этом заключается прелесть поисков и удовлетворение от открытий". У Э. Торрохи - много последователей. Например, на кафедре прочности материалов и конструкций Российского университета дружбы народов (РУДН, г. Москва) создана энциклопедия аналитических поверхностей, которая насчитывает более 500 наименований. Большинство поверхностей, представленных в энциклопедии [2], вполне могут быть приняты за архитектурную основу при проектировании тонкостенных пространственных сооружений и конструкций. Возрастающий интерес к применению сооружений оболочечного типа, на инженерном факультете РУДН на специальностях "Строительство" и "Архитектура" в магистратуре введены новые учебные дисциплины "Строительная механика пластин и оболочек", "Формообразование оболочек в архитектуре" и "История архитектуры и проблемы прочности".

Взяв в качестве исходного материала по геометрии поверхностей энциклопедию [2], авторы изучили материалы, опубликованные в научно -- технических журналах, сборниках научных трудов, монографиях, просмотрели доклады научных конференций, информацию, содержащуюся в Интернете, и сгруппировали полученные сведения по классам поверхностей. Как известно, имеется несколько классификаций тонкостенных пространственных форм и оболочек. Например, большепролетные общественные здания по назначению предлагается подразделять на 8 групп, кроме того существует классификация по виду работы покрытия (жесткие и мембранные оболочки), по используемому материалу (железобетонные, стальные, композитные и др.), по способу монтажа (сборные и монолитные), по конструктивным признакам (составные тонкостенные оболочки и оболочки, очерченные по единой поверхности), по форме (купол, свод, крестовые оболочки и т.д.). Встречаются и другие классификации тонкостенных пространственных форм и оболочек. В данной работе рассматриваются только оболочки и изделия, очерченные по аналитическим поверхностям. За основу взята классификация оболочек по типу их срединных поверхностей, что, по-видимому, сделано впервые. Учитывая ограничения по объему книги, авторы остановились на рассмотрении оболочек, конструкций и изделий, очерченных по четырём из 38 классов аналитических поверхностей.

В основу учебного пособия положены обзоры [4--9], написанные С.Н. Кривошапко. В настоящем издании эти материалы переработаны и дополнены в связи с задачами, стоящими перед учебным пособием.

В учебном пособии используются следующая нумерация использованной литературы: если литература в главе обозначена как [4], то это означает, что ее нужно смотреть под номером 4 в конце той же главы; если литература в главе обозначена как [3.4], то это означает, что ее нужно смотреть под номером 4 в главе 3. Аналогичное правило распространяется на нумерацию формул, схем и рисунков.
