



Universitatea Tehnică a Moldovei

PARTICULARITĂȚI, MODELARE ȘI STUDIUL COMPORTĂRII PLĂCILOR SUBȚIRI DE TIPUL HIPERBOLOID-PARABOLIC

Masterand: gr. IS – 1601M
Grigori SARANCIUC

Conducător: conf. univ. dr.
Teodor SÂRBU

Chișinău – 2018

REZUMAT

În prezenta lucrare a fost elaborată una dintre metodele de rezolvare a problemelor, care apar în proiectarea și calculul placilor subțiri de forma paraboloid hiperbolice utilizând Metoda Elementelor Finite, la etapele de modelare a schemei de proiectare a acoperișurilor spațiale. De la început este argumentat modul de specificare a soluțiilor arhitecturale, care vor servi drept date inițiale. În continuare, în baza unui exemplu, specific acestor placi, consecvent este prezentată soluția problemei: se elaborează baza analitică, este demonstrată metoda optimă de introducere a informației inițiale în complexul de calcul a sistemului informational pentru analiza rezistenței structurilor, se modelează forma geometrică și configurația nodurilor suprafeței, se studiază comportarea acoperișurilor modelate sub sarcină, apoi se produce optimizarea diversilor parametri ai modelului. O atenție deosebită este atrasă asupra particularităților acestor suprafețe matematice de ordinul doi, precum și actualitatea și metodele de aplicare a acestora la etapa de proiectare acoperișurilor de formă paraboloid hiperbolice.

Lucrarea este expusă în 3 capitole, 39 pagini, conține 35 desene, 4 tabele și 10 referințe bibliografice.

АННОТАЦИЯ

В настоящей работе был рассмотрен один из методов решения проблем, возникающих при проектировании и расчете Методом Конечных Элементов пологих оболочек в форме гиперболических параболоидов (гипаров), на этапах моделирования расчетной схемы пространственных покрытий. Вначале предлагается способ задания архитектурных решений, которые будут служить в качестве исходных данных. Затем, на конкретном примере поэтапно приводится решение задачи: строится аналитическая база, предлагается оптимальный метод ввода информации о расчетной схеме в вычислительный комплекс для прочностного анализа конструкций, моделируются геометрическая форма и конфигурация узлов оболочки, проводится исследование работы получаемых покрытий под нагрузкой, после чего происходит многогранная оптимизация различных параметров модели. Помимо этого, обращается внимание на особенности данной математической поверхности второго порядка, а также их актуальность и способы применения на стадии конструирования гипаров.

Работа содержит 3 главы, 39 страниц, 35 рисунков, 4 таблицы, 10 литературных источников.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	2
1. ОБЗОР РАННИХ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	4
1.1. Первые методы расчета пологих оболочек.....	4
1.2. Развитие моментной теории расчета.....	5

2. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ.....	8
2.1. Способ формулирования исходных данных	8
2.2. Определение параметров поверхности на конкретном примере	9
2.3. Моделирование поверхности в SCAD Office	12
2.4. Особенности гиперболических параболоидов	18

3. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ГИПАРОВ.....	21
3.1. Анализ напряженно-деформированного состояния оболочки.....	21
3.2. Оптимизация геометрической формы составного покрытия.....	26
3.3. Концепция выбора опор.....	28
3.4. Анализ работы оптимизированного покрытия.....	31

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	35
БИБЛИОГРАФИЯ	36
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	37

ВВЕДЕНИЕ

Пологие оболочки являются более эффективным решением покрытия, нежели плоские конструкции, с точки зрения расхода материалов и сочетания несущих и ограждающих свойств. Их применение минимизирует ступенчатость передачи нагрузки к колоннам или другим несущим вертикальным элементам, опирающимся на фундаменты. И это верно не только в отношении широких пролетов. Дело в том, что для небольших параметров сетки колонн хорошо освоены методы конструирования, унификации и типизации с использованием плоских несущих элементов. Поэтому от них полностью отказываться нельзя. А для больших площадей с минимальным количеством внутренних опор вопросы технологии возведения становятся менее существенными по сравнению с проблемами нерационального увеличения строительной высоты и перерасхода материалов.

Эффективность работы оболочек по сравнению с горизонтальными плоскими плитами, воспринимающих поперечную нагрузку, заключается в их неразвертываемости, что приводит не только к перераспределению усилий, но и к их реструктуризации, заключающейся в снижении модулей изгибающих моментов (вызывающих более значительные напряжения) за счет появления нормальных усилий (которым соответствуют куда менее высокие модули напряжений).

Один из распространенных типов оболочек, который впечатляет своим разнообразием архитектурных форм и их выразительностью и который реально сконструировать из железобетона, древесины, металла и некоторых других материалов – гиперболический параболоид (гипар). Этот тип оболочек обладает рядом примечательных особенностей на фоне других. Гипары являются дважды линейчатыми поверхностями, что является источником ряда преимуществ на этапах конструирования. Это весьма значительно упрощает изготовление опалубки и армирование конструкции; позволяет использовать прямолинейные элементы для конструирования; дает возможность их разрезки на отдельные однотипные сборные части.

Но аналитические методы расчета таких конструкций весьма сложны, требуют ряд гипотез и допущений, громоздки, а также трудно приспособляемы к изменениям в геометрии и граничным условиям, что делает их не самым лучшим вариантом для исследования работы и напряженно-деформированного состояния оболочек. Но вычислительные мощности современной компьютерной техники давно уже позволяют использовать численные методы расчета конструкций, в частности, Метод Конечных Элементов, который, например, реализует вычислительный комплекс для прочностного

анализа конструкций SCAD Office. Главной задачей здесь остается точное моделирование расчетной схемы структур с минимальными затратами времени и усилий. В настоящей работе приводится описание и применение такого метода.

Оболочки привлекли мое внимание еще на лекциях дисциплины «Особые конструкции из железобетона», но на фоне многообразия их типов очень перспективно выглядели именно гиперболические параболоиды за счет своей линейчатости. Параграф в учебнике [2], который их описывал требовал от читающего владеть достаточно глубокими знаниями в области дифференциальной геометрии и топологии, что составляло некоторые трудности, поскольку в университетской программе обучения мы лишь касались этих дисциплин. Тогда я начал задумываться над тем каким образом можно наиболее полно использовать геометрическую гибкость и многообразие форм гипаров для обеспечения лучших сочетаний архитектурной выразительности и несущей способности покрытия. Для этого нужно было установить тенденции различных комбинаций формы поверхности, условий ее опирания и действующей нагрузки. А это в свою очередь требовало исследования их работы.

В отличие от предыдущих десятилетий, когда расчеты несли преобладающе аналитический характер, требовали ряда допущений и были весьма громоздкими даже для того, чтобы исследовать одну оболочку, к которой предъявлялись и некоторые геометрические ограничения (см. главу 1), сегодня возможность использовать численные методы расчета избавляет инженеров от многих перечисленных выше проблем. Благодаря МКЭ и комплексам, которые его реализуют, становится возможным проводить расчет структур очень широкого диапазона сложности с высоким уровнем точности, учитывая при этом все силовые факторы и все шесть различных компонентов как тензора напряжений так и деформаций, возникающих в пространственных задачах теории упругости.

Думая над этим, я задавался вопросами: «Каким же образом оптимально формулировать исходные данные для определения единственного гипара в пространстве? Как за минимальное количество времени ввести информацию о расчетной схеме в вычислительный комплекс для прочностного анализа конструкций?». И наконец: «Каким способом можно не только описывать прямые линии в пространстве, принадлежащие данному гипару, но и моделировать оболочку, состоящую только из прямолинейных элементов?»

Эти задачи показались мне весьма перспективными, и я решил заняться их исследованием. Полученные на данный момент результаты приведены в настоящей дипломной работе.