

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ИЗГИБА МНОГОСЛОЙНЫХ ОРТОТРОПНЫХ ПЛАСТИН

Мутовина Н.В.¹, Куанышев Т. Т.¹,

¹ *Карагандинский государственный технический университет - вуз Первого Президента РК 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, e-mail: kuantore@gmail.com*

Широкие потребности в различных отраслях современной техники в новых эффективных конструкциях и материалах с заранее заданными свойствами создали предпосылки к интенсивному развитию теории многослойных пластин. Расчет слоистых пластин в трехмерной постановке представляет сложную задачу строительной механики, тем не менее, известен ряд задач, решенных в рамках трехмерной теории упругости. В условиях работы они оказываются наиболее рациональными с точки зрения обеспечения минимума весовых показателей при требуемой прочности и жесткости. Но они не всегда удовлетворяют всем требованиям, предъявляемым к строительным конструкциям и элементам современной техники приходится использовать многослойные конструкции. Теории многослойных пластин, уточняющие техническую теорию, должны учитывать деформацию в поперечном направлении и связанные с ней факторы. Учет специфических особенностей мягких слоев в многослойных конструкциях и совместной работы слоев пакета под воздействием внешних нагрузок, низкая сопротивляемость заполнителей в поперечном направлении порождают разновариантность существующих теорий.

Ключевые слова: многослойные пластины, напряженно-деформированное состояние, многослойные конструкции

CALCULATION METHODS DURING BENDING RESEARCH OF MULTILAYERED ORTOTROPIC PLATES

Mutovina N.V.¹, Kuanyshev T.T.¹

¹ *Karaganda state technical university - school of The First President of the RK, 100027, Republic of Kazakhstan, Karaganda, Mira blvd, 56, e-mail: kuantore@gmail.com*

Broad needs for various branches of modern equipment for new effective designs and materials with in advance with the set properties created prerequisites to intensive development of the theory of multilayered plates. Calculation of layered plates in three-dimensional statement represents a complex challenge of construction mechanics, nevertheless, a number of the tasks solved within the three-dimensional theory of elasticity is known. In working conditions they appear the most rational from the point of view of providing a minimum of weight indicators at the demanded durability and rigidity. But they not always meet all requirements imposed to construction designs and elements of modern equipment it is necessary to use multilayered designs. The theories of multilayered plates specifying the technical theory have to consider deformation in the cross direction and the factors connected with it. The accounting of specific features of soft layers in multilayered designs and collaboration of layers of a package under the influence of external loadings, the low resilience of fillers in the cross direction generate a raznovariantnost of the existing theories.

Key Words: multilayered plates, the intense deformed state, multilayered designs

Многослойные конструкции, в частности пластины, находят широкое применение в различных областях современной техники: космической, авиационной, кораблестроительной; промышленном, гражданском и транспортном строительстве,

химическом и энергетическом машиностроении. Интерес к слоистым пластинам связан, прежде всего с тем, что они обладают комплексом свойств и особенностей, качественно отличающих их от традиционных конструкций. Многослойные конструкции обычно состоят из чередующихся по толщине слоев из разных материалов с существенно отличающимися физико-механическими свойствами. Для несущих слоев, как правило, используются материалы с повышенными модулями упругости, которые воспринимают основную часть внешних силовых воздействий. Заполнитель и связующие слои служат для монолитности конструкции и обеспечивают перераспределение усилий между несущими слоями, а так же выполняют ряд других функций, например, защита от воздействия радиации, тепло и звукозащита и т.п. Комбинирование слоев с такими качествами позволяют получить конструкцию, сочетающую высокую прочность и жесткость с относительно малой массой, высокими эксплуатационными требованиями. Уменьшение веса многослойных конструкций достигается путем применения для несущих слоев новых высокопрочных композиционных материалов, которые частично или полностью заменяют металлы и их сплавы, а для заполнителя рекомендуются легкие, сравнительно малопрочные и дешевые материалы – пенопласт, соты, фанера, различные пластмассы и другие.

В настоящее время на практике получили наибольшее распространение трехслойные конструкции. В условиях работы они оказываются наиболее рациональными с точки зрения обеспечения минимума весовых показателей при требуемой прочности и жесткости. Но они не всегда удовлетворяют всем требованиям, предъявляемым к строительным конструкциям и элементам современной техники приходится использовать многослойные конструкции. Теории многослойных пластин, уточняющие техническую теорию, должны учитывать деформацию в поперечном направлении и связанные с нею факторы.

Учет специфических особенностей мягких слоев в многослойных конструкциях и совместной работы слоев пакета под воздействием внешних нагрузок, низкая сопротивляемость заполнителей в поперечном направлении порождают разновариантность существующих теорий. Поэтому теория расчета многослойных конструкций в настоящее время получила широкое развитие. Однако на практике при решении конкретных задач возникают сложности, связанные с рядом особенностей многослойных конструкций.

Следует отметить, что аналитические результаты получены для ограниченного числа задач. Поэтому широко стали пользоваться приближенными численными методами, реализация которых открывает большие возможности для исследователей.

В этой связи разработка методики расчета многослойных конструкции является актуальной задачей строительной механики. С нею тесно переплетаются трудности, связанные с разработкой методики численного исследования задач статики многослойных

пластин несимметричной структуры по толщине с учетом поперечного сдвига при произвольной нагрузке с использованием современной вычислительной техники.

Для несущих слоев, как правило, используются материалы с повышенными модулями упругости, металлы и их сплавы, композиты, а для заполнителей - легкие, сравнительно малопрочные и дешевые материалы: соты, фанеру, пенопласт, различные пластмассы и другие. Комбинирование слоев с такими качествами позволяют получить конструкцию, сочетающую высокую прочность и жесткость с относительно малой массой, высокими эксплуатационными требованиями.

Специфические особенности мягких слоев в многослойных конструкциях и совместная работа слоев пакета под воздействием внешних нагрузок, требуют учета деформаций в поперечном направлении и связанных с ней факторов. А это связано с необходимостью привлекать для расчета уточненную (неклассическую) теорию, применение которой связано с определенными трудностями. Преодоление этих трудностей во многих случаях возможно на основе приближенных численных методов, реализуемых на ЭВМ.

Для решения задач о напряженно-деформированном состоянии многослойных пластин нашли применение аналитические и численные методы. Аналитические методы решения – это непосредственное интегрирование заданных систем дифференциальных уравнений с помощью одинарных и двойных тригонометрических рядов методами Бубнова-Галеркина, Треффца, методом прямых и другими. На практике аналитическими методами решено ограниченное число задач многослойных пластин. Решены те задачи, для которых разрешающие уравнения и граничные условия выражены в достаточно простой форме. Отметим, в частности, что большинство уточненных теорий иллюстрируются решением задачи о цилиндрическом изгибе, либо об изгибе свободно - опертой пластины с привлечением тригонометрических рядов.

В работе /1/ В.И.Королевым для шарнирно-опертой по контуру трехслойной пластины получены решения методом непосредственного интегрирования с использованием одинарных и двойных тригонометрических рядов. В случае воздействия сосредоточенной силы на пластину был использован вариационный метод.

В работах /2/ был использован метод Бубнова-Галеркина при решении задач изгиба многослойных ортотропных пластин.

В работе /3/ методом малого параметра произведен расчет изгиба свободно опертой по контуру трехслойной пластины симметричного строения при действии синусоидальной нагрузки. Приводятся оценки первого и второго приближений для прогибов и тангенциальных перемещений.

Для решения более сложных задач аналитическими методами исследователи сталкиваются с большими трудностями. Поэтому были востребованы численные методы, ориентированные на использование современной вычислительной техники.

Наиболее широкое распространение для приближенного решения дифференциальных уравнений получили: метод конечных разностей (МКР), вариационно-разностный метод (ВРМ), дифференциально-разностный метод (ДРМ), метод конечных элементов (МКЭ) и др.

При машинной реализации более предпочтителен тот метод, который приводит к алгоритму с большим числом однородных вычислительных операций. Такими методами являются МКЭ и МКР.

Из зарубежных авторов можно отметить работу Дж.Аргираса и Д.Шарпфа /4/, в которой построена теория расчета пластин с учетом поперечного сдвига.

Реализация МКЭ связана с большим порядком исходных матриц и, как следствие, с большим расходом времени ЭВМ и их оперативной памяти.

Для исследования НДС многослойных конструкций наряду с МКЭ, широкое распространение получил метод конечных разностей.

МКР для расчета многослойных конструкций использован многими исследователями.

В работах Н.Г.Тамурова /5/ МКР исследовалось НДС двухслойных и трехслойных пластин симметричного строения.

Изучено влияние на НДС таких пластин больших отверстий, условий закрепления контуров, приведенного и действительного коэффициентов Пуассона слоев на максимальные прогибы и напряжения. Рассмотрена сходимость решений в работе А.Т.Касимова /6/.

Представленный краткий обзор теорий и методов расчета не претендует на полноту охвата всех теорий и методов и всех исследователей, но тем не менее, он показывает, что в основу исследований должна быть положена уточненная теория, обладающая универсальностью, а для численного исследования НДС многослойных конструкций наиболее приемлемым является МКР.

Список литературы:

1. Александров А.Я., Куршин Л.М. Многослойные пластины и оболочки// Труды VII Всесоюзной конференции по теории оболочек и пластинок (Днепропетровск, 1969). -М.: Наука, 1970. -с. 714-721.
2. Карасев С.Н. Задача изгиба прямоугольной ортотропной многослойной пластины // - Казань, 1980. –с.6 . Деп. в ВИНТИ 4.08.80, №..

3. Касимов А.Т. К расчету напряженно-деформированного состояния многослойных ортотропных пластин в уточненной постановке //Пластины и оболочки: Тр. КарПТИ. -Караганда, 1991. -с.38-41
4. Королев В.И. Слоистые анизотропные пластинки и оболочки из армированных пластмасс. – М.: Машиностроение, 1965.-271с.
5. Маличенко С.А., Прусаков А.П. Об одной уточненной теории изгиба слоистых пластин //Изв. ВУЗов. Строительство и архитектура. -1982. -№8.-с.39-42.
6. Тамуров Н.Г. Изгиб слоистых сплошных и с большими отверстиями пластин и оболочек //Изв. АН СССР. МТТ. -1971. -№1.