

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ МНОГОСЛОЙНЫХ 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*

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. Проведено численное исследование напряженно-деформированного состояния многослойных пластин на основе метода сеток. Полученные уравнения изгиба многослойных ортотропных пластин несимметричной структуры по толщине в смешанной форме и соответствующие им контурные условия представлены в конечно-разностной форме для произвольного узла прямоугольной сетки.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, несимметричная структура, многослойные конструкции

RESEARCH OF THE INTENSE DEFORMED CONDITION OF RECTANGULAR MULTILAYERED 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*

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. Numerical research of the intense deformed condition of multilayered plates on the basis of a method of grids is conducted. The received equations of a bend multilayered the ortotropnykh of plates of asymmetrical structure on thickness in the mixed form and the planimetric conditions corresponding to them are presented in a final and differential form for any knot of a rectangular grid.

Keywords: the intense deformed state, asymmetrical structure, multilayered designs

Исследуем напряженно-деформированное состояние многослойных пластин с различным количеством и расположением слоев по толщине, симметричной и несимметричной структуры [1]. Пластины – квадратные в плане, свободно опертые по контуру, действующая нагрузка, равномерно-распределенная [2]. Рассматриваемые

пластины имеют равную массу, т. е. для всех пластин суммарные толщины несущих слоев и слоев заполнения соответственно одинаковы (рисунок 1).

В процессе расчета варьировались отношения: модуля упругости жестких несущих слоев и заполнителя $E_{ж.с} / E_{зап}$, размера пластин в плане к ее общей толщине a / H . Шаг сетки при решении всех задач принят равным $\lambda = a / 8$ [3].

Для слоев приняты следующие жесткостные характеристики:

$$E_{ж.с} = 7 \cdot 10^4 \text{ МПа}; \quad E_{зап} = E_{ж.с} / 100;$$

$$\nu_{ж.с} = 0,3; \quad \nu_{зап} = 0,4.$$

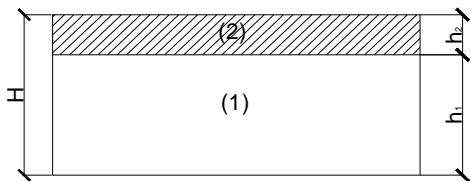
Полученные результаты представлены в таблице 1 и на графиках (рисунки 2-6).

Причем в таблице 1 даны результаты для частного случая, когда логарифм отношения модулей упругости жесткого слоя и заполнителя равен двум [4].

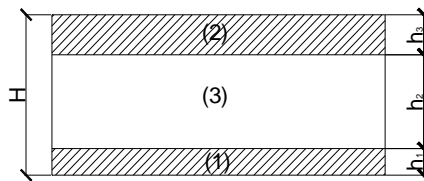
Таблица 1

Прогибы и нормальное напряжение центральных точек слоистых пластин

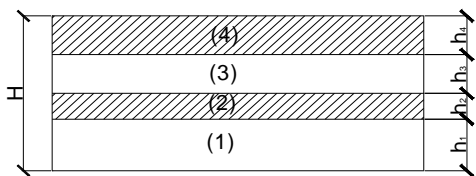
Количество слоев	двухслойная	трехслойная	четырёх-слойная	пятислойная	семислойная
$WE_{ж.с}/100$ qH	1,831	0,563	1,037	0,641	0,601
$\sigma_{11}/10q$	38,58	20,57	40,10	42,11	35,27



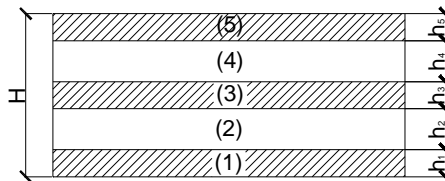
Двухслойная
 $h_1 = 0,8H$; $h_2 = 0,2H$;
 $E_{ж.с.} = 700 \text{ МПа}$; $E_{ж.с.}/E_{зап} = 100$ (а)



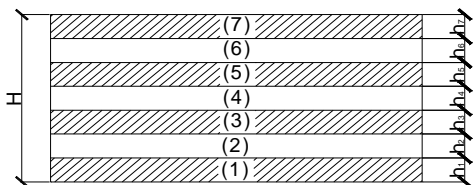
Трехслойная
 $h_1 = 0,075H$; $h_2 = 0,8H$;
 $h_3 = 0,125H$ (б)



Четырехслойная
 $h_2 = h_4 = 0,1H$;
 $h_1 = h_3 = 0,8H$ (в)



Пятислойная
 $h_1 = h_5 = 0,05H$; $h_2 = h_4 = 0,4H$;
 $h_3 = 0,1H$ (г)



Семислойная
 $h_1 = h_3 = h_5 = h_7 = 0,05H$;
 $h_2 = h_4 = h_6 = 0,266H$ (д)

Рисунок 1. Поперечные сечения слоистых пластин

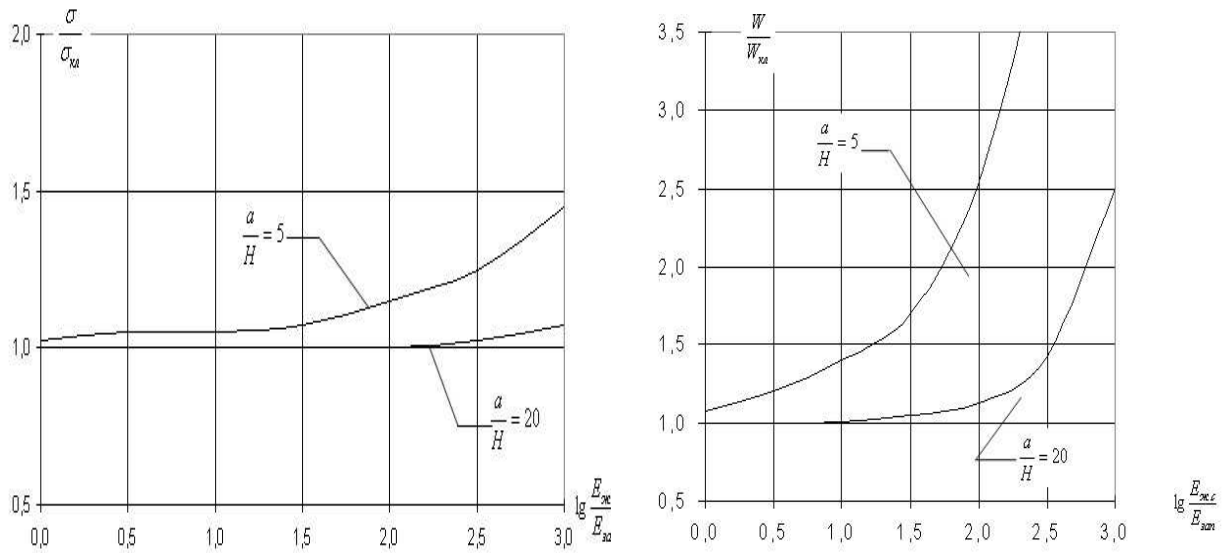


Рисунок 2. Относительные прогибы и напряжения в двухслойной пластине

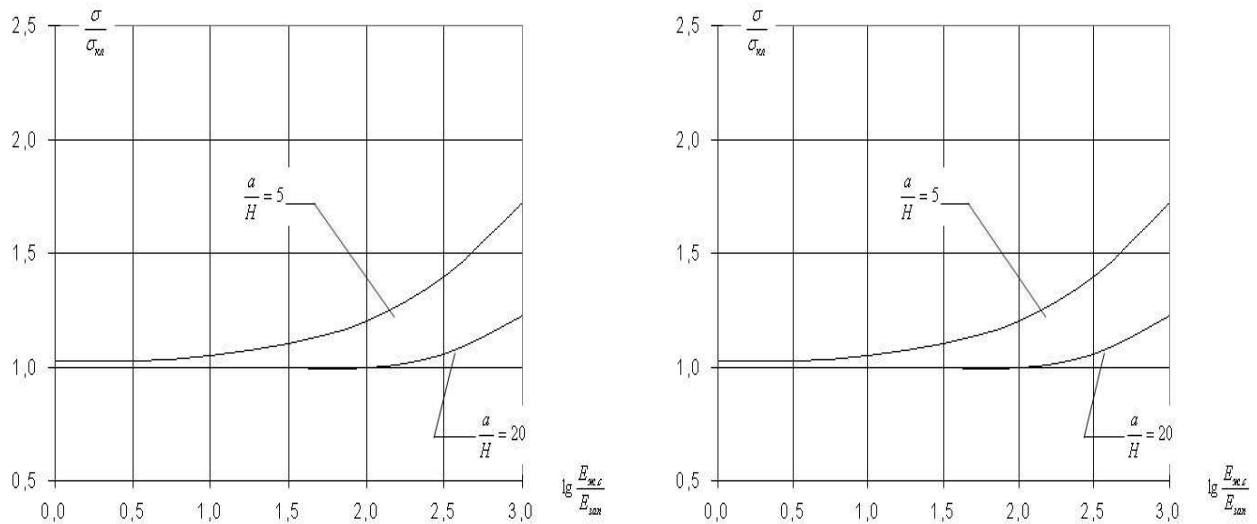


Рисунок 3. Относительные прогибы и напряжения трехслойной пластине

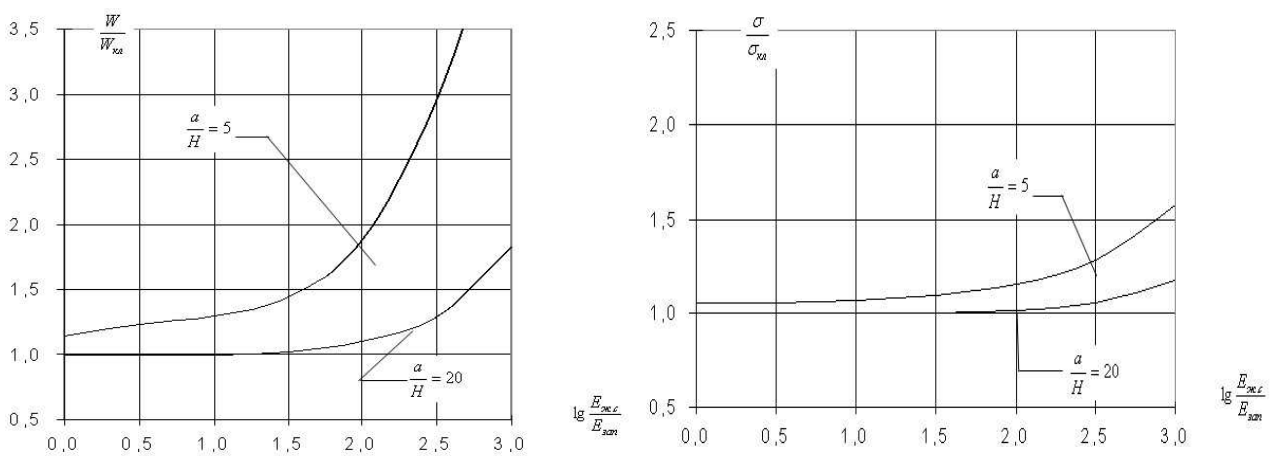


Рисунок 4. Относительные прогибы и напряжения в четырехслойной пластине

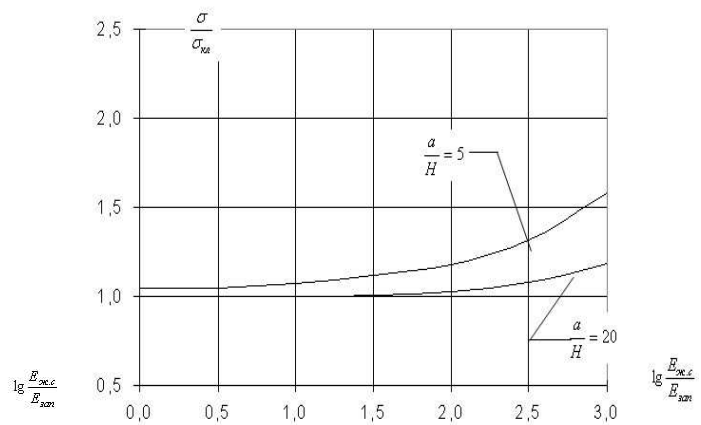
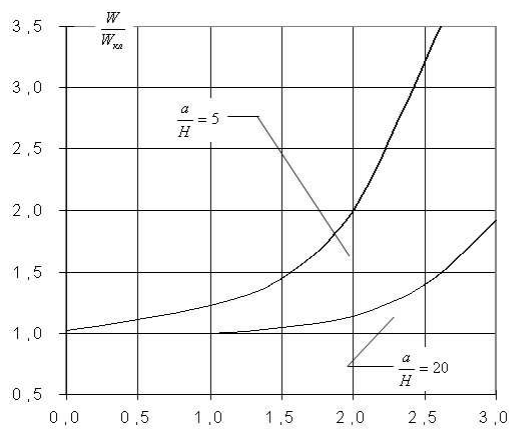


Рисунок 5. Относительные прогибы и напряжения в пятислойной пластине

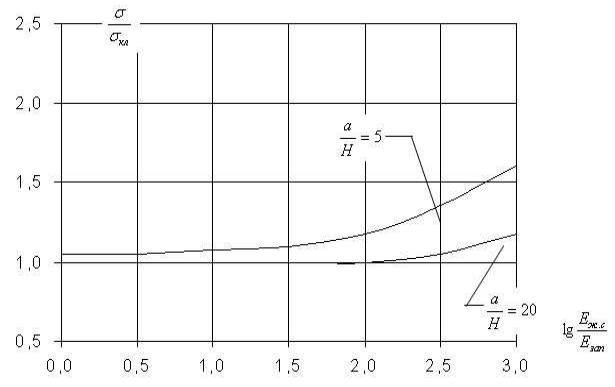
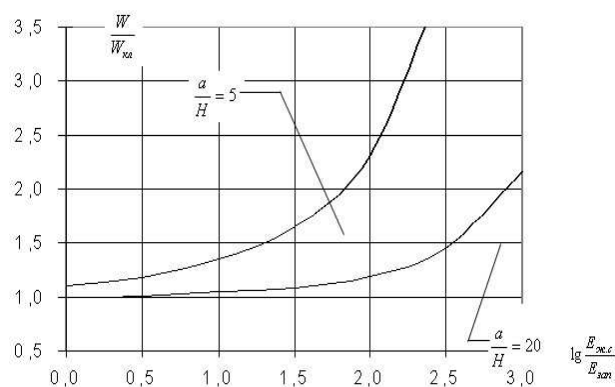


Рисунок 6. Относительные прогибы и напряжения в семислойной пластине

Анализируя результаты можно сделать следующие выводы:

- Чем больше жестких слоев в пластинах с одинаковым расходом материала, тем жестче становится пластина [5].

- Выгодным по прогибам оказался случай трехслойной пластины, когда верхний жесткий слой в два раза превышает по толщине нижний жесткий слой.

- Чем больше разница в модулях упругости жестких слоев и заполнителя, тем больше разница между результатами, полученными по предлагаемым соотношениям и по классической теории.

Список литературы:

1. Карасев С.Н. Задача изгиба прямоугольной ортотропной многослойной пластины // -Казань, 1980. –с.6 . Деп. в ВИНТИ 4.08.80, №..
2. Касимов А.Т. Алгоритм расчета многослойных ортотропных пластин в уточненной постановке // IV Междунар. конф. Наука и образование –

ведущий фактор стратегии «Казахстан – 2030», посвящ. 10-летию Независимости Казахстана. Тез. докл.: - Караганда: КарГТУ, 2001. – с. 22-24.

3. Касимов А.Т. Расчет многослойных ортотропных прямоугольных пластин несимметричной структуры с произвольным закреплением на контуре // Пластины и оболочки: Тр. КарПТИ. -Караганда, 1992.
4. Маличенко С.А., Прусаков А.П. Об одной уточненной теории изгиба слоистых пластин //Изв. ВУЗов. Строительство и архитектура. -1982. -№8.- с.39-42.
5. Юнусов А.Ш. Изгиб слоистых пластин с наполнителем //Изв.ВУЗов Строительство и архитектура. –1976. -№4.