

Материалы с сотовой структурой поперечного сечения широко используются в технике, архитектуре, строительстве и других областях вследствие их малого веса и высоких удельных прочностных характеристик. В частности панели из ПВХ (поливинилхлорида), листовой сотовый поликарбонат – современные экологически безопасные материалы, используемые в дизайне интерьеров, спортивных сооружениях и других объектах. Механические, оптические, теплофизические свойства сотового материала зависят от формы сот.

Представляет интерес определение напряженно - деформированного состояния сотового материала с различными формами сот. Сотовый листовой материал состоит из двух лицевых пластин, соединенных перегородками, ориентированными в продольном направлении (рис.1). Рис. 1 – Формы и характерные размеры сечений сотового листового материала

При разработке расчетной модели и методов расчета сотового материала следует отметить, что толщина внешних пластин h_L намного меньше общей толщины h листа – $h_L/h = 0,02...0,06$, а отношение толщины перегородок и ребер жесткости h_n к общей толщине листа $h_n/h = 0,002...0,06$

Определение характеристик напряженно-деформированного состояния сотовых листов (панелей) выполнялось численно с использованием пакета прикладных программ, разработанного на основе вариационного метода расчета составных оболочечных и стержневых конструкций, предложенных в работах [1,2]. Были рассмотрены два вида нагружения сотовых листов (рис.2): равномерно распределенная по поверхности нагрузка q действует на лист сверху; равномерно распределенная по длине листа сила F действует в верхнем углу профиля соты. Рис. 2 – Виды нагружения сотовых листов

Для определения характеристик напряженно деформированного состояния в направлении продольного размера L под действием равномерно распределенной нагрузки q панель считалась составной конструкцией, элементами которой являются тонкие пластины жестко соединенные между собой [3]. Расчетная схема была получена следующим образом. Из панели двумя плоскостями, перпендикулярными к поверхностям панели и проходящими по линиям симметрии профилей, вырезается полоса (рис.3) длиной L , включающая по ширине полосы половину соты. На боковых поверхностях полосы накладываются условия симметрии, на концах – условия симметрии и условия свободного опирания для нижней поверхности панели. Вследствие симметрии рассматривалась половина полосы. Рис. 3 – Расчетная схема элемента сотового листа

Рассмотрены четыре варианта трехслойных сотовых листов толщиной 16 мм (рис.4). Рис. 4 – Формы сечений трехслойного сотового материала

На рисунках приведены номера пластин и номера узлов (даны в кружечках). Номера узлов даны для конца полосы, в которой находится закрепление. Для получения номеров узлов, находящихся в плоскости симметрии полосы (на расстоянии $L/2$ от закрепления), надо к соответствующим номерам узлов, приведенным на рисунках, прибавить по единице. Каждая пластина имеет четыре узла,

совпадающие с угловыми точками пластины. При определении параметров напряженно деформированного состояния величина распределенной нагрузки была принята $q=0,1$ МПа, продольный размер полосы $L=0,4$ м. В таблице 1 представлены расчетные значения максимального прогиба w и максимального эквивалентного напряжения в сотовых листах. Максимальные величины получены в верхних пластинах. В таблице указаны также номера узлов, в которых возникают эти величины. Если в таблице даны два узла, то искомые величины действуют на стороне пластины, проходящей через эти узлы. Для определения характеристик напряженно деформированного состояния в поперечном направлении из панели двумя поперечными плоскостями вырезается полоса длиной $0,01$ м. Из нее по длине панели вырезается элемент, включающий одну ячейку. Слои и перегородки в панели моделируются стержневыми элементами, жестко соединенными между собой в узловых точках. Для определения напряженно - деформированного состояния стержневой системы используется метод, предложенный в работе [2].

Таблица 1 – Расчетные величины перемещений и напряжений в листах При нагружении давлением q Сечение $w_{\max}$, мм Номер узла $s_{\text{экв}}$, МПа

Сечение	$w_{\max}$, мм	Номер узла	$s_{\text{экв}}$, МПа
10-12	48	1 -12,3	10-12
11 2	-14,5	10-12 52 9 3	-16,9 12 68 9 4
16 56	11	-14,4	16 56 11

Нумерация стержней и узлов производится также как и на рисунке 4. Только здесь номерам пластин соответствуют номера стержней, нумерация узлов производится последовательно без пропусков номеров, вторая симметричная часть также нумеруется. Эти рисунки здесь не приведены. Предполагается, что у стержневой конструкции (рис.2) нижний стержень по концам имеет шарнирное закрепление, для верхнего стержня ограничивается перемещение в горизонтальной плоскости и на него действует сверху распределенная нагрузка интенсивности q . При исследовании деформаций и напряжений при сдвиге соты в плоскости поперечного сечения к стержневой системе прикладывается распределенная по длине сила $F = 1$ Н/см (рис.2). В таблице 2 приводятся значения максимальных перемещений и максимальных напряжений в стержневой системе и места их расположения.

Таблица 2 – Расчетные величины перемещений и напряжений в сотах При нагружении давлением q Сечение $w_{\max}$, мм Номер узла $s_{\text{экв}}$, МПа

Сечение	$w_{\max}$, мм	Номер узла	$s_{\text{экв}}$, МПа
9-11	19.2	11 2	-0,160 9-11 86.8 9-11 3
13-15	-42.2	15	-0,222 9-11 113.9 9 4 -0,0602

При нагружении сдвигающей силой F Сечение $w_{\max}$, мм Номер узла $s_{\text{экв}}$, МПа Номер стержня

Сечение	$w_{\max}$, мм	Номер узла	$s_{\text{экв}}$, МПа	Номер стержня
1 0,0368	9	-2,55	7 2	0,0452
9	-2,56	6	сим 3	1,11
9	-0,4	5 4	0,11	11
-3,17	7			

Меткой «сим» отмечены стержни симметричные относительно вертикальной линии симметрии соответствующим стержням. Полученные результаты могут быть использованы при сравнительной оценки прочности и жесткости материалов с различными формами сечения сот. Например, можно видеть, что сотовый материал с формой сечения №3 обладает меньшей прочностью при действии распределенной нагрузки и меньшей жесткостью при сдвиговой нагрузке.