

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 624.011.1

Устарханов О.М., Муселемов Х.М., Киявов У.А., Устарханов Т.О.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ И ФОРМ СОТОВОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ ТРЕХСЛОЙНОЙ КОНСТРУКЦИИ ПРИ ДЕЙСТВИИ СТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Ustarkhanov O.M., Muselemov Kh.M., Kiayvov U.A., Ustarkhanov T.O.

DETERMINATION OF THE OPTIMAL SIZE AND FORM OF HONEYCOMB FOR A SANDWICH AT THE ACTION OF STATIC LOAD

Работа посвящена теоретическим исследованиям приведенных характеристик четырехгранного (квадратного), шестигранного и цилиндрического (круглого) сотового заполнителя.

Данные теоретических исследований позволяют определить несущую способность трехслойных балок (ТБ) с четырехгранным, шестигранным и цилиндрическим сотовым заполнителем и сравнить, балка с какой формой и размером обладает большей несущей способностью, что представляет интерес инженерно-технических работников и проектировщиков.

Ключевые слова: *четырегранный, шестигранный, цилиндрический, сотовый заполнитель, трехслойный, несущий слой.*

The work is devoted to theoretical investigations of the characteristics of a tetrahedral (square), hex and cylindrical (circular) honeycomb.

Evidence of theoretical researches allows to determine the carrying capacity of sandwich beams (TB), square, hexagonal and a cylindrical paper honeycomb and compare beam with any shape and size and has a greater load-bearing capacity, which is of interest technicians and designers.

Key words: *square, hexagon, cylindrical, honeycomb core, three-layer, bearing layer.*

В настоящее время в области строительства, машиностроения, судостроения, авиации, космонавтики широко применяют легкие конструкции.

Наиболее перспективными легкими конструкциями являются многослойные конструкции, имеющие высокую жесткость при малом весе. Особенно это относится к трехслойным конструкциям с сотовыми заполнителями. Известно, что трехслойная конструкция состоит из двух внешних, сравнительно тонких слоев и толстого среднего слоя (заполнителя).

Заполнитель изготавливается в заводских условиях, что обеспечивает наименьшие отклонения требуемых их размеров. Размеры сот колеблются от нескольких миллиметров до десятков сантиметров, в зависимости от назначения конструкции.

Несущие слои воспринимают продольные нагрузки (растяжение, сжатие, сдвиг) в своей плоскости и поперечные изгибающие моменты. Заполнитель воспринимает поперечные силы при изгибе и обеспечивает совместную работу и устойчивость несущих слоев. Способность заполнителя воспринимать нагрузку в плоскости несущих слоев зависит от конструкции заполнителя и его жесткостных характеристик.

Внешние, так называемые несущие слои, изготавливаются из прочных материалов (стали, сплавов легких металлов, дерева, армированной волокном пластмассы, бетона или асбестоцемента и др.). Внутренний слой – заполнитель – изготавливается из относительно малопрочных материалов с малой плотностью (из пробки, резины, древесины,

пластмассы, вспененного полимерного материала, а также из легкого металла в форме сот, перемычек, гофрировки или другой конструкции). Выбор формы сот зависит от формы трёхслойной конструкции и выполняемой ею функции. Механические свойства сотового заполнителя зависят главным образом от толщины стенок и размера грани ячеек.

Для определения оптимальных размеров и форм сотового заполнителя проведен теоретический расчет ТБ с четырехгранным, шестигранным и цилиндрическим сотовым заполнителем одинаковой площадью основания и объемом ячейки по известной методике изложенной в справочнике под общей редакцией В.Н. Кобелева [1].

В качестве примера рассматривалась шарнирно опертая ТБ (рис.1) длиной $L=70\text{см}$, а ширина менялась в зависимости от размера грани ячейки заполнителя. Толщина несущих слоёв 1мм , толщина заполнителя 0.12мм . Несущие слои из алюминия АМГ2-Н, а сотовый заполнитель из сплава алюминия Д16-АТ. Высота ТБ менялась от 4 до 8см с градацией 2см .

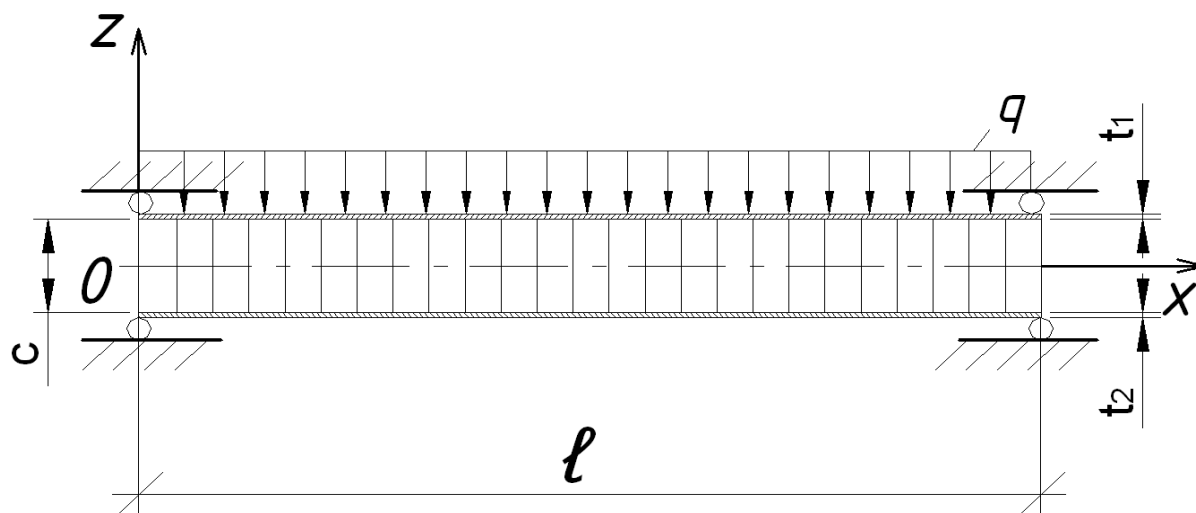


Рисунок 1 - Балка, шарнирно опертая и нагруженная усилием q , равномерно распределённым по поверхности

Для расчёта таких конструкций необходимо знать приведённые характеристики сотового заполнителя.

С целью определения приведённых характеристик сотового заполнителя, из заполнителя ТБ (рис.1) вырезаем элементарную ячейку (рис.2).

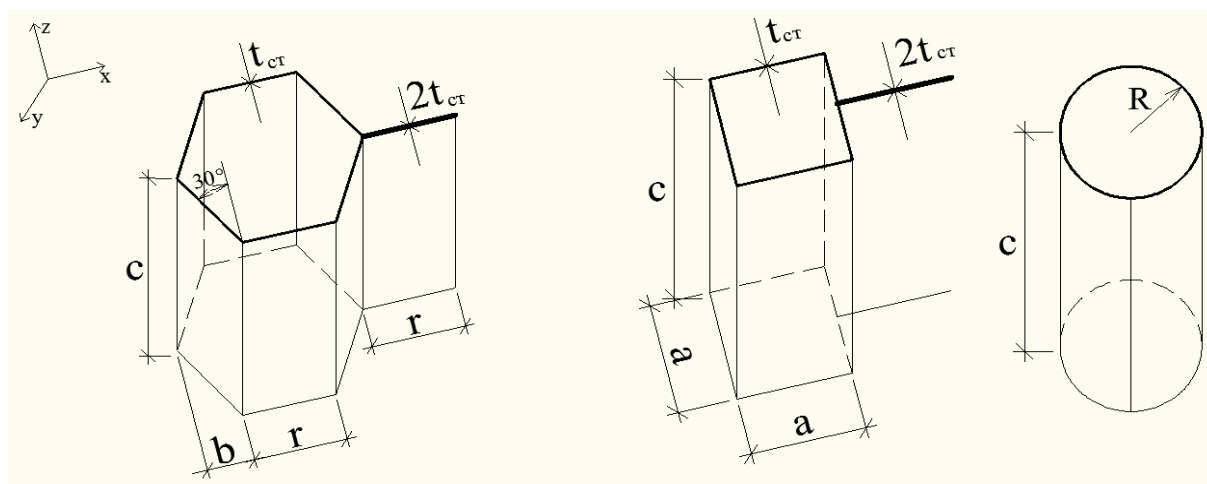


Рисунок 2 - Элементарные ячейки шестигранного, четырехгранного и цилиндрического сотового заполнителя

Условный предел прочности при сжатии в направлении оси z для шестигранного и четырехгранного сотового заполнителя равен:

$$\sigma_{zzB} = K_{пр} * K_1 * K_3 * E_{мз} * \left(\frac{t_{ст}}{b}\right)^2;$$

для цилиндрического сотового заполнителя:

$$\sigma_{zzB} = \frac{E_{мз} * \pi * t_{ст}^2 * K_3}{2 * r^2 * \sqrt{3(1 - \nu_{мст}^2)}};$$

где:

Направлению x соответствует цифра 1, y – цифра 2, z – цифра 3;

$K_{пр}$ – коэффициент прерывистости;

K_1 – коэффициент, зависящий от соотношения размеров сот;

K_3 – коэффициент, зависящий от материала заполнителя,
для алюминиевых сот $K_3=0,275$;

$E_{мз}$ – модуль упругости заполнителя ($E_{мз}=690000$ кгс/см²);

$t_{ст}$ – толщина стенки заполнителя;

a,b,c,r,R – параметры сотового заполнителя (рис. 2);

$$K_{пр} = \frac{V_{мз}}{V_{яч}};$$

для шестигранного сотового заполнителя:

$$V_{мз} = 8 * t_{ст} * r * c; \quad V_{яч} = S_{осн} * c; \quad S_{оснпр} = 2.6 * r^2;$$

для четырехгранного сотового заполнителя:

$$V_{мз} = 6 * t_{ст} * a * c; \quad V_{яч} = S_{осн} * c = a^2 * c;$$

для цилиндрического сотового заполнителя:

$$V_{мз} = 2\pi R * t_{ст} * c; \quad V_{яч} = S_{осн} * c = \pi R^2 * c;$$

$V_{мз}$ – объём материала заполнителя;

$V_{яч}$ – объём ячейки заполнителя;

$S_{осн}$ – площадь основания ячейки.

Максимальные нормальные напряжения в верхнем несущем слое ТБ равны:

$$\sigma_{12} = \frac{q * \bar{B}_2}{2 * B_{тр} * (h_2 - h_1)^2} * \left(\frac{c * B_{тр}}{G_{133}} + \frac{l^2}{8} \right) - \frac{q}{h_2 - h_1} * \frac{c * B_{тр}}{t_1 * G_{133}};$$

Максимальный прогиб в середине ТБ равен:

$$W_{\max} = \frac{q * l^2}{8 * B_{\text{тр}} * (h_2 - h_1)^2} * \left(\frac{c * B_{\text{тр}}}{G_{133}} + \frac{5 * l^2}{48} \right);$$

где:

$$\bar{B}_2 = \frac{2 * B_{\text{тр}} * (h_2 - h_1) + t_2 * B_2}{t_2};$$

$$B_{\text{тр}} = \frac{B_1 * B_2}{B_1 + B_2}; \quad B_1 = \frac{E_1 * t_1}{1 - \gamma_1^2}; \quad B_2 = \frac{E_2 * t_2}{1 - \gamma_2^2};$$

$$h_1 = t_1 * (1 + \xi_1) / 2; \quad h_2 = -t_2 * (1 + \xi_2) / 2; \quad \xi_1 = \xi_2 = \frac{c}{t_{1,2}};$$

для шестигранного сотового заполнителя:

$$G_{133} = 0,879 * \frac{t_{\text{ст}}}{r} * G_{\text{мз}};$$

для четырехгранного сотового заполнителя:

$$G_{133} = \frac{t_{\text{ст}}}{a} * G_{\text{мз}};$$

для цилиндрического сотового заполнителя:

$$G_{133} = \frac{t_{\text{ст}}}{R} * G_{\text{мз}};$$

G_{133} – приведённый модуль сдвига в плоскости xOz ;

$G_{\text{мз}} = 270000 \text{ кгс/см}^2$ – модуль сдвига заполнителя;

B – жёсткость стенки заполнителя.

Результаты расчетов приведены в таблицах 1 ÷ 3.

Таблица 1 - Результаты расчетов ТБ с четырехгранным сотовым заполнителем

q, МПа	l, см	c, см	a, см	G_{133} , МПа	σ_{12} , МПа	$W_{\max}$, мм
0.065	70	4	0.8	405	-99.62	3.307
			2.4	133.88	-99.92	3.781
			4	81	-100.22	4.243
		6	0.8	405	-64.09	1.547
			2.4	133.88	-63.88	1.868
			4	81	-63.68	2.18
		8	0.8	405	-49.83	0.907
			2.4	133.88	-49.99	1.149
			4	81	-50.14	1.386

Таблица 2 - Результаты расчетов ТБ с шестигранным сотовым заполнителем

q, МПа	l, см	c, см	r, см	G ₁₃₃ , МПа	σ ₁₂ , МПа	W _{max} , мм
0.065	70	4	0.5	569.59	-99.57	3.237
			1.5	189.86	-99.79	3.573
			2.5	113.91	-100	3.906
		6	0.5	569.59	-61.12	1.501
			1.5	189.86	-62.97	1.726
			2.5	113.91	-63.83	1.951
		8	0.5	569.59	-49.81	0.872
			1.5	189.86	-49.92	1.043
			2.5	113.91	-50.03	1.213

Таблица 3 - Результаты расчетов ТБ с цилиндрическим сотовым заполнителем

q, МПа	l, см	c, см	R, см	G ₁₃₃ , МПа	σ ₁₂ , МПа	W _{max} , мм
0.065	70	4	0.45	720	-99.55	3.205
			1.4	231.42	-99.73	3.483
			2.3	140.86	-99.9	3.746
		6	0.45	720	-64.13	1.477
			1.4	231.42	-64.01	1.665
			2.3	140.86	-63.9	1.844
		8	0.45	720	-49.80	0.855
			1.4	231.42	-49.89	0.997
			2.3	140.86	-49.98	1.131

Сравнение результатов теоретических расчетов показывает, что напряжения в несущих слоях ТБ не значительно зависят от принятых площадей и форм сотовых заполнителей при одной и той же высоте, но на прогиб влияние принятых размеров и форм сотовых заполнителей значительно.

И в целом по результатам теоретических расчетов можно сделать следующие выводы:

1. Прогибы в ТБ с четырехгранным сотовым заполнителем больше прогибов ТБ с шестигранным сотовым заполнителем (при изменении площадей основания сот) на

(2÷8) % при высоте сотового заполнителя $s=4\text{см}$, на (3÷10) % при высоте сотового заполнителя $s=6\text{см}$, на (4÷12) % при высоте сотового заполнителя $s=8\text{см}$ (рис.3 – рис.5).

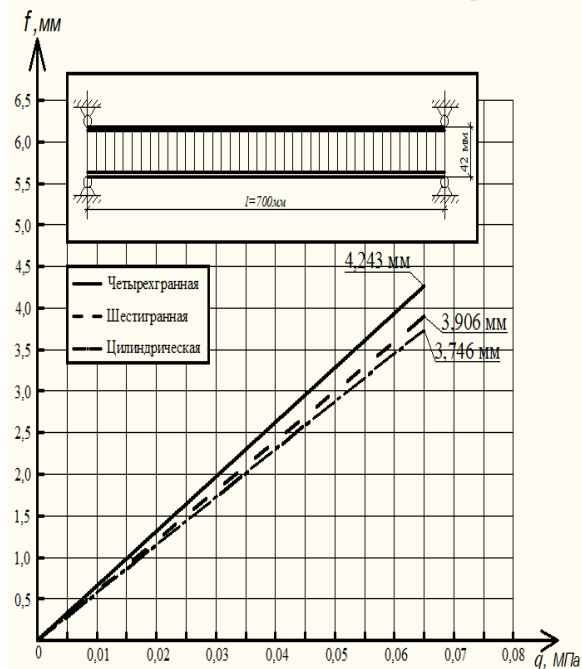


Рисунок 3 - График зависимости прогибов от нагрузки для ТБ с площадью основания соты равным 16.25см^2

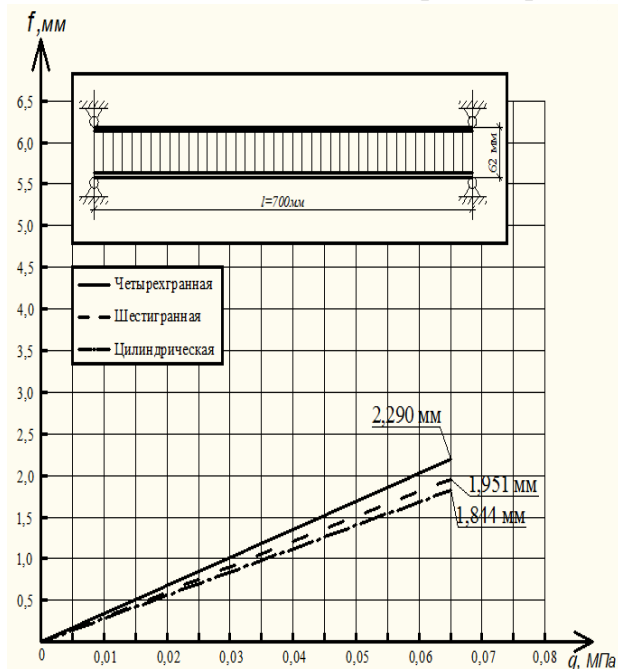


Рисунок 4 - График зависимости прогибов от нагрузки для ТБ с площадью основания соты равным 16.25см^2

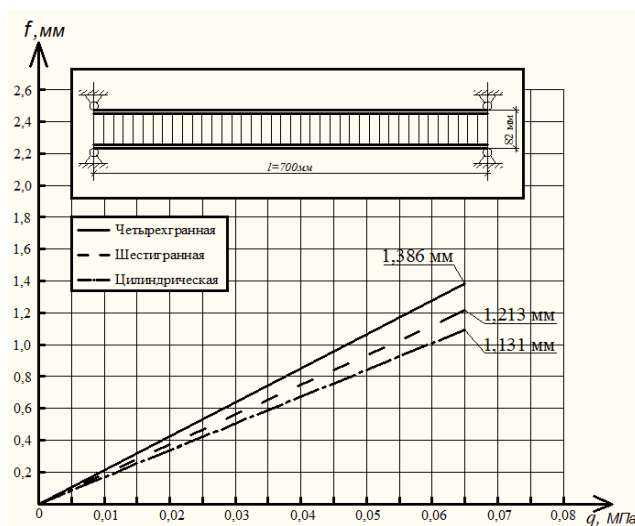


Рисунок 5 - График зависимости прогибов от нагрузки для ТБ с площадью основания соты, равным 16.25см^2

2. Прогибы в ТБ с шестигранным сотовым заполнителем больше прогибов ТБ с цилиндрическим сотовым заполнителем (при изменении площадей основания сот) на (1÷4) % при высоте сотового заполнителя $s=4\text{см}$, на (2÷5) % при высоте сотового заполнителя $s=6\text{см}$, на (3÷7) % при высоте сотового заполнителя $s=8\text{см}$ (рис.3 – рис.5).

3. Прогибы в ТБ с четырехгранным сотовым заполнителем больше прогибов ТБ с цилиндрическим сотовым заполнителем (при изменении площадей основания сот) на (3÷12) % при высоте сотового заполнителя $s=4\text{см}$, на (5÷15) % при высоте сотового заполнителя $s=6\text{см}$, на (6÷18) % при высоте сотового заполнителя $s=8\text{см}$ (рис.3 – рис.5).

4. При увеличении высоты сотового заполнителя ТБ $s=4\text{см}$ до $s=6\text{см}$ прогибы увеличивались на $(48\div 53)\%$, а напряжения в верхнем несущем слое увеличивались на $(35\div 38)\%$, а при увеличении высоты сотового заполнителя ТБ $s=6\text{см}$ до $s=8\text{см}$, прогибы увеличивались на $(35\div 40)\%$, а напряжения в верхнем несущем слое увеличивались на $(20\div 22)\%$ (рис.3 – рис.5).

Исходя из выше изложенного можно сделать общий вывод, что из выбранных для расчета форм сотовых заполнителей самым оптимальным по всем параметрам является ТБ с цилиндрическим сотовым заполнителем.

Библиографический список:

1. Кобелев В.Н., Коварский Л.М., Тимофеев С.И. Расчет трехслойных конструкций// М.: Машиностроение, 1984. 304с.

УДК 69.059

Мажиев Х.Н., Батаев Д.К-С., Духаев Х-М.С., Мажиев К.Х., Мажиева А.Х.

РЕГУЛИРОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ СЕЙСМОИЗОЛИРУЮЩИМИ УСТРОЙСТВАМИ

Mazhiev Kh.N., Bataev DK-S., Dukhaev Kh-M.S., Mazhiev K.Kh., Mazhieva A.Kh.

REGULATION OF SEISMIC LOAD ON BUILDINGS SEISMIC DEVICES

Рассматриваются вопросы регулирования сейсмической нагрузки на сооружения с помощью кинематических опор из высокопрочного бетона на пропитанном крупнозернистом заполнителе и сейсмоизолирующих тарельчатых опор. Приводятся результаты экспериментальных исследований, связанные с получением нового крупнозернистого заполнителя и работы конструкции сейсмоизолирующих опор. Затрагиваются вопросы взаимодействия сил в полусферических опорах при колебательном процессе.

Ключевые слова: сейсмическая нагрузка, сейсмоизолирующая опора, фундамент, бетон, испытания, регулирование, воздействия.

The issues of regulation of seismic loads on structures using kinematic supports of high-strength concrete on the impregnated coarse aggregate and seismic isolation bearings Belleville. The results of experimental studies related to the obtaining of a new coarse aggregate and construction of seismic isolation bearings. Addresses the issues of interaction forces in the hemispherical supports vibration process.

Key words: seismic load, seismic isolation bearing, foundation, concrete, testing, regulation, impact.

Как отмечается в работе [1, 8-10], на современном этапе наиболее часто используются два подхода регулирования сейсмостойкости: рассеяние энергии и сейсмоизоляция. Различие сложившихся подходов обусловлено конструктивным решением рассматриваемых сооружений, желаемым способом регулирования динамических характеристик и видом используемого сейсмоизолирующего устройства.

Под руководством доктора технических наук Черепинского Ю.Д. разработан и запатентован способ регулирования сейсмической нагрузки на здания и сооружения [2], который заключается в том, что при горизонтальной сейсмической нагрузке на надземные