

3. Лашенко М.Н. Аварии металлических конструкций зданий и сооружений / М.Н. Лашенко — Стройиздат. Ленинград. 1969. — 183 с.

4. Бычков Д.В. Строительная механика стержневых тонкостенных конструкций / Д.В. Бычков — Москва: Госстройиздат, 1962.

5. Писаренко Г.С. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев — Киев: Высшая школа, 1979. — 696 с.

6. Руководство По подбору сечений элементов Строительных стальных конструкций. — Москва: ГОССТРОЙ СССР, 1988.

УДК 624.07

### **Проектирование сотовых панелей**

Мицкевич В.М.

Научный руководитель: Згировский А.И.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Основными проблемами для проектировщиков и инженеров-конструкторов были и остаются вопросы разработки и изготовления оптимальных конструкций для условий сложного нагружения. При этом во все времена ценилась та конструкция, на которую затрачивалось меньше материала и рабочего времени, и она могла удовлетворить заданным условиям эксплуатации. Наиболее рациональными конструкциями, работающими в условиях изгиба, сжатия или совместного действия этих нагрузок, являются многослойные конструкции. Это обуславливается тем, что для балки, изогнутой поперечной нагрузкой, нормальные напряжения по поперечному сечению распределены линейно с нулевым значением на центральной оси (рис. 1.1). Следовательно, при изгибе в полной мере работают только крайние волокна сечения, и чем ближе к центральной плоскости расположен слой материала, тем меньше его участие в работе.

Представителем многослойных конструкций, наиболее часто встречающихся в строительстве, являются трехслойные конструкции, в частности сэндвич-панели.

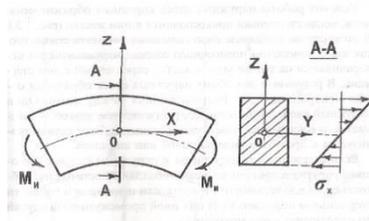


Рис. 1.1. Распределение нормальных напряжений по поперечному сечению изогнутой балки

Трехслойная конструкция представляет систему, состоящую из двух внешних сравнительно тонких слоев (несущие слои, обшивка) и среднего, более толстого слоя (заполнитель).

Обшивка изготавливается из более прочных материалов (стали, сплавов легких материалов, дерева, пластмасс и др.), и, в зависимости от условий эксплуатации, может состоять из нескольких различных материалов, являясь многослойной.

Внутренний слой (заполнитель) изготавливают из относительно малопрочных материалов с малой плотностью (из пробки, резины, пластмассы, вспененного полимерного материала, из легкого металла в форме сот, перемычек и т.д.).

Одним из видов трехслойной конструкции является сотовая панель (средний слой – сотовый заполнитель). Сотовый заполнитель – это конструкционный материал, состоящий из массива ячеек заданной конфигурации и размеров, оси которых параллельны друг другу. Различные виды сотового заполнителя показаны на рис. 1.2.

Производство сотовых панелей может быть выполнено из любых материалов, которые изготавливаются в виде листов, полос, лент, рулонов. При этом к материалам предъявляются определенные требования:

- материал должен иметь структуру, которая наиболее полно соответствует силовому воздействию на конструкцию при эксплуатации;
- объемный вес материала должен быть минимальным;
- пределы прочности при различных нагрузках предусматриваются достаточными для удовлетворения требований, предъявляемых к корпусным конструкциям;

- усталостные характеристики материала должны быть такими, чтобы при внутренних колебаниях не появились трещины, и не происходило расслаивание и т.п.;

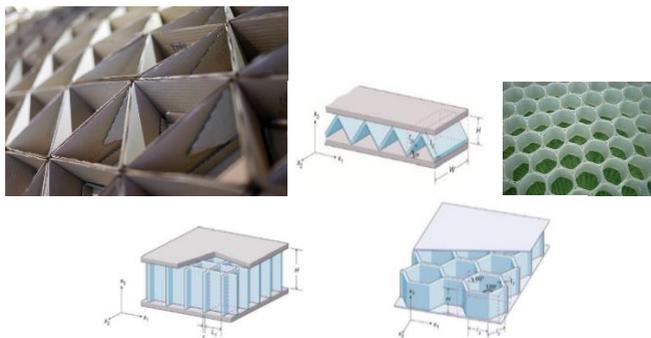


Рис.1.2 Формы сотового заполнителя

Проектирование сотовых панелей можно условно разделить на три этапа[1]:

Первый этап. Выработка исходных данных (расположение конструкции, геометрия ячеек, определение нагрузок, определение материалов и характеристик);

Второй этап. Расчет и выпуск конструкторско-технической документации (рабочие чертежи, расчеты, вид законцовок, первое приближение массы);

Третий этап. Экспериментальное подтверждение правильности выбора сотовой конструкции (испытания).

Прочностные характеристики сотового заполнителя являются приведенными, так как материал не является сплошным. Следовательно, характеристики заполнителя зависят от его геометрии[2]. Покажем связь между плотностью материала сотового заполнителя, формой ячейки и объемной массой эквивалентного приведенного заполнителя, а так же связь модуля упругости материала сотового заполнителя  $E_z$  и приведенного модуля упругости  $E$ . Выделяем из сотового блока типовой элемент (рис. 1.3). Где  $b = \sqrt{3}a$ ,  $a$ -сторона ячейки,  $t$ -толщина стенки,  $h$ -высота сотового заполнителя.

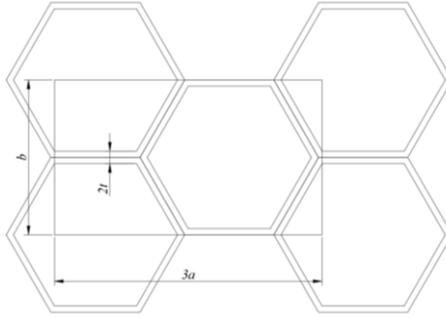


Рис.1.3 Типовой элемент

Объем выделенной части заполнителя равен:

$$V = 3\sqrt{3}a^2h;$$

масса плотной части:

$$M = 12ath\rho.$$

Тогда приведенная плотность равна:

$$\rho_n = \frac{M}{V} = \frac{12ath\rho}{3\sqrt{3}a^2h} = \frac{4t}{\sqrt{3}a}\rho = k\rho.$$

При воздействии на выделенную площадь нагрузки  $p$  укорочение единичного объема будет составлять:

$$\Delta = \frac{ph}{3\sqrt{3}a^2E_n}.$$

При этом данную нагрузку воспринимают только стенки

$$\Delta = \frac{ph}{12atE_z}.$$

Приравнивая правые части уравнений получаем:

$$E_n = \frac{4t}{\sqrt{3}a}E_z = kE_z.$$

Было проведено компьютерное моделирование стеновой сотовой панели (рис.1.4) и стеновой «сэндвич» панели (рис.1.5), сравнение проводилось по жесткости. Нагрузки принимались согласно [3]. Параметры панелей: 1000x3000x80 мм, наполнитель – пенополистирол, толщина обшивок – 1 мм. Параметры сотовой панели: шестигранная ячейка со стороной 25 см, и толщиной стенки – 1 мм. При этом сотовая панель является несущей конструкцией, т.е. она воспринимает помимо ветровой нагрузки нагрузку от перекрытий.

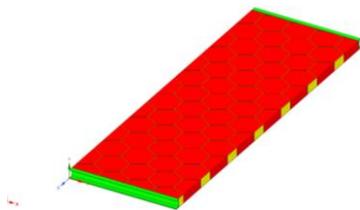


Рис.1.4 Сотовая панель

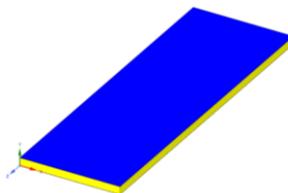


Рис.1.5 «Сэндвич» панель

Результаты вычислений представлены в таблице 1.

Таблица 1

	Сотовая панель $t=4\text{мм}$ (двоенная стенка)	Сотовая панель $t=0,5\text{мм}$ (двоенная стенка)	«Сэндвич» панель	Соотношение
Прогиб, мм	$2,25 \cdot 10^{-2}$	$8,57 \cdot 10^{-2}$	$1,01 \cdot 10^{-1}$	4,48

По полученным результатам можно рекомендовать данный тип конструкций к дальнейшему исследованию и использованию в малоэтажных домах, собираемых по типу конструктора «Lego».

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гофин М.Я. Механика сотовых конструкций. Справочник в 2 томах. Т.1: Проектирование и разработка сотовых конструкций. Экспериментальные исследования / М.Я. Гофин, А.А. Иванов.- Москва : ТФ «МИР», 2010-496 с.

2. Ендогур А.И. Сотовые конструкции. Выбор параметров и проектирование / А.И. Ендогур, М.В. Вайнберг, К.М. Иерусалимский. - Москва : Машиностроение, 1986-200 с.

3. ТКП EN 1991-1-4-2009. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1- Общие воздействия. Ветровые воздействия/ Минск: Минстройархитектуры РБ, 2010-117 с.

УДК 624.012.45.042

### **История развития и совершенствования отечественных методов расчёта ЖБК**

Нупрейчик М.О.

Научный руководитель: Шилов А.Е.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

В настоящее время и в обозримом будущем бетон и железобетон в нашей стране и за рубежом останется важнейшим конструкционным материалом в строительстве. Это объясняется практически неограниченными ресурсами сырья для изготовления вяжущих и заполнителей, относительно небольшим расходом стальной арматуры, высокими конструкционными и эксплуатационными качествами железобетона, его относительно низкой энергоёмкостью.

В настоящее время основными направлениями развития и совершенствования железобетона являются:

– Применение новых конструктивных решений, снижающих массу конструкций и позволяющих наиболее полно использовать физико-механические свойства исходных материалов, местные строительные материалы, бетоны высоких классов (В40 и выше), легкие бетоны, холодную пропитку бетонов мономерами, высокопрочную арматуру (1000 МПа и выше), механизированное и автоматизированное изготовление конструкций.

– Повышение долговечности, надежности и технологичности конструкций, снижение их приведенных затрат, материалоемкости, энергоёмкости, трудоемкости изготовления и монтажа.

– Разработка новых уточненных методов расчета конструкций, развитие методов расчета с использованием ЭВМ.

– Совершенствование методов подбора и изготовления бетона, с тем чтобы получить железобетон с заранее заданными свойствами.