



Calculation of Roofing Three-Layer Sandwich Panels

Rakhimov Akram Kahorovich

Associate Professor of Construction, Candidate of Technical Sciences. SamSIAB

Turobov Shakhram Kobilovich

Master of building structures, SamSIAB

Abstract: The article presents three-layer sandwich panels as well as information. The constructive solutions of the panels and the basics of theoretical calculations are described.

Keywords: Sandwich panel, basalt fiber, mineral wool, foam material, indicator, load set, about scales.

Date of Submission: 25-4 -2022

Date of Acceptance: 28-5-2022

Введение

В первое очередь кровельные и стеновые ограждающие конструкции применяются для различных зданий и сооружений. В последнее время широко применение сэндвич панели нашли при изготовлении мобильных зданий, сборно-разборных блок контейнеров. Также панели применяются для внутренних перегородках производственных, складских и торговых помещениях, идеально подходят для ограждающих конструкций холодильных камер.

Для повышения их надежности и безопасности эксплуатации в конструкциях стен и кровли необходимо их теоретическое и экспериментальное исследования.

В настоящее время сэндвич панели изготавливаются в Самаркандском металлургическом заводе. Панели выпускаются трех типов с утеплителем пенополистром, минеральная вата и базальтовые волокно.

Методы и материалы.

Трёхслойные панели, у которых обшивки выполнены из оцинкованного и окрашенного холоднокатаного листа, а средняя часть (сердцевина) из ориентированной минераловатной плиты пенополистирола и базальтовые волокна.

3 типа трёхслойных панелей: панели, имеющие плоскую или мелко гофрированную обшивку (рис 1) и панели, имеющие глубоко гофрированную наружную обшивку или обе обшивки (рисунок 2).

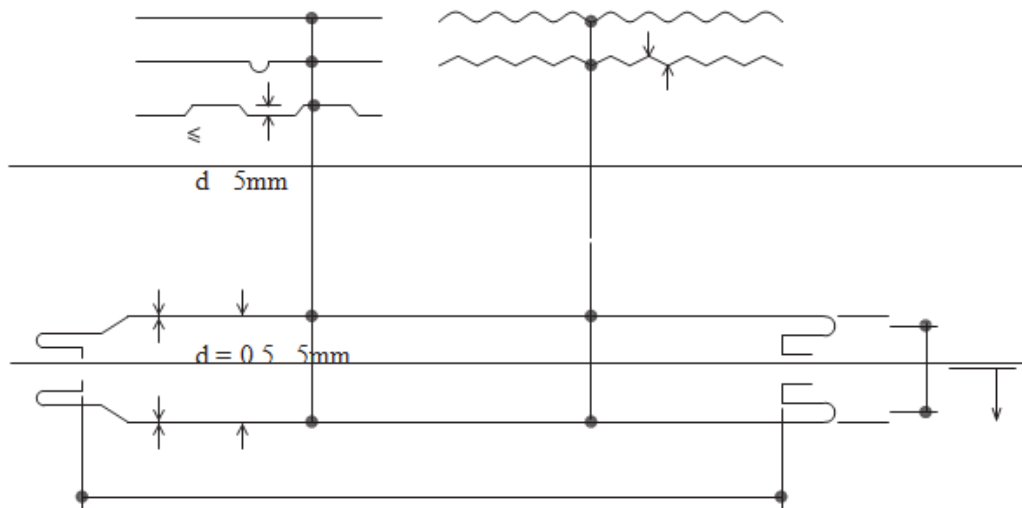


Рис. 1

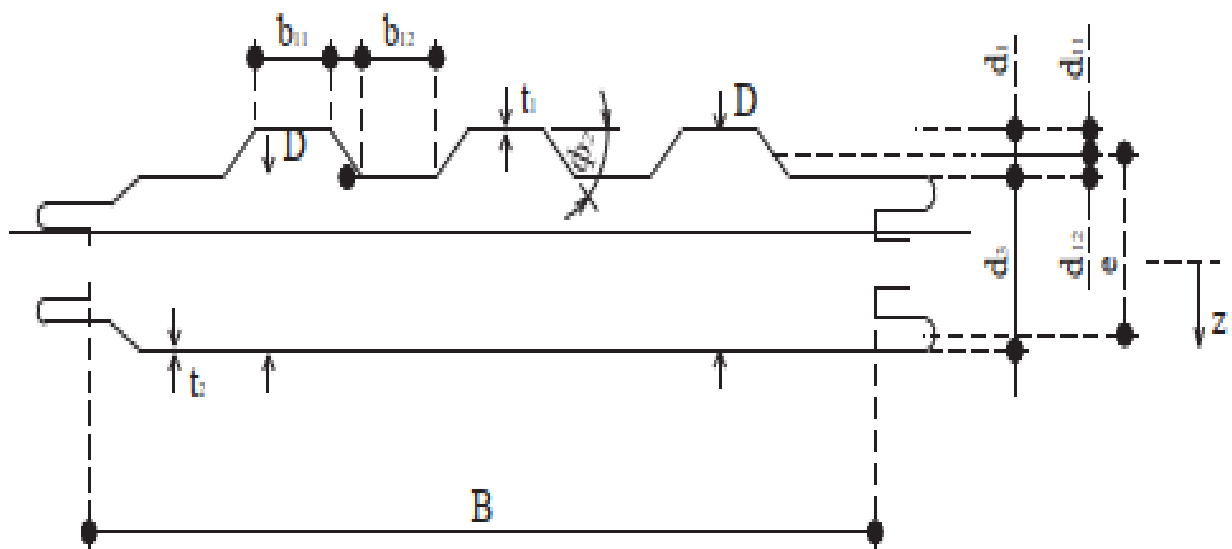


Рис. 2

На практике, выбирая подходящий тип панели для здания или сооружения, в первую очередь необходимо учитывать выдвинутые к ним требования со стороны конструктивного элемента (наружная стена, внутренняя стена, кровля, потолок), величину нагрузки, её характер и влияние температуры. Дополнительно должны быть также выполнены требования по теплотехническим свойствам и огнестойкости панелей. В результате выбирается требуемый тип панели и её параметры - толщина стали, наполнитель, его толщина, максимальный пролёт.

Проверку несущей способности трёхслойных панелей следует

производить путем расчетов и/или испытаний, так чтобы удовлетворялось требование уравнения (1). Внутренние напряжения от эксплуатационных или особых нагрузок должны быть равны или менее расчётных напряжений, либо деформации от нагрузок должны быть меньше расчётных. Допускается при подборе стеновых панелей использовать

значения несущей способности, представленные в табличных формах в материалах фирм – изготовителей.

Предельное состояние по потере несущей способности:

$$\sum \gamma_f \psi_i S_{ki} \leq \frac{R_n}{\gamma_m} \quad (1)$$

Где γ_f - коэффициент надёжности по нагрузкам;

ψ_i - коэффициент сочетаний нагрузок;

S_{ki} - нормативное значение воздействия;

R_n - нормативное или экспериментальное значение сопротивления материала; γ_m - коэффициент надёжности по материалу.

Предельное состояние по деформациям:

$$f \leq f_u \quad (2)$$

где f – прогиб (выгиб) и перемещение элемента конструкции (или конструкции в целом)

f_u – предельный прогиб (выгиб) или перемещение

Нагрузки и воздействия должны учитываться в расчетах и приниматься в соответствии с положениями СП20.13330.2011 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия». Их следует рассматривать либо индивидуально, либо в сочетаниях с использованием коэффициентов сочетания.

Постоянные нагрузки, учитываемые в расчете, должны включать следующее:

- собственную массу панели (рассчитанную, исходя из номинальных размеров и средней плотности);
- массу любых постоянных элементов конструкции, которые оказывают воздействие непосредственно на панель;
- -постоянно действующие деформации, например, из-за температур в холодильных камерах (рассчитанные с использованием номинальных значений, относящихся к конкретному случаю).
- снеговые нагрузки с пониженным нормативным значением, полученным умножением полного нормативного значения на коэффициент 0,7. К кратковременным нагрузкам следует относить:
- вес людей, ремонтных материалов в зонах ремонта или обслуживания;
- снеговые нагрузки с полным расчётным значением;
- температурные климатические воздействия с полным нормативным значением;
- ветровые нагрузки.

- гололёдные нагрузки

К особым нагрузкам следует относить:

- сейсмические воздействия;
- взрывные воздействия;
- нагрузки, вызываемые столкновением транспортных средств с частями сооружения;
- нагрузки, обусловленные пожаром;
- ползучесть материала сердечника панелей.

Нагрузками, определяющими в первую очередь надёжность и долговечность стеновых и кровельных ограждений, являются: ветровые, снеговые нагрузки и температурные воздействия.

Полученные результаты

а) Расчёт в упругой стадии

Внутренние силы в сечениях панели (изгибающие моменты, нормальная и сдвигающая силы), являющиеся результатом комбинации всех воздействий, приложенных к панелям, следует находить путем использования теории упругости с учетом податливости материала заполнителя при сдвиге.

Продольные деформации сердечника настолько малы в сравнении с деформациями обшивок, что влиянием продольных нормальных напряжений в сердечнике можно пренебречь, за исключением случая, когда расчёт ведётся в пластической стадии и пластические шарниры допускаются в расчетной схеме панели.

Несущую способность панели можно разделить на две составляющие, отражённые на рисунках 3 и 4:

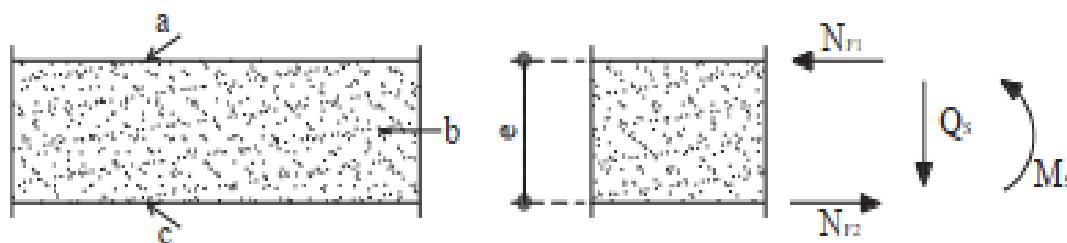


Рис 3. Распределение внутренних сил в сечении панели с тонкими облицовками.

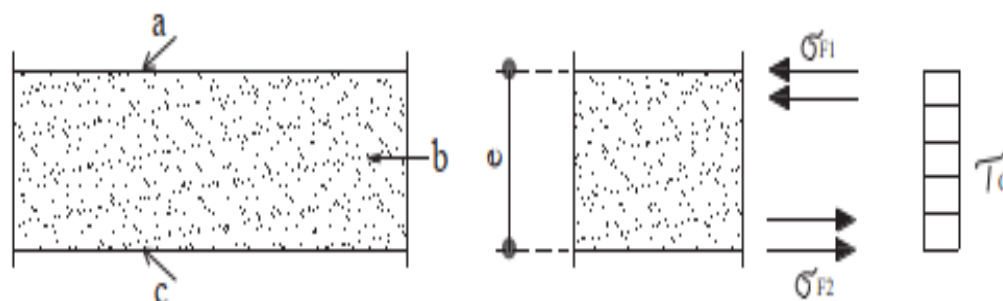


Рис 4. Распределение напряжений в сечении панели или панели со слабым Профилированием.

В тех случаях, когда обшивки панели тонкие и плоские или слегка профилированные, изгибная жесткость обшивок ($B_{F1} = E_{F1} \cdot I_{F1}$, $B_{F2} = E_{F2} \cdot I_{F2}$) мала и оказывает незначительное влияние на распределения напряжений и прогибы панели. В этом случае собственной изгибной жесткостью обшивок можно пренебречь ($B_{F1} = B_{F2} = 0$).

а) изгибающий момент M действующий на панель раскладывается:

-на момент, воспринимаемый металлическими облицовками

$$-M_S = e \times N_{F1} = e \times N_{F2};$$

-б) поперечная сила Q :

-воспринимается только сердечником панели Q_S .

В панелях с одной или обеими глубоко гофрированными облицовками следует учитывать изгибную жесткость облицовок ($B_{F1} + B_{F2} \neq 0$). Главные внутренние силы в поперечном сечении должны быть следующими:

$$M = M_S + M_{F1} + M_{F2} \text{ и } Q = Q_S + Q_{F1} + Q_{F2} \quad (3)$$

(см. рисунки 5 и 6 и уравнения (4), (5) и (6)).

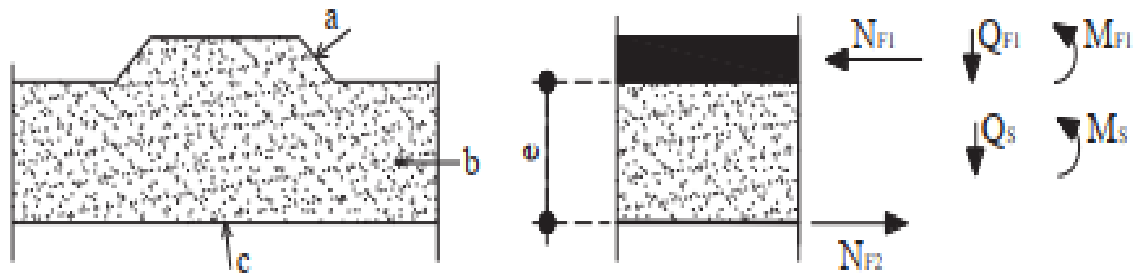


Рис 5.

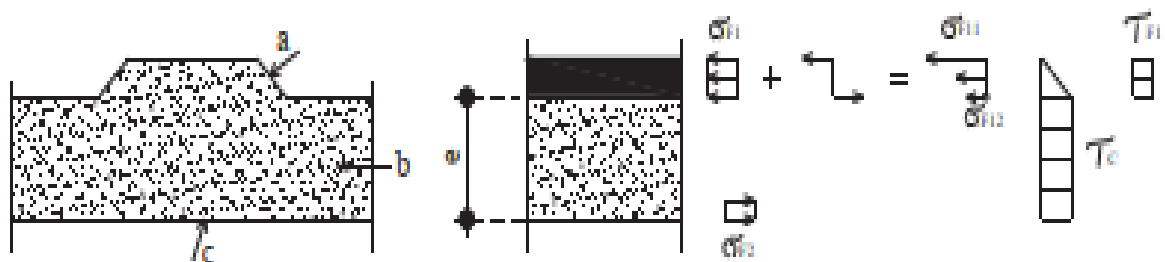


Рис 6.

б) Напряжения от изгиба.

После определения расчётной схемы изгибные напряжения на поверхностях облицовок должны быть определены с помощью уравнений (4; 5):

$$\sigma_{F1} = -\frac{N_{F1}}{A_{F1}} = -\frac{M_s}{e A_{F1}} \leq R_y, \sigma_{F2} = -\frac{N_{F2}}{A_{F2}} = -\frac{M_s}{e A_{F2}} \leq R_y; (4)$$

$$\sigma_{F11} = \sigma_{F1} - \frac{M_{F1}}{I_{F1}} \cdot d_{11} \leq R_y, \sigma_{F12} = \sigma_{F1} - \frac{M_{F1}}{I_{F1}} \cdot d_{12} \leq R_y; (5)$$

где A_{F1} и A_{F2} – площади поперечного сечения профилированных обшивок;

I_{F1} – моменты инерции профилированных обшивок,

– расчетный предел прочности стальных обшивок

$$R_{yn} = \frac{R_y}{\gamma_m}$$

- нормативный предел прочности стальных обшивок, берётся по таблице.

g_m - коэффициент надёжности по материалу (по таблице).

другие обозначения приведены на рисунке 1 и рисунках 5- 6.

в) Касательные напряжения

Касательные напряжения в сердечнике и на облицовках должны быть определены с помощью уравнений (6) и (7) соответственно:

$$\tau_c = \frac{Q_s}{e \cdot B} \leq R_{cc}; (6)$$

$$\tau_{F1} = \frac{Q_{F1}}{n_1 \cdot s_{w1} \cdot t_1} \leq 0.58 \cdot R_y; (7)$$

где s_{w1} – высота стенок гофров профилированной облицовки панели;

n_1 и n_2 - количество стенок в профилированной облицовке панели;

$R_{cc} = \frac{R_{ccn}}{\gamma_m}$ – расчетный предел прочности на сдвиг материала сердцевины;

$R_y = \frac{R_{yn}}{\gamma_m}$ – расчетный предел прочности стальных облицовок;

$$R_{ccn}$$

- нормативный предел прочности на сдвиг;

R_{yn} - нормативный предел прочности стальных облицовок;

g_m - коэффициент надёжности по материалу.

Если облицовка, соприкасающаяся с линейной нагрузкой, является глубоко профилированной несущая способность панели на контакте определяется полуэмпирической формулой:

$$F_{R2} = n \cdot 0.15 \cdot t^2 \sqrt{E_F R_y} \left(1 - 0.1 \sqrt{\frac{r}{t}} \right) \left(0.5 + \sqrt{\frac{L_s}{50t}} \right) \left(2.4 + \left(\frac{\varnothing}{90} \right)^2 \right); (8)$$

Где n – количество стенок гофрированного профиля на единицу ширины панели;

r – радиус гиба между стенкой и полкой профиля;

$\emptyset$ – угол между опорной конструкцией и стенкой гофра в пределах $45^0 \leq \emptyset \leq 90^0$;

LS - ширина опоры;

t - толщина профилированного листа.

У концевой опоры, если расстояние между концом панели и осью опорной конструкции в 1,5 раза превышает высоту гофрированного профиля облицовки, $FR2$ составляет половину значения, определяется по формуле.

При расчете предельного состояния в пластической стадии работы с учётом развития пластических деформаций сплошная многопролетная многослойная панель может быть заменена серией разрезных балочных систем, с опорами по концам панелей с нулевым сопротивлением изгибу на промежуточных опорах. В этой расчетной модели напряжения, вызванные перепадом температур между поверхностями, в панелях с плоскими или слегка профилированными поверхностями не возникают.

Рекомендации и выводы.

При высоте гофров более 5 мм, когда жесткостью обшивок панели при изгибе невозможно пренебречь, само сечение панели является статически неопределимой системой в дополнение к общей статической неопределимости ее расчетной схемы в целом. В таких случаях полезно использовать цифровые методы анализа, например, метод конечных элементов.

Формулы для расчёта простой однопролётной панели с одной глубоко гофрированной обшивкой или обшивкой, имеющей большую толщину материала и нагруженной равномерно распределенной нагрузкой или перепадом температур.

Многопролетные панели с глубоко гофрированными поверхностями рекомендуется проектировать либо с использованием точного расчёта методами конечных элементов на ЭВМ либо расчетом основанном на результатах испытаний.

Напряжения в сечениях панелей и прогибы неразрезных многослойных панелей с профилированными обшивками можно определить аналитически для большинства важных простых случаев. Однако, в ряде случаев (например, панели с неодинаковыми пролетами) выражения значительно усложняются и требуют использования либо расчетных графиков, либо компьютерного программного обеспечения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. " Рекомендации по определению несущей способности кровельных стеновых сэндвич-панелей". Ц Н И И П С К. им. Мельникова Москва 2013 г.
2. 2.Стандартт Республики Узбекистан. “Панели металлические с утеплителем из пенопласта”. РСТ Уз 731-96 Ташкент 1996 г.
3. ТЕХНИЧЕСКИЙ КАТАЛОГ.“Строительные трехслойные сэндвич-панел”. CRU.018/2019. Москва 2019.
4. www.net.uz