

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ  
ЕВРОПЕЙСКИХ СТАНДАРТОВ  
В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

(г. Минск, БНТУ — 27-28.05.2014)

УДК [691-419-034+691.619.8+691.175]:620.172.242(08374)

**РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЕЙ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАНДАРТОВ  
ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА**

*ЗГИРОВСКИЙ А.И.*

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

В условиях становления рыночной экономики существенно возрастают требования к качеству строительства, что способствует применению новых современных строительных материалов и конструкций. Среди легких ограждающих конструкций наиболее перспективными являются металлические панели с утеплителем типа «сэндвич». Они отличаются небольшой массой, незначительными затратами на изготовление, транспортировку и монтаж, а также позволяют сократить сроки по возведению зданий. Нагрузка на каркас и фундамент здания при их применении существенно снижается, что делает их более предпочтительными по сравнению с другими ограждающими конструкциями. Возможно применение таких панелей в быстровозводимых сборно-разборных зданиях.

В Республике Беларусь за последнее десятилетие накоплен определенный опыт строительства зданий и сооружений с применением стеновых и кровельных металлических панелей с утеплителем. На территории нашей республики, а также и её пределами возведено большое количество промышленных и общественных зданий, вы-

полненных из панелей данного типа. Ряд фирм-производителей уже более 15 лет обосновались на строительном рынке. Некоторые только приобретают опыт работы в этом сегменте рынка.

Легкость этих конструкций, возможность монтажа на любом каркасе, относительно низкая стоимость, а также эстетическая выразительность делает их перспективными как при строительстве новых зданий, так и при реконструкции и тепловой реабилитации зданий и сооружений. Использование таких конструкций приводит к существенному ресурсосбережению. Качественные материалы, используемые при изготовлении «сэндвич»-панелей – необходимое условие, обеспечивающее высокое качество готовой продукции.

В Республике Беларусь накоплен опыт проектирования, изготовления, монтажа и эксплуатации трехслойных стеновых и кровельных панелей с металлическими обшивками. Трехслойные «сэндвич»-панелей с металлическими обшивками из тонколистовой применяются с утеплителями из различных теплоизоляционных материалов. В настоящий момент в Республики Беларусь создана комплексная нормативная база, регламентирующая как правила проектирования (расчета и конструирования), так и производство данной продукции.

Первоначально проектировщики закладывали в проекты «сэндвич»-панели при проектировании зданий и сооружений, пользуясь экспериментальными данными и не имея возможности оценить в полном объеме все особенности конструкции в зависимости от условий эксплуатации и нагрузок.

Параллельно с проектированием, изготовлением и монтажом «сэндвич»-панелей развивалась и нормативная база. Итогом проведенной работы стал следующий комплекс стандартов Республики Беларусь состоящий из общегосударственные стандарты, такие как СТБ 1610-2006, СТБ 1740-2007, СТБ 1806-2007, СТБ 1807-2007, СТБ 1808-2007, СТБ 1809-2007. Номенклатура показателей качества металлических панелей с утеплителями приведена в соответствии с требованиями СТБ 4.220-98. Следует отметить наличие в Республике Беларусь также такого нормативного документа как ТКП «Панели металлические с утеплителем. Правила проектирования».

При разработке вышеперечисленных за основу СТБ были взяты частично ГОСТы, действующие со времен СССР и положения европейского стандарта EN 14509, который устанавливает требования

к несущим сэндвич панелям заводского изготовления с двухсторонними металлическими обшивками, с устройством продольных стыков внахлест в следующих элементах зданий: а) кровли и кровельные покрытия; б) внешние (наружные) стены; в) перегородки и подвесные потолки внутри зданий. Кроме того, стандарт распространяется на панели для применения в складах-холодильниках.

Европейский стандарт распространяется на такие материалы, применяемые в среднем изоляционном слое, как жесткий полиуретан, экспандированный полистирол, экструдированный пенополистирол, пенофенопласт, пеностекло и минеральная вата.

Применение на практике этого стандарта даст возможность проектным организациям республики при проектировании зданий и сооружений с использованием сэндвич-панелей в полном объеме оценить все особенности конструкции в зависимости от условий эксплуатации и воздействия нагрузок.

Конструкции ограждений (наружных стен, покрытий, перегородок и др.) из панелей металлических с конструкционным утеплителем должны быть запроектированы таким образом, чтобы они, были пригодны к эксплуатации по своему назначению и имели соответствующую долговечность по отношению к затратам на эксплуатацию.

Потенциальное повреждение панелей металлических при изготовлении, транспортировании, хранении и монтаже должно быть исключено применением специальной оснастки и техники, хранением в штабелях на выровненном основании, защитной упаковкой. Панели должны быть защищены от увлажнения на период их хранения, транспортирования и монтажа.

Перечисленным выше требованиям должен отвечать выбор соответствующих материалов, расчетных моделей и конструирование ограждений, назначение необходимых контрольных параметров при изготовлении, монтаже и эксплуатации конструкций.

При расчетах конструкций следует рассматривать условия, в которых они выполняют свои функции, и выбирать наиболее неблагоприятные расчетные ситуации, для которых проверяются условия соответствующих предельных состояний.

При расчете применяемых в ограждениях зданий и сооружений панелей трехслойных металлических учитываются постоянные и временные нагрузки и воздействия. К постоянным нагрузкам отно-

сят собственный вес панелей; к временным нагрузкам и воздействиям – снеговые, ветровые, монтажные, равномерно распределенные на перекрытия нагрузки и перепады температур на обшивках панелей.

Ограждающие конструкции из панелей металлических с утеплителем являются ресурсосберегающими, поэтому должны обеспечивать нормируемые параметры микроклимата помещений при оптимальном энергопотреблении.

Европейский стандарт EN 14509 содержит не только требования по изготовлению, контролю качества, требования к уровню безопасности и к методам испытания, в том числе и на долговечность, а также в этом стандарте имеется обязательное приложение, содержащее положения по методу расчета.

Методы испытания панелей, содержащиеся в евроstandarte, аналогичны методам испытания, содержащимся в национальных стандартах, однако ряд испытаний существенно отличаются от принятых в наших нормах: испытания на растяжение панели в поперечном направлении; прочность на сжатие и модуль сжатия среднего слоя; испытания на сдвиг среднего слоя; испытания по определению показателей сдвига всей панели; испытания по определению жесткости однопролетной панели; определение коэффициента ползучести; взаимодействие изгибающего момента и опорной реакции; определение плотности среднего слоя и массы панели; испытания по определению сопротивления повторяющимся нагрузкам; испытания на устойчивость к проливному дождю при пульсирующем давлении воздуха; испытания на воздухопроницаемость сборной панели; испытания на звукоизоляции и звукопоглощение сборной панели; метод испытаний панелей на долговечность; испытания циклической нагрузкой; испытание резкой сменой температур; испытания на горючесть

Метод расчета панелей, приведенный в EN 14509, является обязательным, механические характеристики предельных состояний могут быть получены также экспериментально.

Рассчитывают несущую способность от влияния нагрузок  $E_d$  и сравнивают с расчетным значением сопротивления  $R_d$  или соответствующими критериями эксплуатационной пригодности  $C_d$ , учитывая при этом частные коэффициенты безопасности материалов  $\gamma_M$ .

Постоянные нагрузки, учитываемые в расчете, должны включать: собственный вес панели (рассчитываемый из номинальных размеров и значений средней плотности); вес постоянных встроженных элементов конструкций и устройств, передающих нагрузку на панель; постоянные деформации, например, из-за температур в холодильных камерах.

Переменные нагрузки должны включать: от снега; транспортные (например, при перемещении по кровле или перекрытию); ветровые нагрузки; монтажные нагрузки; климатические воздействия (например, из-за перепада температур между обшивками панели).

Перепады температур, возникающие из-за разницы между температурой внешней обшивки  $T_1$  и температуры внутренней обшивки  $T_2$ , являются переменными нагрузками.

Если в национальных требованиях не установлены значения температуры наружной обшивки, то допускается применять в зависимости от географической широты, высоты на уровне моря и удаления от моря, на всем европейском континенте применяют четыре основных уровня зимних температур ( $T_1$ ):  $0^{\circ}\text{C}$ , минус  $10^{\circ}\text{C}$ , минус  $20^{\circ}\text{C}$  и минус  $30^{\circ}\text{C}$ . Температура наружной обшивки панели для кровли со слоем снега составляет  $0^{\circ}\text{C}$ .

Температура внешней обшивки  $T_1$  имеет максимальное значение летом, которое зависит от цвета и отражательной способности поверхности. В качестве минимальных значений для расчетов по предельным состояниям несущей способности и в качестве значений для расчетов по предельным состояниям эксплуатационной пригодности допускается применять следующие значения  $T_1$ :

очень светлые цвета	$R_G = 75-90$	$T_1 = + 55^{\circ}\text{C}$
светлые цвета	$R_G = 40-74$	$T_1 = + 65^{\circ}\text{C}$
темные цвета	$R_G = 8-39$	$T_1 = + 80^{\circ}\text{C}$

где  $R_G$  – степень отражения по оксиду магния составляет 100%.

В особых случаях максимальную температуру обшивки, подверженной воздействию солнечного излучения, допускается более точно определять на основе фактически применяемого цвета.

При необходимости, в расчете следует учитывать ползучесть среднего слоя.

Основные сочетания нагрузок сравнивают с соответствующими сопротивлениями для получения требуемого уровня безопасности

для предельного состояния несущей способности и предельного состояния эксплуатационной пригодности.

Для панелей установлены рекомендуемые значения коэффициентов сочетаний и частные коэффициенты безопасности по материалам, которые отражают особенности этих изделий, в частности повышенное значение напряжений и прогибов, вызываемых температурой, значительное изменение свойств в зависимости от характеристик материала среднего слоя, а также влияние ползучести.

Предельное состояние несущей способности, соответствующее максимальной несущей способности панели, определяют по следующим критическим видам разрушения - отдельно взятым или в сочетании: текучесть обшивки панели с последующим разрушением; смятие (местная потеря устойчивости) обшивки панели с последующим разрушением; разрушение при сдвиге среднего слоя; разрушение соединения между обшивкой и средним слоем; разрушение при сдвиге профилированной обшивки; разрушение при сжатии среднего слоя на опоре; разрушение панелей в точках крепления к конструкции.

Нормальное функционирование панелей при эксплуатационных нагрузках. Обеспечивается расчетом предельного состояния эксплуатационной пригодности. Предельное состояние эксплуатационной пригодности характеризуется одним из следующих состояний: текучесть обшивки панели без последующего разрушения; смятие (местная потеря устойчивости) обшивки панели без последующего разрушения; разрушение при сдвиге среднего слоя; разрушение соединения между обшивкой и средним слоем; достижение установленного предела прогиба.

При отсутствии других значений в национальных требованиях для относительного прогиба допускается использовать следующие ориентировочные значения:

Кровли и подвесные потолки:	
– кратковременная нагрузка	– пролет/200;
– длительная нагрузка (включая ползучесть)	– пролет /100
Стены	– пролет /100

Упругий расчет конструкции применяется для предельного состояния эксплуатационной пригодности и может применяться для предельного состояния несущей способности.

Расчет по предельной нагрузке допускается применять только для предельного состояния несущей способности и в случаях, когда определение расчетных параметров основано на применении несущей способности при изгибе на промежуточных опорах. Расчет по предельной нагрузке не допускается применять, если первым видом разрушения является разрушение среднего слоя при сдвиге, за исключением случаев, когда средний слой при упругой деформации имеет достаточную прочность при сдвиге.

Безусловно, по мере приобретения опыта применения ТКП EN 14509, появятся предложения и замечания, что только положительно повлияет на дальнейшее развитие данного направления.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. СТБ 1610-2006 СТБ 1610-2006 «Панели металлические с утеплителем из минераловатных плит и пенопласта. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности и жесткости» – Мн.: Госстандарт, 2006 – 9 с.

2. СТБ 1740 – 2007 «Панели металлические трехслойные с утеплителем из минераловатных плит и пенопласта. Минераловатные плиты и пенопласты. Методы определения прочности и модулей упругости при растяжении, сжатии и сдвиге» – Мн.: Госстандарт, 2007 – 10 с.

3. СТБ 1806-2007 СТБ 1808-2007 «Панели металлические трехслойные с утеплителем из минераловатных плит. Технические условия» – Мн.: Госстандарт, 2007 – 9 с.

4. СТБ 1807-2007 СТБ 1807-2007 «Панели металлические трехслойные стеновые с утеплителем из пенополиуретана. Технические условия» – Мн.: Госстандарт, 2007 – 9 с.

5. СТБ 1808 – 2007 «Панели металлические трехслойные с утеплителем из минераловатных плит. Технические условия» – Мн.: Госстандарт, 2007 – 9 с.

6. СТБ 1809-2007 «Панели металлические двухслойные покрытий зданий с утеплителем из пенополиуретана. Технические условия» – Мн.: Госстандарт, 2007 – 9 с.

7. Тамплон Ф.Ф. «Металлические ограждающие конструкции». – Л.: Стройиздат, 1988. – 248 с.

8. EN 14509:2006 Selbsttragende Sandwich-Elemente mit beidseitigen metalldeckschichten – Werkmäßig hergestellte Produkte - Spezifikationen.