

4. Теплотехника

4.1. Аналитическая часть

С 1 января 2003 года в Латвии вступил в силу строительный норматив LBN 002-01 «Теплотехника ограждающих конструкций зданий» [6], согласующий требования к теплотехнике ограждающих конструкций зданий в Латвии с требованиями ЕС. В данном строительном нормативе главным теплотехническим показателем зданий является коэффициент расчёта потери тепла зданий (H_T , W/K), **показывающий потерю энергии в ватах через ограждающие конструкции здания при разнице температур в 1 градус на их противоположных поверхностях**. Коэффициент расчёта потери тепла зданий H_T не может превышать нормативный коэффициент потери тепла (H_{TR}). Чтобы рассчитать H_T , сначала необходимо вычислить коэффициенты термического сопротивления ограждающих конструкций зданий или теплопроницаемости U .

Потоки тепла в ограждающих конструкциях зданий обычно рассчитывают для стационарных (независимых от времени) условиях. **Коэффициент теплопроницаемости U показывает, какое количество тепла проходит за единицу времени через площадь конструкции в один квадратный метр, если разница температур между обеими сторонами ограждающей конструкции равна одному градусу.**

Согласно стандарту LVS EN ISO 6946 [1], коэффициент теплопроницаемости U в плоских конструкциях рассчитывают по формуле, включающей также теплоизоляционные возможности конструкции

$$U = \frac{1}{R_i + R_e + \sum_{i=1}^N \frac{d_i}{\lambda_i}}, \quad (4.1)$$

где U – коэффициент теплопроницаемости, $W/(m^2 \cdot K)$;

R_i – термическое сопротивление для перехода конвекционного тепла: конструкция – внутренние помещения, $m^2 \cdot K/W$;

R_e – термическое сопротивление для перехода конвекционного тепла: конструкция – наружные помещения, $m^2 \cdot K/W$;

d_i – i -толщина слоя конструкции, м;

λ_i – i -коэффициент теплопроводности слоя конструкции, $W/(m \cdot K)$;

N – число слоёв в конструкции.

По стандарту LVS EN ISO 6946 для сопротивлений перехода тепла R_i и R_e указаны следующие величины:

$R_i = 0,10 \text{ м}^2 \cdot \text{K/W}$, для потока тепла вверх;

$R_i = 0,13 \text{ м}^2 \cdot \text{K/W}$, для горизонтального потока тепла;

$R_i = 0,17 \text{ м}^2$ для потока тепла вниз;

$R_e = 0,04 \text{ м}^2 \cdot \text{K/W}$.

Тогда потери тепла через площадь в 1 м^2 ограждающей конструкции здания можно рассчитать по формуле

$$Q = U (T_i - T_e), \quad (4.2)$$

где Q – потери тепла, $W/(m^2 \cdot K)$;
 T_i – температура внутреннего помещения, °C;
 T_e – средняя внешняя температура воздуха в отопительный сезон, регламентируемая строительным нормативом LBN 003-01 [7], °C.

Строительный норматив LBN 002-01 [6] выдвигает определённые требования к величинам коэффициентов теплопроницаемости ограждающих конструкций зданий. Согласно [6] они должны соответствовать нормативным величинам U_{RN} , но, если это невозможно, то они не должны превышать максимальные величины U_{RM} .

Нормативные величины U_{RN} и максимальные величины U_{RM} рассчитывают по следующей методике. По формуле:

$$k = \frac{19}{T_i - T_e}, \quad (4.3)$$

где T_i – рассчитанная температура воздуха внутри помещения, °C, [LBN 211 . 98];

T_e - средняя внешняя температура воздуха в отопительный сезон, °C, [7];

рассчитывают температурный фактор k , который перемножают с величинами коэффициента теплопроницаемости, указанными в таблице 4.1.

Нормативные величины U_{RN} и максимальные величины U_{RM} и Ψ_R коэффициента теплопроницаемости.

Таблица 4.1.

Строительный элемент	$U_{RN}, W/(m^2 \cdot K)$			$U_{RM}, W/(m^2 \cdot K)$		
	Жилищные здания	Общественные здания	Производственные здания	Жилищные здания	Общественные здания	Производственные здания
Кровля и покрытия, соприкасающиеся с наружным воздухом	0,20k	0,25k	0,35k	0,25k	0,35k	0,50k
Пол на грунте	0,25k	0,35k	0,50k	0,35k	0,50k	0,70k
Стены массой 100 кг/м ² и больше	0,30k	0,40k	0,50k	0,40k	0,50k	0,60k
Стены массой менее 100 кг/м ²	0,25k	0,35k	0,45k	0,30k	0,40k	0,50k
Термические мосты Ψ_R	0,20k	0,25k	0,35k	0,25k	0,35k	0,50k

4.2. Расчёт теплопроницаемости панелей

Для панельной конструкции, в которой теплоизоляционный слой "заключён" между двумя стальными листами, коэффициент теплопроницаемости, согласно стандарту [1], рассчитывают по формуле (4.1). Для его определения необходимо знать коэффициенты теплопроводности соответствующих слоёв панели и толщину слоёв. В данном случае термическое сопротивление стальных листов очень незначительно по сравнению с термическим сопротивлением теплоизоляционного слоя, и поэтому им можно пренебречь.

Теплопроводность теплоизоляционных материалов зависит от температуры и содержания влаги. В стандарте [8] эти зависимости даны:

$$\lambda = \lambda_{10} \cdot F_T \cdot F_m, \quad (4.4)$$

где λ_{10} – теплопроводность изоляции при 10 °С;
 F_T – термический множитель поправки теплопроводности;
 F_m – множитель поправки влажности теплопроводности;

Эти множители вычисляют по формулам

$$F_T = e^{f_t \cdot (T_2 - T_1)}, \quad (4.5a)$$

$$F_m = e^{f_w \cdot (\omega_2 - \omega_1)}, \quad (4.5b)$$

где f_t, f_w – коэффициенты расчёта температуры и влажности, К⁻¹; м³/м³;
 $T_1, T_2, \omega_1, \omega_2$ – предельные величины температуры и влажности, °С; м³/м³.

Для температурного интервала (0 – +30 °С) коэффициенты расчёта температуры и влажности табулированы по стандарту [8]. Вне данного интервала для точного определения теплопроводности необходимо провести прямые измерения. Если в формулах (4.5a, 4.5b) показатели степени экспоненты небольшие (<<1), то, выдвигая выражения (4.5a и 4.5b) в ряд и повставляя в формулу (4.1), можно получить приближённое выражение:

$$U = U_{10} + \Delta U_T + \Delta U_m, \quad (4.6)$$

где ΔU_T – термическая поправка коэффициента теплопроницаемости ограждающей конструкции,
 $\Delta U_T = U_{10} \cdot f_t \cdot (T_2 - T_1)$, W/(м · К);
 ΔU_m – поправка влажности коэффициента теплопроницаемости ограждающей конструкции,
 $\Delta U_m = U_{10} \cdot f_w \cdot (\omega_2 - \omega_1)$, W/(м · К).

4.3. Расчёт коэффициента теплопроницаемости сэндвич-панелей с пенополистирольной теплоизоляцией

Коэффициенты теплопроводности сухих пенополистирольных слоёв при 10°С можно рассчитать по Европейскому стандарту [2] согласно формуле

$$\lambda_{10} = 0,027174 + 5,1743 \cdot 10^{-5} \cdot \rho + 0,173606 \cdot \frac{1}{\rho}, \quad (4.7)$$

где ρ – объёмная масса пенополистирола, кг/м³.

В Таблице 4.2. представлена теплопроводность сухого пенополистирола W/(м · К), рассчитанная по формуле (4.7.), принимая во внимание коррекцию при небольшой толщине слоя, $\lambda > 0,038$ W/(м · К) [2].

Теплопроводность пенополистирола при 10 °С, W/(м · К)

Таблица 4.2.

Толщина, м	Марка пенополистирола			
	EPS 60	EPS 100	EPS 150	EPS 200
0,05	0.0407	0.0373	0.0354	0.0345
0,08	0.0401	0.0369	0.0354	0.0345
0,10	0.0395	0.0369	0.0354	0.0345
0,12	0.0395	0.0369	0.0354	0.0345
0,15	0.0395	0.0369	0.0354	0.0345
0,20	0.0395	0.0369	0.0354	0.0345

В таблице 4.3. представлены величины коэффициентов теплопроницаемости сэндвич-панелей (с учётом, что с внешней стороны стальной лист 0,6 или 0,5 мм; теплоизоляция из пенополистирола; стальной лист 0,5 мм; имеется или нет гипсокартон, используемый для повышения огнестойкости) $W/(m^2 \cdot K)$, которые рассчитаны по формуле (4.1.), принимая во внимание данные таблицы 4.2.

В формуле (4.1) использованы величины $R_i = 0,13 \text{ м}^2 \cdot K/W$; $R_e = 0,04 \text{ м}^2 K/W$.

Коэффициенты $W/(m^2 \cdot K)$ теплопроницаемости сэндвич-панелей с пенополистиролом при температуре 10 °С.

Таблица 4.3.

Толщина, м	Марка пенополистирола			
	EPS 60	EPS 100	EPS 150	EPS 200
0.05	0.715	0.662	0.536	0.524
0.08	0.462	0.428	0.412	0.402
0.10	0.370	0.347	0.334	0.326
0.12	0.312	0.292	0.281	0.274
0.15	0.252	0.236	0.227	0.221
0.20	0.191	0.179	0.172	0.168

Так как теплопроводность пенополистирола зависит от температуры (см. сноску в конце главы) и содержания влажности, то является необходимым рассчитать соответствующие коррекции в формуле (4.6).

Величина поправки коэффициента расчёта температуры, согласно [8], для изоляционных слоёв толщиной от 50 – 200 мм и λ_{10} для вариантов от 0,035 – 0,040/(м · К), изменяется в пределах от 0,0033 – 0,0036 K^{-1} .

Для расчётов можно использовать среднюю величину $f_T = 0,0035 \text{ K}^{-1}$. Надо учитывать, что данная величина по стандарту [8] гарантирована до температуры 30°C. Если нет экспериментальных замеров, то приближённо используем ту же величину.

4.4. Выделение конденсата

Эквивалент сопротивления прониканию водяных паров воздушной диффузии сэндвич-панелей (стальной лист + теплоизоляция + стальной лист + металлическое покрытие) принимается бесконечным [4].

Однако с точки зрения теплотехники теплоизоляционный слой панели находится в зоне риска выделения конденсата. Используя методику расчёта конденсата по стандарту [5], данные Латвийского строительного норматива [6], допускающего использование для стальных листов фактора сопротивления водяного пара $\mu = 10^6$ (реально он будет больше) и данные строительного норматива [7], определяем, что в сэндвич-панелях с пенополистирольной изоляцией количество накопленного в течение года конденсата составляет примерно 4 г/м^2 . Это значит, что, принимая, например, за срок эксплуатации панели 50 лет, то количество накопленного конденсата не превысит 200 г/м^2 (реально он будет меньше, если для стальных листов $\mu \geq 10^6$).

Данное количество конденсата составляет в зависимости от толщины панели проценты влажности объёма в пределах от 0,1% – 0,4% ($0,004 \text{ м}^3/\text{м}^3$) и не может существенно изменить ни нагрузку панели, ни теплопроводность. Для расчёта поправки влажности коэффициента теплопроницаемости коэффициент поправки влажности $f_w = 4 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Тогда поправку влажности коэффициента теплопроницаемости в формуле (4.6.) можно вычислить по формуле

$$\Delta U_m = U_{10} \cdot 4 \cdot 0,004 = 0,016 \cdot U_{10}. \quad (4.8)$$

Объединив влияние температуры и влажности на сэндвич-панель с пенополистирольным наполнителем при определённом составе наполнителя, можно составить таблицу определения коэффициента теплопроницаемости панели в зависимости от (рабочей) температуры средней части панели в формуле (4.9.), что представлено в таблице 4.4. для наполнителя панели с EPS 100 (FS 20)

$$T = 0,5 \cdot (T_i + T_e). \quad (4.9)$$

Величины коэффициента $W/(m^2 \cdot K)$ теплопроницаемости сэндвич-панели с пенополистирольным наполнителем EPS 100 (FS 20) в зависимости от рабочей температуры, учитывая коррекцию влажности.

Таблица 4.4.

Толщина, d, м	Величины U для сэндвич-панелей с пенополистирольным наполнителем EPS 100 (марка 20), $W/(m^2 \cdot K)$							
	T=-10°C	T=0°C	T=10°C	T=20°C	T=30°C	T=40°C	T=50°C	T=60°C
0.05	0.63	0.65	0.67	0.70	0.72	0.74	0.77	0.79
0.08	0.40	0.42	0.43	0.45	0.46	0.48	0.49	0.51
0.10	0.33	0.34	0.35	0.36	0.38	0.39	0.40	0.41
0.12	0.28	0.29	0.30	0.31	0.32	0.33	0.34	0.35
0.15	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.26	0.27	0.28
0.20	0.17	0.18	0.18	0.19	0.19	0.20	0.21	0.21

Цвет ячеек в таблице 4.4. соответствует требованиям таблицы 4.1. (температурный фактор $k=1$).

$0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) <$ не соответствует нормам
 $0,45 - 0,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ – общественные здания
 $0,35 - 0,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ – производственные здания
 $0,25 - 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) >$ жилые здания

4.5. Влияние крепления болтами

Болты крепления панелей (сталь $\lambda=50$ Вт/(м · К); диаметр 6,3 мм) дают дополнительное увеличение коэффициента теплопроводности панели, зависящего от площади панели и числа болтов. В таблице 4.5. указано увеличение коэффициента теплопроводности панели, рассчитанное для одного болта на 1 м² в зависимости от длины болта.

Поправки коэффициента U для болта крепления на 1 м²

Таблица 4.5.

Длина, м	0.05	0.08	0.1	0.12	0.15	0.2
ΔU_s , Вт/(м ² · К)	0.031	0.019	0.016	0.013	0.010	0.008

Тогда общее увеличение (поправку) коэффициента теплопроводности панели можно вычислить по формуле

$$\Delta U_{ks} = \frac{N}{A} \Delta U_s, \quad (4.10)$$

где N – число болтов в панели;

A – площадь панели, м²;

ΔU_s – поправка коэффициента теплопроводности одного болта (таб. 4.5.), Вт/(м² · К).

Учитывая поправки, коэффициент теплопроводности сэндвич-панели можно рассчитать по формуле

$$U = U_{10} + \Delta U_T + \Delta U_m + \Delta U_{ks} \quad (4.11)$$

где U_{10} – коэффициент теплопроводности панели при 10 °С, который находят в таб. 4.2.;

ΔU_T , ΔU_m – поправка температуры и влажности коэффициента теплопроводности;

ΔU_{ks} – поправка болтов коэффициента теплопроводности (4.10.), Вт/(м² · К).

Пример расчёта:

Длина панели 6м; ширина 1,2 м; толщина 100 мм; рабочая температура $T=40^\circ\text{C}$. Марка теплоизоляции Тенарогс EPS 100. Панель с внутренней стороны не покрыта гипсокартоном. Панель прикреплена восьмью болтами ($U_{10} = 0,347$ Вт/(м² · К), согласно таб.4.3.).

По тексту пояснения формулы (4.6.)

$$\Delta U_T = U_{10} \cdot f_t (T - T_{10}) = 0,347 \cdot 0,0035 \cdot (40 - 10) = 0,036 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)} \quad (4.12)$$

вычислим поправку температуры коэффициента теплопроводности. По формуле (4.8.) находим поправку влажности

$$\Delta U_m = U_{10} \cdot 4 \cdot 0,004 = 0,347 \cdot 4 \cdot 0,004 = 0,006 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)} \quad (4.13)$$

Поправку коэффициента теплопроводности для болтов находим по формуле (4.10.), рассчитываем, используя данные таблицы 4.5.

$$\Delta U_{ks} = \frac{8}{1,2 \cdot 6} \cdot 0,016 = 0,0178 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)} \quad (4.14)$$

Тогда коэффициент теплопроводности панели, используя таблицу 4.3., согласно формуле (4.10.) можно рассчитать следующим образом:

$$U = 0,347 + 0,036 + 0,006 + 0,0178 \approx 0,41 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Аналогичный результат получим, если к указанной в таб.4.4. величине 0,39 Вт/(м² · К) ($d=0,1$ м; $T=40^\circ\text{C}$) добавим поправку болтов.

$$U = 0,39 + 0,0178 \approx 0,41 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

4.6. Значения теплопроводности сэндвич-панелей с пенополистирольным наполнением или наполнением из минеральной ваты

Объединив вышеупомянутые расчёты в таблицах 4.6. – 4.12. для сэндвич-панелей 1,2 х 6 м с пенополистирольным наполнителем с/без увеличивающей огнестойкость плиты гипсокартона внутри указаны величины теплопроводности в зависимости от марки наполнителя и рабочей температуры панели, учитывая коррекцию для шести болтов крепления.

В таб.4.13. наполнителем для сэндвич-панели является минеральная вата. Декларированная производителем теплопроводность минеральной ваты $\lambda_{10} = 0,038 \text{ W/(м} \cdot \text{К)}$. Поправка температуры $f_T=0,0058 \text{ K}^{-1}$. Поправка влажности равна поправке для панелей с пенополистирольным наполнителем [8].

В случаях, если у панелей:

- число болтов креплений не равно 6,
- размеры не равны 1,2 х 6 м,

Необходимо провести перерасчёт поправки болтов коэффициента теплопроводности панели. Это можно сделать, отняв от указанных в таб.4.6. – 4.13. величин коэффициента теплопроводности поправку болтов для шести болтов на площадь $7,2 \text{ м}^2$ и причислив конкретную поправку болтов.

Пример расчёта:

Длина панели 2 м; ширина 1,2 м; толщина 100 мм; рабочая температура $T=40^\circ\text{C}$. Теплоизоляция – минеральная вата. Панель прикреплена четырьмя болтами.





По формуле (4.10.) находим коэффициент поправки для шести болтов на площадь $7,2 \text{ м}^2$, которая уже указана (4.13.). Далее по формуле (4.10), учитывая данные таб.4.5., находим соответствующую поправку для четырёх болтов.

$$\Delta U_{ks4} = \frac{4}{2 \cdot 1,2} \cdot 0,016 = 0,027 \text{ W/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Из таб.4.13. (теплоизоляция – минеральная вата; толщина 100 мм; рабочая температура 40°C) находим $U_{ks6} = 0,0178 \text{ W/(м}^2 \cdot \text{К)}$. Тогда окончательный расчёт является следующим:

$$U = 0,48 - 0,0178 + 0,027 \approx 0,49 \text{ W/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Цвета ячеек в таблице 4.6. – 4.13. соответствуют требованиям таб.1. (температурный фактор $k=1$).

	$0,5 \text{ W/(м}^2 \cdot \text{К)} <$ не соответствует нормам
	$0,45 - 0,50 \text{ W/(м}^2 \cdot \text{К)}$ – производственные здания $U_{RN} - U_{RM}$
	$0,35 - 0,40 \text{ W/(м}^2 \cdot \text{К)}$ – общественные здания U_{RN} – нормативная величина;
	$0,25 - 0,30 \text{ W/(м}^2 \cdot \text{К)} >$ жилые здания U_{RM} – максимальная величина.

Таб.4.6.

Толщина d, мм	U, W/(м ² · К) при рабочей температуре -10°C			
	EPS 60	EPS 100	EPS 150	EPS 200
50	0.70	0.65	0.62	0.61
80	0.45	0.42	0.41	0.40
100	0.36	0.34	0.33	0.32
120	0.31	0.29	0.28	0.27
150	0.25	0.23	0.22	0.22
200	0.19	0.18	0.17	0.17

Таб.4.7.

Толщина d, мм	U, W/(м ² · К) при рабочей температуре 0°C			
	EPS 60	EPS 100	EPS 150	EPS 200
50	0.73	0.68	0.65	0.63
80	0.47	0.44	0.42	0.41
100	0.38	0.35	0.34	0.33
120	0.32	0.30	0.29	0.28
150	0.26	0.24	0.23	0.23
200	0.19	0.18	0.18	0.17

Таб. 4.8.

Толщина d, мм	U, W/(м ² · К) при рабочей температуре 10°C			
	EPS 60	EPS 100	EPS 150	EPS 200
50	0.75	0.70	0.67	0.65
80	0.49	0.45	0.43	0.42
100	0.39	0.37	0.35	0.34
120	0.33	0.31	0.30	0.29
150	0.26	0.25	0.24	0.23
200	0.20	0.19	0.18	0.18

Таб. 4.9.

Толщина d, мм	U, W/(м ² · К) при рабочей температуре 20°C			
	EPS 60	EPS 100	EPS 150	EPS 200
50	0.78	0.72	0.69	0.68
80	0.50	0.47	0.45	0.44
100	0.40	0.38	0.36	0.36
120	0.34	0.32	0.31	0.30
150	0.27	0.26	0.25	0.24
200	0.21	0.19	0.19	0.18

Таб. 4.10.

Толщина d, мм	U, W/(м ² · К) при рабочей температуре 30°C			
	EPS 60	EPS 100	EPS 150	EPS 200
50	0.80	0.74	0.71	0.70
80	0.52	0.48	0.46	0.45
100	0.41	0.39	0.38	0.37
120	0.35	0.33	0.32	0.31
150	0.28	0.27	0.26	0.25
200	0.21	0.20	0.19	0.19

Таб. 4.11.

Толщина d, мм	U, W/(м ² · К) при рабочей температуре 40°C			
	EPS 60	EPS 100	EPS 150	EPS 200
50	0.83	0.77	0.73	0.72
80	0.53	0.50	0.48	0.47
100	0.43	0.40	0.39	0.38
120	0.36	0.34	0.33	0.32
150	0.29	0.27	0.26	0.26
200	0.22	0.21	0.20	0.19

Таб. 4.12.

Толщина d, мм	U, W/(м ² · К) при рабочей температуре 50°C			
	EPS 60	EPS 100	EPS 150	EPS 200
50	0.85	0.79	0.76	0.74
80	0.55	0.51	0.49	0.48
100	0.44	0.41	0.40	0.39
120	0.37	0.35	0.34	0.33
150	0.30	0.28	0.27	0.26
200	0.23	0.21	0.21	0.20

Зависимость коэффициента теплопроводности сэндвич-панели с наполнителем из минеральной ваты от рабочей температуры панели

Таб. 4.13.

Толщина d, мм	U, W/(м ² · К) в зависимости от рабочей температуры						
	Рабочая температура панели, °C						
	-10	0	10	20	30	40	50
50	0.64	0.68	0.71	0.75	0.78	0.82	0.86
80	0.42	0.44	0.46	0.49	0.51	0.54	0.57
100	0.34	0.36	0.38	0.40	0.42	0.44	0.46
120	0.28	0.30	0.32	0.33	0.35	0.37	0.39
150	0.23	0.24	0.26	0.27	0.28	0.30	0.32
200	0.17	0.18	0.19	0.20	0.22	0.23	0.24

* Если теплопроводность теплоизоляционного материала зависит от температуры согласно формуле (4.5a), $\frac{\partial}{\partial x} \left(e^{f(T-T_{10})} \frac{\partial T}{\partial x} \right) = 0$, то для определения $-\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0} = \frac{1}{R_i} (T_i - T \Big|_{x=0})$ и $-\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=d} = \frac{1}{R_e} (T \Big|_{x=d} - T_e)$. коэффициента теплопроницаемости необходимо решать уравнение и использовать предельные условия. Решение проблемы выражается трансцендентными уравнениями, которые можно решить только численно.

Расчёты показывают, что полученные таким образом величины коэффициента теплопроницаемости в пределах округления не $\pm 0,01 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ отличаются от данных таблицы 4.4.

Литература

1. Standarts LVS EN ISO 6946:2000. Ēku daļas un elementi. Termiskā pretestība un siltuma caurlaidība. Aprēķina metode.
2. Standarts EN 13163. Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte produkte aus expandiertem Polystyrol (EPS) – Spezifikation.
3. Technische Information. Styropor. TI 0 – 150 d. 47529 Mai 1992.
4. Standarts prEN 14509. Selbsttragende Sandwich-Dämmelemente mit beidseitiger Metalldeckschicht – Vorgefertigte Produkte – Festlegungen. Juli 2002.
5. Standarts: LVS EN ISO 13788. Hygrothermal performance of buildings components and building elements – Estimation of internal surface temperature to avoid critical surface humidity and assessment of the risk of interstitial condensation.
6. Latvijas būvnormatīvs LBN 002-01 "Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika". Apstiprināts ar Ministru kabineta 2001. g. 27. novembra noteikumiem NR 495.
7. Latvijas būvnormatīvs LBN 003-01 "Būvklimateoloģija". Apstiprināts ar Ministru kabineta 2001. g. 23. augusta noteikumiem NR 376.
8. Standarts: LVS EN ISO 10456. Būvmateriāli un to izstrādājumi. Deklarēto un projektēto termisko lielumu noteikšanas procedūras.

5. Строительная акустика

5.1. Общее описание

Шум – это фактор, неблагоприятно влияющий на человека, снижающий его работоспособность и наносящий вред здоровью. Поэтому одной из акустических задач строительства является не только проектирование акустики различных общественных концертных залов и театров, а также защита человека от повседневного шума и в зданиях другого типа.

В Европейских странах существуют национальные стандарты, нормы которых обеспечивают защиту людей от определённого шума. В Латвии подобный национальный стандарт находится на стадии утверждения. В дальнейшей перспективе в Евросоюзе будут созданы более или менее единые стандарты строительной акустики.

Типы шумов в зданиях можно разделить по виду их возникновения и распространения:

1. Если шум в здании образовался в одном из помещений и распространяется по воздуху через стену в соседнее помещение, то изоляцию распространения данного звука описывают «индексом воздушной изоляции воздуха R'_{w} (измеряют в децибелах dB)». Это является числом, с помощью которого оценивают изоляцию звука внутренних ограждающих конструкций здания, учитывая распространение звука, как через ограждающую конструкцию, так и через расположенные рядом конструкции – побочные пути. В лабораторных условиях, исключая побочные пути, изоляцию звука внутренних ограждающих конструкций здания характеризуют «индексом R_w (dB) воздушной изоляции звука».
2. Если шум образовался в результате удара при столкновении каких-либо тел с ограждающими конструкциями здания (шум удара), то изоляцию подобного шума характеризуют «индексом уровня редуцированного шума удара $L'_{n,w}$ (dB)». Эта величина характеризует изоляцию шума удара в реальных условиях, включая также распространение шума по побочным путям. В лабораторных условиях, исключая побочные пути, получают индекс уровня редуцированного шума удара $L_{n,w}$ (dB).