Приложения

Приложение 1

Пример расчета толщины теплоизоляционного слоя стенового ограждения

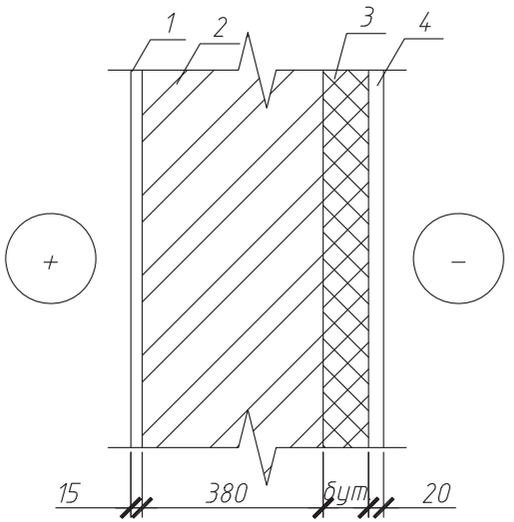

Рис. 1. Расчетная схема стенового ограждения:
1, 4 – цементно-песчаный раствор ρ = 1800 кг/м^3;
2 – кирпичная кладка из кирпича ρ = 1800 кг/м^3;
3 – плиты «THERMIT» ρ = 35 кг/м^3

Исходные данные:

1. Район строительства – г. Красноярск;
2. Тип здания – двухэтажный жилой дом с «теплым» подвалом (нижняя разводка системы отопления и горячего водоснабжения);
3. Конструкция стены – кирпич керамический полнотелый толщиной 380 мм, с внутренней стороны оштукатурен цементно-песчаным раствором толщиной 15 мм.

Требуется определить толщину теплоизоляционного слоя из плит пенополистирольных экструзионных «THERMIT». В качестве защиты теплоизоляционного слоя от негативного воздействия наружной среды предусмотрена отделка штукатурным раствором толщиной 20 мм. Расчетная схема представлена на рисунке 1.

Расчет:

1. Определяем значение градусо-суток отопительного периода на основании климатических данных, представленных в СНиП 23-01-99*, по формуле:

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) \cdot z_{ht} = (21+7,1) \cdot 234 = 6575 \text{ °C·сут},$$

где: t_{int} – расчетная температура внутреннего воздуха, °С; t_{ht}, z_{ht} – средняя температура, °С и продолжительность, сут. периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 8°С.

Продолжение приложения 1

2. По табл. 4 СНиП 23-02-2003, используя метод интерполяции, определяем нормируемое значение сопротивления теплопередаче стенового ограждения:

$$R^{req} = 3{,}5 + \frac{(4{,}2 - 3{,}5)\cdot(6575 - 6000)}{(8000 - 6000)} = 3{,}70 \text{ м}^2\cdot{}^\circ\text{C/Вт}.$$

3. Необходимая толщина теплоизоляционного слоя (без учета коэффициента теплотехнической однородности) определяется по формуле:

$$\delta_{ут} = \left(R^{req} - \frac{1}{\alpha_{int}} - \frac{1}{\alpha_{ext}} - \sum_{i=1}^{n}\frac{\delta_i}{\lambda_i}\right)\cdot\lambda_{ут} = \left(3{,}7 - \frac{1}{8{,}7} - \frac{1}{23} - \frac{0{,}38}{0{,}7} - \frac{0{,}015}{0{,}76} - \frac{0{,}02}{0{,}76}\right)\cdot 0{,}029 = 0{,}086 \text{ м}.$$

Принимаем толщину теплоизоляции равной 90 мм.

Приложение 2

Пример расчета толщины теплоизоляционного слоя стены подвала

Исходные данные:

1. Район строительства – г. Красноярск;
2. Тип здания – двухэтажный жилой дом с «теплым» подвалом (нижняя разводка системы отопления и горячего водоснабжения);
3. Конструкция стен подвала – железобетонные блоки (ФБС) толщиной 400 мм, оштукатуренные цементно-песчаным раствором толщиной 15 мм.

Требуется определить толщину теплоизоляционного слоя из плит пенополистирольных экструзионных «THERMIT».

Расчет:

1. Определяем значение градусо-суток отопительного периода на основании климатических данных, представленных в СНиП 23-01-99*, по формуле:

$$D_d = (t_{int}-t_{ht})\cdot z_{ht} = (21+7,1)\cdot 234 = 6575\ ^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут.}$$

2. По табл. 4 СНиП 23-02-2003, используя метод интерполяции, определяем нормируемое значение сопротивления теплопередаче стенового ограждения:

$$R^{req} = 3,5 + \frac{(4,2-3,5)\cdot(6575-6000)}{(8000-6000)} = 3,70\ \text{м}^2\cdot{}^{\circ}\text{C/Вт.}$$

3. Необходимая толщина теплоизоляционного слоя (без учета коэффициента теплотехнической однородности) стены подвала, расположенной выше уровня земли, определяется по формуле:

$$\delta_{ут} = \left(R^{req} - \frac{1}{\alpha_{int}} - \frac{1}{\alpha_{ext}} - \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}}\right)\cdot\lambda_{ут} = \left(3,7 - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} - \frac{0,4}{1,92} - \frac{0,015}{0,76}\right)\cdot 0,029 = 0,096\ \text{м.}$$

Принимаем толщину теплоизоляции равной 100 мм.

4. Толщина теплоизоляционного слоя стены подвала, расположенной ниже уровня земли, определяется по формуле:

$$\delta_{ут} = \left(R^{req} - 1{,}05 - \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} \right) \cdot \lambda_{ут} = \left(3{,}7 - 1{,}05 - \frac{0{,}4}{1{,}92} \right) \cdot 0{,}029 = 0{,}07 \text{ м.}$$

Принимаем толщину теплоизоляции равной 70 мм.

При размещении теплоизоляционного слоя с внутренней стороны необходимо произвести расчет на паропроницаемость, целью которого является проверка возможности образования зоны конденсации в теле ограждения, и, в случае необходимости, применения пароизоляционного слоя.

Приложение 3

Пример расчета повышения теплозащитных свойств стенового ограждения

Исходные данные:

1. Район строительства – г. Красноярск;
2. Тип здания – детское дошкольное учреждение – ясли;
3. Исходное конструктивное исполнение стенового ограждения – кирпичная стена из кирпича керамического толщиной 640 мм, оштукатуренная с внутренней стороны цементно-песчаным раствором толщиной 20 мм;
4. Повышение теплозащитных свойств достигается путем применением плит «THERMIT»;
5. В качестве облицовочного наружного слоя предусмотрена кладка из керамического пустотелого кирпича толщиной в 1/2 кирпича.

Требуется определить толщину теплоизоляционного слоя. Расчетная схема стенового ограждения представлена на рисунке 2.

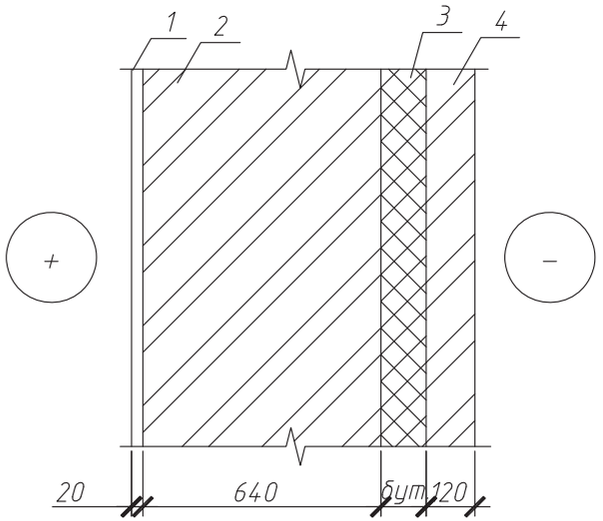

Рис. 2. Расчетная схема стенового ограждения: 1 – цементно-песчаный раствор ρ = 1800 кг/м^3; 2 – кирпичная кладка из кирпича ρ = 1800 кг/м^3; 3 – плиты «THERMIT» ρ = 35 кг/м^3; 4 – кирпичная кладка из пустотелого кирпича ρ = 1600 кг/м^3

Расчет:

1. Определяем значение градусо-суток отопительного периода на основании климатических данных, представленных в СНиП 23-01-99*, по формуле:

$$D_d = (t_{int}-t_{ht})\cdot z_{ht} = (21+5,9)\cdot 252 = 6779\ ^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут},$$

где: t_{int} – расчетная температура внутреннего воздуха, °С; t_{ht}, z_{ht} – средняя температура, °С, и продолжительность, сут., периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 10°С.

2. По табл. 4 СНиП 23-02-2003, используя метод интерполяции, определяем нормируемое значение сопротивления теплопередаче стенового ограждения: R^{req} = 3,77 м$^2\cdot$°С/Вт.

3. Фактическое сопротивление теплопередаче исходного стенового ограждения составляет:

$$R_o^{сущ} = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum_{i=1}^{2}\frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{ext}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,64}{0,7} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{1}{23} = 1,1\ \text{м}^2\cdot{}^{\circ}\text{С/Вт}.$$

4. Требуется увеличить теплозащитную способность стены на:

$$\Delta R = R^{req} + R_o^{сущ} = 3,77 - 1,1 = 2,67\ \text{м}^2\cdot{}^{\circ}\text{С/Вт},$$

Продолжение приложения 3

а за вычетом термического сопротивления облицовочного слоя из кирпича, равного 0,21 м^2·°С/Вт, получаем:

$$\Delta R = 2{,}67 - 0{,}21 = 2{,}46 \text{ м}^2\cdot{}^\circ\text{С/Вт}.$$

5. Толщина дополнительного слоя теплоизоляции при lут = 0,029 Вт/(м·°С) и коэффициенте теплотехнической однородности r = 0,95 составит:

$$\delta_{ут} = \left(R_o^{req} - R_o^{сущ}\right)\frac{\lambda_{ут}}{0{,}95} = 2{,}46\frac{0{,}029}{0{,}95} = 0{,}075 \text{ м}.$$

6. Принимая слой теплоизоляции равным 80 мм, фактическое сопротивление теплопередаче проектируемого стенового ограждения составит:

$$R_o^{факт} = R_o^{сущ} + (R_{ут}\cdot r) + R_4 = 1{,}1 + (\frac{0{,}08}{0{,}029}\cdot 0{,}95) + \frac{0{,}12}{0{,}58} = 3{,}93 \text{ м}^2\cdot{}^\circ\text{С/Вт}.$$

Приложение 4

Пример расчета на паропроницаемость
наружного стенового ограждения

Исходные данные:

1. Район строительства – г. Красноярск;
2. Тип здания – детское дошкольное учреждение – ясли.
3. Конструктивное решение стенового ограждения и расчетная схема представлены в прил. 3.
4. Расчетные параметры наружной и внутренней среды, условия эксплуатации сведены в табл. 1.

Таблица 1

Температура воздуха в охлажденных помещениях, °С	Значение параметра	Источник
1. Расчетная температура внутреннего воздуха, t_{int}, °С	+21	табл.2 ГОСТ 30494-96
2. Расчетная относительная влажность внутреннего воздуха, φ_{int}, %	55	СНиП23-02-2003 см. примеч. п. 5.9
3. Расчетная зимняя температура наружного воздуха, t_{ext}, °С (температура наиболее холодного месяца)	-18,2	табл. 3 СНиП 23-01-99*
4. Расчетная относительная влажность наружного воздуха, φ_{ext}, % (наиболее холодный месяц)	71	табл. 1 СНиП 23-01-99*
5. Влажностный режим эксплуатации помещений	Нормальный	табл. 1 СНиП 23-02-2003
6. Зона влажности	Сухая	прил. В СНиП 23-02-2003
7. Условия эксплуатации ограждающих конструкций	А	табл. 2 СНиП 23-02-2003

Продолжение приложения 4

5. Характеристики материалов, принятые в стеновом ограждении, сведены в табл. 2.

Таблица 2

№ п/п	Материал	ρ, кг/м^3	δ, м	λ_A, Вт/(м°С)	μ, мг/(мчПа)
1	Цементно-песчаный раствор	1800	0,02	0,76	0,09
2	Кирпич керамический полнотелый	1800	0,64	0,7	0,11
3	Утеплитель из плит пенополистирольных экструзионных "THERMIT"	35	0,08	0,029	0,018
4	Кирпич керамический пустотелый	1600	0,12	0,58	0,14

6. Показатели среднемесячных температур наружного воздуха и парциального давления представлены в табл. 3.

Продолжение приложения 4

Таблица 3

№ п/п	Месяц	Парциальное давление e, Па	Средняя месячная температура, °С	Сезон
1	Январь	140	–18,2	Зима
2	Февраль	150	–16,8	Зима
3	Март	260	–7,8	Зима
4	Апрель	450	2,6	Весна–Осень
5	Май	650	9,4	Лето
6	Июнь	1140	16,6	Лето
7	Июль	1470	19,1	Лето
8	Август	1290	15,7	Лето
9	Сентябрь	870	9,4	Лето
10	Октябрь	490	1,5	Весна–Осень
11	Ноябрь	270	–8,8	Зима
12	Декабрь	160	–16,3	Зима

Цель расчета – определить необходимость устройства пароизоляционного слоя для запроектированного стенового ограждения.

Расчет:

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции (см. расчет в прил. 3) составляет: Ro = 3,93 м^2·°С/Вт.

Согласно СНиП 23–02–2003 (п. 9.1, примечание 3) плоскость возможной конденсации в многослойной ограждающей конструкции совпадает с наружной поверхностью утеплителя.

Сопротивление паропроницанию R_{vp} ограждающей конструкции (в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации) должно быть не менее нормируемых сопротивлений паропроницанию, определяемых по формулам:

$$R_{vp1}^{req} = (e_{int} - E) \cdot R_{vp}^{e} / (E - e_{ext}) \text{ и } R_{vp\,2}^{req} = 0{,}0024 \cdot z_0 \cdot (e_{int} - E_0) / (\rho_w \cdot \delta_w \cdot \Delta w_{av} + \eta).$$

Сопротивление паропроницанию **R_{vp} = 0,02/0,09+0,64/0,11+0,08/0,018=10,48 м²·ч·Па/мг.**

1. Проверим возможность накопления влаги за годовой период эксплуатации:

$$R_{vp1}^{req} = (e_{int} - E) \cdot R_{vp}^{e} / (E - e_{ext}),$$

где $e_{int} = (\varphi_{int}/100) \cdot E_{int} = 55/100 \cdot 2488 = 1368$ Па, при $E_{int} = 2488$ Па

– парциальное давление насыщенного водяного пара при температуре t_{int} = 21 °С;

$E = (E_1 z_1 + E_2 z_2 + E_3 z_3)/12 = (209 \cdot 5 + 743 \cdot 2 + 1619 \cdot 5)/12 = 885{,}5$ Па

– парциальное давление водяного пара в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации:

z_1 = 5 мес. – продолжительность зимнего периода;

z_2 = 2 мес. – продолжительность весеннее-осеннего периода;

z_3 = 5 мес. – продолжительность летнего периода

t_1 = –13,6 °С – средняя температура наружного воздуха за зимний период;

t_2 = 2,1 °С – средняя температура наружного воздуха за весеннее-осенний период;

t_3 = 14,0 °С – средняя температура наружного воздуха за летний период.

Значения температур в плоскости возможной конденсации для зимнего, весеннее-осеннего и летнего периодов:

$$\tau_1 = t_{int} - (t_{int} - t_1)\,(R_{si} + \Sigma R_i)/R_o = 21 - (21+13{,}6)\,(1/8{,}7+3{,}68)/3{,}93 = -12{,}4\ ^{\circ}\text{C};$$

$$\tau_2 = t_{int} - (t_{int} - t_2)\,(R_{si} + \Sigma R_i)/R_o = 21 - (21-2{,}1)\,(1/8{,}7+3{,}68)/3{,}93 = 2{,}7^{\circ}\text{C};$$

$$\tau_3 = t_{int} - (t_{int} - t_3)\,(R_{si} + \Sigma R_i)/R_o = 21 - (21-14{,}0)\,(1/8{,}7+3{,}68)/3{,}93 = 14{,}2\ ^{\circ}\text{C}.$$

Парциальное давление водяного пара, принимаемое по температуре в плоскости возможной конденсации при средней температуре наружного воздуха зимнего, весеннее-осеннего и летнего периодов: E_1 = 209 Па; E_2 = 743 Па; E_3 = 1619 Па.

e_{ext} = 612 Па – среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха за годовой период.

$$R_{vp1}^{req} = (e_{int} - E) \cdot R_{vp}^{e} / (E - e_{ext}) = (1368-885,5) \cdot 0,86/(885,5 - 612) = 1,52 < 10,48 \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па/мг}.$$

2. Проверим возможность накопления влаги за период с отрицательными среднемесячными температурами:

$$R_{vp2}^{req} = 0,0024 \cdot z_0 \cdot (e_{int} - E_0) / (\rho_w \cdot \delta_w \cdot \Delta w_{av} + \eta),$$

z_0 = 172 сут. – продолжительность периода с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха;
e_{int} = 1368 Па (см. выше);
t_0 = –13,6 °С – средняя температура наружного воздуха за период с отрицательными среднемесячными температурами;

$$\tau_0 = t_{int} - (t_{int} - t_0)\,(R_{si} + \Sigma R_i)/R_o = 21 - (21+13,6)\,(1/8,7+3,68)/3,93 = -12,4\ ^{\circ}\text{C}$$

– температура в плоскости возможной конденсации для периода с отрицательными среднемесячными температурами;
E_0 = 209 Па;
ρ_w = 35 кг/м^3 – плотность материала увлажняемого слоя «THERMIT»;
δ_w = 0,08 м – толщина увлажняемого слоя «THERMIT»;
Δ_{wav} = 25 % – предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в увлажняемом слое «THERMIT» за период влагонакопления;

$$\eta = 0,0024 \cdot (E_0 - e_0^{ext}) \cdot z_0 / R_{vp}^{e} = 0,0024(209-196) \cdot 172/0,86 = 6,24$$

$e_{0,ext}$ = 196 Па – среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами.

$$R_{vp2}^{req} = 0,0024 \cdot z_0 \cdot (e_{int} - E_0) / (\rho_w \cdot \delta_w \cdot \Delta w_{av} + \eta) =$$

$= 0,0024 \cdot 172 \cdot (1368-209)/(35 \cdot 0,08 \cdot 25+6,24) = 6,3$ м^2·ч·Па/мг., согласно п. *13.8 СП 23-101-2004 принимаем равны 5.*

10,48>5 м^2·ч·Па/мг.

Сопротивление паропроницанию конструкции стены в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации R_{vp} составляет 10,48 м^2·ч·Па/мг, т.е. [10,48 > 5 > 1,52], следовательно устройство дополнительной пароизоляции не требуется.

Приложение 5

Пример расчета теплоусвоения поверхности пола

Исходные данные:

1. Район строительства – г. Красноярск;
2. Тип здания – двухэтажный жилой дом с «теплым» подвалом (нижняя разводка системы отопления и горячего водоснабжения);
3. Исходная конструкция пола представлена на рисунке.

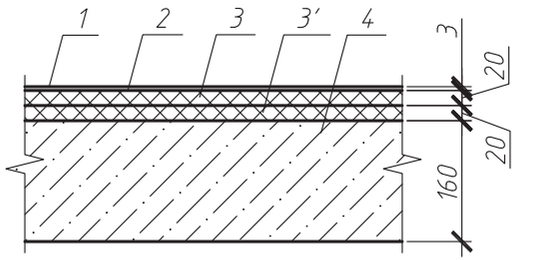

Рис. 3. Конструкция пола

Требуется проверить конструкцию пола на соответствие нормативным требованиям, и, в случае необходимости, предложить вариант, отвечающий требованиям по теплоусвоению поверхности полов.

Расчет:

1. Сведем характеристики материалов, принятые в ограждающей конструкции пола, в таблицу.

Таблица 4

N° п/п	Месяц	ρ, кг/м^3	δ, м	λ_A, Вт/(м°С)	s,Вт/(м^2°С)	R, м^2°С/Вт	D
1	Линолеум	1600	0,003	0,33	7,52	0,009	0,068
2	Мастика клеящая	1200	0,001	0,22	5,69	0,005	0,028
3	Стяжка из цементно-песчаного раствора	1200	0,02	0,47	6,16	0,043	0,265
3'	Утеплитель из плит "THERMIT"	35	0,02	0,029	0,36	0,690	0,248
4	Плита перекрытия над подвалом	2500	0,16	1,92	17,98	0,083	1,498

Продолжение приложения 5

1. Тепловая инерция (D) каждого из слоев определялась по формуле:
$D_i = R_i s_i$,
где i – номер слоя конструкции пола.

2. Так как суммарная тепловая инерция первых трех слоев $D_1+D_2+D_3 = 0,068 + 0,028 + 0,265 = 0,361 < 0,5$, а суммарная тепловая инерция $D_1 + D_2 + D_3 + D_4 = 0,361 + 1,498 = 1,859 > 0,5$, то показатель теплоусвоения поверхности пола $Y_{f,des}$ следует определять последовательно расчетом показателей теплоусвоения слоев конструкции, начиная с третьего слоя:

$$Y_{f3'} = (2R_3s_3^2+s_4) / (0,5+R_3s_4) = (2\cdot0,043\cdot6,16^2 +17,98) / (0,5 +0,043\cdot17,98) = 16,69 \text{ Вт/(м}^2\cdot{}^\circ\text{C)};$$
$$Y_{f2} = (4R_2s_2^2 +Y_{f3}) / (1 +R_2Y_{f3}) = (4\cdot0,005\cdot5,69^2 +16,69) / (1 +0,005\cdot16,69) = 16,00 \text{ Вт/(м}^2\cdot{}^\circ\text{C)};$$
$$Y_{f1} = (4R_1s_1^2 +Y_{f2}) / (1 +R_1Y_{f2}) = (4\cdot0,009\cdot7,52^2 +16,00) / (1 +0,009\cdot16,00) = 15,77 \text{ Вт/(м}^2\cdot{}^\circ\text{C)},$$

что не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к теплоусвоению поверхности пола в жилых помещениях.

3. Введем в конструкцию пола дополнительный слой из плит пенополистирольных экструзионных «THERMIT» между третьим и четвертым слоями:

$$Y_{f3} = (2R_3s_3^2 +s_4) / (0,5 +R_3s_4) = (2\cdot0,043\cdot6,16^2 +0,36) / (0,5 +0,043\cdot0,36) = 7,03 \text{ Вт/(м}^2\cdot{}^\circ\text{C)};$$
$$Y_{f2} = (4R_2s_2^2 + Y_{f3}) / (1 + R_2Y_{f3}) = (4\cdot0,005\cdot5,69^2 + 7,03) / (1 + 0,005\cdot7,03) = 7,42 \text{ Вт/(м}^2\cdot{}^\circ\text{C)};$$
$$Y_{f1} = (4R_1s_1^2 + Y_{f2}) / (1 + R_1Y_{f2}) = (4\cdot0,009\cdot7,52^2 + 7,42) / (1 + 0,009\cdot7,42) = 8,86 \text{ Вт/(м}^2\cdot{}^\circ\text{C)},$$

Таким образом, в результате применения дополнительного слоя из плит пенополистирольных экструзионных «THERMIT», рассматриваемая конструкция пола отвечает нормативным требованиям по показателю теплоусвоения для жилых зданий.