**Приклад порівняння варіантів теплоізоляції огороджуючих конструкцій житлових і громадських будівель.**

Актуальним питанням сучасного етапу будівництва є підвищення термічного опору огороджуючих конструкцій житлових і громадських будівель з метою зменшення витрат на опалення і раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів. На сьогодні існує велика кількість вітчизняних та закордонних систем теплоізоляції та теплоізолюючих матеріалів, параметри яких наведені в табл.5.1, табл. 5.2. Вибір тієї чи іншої системи теплоізоляції огороджуючих конструкцій повинен опиратися на техніко-економічні показники як самої системи, так і технології улаштування теплоізоляції.

Для порівняння вибрано житловий будинок з площею огороджуючих конструкцій – 1500 м2 і термічним опором Rо=2,9 .

Вартість матеріалів і робіт дається приблизною і при практичних розрахунках можуть бути змінені. Трудомісткість робіт можна отримати з додатку №1.

Таблиця 5.1

Системи теплоізоляції зовнішніх стін.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Конструктивна схема | Склад | Термічний опір R, |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. | Системи з фасадом, що вентилюється | 1. кольорові облицьовува-льні панелі з бетону 2. монтажний профіль 3. прямуюча 4. повітряний прошарок 5. кронштейн 6. утеплювач 7. розпірний анкер 8. стіна | 2,5 – 2,7 |

Продовження табл.5.1.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2. | Системи мокрого типу | 1. фінішне фактурне пок-риття з мінеральної або акрилової штукатурки 2. шар грунтівки 3. скловолокниста арму-вальна сітка на клею 4. утеплювач на клею 5. дюбеля 6. стіна | 2,5 – 3,2 |
| 3  4  3  2  1 | Напилення пінополіуретанів | 1. перхлорвінілова фарба 2. напилений пінополі-уретан 3. армувальна стальна сітка 4. стіна | 1,9 – 2,7 |
| 4  1  2  4  3 | Застосування блоків з газобетону | 1. кремнійорганічна фарба 2. гідрофобізована штука-турка 3. дрібні стінові блоки з газобетону 4. стіна | 1,7-2,9 |

Таблиця 5.2

Теплотехнічні показники теплоізолюючих матеріалів

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Матеріал | Щільність матеріалу в сухому стані, кг/м3 | Розрахункові коефіцієнти | | |
| Тепло про-відності ,  Вт/(м\*0С) | тепло-засвоєння S, Вт/(м2\*0С) | паро -проникності ,  мг/(м\*год\*Па) |
| 1 | Газобетон | 700 | 0,18 | 4,14 | 0,155 |
| 2 | - // - | 600 | 0,14 | 3,36 | 0,17 |
| 3 | - // - | 500 | 0,12 | 2,77 | 0,2 |
| 4 | - // - | 400 | 0,1 | 2,19 | 0,23 |
| 5 | Плита мінераловатна | 120 | 0,038 | 0,42 | 0,53 |
| 6 | Пінополістирол | 40 | 0,04 | 0,41 | 0,05 |
| 7 | Пінополіуретан | 60 | 0,03 | 0,4 | 0,5 |

**1.Системи з фасадом, що вентилюється**. (табл.5.1., п.1)

В якості утеплювача, як правило, використовується мінеральна вата, яка кріпиться до стіни. Між утеплювачем та зовнішнім облицьовуванням утворюється повітряний прошарок, що вентилюється. В якості зовнішнього облицьовування можуть використовуватися кольорові пластикові або жерстяні панелі в вигляді “вагонки”, які кріпляться до дерев’яних або металевих рейок; кольорові панелі з бетону, які навішуються на спеціальний зубчатий (монтажний) профіль, який в свою чергу кріпиться до дерев’яних рейок або металевих подконструкцій; кольорові жорсткі пінополіуретанові панелі, покриті алюмінієвою жерстю, які монтуються за принципом “вагонки”; кольорові облицьовувальні панелі з волокнистого цементу (без асбесту) на дерев’яних або металевих подконструкціях; гранітокерамічні плитки на металевій підконструкції.

Таблиця 5.3

Калькуляція трудовитрат та вартості улаштування теплоізоляції фасадів, що вентилюється (R=2,9)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Найменування витрат | Назва нормативу | Оди-ниця ви-міру | Об’єм робіт | Трудо-місткість, чол.-год | | Прямі витрати, грн. | | Вартість матеріалів, грн. | |
| на од. | на весьV | на од. | на весьV | на од. | на весьV |
| 1 | Прикріплення мінераловатних плит  Вартість мінераловатних плит | 11-41 | 1м2  1м2 | 1500  1500 | 0,34  - | 510  - | 8  - | 12000  - | -  20 | -  30000 |
| 2 | Улаштування металевої підконструкції |  | 100м2 | 15 | 212 | 3180 | 200 | 3000 | - | - |
| 3 | Навішування панелей з бетону | 4-1-9 | 1м2 | 1500 | 0,75 | 1125 | 1,46 | 2190 | - | - |
| 4 | Вартість комплекту матеріалів |  | 1м2 | - | - | - | - | - | 140 | 210000 |

Всього трудових витрат: 4815чол.-год.

Собівартість робіт: 257190грн.

**2.Системи мокрого типу**. (табл.5.1., п.2).

В основі лежить принцип наклеювання пінополістирольніх або мінераловатних плит на фасад будівлі, потім армування скловолокнистою сіткою і нанесення декоративної штукатурки (мінеральної або акрилової).

Таблиця 5.4

Калькуляція трудовитрат та вартості улаштування теплоізоляції системи мокрого типу (R=3,2)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Найменування витрат | Назва нормативу | Оди-ниця ви-міру | Об’єм робіт | Трудо-місткість, чол.-год | | Прямі витрати,  грн. | | Вартість матеріалів, грн. | |
| на од. | на весьV | на од. | на весьV | на од. | на весьV |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | Приклеювання пі-нополістирольних плит  Вартість пінополі-стирольних плит  Вартість клею | 11-43  ЕРУ-97 | 1м2  100м2  1м3  1кг | 1500  15  120  7500 | 0,45  -  -  - | 675  -  -  - | -  650  -  - | -  9750  -  - | -  -  250  25 | -  -  30000  18750 |
| 2 | Улаштування крі-пильних дюбелей  Вартість дюбелей | 20-1-217 | 100отв.  1шт | 60  6000 | 9,8  - | 588  - | 12,5  - | 750  - | -  2,2 | -  13200 |
| 3 | Приклеювання склосітки  Вартістьсклосітки  Вартість клею | 11-34 | 1м2  1м2  1кг | 1500  1650  7500 | 0,57  -  - | 855  -  - | 2,3  -  - | 3450  -  - | -  5  25 | -  8250  18750 |
| 4 | Грунтування фасаду  Вартість грунтівкі | ЕРУ-97  15-234 | 100м2  1кг | 15  450 | 61,1  - | 916,5  - | 104,8  - | 1572  - | -  3 | -  1350 |
| 5 | Декоративна шту-катурка фасаду  Вартість мінераль-ної штукатурки | ЕРУ-97  15-257 | 100м2  1кг | 15  6000 | 143  - | 1845  - | 234  - | 2502  - | -  10 | -  60000 |

Всього трудових витрат: 4879,5чол.-год.

Собівартість робіт: 168324грн.

**3.Нанесення пінополіуретанів**. (табл.5.1., п.3).

На очищену поверхню фасаду пошарово напиляють пінополіуретан, який при твердінні збільшується в об’ємі до десяти раз. Після напилення теплоізоляційного шару з пінополіуретану на зовнішній поверхні утепленої огороджуючої конструкції необхідно провести фарбування (перхлорвінілові фарби, цементно-перхлорвінілові, цементні, полістирольні, силікатні фарбувальні суміші та інші), пінополіуретану для захисту його від впливу ультрафіолетових промінів.

Таблиця 5.5

Калькуляція трудовитрат та вартості улаштування теплоізоляції напиленням пінополіуретану (R=2,3)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Найменування витрат | Назва нормативу | Оди-ниця ви-міру | Об’єм робіт | Трудо-місткість, чол.-год | | Прямі витрати, грн. | | Вартість матеріалів, грн. | |
| на од. | на весьV | на од. | на весьV | на од. | на весьV |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | Підготовка поверхні | ЕРУ-97  15-328 | 100м2 | 15 | 29,4 | 441 | 151 | 2265 | - | - |
| 2 | Улаштування стальної сітки  Вартість сітки |  | 1сітка  1сітка | 750  750 | 0,36  - | 270  - | 0,88  - | 660  - | -  75 | -  56250 |
| 3 | Напилення 1 шару пінополіуретану  Вартість пінополіуретану |  | 100м2  1м2 | 90  1500 | 4,4  - | 396  - | 102  - | 9018  - | -  20 | -  30000 |
| 4 | Фарбування фасаду перхлорвініловими фарбами | ЕРУ-97  15-458 | 100м2 | 15 | 19,8 | 297 | 65,7 | 985,5 | - | - |

Всього трудових витрат: 1404чол.-год.

Собівартість робіт: 98518,5грн.

**4.Застосування блоків з газобетону**. (табл.5.1., п.4).

В якості утеплювача використовують дрібні стінові блоки з газобетону, кладку яких ведуть з використанням клею та дрібнозернистого розчину. Після укладання поверхню газобетону шпаклюють гідрофобним розчином та фарбують кремнійорганічним складом.

Таблиця 5.6 - Калькуляція трудовитрат та вартості улаштування теплоізоляції з використанням газобетону (R=2,3)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Найменування витрат | Назва нормативу | Оди-ниця ви-міру | Об’єм робіт | Трудо-місткість, чол.-год | | Прямі витрати, грн. | | Вартість матеріалів, грн. | |
| на од. | на весьV | на од. | на весьV | на од. | на весьV |
| 1 | Кладка блоків з газобетону  Вартість газобетону  Вартість клею | 11-43 | 1м2  100м2  1м3  1кг | 1500  15  225  5400 | 0,45  -  -  - | 675  -  -  - | -  429  -  - | -  6435  -  - | -  -  171  1,4 | -  -  38475  7560 |
| 2 | Штукатурка фасаду | ЕРУ-97 15-241 | 100м2 | 15 | 123 | 1845 | 166,8 | 2502 | - | - |
| 3 | Фарбування фасаду кремнійорганічним складом | ЕРУ-97  15-459 | 100м2 | 15 | 19,9 | 298 | 115,79 | 1736,85 | - | - |

Всього трудових витрат: 2518чол.-год.

Собівартість робіт: 56708,9грн.

**Щорічні експлуатаційні витрати на опалення** оцінюються за формулою:

,

де S – площа зовнішньої огороджуючої конструкції, м2; tв, tоп.пер. – температура повітря в помешканні та середня температура зовнішнього повітря опалювального періоду, 0С; Z - тривалість опалювального періоду, діб; m – коефіцієнт, що враховує тепловитрати на інфільтрацію повітря (наприклад для житлових будівель це 5-10% від основних тепловитрат); lт - коефіцієнт, що враховує майбутнє подорожчання теплової енергії, Ст – вартість теплової енергії, грн./Гкал; R – термічний опір огороджуючої конструкції після теплоізоляції, .

Порівняння розглянутих вище варіантів теплоізоляції проводиться **з урахуванням дисконтування поточних витрат та майбутніх експлуатаційних витрат.** Економічно доцільним буде той варіант, у якого сукупні витрати будуть мінімальними:

,

де r – ставка дисконтування, Т – тривалість розрахункового періоду (строк експлуатації будівлі з теплоізольованими огороджуючими конструкціями), К – капітальні витрати на улаштування додаткової теплоізоляції.

Прирівнюючи капітальні витрати і економію витрат на опалення, знаходимо **строк окупності** капітальних витрат:

,

де Ео – щорічна економія витрат на опалення від збільшення термічного опору огороджуючих конструкцій оцінюється за формулою:

,

де Rо - термічний опір огороджуючої конструкції до теплоізоляції, .

Результати розрахунків Зі і строку окупності при r=0,10; Т=30 років, Ст=100грн/Гкал зводимо в таблицю 5.7.

Таблиця 5.7.- -Техніко-економічні показники варіантів теплоізоляції.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Термічний опір, | Трудо-місткість, чол.-год | Капітальні витрати К, грн. | Експлуа-таційні витрати Е, грн/рік | Сукупні витрати Зі, грн. | Економія витрат на опалення Ео, грн/рік | Строк окупності Ток, років |
| 1. | 2,9 | 4815 | 257190 | 4847 | 302885 | 10772 |  |
| 2. | 3,2 | 4880 | 168324 | 4392 | 209735 | 11226 |  |
| 3. | 2,3 | 1404 | 98518 | 6112 | 156325 | 9507 | 29,8 |
| 4. | 2,3 | 2518 | 56709 | 6112 | 114325 | 9507 | 9,6 |

За техніко-економічними показниками приймаємо варіант №4 – теплоізоляція зовнішніх стін дрібними стіновими блоками з газобетону - , як варіант з мінімальними сукупними витратами=114325 грн.