**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 |
| 34321 | Напилення пінополіуретанів | 1. перхлорвінілова фарба
2. напилений пінополі-уретан
3. армувальна стальна сітка
4. стіна
 | 1,9 – 2,7 |
| 41243 | 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 плитВартість мінераловатних плит | 11-41 | 1м21м2 | 15001500 | 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 плитВартість пінополі-стирольних плитВартість клею | 11-43ЕРУ-97 | 1м2100м21м31кг | 1500151207500 | 0,45--- | 675--- | -650-- | -9750-- | --25025 | --3000018750 |
| 2 | Улаштування крі-пильних дюбелейВартість дюбелей | 20-1-217 | 100отв.1шт | 606000 | 9,8- | 588- | 12,5- | 750- | -2,2 | -13200 |
| 3 | Приклеювання склосіткиВартістьсклосіткиВартість клею | 11-34 | 1м21м21кг | 150016507500 | 0,57-- | 855-- | 2,3-- | 3450-- | -525 | -825018750 |
| 4  | Грунтування фасадуВартість грунтівкі | ЕРУ-9715-234 | 100м21кг | 15450 | 61,1- | 916,5- | 104,8- | 1572- | -3 | -1350 |
| 5 | Декоративна шту-катурка фасадуВартість мінераль-ної штукатурки | ЕРУ-9715-257 | 100м21кг | 156000 | 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-9715-328 | 100м2 | 15 | 29,4 | 441 | 151 | 2265 | - | - |
| 2 | Улаштування стальної сіткиВартість сітки |  | 1сітка1сітка | 750750 | 0,36- | 270- | 0,88- | 660- | -75 | -56250 |
| 3 | Напилення 1 шару пінополіуретануВартість пінополіуретану |  | 100м21м2 | 901500 | 4,4- | 396- | 102- | 9018- | -20 | -30000 |
| 4 | Фарбування фасаду перхлорвініловими фарбами | ЕРУ-9715-458 | 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 газобетонуВартість газобетонуВартість клею | 11-43 | 1м2100м21м31кг | 1500152255400 | 0,45--- | 675--- | -429-- | -6435-- | --1711,4 | --384757560 |
| 2 | Штукатурка фасаду | ЕРУ-97 15-241  | 100м2 | 15 | 123 | 1845 | 166,8 | 2502 | - | - |
| 3 | Фарбування фасаду кремнійорганічним складом | ЕРУ-9715-459 | 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.