

## ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

УДК 624

### ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ПОКРІВЕЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ

### CHOOSING THE OPTIMAL OPTION OF ROOFING MATERIAL

Бабіч Є.Є., к.т.н., доцент, <https://orcid.org/0000-0003-2900-8156>,

Гомон П.С., к.т.н., доцент, <https://orcid.org/0000-0002-5312-0351>

Поляновська О.Є., к.т.н., доцент, <https://orcid.org/0000-0003-2811-2429>,

Ласкевич А., студент <https://orcid.org/0009-0004-4081-5551> (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

**Babich Ye.Ye., Candidate of technical sciences, associate professor, Homon P.S., candidate of technical sciences, associate professor, Polianovska O.Ye., candidate of technical sciences, Laskevych A., student** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

Розглянуті варіанти влаштування покрівлі покрівельними матеріалами.

Проведений вибір оптимального варіанту покрівельного матеріалу при влаштуванні покрівлі.

Зроблений розрахунок вартості матеріалів на 1 м<sup>2</sup> влаштування покрівлі та розрахунок капітальних вкладень в базу для виконання будівельних робіт.

Визначені річні експлуатаційні витрати на ремонт і відновлення покрівлі. Проведений розрахунок приведених витрат та зроблений висновок та обґрунтування вибору варіантів для подальшого пректування.

The options for arranging the roof with roofing materials were considered. The selection of the best option of the roofing material during the arrangement of the roof was carried out.

The calculation of the cost of materials per 1 m<sup>2</sup> of roofing and the calculation of capital investments in the base for construction work was made.

The annual operating costs for the repair and restoration of the roof were determined. The calculation of the reduced costs was carried out and a conclusion and justification of the choice of options for further evaluation was made.

**Ключові слова.** Улаштування покрівлі, покрівельні матеріали, мембрани, вартість матеріалів, розрахунок капітальних вкладень, річні експлуатаційні витрати, кошторисна собівартість, приведені витрати.

Roof installation, roofing materials, membranes, cost of materials, calculation of capital investments, annual operating costs, estimated cost, reduced costs.

Покрівельні мембрани - це покрівельний матеріал нового покоління, ідеальний для будь-яких покрівельних систем, успішно застосовується у всіх кліматичних зонах України.

Цей полімерний матеріал має неоднорідну структуру, він складається з трьох шарів:

- Нижнього – з темного полівінілхлориду;
- Середнього – у вигляді армуючої сітки;
- Верхнього – з пластифікованого ПВХ, має світлі тони для захисту від перегріву, в якому містяться наповнювачі, антипірени і різні речовини, що забезпечують стійкість до механічних пошкоджень і атмосферних факторів.

Завдяки особливому складу кожного шару, мембрани мають високу довговічність із відмінними експлуатаційними якостями:

- Стійкість до дії ультрафіолету, хімічних і температурних впливів;
- Висока механічна міцність і еластичність навіть при температурах нижче нуля;
- Надійна гідроізоляція;
- Паропроникність;
- Протипожежні властивості – не підтримують горіння;
- Широка колірна гамма верхнього шару;
- Термін служби більше 25 років.

## **1. Аналіз матеріалів для виконання порівняння**

Розглянемо деякі види рулонних бітумно-полімерних покрівельних та гідроізоляційних матеріалів і полімерних покрівельних мембран.

У якості рулонних бітумно-полімерних матеріалів (євроруберойд) розглянемо продукт типу Акваізол.

Руберойд Акваізол це бітумно-полімерний матеріал з армуючою основою. Від механічного впливу і ультрафіолетового випромінювання верхня поверхню матеріалу захищена посипкою. Цим матеріалом можна впевнено працювати в жарку погоду і взимку.

Країна виробник – Україна. Виробником матеріалів є Aquaizol. Матеріал поставляється в рулонах. Матеріалом є бітум. Основою служить Поліестер.

Руберойд марки Акваізол призначений для гідроізоляції та ремонту плоских покрівель будівель промислового і цивільного призначення.

Таблиця 1

Основні характеристики рулонних бітумно-полімерних покрівельних та гідроізоляційних матеріалів

Показники	Акваізол СБС-ПЕ-3,0	Акваізол АПП-ПЕ-3,5-ПС
Вага основи	160 г/м <sup>2</sup>	160 г/м <sup>2</sup>
Довжина рулона	15 м	10 м
Ширина рулона	1 м	1 м
Модифікатор бітуму	СБС	АПП
Температура експлуатації, °С	- 45/115	- 40/125
Теплостійкість, °С	+100	+115
Гнучкість на брусі	-15	-12
Вартість одного рулону, грн	865,80	615
Вартість 1 м <sup>2</sup> , грн/м <sup>2</sup>	57,72	61,56

Таблиця 2

Основні характеристики покрівельних мембран

Показники	NOVOPROOF TE	ALKORTOP L	Logicroof V-RP
Виробник	SaarGummi GmbH	RENOLIT SE	LOGICROOF
Країна виробник	Німеччина	Німеччина	Україна
Матеріал мембрани	ЕПДМ	ТПО	ПВХ
Водопоглинання протягом 24 год	0,15		0,07
Міцність на розрив, кН / м	48,1	81	24
Вага, кг / м <sup>2</sup>	менше 1,4		
Паропроникність, кг / м.ч.Па		0,017x10-12	0,017x10-12
Вартість 1 м <sup>2</sup> , грн/м <sup>2</sup>	223,18	223,18	160

Покрівельні мембрани використовують для будівництва дахів найрізноманітнішої конфігурації. Вони повністю адаптовані до ізоляційних матеріалів, високоміцні, прості в монтажі, економічні. Мембрани сумісні з руберойдом та з екструдованим пінополістиролом.

Розглянемо основні етапи монтажу мембрани на покрівлі:

1. Підготовка поверхні. Поверхня покрівлі повинна бути ретельно очищена від будь-яких бруду, пилу, інших матеріалів або старих покриттів. Це допоможе забезпечити гарне прилягання мембрани до покрівлі.

2. Закріплення основи. Мембрана монтується на підготовлену основу покрівлі, яка може бути зроблена з різних матеріалів, таких як фанера або утеплювач. Основу слід закріпити так, щоб вона була стійкою і мала правильну нахил для відведення води.

3. Укладання мембрани. Мембрану укладають на підготовлену основу. Мембрана має бути розгорнута і розміщена рівномірно. Під час укладання слід уникати будь-яких згинів або розривів.

4. З'єднання мембрани. З'єднання мембрани виконується за допомогою спеціальних мембранних клеїв або гарячого зварювання. Це дозволяє створити герметичні з'єднання між листами мембрани і запобігти протіканню.

5. Закріплення країв і деталей. Краї мембрани та деталі, такі як вентиляційні труби або водостоки, слід також надійно закріпити або з'єднати з мембраною, щоб забезпечити герметичність.

6. Перевірка і обслуговування. Після завершення монтажу важливо перевірити покрівлю на наявність подряпин, розривів або інших пошкоджень, які можуть потребувати ремонту або заміни. Також важливо виконувати регулярне обслуговування, щоб забезпечити тривалу експлуатацію покрівлі.

Існують два способи монтажу полімерної мембрани – за допомогою клею і методом зварювання.

Клейовий спосіб економічно менш вигідний через велику витрату дорогого клею, тому застосовується рідко. При укладанні мембранного покриття на бетонну основу за допомогою клею роботи проводяться в наступному порядку:

- Рулони мембранного покриття розкочуються з нахлестом, починаючи з нижньої точки покрівлі;
- Край кожного рулону фіксується, а потім вони скочуються назад;
- Клей наносять на підставу, видавлюючи у вигляді зигзага з широким кроком;
- Рулони по черзі розгортають, прикакуючи полотно до основи широким валиком;
- Потім проводять проклеюку швів, і приклеювання країв в місцях примикань.

У переважній більшості випадків наклеювання мембрани можна замінити методом розігріву (зварювання). При цьому способі монтажу

мембранної покрівлі вартість робіт буде значно нижче, а надійність гідроізоляції – вище.

Зварювання виконується за такою технологією:

- На шар утеплювача укладається геотекстиль.
- Починаючи з самого низького рівня покрівлі, розкочується рулон і кріпиться по краю спеціальними пластиковими шурупами.
- Накладається другий лист таким чином, щоб він перекривав зафіксований край мембрани на 50...90 мм. Інший його край також фіксується пластиковими шурупами.
- По лінії нахлесту виконується зварний шов за допомогою спеціального зварювального інструменту, що створює повітряний струмінь з температурою 350...450 °С і прикаточного валика.
- Потім аналогічно монтуються інші полотна.
- За допомогою викроєних шматків мембрани методом зварювання оформляються кути, місця примикань до парпетів, водостічної воронки.

## 2. Визначення вартості 1 м<sup>2</sup> покрівельного матеріалу

Вартість 1 м<sup>2</sup> покрівельного матеріалу визначаємо за формулою:

$$B_{\text{матер}} = \frac{B_{\text{упаковки}}}{S_{\text{упаковки}}} \quad (1)$$

де  $B_{\text{матер}}$  - вартість 1 м<sup>2</sup> покрівельного матеріалу, грн/м<sup>2</sup>;  $B_{\text{упаковки}}$  - вартість однієї упаковки, грн;  $S_{\text{упаковки}}$  - площа покрівельного матеріалу в одній упаковці, м<sup>2</sup>.

Таблиця 3

Вартість 1 м<sup>2</sup> покрівельного матеріалу,  $B_{\text{матер}}$ , грн/м<sup>2</sup>

Акваізол СБС-ПЕ-3,0	Акваізол АПП- ПЕ-3,5-ПС	NOVOPROO F	ALKORTOP L	Logicroof V-RP
865,8/15=57,72	615,6/10=61,56	6782,4/15=452,1	3347,7/15=223,18	1600/10=160,0

## 3. Кошторисна собівартість улаштування покрівлі

Вартість робіт по утепленню розраховується, як сума прямих витрат (заробітна плата робітників-будівельників, вартість експлуатації машин та механізмів, вартість матеріалів та конструкцій) та непрямих витрат (загальновиробничих витрат).

$$B_{\text{БМР}} = B_{\text{ПР.В.}} + B_{\text{Н.В.}} ; \quad (2)$$

$$B_{\text{ПР.В.}} = 3\Pi^{p.б.} + B_E + B_{M.K.} ; \quad (3)$$

$$B_{\text{Н.В.}} = 3BВ ; \quad (4)$$

де -  $B_{ПР.В.}$  - прямі витрати;  $B_{Н.в.}$  - непрямі витрати;  $ЗП^{р.б.}$  - заробітна плата робітників-будівельників;  $B_E$  - вартість експлуатації машин та механізмів;  $B_{М.К.}$  - кошторисна вартість матеріалів та конструкцій, яка враховує відпускну вартість вцілому, вартості перевезення їх на будівельний майданчик та заготівельно- складські витрати;  $ЗВВ$  - загальновиробничі витрати.

Визначаємо вартість покрівельних робіт згідно [1...4] у формі локального кошторису по влаштуванню  $1m^2$  покриття покрівлі, як і у раніше використаній послідовності [6, 7].

### 3.1. Капітальні вкладення в базу

Капітальні вкладення в базу для виконання будівельних робіт визначаються за таким виразом:

$$K_{\delta} = K_{к.м.} + K_m + K_{мех}; \quad (5)$$

де  $K_{\delta}$  – капітальні вкладення в базу будівництва, грн.;  $K_{к.м.}$  – капітальні вкладення в виробництво збірних конструкцій, виробів і матеріалів для робіт, грн.;  $K_T$  – капітальні вкладення на придбання транспортних засобів, грн.;  $K_{мех}$  – капітальні вкладення на придбання механізмів для виконання робіт, грн.

Капітальні вкладення на закупівлю утеплювача дорівнює:

$$K_{к.м.} = B_{В.К.}, \quad (6)$$

де  $B_{В.К.}$  – відпускну вартість будівельних матеріалів згідно шифру ресурса, грн.

Таблиця 4

Відпускну вартість будівельних матеріалів  $B_{В.К.}$ , грн

Акваізол СБС-ПЕ-3,0	Акваізол АПП-ПЕ-3,5-ПС	NOVOPROOF F	ALKORTOP L	Logicroof V-RP
57,72	61,56	452,1	223,18	160,0

Капітальні вкладення на придбання транспортних засобів для перевезення конструкцій, виробів, матеріалів від постачальника до будівельного майданчика визначають за виразом:

$$K_m = (Ц_{\delta} \cdot t_{необ}) / t_p^n, \quad (7)$$

де  $Ц_{\delta}$  – балансова вартість транспортних засобів, грн.;  $t_{необ}$  – необхідний час роботи транспортних засобів на будівельному майданчику, маш-год.;  $t_p^n = 3000$  маш-год - нормативний час роботи транспортних засобів на протязі року.

Необхідний час роботи транспортних засобів на перевезенні вантажів від постачальника на будівельний майданчик визначають за виразом:

$$t_{необ} = 0,25 \cdot (P \cdot L / Q \cdot V \cdot K_{вант}), \quad (8)$$

де -  $P$  об'єм вантажу, що підлягає перевезенню при максимальному завантаженню, м<sup>3</sup>;  $L$  – відстань перевезення вантажу, км;  $Q$  – місткість транспортних засобів, м<sup>3</sup>;  $V$  – середня швидкість руху транспортних засобів;  $K_{вант}$  – коефіцієнт використання транспортних засобів по вантажопідйомності в залежності від виду будівельного вантажу.

Таблиця 5

Необхідний час роботи транспортних засобів на перевезення матеріалу  $t_{необ}^R$ , маш-год,

Акваізол СБС-ПЕ-3,0	Акваізол АПП-ПЕ-3,5-ПС	NOVOPROO F	ALKORTOP L	Logicroof V-RP
$0,25 \cdot (36 \cdot 15 / 36 \cdot 60 \cdot 1) = 0,625$	$0,25 \cdot (36 \cdot 15 / 36 \cdot 60 \cdot 1) = 0,625$	$0,25 \cdot (110 \cdot 105 / 110 \cdot 60 \cdot 1) = 4,375$	$0,25 \cdot (110 \cdot 105 / 110 \cdot 60 \cdot 1) = 4,375$	$0,25 \cdot (110 \cdot 105 / 110 \cdot 60 \cdot 1) = 4,375$

Балансова вартість транспортного засобу для перевезення конструкцій

$$Ц = B_B \cdot K_{Т.М.}, \quad (9)$$

де -  $B_B$  - відпускна вартість транспортного засобу згідно прайс-листів ;  $K_{Т.М.} = 1,07$  - коефіцієнт, що враховує витрати на перевезення та монтаж транспортного засобу від заводу - постачальника до будівельного майданчика.

Балансова вартість транспортного засобу для перевезення всіх матеріалів складає:

$$Ц = 820000 \cdot 1,07 = 877400 \text{ грн.}$$

Таблиця 6

Капітальні вкладення на придбання транспортних засобів для перевезення матеріалів  $K_T$ , грн, та вартість перевезення 1 м<sup>2</sup>, грн,

Акваізол СБС-ПЕ-3,0	Акваізол АПП-ПЕ-3,5-ПС	NOVOPROO F	ALKORTOP L	Logicroof V-RP
$(877400 \cdot 0,625) / 3000 = 183$	$(877400 \cdot 0,625) / 3000 = 183$	$(877400 \cdot 4,375) / 3000 = 1278$	$(877400 \cdot 4,375) / 3000 = 1278$	$(877400 \cdot 4,375) / 3000 = 1278$
0,51	0,51	3,55	3,55	3,55

Таблиця 7

Капітальні вкладення в базу покрівельних робіт  $K^R$ , грн.

Акваізол СБС-ПЕ-3,0	Акваізол АПП- ПЕ-3,5-ПС	NOVOPROO F	ALKORTOP L	Logicroof V-RP
57,72+0,51=58 ,23	61,56+0,51=62 ,07	452,16+3,55=45 5,71	223,18+3,55=2 26,7	160+3,55=16 3,5

### 3.2. Річні експлуатаційні витрати

Річні експлуатаційні витрати на ремонт і відновлення утеплення стін

$$\text{визначають за виразом: } E_p = \frac{B_{БМР}}{T_c} + \frac{B_{БМР} \cdot (\%) }{100}, \quad (10)$$

де  $E_p$  – річні експлуатаційні витрати на ремонт та відновлення конструкцій, грн.;  $B_{БМР}$  - кошторисна собівартість конструкцій стіни у споруді (кошторисна вартість будівельно - монтажних робіт), грн.;  $T_c$  – термін служби конструкції, років; (%) – відсоток відрухування на ремонт і відновлення конструкцій від собівартості.

Таблиця 8

Річні експлуатаційні витрати на ремонт і відновлення утеплення  $E_p$ , грн

Акваізол СБС-ПЕ-3,0	Акваізол АПП- ПЕ-3,5-ПС	NOVOPROO F	ALKORTOP L	Logicroof V-RP
(543/50)+ 543*0,5/100) = =13,6	(618/100)+ 618*0,27/10 0)=7,89	(460/50)+ 460*0,6/100) = =4,55	(465/50)+ 465*0,6/100)= =4,75	(437/50)+ 437*0,6/100 )=3,95

### 3.3. Приведені витрати

Техніко-економічна оцінка конструктивних рішень цивільних будівель і споруд проводиться за приведеними витратами.

Приведені витрати визначають на основі [5] за формулою:

$$B_{пр} = [B_{БМР} + E_n \cdot K_\delta] \cdot \beta + \frac{E_p}{\xi_{пр}}, \quad (11)$$

де  $B_{пр}$  – приведені витрати по будівлі, споруді, грн.;  $B_{БМР}$  - кошторисна собівартість конструкцій у споруді (кошторисна вартість будівельно - монтажних робіт), грн.;  $E_n = 0,15$  - нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень;  $K_\delta$  – капітальне вкладення в базу, грн.;  $\beta$  – коефіцієнт приведення одночасових витрат по різнодовговічних варіантах до вихідного рівня, грн.;  $\xi_{пр} = 0,08$  - коефіцієнт приведення.

Таблиця 9

Приведені витрати покрівельних матеріалів,  $V_{пр}$ , грн

Акваізол СБС-ПЕ-3,0	Акваізол АПП- ПЕ-3,5-ПС	NOVOPROO F	ALKORTOP L	Logicroof V-RP
$(516+0,15*58,23)*0,021+7,85/0,08=16,63$	$(496+0,15*62,05)*0,021+1,9/0,08=18,15$	$(543+0,15*455,71)*0,021+13,575/0,08=253,17$	$(543+0,15*276,73)*0,021+13,575/0,08=153,73$	$(543+0,15*163,55)*0,021+13,575/0,08=90,8$

**4. Аналіз і обґрунтування вибору оптимального варіанту**

На основі техніко-економічної оцінки технічних рішень, які порівнюються, для подальших інженерно-технічних розрахунків проводимо вибір оптимального варіанту конструкцій за найменшими приведеними витратами.

Згідно виконаних розрахунків приведені витрати при покрівельних роботах найменші при використанні рулонного бітумного матеріалу Євроуберойда Акваізол АПП-ПЕ-3,5-ПС та при використанні рулонного полімерного матеріалу ПВХ мембрани Logicroof V-RP. Тому і приймаємо для подальшої роботи покрівельний матеріал Євроуберойд Акваізол АПП-ПЕ-3,5-ПС ( $V_{пр}=18,15$  грн) та мембрану Logicroof V-RP ( $V_{пр}=90,8$  грн).

1. Державні будівельні норми України ДБН Д. 1. 1 – 1 - 2000 (з урахуванням змін та доповнень). Правила визначення вартості будівництва. Ціноутворення у будівництві. Збірник офіційних документів та роз'яснень. Мінбуд України. №1 січень 2006. К. "Інпроект".

2. Ціноутворення у будівництві. Збірник офіційних документів та роз'яснень. Мінбуд України. №2 лютий 2006. К. "Інпроект".

3. Додатки до ДБН Д. 1. 1 – 1 - 2000 (з урахуванням змін та доповнень). Правила визначення вартості будівництва. Ціноутворення у будівництві. Збірник офіційних документів та роз'яснень. Мінбуд України. №1, №2 2006. К. "Інпроект".

4. ДСТУ Б Д.2.2-15:2012 Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Оздоблювальні роботи (Збірник 15).

5. Навчальний посібник: Гомон, П. С. and Савицький, В. В. (2021) Ціноутворення та інвесторська кошторисна документація будівництва. НУВГП, Рівне. ISBN 978-966-327-493-5.

6. Вибір оптимального варіанту підлог для житлової будівлі з комерційними приміщеннями. Бабіч Є.С., Гомон П.С., Поляновська О.Є., Шевчук М.Т. Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. Рівне: НУВГП, 2023. Випуск 44. С. 275-283.

7. Оптимальний варіант утеплення стін фасадним утеплювачем. Бабіч Є.С., Гомон П.С., Поляновська О.Є. Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. Рівне: НУВГП, 2024. Випуск 45. С. 378-385.