

УДК 691.5;693.6

О.М. Махня, к.т.н., доцент, КНУБА, м. Київ

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЦЕМЕНТНИХ ТА ЦЕМЕНТНО-ВАПНЯНИХ ШПАКЛІВОК

АНОТАЦІЯ

Проаналізовано технологію вирівнювання поверхонь цементними та цементно-вапняними шпаклівками за критеріями: область застосування шпаклівок, фізико-механічні та структурні властивості шпаклювального шару, технологічні режими і параметри влаштування, вартість покриття. Визначені комплексні показники ефективності шпаклівок за методом Харрінгтона.

Ключові слова: цементні, цементно-вапняні, шпаклівки, метод Харрінгтона, комплексний показник ефективності.

Вступ. Декоративно-естетичні властивості поверхонь конструкцій у більшій мірі залежать від якості підготовки поверхні під опорядження, тобто, від якості її шпаклювання. Все ширшого попиту набувають сухі будівельні суміші (СБС), що значно спрощують технологію приготування шпаклівок в умовах будмайданчика та гарантують їх стабільні властивості. Сьогодні на ринку в Україні пропонується значна кількість СБС, що значно ускладнює їх вибір при проектуванні та виконанні робіт. При цьому у більшості випадків порівняння шпаклівок виконують за економічними та фізико-механічними показниками, без врахування технологічних особливостей виконання робіт. Крім того, значна кількість показників, різна їх фізична розмірність та варіативність значень не дозволяють однозначно визначити найбільш ефективну шпаклівку.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження було удосконалення процесу вибору шпаклівок, а завданням - розроблення методики встановлення єдиного комплексного показника ефективності шпаклівок.

Методика визначення комплексного показника ефективності. Значна кількість показників шпаклівок не дозволяють відразу визначити найбільш їх ефективну марку, а тому, враховуючи різну розмірність фізичних показників, пропонується для отримання комплексного показника ефективності застосувати метод Харрінгтона [1]. Суть цьо-

ого методу полягає в тому, що формування єдиного комплексного показника ефективності здійснюється із безрозмірних показників бажаності, в які перетворюють фізичні показники, при цьому комплексний показник ефективності можна показати, як

$$K_i = f[d_{ji} = f(y_{ji} = f(x_{ji}))],$$

де d_{ji} – безрозмірний показник бажаності j -го натурального показника; x_{ji} – фізичний показник; y_{ji} – безрозмірний допоміжний показник перетворення фізичних показників у показники ефективності.

Для функції перетворення фізичних показників у безрозмірні (функції бажаності) застосовують криві Гомперца:

$$d_j = \exp[-\exp(-y_j)],$$

де $y_j = f(x_j)$ – безрозмірний допоміжний показник перетворення фізичних показників у показники ефективності. Для кращого сприйняття весь інтервал функції бажаності поділений на ряд психологічних проміжків, які відповідають градаціям ефективності: погано, задовільно, добре та відмінно. В середині основних проміжків (задовільно, добре і відмінно) були вибрані базові точки, які відповідають граничним значенням показників ефективності. За Харрінгтоном значення d_j в них відповідно становить 0,37; 0,63; 0,80. При цьому значення допоміжних показників y_j буде становити відповідно 0; 0,77; 1,53. В загальному вигляді функцію перетворення можна записати, як

$$y_j = a_0 + a_1 x_j \quad (1)$$

при рівномірній лінійній шкалі зростання значення фізичного показника та

$$y_j = a_0 + a_1 x_j + a_2 x_j^2 \quad (2)$$

при нерівномірній (нелінійній) шкалі зростання значення фізичного показника. Коефіцієнти визначаються в результаті розв'язання системи рівнянь для відповідних значень фізичних та допоміжних показників у граничних точках (задовільно, добре, відмінно). Після цього, використавши необхідні залежності та отримані значення в граничних точках, розраховують допоміжні безрозмірні показники y_{ji} для кожного фізичного показника x_{ji} . Після встановлення психологічних показників d_{ji} було враховано комплексний показник ефективності як середнє геометричне значення ряду показників

$$k_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n d_{ji}}, \quad (3)$$

де n — кількість фізичних показників x_{ji} , які було відібрано для дослідження.

Огляд технології вирівнювання поверхонь. Було проаналізовано сучасний стан технології вирівнювання поверхонь за допомогою цементних та цементно-вапняних шпаклівок з СБС. Розглянуті найбільш відомі в Україні шпаклівки торгових марок: "Ceresit", "Siltek", "Polimin", "Weber. Vetonit", "Polirem" і "Scanmix", загалом 13 марок згідно з технічною інформацією фірм-виробників [2 — 7]. Оцінка технології вирівнювання поверхонь при застосуванні цих шпаклівок була здійснена за наступними критеріями: область застосування шпаклівок, фізико-механічні та структурні властивості шпаклювального шару, технологічні режими і параметри влаштування, а також вартість покриття.

Розглянуті шпаклівки застосовують для ремонту і вирівнюванням бетонних чи цементно-піщаних поверхонь (табл. 1) стін і стель всередині та ззовні приміщень, які експлуатуються в сухих та вологих умовах. Необхідно відмітити, що серед розглянутих матеріалів шпаклівкою СШп-431 Екстра рекомендовано вирівнювати поверхні, що піддаються деформаціям, а шпаклівки СШп-451 Люкс та S-12 рекомендують для опорядження гіпсокартону. Найкращі результати за областю зас-

тосування виявила шпаклівка СТ29 (Ceresit).

Серед структурних параметрів шпаклівки було розглянуто мінімальну товщину шпаклювального шару під час нанесення (в межах від 0,1 до 3мм), допустиму максимальну глибину локальних тріщин при вирівнюванні (від 3 до 20мм), максимальний розмір частинок заповнювача (від 0,08 до 0,5 мм) та наявність в шпаклівці волокон армування, що підвищують стійкість до утворення усадкових тріщин (табл. 2). Найменшу товщину шпаклювального шару (0,1 мм) рекомендують наносити шпаклівками S-10 і S-12 (Siltek), а для ремонту найбільш глибоких тріщин (20 мм) рекомендують використовувати шпаклівки СШп-421, СШп-431 Екстра (Polirem), СТ29 (Ceresit), ТТ (Scanmix). Найменший розмір максимальних частинок заповнювача (0,08 мм) у шпаклівці S (Scanmix). Волокна армування присутні в шпаклівках СТ29 і СТ225 (Ceresit), S-11 (Siltek) та ТТ (Scanmix).

Фізико-механічні властивості шпаклівок оцінювались міцністю зчеплення шпаклювального шару з основою (що коливається від 0,3 до 0,8 МПа), міцністю на стиск затверділої шпаклівки (від 6 до 20МПа) та її паропроникністю (від 0,02 до 0,15 мг/(мхгодхПа)), а також морозостійкістю (від 50 до 75 циклів) (табл. 3).

Максимальну міцність зчеплення з основою шпаклювального шару (0,7...0,8 МПа) виявляють

Таблиця 1. Рекомендовані області застосування шпаклівок

Торгова марка	Марка шпаклівки	Рекомендований матеріал основи							Основи, що піддаються деформаціям	Кількість варіантів основи x_{ii}
		бетон	полімер-цемент	цементно-піщана	цементно-вапняна	водостійкий гіпсокартон	газобетон чи керамзитобетон	цегла		
Polirem	СШп-421	+	-	+	+	-	-	+	-	4
	С Ш п - 4 3 1 Екстра	+	-	+	+	-	-	+	+	5
Weber. Vetonit	С Ш п - 4 5 1 Люкс	+	+	+	-	+	-	-	-	4
	VH	+	-	+	+	-	+	+	-	5
	VH grey	+	-	+	+	-	+	+	-	5
Polimin Scanmix	ШБ-7	+	-	+	+	-	-	-	-	4
	ТТ	+	-	+	-	-	+	+	-	4
Siltek	S	+	-	+	-	-	+	+	-	4
	S-10	+	+	+	+	-	-	-	-	4
	S-11	+	-	+	-	-	+	+	-	4
Ceresit	S-12	+	+	+	+	+	-	-	-	5
	СТ29	+	+	+	+	-	+	+	-	6
	СТ225	+	-	+	+	-	-	-	-	3

Таблиця 2. Структурні параметри шпаклівок

Торгова марка	Марка шпаклівки	Мінімальна товщина шару нанесення x_{2i} , мм	Допустима глибина локальних тріщин при вирівнюванні x_{3i} , мм	Максимальний розмір частинок заповнювача x_{4i} , мм	Наявність волокон армування
<i>Стартові шпаклівки</i>					
Polirem	СШп-421	3	20	-	ні
Siltek	S-11	2	10	0,5	так
Ceresit	CT29	2	20	-	так
<i>Фінішні шпаклівки</i>					
Weber.	VH	1	4	0,3	ні
Vetonit	VH grey	1	4	0,3	ні
Polimin	ШБ-7	1	5	0,2	ні
Polirem	СШп-451 Люкс	1	10	-	ні
Scanmix	S	2	5	0,08	ні
Siltek	S-10	0,1	5	0,1	ні
	S-12	0,1	2	0,1	ні
<i>Універсальні шпаклівки</i>					
Polirem	С Ш п - 4 3 1 Екстра	3	20	-	ні
Scanmix	ТТ	2	20	0,3	так
Ceresit	CT225	2	3	-	так

Таблиця 3. Фізико-механічні показники шпаклівок

Торгова марка	Марка шпаклівки	Фізико-механічні показники			
		міцність, МПа		паропроникність x_{7i} , (мг/м ² ×год×Па)	морозостійкість x_{8i} циклів
		зчеплення з основою x_{5i}	на стиск x_{6i}		
<i>Стартові шпаклівки</i>					
Polirem	СШп-421	0,5	20	0,1	50
Siltek	S-11	0,7	7,5	0,07	50
Ceresit	CT29	0,3	7	0,08	50
<i>Фінішні шпаклівки</i>					
Weber.	VH	0,5	6...8	-	-
Vetonit	VH grey	0,5	6...8	-	-
Polimin	ШБ-7	0,5	-	0,02	75
Polirem	СШп-451 Люкс	0,5	20	0,1	50
Scanmix	S	0,6	-	-	50
Siltek	S-10	0,3	-	0,15	-
	S-12	0,5	-	0,05	75
<i>Універсальні шпаклівки</i>					
Polirem	С Ш п - 4 3 1 Екстра	0,7	25	0,1	50
Scanmix	ТТ	0,6...0,8	10	-	50
Ceresit	CT225	0,3	7	0,05	75

суміші СШп-431 Екстра (Polirem), S-11 (Siltek), ТТ (Scanmix), а міцність на стиск (25 МПа) – СШп-431 Екстра (Polirem). Паропроникність найбільша (0,02 мг/(м²×год×Па)) в шпаклівці S-10 (Siltek). Найвища морозостійкість відзначається в шпаклівках ШБ-7 (Polimin), S-12 (Siltek) та CT225 (Ceresit).

Були проаналізовані параметри і режими технології нанесення шпаклювального шару (табл. 4).

Встановлено, що у більшості випадків шпаклівку рекомендують наносити вручну і тільки VH та VH grey виробник рекомендує наносити механізованим способом. Термін придатності шпаклювальної суміші коливається в межах від 0,5 до 4,5 год, максимальна вологість в приміщенні чи навколишньому середовищі при підготовці фасадів допускається вище середніх умов і тільки виробник ШБ-7

Таблиця 4. Технологічні параметри та режими вирівнювання поверхонь

Торгова марка	Марка шпаклівки	Термін придатності готової суміші x_{9i} год	Спосіб нанесення			Максимальна вологість повітря x_{10i} %	Тривалість витримування перед		
			вручну	механічно	зовано		заглажуванням x_{11i} хв	нанесенням наступного шару x_{12i} год	шліфуванням x_{13i} год
<i>Стартові шпаклівки</i>									
Polirem	CШn-421	1	+	-	80	-	-	-	-
Siltek	S-11	2,5	+	-	75	10...15	48	ні*	ні*
Ceresit	CT29	1	+	-	60	5...30	наносять одним шаром	ні	ні
<i>Фінішні шпаклівки</i>									
Weber.	VH	3	+	+	-	-	24...48	24...48	24...48
Vetonit	VH grey	3	+	+	-	-	24...48	24...48	24...48
Polimin	ШБ-7	1	+	-	100	5...10	-	24	24
Polirem	C Ш n - 4 5 1 Люкс	1	+	-	80	-	-	-	-
Scanmix	S	4,5	+	-	-	-	24	24	24
Siltek	S-10	1	+	-	75	10...15	12	12	12
	S-12	1	+	-	75	10...15	4	4	4
<i>Універсальні шпаклівки</i>									
Polirem	C Ш n - 4 3 1 Екстра	1	+	-	80	-	-	-	-
Scanmix	ТТ	4	+	-	-	-	24	24	ні
Ceresit	CT225	0,5	+	-	60	-	24	24	24

Таблиця 5. Тривалість витримування шпаклювальних шарів перед подальшим опорядженням

Торгова марка	Марка шпаклівки	Тривалість витримування, (днів) перед			
		нанесенням			наклеюванням шпалер x_{17i}
		шпаклівки		фарб x_{16i}	
цементної x_{14i}	гіпсової x_{15i}				
<i>Стартові шпаклівки</i>					
Polirem	CШn-421	-	-	ні*	ні
Siltek	S-11	2	28	ні	ні
Ceresit	CT29	1	-	1	1
<i>Фінішні шпаклівки</i>					
Weber.	VH	ні	ні	1...2	1...2
Vetonit	VH grey	ні	ні	1...2	1...2
Polimin	ШБ-7	ні	ні	7	7
Polirem	CШn-451 Люкс	ні	ні	-	ні
Scanmix	S	ні	ні	-	ні
Siltek	S-10	ні	ні	3	3
	S-12	ні	ні	3	ні
<i>Універсальні шпаклівки</i>					
Polirem	CШn-431 Екстра	-	-	-	-
Scanmix	ТТ	2	-	2	ні
Ceresit	CT225	ні	ні	3	ні

*ні – не рекомендують застосовувати для підготовки поверхні під цей матеріал

Таблиця 6. Показники витрат матеріалів та вартості при шпаклюванні поверхонь

Торгова марка	Марка шпаклівки	Витрати СБС (кг) на 1м ² поверхні при товщині шару 1мм	Орієнтовна вартість СБС, грн	
			упаковки (25 кг)	1м ² поверхні при товщині шару 1мм, x_{18i}
<i>Стартові шпаклівки</i>				
Polirem	СШп-421	1,5	37,5...55,2	56,3...82,8
Siltek	S-11	1,4	66,9...81,4	93,7...114
Ceresit	СТ29	1,6	70,7...91,9	113,1...147,1
<i>Фінішні шпаклівки</i>				
Weber.	VH	1,2	195,1...235,3	234,1...282,4
Vetonit	VH grey	1,2	184,7...203,2	221,6...243,8
Polimin	ШБ-7	1,35	106...121,6	143,1...164,2
Polirem	СШп-451 "Люкс"	0,9...1,1	81,9...135,2	73,7...148,7
Scanmix	S	1...2	70,1...116,5	70,1...233
Siltek	S-10	1,0	81,8...101,2	81,8...101,2
	S-12	1,1	101,5...133	111,7...146,3
<i>Універсальні шпаклівки</i>				
Polirem	С Ш п - 4 3 1 "Екстра"	1,5	68,7...82,4	103,1...123,6
Scanmix	ТТ	2...3	49,1...78	98,2...234
Ceresit	СТ225	1,4	113...146,2	158,2...204,7

допускає вирівнювання поверхні при 100 % вологості.

Тривалість технологічних перерв перед наступними технологічними операціями визначалася за нормальних температурно-вологих умов (температура повітря +200С, відносна вологість повітря 60%). Загладжування поверхні після нанесення шпаклівки допускається виконувати в межах від 5 до 30 хв. Шліфування вирівняної поверхні рекомендують після висихання та тужавлення шпаклювального шару, ця тривалість коливається від 4 до 48 год. Нанесення наступного шару шпаклівки при багатошаровому вирівнюванні виконують через 4 чи 48 год. Необхідно відмітити шпаклівку СТ29, яка наноситься одним шаром і не шліфується, а тільки загладжується.

На термін наступного опорядження поверхонь впливає тривалість технологічних перерв, які надаються на висихання та тужавлення шпаклювальних шарів (табл. 5). Наносити наступні шари цементної шпаклівки допускається через 1...2 доби, гіпсової – після повного висихання нанесеного шару, орієнтовно, через 28 діб. При цьому фінішні шпаклівки не підлягають додатковому вирівнюванню. Фарбування поверхонь допускається через 1...7 діб, при цьому шпаклівки СШп-421 (Polirem) та S-11(Siltek) не рекомендують в подальшому фарбувати. Наклеювання шпалер допускається по шпаклівках СТ29 (Ceresit), VH і

VH grey (Weber. Vetonit), ШБ-7(Polimin), S-10 (Siltek) та СШп-431 Екстра (Polirem). При цьому по шарах СТ29, VH, VH grey та ТТ наклеювання шпалер допускається через 1...2 доби, для S-10 – через 3 доби, а для ШБ-7 – тільки через 7 діб.

Аналіз витрат та вартості матеріалів на підготовку поверхні (табл. 6) був проведений на основі показників за нормальних температурно-вологих умов. Були визначені витрати СБС на влаштування 1 мм шпаклювального шару площею 1 м², при цьому вартість матеріалів приймалась в цінах по м. Києву початку 2013 року. Виявлено, що витрати сухих будівельних сумішей на 1м² поверхні під час їх вирівнювання коливаються в межах від 0,9 до 3 кг/м². При цьому вартість однієї упаковки СБС вагою 25 кг коливається в межах від 37,5 до , а вартість шпаклівок, витрачених на 1 м² поверхні, – в межах від 56,3 до 282,4 грн/м².

Визначення комплексного показника ефективності шпаклівок. Для визначення комплексного показника ефективності K_i було відібрано 18 фізичних показників x_{ji} (табл. 1 – 6). У випадках, коли окремі значення фізичних показників не наводились у технічній інформації фірм-виробників, в розрахунках вони приймалися, що відповідають задовільним значенням.

Коефіцієнти функцій перетворення фізичних показників x_{ji} у безрозмірні допоміжні показники $у_{ji}$ були визначені на основі розв'язання систем

Таблиця 7. Параметри функції перетворення натуральних x_{ji} на допоміжні y_{ji} показники

j	Назва фізичного показника x_{ji}	Коефіцієнти функції перетворення			Граничні значення x_{ji} при визначенні допоміжних показників y_{ji}		
		a_0	a_1	a_2	Задовільно, $y_{ji}=0$	Добре, $y_{ji}=0,77$	Відмінно, $y_{ji}=1,53$
1	Кількість можливих варіантів основи, шт	-0.219	0.219	-	1	-	8
2	Мінімальна товщина шару, мм	1.836	-0.612	-	3	-	0.5
3	Максимальна допустима глибина локальних тріщин, мм	-0.27	0.09	-	3	-	20
4	Максимальний розмір частинок заповнювача, мм	1.821	-3.643	-	0.5	-	0.08
5	Міцність зчеплення з основою, МПа	-3.825	7.65	-	0.5	-	0.7
6	Міцність на стиск, МПа	-0.219	0.087	-	2.5	-	20
7	Паропроникивість, мг/(м ² ×год×Па)	-3.06	30.6	-	0.1	-	0.15
8	Моростійкість, циклів	-3.06	0.061	-	50	-	75
9	Термін придатності готової суміші, год	-0.75	1.481	0.04	0.5	1	4.5
10	Максимальна вологість повітря, %	-2.295	0.038	-	60	-	100
11	Тривалість витримування перед наступним загладжуванням, хв	1.836	-0.061	-	30	-	5
12	Тривалість витримування перед нанесенням наступного шару, год	1.67	-0.035	-	48	-	4
13	Тривалість витримування перед наступним шліфуванням, год	1.836	-0.077	-	24	-	4
14	Тривалість витримування перед нанесенням цементної шпаклівки, діб	3.06	-1.53	-	2	-	1
15	Тривалість витримування перед нанесенням гіпсової шпаклівки, діб	6.12	-0.219	-	28	-	21
16	Тривалість витримування перед нанесенням фарби, діб	1.785	-0.255	-	7	-	1
17	Тривалість витримування перед наклеюванням шпалер, діб	1.785	-0.255	-	7	-	1
18	Орієнтовна вартість СБС 1м ² поверхні, при товщині шару 1мм, грн	1.913	-0.008	-	250	-	50

рівнянь, при граничних значеннях функцій перетворення (1, 2), які становлять відповідно 0; 0,77; 1,53. Значення у граничних точках були прийняті згідно з вимогами нормативних документів [9], експертних оцінок та наявного досвіду застосування шпаклівок. В табл. 7 наведені отримані результати прийнятих граничних значень функцій перетворення у безрозмірні допоміжні показники y_{ji} та визначені коефіцієнти цих функцій.

Після виконання необхідних розрахунків були отримані комплексні показники ефективності застосування цементних та цементно-вапняних шпаклівок з СБС для вирівнювання поверхонь, які наведені у вигляді діаграми (рис. 1).

Результати аналізу виявили, що найбільш позитивні показники ефективності мають шпаклівки

ТТ (0,545) торгової марки Scanmix та СШп-431Екстра (0,536) і СШп-451 "Люкс" (0,500) торгової марки Polirem. Найнижчі показники ефективності мають шпаклівки ШБ-7 (0,283) та СТ225 (0,301) торгових марок Polimin та Ceresit.

Висновки

Отримані результати виявили значну варіативність у властивостях цементних та цементно-вапняних шпаклівок, що вимагає інколи застосовувати цілий комплекс матеріалів для вирівнювання поверхонь, що ускладнює технологію виконання робіт.

Запропонована методика визначення найбільш ефективної шпаклівки дозволить порівнювати різноманітні матеріали (і не тільки шпаклівки) в іншому масштабі, не відриваючи їх від технології застосування.

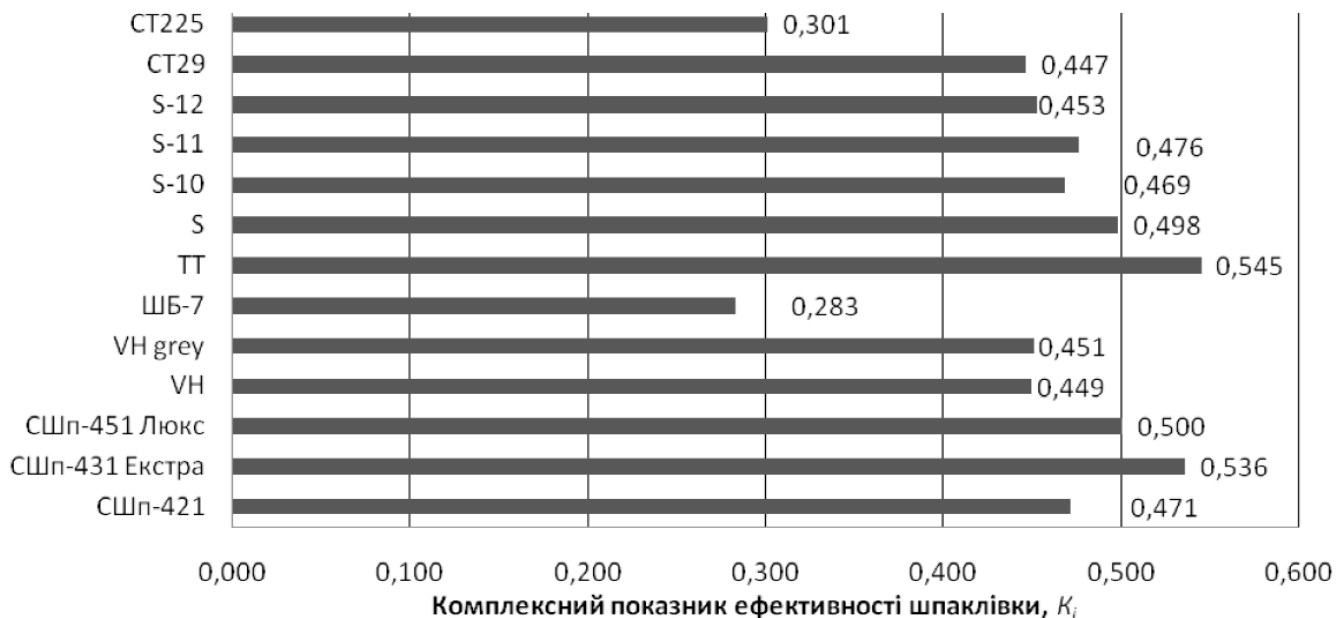


Рис. 1. Комплексні показники ефективності цементних та цементно-вапняних шпаклівок

ЛІТЕРАТУРА

1. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. — М.: Наука, 1976. — 280 с.
2. www.ceresit.ua — Сайт торговельної марки "Ceresit" компанії "Хенкель Баутехнік (Україна)".
3. www.siltek.kovalska.com/ua — Сайт торговельної марки "Siltek" компанії ПрАТ "Термінал-М" із групи компаній Промислово-будівельної групи "Ковальська".
4. www.polimin.ua — Сайт торговельної марки "Polimin" групи компаній "Фомальгаут".
5. www.weber-ve-tonit.ru — Сайт торговельної марки "Weber. Vetonit" компанії ТОВ "Сен-Гобен Струментальна Продукція Рус".
6. www.poliret.ua — Сайт торговельної марки "Poliret" компанії ТОВ "Полірем-Центр".
7. www.scanmix.ua — Сайт торговельної марки "Scanmix" компанії ТОВ "Сканмікс-Україна".
8. ДБН В.2.6-22-2001. Улаштування покриттів із застосуванням сухих будівельних сумішей: Конструкції будинків і споруд. — К.: Державний комітет будівництва, архітектури і житлової політики України, 2001 — 51с. — Чинний з 1.01.2002.

АННОТАЦІЯ

Проаналізовано технологію вирівнювання поверхностей цементними і цементно-известковими шпатлевками за критеріями: область використання шпатлевок, фізико-механічні і структурні властивості шпаклевоного шару, технологічні режими і параметри пристрою, вартість покриття. Визначені комплексні показники ефективності шпатлевок за методом Харрінгтона.

Ключові слова: цементні, цементно-известкові, шпатлевки, метод Харрінгтона, комплексний показник ефективності.

ANNOTATION

The technology of flattening of the surface by the cement and cement-lime puttyings is analyzed on criteria: the domain of the puttying's application, the physical-mechanical and structural properties of the puttying layer, the technological regimes and the parameters of arrangement, the cost of coverage. The complex indexes of efficiency of puttyings are established by the Harrington's method.

Keywords: cement, cement-lime, puttyings, the Harrington's method, the complex index of efficiency.