

АНАЛІЗ ТА СИНТЕЗ СТРУКТУРИ КОМПЛЕКСНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ОБЛИЦЮВАННЯ ФАСАДІВ

Організаційно-технологічні рішення з реставрації облицювання фасадів будинків являють собою комплексний складний процес і може задаватися структурою [1]. Досвід виконання подібних робіт вказує на те, що складовими комплексного процесу є технологічні процеси обстеження фасадів, підготовки к виконанню процесів, виробництва матеріалів і конструкцій, та реставрації облицювання. У формалізованому вигляді комплексний процес це множина складових:

$$OTP = \{O, B, П, TP\}, \quad (1)$$

де O – рішення з технології обстеження фасадів будинків; B – рішення з технології виробництва та доставки розчинів і керамічних виробів; $П$ – рішення з підготовки до виконання процесів на фасадах будинків. Основними з них є роботи з влаштування і переміщення риштувань та вантажопідіймальних механізмів; TP – рішення з технології відновлення облицювання фасадів будинків.

Варіанти OTP характеризуються взаємовідношеннями між складовими елементами і представлені наступними комбінаціями, які автор звів до чотирьох основних варіантів:

У першому варіанті організована роздільна технологія обстеження фасадів і сумісна технологія виробництва і реставрації. В цьому випадку двічі відбувається етап підготовки риштувань, що підвищує витрати і стає малоефективним, але в деяких випадках такі рішення мають місце і бувають ефективними.

У другому варіанті OTP передбачається сумісна організація процесів обстеження, виробництва і реставрації. Таке організаційне рішення можливе, коли наявність дефектів очевидна і без спеціального дослідження, що дозволяє почати разом обстеження і виробництво. Риштування та вантажопідіймальні механізми устанавлюють лише в одному циклі, і за рахунок цього досягається економічний ефект.

Третій варіант OTP передбачає до початку основних робіт виконання візуального обстеження фасадів будинків з землі або з простих і дешевих риштувань. Ретельне обстеження, виробництво і реставрація виконуються сумісно. Цей варіант дозволяє з високою точністю обгрунтувати і налагодити виробництво виробів з мінімальними витратами.

Четвертий варіант OTP по своїй суті такий як і третій, але організація усіх процесів відбувається на захватках (за захватки, як правило, приймаються смуги фасадів). Такий метод організації процесів віднесено до потокового і, на наш погляд, він відповідає раціональному рішення, до якого треба наближатися. Його переваги у найменшій тривалості всього технологічного циклу ремонтних робіт, у зниженні трудовитрат і собівартості.

Для остаточних висновків, що стосується ефективності тих чи інших OTP необхідно провести дослідження основних показників трудомісткості, тривалості і собівартості реставраційних робіт, і виявити що і яким чином на них впливає. Для цього по-перше потрібно було відібрати найважливіші фактори.

Розробка ефективної технології відновлення облицювання фасадів базується на вивченні механізмів зношення і пошкодження великорозмірних керамічних плит і фігурних елементів із кераміки, які відбулися при експлуатації будинків і споруд.

Для того, щоб виконати дослідження основних показників ремонтних технологій слід було розробити алгоритм формування структури OTP , а для цього – формалізувати технологічні рішення (TP) і фактори (D), які впливають на цей процес:

$$TP = \Psi(D). \quad (2)$$

Для формалізації взаємозв'язків між окремими елементами структури TP і D скористаємося теорію множин [2]. Припустимо, що технологічний процес TP це множина відокремлених технологічних процесів (p_i) нижчого рівня:

$$TP = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}. \tag{3}$$

Множина дефектів і пошкоджень, які впливають на формування структури TP , представлена формулою:

$$D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}, \tag{4}$$

де d_1, d_2, \dots, d_n – групи і підгрупи дефектів і пошкоджень.

Взаємозв'язок встановлюється відношенням R_{ij} між елементами цих двох множин і визначається декартовим множенням:

$$B = D \cdot TP = [(d_1, p_1), (d_2, p_2), \dots, (d_n, p_m)]. \tag{5}$$

Елементами нової множини (B) (варіанти рішень) є упорядковані пари елементів множин D і TP . Алгоритм цих відношень слід представити у вигляді логічної матриці (табл. 1).

Таблиця 1. Загальний вигляд логічної матриці відношень між TP і D

Дефекти D	Процеси TP			
	P_1	P_2	...	P_m
d_1	0	1	...	0
d_2	1	0	...	1
d_3	0	1	...	0
...
d_n	1	1	...	0

Для побудування матриці введена логічна змінна:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ коли } (d_i, p_j) \in R; \\ 0 - \text{ в іншому випадку} \end{cases}. \tag{6}$$

З цих позицій виконано аналіз і систематизацію дефектів керамічних великорозмірних плит фасадів багатопверхових будинків (табл. 2).

Таблиця 2. Елементи множини дефектів і пошкоджень облицювання фасадів будинків

Дефекти D		Дії при виконанні процесів	Частота появи, %
Групи d_i	Підгрупи d_{ij}		
Тріщини d_1	Ширина розкриття $\delta = 0.1-5 \text{ мм}$ d_{11}	Герметизація	7,75
Шви d_2	Ширина швів	$\delta=0.1-5 \text{ мм}$ d_{21}	Те саме
		$\delta=5-15 \text{ мм}$ d_{22}	Заповнення та розшивка
Порожнечі d_3	Глибина	$\delta=2-5 \text{ мм}$ d_{31}	Заповнення
		$\delta=5-30 \text{ мм}$ d_{32}	Те саме
Відшарування по плиті d_4	Обсяг пошкодження	$V_y < 5 \text{ см}^3$ d_{41}	Шпаклювання
		$V_y > 5 \text{ см}^3$ d_{42}	Штукатурка
Відрив плити d_5	Плоскої	d_{51}	Заміна
	Фігурної	d_{52}	Заміна
Кольорові зміни d_6	d_{61}	Фарбування, тонування	2,25

Визначено такі групи пошкоджень: тріщини; шви; пустоти; відшарування по плитам; відрив плит; зміна кольору та гігроскопічність плит і швів. Остання група не відноситься до серйозних дефектів, але як показав досвід, сучасні технології вкриття керамічних плит гідрофобізаторами доцільно застосувати при відновленні фасадів. Групи дефектів розділені на підгрупи з умов використання передбачених дій і технологічних процесів. Оцінювалися основні параметри пошкоджень. Для тріщин це ширина розкриття, яка з результатів обстеження облицювання становить 0,1-5 мм. і ці пошкодження з'являються у 7,75% випадків.

При ширині швів 0,1-5 мм потрібна герметизація як і для тріщин, а при ширині швів 5-15 мм – слід застосовувати заповнення іншими розчинами по іншій технології.

Дефекти швів це найбільш розповсюджене пошкодження і зустрічається у 31,15% випадках (такий високий відсоток визначено з урахуванням тих випадків, коли шви заповнюються при зміні плит та заповненні порожнин). Порожнини між плитами і муруванням при заміні плит частково заповнюються штукатуркою, а між штукатуркою і плитами заливаються або ін'єктуються рідкими розчинами. Ось чому при глибині від 2 до 5 мм їх слід заповнювати методом ін'єкції, а при глибині 5-30 мм вже потрібна заливка спеціальними розчинами. Частота з'явлення порожнин понад 12,28%.

Відшарування на плитах у вигляді відколов, раковин та отворів при невеликих обсягах пошкоджень (до 5 см³) шпаклюються або замащуються.

При відшаруванні плит в обсязі більш 5 см³ і при відшаруванні по усій поверхні слід використовувати тонкі штукатурки із спеціальних розчинів. На сьогодні тонкі штукатурки займають переважне місце серед інших видів опорядження фасадів будинків [3,4]. Заміна плити у вигляді штукатурки з наданням поверхні кольору існуючих плит будемо звати методом "імітації". Частота з'явлення таких дефектів на фасадах будинків дорівнює 8,59%.

Заміна плит, як і заповнення швів, зустрічається дуже часто у 36,98% випадках. На наш погляд, технології зміни плоских плит і фігурних керамічних елементів фасадів різняться між собою, тому і пошкодження віднесені до різних підгруп.

Зміна кольору плит і розчинів відбувається від дії різних факторів, тому як дефект включена у перелік множини D. Крім того, процес тонування потрібен при влаштуванні відновлених елементів фасадів, для того, щоб колір нових швів, плит і штукатурок не відрізнявся від кольору старих поверхонь. Частота з'явлення цих технологій не більш 2,25%.

Для виявлення структурних елементів множини TP виконано аналіз структур технологічних процесів, результат якого представлені в табл. 3. При цьому по-перше відібрані складні процеси і розподілені на операції, потім з цих операцій побудовано інші процеси. До складних відносяться процеси заміни керамічних плоских і фігурних плит.

Аналіз простих процесів і операцій дозволив встановити наступні технологічні рішення TP:

P1 – процес підготовки місць і поверхонь для виконання основних відновлювальних робіт. До складу цього процесу надходять операції з вилучення зруйнованих плит, старого непридатного розчину та з очистки місць на муруванні. До нього також відносяться операції з очистки швів, тріщин, отворів та інше;

P2 – процес свердління отворів у муруванні і плитах, установка і закріплення металевих анкерів, які потрібні для зачеплення металевої сітки, а також для фіксації і закріплення керамічних плит при улаштуванні. Як правило, анкерні стержні (дюбелі) фіксують в отворах за допомогою спеціальних полімер-розчинів [5, 6];

P3 – заповнення втрат штукатуркою в один, два, а іноді і в три шари (в три шари штукатурять, коли замість установлення нових плит виконується імітація плит розчином). При частковому відшаруванні плит також слід використовувати технологію імітації плит одношаровою тонкою штукатуркою на основі полімер-цементних паст [3,4]. Після вилучення пошкодженої плити для великорозмірних плит глибина простору до мурування дорівнює 50-80 мм. Тому для цього процесу надходить установлення металевої сітки. Для армування штукатурки передбачаються також тонкі неметалеві сітки, які слід клеїти до підготовлених поверхонь [7];

P4 – процес установлення і закріплення керамічних плит. При імітації цей процес не потрібен. На плитах свердляться отвори, у які установлюють і закріплюють пірони (штири). Ці пірони зв'язують плиту з сусідніми плитами, крім того пірони нержавіючим дротом зв'язують з металевою сіткою. Така технологія установлення характерна для великорозмірних плит з природного каменю [8]. Слід подумати над тимчасовим закріпленням плит для скорочення терміну виконання процесів;

P5; P6 – операції заповнення порожнин між плитами і старим розчином (для "бухтячи" плит, коли доцільно їх не відривати) і заповнення тріщин і швів. Процес виконується по двох варіантах методом ін'єкції (*P5*) та методом заливки (*P6*). Різниця між ними лише у розчині та у приладах для подачі розчину у порожнини. Процес може супроводжуватися свердлінням отворів у плитах з послідуною замазкою отворів;

P7; P8 – шпаклювання швів, раковин, відколів. Операції виконуються в залежності від обсягів порожнин. Коли втрати великі ($V_v > 5 \text{ см}^3$) застосовується операція (*P7*), а при малих втратах ($V_v \leq 5 \text{ см}^3$) – операція (*P8*);

P9 – операція нанесення ґрунтовки виконується коли передбачається фарбування або шпаклювання;

P10 – операція нанесення тонуального шару фарбами, мастикою, пастами тощо. Тонувальний шар фарб підбирається за кольором до плит фасаду і до кольору швів;

P11 – операція гідрофобізації поверхонь як відновлених ділянок, так і старих. Для цього слід використовувати спеціальні гідрофобізуючі розчини.

Отже в результаті аналізу складових технологічних процесів, які використовуються при відновленні облицювання фасадів великорозмірними плитами, встановлено, що усі технологічні процеси можна складати з простих процесів (*TP*) і операцій (*P*) (див. табл. 3) в залежності від властивостей дефектів (*D*).

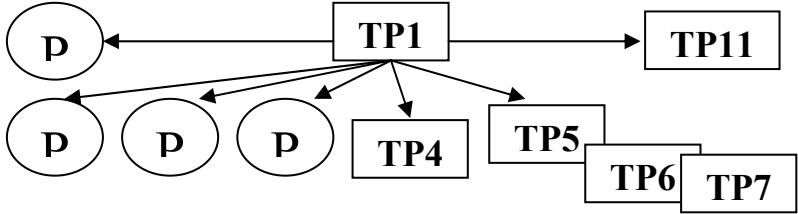
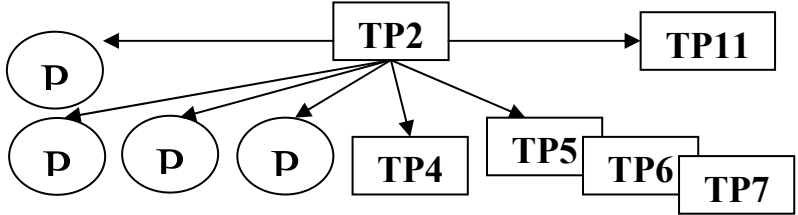
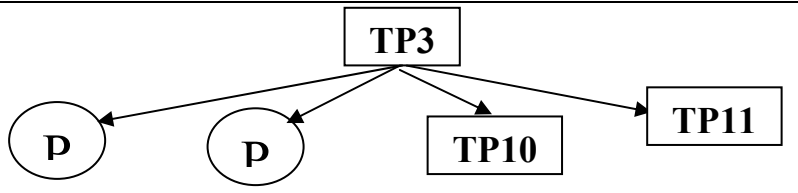
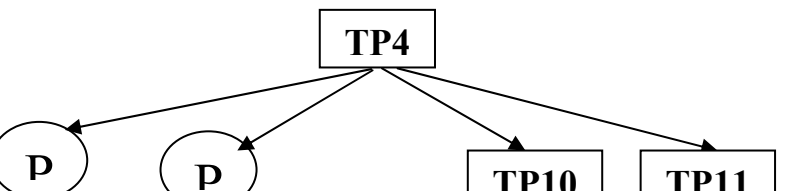
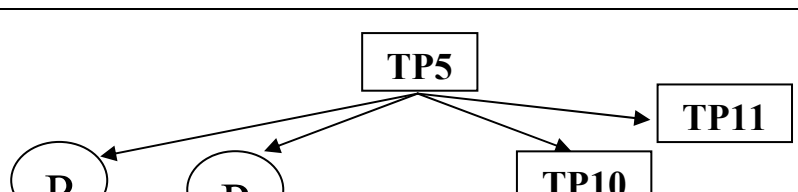
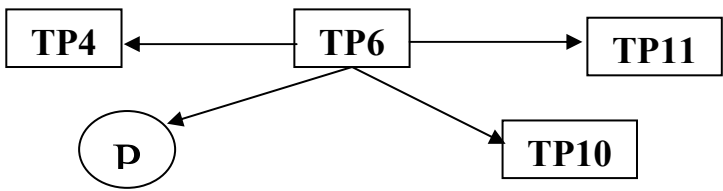
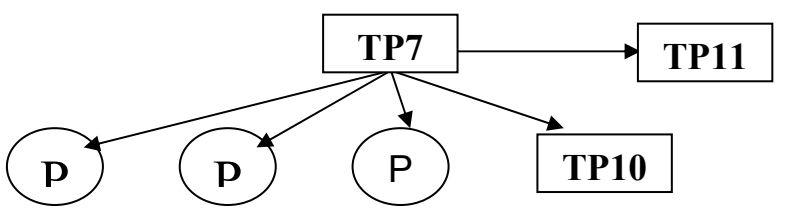
Базовими операціями для синтезу технологічних процесів є операції *P1, P2...Pm*. У нашому випадку їх одинадцять. Таке розподілення важливе для подальшого дослідження витрат при виконанні технологічних процесів. Цей метод у науці позначено як метод функціонального вартісного аналізу "(ФВА)" [9, 10].

Характер впливу факторів *D* на вибір технологічних рішень *TP* наведено в табл. 4. Слід відмітити, як і передбачалося, що найбільш складними і витратними технологіями є заміна плоских і фігурних керамічних плит (*TP1* і *TP2*), у яких присутні всі структурні елементи множини. Далі йде технологія заміни плит штукатуркою (імітація) і заповнення. Найпростішими технологіями за кількістю операцій і за трудовитратами є тонування й гідрофобізація поверхонь (*TP10; TP11*). Але тонування дуже відповідальна операція і потребує найвищої кваліфікації виконавців.

Практично у всіх випадках присутні технології тонування і гідрофобізації, що додатково ускладнює виконання комплексного технологічного процесу відновлення облицювання фасадів. В останні роки дуже інтенсивно розвиваються технології штукатурки і заповнення втрат облицювання розчинами, які відразу відповідають потрібному кольору. Закордонні фірми поставляють розчини з 6000 варіантами гама кольорів [8].

Як бачимо із табл. 3, однакові операції (*P_i*) присутні у різних технологічних рішеннях *TP1, TP2, ... TP11*, а із табл. 2 бачимо, що водночас на вертикальній смузі фронту робіт з частотою від 2,25 до 29,25% присутні практично усі дефекти d_{ij} . Ось чому слід розглянути комплекс технологічних процесів (ΣTP_i) з точки зору методів організації процесів тобто варіанти послідовного, паралельного і потокового методів виконання цих процесів (*TP*) і виявити межі раціональних організаційно-технологічних рішень.

Таблиця 3. Елементи множини технологічних процесів відновлювання облицювання фасадів будинків великорозмірними плитами

Варіанти технологічних процесів TP_i		Структурна схема процесу
Позначення	Назва	
1	2	
$TP1$	Заміна плоских плит на нові	
$TP2$	Заміна фігурних плит на нові	
$TP3$	Герметизація тріщин або швів	
$TP4$	Заповнення та розшивка швів	
$TP5$	Заповнення порожнин (ін'єкція)	
$TP6$	Заповнення порожнин заливкою	
$TP7$	Замазка та шпаклювання	

Продовження табл. 3

1	2	3
TP8	Штукатурка по плиті	
TP9	Штукатурка по муруванню "Імітація"	
TP10	Фарбування, Тонування	
TP11	Фарбування	

Таблиця 4. Логічна матриця формування технологічних рішень TP в залежності від чинників D

Дефекти ($D_{i,j}$)		Структурні елементи технологічних процесів, P_i										
групи, i	підгрупи, j	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
d1	d11	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1
d2	d21	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1
	d22	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1
d3	d31	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1
	d32	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1
d4	d41	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1
	d42	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1
d5	d51	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	d52	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
d6	d61	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
d7	d71	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

Для виконання операцій і процесів (P_i) потрібні різні розчини і штучні матеріали. Організувати виробництво розчинів чи скористатися існуючими це теж проблема, яку слід вирішувати. Заміна старих плит на нові потребує виробничої бази, яка для фігурних керамічних елементів відсутня. Для створення кустарного підприємства по виготовленню кераміки це теж проблема. Скористатися існуючими заводами, які випускають керамічні плити проблематично, оскільки для заміни потрібні плити 60-х років.

Метод "імітації" при сучасних технологіях сухих сумішів дозволяє відмовитись від самостійного виробництва керамічних плит, але для фігурних елементів він не підходить.

Практично у всіх операціях (P_i) використовуються розчини цементні чи полімерцементні, які потребують часу для отримання бажаних властивостей: міцності, твердіння, тужавлення чи інших. У сукупності всі ці очікування впливають на термін виконання комплексного процесу (ΣTP) відновлення облицювання, але для того щоб установити, як їх властивості впливають на технологічний процес ремонту треба ще додатково провести дослідження розчинів і визначити вплив засобів механізації.

Таким чином, аналіз та синтез структури комплексного технологічного процесу відновлення облицювання фасадів дозволив визначити фактори, які впливають на формування структури технологічних рішень. Для цього методами теорії множин формалізовані дефекти облицювання і елементи структури технологічних процесів, встановлені відношеннями двох множин, що дозволило розробити логічну матрицю вибору варіантів технологічних процесів в залежності від суті та впливу характеру пошкоджень. Крім того, обмежено перелік операцій і процесів, з яких методом синтезу складаються одинадцять технологічних рішень.

Встановлено, що всі технологічні рішення водночас присутні при відновленні облицювання фасадів, а це дуже ускладнює організацію процесів ремонту. Заміна старих плит на нові, а також використання різних розчинів потребує створення виробничої бази, без якої неможливо проведення ремонту великорозмірних плит фасаду, а для цього повинні бути розроблені технологічні і організаційні рішення по виготовленню і застосуванню складових декоративних розчинів і композицій для надійного з'єднання керамічних плит і фігурних елементів з поверхнею фасадів.

Список літератури:

1. Черненко В. К. Методы монтажа строительных конструкций. – К.: Будівельник, 1982. – 208 с.
2. Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. / Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 1979. – 400 с.
3. Громов Ю. Е. и др. Индустриальная отделка фасадов зданий. / Ю. Е. Громов, В. И. Леженков, Г. В. Северинова. – М.: Стройиздат, 1980. – 70 с.
4. Завражин Н. Н. и др. Производство отделочных работ в строительстве: Зарубежный опыт. / Н. Н. Завражин, Г. В. Северинова, Ю. Е. Громов. – М.: Стройиздат, 1987. – 310 с.
5. Нохріна Л. А. Технологія кріплення устаткування анкерними болтами на акрилових клеях. Автореф. дис. канд. техн. наук: 05 23 08. – Харків, ХДТУБА, - 2000. – 18 с.
6. Яворский В.Г. Монтаж строительных конструкций при реконструкции зданий. – К.: Будівельник, 1981. – 189 с.
7. Ghedini Sandqelbe Fassadenbekleidung fur Altban. – V: Dachdeckerhandwerk, 1977. – Vol. 98, - №16. – p. 1184-1186.
8. Малин В. И., Дамье-Вульфсон В. Н. Наружная и внутренняя облицовка зданий природным камнем. – М.: Высш. шк., 1991. – 304 с.
9. Шилов Е. Й., Гойко А. Ф. Измайлова Є. В., Гриценко О. С. Складання кошторисної документації за допомогою укрупнених показників / Навч. посібн. К.: КНУБА, 2001. – 127 с.
10. Шрейбер К. А. Вариантное проектирование при реконструкции жилых зданий. – М.: Стройиздат, 1991. – 284 с.