

УДК 528. 74:72

д.т.н., професор Катушков В.О.,  
Київський національний університет будівництва і архітектури,  
народний архітектор України Граужис О.О.,  
УкрНДІ Проектреставрація, м. Київ

## **ЗАСТОСУВАННЯ ПРИКЛАДНОЇ ФОТОГРАММЕТРІЇ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ УСПЕНЬСЬКОГО СОБОРУ КИЄВО-ПЕЧЕРСЬКОЇ ЛАВРИ.**

*Про можливість прикладної фотограмметрії при обробленні архівних знімків з невідомими елементами орієнтування, для визначення розмірів і висот Успенського собору Києво-Печерської лаври, знищеному в 1941 році. За роботами архітекторів - реставраторів та фотограмметристів в 2000 році собор відновлений.*

В закордонному періодичному видавництві зустрічаються матеріали о використанні фотограмметрії при збереженні пам'яток історії і культури [1,2]. На Українських Інтернет – сайтах так саме існує матеріал про реставрацію пам'яток архітектури, відновленню Успенського собору Києво – Печерської лаври і інших. Але в них іде мова про історичний моніторинг будівельної конструкції, без посилання на використання фотограмметрії. А без фотограмметричних методів казати про точність робіт в відновленні і реставрації не можливо. Тому показ вдалого використання методів прикладної фотограмметрії в збереженні архітектурно – історичних пам'яток є потрібною і необхідною метою.

У 1987 р. до кафедри геодезії та картографії Національного університету імені Т.Г. Шевченка надійшло замовлення від “ Українського науково–дослідного інституту проект реставрації “ вирішити розміри для відновлення та реставрації Успенського собору Києво–Печерської лаври. Під час Другої Світової війни собор був знищений майже повністю.

На фото 1–3 зображено архівні фотоматеріали собору отримані з різних ракурсів та в різні часи. Так перший знімок отримано з розташованої поряд дзвіниці до війни. Другий знімок відзнятий з землі після знищення собору в 1941 році. Частина собору, яка залишилася після знищення (фото 3), як і фото 1, перший автор статті зафіксував з дзвіниці в 1987. Таким образ частково-відреставрованого Успенського собору зберігався після війни протягом більш як 40 років.

Оброблення архівних знімків завжди є непростим і актуальним завданням. Але саме такі знімки дозволяють наблизитись до вирішення питання

щодо відтворення об'єктів, тому що ніякий інший матеріал не дає можливості побачити знищену інформацію.

Видно, що з семи башт залишилася тільки одна – південно-східна башта абсидної частини собору (див. фото 3).



Фото 1.



Фото 2.



Фото 3.

Існує дві версії знищення собору:

- підірваний 3.11.1941 р. під час Великої Вітчизняної війни. За матеріалами Нюрнберзького процесу підривання зробили німецькі окупаційні війська;
- підірваний радянськими підпільниками під керівництвом І. Д. Кудрі (для знищення командного складу німців, що захопили Київ або їх союзників).

Оскільки, офіційної версії знищення собору немає тому дослідникам-історикам потрібно ще з'ясувати цей факт.

Як би там не було, для рішення задачі відновлення треба було знайти координати характерних точок конструкції знищеної будови. За характерні точки приймалися кутові точки цоколя, відповідні їм точки на рівні карнизу і точки надкупольних яблук. Кожна з цих точок мала свій цифровий ідентифікатор. Положення точок визначалося в єдиній просторовій геодезичній системі координат.

Спочатку було проведено попередній пошук фотодокументів та креслень в архівах України. В архівах лаври знайшлися тільки схеми – малюнки в системі вимірювань, яка застосовувалася в дореволюційний період. Лінійні величини на них задавалися сажнями, аршинами, вершками. Причому оригіналів самих креслень знайти не вдалося, а існували тільки їх зменшені друкарські копії. Відомо, що за час існування (споруда відома з 1072 р.) вигляд собору змінювався кілька разів, а відновлення було заплановано за стилем, який існував на час знищення і зберігався більше двох століть (з 1729 до 1941 р.).

За основний матеріал було прийнято контактні копії старих різномасштабних, не метричних фотографій, які збереглися в архівах та у

реставраторів, які так само займалися пошуком потрібної інформації. Ракурси фотографій були з різних сторін собору, з вільним орієнтуванням головних променів різноформатних камер. Отримати стереозображення з таких знімків неможливо, тому вимірювання проводили монокулярно.

Для розв'язання завдання під керівництвом професора В. М. Сердюкова було складено універсальну фотограмметричну програму FOTOGM, яка дозволяла визначати невідомі елементи орієнтування, а за ними і просторові координати характерних та інших точок на конурах стін і башт собору [1]. Невідомі елементи орієнтування на кожному знімку поділяються на внутрішні та зовнішні. Внутрішніх елементів три ( $f, x_0, z_0$ ), зовнішніх – шість ( $X_s, Y_s, Z_s, \alpha, \omega, \kappa$ ). Отже разом було визначено дев'ять елементів орієнтування на кожний знімок.

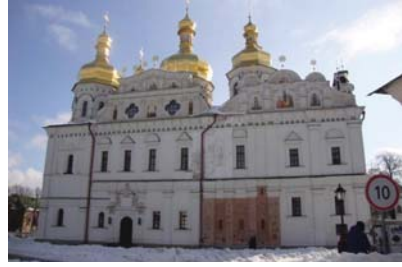
Для пошуку елементів орієнтування на архівних знімках та на довколишній місцевості було вибрано опорні точки (опознаки). Просторове положення кожного з них визначили з точок закріпленого геодезичного полігона методом багаторазової прямої кутової засічки з точністю 1-3 см. Точки полігона закоординували з точністю 1-3 мм та закріпили їх металевими дюбелями в асфальті. Зараз поверхня навколо собору вкрита цеглиною, яку поклали після його відновлення, отож старий геодезичний полігон не зберігся.

На кожен архівний знімок на місцевості потрібно було координувати не менше п'яти опознаків. Тобто на пару архівних знімків для більшої точності визначалося  $n \geq 5 - 15$  опознаків (5 опознаків при їх однаковості на обох знімках). Контроль при вирішенні лінійної матриці виконували за просторовими координатами в процесі вирішення зворотної фотограмметричної засічки для опознаків. Дані про опознаки з великими похибками визначення просторових координат (перевищували втричі точність визначення опознаків) виключалися з обробки. Точність визначення просторових координат характерних точок собору з різних базисів не перевищувала 3-4 см.

Довжина хреста центральної башти, визначеною фотограмметрично за архівними знімками при аналізі який робили реставратори, відрізнялася від металевого хреста, який зберігся, на 2 см. На фото 2 хрест з куполу підірваної башти лежить на землі біля башти, яка устояла після підриву. Така точність відповідала умовам реставраторів і обчислені розміри прийняли за основу в процесі проектування.

Згідно з указом другого Президента України в 1998 – 2000 роках Успенський собор Києво – Печерської лаври було відновлено. Проект реставрації розробила архітектурна майстерня інституту “УкрНДІ Проект Реставрація” під керівництвом народного архітектора України О. О. Граужиса.

Фундамент відновленого собору спирається на складну пальову систему, розроблену під керівництвом к.т.н. А. Є. Антонюка. Тепер собор має вигляд як на правих знімках (зображеннях фото 4, 5).



Абсидний бік собору спрямований на схід і зараз виглядає як на фото 6.

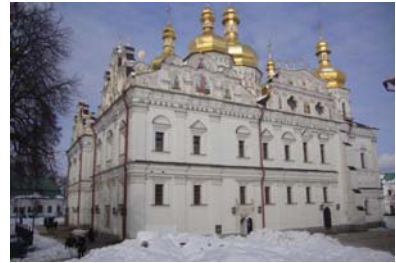


Фото 5. Південний простір собору до 1917 р., і відновлений у 2000 р.

Сучасні кольорові знімки отримані весною 2013 р. цифровою малоформатною камерою SONY класу "мільниця" з об'єктивом фірми "Carl Zeiss".

Зараз науково – дослідним колективом кафедри геоінформатики та фотограмметрії Київського національного університету будівництва і архітектури планується виконати роботи з визначення параметрів відновленого собору різними методами.

Матеріал статті дозволяє зробити висновок про достатню точність

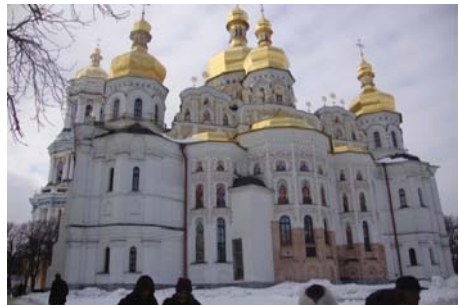


Фото 6. Східний простір собору.

визначення просторових координат за допомогою архівних знімків та про можливість застосування методів прикладної фотограмметрії для відтворення пам'яток культурної спадщини, які обов'язково треба зберегти для наступних поколінь. Цей приклад доводить необхідність виконання аналогічних робіт на інших архітектурно – історичних пам'ятках.

### **Література**

1. Monitoring and assessing structural damage in historic buildings. Armesto Julia, Arias Pedro, Roca Javier, Lorenzo Henrigue. Photogramm. Rec. 2008. 23. №121. - С. 36–50.
2. Building fasade interpretation from uncalibrated wide – baseline image sequences. Mayer Helmut, Reznik Sergiy. Photogramm. and Remote Sens. 2007.61. №6. - С. 371– 80.
3. Сердюков В.М. Опыт составления архитектурных чертежей по архивным снимкам/ В.М. Сердюков, Г.А. Патыченко, В.А. Катушков // Геодез. и картогр., вип. №9. – К.: 1985. – С. 38 - 41.

### **Анотація:**

Описано використання методів прикладної фотограмметрії при обробленні архівних знімків Успенського собору Києво-Печерської лаври. Вимірювання архівних знімків проведені монокулярним методом. Ітераційним методом обчислені елементи орієнтування архівних знімків. Побудовані малюнки зовнішніх стін та башт собору підірваного в 1941 році. Отримані матеріали дозволили скласти проект відновлення та реставрації собору. В 2000 році відновлення закінчене.

### **Annotation:**

Application of methods of the applied photogrammetry is described at treatment of the archived pictures of the Assumption cathedral of the Kiev Pechersk lavra. Measuring of the archived pictures is conducted by a monocular method. An iterative method is calculate the elements of orientation of pictures. The drafts of external walls and towers of cathedral gun-puffed are made in 1941. The got materials allowed to draw up a draft for renewal and restoration of cathedral. In 2000, the construction work was finished.

УДК 692.415:69.059.25

к.т.н., проф. Кожемяка С.В., Мазур В.А.,

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТИ РАЦИОНАЛЬНОГО РЕМОНТА КРОВЕЛЬ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

*Представлены многофакторные модели, оценивающие влияние уровня дефектов на технико-экономические показатели ремонта исследуемых кровель. Определены области рационального применения разных технологий в зависимости от уровня дефектов и повреждений кровли.*

**Ключевые слова:** *уровень дефектов и повреждений, модели стоимости и трудоемкости ремонта, уравнение регрессии, область рационального ремонта.*

**Актуальность темы.** Проблема поиска оптимальных методов ремонта кровель и устройства новых покрытий в последние годы приобрела особую актуальность, так как возраст большинства промышленных зданий и, соответственно, кровель достиг 40 лет и более, а их износ превысил 70–80 %. В общем объеме работ по устройству и ремонту кровель доля покрытий с использованием мягких кровельных материалов составляет около 60%, а в покрытиях промышленных зданий и сооружений - 90% [3]. Текущий ремонт кровель, выполненных из полимерно-битумных мембран и мастик, проводящийся ежегодно путем устройства заплат или нанесением дополнительного слоя рубероида или мастичного материала, является малоэффективным, потому что устраняет дефекты и повреждения, а не причины, приводящие к их появлению.

От выбора метода ремонта напрямую зависят последующие расходы на поддержание кровли в исправном состоянии, которые могут многократно превысить затраты на ее первоначальный ремонт или устройство.

Важность этого направления также обуславливается тем, что, как оказывает анализ литературных источников, в настоящее время объем ремонтных работ многократно превышает объем строящихся.

**Цель и задачи исследований:** создание методики выбора эффективных технологических решений ремонта кровель в условиях реконструкции промышленных зданий.

**Материал исследований.** Обследования кровель промышленных зданий и сооружений в Донецкой и Луганской областях показали, что традиционно применялись, в основном, два вида кровельных покрытий: многослойные кровельные ковры из полимерно-битумных материалов (рубероидов) и

мастичные армированные и неармированные кровли. Эти кровельные покрытия не отличаются высокой долговечностью – усредненный срок их службы в соответствии с ДБН В.2.6-14-97 [1] составляет всего 3 года. Производители полимерно-битумных рубероидов дают на свои материалы гарантию до 15 лет при условии соблюдения рекомендуемых технологий монтажа. Для мастик максимальный срок службы гарантируется производителям материалов 3 года. Фактически, проблемы, связанные с массовым протеканием, вздутиями, морщинами на поверхности кровельного ковра, отрывами полотнищ в местах примыканий, поверхностными и сквозными трещинами и полным послойным разрушением кровельного пирога появлялись, как правило, уже после первого года эксплуатации. В последнее время для ремонта кровель промышленных зданий применялась ПВХ - или ТПО-мембрана. Ввиду новизны продукта и слабой организованности операторов рынка в Украине отсутствует соответствующая законодательная база, регламентирующая применение полимерных мембран. Поставщики и строители, осуществляя монтажные работы, руководствуются стандартами США, Германии или Чехии. Поэтому уже сейчас на этих кровлях проявляются практически те же дефекты, что и на традиционных кровлях.

Рассматривались следующие наиболее распространенные варианты кровель холодные и утепленные плитным базальтовым утеплителем:

- кровля, выполненная из наплавляемого рубероида по цементно-песчаной стяжке,
- наливная армированная мастичная кровля по цементно-песчаной стяжке,
- кровля, выполненная из рубероида, приклеенного на мастике по цементно-песчаной стяжке,
- кровля, выполненная из ПВХ – мембраны непосредственно по утеплителю.

Для каждой кровли были определены вероятные сочетания дефектов и повреждений [4], а также методы ремонта. Вследствие того, что количество совершенно разнородных ситуаций (сочетаний дефектов и повреждений) при ремонте кровель весьма велико, получить исходные данные для разработки методов такой оценки на основании результатов только физического эксперимента не представляется возможным. Поэтому экспериментальные исследования с применением методов планирования и анализа эксперимента является наиболее эффективным методом получения математической (формализованной) модели сложного процесса.



Как показал анализ реализованных и проектируемых проектов промышленных зданий и сооружений, площади плоских кровель изменяются в диапазоне от 20м<sup>2</sup> до 10000м<sup>2</sup> и более.

В дальнейших расчетах принята кровля площадью 10000м<sup>2</sup>.

Для определения влияния дефектов и повреждений на выбор технологии ремонта кровли необходимо определить уровень дефектов – комплексный критерий, количественно учитывающий вероятность появления дефектов и повреждений, а также их сочетаний на разных типах кровли. Диапазон задаваемого измерения уровня дефектов принят от 1% до 60% от площади кровли согласно рекомендаций СОУ ЖКГ 75.11-35077234.0015:2009 «Правила определения физического износа жилых зданий».

Для описания эксперимента принят план полного факторного эксперимента  $N=2^n$ , где  $n$  – количество основных дефектов, имеющих разные способы ремонта, которые влияют на сметную стоимость и трудоемкость ремонтных работ. В результате получены многофакторные модели, отражающие влияние сочетаний дефектов на технико-экономические показатели ремонта кровель.

Модель применима для варианта, в котором уровень дефектов и повреждений:

$$y_{\text{деф}}^i \leq \frac{60\% \cdot S_{\text{кровли}}}{n} \quad (1)$$

Где  $y_{\text{деф}}^i$  - уровень  $i$ -го дефекта, м<sup>2</sup>,

$S_{\text{кровли}} = 10000\text{м}^2$  - площадь кровли,

$n$  – количество основных дефектов для разных видов кровель.

Сочетания дефектов и полученные данные в виде уравнений множественной регрессии приведены в таблице 1.

На основании полученных уравнений множественной регрессии и определенных коэффициентов влияния для заданного условия построены графики, отражающие область рационального ремонта для исследованных кровель.

Полученная на рисунке 1 область показывает, что рациональным ремонтом для неутепленной кровли, выполненной из наплавляемого рубероида по цементно-песчаной стяжке, в отличие от рекомендуемого, будет ремонт, при уровне дефектов и повреждений не более 53% от всей площади кровли.

Аналогичные графики для заданного уровня дефектов были построены для всех исследуемых типов кровель.



Таблица 1. Многофакторные модели стоимости и трудоемкости ремонтных кровельных работ

№	Вид кровли	Дефекты и повреждения	Уравнение множественной регрессии	Значимость
<b>Кровли неутепленные, уровень дефектов <math>25 \text{ м}^2 \leq x_1</math>, <math>x_2</math>, <math>x_3</math>, <math>x_4 \leq 1500 \text{ м}^2</math></b>				
1	Кровля, выполненная из наплавленного рубероида	$x_1$ - нарушения уклонов $x_2$ - механические повреждения и вздутия, $x_3$ - отрыв и частичное отсутствие, рубероида, $x_4$ - трещины и отсутствие защитного слоя	Для сметной стоимости $y = 89,58x_1 + 28,12x_2 + 32,48x_3 + 12,07x_4 + 4,41$  Для трудоемкости $y = 2,26x_1 + 0,40x_2 + 0,57x_3 + 0,29x_4 + 1,42$	$R^2 = 0,99$ Значимость $F = 9,02E-45$ <0,05  $R^2 = 0,99$ Значимость $F = 2,92E-41$ <0,05
2	Кровля, выполненная из рубероида, приклеенного на мастике	$x_1$ - нарушения уклонов. $x_2$ - механические повреждения и вздутия, $x_3$ - отрыв и частичное отсутствие, рубероида, $x_4$ - трещины и отсутствие защитного слоя	Для сметной стоимости $y = 71,26x_1 + 21,32x_2 + 24,87x_3 + 12,18x_4 + 0,89$  Для трудоемкости $y = 2,05x_1 + 0,51x_2 + 0,40x_3 + 0,29x_4 + 0,01$	$R^2 = 0,99$ Значимость $F = 1,44E-487$ <0,05  $R^2 = 0,99$ Значимость $F = 3,04E-41$ <0,05
<b>Кровли неутепленные, уровень дефектов <math>33 \text{ м}^2 \leq x_1</math>, <math>x_2</math>, <math>x_3 \leq 2000 \text{ м}^2</math></b>				
3	Мастичная армированная кровля	$x_1$ - отслоения, вздутия мастичного слоя, $x_2$ - намокание и разрушение стяжки. $x_3$ - трещины, пробои, разрывы, оплывания, неодинаковый слой	Для сметной стоимости $y = 173,00x_1 + 120,29x_2 + 15,13x_3 + 0,89$  Для трудоемкости $y = 2,55x_1 + 2,39x_2 + 0,19x_3 + 0,39$	$R^2 = 1$ Значимость $F = 3,93E-24$ <0,05  $R^2 = 0,99$ Значимость $F = 5,22E-17$ <0,05

Кровли утепленные, уровень дефектов $25 \text{ м}^2 \leq x_1, x_2, x_3, x_4 \leq 1500 \text{ м}^2$	
4	<p>Кровля, выполненная из наплавляемого рубероида утепленная плитным утеплителем</p> <p>Кровли утепленные, уровень дефектов <math>25 \text{ м}^2 \leq x_1, x_2, x_3, x_4 \leq 1500 \text{ м}^2</math></p> <p>Для сметной стоимости  <math>y = 86,222x_1 + 29,24x_2 + 33,57x_3 + 280,3x_4 - 1657,00</math></p> <p>Для трудоемкости  <math>y = 2,10x_1 + 0,559x_2 + 0,415x_3 + 3,105x_4 + 197,10</math></p>
5	<p>Мастичная армированная кровля</p> <p>Кровли утепленные, уровень дефектов <math>25 \text{ м}^2 \leq x_1, x_2, x_3, x_4 \leq 1500 \text{ м}^2</math></p> <p>Для сметной стоимости  <math>y = 173,01x_1 + 120,29x_2 + 15,13x_3 + 336,44x_4 + 1,15</math></p> <p>Для трудоемкости  <math>y = 2,55x_1 + 2,39x_2 + 0,19x_3 + 4,25x_4 + 1,99</math></p>
6	<p>Кровля, выполненная из ПВХ – мембраны с механическим креплением к основанию</p> <p>Кровли утепленные, уровень дефектов <math>25 \text{ м}^2 \leq x_1, x_2, x_3, x_4 \leq 1500 \text{ м}^2</math></p> <p>Для сметной стоимости  <math>y = 101,75x_1 + 1,81x_2 + 325,32x_3 + 103,23x_4 - 2,48</math></p> <p>Для трудоемкости  <math>y = 0,33x_1 + 0,08x_2 + 2,32x_3 + 0,40x_4 + 0,21</math></p>

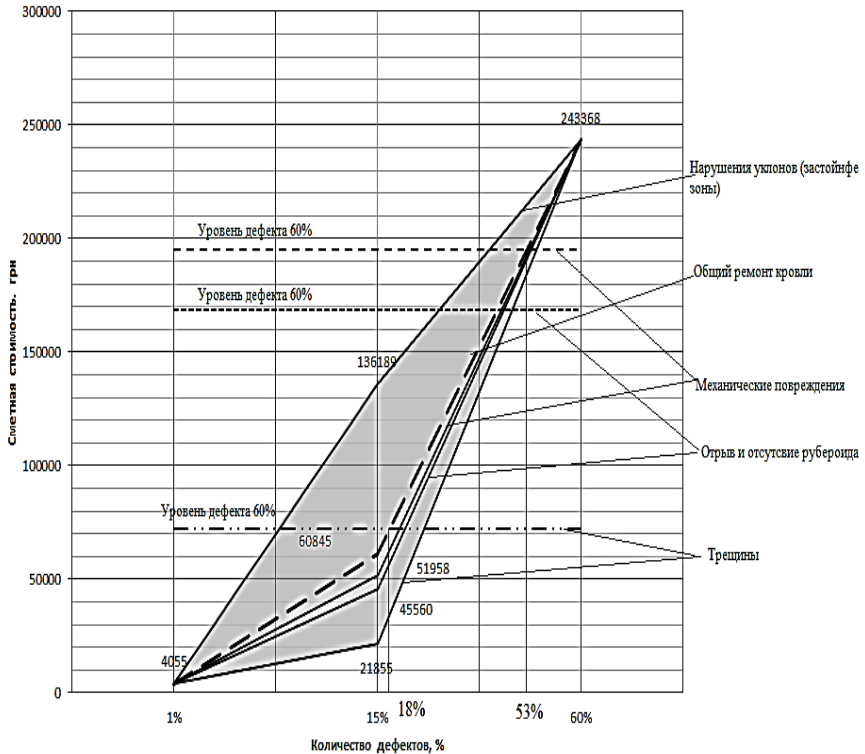


Рис. 1 - Области рационального ремонта для холодной кровли, выполненной из наплавляемого рубероида по цементно-песчаной стяжке.

**Выводы.** Предлагаемая методика позволяет обоснованно принимать решения по ремонту кровель с учетом влияния уровня дефектов на ТЭП ремонта кровли. Но необходимо отметить, что при расчете принимался равный максимальный уровень каждого дефекта. На практике диапазон изменения уровня дефектов значительно разнится. Поэтому необходимо уточнить методику определения влияния уровня дефектов и повреждений на выбор технологии ремонта кровель с учетом совершенно разнородных ситуаций для их сочетаний.

### Список использованной литературы.

1. Конструкции зданий и сооружений. Покрытия зданий и сооружений. [Текст]: ДБН В.2.6-14-97 Том 1,2,3. – Введен в действие с 01.01.2000р. К.: Госкомградостроительства Украины, 1998. – 109с. – Государственные строительные нормы Украины (Государственные строительные нормы).

2. Правила определения физического износа жилых зданий [Текст]: СОУ ЖКХ 75.11-35077234.0015:2009 – Введен в действие 04.05.2009

3. Клопунов И.С. Организационно-технологические основы повышения эффективности устройства мягких кровельных покрытий – Диссертация на соискание ученой степени к.т.н.:05.23.08 [Текст]/-Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия. – Омск. 2000.- 184с.

4. Кожемяка С.В., Мазур В.А Влияние дефектов кровель промышленных зданий на технико-экономические показатели их ремонта. Технология, организация, механизация и геодезическое обеспечение строительства. [Текст]/ С.В.Кожемяка, В.А.Мазур/ - Вестник Донбасской Национальной Академии строительства и архитектуры. Выпуск 2012-5(85) с. (Строительство) - ISSN 18-14-3296.

### **Анотація**

У статті наведені багатофакторні моделі, що оцінюють вплив рівня дефектів на техніко-економічні показники ремонту досліджуваних покрівель. Визначено області раціонального застосування різних технологій в залежності від рівня дефектів у пошкодженнь покрівлі.

**Ключові слова:** рівень дефектів та пошкодженнь, моделі вартості і трудомісткості ремонту, рівняння регресії, область раціонального ремонту.

### **Annotation**

The paper presents the multi-factor models that assess the effect of defects level on the technical and economic parameters of the investigated repair roofs. The rational use of different technologies are defined depending on the level of defects and damage to the roof.

**Keywords:** level of defects and damages, the cost model and the complexity of repair, the regression equation, area efficient repair.