

УДК 69.024.001.5: 725.4.699.841

**ДОСЛІДЖЕННЯ І ПОСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ
ПОКРИТТЯ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ МЕБЛЕВОЇ ФАБРИКИ**

**RESEARCH AND STRENGTHENING OF REINFORCED CONCRETE
SLABS OF IVANO-FRANKIVSK FURNITURE FACTORY**

Лучко Й.Й., д.т.н., професор, ORCID 0000-0002-3675-0503 (Львівський національний університет природокористування); **Парнета Б.З.**, к.т.н., доцент, ORCID 0000-0002-2696-2449 (Національний університет «Львівська політехніка», м.Львів).

Luchko Josyp, doctor of technical sciences, professor, ORCID 0000-0002-3675-0503 (Lviv National University of Nature Management); **Parneta Bohdan**, candidate of technical sciences, senior lecturer, ORCID 0000-0002-2696-2449 (Lviv Polytechnic National University, Lviv).

У даній роботі представлено результати обстежень і досліджень залізобетонних плит покриття будівлі тривалої експлуатації та відзначено їх актуальність. Наведено аналіз останніх досліджень і публікацій. Приведено результати натурних досліджень конструкцій покриття та представлено розрахунок конструкції посилення плит покриття приміщення сушильного цеху Івано-Франківської меблевої фабрики. На підставі розрахунків та аналізу обстежень сформульовані рекомендації та наведено технологію посилення плит покриття.

This paper presents the results of inspections and studies of reinforced concrete slabs of a longterm exploitation building. An analysis of recent studies and publications is provided. General information and design solutions of the surveyed longtermexploitation structure are presented. Experimental investigation srevealed a number of defects in two slabs of the cooling room of the drying workshop. In particular, increased temperature and humidity contributed to the corrosion of reinforcement and carbonation of concrete. The reinforcement of the two panels was completely corroded and exposed. In addition, the appearance of normal cracks was detected in these panels. It was noted that beneath the layer of mold, there may be micro and macro cracks in other panels.The results of experimental research and proposals for restoring the operational properties of the slabs in the cooling room of the Ivano-Frankivsk Furniture Factory are also presented. The calculation of the beam for strengthening the slabs, the thermal calculation of the covering over the drying workshop, and the thermal indicators of the building materials of the covering are provided. The thermal inertia, heat resistance of the covering, and condensation of moisture on the inner surface

of the roof were also determined. The calculation of structure for strengthening the slabs of the cooling room of the drying work shop is presented. Based on the calculations and analysis of the experimental surveys, recommendations and technology for strengthening the slabs are formulated. The scientific novelty and practical significance, in particular, the extension of the service life of the drying workshop building, are noted. Practical conclusions regarding the restoration of the load-bearing capacity of the roof of the drying workshop are formulated.

Ключові слова. Плита, покриття, технологія, посилення, корозія, бетон, арматура, несуча здатність, анкерування, тріщина, температура, вологість. Slab, covering, technology, strengthening, corrosion, concrete, reinforcement, load-bearing capacity, anchoring, crack, temperature, humidity.

Вступ. Проблема та актуальність. На сьогоднішній день сучасні будівлі і споруди відіграють найважливішу роль суспільства будь-якої країни і суттєво впливають на життя людей. Кількість і якість сучасних зведених будівель і споруд є об'єктивним показником розвитку економіки цивілізованих держав, її науки, культури, виробництва та добробуту народу. Кожна будівля і споруда повинна відповідати певним експлуатаційним властивостям, які повинні зберігатися протягом всього терміну служби, завдяки технічно-правильній експлуатації. Важливість цієї проблеми пов'язана насамперед із технічним станом виробничих будівель і споруд та інженерних систем, які здебільшого були зведені у 70-90 роках і сьогодні перебувають у переважно задовільному технічному стані. Однак, частина із них внаслідок фізичного зношення стали непридатними, а в окремих випадках, потенційно небезпечними для подальшої їх експлуатації. Також наявність достатньо значної кількості будівель і споруд, будівництво яких було зупинено у 80-х роках, зокрема, з причин фінансування та зміни виробничих технологій, ставить на перший план проблему дослідження залишкового ресурсу несучої здатності їх конструкцій та можливого їх перепрофілювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основою надійності і довговічності експлуатації будівель і споруд є попередження фізичного зношення, а також усунення дефектів і пошкоджень, які виникають при експлуатації, що досягається застосуванням системи обстежень та планово запобіжними ремонтами. Критичний аналіз науково-технічних джерел [1–10] дає підставу стверджувати, що в останні три десятиріччя сформувався і дістав розвиток науковий напрямок досліджень конструкцій будівель і споруд тривалої експлуатації, які зазнають агресивної дії повітряного, ґрунтового і водного середовищ.

Розглянемо деякі із них: у роботах [1, 2] описано технічну експлуатацію і реконструкцію та основи організації технічної експлуатації. Зокрема, у роботі [1] викладено основи організації технічної експлуатації будівель і споруд, розглянуто питання реконструкції міської забудови і найбільш доцільні

рішення щодо реконструкції. Також описана модернізація будівель із врахуванням їх об'ємно-планувальних рішень та конструктивних особливостей і технічного стану. Наведено рекомендації з ремонту та підсилення конструктивних елементів з використанням сучасних матеріалів і технологій. А у роботі [2] викладено основи організації технічної експлуатації будівель та інженерних споруд. Наведено перспективи та особливості технічної експлуатації та доцільність рішень по її організації.

У роботі [3] ґрунтовно висвітлені питання обстеження, реконструкція будівель та споруд і посилення їх конструктивних елементів. Розглянуто практичні підходи до реконструкції та забудови різного призначення, що враховують реальний технічний стан, а також результати техніко-економічної доцільності переорієнтації (перепрофілювання).

Зокрема, у роботі [4] на підставі результатів технічного обстеження виробничих і цивільних об'єктів узагальнено характерні ознаки і властивості деградації залізобетонних конструкцій. В процесі обстеження виявлені значні пошкодження і дефекти, які пов'язані із тривалою експлуатацією у повітряному середовищі, помилки, недоліки та дефекти, які були допущені при проектуванні і зведенні вказаних об'єктів. Це залізобетонні конструкції обертових печей цементного заводу у м. Миколаєві, корозійне руйнування естакади придністровської ГЕС і руйнування конструкцій заводу «Три бетони» у м. Стрий, руйнування конструкцій паркінгу гірськолижного курорту «Буковель» та руйнування залізобетонних конструкцій басейну готелю «Прикарпаття» у м. Трускавець і на багатьох об'єктах (більше 40), на яких автори досліджували деградацію залізобетонних конструкцій. На основі цих досліджень були встановлені основні помилки, допущені на стадії проектування, дефекти і недоліки будівництва та недоліки тривалої експлуатації будівель і споруд. Також запропоновано сучасні технології і матеріали для ремонтно-відновлюваних робіт.

У роботі [5] наведено результати роботи мостів, які були збудовані в Україні після повеней 1998-2001 рр.. Розглянуто реальні ситуації на прикладах залізобетонного балкового мосту через р. Тиса у м. Хуст, монолітного рамно-консольного мосту побудованого у 2000 р.. Наведено фрагмент карти проїзної частини цього мосту, на якій показано дефекти – тріщини, які з'явилися менш ніж через два роки експлуатації. Також обстеженнями встановлено великий розкид міцності бетону при зведенні проїзної частини мосту і виявлено, що між деякими прогонами немає проектного зазору між торцями балок, що може суттєво вплинути на напружено-деформований стан конструкцій.

Було також обстежено шість сталезалізобетонних мостів, побудованих після повені 1998 р. у Кобелецькій та Косівській громадах із різних (11,8 і 23,6 м) прогонів. На рисунках показано проїзні частини мостів у період будівництва та їх випробування на статичні і динамічні навантаження. Потрібно зазначити кращий стан цих сталезалізобетонних мостів, збудованих у 2000 р., ніж у згаданих раніше, але і у них зафіксовано тріщини.

Якщо наведені приклади свідчать про неякісне виконання робіт у період будівництва мостів, то в елементах конструкцій мостів тривалої експлуатації маємо природну деградацію фізико-механічних властивостей матеріалу. Ці дані підтверджуються на прикладі обстеження шляхопроводу в м. Мукачево, який експлуатується 30 років. Представлено схему зниження ресурсу споруди (мосту). Отже, в цій роботі встановлені помилки проектування, дефекти і недоліки будівництва залізобетонних (сталезалізобетонних) мостів і шляхопроводів тривалої експлуатації.

У роботі [6] на основі виконаних натурних досліджень сформульовано проблеми деградації бетонних і залізобетонних конструкцій будівель і споруд тривалої експлуатації та відзначено її актуальність. Проаналізовано авторами низку робіт із вказаної проблеми. Зокрема, описано результати технічної діагностики багатьох будівель і споруд, як новозбудованих так і тривалої експлуатації. Відзначено необхідність періодичного проведення технічної діагностики для виявлення помилок на стадії проектування, дефектів та недоліків будівництва та недоліків експлуатації будівель і споруд. Також, використовуючи сучасні технології та матеріали, автори визначили переваги застосування їх для ремонтно-відновлювальних робіт бетонних і залізобетонних конструкцій на ряді об'єктів тривалої експлуатації.

Мета. Метою роботи є, на підставі обстежень та експериментально-теоретичних досліджень несучої здатності плит покриття, відновлення загальної міцності покриття, продовження його експлуатаційної довговічності та нагромадження даних посилення залізобетонних плит покриття.

Виклад основного матеріалу дослідження. Загальні відомості. Дослідження і посилення залізобетонних конструкцій при будівництві та тривалій експлуатації будівель і споруд. Робота виконувалась на замовлення Івано-Франківської меблевої фабрики, лист №29-1733 від 14 жовтня 1982 р. Згідно листа необхідно було провести обстеження конструкцій покриття остигаючого приміщення сушильного цеху меблевої фабрики. У зв'язку із значним зниженням несучої здатності деяких плит покриття, викликаних довготривалою експлуатацією у несприятливих температурно-вологісних умовах необхідно було дати рекомендації з посилення конструкцій покриття.

Конструктивне рішення. Сушильний цех меблевої фабрики розташований у одноповерховій будівлі і складається із шести сушильних камер, траверсних шляхів і остигаючого відділення. Каркас будівлі виконано із збірного залізобетону: колони серії КЕ-01-49 перерізом 400x400 мм, односкатні балки покриття прогоном 6 і 12м, відповідно БЗ-6 і БЗП-12-3, плити покриття 1,5x6м і ПКЗ-3. Решта даних про стіни, покрівлю і систему вентиляції, експлуатацію сушильного цеху з1955р та температурний режим описано у роботі [7]. На момент обстеження температура повітря під покриттям була 30-36°C. Повітря підвищеної вологості концентрувалося

вздовж зовнішніх стін та під покриттям в результаті чого, стеля і покрівля були постійно мокрими. У день обстеження (10 листопада 1982р) температура повітря у м.Івано-Франківську була більше 10°C, а температура і вологість повітря у робочій зоні були близькими до нормальних.

Натурними дослідженнями конструкцій покриття остигаючого приміщення сушильного цеха меблевої фабрики встановлено:

1.Залізобетонні плити і балки покриття над траверсними шляхами остигаючого відділення покриті шаром плісняви товщиною до 3 мм, темного кольору, що утворився від пилуки, конденсату і пофарбування.

2. Постійна підвищена температура і вологість сприяли розвитку процесу корозії арматури і бетону. У покритті над траверсними шляхами, внаслідок найнесприятливіших умов, робоча арматура двох плит ПКЗ повністю прокородувала і оголена. Ці плити знаходяться у аварійному стані і потребують невідкладного посилення або заміни.

3. При візуальному огляді не виявлено видимих руйнувань у плитах і балках покриття. Ймовірно, за шаром плісняви можуть відкриватися тріщини.

4. Покриття над сушильними камерами знаходиться у кращому стані.

Розрахунок конструкції посилення плит покриття остигаючого приміщення сушильного цеху. Визначення навантаження та зусиль, які діють на ребро плити покриття, теплотехнічний розрахунок покриття над сушильним цехом і теплотехнічні показники будівельних матеріалів і конструкцій покриття, теплова інерція покриття і необхідний опір теплопередачі покриття та розрахунок конденсації вологи на внутрішній поверхні покрівлі. Також, розрахунок перерізу балки для підсилення аварійних плит ПКЗ наведено у роботі [7]. На рисунку 1 наведено конструкцію балки посилення плит покриття.

На підставі досліджень і розрахунків відповідних показників можна сформулювати наступні пропозиції та рекомендації:

1. Детальне обстеження конструкцій над сушильними цехами обмежено доступне, тому що, плити ПКЗ і балки БЗ-6 і БЗП-12 покриті суцільним шаром пилу. При візуальному натурному обстеженні стан конструкцій покриття видимих деформацій, тріщин і руйнувань не виявлено, за виключенням двох плит ПКЗ, які є аварійними.

2. Ці дві плити, постійно піддавалися впливу підвищених температур і вологості, в результаті чого і почався активний процес корозії робочої арматури і бетону (відшарування захисного шару). У момент обстеження робоча арматура повністю скородувала, а поздовжні ребра зруйновані.

3. На підставі обстежень і розрахунків було розроблено проект посилення двох плит покриття ПКЗ [7].

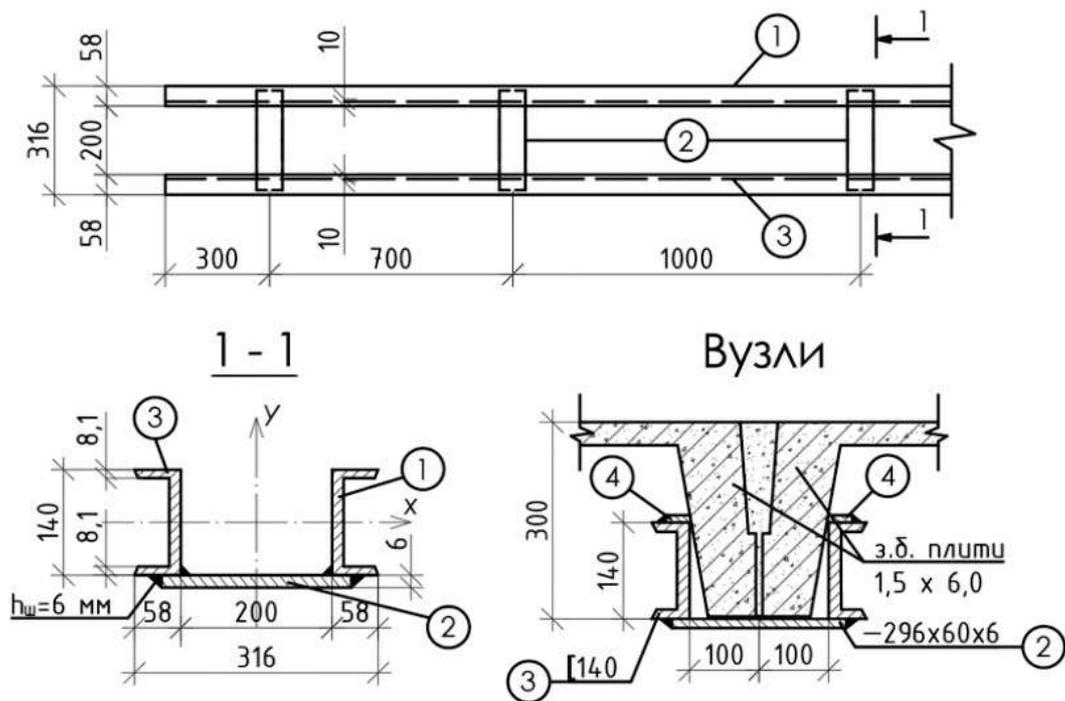


Рис.1. Конструкція балки з вузлами посилення плит покриття.
Позначення: 1, 3 – швелер; 2, 4 – пластина

4. Немає гарантій в тому, що процес корозії арматури не розпочався і в інших плитах покриття. Небезпека корозії арматури збільшується у зв'язку з тим, що балки покриття БЗП-12 армовані попередньо-напруженим високоміцним дротом 5 мм та призначені для влаштування покриття будівель із сухим і нормальним температурно-вологісним режимом.

5. Несприятливий температурно-вологісний режим у приміщенні сушильного цеху будівлі утворюється в результаті недостатньої ефективності системи вентиляції, а також дефектами у конструкції покрівлі через відсутність пароізоляції, та зменшення товщини шару теплоізоляції [7].

6. Розрахунок конденсації вологи на внутрішній поверхні покриття сушильного цеху показує, що при підвищенні температури відбувається конденсація вологи на стелі [7].

7. Для створення у сушильному цеху нормального температурно-вологісного режиму пропонуємо підвищити ефективність роботи приточно-втяжної вентиляції, для чого необхідно зробити наступне:

- укомплектувати вентиляторами вентиляційні шахти над траверсними шляхами і остигаючими (охолоджувальними) відділеннями, встановити їх оптимальний режим роботи, ув'язаний з періодичністю відкривання сушильних камер, тобто з підвищенням температури під стелею;

- встановити потужніший вентилятор на системі місцевого відсмоктування гарячого повітря при відкриванні сушильних камер або встановити аналогічну діючу вентиляційну установку для місцевого відсмоктування з камер 1, 2 і 3. Встановити, передбачений першим проектом

приплив зовнішнього повітря і постійно використовувати систему рециркуляції внутрішнього повітря.

8. Після відновлення роботи системи вентиляції і створення нормального температурно-вологісного режиму, очистити плити і балки покриття від осаду, обстежити їх стан і пофарбувати.

Технологія посилення залізобетонних плит покриття:

1. Позицію 2 приварити до позиції 1 до встановлення балки у робоче положення.

2. Позицію 3 встановити у робоче положення і приварити до позиції 2 швом $h_{ш} = 6\text{мм}$ по периметру позиції 2.

3. У місцях поперечних ребер плит ПКЗ 2 встановити на позиції 1 і 3 підклинюючі підкладки (позиція 4) розміром 50x50мм, товщиною по місцю, і приварити їх до позицій 1 і 3.

4. До встановлення всіх металоконструкцій у робоче положення пофарбувати їх масляною фарбою за два рази.

5. Після встановлення металоконструкцій у робоче положення додатково пофарбувати за два рази місця приварки позиції 4 до позицій 1 і 3.

6. Зазори між позиціями 1 і 3 та поздовжніми ребрами плит ПКЗ заповнити цементним розчином марки М50 складу 1 : 3.

7. Дерев'яні бруси тимчасового підсилення демонтувати тільки через місяць після виконання підсилення металеву балкою, щоби цементний розчин набрав 100% міцності.

Наукова новизна та практична значимість. На основі аналізу науково-технічних джерел та низки натурних обстежень і теоретичних досліджень, розроблено конструкцію посилення залізобетонних плит покриття. Зокрема, відновлення несучої здатності покриття тривалої експлуатації та продовження терміну його надійної роботи.

На підставі низки експериментально-теоретичних досліджень були розроблені рекомендації для посилення несучої здатності плит покриття та міцності покриття в цілому. Також відпрацьована методика ремонтно-відновлювальних робіт із застосуванням сучасних матеріалів і технологій.

Висновки. На основі критичного аналізу науково-технічних джерел та низки натурних обстежень (досліджень) і розрахунків конструкції посилення залізобетонних плит покриття та технології відновлення їх несучої здатності на виробничій будівлі можна сформулювати наступні висновки:

1. На підставі досліджень залізобетонних плит покриття виробничих будівель тривалої експлуатації були встановлені причини, що призвели до необхідності обстеження їх несучої здатності. Зокрема: відсутність вхідного контролю за якістю збірних залізобетонних конструкцій; незадовільний технічний контроль ВТК і заводських лабораторій; неточності у оснастці для виготовлення, зокрема, залізобетонних плит покриття; порушення технології будівництва і перевищення допусків та відхилень вимогам норм. Ці порушення і зменшили несучу здатність покриття виробничої будівлі.

2. Розроблені рекомендації із забезпечення несучої здатності конструкцій покриття остигаючого приміщення сушильного цеху меблевої фабрики, зокрема проект посилення двох плит покриття ПКЗ, що перебували у аварійному стані. Також вказано на необхідність дослідження решти плит. Наголошено на незадовільний температурно-вологісний режим, відсутність пароізоляції та зменшення товщини теплоізоляції. Розрахунок показує, що при підвищенні температури відбувається конденсація вологи на стелі. Вказано на необхідність впорядкування роботи системи вентиляції.

3. На основі виконаних обстежень плит покриття у сушильному цеху меблевої фабрики та аналізу дефектів і пошкоджень, зокрема силових тріщин, зниженої міцності бетону, дроблення та випадання монолітного бетону у швах між плитами покриття, лущення поверхневого шару бетону на окремих ділянках, ознаки корозії бетону і металевих елементів та ін., можна зробити висновок про необхідність обстеження всіх конструкцій меблевої фабрики у найближчий час. Аварійні плити покриття посилити згідно з розробленим проектом (див. рис.1) та наведених даних у роботі [7].

4. На даний час залізобетонні плити та несуча здатність покриття знаходяться у задовільному стані і потребують подальших спостережень та періодичних обстежень. Також при виявленні пошкоджень і дефектів відновити їх згідно пропозицій, застосовуючи сучасні матеріали і технології.

1. Гавриляк А.І. Технічна експлуатація, реконструкція і модернізація будівель: Навч.посібник / А.І.Гавриляк, І.Б.Базарник, Р.І.Кінаш і ін.// за ред. А.І.Гавриляка Львів.-Вид-цтво НУ «Львівська політехніка». 2006. – 540 с.

Navryliak A.I. Tekhnichna ekspluatatsiia, rekonstruktsiia i modernizatsiia budivel: Navch.posibnyk / A.I.Navryliak, I.B.Bazarnyk, R.I.Kinash i in.// za red. A.I.Navryliaka Lviv.-Vyd-tstvo NU «Lvivska politekhnik». 2006. – 540 s.

2. Гавриляк А.І. Основи технічної експлуатації будівель та інженерних систем. / Навч.посібник. – Львів: Вид-цтво НУ «Львівська політехніка». 2009. –292 с.

Navryliak A.I. Osnovy tekhnichnoi ekspluatatsii budivel ta inzhenernykh system. / Navch.posibnyk. – Lviv: Vyd-tstvo NU «Lvivska politekhnik». 2009. –292 s.

3. Іваник І.Г. Основи реконструкції будівель і споруд // Навч.посібник./ І.Г.Іваник, С.І.Віхоть, Р.С.Пожар і ін.// За ред І. Іваника – Львів: Вид-цтво НУ «Львівська політехніка».2010. – 276с.

Ivanyk I.H. Osnovy rekonstruktsii budivel i sporud // Navch.posibnyk./ I.H.Ivanyk, S.I.Vikhot, R.S.Pozhar i in.// Za red I. Ivanyka – Lviv: Vyd-tstvo NU «Lvivska politekhnik».2010. – 276s.

4. Лучко Й. Й. Основні фактори середовища, які впливають на деградацію транспортних споруд із залізобетонних і металевих гофрованих конструкцій / Й.Й. Лучко// Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій: матеріали XXII Міжнародного науково-практичного форуму, 5–7 жовтня 2021 р.: у 2 т. Львів: ННБК “АТБ”. 2021. – Т. 2. – С. 203–206.

Luchko Y. Y. Osnovni faktory seredovyshcha, yaki vplyvaiut na dehradatsiui transportnykh sporud iz zalizobetonnykh i metalevykh hofrovanykh konstruktsii / Y.I. Luchko// Teoriia i praktyka rozvytku ahropromyslovoho kompleksu ta silkykh terytorii:

materialy XXII Mizhnarodnoho naukovopraktychnoho forumu, 5–7 zhovtnia 2021 r.: u 2 t. Lviv: NNVK “ATB”. 2021. – T. 2. – S. 203–206.

5. Лучко Й. Й. Дослідження збудованих мостів які були зруйнованих повеннями на Україні в 1998 і 2001 роках та тривалої експлуатації /Й. Й. Лучко, І. І. Кархут, І. Б. Кравець // Зб. наук. праць “Мости і тунелі: Теорія, дослідження, практика”. – Дніпро, 2021. – Вип. 20. – С. 26-38.

Luchko Y. Y. Doslidzhennia zbudovanykh mostiv yaki byly zruinovanykh poventamy na Ukraini v 1998 i 2001 rokakh ta tryvaloi ekspluatatsii /I. Y. Luchko, I. I. Karkhut, I. B. Kravets // Zb. nauk. prats “Mosty i tuneli: Teoriia, doslidzhennia, praktyka”. – Dnipro, 2021. – Vyp. 20. – S. 26-38.

6. Luchko J. Degradating concrete and reinforced building structures and long-term structures / J. Luchko, B. Nazarevich, V. Kovalchuk // Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, – Odessa: OSACEA, 2022. –no. 86. – page 35–46.

7. Отчет по теме: «Обследование железобетонных плит покрытия и заключение по обеспечению несущей способности покрытия остывочного помещения сушильного хозяйства мебельной фабрики в г. Ивано-Франковске». – Львов: ЛОЛПИ, 1982. – 14 с.

Otchet po teme: «Obsledovanye zhelezobetonnykh plyt pokrytyia y zakliuchenye po obespecheniyu nesushchei sposobnosti pokrytyia ostyvochnoho pomeshcheniya sushylnoho khoziaistva mebelnoi fabryky v h. Yvano-Frankovske». – Lvov: LoLPY, 1982. – 14 s.