

УДК 625.142.4

**ТЕХНІЧНИЙ СТАН ЗАЛІЗОБЕТОННОГО МОСТА НА
АВТОМОБІЛЬНІЙ ДОРОЗІ Т-14-04 ЧЕРВОНОГРАД – РАВА-РУСЬКА**

**TECHNICAL CONDITION OF THE REINFORCED CONCRETE BRIDGE
ON THE T-14-04 CHERVONOGRAD – RAVA-RUSSKA ROAD**

Караван В.В., к.т.н., доцент <https://orcid.org/0000-0002-8261-692X>;
Борисюк О.П., к.т.н., професор <https://orcid.org/0000-0002-0508-4851>;
Філіпчук С.В., к.т.н., доцент <https://orcid.org/0000-0002-4464-4620>,
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне).

Karavan V., candidate of technical sciences, associate professor <https://orcid.org/0000-0002-8261-692X>; **Borysiuk O., candidate of technical sciences, professor** <https://orcid.org/0000-0002-0508-4851>; **Filipchuk S., candidate of technical sciences, associate professor** <https://orcid.org/0000-0002-4464-4620>. (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne).

В статті подані результати обстеження та діагностики технічного стану залізобетонного мосту. Наведені мета та задачі обстеження, результати візуального огляду, інструментальних досліджень та розрахунків конструкцій штучної споруди. Оцінено технічний стан і залишковий ресурс моста, складені висновки.

The article considers the results of examination and diagnostics of the technical state of the reinforced concrete bridge. The purposes and tasks of examination, results of visual inspection, instrumental investigations and calculations of constructions of the artificial structures are stated. Their technical state and residual resource are estimated; the conclusions are made.

Works on examination and diagnostics of the technical state of the bridge on the public road of national importance T-14-04 Chervonohrad - Rava-Ruska, km. 44 + 158 were performed according to the contract in June and July 2019. The central part of the bridge before widening was built in 1956, the widening (finishing constructing) of the bridge was carried out in 1968. The purpose of the examination is to determine the technical state and the possibility of further operation of the bridge. The type of construction is beam, the longitudinal scheme of the bridge is single-span. According to the design standards, groups of structural members of the bridge, namely, bridge deck, supports, baulk structures, underbridge area, approaches were considered. The technical state of the bridge deck and walkway slabs generally

corresponds to state 4 - limited operable. The technical state of the load-bearing structures of the bridge supports corresponds to state from 2 - limited serviceability to 4 - limited operable, some structures of the supports require repairing and strengthening. The technical state of the baulk structures of the bridge corresponds to the state from 3 - operable to 4 - limited operable, baulk structures need repairing and strengthening. The technical state of the bridge area corresponds to state 4 - limited operable. According to the results of the examination and calculations, the operational states of the structural members of the bridge and the rate of their wear were determined according to the qualification tables. After making calculations according to the design standards, the residual life of the bridge structures was determined, which amounted to 0 years. The final assessment of the technical state of the bridge was carried out according to the indicators: the lowest of the indicators of operational state and a formalized rating E. The technical state of the bridge as a whole corresponds to condition 4 - limited operable. It is recommended to strengthen the longitudinal beams of the artificial structure in the lower zone of the beam seats with carbon bands or liners according to the technology of Sika-Ukraine and to strengthen the beams in the upper zone with different types of reinforced concrete ribbed slab

Ключові слова: залізобетон, міцність, деформація, тріщина, навантаження, міст, опора, ригель, прогон, плита, ресурс, аварія.
Reinforced concrete, strength, deformation, crack, load, bridge, support, crossbar, baulk, slab, resource, accident.

Вступ. Роботи з обстеження та діагностики технічного стану мосту через канал в с. Річки на автомобільній дорозі загального користування державного значення Т-14-04 Червоноград – Рава-Руська, км. 44+158 Львівської області виконувались згідно договору у червні та липні місяці 2019р. співробітниками кафедри промислового, цивільного будівництва та інженерних споруд НУВГП на замовлення ТОВ «ДРОГ–БУД». Роботи здійснювались з дотриманням вимог чинних нормативних документів [1-8].

Проектна документація на міст відсутня. Паспорт моста – відсутній. Дані про реконструкцію мосту та його ремонту відсутні. Вихідними матеріалами, наданими замовником, була Картка №5+030 на міст до його розширення. Центральна частина моста до розширення збудована у 1956р., розширення (добудова) моста здійснено у 1968р. (див. рис. 1). Проектне рухоме навантаження на міст становить Н-30, НК-80.

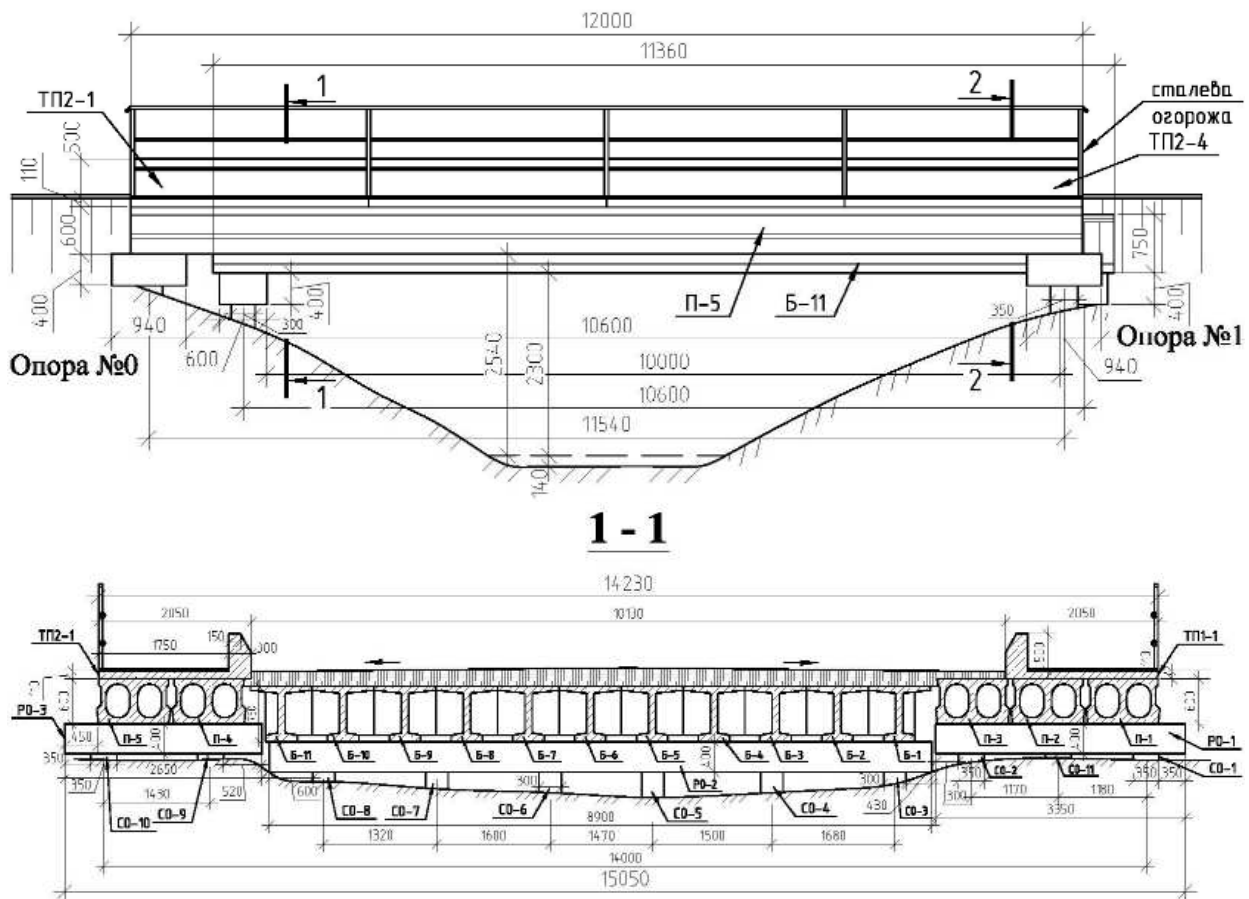


Рис. 1. Поздовжня схема моста та його поперечний розріз

Постановка мета і задач досліджень. Мета обстеження – визначення технічного стану і можливості подальшої експлуатації моста.

Для досягнення мети були поставлені задачі та виконані наступні роботи:

- визначені геометричні параметри конструктивних елементів споруди;
- здійснено візуальне та інструментальне обстеження елементів опор, прогонових будов на наявність деформацій, дефектів і пошкоджень з їх фотофіксацією;
- здійснено візуальний огляд мостового полотна, підмостової зони та підходів;
- проведені інструментальні дослідження по визначенню неруйнівним методом міцності бетону в зонах найбільших розрахункових зусиль несучих залізобетонних конструкцій моста;
- проведені інструментальні дослідження неруйнівним методом для визначення армування та величини захисного шару бетону несучих залізобетонних конструкцій моста;
- визначено ступінь корозії та втрат площ перерізу робочої арматури несучих залізобетонних конструкцій моста;
- складані дефектні відомості конструктивних елементів споруди;
- виконані розрахунки несучої здатності конструкцій споруди в проектному стані та з урахуванням виявлених дефектів і пошкоджень;

- встановлено технічний стан конструктивних елементів та споруди в цілому з урахуванням їх залишкового ресурсу;
- складені висновки та рекомендації за результатами обстеження.

Методика досліджень. Для інструментального обстеження конструкцій мосту використовували наступні прилади та обладнання: прилад ОНИКС-2.5 (Зав. №349); прилад ПОИСК-2.5 (Зав. №536); мікроскоп МПБ-3 з ціною поділки 0,002 мм (Зав. № 85); електронна рулетка BOSCH GLM 80 Professional (S.NO.: 3601K72300); рулетка стрічкова № 32455 з ціною поділки 1 мм, діапазон вимірювання 0-10м; штангенциркуль, зав. № 570171 з відліком за ноніусом 0,05 мм.

Результати досліджень. Тип споруди – балкова. Поздовжня схема моста – однопролітна. Повна довжина моста складає: у частині до розширення – 11,36 м, добудованих частин – 12,48 м; висота моста – 3,3 м; будівельна висота пролітної будови: у частині до розширення – 0,75 м, добудованих частин – 0,6 м (рис. 1). Підмостові габарити: висота у частині до розширення – 2,3 м; висота у добудованих частинах – 2,54 м; ширина у частині до розширення – 10,3 м; ширина у добудованих частинах – 11,19 м. Габарит проїзної частини по ширині складає 14,23 м, ширина тротуарів з обох боків – 2,05 м (рис. 1).

Згідно [1] розглядали групи конструктивних елементів мосту: мостове полотно, опори, прогонові будови, підмостова зона, підходи.

Асфальтобетонний одяг їздового полотна має загальну товщину до 300 мм у складі: покриття асфальтобетонне, шар щебеню і шар піску. Водовідведення з покриття здійснюється за допомогою поздовжнього та поперечного ухилу дороги. За результатами візуального обстеження у покритті мостового полотна виявлені поодинокі тріщини з розкриттям до 3 мм, незначні порушення поперечного та поздовжнього профілю, просадки до 80 мм при в'їзді на міст, провалювання в перехідній зоні при вході на тротуари моста, тріщини в покритті тротуарів та у стиках тротуарних плит, руйнування асфальтового покриття на тротуарах. А також виявлені пошкодження гідроізоляції проїзної частини, відсутність гідроізоляції на тротуарах, відсутні водовідвідні трубки у конструкціях мосту. Технічний стан мостового полотна в цілому відповідає стану 4 – обмежено працездатний.

У збірних залізобетонних тротуарних плитах споруди ТП1...ТП2, номінальною довжиною 3000 мм, шириною 2050 мм, товщиною плити 110 мм та висотою бордюру 500 мм (рис. 1), виявлені пошкодження бетону (зколи, руйнування) торців з оголенням та виразковою корозією арматури внаслідок розмороження, агресивного впливу навколишнього середовища та механічних пошкоджень. Зруйнований бетон тротуарних плит під стояками огороження. Технічний стан тротуарних плит споруди відповідає стану 4 – обмежено працездатний. Металеve поручневе огороження моста має

незначну погнутість заповнення, виявлено лущення фарби, поверхневу корозію конструктивних елементів огорожі внаслідок агресивного впливу навколишнього середовища.

Опори моста №0 та №1 у частині до розширення – зі збірних залізобетонних забивних паль (стояків) С0 і С1 перерізом 300×300 мм, у добудованих частинах моста – зі збірних залізобетонних забивних паль перерізом 350×350 мм, розміщених в один ряд (див. рис. 1). Відстань між осями паль в опорах складає 1170...2150 мм. Фундаменти під опори – пальові, глибина заглиблення паль у ґрунт становить не менше 4 м. Стояки опор моста мають дефекти і пошкодження, що знижують їх довговічність, надійність та придатність до нормальної експлуатації. Зафіксовано відхилення фактичних розмірів поперечного перерізу від проектних значень на величину до 5 мм, зміщення паль в рядах відносно осі опор на величину до 15 мм. Виявлені: поверхневі дефекти і пошкодження бетону; нерівності; незначні малочисельні раковини, пори та каверни у бетоні; місцеві зколи бетону ребер (граней) без оголення арматурних стержнів; локальні сліди вилуговування та висоли на поверхнях конструкцій.

По верху на стояки опор №0 та №1 у частині до розширення моста обпираються монолітні залізобетонні насадки (ригелі) Р0 і Р1 перерізом 600×400 мм (див. рис. 1). Довжина насадок опор становить 8900 мм, на них обпираються прогонові конструкції моста. Монолітні залізобетонні насадки опор добудованих частин моста мають переріз 940×400 мм і довжину 2430...3350 мм. Розрахункова схема насадок (ригелів) в роботі опор – нерозрізна, за рахунок замоноличення у них випусків робочої арматури паль. За результатами обстеження насадок зафіксовано: відхилення фактичних розмірів поперечного перерізу від проектних значень на величину до 20 мм; поверхневі дефекти і пошкодження бетону, нерівності, напливи, незначні раковини, пори та каверни у бетоні; місцеві зколи бетону ребер (граней) без оголення арматурних стержнів; сліди замокання та цвіль на поверхнях, локальне вилуговування захисного шару, висоли на поверхнях внаслідок замокання і порушення гідроізоляції та фільтрації води. В окремих конструкціях виявлені зколи бетону граней з оголенням та виразковою корозією арматури крайніх каркасів на ділянках довжиною до 400 мм, а також горизонтальні тріщини у нижній зоні по довжині ригеля Р0-1 шириною розкриття більше 1,5 мм.

Технічний стан несучих конструкцій опор моста відповідає станам від 2 – обмежено справний до 4 – обмежено працездатний (для ригеля Р0-1). Окремі конструкції опор потребують проведення ремонтних робіт та підсилення (для Р0-1).

Проліт у добудованих частинах мосту перекритий збірними залізобетонними попередньо напруженими плитами П-1...П-5 з 2-ма овальними пустотами $h \times b = 452 \times 322$ мм та номінальною шириною 1000 мм,

довжиною 12000 мм і висотою 600 мм (див. рис. 1). Плити вільно обпираються на ригелі опор споруди, розрахунковий проліт прогонових плит становить 11,4 м. За результатами візуального обстеження у нижній (розтягнутій) зоні плит виявили: поверхневі дефекти бетону – пори, раковини, каверни та чарунки; поодинокі тріщини у бетоні з розкриттям до 0,1 мм; місцеві незначні сколювання захисного шару бетону без оголення арматури; відсутній (зруйнований) розчин омоноличення поздовжніх швів; сліди замокання, вилуговування бетону, патьоки без слідів іржі внаслідок порушення гідроізоляції та фільтрації води. У плитах недотриманий захисний шар бетону, наявні зколи захисного шару, оголена та виразкова корозія стержнів поперечної арматури. Технічний стан прогонових плит П-1...П-5 моста відповідає стану 3 – працездатний, конструкції потребують проведення ремонтних робіт.

Проліт у частині моста до розширення перекритий збірними струнобетонними попередньо напруженими балками двотаврового перерізу Б-1...Б-11 висотою 750 мм і довжиною 11360 мм (рис. 1). Ширина верхньої полицки складає 830 мм, а висота – 60 мм; ширина нижньої полицки – 420 мм, висота полицки – 90 мм; товщина стінки становить 100 мм. По довжині балок з обох їх сторін на відстані 2700 мм наявні 5 діафрагм шириною 365 мм і товщиною 200 мм для з'єднання прогонових конструкцій між собою, ширина діафрагм крайніх балок Б-1, Б-11 з зовнішнього боку становить 160 мм. Бетон балок – важкий (марка за типовим проектом ВТП-16 – М400), робоча арматура – високоміцний дріт (пакет натягнутих на упори струн). Балки вільно обпираються на ригелі опор споруди, розрахунковий проліт складає 10,6 м. Прогонові балки моста мають дефекти і пошкодження, що знижують їх довговічність, надійність та придатність до нормальної експлуатації. Виявлені поверхневі дефекти і пошкодження бетону, а саме поодинокі пори, раковини, каверни та чарунки у бетоні, місцеві незначні зколи захисного шару бетону без оголення арматурних стержнів. Наявні сліди замокання на поверхнях, локальне вилуговування бетону, патьоки без слідів іржі внаслідок порушення гідроізоляції та фільтрації води. У всіх балках недотриманий захисний шар бетону (становить 10...12 мм) внаслідок зміщення пакету дротів при бетонуванні, порушенні поперечні зв'язки між балками (у з'єднанні діафрагм), присутні тріщини у з'єднаннях, виразкова корозія закладних деталей та накладок у з'єднаннях. На ділянках, по довжині конструкцій, відсутній (зруйнований) розчин омоноличення поздовжніх швів між полицками суміжних балок. У 6-ти балках зафіксовані зколи захисного шару бетону нижньої полицки на ділянках довжиною 250...1000 мм у приопорних зонах та прольотах, оголені та провисають від 2-х до 6-ти струн робочої напруженої арматури, зафіксована виразкова корозія струн (див. рис. 2). Технічний стан прогонових будов моста відповідає станам від 3 –

працездатний до 4 – обмежено працездатний (6-ти балок). Прогонові балки потребують проведення ремонтних робіт та підсилення.

Як зазначено в [9], внаслідок конструктивних та технологічних особливостей, у збірних струнобетонних балках процес корозії натягнутих струн проходить досить інтенсивно і, як правило, закінчується їх розривом. Тонкостінний переріз балок, мала їх вага призводять до великої хисткості і незадовільних динамічних характеристик балок при їх експлуатації у споруді. Доведено, що коливання струнобетонних балок проходить в резонансному режимі в діапазоні швидкостей транспорту 25...40 км/год, а наявність дефектів покриття проїзної частини призводить до різкого зростання амплітуд коливань і динамічних коефіцієнтів. Внаслідок виникнення тріщин або розривів накладок у стиках діафрагм порушується проектний розподіл тимчасових навантажень між балками поперек прольоту, тому окремі балки у споруді можуть бути значно перевантажені. Для струнобетонних балок можливе руйнування від втомного крихкого розриву струн без достатнього рівня контролю величини початкового зусилля натягу при їх виготовленні. По причині недостатності габаритних розмірів проїзної частини, згідно чинних норм проектування, мости з струнобетонними прольотними будовами потребують розширення відповідно до категорії дороги.



Рис. 2. Оголення та провисання струн попередньо напруженої арматури струнобетонних прогонових балок моста

Русло каналу у підмостовій зоні та по обидва боки мосту замулене, береги розмиті, засмічені та густо поросли рослинністю. Не рівна ґрунтова площина укосів конусів підходів, на ділянках виявлено просідання конусів, їх зсув, поверхня частково розмита. Зруйновані бокові бетонні водозливи мосту. Технічний стан підмостової зони відповідає стану 4 – обмежено працездатний.

Міцність бетону збірних та монолітних залізобетонних конструкцій моста визначалась безпосередньо у споруді неруйнівним методом приладом ОНИКС-2.5. Робота з приладом передбачала ретельне очищення поверхонь конструкцій в місці випробувань від пилу та бруду, а також зруйнованих часток бетону шліфуванням і проведення вимірювань у кількості не менше п'яти по кожній точці. Бетон конструкцій моста відповідає класам за міцністю на стиск: опор – С16/20, прогонових будов – С20/25...С25/30. За результатами прямих вимірювань штангенциркулем у зонах елементів з пошкодженнями, а також інструментальних досліджень приладом магнітної дії ПОИСК-2.5 визначали положення, діаметр арматури та величину захисного шару бетону прогонних і опорних конструкцій споруди.

За результатами візуального та інструментального обстеження виконали розрахунки несучих конструкцій моста в проектному стані, а також з урахуванням виявлених дефектів і пошкоджень та дійсних фізико-механічних характеристик матеріалів в ПК SCAD.

За результатами проведеного обстеження та розрахунків згідно [1] визначили, за кваліфікаційними таблицями, експлуатаційні стани конструктивних елементів моста та величину їх зносу. Знос мостового полотна склав 27-42 %, знос прогонових будов моста визначили в межах від 8-27 % до 27-42 %, знос конструкцій опор становив від 3-8 % до 27-42 %. Здійснивши розрахунки згідно [1] визначили залишковий ресурс конструкцій мосту, який склав 0 років. Кінцеву оцінку технічного стану мосту провели за двома показниками, а саме: за найнижчим із показників експлуатаційного стану та за формалізованою рейтинговою оцінкою Е (рейтингом).

Висновки. На основі проведеного обстеження та діагностики технічного стану залізобетонного мосту на автомобільній дорозі Т-14-04 Червоноград – Рава-Руська, км. 44+158 Львівської області встановили:

1. Технічний стан мосту в цілому відповідає стану 4 – обмежено працездатний. Залишковий ресурс мосту вичерпано. Відповідно визначеному експлуатаційному стану споруди стандартом [1] передбачити такі заходи:

- ведуться обстеження за спеціальним графіком, виконується капітальний ремонт;

- відповідно до дефектів конструкцій обмежується рух транспортних засобів за вагою, швидкістю та габаритними параметрами;

- за необхідності, розробляються спеціальні заходи із забезпечення безаварійної експлуатації моста.

2. Запропоновані методи і заходи по ремонту та конструктивні рішення по підсиленню конструкцій штучної споруди для забезпечення її подальшої нормальної експлуатації. Рекомендовано підсилити прогонові балки Б-1...Б-11 у нижній зоні полицок вуглецевими стрічками або полотнами за технологією фірми Sika-Україна та виконати підсилення балок у верхній зоні різними типами залізобетонної ребристої накладної плити згідно [9].

1. ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2009 Споруди транспорту. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. – 54 с.

DSTU-N B V.2.3-23:2009 Sporudy transportu. Nastanova z otsiniuvannya i prohnozuvannya tekhnichnoho stanu avtodorozhnikh mostiv. – Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2009. – 54 s.

2. ДБН В.2.3-22:2009 Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. – 73 с.

DBN V.2.3-22:2009 Sporudy transportu. Mosty ta truby. Osnovni vymohy proektuvannya. – Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2009. – 73 s.

3. ДБН В.2.3-14:2006 Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування. – Київ: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства, 2006. – 217 с.

DBN V.2.3-14:2006 Sporudy transportu. Mosty ta truby. Pravyla proektuvannya. – Kyiv: Ministerstvo budivnytstva, arkhitektury ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva, 2006. – 217 s.

4. ДБН В.1.2-15:2009 Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. – 84 с.

DBN V.1.2-15:2009 Sporudy transportu. Mosty ta truby. Navantazhennia i vplyvy. – Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2009. – 84 s.

5. ДБН В.2.3-6:2016 Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження і випробування. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. – 44 с.

DBN V.2.3-6:2016 Sporudy transportu. Mosty ta truby. Obstezhennia i vyprobuvannya. – Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2009. – 44 s.

6. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 44 с.

DSTU-N B V.1.2-18:2016 Nastanova shchodo obstezhennia budivel i sporud dlia vyznachennia ta otsinky yikh tekhnichnoho stanu. – Kyiv: DP «UkrNDNTs», 2017. – 44 s.

7. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.

DBN V.2.6-98:2009 Konstruktsii budynkiv i sporud. Betonni ta zalizobetonni konstruktsii. Osnovni polozhennia. – Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2011. – 71 s.

8. ДСТУ Б В.2.6-156:2010 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 118 с.

DSTU B V.2.6-156:2010 Konstruktsii budynkiv i sporud. Betonni ta zalizobetonni konstruktsii z vazhkoho betonu. Pravyla proektuvannya. – Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2011. – 118 s.

9. Кваша В.Г., Салійчук Л.В., Собко Ю.М. експлуатаційний стан струнобетонних прольотних будов та ефективні способи їх розширення і підсилення // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. / Збірник наукових праць. – Рівне, 2008. Вип. 31. – С. 351-362.

Kvasha V.H., Saliichuk L.V., Sobko Yu.M. ekspluatatsiyni stan strunobetonnykh prolotnykh budov ta efektyvni sposoby yikh rozshyrennia i pidsylennia // Resursoekonomni materialy, konstruktsii, budivli ta sporudy. / Zbirnyk naukovykh prats. – Rivne, 2008. Vyp. 31. – S. 351-362.