

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД

У статті проведено аналіз існуючих організаційно-технологічних систем, факторів, які впливають на надійність залізобетонних мостів та шляхопроводів та досліджений показник технологічності при виборі проекту ремонтно-відновлюваних робіт.

Ключові слова: організаційно-технологічна система, фактор, залізобетонний міст, показник технологічності

В статье проведен анализ существующих организационно-технологических систем, факторов, которые влияют на надежность железобетонных мостов и путепроводов и исследован показатель технологичности при выборе проекта ремонтно-восстановительных работ.

Ключевые слова: организационно-технологическая система, фактор, железобетонный мост, показатель технологичности

The analysis of the existing technological operational systems, factors influencing the reliability of reinforced concrete bridges and overpasses has been carried out in the article. The authors have considered the technological effectiveness index while choosing the bridges and overpasses repair projects.

Keywords: technological operational system, factor, reinforced concrete bridge, technological effectiveness index

Вступ

На мережі залізниць України експлуатуються десятки тисяч залізобетонних мостів малих та середніх прольотів, які побудовані по індивідуальних та типових проектах на основі декількох поколінь нормативних документів. Збереження, а при необхідності відновлення нормованої працездатності та надійності такого масового класу штучних споруд протягом вікового строку служби потребують прийняття своєчасних організаційно-технологічних рішень з урахуванням сучасних досліджень в галузі технічних, організаційних та управлінських систем.

Накопичений досвід ремонту та практики експлуатації залізобетонних споруд, які підлягають в процесі довгої експлуатації зовнішнім атмосферним діям, показує, що вони постійно руйнуються у часі. На конструкції та споруди діють: сонячна радіація, яка викликає висихання бетону, нагрівання, усадку, деформації на мікро- та макрорівні та деструкцію; поперемінне зволоження, намокання та водонасичення бетону від атмосферних опадів, які викликають напруження в мікро- та макроструктурі з наступними процесами набухання матеріалу, міграцією води в пористій структурі, яка сприяє процесам осмотичних явищ та масопереносу

складових цементного каменю продуктів гідратації та які потрапляють в порову структуру бетону газів та хімічних активних з цементним каменем з'єднань, у вигляді пилу – продуктів діяльності людини

Мета дослідження

Визначення шляхів підвищення якості організаційно-технологічних та управлінських рішень, які призначені підвищити надійність транспортних споруд при підготовці та проведенні ремонтно-відновлюваних робіт.

Зміст дослідження

Актуальність цієї задачі зростає у зв'язку з особливими умовами, які склалися в останні роки на дорогах України – необхідність забезпечити високу надійність та довговічність штучних споруд при жорсткому обмеженні фінансових, матеріальних та трудових ресурсів. Така ситуація спонукає оперативно приймати максимально раціональні рішення по підтриманню та відновленню працездатності споруд із застосуванням організаційно-технічних та системно-технічних інструментаріїв.

Змінились режими експлуатації мостів: підвищилась швидкість, вантажонапруженість, осьові навантаження рухомого складу, конструкція верхньої колії, кліматичні умови, режими водних басейнів, підвищилась агресив-

ність довкілля та ін. В останні 20 років здійснюються енергійні спроби врахувати ці обставини як в практиці проектування, так і в організації технічної експлуатації штучних споруд.

Для уникнення невинуватених витрат на транспорті повинні діяти добре організовані служби діагностики фактичного стану, лікування (ремонту), підсилення та реконструкції транспортних споруд.

Призначення цих служб – попередження аварійних ситуацій, підтримання та збереження закладеної у проект надійності та працездатності протягом встановленого строку служби.

Відносно досить широкого класу мостових споруд – залізобетонних прогонових будов, основні задачі служби діагностики:

- визначення зміни міцнісних та деформаційних характеристик матеріалів конструкції;
- фіксація моменту утворення та спостереження за динамікою розвитку тріщин і корозії арматурних елементів;
- встановлення зв'язку між станом захисного шару бетону, розвитком дефектів і пошкоджень та придатністю споруди до експлуатації;
- підтримка непорушеного стану гідроізоляції та системи водовідводу, мостового полотна та проїзної частини в цілому;
- характером загальних деформацій (прогинами, кутами повороту, крутильними деформаціями та коливаннями);
- контроль за збереженням положення вісі залізничної колії без ексцентриситету відносно вісі прогонових будов.

Кожна споруда або окремі елементи конструкції мають певне призначення та експлуатується в чітко визначених умовах. Для забезпечення їх працездатного стану необхідно дотриматись прийнятих проектних рішень та заходів щодо практичної реалізації рішень з підсилення або реконструкції. Сукупність умов утворює у просторі параметрів об'єкту область допусків, а порушення хоча б однієї експлуатаційної вимоги визначає вихід за межу такої області та формується як перехід через граничний стан. Тому надійність є комплексною властивістю, яка включає в себе безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність. У загальному випадку показник надійності – кількісна характеристика одного або декількох властивостей, яка впливає на надійність об'єкту. До таких властивостей відносяться показники міцності при різних видах руйнування, стійкості, прогинів, кутів повороту, амплітуд коливань та розкриття тріщин в залізобетоні, ступенів корозії бетону та арматури.

До основних показників надійності будівельних конструкцій відносять ймовірність безвідмовної роботи та строк її служби з нормативною забезпеченістю.

Експлуатаційна надійність будь-якої будівельної конструкції – поняття комплексне та багатоконпонентне: конструкція повинна протидіяти з заданим нормативним рівнем надійності впливам експлуатаційних та будівельних навантажень, агресивного середовища в можливих (прогнозованих) комбінаціях та зберігати при цьому розрахункову спроможність протягом визначеного строку служби.

Необхідно встановити органічний взаємозв'язок всіх технічних служб та нерозривність дій людей, які відповідають за надійність будівельної конструкції. На різних стадіях існування споруд є такі рівні регулювання надійності:

- загальнодержавні норми проектування встановлюють мінімальний рівень надійності конструкцій різних видів та класів за розрахунковими моделями навантажень, впливів та можливостям матеріалів на міцність;
- проектною документацією встановлюється нормативна надійність конкретної конструкції;
- в процесі будівництва при відповідному контролі досягається встановлена нормами та проектом надійність будівельної конструкції;
- служби експлуатації зберігають та підтримують закладену в проект довговічність та пропускну спроможність споруди.

Порушення вимог забезпечення надійності на будь-якому з чотирьох рівнів, які визначають життєздатність елементів, призводить до передчасної відмови та зниження довговічності споруди.

Фактори, які забезпечують надійність та точність виготовлення елементів конструкцій та їх монтаж, за своєю природою принципово відрізняються від факторів, які впливають на прийняті норми та проектом ступеню надійності. Якість проектування залежить від рівня знань фахівців та можливостей обчислювальної техніки, якості виробництва - від природи матеріалів, технічного оснащення, технологічної дисципліни та культури виробництва. До факторів надійності при виготовленні елементів можна віднести неоднорідність властивостей матеріалу, відхилення геометричних розмірів конструкцій від проектних та інші порушення технологічної дисципліни. Важливою складовою ремонтних робіт є критерій технологічності і раціональності.

нальності з дотриманням вимог вибору матеріалів, точності і якості виконання робіт.

Надійність будівельної конструкції значною мірою залежить від технологічної дисципліни, за дотриманням якої стежать спеціалізовані служби утримання споруд.

Технологічність ремонтних робіт

Досягнення проектних показників у процесі створення будівельної продукції суттєво залежить від врахування реальних виробничих умов.

На етапі виготовлення будівельної продукції важливі відповідність технологій і матеріалів, сучасність рівня виробництва. Технологія визначає порядок і спосіб протікання ремонтного процесу, який поєднує три основних елементи виробництва: трудові, матеріальні і технічні ресурси. Технологічні регламенти будівельних робіт можна вважати четвертим елементом будівельного процесу.

При відновленні споруд застосовуються прості і складні технологічні процеси, що розрізняються за основним елементом виробництва. Рівень взаємодії процесів визначає ефективність технології: чим вище рівень їх поєднання, тим ефективніше технологія.

Категорія, яка визначає взаємозв'язок продукції, технології її виготовлення і виробництва робіт – це технологічність продукції, або міра відповідності надійності досягнення проектних показників та пристосованості продукції до способів і технологій її виготовлення. В ремонтних роботах вона відбивається у витратах праці, машинного часу, матеріальних ресурсів і грошових коштів на виготовлення, транспортування та монтаж будівельних конструкцій.

Технологічність визначається зіставленням показників порівняльної конструкції з типовою, або порівнянням варіантів конструкцій між собою. Коефіцієнт технологічності визначається за формулою:

$$K_T = 1 + \Delta B / B_E$$

де ΔB – збільшення або зменшення розрахункової вартості зведення споруди в порівнянні з еталонним зразком; B_E – вартість зведення еталонного варіанту.

$$B_E = B_M + B_p + B_{H.B.}$$

$$\Delta B = B_E - B$$

де B_M – витрати на механізацію процесів; B_p – вартість робочої сили; $B_{H.B.}$ – сума накладних витрат;

B – вартість зведення розглянутого варіанту.

При значеннях $K_T > 1$ варіант вважається більш технологічним.

Для оцінки транспортної та монтажної технологічності будівельних конструкцій необхідно проаналізувати технологію, способи та технічні засоби для виконання відповідних робіт, з урахуванням габаритів і мас монтажних елементів.

Математично обґрунтованими показниками технологічності є декілька коефіцієнтів оцінки кількісного зв'язку між трудомісткістю операцій, процесів, витратою матеріалів, засобів праці та прийнятими конструктивними рішеннями збірних елементів. Наприклад, показники монтажної технологічності залежать від характеру членування споруди на монтажні елементи, їх крупності, способу і типів з'єднань.

Організація ремонтних робіт

Організація потоку комплексного технологічного процесу відновлення зруйнованого шару бетону конструкцій та споруд високорозностійким шаром передбачає розбивку фронту робіт на захватки. Кожна захватка розбивається на п'ять ділянок (див. рис. 1).



Рис. 1. Схема захватки з розбивкою на ділянки, при організації потоку виробництва робіт по відновленню поверхневого шару бетонних та залізобетонних конструкцій:

1, 2, 3, 4, 5 – номери ділянок; l_1, l_2, l_3, l_4, l_5 – довжина ділянок; L_3 – довжина захватки

Технологічні будівельні процеси на захватці виконуються в наступній послідовності: грубе очищення бетонної поверхні (Т1); піскоструминна обробка бетонної поверхні, яка відновлюється (Т2); продування та просушування бетону гарячим повітрям (Т3); обробка бетонної поверхні гарячим просочуючим складом (Т4); нанесення захисного складу з дрібнозернистої бетонної суміші методом торкретування на поверхню бетону, який відновлюється (Т5). В процесі технологічного процесу нанесення поверхневого шару бетону, паралельно здійснюється процес підготовки вихідних матеріалів та приготування бетонної суміші для торкрету-

вання (Т6). Трудомісткість технологічних процесів позначається, відповідно: Т1, Т2, Т3, Т4, Т5, Т6 (чол. год, маш. год).

Графік трудового процесу виконання робіт на одній ділянці представлений на рис. 2.

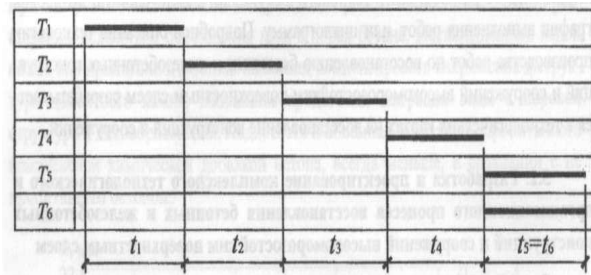


Рис. 2. Графік трудового процесу відновлення поверхневого шару бетону бетонних та залізобетонних конструкцій на ділянці.

$t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6$ – проектна тривалість виконання технологічних процесів (год, хв.)

При значних об'ємах робіт, для скорочення строків ремонтно-відновлювальних робіт, фронт робіт може бути розбитий на захватки, тоді графік трудового процесу буде мати наступний вигляд (див. рис. 3).

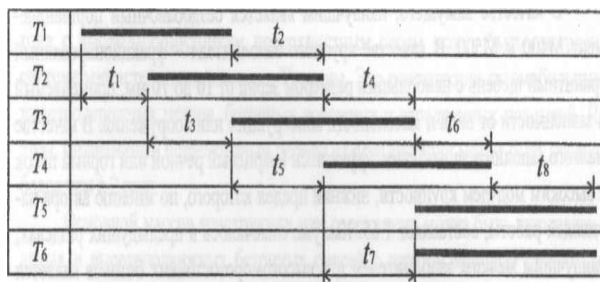


Рис. 3. Графік трудового процесу відновлення поверхневого шару бетону на захватці, або по фронту робіт.

$t_1 = t_2, t_3 = t_4, t_5 = t_6, t_7 = t_8$ – проектний час початку та закінчення робіт для виконання технологічних операцій. Задається в проекті виробництва робіт (хв. год).

У вигляді сітьової моделі процес виробництва робіт на захватці представлений на рис. 4.

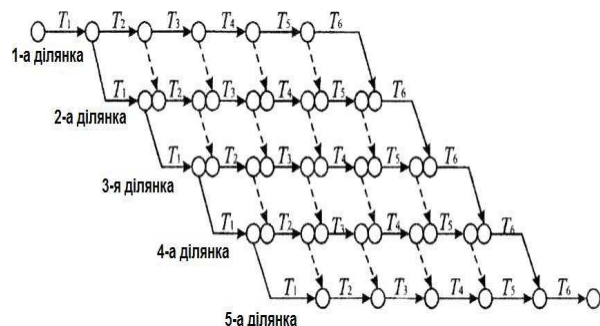


Рис. 4. Сітьова модель комплексного процесу виробництва робіт по відновленню поверхневого шару бетону високо морозостійким поверхневим шаром: $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6$ – трудомісткість відповідних процесів

Показники технологічності

Коефіцієнт врівноваженості елементів конструкцій визначається за формулою:

$$K_{p.k.} = m_{cp} / m_{max} < 1$$

де m_{cp} – середня маса; m_{max} – максимальна маса.

Коефіцієнт розчленування на монтажні одиниці визначається за формулою:

$$K_p = n_y / n < 1$$

де n_y – кількість порівнюваних монтажних одиниць; n – загальна кількість одиниць.

Коефіцієнт укрупнення конструкцій визначається за формулою:

$$K_y = m_{36} / n$$

де m_{36} – загальна маса збірних елементів; n – кількість елементів.

Коефіцієнт блоковості конструкцій визначається за формулою:

$$K_6 = m_6 / m_{36} \leq 1$$

де m_6 – маса конструкцій укрупнених блоків; m_{36} – загальна маса.

Коефіцієнт заводської готовності визначається за формулою:

$$T_{3T} = T_3 / T_B + T_T + T_M$$

де T_3 – трудомісткість виготовлення в заводських умовах; T_B – загальна трудомісткість виготовлення; T_T – трудомісткість транспортування; T_M – трудомісткість монтажу.

Коефіцієнт технологічності монтажних стиків визначається за формулою:

$$T_{MC} = T_C / T_M$$

де T_C – трудомісткість улаштування стику; T_M – загальна трудомісткість монтажу.

Співвідношення показників технологічності та повної собівартості буде правомірним при однакових споживчих якостях продукції за різними варіантами.

Комплексні показники технологічності, які забезпечують отримання значень узагальненого рівня технологічності, різні за своєю сутністю. Оптимізації кожної із окремих складових не може забезпечити необхідний рівень оптимізації всього відновлювального процесу. В якості єдиного критерію технологічності ремонтних

процесів доцільно використовувати їх економічну ефективність, яка визначається при заданій якості та прийнятих умовах виробництва робіт та експлуатації. При цьому вимоги до процесу розглядаються комплексно, досягається уникнення економічно не вигідного збільшення витрат на виробництво та експлуатацію, забезпечується організаційно-технологічна надійність, об'єктивно оцінюється результативний ефект. Допустиме обґрунтоване збільшення вартості виробництва робіт, якщо математично доведено суттєве зниження витрат на подальшу експлуатацію споруди.

На оцінку технологічності об'єкта, який ремонтується істотно впливають економічні еквіваленти локальних показників, що пояснюється відмінностями економічної складової значимості порівнюваних варіантів. Врахувати всебічні особливості можливо за допомогою коефіцієнтів економічної ефективності локальних показників технологічності ремонтних процесів.

Значення коефіцієнту економічної ефективності виражається долею загальної ефективності всіх факторів, які враховують технологічність процесу:

$$K_{iE} = 1 - \sum_{i=1}^{n-1} K_{iE}$$

Найбільш ефективним фактором технологічності є той, для якого коефіцієнт економічної ефективності $K_E = 1$. Значення коефіцієнтів економічної ефективності для останніх показників визначаються у порівнянні з показником, для якого прийнятий $K_E^{\max} = 1$.

$$K_{iE} = K_E^{\max} - \Delta_E = 1 - \Delta_E,$$

$$\text{де } \Delta_E = K_E^{\max} - K_{iE} = 1 - K_{iE}.$$

У випадку малих значень K_{iE} зменшується їх вплив на кінцевий результат, тому їх враховувати недоцільно, а при визначенні комплексного показника, числове значення K_{iE} більш точно виражає відсоткове співвідношення до

максимального значення технологічності конструкції.

Висновки

Підвищення надійності транспортних споруд після проведення ремонтно-відновлюваних робіт забезпечується впровадженням показників технологічності.

Якість проектного рішення при виборі способу ремонту штучних споруд покращується при порівнянні організаційно-технологічних схем.

Ефективність організаційно-технологічних відновлювальних робіт залежить від повноти реалізації основних сучасних принципів управління проектами.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Павлов, И. Д. Модели принятия управленческих решений [Текст]: монография / И. Д. Павлов, А. В. Радкевич, Г. П. Брехаря. – Запорожье: ЗНУ, 2005. – 322 с.
2. Павлов, И. Д. Модели управления проектами [Текст] / И. Д. Павлов, А. В. Радкевич. – Запорожье: ГУ «ЗИГМУ», 2004. – 320 с.
3. Владимирский, С. Р. Системотехника мостостроения: методология и практические приложения [Текст] / С. Р. Владимирский. – СПб.: Питер, 1994. – 286 с.
4. Иосилевский, Л. И. Практические методы управления надежностью железобетонных мостов [Текст] / Л. И. Иосилевский. – М.: НИЦ «Инженер», 2005. – 323 с.
5. Брик, А. Л. Эксплуатация искусственных сооружений на железных дорогах [Текст] / А. Л. Брик, В. Г. Давыдов, В. Н. Савельев, – М.: Транспорт, 1990. – 232 с.
6. Савйовский, В. В. Техническая диагностика строительных конструкций зданий [Текст] / В. В. Савйовский. – Харьков: Издательство «Форт», 2008. – 542 с.

Надійшла до редколегії 01.09.2011.

Прийнята до друку 01.10.2011.