

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

СПОРУДИ ТРАНСПОРТУ

**НАСТАНОВА З ОЦІНЮВАННЯ І
ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ
АВТОДОРОЖНІХ МОСТІВ**

ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2009

Київ

Мінрегіонбуд України

2009

1 РОЗРОБЛЕНО: Національний транспортний університет (м. Київ)

РОЗРОБНИКИ: Л. Беспалов, канд. техн. наук; А. Лантух-Лященко, д-р техн. Наук (науковий керівник); М. Клименко; К. Медведєв, канд. фіз.-мат. наук; В. Назаренко, канд. техн. наук; А. Рубльов, канд. техн. наук; І. Святишенко; В. Снитко, канд. техн. наук; С. Ткачук, д-р техн. наук; Н. Хвоцинська, канд. техн. наук

ЗА УЧАСТЮ:

Державний дорожній науково-дослідний інститут ім. М. Шульгіна
(П. Коваль, канд. техн. наук; М. Парубець; В. Редченко, канд. техн. наук)

ВП «Мост», м. Донецьк

(В. Тодіріка)

2 ПРИЙНЯТО І НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Мінрегіонбуду України
№ 484 від 11.11.2009 р.

3 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ

4 НА ЗАМІНУ ВБН В.3.1-218-174-2002 Мости та труби. Оцінка
технічного стану автодорожніх мостів, що експлуатуються

ЗМІСТ

с.

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ.....	4
2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ.....	4
3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ.....	5
4 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	8
5 ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ МОСТІВ.....	10
6 ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ЕЛЕМЕНТІВ МОСТІВ.....	16
7 ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СПОРУДИ В ЦІЛОМУ	17
ДОДАТОК А.....	21
КЛАСИФІКАЦІЙНІ ТАБЛИЦІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ СТАНІВ ЕЛЕМЕНТІВ МОСТА	21
ДОДАТОК Б	40
ВИЗНАЧЕННЯ ВАНТАЖОПІДЙОМНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ МОСТІВ ВІДНОСНО ВАГИ АВТОМОБІЛЯ МАКСИМАЛЬНОЇ МАСИ В КОЛОНІ	40
ДОДАТОК В	44
ВИЗНАЧЕННЯ РЕАЛЬНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕЗПЕКИ	44
ДОДАТОК Г	48
АЛГОРИТМ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ЕЛЕМЕНТІВ МОСТІВ	48

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

**СПОРУДИ ТРАНСПОРТУ.
НАСТАНОВА З ОЦІНЮВАННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО
СТАНУ АВТОДОРОЖНІХ МОСТІВ**

СООРУЖЕНИЯ ТРАНСПОРТА.
НАСТАВЛЕНИЕ ПО ОЦЕНКЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ТЕХНИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ

TRANSPORT CONSTRUCTION.
DIRECTIVE FOR MAINTENANCE STATE ASSESSING AND PREDICTING OF
HIGHWAY BRIDGES

Чинний від 2010-03-01

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Ця Настанова встановлює правила оцінки технічного стану мостів і прогнозування залишкового ресурсу їх елементів.

Настанова поширюється на мости всіх систем, що експлуатуються на автомобільних дорогах загального користування.

Сферою застосування настанови є система експлуатації автодорожніх мостів. Оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів, контроль надійності і прогнозування залишкового ресурсу за цією Настановою є обов'язковою регламентною процедурою в системі експлуатації мостів.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

ДБН 362-92 Оцінювання технічного стану сталевих конструкцій виробничих будинків і споруд, що знаходяться в експлуатації

ДБН В.2.3-6-2009 Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження і випробування

ДБН В.2.3-14-2006 Споруди транспорту. Мости та труби. Правила

проектування

ДБН В.1.2-14-2008 Загальні принципи забезпечення надійності та безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ

ДБН В.2.3-22-2009 Споруди транспорту. Мости і труби. Основні вимоги проектування

ДБН В. 1.2-15-2009 Споруди транспорту. Мости і труби. Навантаження і впливи

СН 200-62 Технические условия проектирования железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб (Технічні умови проектування залізничних, автодорожніх та міських мостів і труб).

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Нижче подано терміни, вжиті в цій Настанові, та визначення основних понять.

3.1 вантажопідйомність

Чисельне значення ваги рухомого навантаження, яке можна пропускати по мосту за умови, що зусилля в перерізах визначальних елементів, викликані цим навантаженням, не перевищують обчисленої їх реальної несної здатності

3.2 визначальний елемент

Елемент, руйнування якого призводить до руйнування або загрози руйнування споруди в цілому

3.3 деградація

Знос, втрата початкових механічних, фізико-хімічних і естетичних характеристик. Рівень деградації в функції часу може прогнозуватись відповідними моделями

3.4 дефект

Відхилення якості, форми, фактичних розмірів елементів та конструкцій від вимог нормативної або проектної документації, яке виникає при проектуванні, виготовленні, транспортуванні, будівництві або в процесі експлуатації

3.5 експлуатаційний стан

Технічний стан, що описується добіркою загальноприйнятих числових і неформальних лінгвістичних характеристик

3.6 допоміжний елемент

Елемент, який не входить до складу несних конструкцій моста. Руйнація такого елемента не призводить до зміни напружено-деформованого стану споруди, а тільки ускладнює її експлуатацію (наприклад, бар'єрна огорожа, перила, оглядові пристрої)

3.7 довговічність

Здатність споруди зберігати протягом певного часу роботоспроможний стан при встановленій системі технічного обслуговування. Довговічність визначається в роках

3.8 другорядний елемент

Елемент, руйнація якого не призводить до руйнації моста в цілому, але є серйозною загрозою руйнації при подальшій його експлуатації (наприклад, діафрагми збірної залізобетонної прогонової будови)

3.9 знос споруди

Деградація елементів споруди в процесі експлуатації. Полягає в погіршенні початкових проектних показників, таких як несна здатність, вантажопідйомність, невідповідності розрахункових параметрів споруди сучасним вимогам (наприклад, за габаритом тощо)

3.10 експлуатація споруди

Технічне використання споруди згідно з призначенням, догляд та збереження технічного стану, передбаченого проектом

3.11 експлуатаційне утримання

Вжиття необхідних заходів із збереження стану конструкцій, за якого вони здатні виконувати функції, передбачені проектом, з параметрами, що визначені проектом та вимогами нормативних документів з експлуатації споруд

3.12 капітальний ремонт

Комплекс будівельно-монтажних робіт, який полягає у відновленні,

посиленні або заміні елементів моста, що втратили свої проектні показники

3.13 міст

Транспортна споруда призначена для пропуску через перешкоду потоків автомобільного, залізничного транспорту, пішоходів, інших комунікацій. У залежності від функціонального призначення та типу перешкоди мости мають свої специфічні назви (наприклад, шляхопровід, віадук, естакада)

3.14 надійність

Здатність споруди виконувати задані функції в певних умовах експлуатації, зберігаючи протягом встановленого часу нормативні експлуатаційні показники. Надійність визначається ймовірністю того, що не буде досягнуто жодного з розрахункових граничних станів

3.15 несна здатність

Здатність елемента (конструкції) сприймати граничне зусилля

3.16 обстеження

Процес отримання якісних та кількісних показників експлуатаційної придатності споруди, елементів та конструкцій шляхом їх візуального огляду, інструментальних вимірювань, польових та лабораторних випробувань матеріалів конструкцій

3.17 пошкодження

Дефект, відхилення параметрів і/або характеристик елементів та конструкцій від передбачених проектом, що виникли в результаті природного старіння матеріалів та механічних, фізико-хімічних, теплотехнічних впливів у процесі транспортування, монтажу або експлуатації. Пошкодження не може бути прогнозовано моделлю деградації

3.18 реконструкція

Комплекс будівельно-монтажних робіт, спрямованих на відновлення або перебудову споруди з наданням їй потрібних експлуатаційних характеристик

3.19 ремонт

Комплекс будівельно-монтажних робіт, спрямованих на відновлення проектних параметрів споруди

3.20 ресурс

Строк роботи елемента в роках, впродовж якого надійність і експлуатаційна придатність задовольняють нормативні вимоги

3.21 технічний стан споруди

Сукупність якісних та кількісних показників, що характеризують експлуатаційну придатність споруди та її конструкцій

3.22 характеристика безпеки

Числовий показник надійності, математично зв'язаний з ймовірністю того, що не буде досягнуто граничного стану. Так, наприклад, надійності $P = 0,9998$ відповідає характеристика безпеки $\beta = 3,8$.

4 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

4.1 Цією настановою регламентується процедура оцінювання технічного стану елементів мостів, споруд у цілому та прогнозування строку їх служби.

4.2 Міст та мостовий перехід розглядаються як система з семи груп конструктивних елементів:

- елементи проїзної частини;
- елементи прогонової будови;
- опори та опорні частини;
- фундаменти;
- підмостове русло;
- регуляційні споруди;
- підходи.

4.3 Оцінювання і прогнозування технічного стану мостів та їх елементів визначається на основі даних нагляду і спостережень, результатів обстежень та/або випробувань, виконаних згідно з ДБН В.2.3-6 та перевірочних розрахунків.

4.4 Алгоритм оцінки і прогнозування технічного стану складається з таких основних кроків:

- збір вихідних даних для оцінки і прогнозування технічного стану

елементів моста;

- визначення стану елементів моста за класифікаційними таблицями експлуатаційних станів;

- уточнення стану елементів за обчисленням вантажопідйомності;

- визначення стану елементів за реальною характеристикою безпеки елементів;

- призначення експлуатаційних заходів;

- прогнозування строку безпечної експлуатації елементів (визначення залишкового ресурсу);

- оцінювання технічного стану моста в цілому для рангування споруди за потребою експлуатаційних заходів.

4.5 Оцінюється технічний стан усіх поіменованих в 4.2 елементів шляхом класифікації за експлуатаційним станом. Викладена в подальшому методика містить апарат для такої класифікації.

4.6 Прийнято, що елементи моста протягом життєвого циклу перебувають послідовно в одному з п'яти експлуатаційних станів, які наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Класифікація експлуатаційних станів елементів

Експлуатаційний стан	Назва експлуатаційного стану	Узагальнена характеристика стану
Стан 1	Справний	Елемент відповідає всім вимогам проекту та чинних норм експлуатації
Стан 2	Обмежено справний	Елемент частково не відповідає вимогам проекту, проте не порушуються вимоги ані першої, ані другої груп граничних станів
Стан 3	Працездатний	Елемент частково не відповідає вимогам проекту, проте не порушуються вимоги першої групи граничних станів. Можливе часткове порушення вимог другої групи граничних станів, якщо це не обмежує нормального функціонування споруди
Стан 4	Обмежено працездатний	Можливе часткове порушення вимог першої групи граничних станів. Порушуються вимоги другої групи граничних станів. Споруда експлуатується в обмеженому режимі і вимагає спеціального контролю за станом її елементів

Кынець таблиці 4.1

Експлуатаційний стан	Назва експлуатаційного стану	Узагальнена характеристика стану
Стан 5	Непрацездатний	Елемент не відповідає вимогам першої групи граничних станів і з'ясовується неможливість їх задоволення, що свідчить про необхідність припинення експлуатації споруди

Названі в таблиці граничні стани визначаються відповідно до ДБН В.1.2-14.

4.7 Основою для класифікації елементів моста згідно з 4.6 є:

- первинна технічна документація моста;
- дані експлуатаційної документації;
- аналіз історії експлуатації;
- дані детального обстеження всієї споруди та її елементів;
- визначення реальної міцності матеріалів елементів споруди;
- виконання перевірочних розрахунків вантажопідйомності;
- врахування реальної характеристики безпеки елементів;
- перевірка моста, за необхідності, випробувальним навантаженням.

5 ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ МОСТІВ

5.1 Визначення стану елементів мостів за результатами обстежень та випробувань

5.1.1 Основою оцінювання технічного стану є класифікація експлуатаційного стану елементів мостів згідно з 4.6.

5.1.2 Процедура класифікації експлуатаційного стану елементів мостів за результатами обстежень полягає в зіставленні характерних дефектів і пошкоджень, інших ознак деградації, які зафіксовані в процесі нагляду, обстежень та випробувань, з описом ознак деградації, наведених у класифікаційних таблицях довідкового додатка А. У результаті класифікації елемент споруди за своїми ознаками зносу відноситься до одного з п'яти експлуатаційних станів (4.6), встановлених цими настановами.

5.1.3 У тих випадках, коли елемент або рівень його зносу не представлено в таблицях інформаційного додатка А, експерт класифікує стан, користуючись загальним описом експлуатаційних станів згідно з 4.6.

5.1.4 Кожному з експлуатаційних станів відповідає надійність, яка визначена у відповідності з моделлю деградації, прийнятою в цій Настанові.

Таблиця 5.1 – Верхні значення надійності елементів

Експлуатаційний стан	Назва експлуатаційного стану	Надійність за першою групою граничних станів, P_i	Характеристика безпеки β_i
Стан 1	Справний	0,999844	3,80
Стан 2	Обмежено справний	0,998363	2,95
Стан 3	Працездатний	0,992461	2,43
Стан 4	Обмежено працездатний	0,979771	2,05
Стан 5	Непрацездатний	0,958351	1,74

5.1.5 У всіх випадках класифікації, коли є сумніви стосовно того, до якого із двох сусідніх експлуатаційних станів належить віднести елемент, рекомендується прийняти нижчий. Для елементів прогонових будов у такому випадку остаточне рішення приймається за результатами визначення їх вантажопідйомності або реальної характеристики безпеки.

5.2 Визначення стану прогонових будов мостів за результатами обчислення їх вантажопідйомності

5.2.1 Визначення вантажопідйомності за наведеним нижче алгоритмом є обов'язковою регламентною процедурою і служить цілям уточнення класифікації експлуатаційного стану елемента.

Вантажопідйомність визначається відносно нормативних тимчасових рухомих навантажень:

а) колон навантажень Н-30, що встановлюються на лінії впливу зусиль та в поперечному перерізі згідно з нормами СН 200-62;

б) автомобільного навантаження за схемою АК згідно з чинними нормами навантаження класу К згідно з ДБН В.1.2-15;

в) одиничного колісного транспортного засобу НК-80 або НК-100 згідно з ДБН В.1.2-15.

5.2.2 Розрахунок вантажопідйомності прогонових будов виконується на основі реальних розмірів елементів споруди, механічних характеристик матеріалів та опису наявних дефектів, зафіксованих у результаті обстеження.

5.2.3 Вантажопідйомність прогонових будов встановлюють порівнянням зусиль у перерізах елементів від нормативних тимчасових рухомих навантажень з граничними значеннями, вираженими у відповідних еквівалентних навантаженнях. Має задовольнятися нерівність:

$$q_e \geq p_e, \quad (5.1)$$

де q_e – граничне значення еквівалентного навантаження;

p_e – еквівалентне навантаження від нормативних тимчасових рухомих навантажень, що розглядаються.

Якщо нерівність (5.1) не задовольняється, тобто $p_e > q_e$, то обчислюється величина зниження вантажопідйомності δ (у відсотках), за якою класифікується експлуатаційний стан.

Значення δ вираховують за формулою:

$$\delta = \left(1 - \frac{q_e}{p_e}\right) 100. \quad (5.2)$$

5.2.4 Значення граничного еквівалентного навантаження вираховують за формулами:

за першою групою граничних станів

$$q_e = \frac{S_{ГР}^I - \sum_{i=1}^k \gamma_{fi} g_i \omega}{\Omega_I}, \quad (5.3)$$

за другою групою граничних станів

$$q_e = \frac{S_{ГР}^{II} - \sum_{i=1}^k g_i \omega}{\Omega_{II}}, \quad (5.4)$$

де S_{AD}^I, S_{AD}^{II} – граничне зусилля в елементі, обчислене за I та II групами граничних станів відповідно;

g_i – нормативне значення інтенсивності постійного навантаження;

γ_i – коефіцієнт надійності за постійним навантаженням;

ω – сумарна площа ділянок ліній впливу, $\omega = \sum_{i=1}^n \omega_i$;

Ω_I, Ω_{II} – розрахункові площі ліній впливу відповідних зусиль;

k – кількість видів постійного навантаження;

n – кількість ділянок лінії впливу.

Розрахункові площі ліній впливу зусиль тимчасового навантаження, що розглядається, обчислюють за формулами:

- навантаження колісне

$$\Omega_I = \gamma_f (1 + \mu) \text{КПР} \omega, \quad (5.5)$$

$$\Omega_{II} = \text{КПР} \omega, \quad (5.6)$$

- навантаження АК

$$\Omega_I = \gamma_{fv} (1 + \mu) \text{КПР}_v \omega_{\eta_1} \eta_1 + \gamma_{fb} (1 + \mu) \text{КПР}_b \omega_{\eta_2} \eta_2, \quad (5.7)$$

$$\Omega_{II} = \text{КПР}_v \omega_{\eta_1} \eta_1 + \text{КПР}_b \omega_{\eta_2} \eta_2, \quad (5.8)$$

де $\gamma_{fv}, (1 + \mu)$ – коефіцієнти відповідно надійності, динамічності тимчасових навантажень, що розглядаються;

КПР – коефіцієнт поперечного розподілу колісного навантаження;

КПР_v – коефіцієнт поперечного розподілу смугового навантаження;

КПР_b – коефіцієнт поперечного розподілу тандема.

$\eta_1; \eta_2$ – коефіцієнти впливу відповідно смуги та тандема (таблиця 5.2);

ω_i – площа ділянок лінії впливу одного знака.

Таблиця 5.2 – Коефіцієнти η_1 та η_2

Коефіцієнти впливу	Довжина прогону, м						
	5	10	15	20	25	30	40
η_1	0,135	0,195	0,270	0,320	0,370	0,450	0,510
η_2	0,865	0,805	0,730	0,680	0,630	0,550	0,490

Примітка. Сума коефіцієнтів впливу $\eta_1 + \eta_2 = 1$

5.2.5 За необхідності може бути проведено випробування прогонової будови контрольним навантаженням, еквівалентним до встановленої вантажопідйомності.

5.2.6 Класифікацію експлуатаційного стану прогонових будов за результатами визначення їх вантажопідйомності наведено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Уточнення класифікації стану прогонових будов за вантажопідйомністю

Експлуатаційний стан	Назва експлуатаційного стану	Зниження вантажопідйомності δ , %
Стан 1	Справний	$0 < \delta \leq 0,1$
Стан 2	Обмежено справний	$0,1 < \delta \leq 3,2$
Стан 3	Працездатний	$3,2 < \delta \leq 14,6$
Стан 4	Обмежено працездатний	$14,6 < \delta \leq 40,0$
Стан 5	Непрацездатний	$\delta > 40,0$

5.2.7 Розрахунки, що виконуються з метою визначення можливості пропуску великовагового транспортного засобу по мосту, виконують тільки за міцністю елементів.

5.2.8 Для мостів із великим строком експлуатації, які мають у прогоновій будові тріщини з розкриттям більше 0,2 мм, та мостів з обмеженим залишковим строком експлуатації, за відповідним техніко-економічним обґрунтуванням дозволяється не проводити розрахунки залізобетонних прогонових будов за тріщиностійкістю.

5.2.9 Для обчислення вантажопідйомності елементів мостів відносно реальних експлуатаційних навантажень, що визначаються вагою m поодинокого автомобіля максимальної маси в колоні рухомого навантаження, виконуються розрахунки на рухомі навантаження за схемами Н-30 та Н-40. Алгоритм визначення вантажопідйомності прогонових будов відносно ваги рухомих навантажень за схемами Н-30 та Н-40 наведено в додатку Б.

5.3 Визначення стану прогонових будов мостів за результатами обчислення їх характеристики безпеки

5.3.1 Для класифікації стану прогонових будов мостів аналітичне вираховується реальна на час обстеження характеристика безпеки β . Це є факультативним уточненням класифікації стану.

5.3.2 Початковими даними для вирахування β є дані обстежень з визначеними для елемента механічними характеристиками матеріалів та кількісними показниками деградації його поперечного перерізу. Параметрами, що відображають імовірнісну природу факторів напружено-деформованого стану елемента, є коефіцієнти варіації характеристик міцності матеріалів та тимчасового рухомого навантаження. Ці дані незалежні від поточного стану елемента моста і наводяться в алгоритмі обчислення характеристики безпеки в додатку В.

5.4 Призначення експлуатаційних заходів

5.4.1 Для кожного з експлуатаційних станів визначено необхідні експлуатаційні заходи та рівень зносу. У таблиці 5.4 надаються регламентовані експлуатаційні заходи в кожному із станів.

Таблиця 5.4 – Деградація елементів та експлуатаційні заходи

Експлуатаційний стан	Характеристика безпеки β	Знос елемента, %	Експлуатаційні заходи
1	2	3	4
Стан 1 Справний	3,8	0-3	Ведуться планові обстеження та догляд
Стан 2 Обмежено справний	3,0	3-8	Ведуться планові обстеження, догляд та поточні ремонти без обмеження руху
Стан 3 Працездатний	2,4	8-27	Ведуться планові обстеження, скорочуються терміни між періодичними оглядами, виконуються поточні ремонти. За необхідності, обмежується швидкість руху
Стан 4 Обмежено працездатний	2,1	27-42	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 забезпечення безаварійної експлуатації мосту
Стан 5 Непрацездатний	1,7	42-65	Ведеться постійний нагляд та контроль за виконанням обмежень руху з залученням спеціалізованої організації. Терміново вирішується питання про реконструкцію споруди або ж про її закриття. Вживаються тимчасові заходи щодо запобігання аварії

6 ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ЕЛЕМЕНТІВ МОСТІВ

6.1 Строк безаварійної експлуатації моста прогнозується за результатом розв'язку задачі визначення часу переходу елементів моста з одного експлуатаційного стану в інший, нижчого рівня.

Модель деградації елемента, тобто перехід із одного експлуатаційного стану в інший, описується як процес Пуассона з дискретними станами та неперервним часом

$$P_i = 1 - 0,008333 (\lambda t)^5 e^{-\lambda t}, \quad (6.1)$$

де P_i – надійність елемента в i -му експлуатаційному стані;

λ – параметр, інтенсивність відмов;

e – постійна, $e = 2,718$;

t – час.

Залежність (6.1) дає змогу знайти час переходу з одного стану в інший при заданому параметрі λ – інтенсивності відмов.

6.2 Вихідними даними для визначення остаточного ресурсу є надійність елемента P_i та час, що пройшов від початку експлуатації до стану i , який визначається часом t_i . Ці дані отримуються на підставі оглядів і обстежень, перевірочних розрахунків вантажопідйомності, обчислення реальної характеристики безпеки β та класифікації експлуатаційного стану.

6.3 Інтенсивність відмов λ для елемента знаходиться з рівняння (6.1) як його розв'язок за відомих початкових умов:

а) надійності елемента в i -му експлуатаційному стані P_i , що отримано з класифікаційної таблиці експлуатаційних станів;

б) часу t_i , що пройшов від початку експлуатації елемента до моменту класифікації його експлуатаційного стану.

Для практичних розрахунків у додатку Г наведено алгоритм, допоміжні таблиці та номограма для визначення параметра інтенсивності відмов.

6.4 Із рівняння деградації елемента (6.1) за відомою надійністю елемента P_i в стані i та визначеним параметром інтенсивності відмов елемента λ

знаходиться час T_n , який пройде від початку експлуатації елемента до стану n . У випадку $n = 5$ час T_n буде прогнозуванням залишкового ресурсу.

У додатку Г наведено розв'язання рівняння (6.1) для фіксованих значень інтенсивності відмов елемента λ .

6.5 Модель деградації (6.1) також узагальнюється на процес із відновленням, тобто на випадок ремонту, який повертає елемент із стану i до вищого стану $j < i$. У цьому випадку вираховується нове значення параметра інтенсивності відмов $\lambda_j < \lambda_i$, що відповідає новим фізико-механічним властивостям елемента, які описуються іншою деградаційною кривою з ресурсом $T_j > T_i$.

6.6 У випадку відновлення вихідними даними для визначення залишкового ресурсу елемента є:

- визначена за класифікаційною таблицею надійність елемента P у стані до відновлення та час t_i , що пройшов від початку експлуатації до стану i ;
- визначена за розрахунками вантажопідйомності та класифікаційною таблицею надійність елемента P_k в стані k після відновлення $k < i$.

Алгоритм визначення залишкового ресурсу наведено в додатку Г.

7 ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СПОРУДИ В ЦІЛОМУ

7.1 Для інтегральної оцінки технічного стану споруди введено два показники: експлуатаційний стан елементів моста та формалізовану експертну оцінку споруди в цілому.

7.2 Експлуатаційна оцінка моста в цілому є узагальненою характеристикою експлуатаційної придатності за станом всіх його елементів. Визначення експлуатаційного стану моста збігається з визначенням для елементів споруди за таблицею 4.1.

7.3 Класифікується експлуатаційний стан моста як *найнижчий* із показників експлуатаційного стану його елементів:

- прогонових будов;
- опор;

- фундаментів.

7.4 Кількісним показником експертного визначення технічного стану споруди (мостового переходу в цілому) є формалізована експертна оцінка (рейтинг), що служить:

- для ранжування мостів у рамках певної дорожньої мережі за потреби ремонту або реконструкції;

- для планування на цій основі видатків на ремонт, реконструкцію або будівництво нового моста.

7.5 Експертна експлуатаційна оцінка служить у системі управління мостами показником потреби виконання експлуатаційних заходів:

- встановлення режиму утримання споруди;

- встановлення термінів та видів ремонту;

- призначення параметрів посилення, поширення;

- прийняття рішення щодо необхідності та доцільності заміни, реконструкції або капітального ремонту.

7.6 Експертна експлуатаційна оцінка технічного стану споруди визначається за шкалою безрозмірних коефіцієнтів E у 100 балів.

7.7 Експертна експлуатаційна оцінка є середньозваженим значенням визначення експлуатаційного стану груп конструктивних елементів споруди, що розглядаються в цій Настанові:

- елементи проїзної частини;

- елементи прогонової будови;

- опори та опорні частини;

- фундаменти;

- підмостове русло;

- регуляційні споруди;

- підходи.

Експлуатаційний стан групи елементів приймається за станом найбільш слабкого елемента в групі.

7.8 Обчислюється експертна оцінка B технічного стану споруди за

формулою

$$E = \frac{80 (5 - \sum_{i=1}^{i=7} \alpha_i D_i)}{4} + 20, \quad (7.1)$$

де D_i – номер експлуатаційного стану групи конструктивних елементів споруди згідно з класифікаційною таблицею 4.1;

α_i – коефіцієнти впливу стану i -го елемента на загальний стан споруди (нормалізовані коефіцієнти ваги), $i = 1, 2, \dots, 7$.

Значення вагових коефіцієнтів надано в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Вагові коефіцієнти у формулі експертної оцінки технічного стану споруди

Елемент		Проїзна частина	Прогнозна будова	Опора та опорні частини	Фундамент	Підмостове русло	Регуляційна споруда	Підходи
Коефіцієнт впливу α_i	Міст через водну перешкоду	0,06	0,38	0,19	0,13	0,11	0,08	0,05
	Міст без регуляційних споруд	0,07	0,41	0,21	0,14	0,12	–	0,05
	Шляхопровід, естакада, віадук	0,07	0,46	0,23	0,27	–	–	0,07

7.9 У залежності від рейтингу споруди таблицею 7,2 визначається потреба у виконанні експлуатаційних заходів,

Таблиця 7.2 – Потреба у виконанні експлуатаційних заходів

Експлуатаційний стан	Рейтинг балів, від–до	Експлуатаційні заходи
Стан 1 Справний	100-95	Ведуться планові обстеження та догляд
Стан 2 Обмежено справний	94-80	Ведуться планові обстеження, догляд та поточні ремонти без обмеження руху

Кінець таблиці 7.2

Експлуатаційний стан	Рейтинг балів, від-до	Експлуатаційні заходи
Стан 3 Працездатний	79-60	Ведуться планові обстеження, скорочуються терміни між періодичними оглядами, виконуються поточні ремонти. За необхідності, обмежується швидкість руху
Стан 4 Обмежено працездатний	59-40	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
Стан 5 Непрацездатний	39-20	Ведеться постійний нагляд та контроль за виконанням обмежень руху з залученням спеціалізованої організації. Терміново вирішується питання про реконструкцію споруди або про її закриття. Вживаються тимчасові заходи до запобігання аварії

ДОДАТОК А

(довідковий)

**КЛАСИФІКАЦІЙНІ ТАБЛИЦІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ СТАНІВ
ЕЛЕМЕНТІВ МОСТА****Таблиця А.1** – Експлуатаційні стани мостового полотна

Стан	Дефект або порушення	Відсотки зносу
1	2	3
1	Додатковий шар асфальтобетону до 2 см (поверхнева обробка) Поодинокі тріщини в покритті з розкриттям до 0,5 мм Незначні порушення поперечного профілю Незначні порушення поздовжнього профілю Невеликі просадки при в'їзді на міст (до 2 см)	0-1
2	Поперечні тріщини в покритті від бордюру до середини проїзної частини до 3 мм Похилі тріщини в покритті від бордюру до середини проїзної частини до 3 мм Колійність вздовж бордюрів до 3 см Напливи біля бордюрів до 3 см Тріщини в покритті тротуарів у стиках тротуарних плит з розкриттям до 1 мм Лущення фарби металеві поручневої огорожі Лущення фарби металеві бар'єрної огорожі Незначна погнутість заповнення поручневої огорожі Незначна погнутість заповнення стрічки металеві бар'єрної огорожі Відсутність болтів з'єднання секцій металеві бар'єрної огорожі Недостатня довжина водовідвідних трубок. Відсутність плавного з'єднання моста з насипом підходів	1-4
3	Вибоїни і ями в покритті завглибшки до 3 см площею 10 % від загальної площі проїзної частини. Колійність вздовж бордюрів до 5 см Напливи біля бордюрів до 5 см Поперечні хвилі в покритті перед в'їздом на міст Поперечні тріщини в покритті перед в'їздом на міст Руйнування асфальтобетонного покриття в місцях розташування деформаційних швів Пошкодження елементів деформаційних швів. Тріщини в покритті над деформаційними швами	4-14

Кінець таблиці А.1

1	2	3
3	<p>Відсутність деформаційних швів на тротуарах. Руйнування покриття на тротуарах Пошкодження залізобетонної поручневої огорожі (корозія бетону і арматури) Пошкодження залізобетонної бар'єрної огорожі (корозія бетону і арматури) Корозія металевої поручневої огорожі. Пошкодження захисного шару Засміченість покриття водовідвідних трубок Заповнення асфальтобетоном покриття водовідвідних трубок Застої води на проїзній частині.</p>	4-14
4	<p>Значні порушення поперечного профілю Значні порушення поздовжнього профілю Вибоїни і ями в покритті завглибшки до 5 см площею 25 % від загальної площі проїзної частини. Пошкодження гідроізоляції проїзної частини Розладнання деформаційних швів Відсутність секцій поручневої огорожі Відрив стояків бар'єрної огорожі Пошкодження бетону тротуарних плит з оголенням і корозією арматури Відсутність покриття на тротуарах Відсутність гідроізоляції на тротуарах Відсутність водовідвідних трубок Значна корозія водовідвідних трубок Руйнування водовідвідного лотка</p>	14-33
5	<p>Поздовжні тріщини в покритті над поздовжніми стиками балок Провалювання при в'їздах Вибоїни і ями в покритті завглибшки до 8-10 см площею 40-50 % від загальної площі проїзної частини Повне руйнування деформаційних швів Проломи тротуарних плит Протічки води крізь дорожнє покриття на елементи моста</p>	33-65

Таблиця А.2 – Експлуатаційні стани прогонових будов із звичайного залізобетону

Стан	Дефект або порушення	Відсотки зносу
1	2	3
1	Поодинокі тріщини у розтягнутому бетоні з розкриттям до 0,1-0,2 мм Поодинокі тріщини у розтягнутому бетоні за відсутності агресивного середовища з розкриттям до 0,3 мм Усадочні тріщини з розкриттям до 0,2 мм Місцеві сколювання бетону без оголення арматури Поодинокі раковини на зовнішній поверхні прогонових будов Патьоки на зовнішній поверхні прогонових будов без слідів іржі Водневий показник $pH=11$	0-1
2	Мережа усадочних тріщин Місцеві оголення арматури Сліди вилуговування бетону Силові тріщини у розтягнутій зоні конструкцій з розкриттям до 0,2 ... 0,3 мм Водневий показник $pH=10$	1-4
3	Окремі поперечні тріщини в розтягнутій зоні з розкриттям понад 0,3 мм Окремі похилі тріщини в розтягнутій зоні з розкриттям понад 0,3 мм Пошкодження захисного шару бетону Корозія арматури Фільтрація води крізь плиту проїзної частини з пошкодженням бетону (вилуговування, розморожування) Окремі пошкодження поперечного об'єднання балок Водневий показник $pH = 9$	4-14
4	Багаточисельні тріщини з розкриттям понад 0,3 мм Інтенсивна корозія арматури з ослабленням площі понад 10 % Пошкодження бетону від вилуговування його на більшій частині плити проїзної частини Пошкодження бетону від розморожування його на більшій частині плити проїзної частини Місцеве порушення поперечних зв'язків між елементами прогонових будов Водневий показник $pH=8$	14-33

Кінець таблиці А.2

1	2	3
5	<p>Силові тріщини в стисненій зоні бетону з розкриттям понад 0,2 мм</p> <p>Наскрізні похилі тріщини в приопорних ділянках</p> <p>Значна корозія арматури з ослабленням площі понад 30 %</p> <p>Руйнування поперечного об'єднання балок прогонових будов з утворенням груп балок, які не забезпечують самостійного сприйняття нормативних навантажень</p> <p>Загальні деформації (прогини) конструкцій від випробувального навантаження, приведені до нормативних тимчасових навантажень, перевищують регламентовані згідно з ДБН В.2.3-22</p> <p>Залишкові деформації перевищують 1/3 пружного прогину</p> <p>Прогини блоків збірних мостів нерівномірні</p> <p>Відсутнє надійне обпирання головних балок на опорні частини або ригелі опор</p> <p>Водневий показник $pH=7$</p>	33-65

Таблиця А.3 – Експлуатаційні стани прогонових будов з попередньо напруженого залізобетону

Стан	Дефект або порушення	Відсотки зносу
1	2	3
1	<p>Поодинокі сколювання у бетоні незначних розмірів без оголення арматури</p> <p>Поодинокі раковини у бетоні незначних розмірів без оголення арматури</p> <p>Місцеві патьоки на зовнішній поверхні прогонових будов без слідів вилуговування</p> <p>Поодинокі волосяні тріщини без слідів іржі з розкриттям до 0,2 мм</p> <p>Водневий показник $pH = 11$</p>	0-1
2	<p>Місцеві температурно-усадочні тріщини з розкриттям до 0,1-0,2 мм</p> <p>Місцеві сколювання бетону без оголення арматури</p> <p>Місцеві раковини без оголення арматури</p> <p>Місцеві патьоки без оголення арматури</p> <p>Водневий показник $pH = 10$</p>	1-5

Кінець таблиці А.3

1	2	3
3	<p>Чисельні сколювання у розтягнутій зоні конструкції</p> <p>Чисельні раковини у розтягнутому бетоні</p> <p>Сліди вилуговування на плиті проїзної частини</p> <p>Незначні порушення зв'язків між елементами прогонових будов</p> <p>Водневий показник $pH = 9$</p> <p>Поодинокі розкриття силових тріщин у похилих перерізах або вздовж арматури у разі достатньої міцності захисного шару бетону</p>	5-15
4	<p>Тріщини у розтягнутому бетоні з розкриттям понад 0,2 мм</p> <p>Похилі силові тріщини в опорних зонах</p> <p>Температурні тріщини в опорних зонах</p> <p>Недостатня рухомість опорних частин</p> <p>Пошкодження опорних частин</p> <p>Угон опорних частин</p> <p>Сліди вилуговування бетону на плиті проїзної частини</p> <p>Сліди вилуговування бетону на ребрах балок</p> <p>Порушення поперечних зв'язків між елементами</p> <p>Водневий показник $pH = 8$</p>	15-36
5	<p>Поздовжні тріщини у стисненому бетоні вздовж попередньо напруженої арматури з відшаруванням захисного шару бетону</p> <p>Сліди іржі біля тріщин</p> <p>Порушення спільної роботи елементів прогонової будови</p> <p>Нерівномірний прогин елементів прогонової будови</p> <p>Водневий показник $pH = 7$</p>	36-70

Таблиця А.4 – Експлуатаційні стани прогонових будов сталевих мостів

Стан	Дефект або порушення	Відсотки зносу
1	2	3
1	<p>Місцеві пошкодження антикорозійного покриття</p> <p>Дефекти фарби: тріщини, міхури, злущення</p> <p>Незначні погнутості елементів решітки, які не знижують міцності</p> <p>Застій води на проїзній частині</p> <p>Зволоження елементів</p>	0-1

Продовження таблиці А.4

1	2	3
2	Місцеві погнутості на поличках балок Місцеві погнутості на поясах ферм Незначна корозія зв'язків Неякісні зварні з'єднання Неякісні заклепкові з'єднання Окремі шлакові включення у зварних швах Окремі пори у зварних швах Нещільне прилягання головок окремих заклепок Корозія не перевищує 2% поверхні балок або ферм	1-4
3	Незначна корозія елементів ферм Незначна корозія елементів балок Послаблення деяких заклепок Пошкодження несних елементів проїзної частини Невстановлення зварних з'єднань при кріпленні в'язів Невстановлення болтових з'єднань при кріпленні в'язів Пропуск зварних з'єднань при кріпленні в'язів Пропуск болтових з'єднань при кріпленні в'язів Непрямолінійність розтягнутих елементів Зміщення головки заклепки від її осі до $0,1 d$, d – діаметр Нещільне стягування пакета із сталевих листів високоміцними болтами Корозія не перевищує 4 % поверхні балок або ферм	4-13
4	Тріщини від втомленості у косинках ферм та інших елементах Наявність окремих розірваних болтів у вузлах з'єднання елементів Наявність окремих розірваних зварних швів у вузлах з'єднання елементів Незаповненість зварних швів Підрізи основного металу при зварюванні Непровари в зварних швах Шлакові включення в зварних швах Тріщинуватість головок заклепок Зарубки головок заклепок Випучування стінки суцільної балки до $0,003h$, h – висота балки Перекіс поличок елементів таврового перерізу Перекіс поличок елементів двотаврового перерізу Тріщини в болтах Тріщини в гайках Зминання шайб Зминання головки болта Недостатня довжина різі болта Корозія не перевищує 6% поверхні балок або ферм	13-31

Кінець таблиці А.4

1	2	3
5	<p>Корозія основних несних елементів</p> <p>Тріщини від втомленості металу</p> <p>Залишкові прогини балок</p> <p>Провисання ферм</p> <p>Тріщини зварних з'єднань у вузлах опорних елементів</p> <p>Тріщини та розриви болтових з'єднань у вузлах опорних елементів</p> <p>Тріщини та розриви зварних з'єднань у вузлах зв'язувальних елементів</p> <p>Тріщини болтових з'єднань у вузлах зв'язувальних елементів</p> <p>Втрата стійкості стиснутих елементів</p> <p>Тріщини у зварних швах</p> <p>Тріщини у навколошовній зоні</p> <p>Напливи у зварних швах</p> <p>Кратери у зварних швах</p> <p>Звуження зварних швів</p> <p>Переривання зварних швів</p> <p>Розриви горизонтальних зв'язків верхнього пояса ферм прогонових будов з їздою по низу</p> <p>Корозія перевищує 10 % поверхні балок або ферм</p>	31-60

Таблиця А.5 – Експлуатаційні стани прогонових будов сталезалізобетонних мостів

Стан	Дефект або порушення	Відсотки зносу
1	2	3
1	<p>Місцеві пошкодження пофарбування</p> <p>Місцева погнутість елементів решітки, що не знижує їх міцності</p>	0-1
2	<p>Місцева погнутість поясів ферм</p> <p>Місцева погнутість стиснутих елементів ферм</p> <p>Незначна корозія з'єднань</p> <p>Корозія металу внаслідок порушення термінів пофарбування з ознаками замокання</p> <p>Корозія металу внаслідок неякісного виконання пофарбування з ознаками замокання</p> <p>Іржаві патьоки червоно-бурого кольору у пофарбуванні біля тріщин, що з'явилися внаслідок помилок проекту</p> <p>Іржаві патьоки червоно-бурого кольору у пофарбуванні біля тріщин, що з'явилися внаслідок помилок виконання</p> <p>Тривалий застій води в елементах з'єднань</p> <p>Тривалий застій води в елементах поясів</p> <p>Корозія не перевищує 2 % поверхні балок або ферм</p>	1-4

Кінець таблиці А.5

1	2	3
3	<p>Незначна корозія ферм Незначна корозія балок Деформація окремих елементів з'єднань Тріщини у зварних швах через неякісне виконання зварювання Непровари у зварних швах через неякісне виконання зварювання Шлакові включення у зварних швах через неякісне виконання зварювання Пори у зварних швах через неякісне виконання зварювання Пропалення ділянок зварних швів через неякісне виконання зварювання Ослаблення поодиноких заклепок Ослаблення поодиноких болтів Корозія не перевищує 4 % поверхні балок або ферм</p>	4-14
4	<p>Значна корозія балочної клітки Значна корозія з'єднань Ослаблення груп заклепок Ослаблення груп болтів Розриви окремих елементів з'єднань Тріщини втомленості у косинках ферм та інших елементах конструкцій Ознаки угону опорних частин</p>	14-33
4	<p>Пробої в мостах з їздою по низу внаслідок ударів транспортних засобів або при недостатніх габаритах проїзду Вм'ятини в мостах з їздою по низу внаслідок ударів транспортних засобів або при недостатніх габаритах проїзду Місцева погнутість в мостах з їздою по низу внаслідок ударів транспортних засобів або при недостатніх габаритах проїзду Розриви в мостах з їздою по низу внаслідок ударів транспортних засобів або при недостатніх габаритах проїзду Викривлення елементів Втрата стійкості верхніх поясів у відкритих мостах з їздою по низу через помилки проекту або зростання навантажень Корозія не перевищує 6 % поверхні балок або ферм</p>	
5	<p>Значна корозія металу більше за 10 % його площі з ослабленням усіх елементів Тріщини втомленості в елементах ферм Деформації стиснутих елементів ферм Деформації решітки ферм Нерівномірний поздовжній прогин Нерівномірний поперечний прогин Провисання ферм Перекис опорних частин Розшарування листів металу Тріщини у зонах з'єднань полицок зі стінками зварних двотаврових балок великого перерізу, особливо в старих мостах через низьку якість сталі Наявність тріщин у зонах з'єднань полицок зі стінками прокатних двотаврових балок великого перерізу, особливо в старих мостах через низьку якість сталі</p>	33-65

Таблиця А.6 – Експлуатаційні стани залізобетонних плит сталезалізобетонних мостів

Стан	Дефект або порушення	Відсотки зносу
1	2	3
1	Окремі вибоїни Окремі раковини Дрібні тріщини з розкриттям до 0,2 мм без оголення арматури і слідів іржі Водневий показник $pH=11$	0-1
2	Сітки тріщин від усадки Місцеве оголення арматури Незначні сліди вилуговування Затікання в окремих місцях Водневий показник $pH = 10$	1-4
3	Вилуговування бетону у вигляді сталактитів Вилуговування бетону у вигляді висолів Вилуговування бетону у вигляді плям іржі Оголення арматури на значній площі Руйнування плити проїзної частини у зонах деформаційних швів Сколювання в монолітній частині плити Раковини в монолітній частині плити Каверни в монолітній частині плити Сколювання в зонах омонолічування Раковини в зонах омонолічування Каверни в зонах омонолічування Водневий показник $pH = 9$	4-14
4	Сітка тріщин у зонах від'ємних моментів над опорами нерозрізних сталезалізобетонних мостів внаслідок зростання тимчасового навантаження Водневий показник $pH = 8$	14-33
5	Сітка тріщин у зонах розміщення упорів сталезалізобетонних мостів через розладнання з'єднань зі сталевими балками Неякісне ущільнення бетону в окремих збірних плитах Водневий показник $pH = 7$	33-65

Таблиця А.7 – Експлуатаційні стани металевих опорних частин

Стан	Дефект або порушення	Відсотки зносу
1	2	3
1	Пошкодження фарби на металевих деталях незначні Джерело І класу (відсутність джерел)	0-1

Кінець таблиці А.7

2	Пошкодження місцеві на поверхнях тертя Мастило на поверхнях тертя відсутнє Місцеве пошкодження фарби бокових поверхонь Часткова корозія бокових поверхонь	1-4
3	Суцільна корозія поверхонь тертя опорних частин Порушення бетону (тріщини, сколювання) несних конструкцій (балок, підфермеників) поруч з опорними пластинами	4-14
4	Зміщення опорних частин від проектного положення Надвеликий нахил валків опорних частин Перекіс коткових опорних частин Угон коткових опорних частин Часткове зменшення рухомості опорних частин	14-33
5	Тріщини елементів опорних частин Відколи елементів опорних частин Зрізи елементів опорних частин Розриви елементів опорних частин Значне зменшення рухомості елементів опорних частин	33-65

Таблиця А.8 – Експлуатаційні стани залізобетонних опорних частин

Стан	Дефект або порушення	Відсотки зносу
1	2	3
1	Пошкодження фарби на металевих деталях незначне	0-1
2	Корозія верхньої металевої деталі (пластини) опорних частин Корозія нижньої металевої деталі (пластини) опорних частин Відсутність мастила на поверхнях тертя Лущення фарби на металевих деталях Відсутність фарби на металевих деталях	1-4
3	Сколювання бетону у валках опорних частин Поздовжні тріщини у валках опорних частин Місцеві пошкодження поверхонь тертя	4-14
4	Розшарування бетону тіла опорних частин з оголенням та корозією арматури Зміщення опорних частин від проектного положення Надвеликий нахил валків опорних частин	14-33
5	Тріщини в елементах опорних частин Сколювання в елементах опорних частин Зрізи елементів опорних частин Розриви елементів опорних частин Зменшення рухомості опорних частин Заклинювання опорних частин Руйнування елементів опорних частин Втрата елементів опорних частин	33-65

Таблиця А.9 – Експлуатаційні стани гумових опорних частин

Стан	Дефект або порушення	Відсотки зносу
1	2	3
1	Тіло опорних частин має невеликі нахили	0-1
2	Значні нахили тіла опорних частин Гумові поверхні мають сліди старіння гуми – шорстка нерівна поверхня Гумові поверхні мають сліди старіння гуми – наявна сітка мілких тріщин	1-4
3	Випирання гуми Пухирі в гумі Тріщини вздовж металевих пластин армування гумових опорних частин Зміщення опорних частин із нависанням за підферменик Відсутність повного контакту опорних частин по всій їх поверхні	4-14
4	Розриви вздовж металевих пластин (відшарування) Наявність значних зон відлипання опорних частин від підфермеників Корозія металевих пластин	14-33
5	Відриви опорних частин Розриви опорних частин наскрізь Суцільне руйнування тіла опорних частин	33-65

Таблиця А.10 – Експлуатаційні стани залізобетонних (кам'яних) підфермеників

Стан	Дефект або порушення	Відсотки зносу
1	2	3
1	Поверхні захисного шару бетону або каменю мають незначні раковини	0-1
2	Замокання частини тіла підферменика через деформаційний шов Сліди вилуговування захисного шару (зміна кольору бетону) Окремі волосяні тріщини	1-4
3	Тріщини у залізобетонних підфермениках з розкриттям до 0,3 мм Сколювання захисного шару бетону ребер з оголенням арматури Сколювання захисного шару бетону граней з оголенням арматури Вивітрювання каменю тіла кам'яних підфермеників	4-14

Кінець таблиці А.10

1	2	3
4	Значні сколювання тіла підфермеників Вертикальні тріщини з розкриттям 0,5-1,5 мм Часткове оголення анкерів опорних частин	14-33
5	Суцільне розтріскування тіла підферменика Втрата частки тіла підферменика під опорною частиною Зависання опорної частини Пересування опорної частини Руйнування стику між підфермеником та ригелем	33-65

Таблиця А.11 – Експлуатаційні стани ригелів опор

Стан	Дефект або порушення	Відсотки зносу
1	2	3
1	Поверхні захисного шару граней ригелів мають незначні фізичні пошкодження Невеликі сліди висолів на гранях ригелів Незначні пошкодження монолітних стиків збірних елементів ригелів Водневий показник $pH = 11$	0-1
2	Значні за розмірами сліди висолів на гранях ригелів Лушчіння бетонної поверхні Наявність окремих тріщин із розкриттям до 0,3 мм Локальні сітки тріщин із розкриттям 0,1-0,3 мм Локальне вилуговування захисного шару Наявні нахили ригелів Водневий показник $pH = 10$	1-4
3	Руйнування (вивітрювання) бетону на глибину до 10 мм на бокових поверхнях консолей ригелів Руйнування (вивітрювання) бетону на глибину до 10 мм на торцевих поверхнях консолей ригелів Сколювання захисного шару граней Оголення та корозія арматури Горизонтальні тріщини з розкриттям 0,1-0,5 мм Вертикальні тріщини з розкриттям до 1,5 мм Суцільна сітка тріщин на верхній поверхні ригелів з розкриттям 0,5-1,5 мм Суцільна сітка тріщин на нижній поверхні ригелів з розкриттям 0,5-1,5 мм Окремі відколи бетону на глибину до 30 мм Водневий показник $pH = 9$	4-14

Кінець таблиці А.11

1	2	3
4	Вертикальні наскрізні тріщини з розкриттям до 1,5 мм Свищі консолей ригелів із розкриттям до 1,5 мм Суцільна сітка тріщин з розкриттям до 1,0-1,5 мм завдовжки до 0,4-0,8 м Наявність силових тріщин з розкриттям до 0,3 мм Водневий показник $pH = 8$	14-33
5	Силові похилі тріщини тіла ригелів із розкриттям до 0,5-1,5 мм Вертикальні тріщини тіла ригелів із розкриттям до 0,5-1,5 мм Суцільне оголення крайніх арматурних каркасів Втрата цілісності тіла ригелів Руйнування поверхонь тіла ригелів Руйнування тіла ригелів під опорними частинами Водневий показник $pH = 7$	33-65

Таблиця А.12 – Експлуатаційні стани стояків опор

Стан	Дефект або порушення	Відсотки зносу
1	2	3
1	Незначні малочисельні раковини на поверхні захисного шару стояків Локальні сліди замокання Водневий показник $pH = 11$	0-1
2	Наявність нахилів стояків від вертикалі Сліди вилуговування захисного шару Вертикальні тріщини з розкриттям до 0,1-0,3 мм в залежності від місця розташування моста та кількості циклів заморожування-відтавання за рік Горизонтальні тріщини з розкриттям до 0,1-0,3 мм в залежності від місяця розташування моста та кількості циклів заморожування-відтавання за рік Невеликі сколювання захисного шару ребер прямокутних стояків Сітка тріщин монтажних стиків стояків по їх висоті з розкриттям до 0,3 мм Водневий показник $pH = 10$	1-4
3	Пошкодження захисного шару на глибину до 30 мм Локальне оголення та корозія арматури Руйнування захисного шару монтажних стиків стояків по їх висоті з оголенням металу Сітка тріщин на поверхні оболонок стояків із розкриттям до 0,2 мм Водневий показник $pH = 9$	4-14

Кінець таблиці А.12

1	2	3
4	Пошкодження тіла стояків на глибину до 70 мм з оголенням та корозією арматури на великих площах Свищі в тілі оболонок стояків Вертикальні тріщини з розкриттям до 0,5-1,5 мм Поздовжні вигини високих стояків Зафіксоване деяке зменшення міцності бетону в порівнянні з проектною Водневий показник $pH = 8$	14-33
5	Значні пошкодження тіла стояків, які призводять до зменшення розрахункових поперечних перерізів або зміни розрахункової схеми, значне зменшення міцності бетону в порівнянні з проектною Водневий показник $pH = 7$	33-65

Таблиця А.13 – Експлуатаційні стани стоянів моста

Стан	Дефект або порушення	Відсотки зносу
1	2	3
1	Шафові стінки мають незначні пошкодження захисного шару (вилуговування, лушіння) Відкрилки (закрилки) мають незначні пошкодження захисного шару (вилуговування, лушіння) Водневий показник $pH = 11$	0-1
2	Шафові стінки відхилились від проектного положення Шафові стінки мають руйнування захисного шару на глибину до 30 мм з оголенням і корозією арматури Відкрилки (закрилки) відхилились від проектного положення Відкрилки (закрилки) мають руйнування захисного шару на глибину до 30 мм з оголенням і корозією арматури Водневий показник $pH = 10$	1-4
3	Тіло стоянів має невеликі нахили від вертикалі Елементи стоянів мають тріщини з розкриттям до 0,3 мм Відсутні шафові стінки (грунт насипів утримується кінцевими діафрагмами прогонових будов) Шафові стінки відокремилися від ригелів (насадок) стоянів Водневий показник $pH = 9$	4-14
4	Великі нахили тіла стоянів від вертикалі Наявність силових тріщин у тілі стояна з розкриттям більше 0,3 мм Наявність силових тріщин у тілі насадки з розкриттям більше 0,3 мм Значні руйнування захисного шару з оголенням і корозією арматури Підмив стоянів Водневий показник $pH = 8$	14-33

Кінець таблиці А.13

1	2	3
5	<p>Переміщення стоянів у плані, які викликали заклинювання опорних частин</p> <p>Переміщення стоянів у плані, які викликали зсув прогонових будов</p> <p>Переміщення стоянів по вертикалі, які викликали заклинювання опорних частин</p> <p>Переміщення стоянів по вертикалі, які викликали зсув прогонових будов</p> <p>Великі пошкодження тіла стоянів</p> <p>Водневий показник $pH = 7$</p>	33-65

Таблиця А.14 – Експлуатаційні стани кам'яних опор

Стан	Дефект або порушення	Відсотки зносу
1	2	3
1	<p>Локальне вивітрювання розчину кладки на глибину до 1-3 см</p> <p>Висоли по бокових поверхнях</p> <p>Висоли по фасадних поверхнях</p>	0-1
2	<p>Суцільне вивітрювання розчину кладки на глибину 3-5 см</p> <p>Вивітрювання зовнішніх поверхонь каменів кладки</p>	1-4
3	<p>Порушення розчину кладки на глибину, більшу від половини розмірів каменя</p> <p>Втрата окремих каменів</p> <p>Свищі в тілі опор із висолами</p> <p>Локальні тріщини кладки</p>	4-14
4	<p>Втрати розчину кладки на глибину розмірів каменів</p> <p>Вивали фрагментів кладки</p> <p>Великі тріщини у тілі кам'яних опор, що перетинають шви кладки</p> <p>Великі тріщини у тілі кам'яних опор, що перетинають окремі камені</p>	14-33
5	<p>Нахили тіла опори</p> <p>Зсув опор</p> <p>Просідання опор</p>	33-65

Таблиця А.15 – Експлуатаційні стани пальових фундаментів

Стан	Дефект або порушення	Відсотки зносу
1	2	3
1	Локально розташовані горизонтальні тріщини з розкриттям до 0,2 мм завдовжки до 5-7 см в головах забивних паль Локально розташовані вертикальні тріщини з розкриттям до 0,2 мм завдовжки до 5-7 см в головах забивних паль Невеликі сколювання ребер паль Обростання тіла паль тваринним або рослинним біологічним матеріалом Обростання тіла ростверку тваринним або рослинним біологічним матеріалом	0-1
2	Незначне відхилення положення паль від проектного Локальні вилуговування захисного шару поверхонь Пошкодження поверхонь ростверків	1-4
3	Суттєві відхилення паль від проектного положення Суцільне вилуговування захисного шару з його пошкодженням на глибину до 3 см Невраховане проектом агресивне природне середовище Суттєві місцеві розмиви дна русла	4-14
4	Оголення і корозія арматури паль Суттєві загальні розмиви дна русла Зменшення міцності бетону в порівнянні з проектною Великі пошкодження декількох паль у пальовому ростверку Руйнування декількох паль у пальовому ростверку	14-33
5	Розмиви дна русла, що перевищують розрахункові Руйнування значної кількості паль у пальовому ростверку Зменшення міцності бетону паль у порівнянні з проектною Пересування пальових ростверків від проектного положення за час експлуатації Нахил пальових ростверків від проектного положення за час експлуатації	33-65

Таблиця А.16 – Експлуатаційні стани масивних фундаментів

Стан	Дефект або порушення	Відсотки зносу
1	2	3
1	Відсутність інструментальних даних щодо зміни геометричних та фізичних параметрів фундаментів від проектних	0-1

Кынець таблицы А.16

1	2	3
2	У ході проведення регулярних інструментальних зйомок виявлено нерівномірність осідання всіх опор (фундаментів) моста	1-4
3	При проведенні дворазових за рік (влітку та взимку) інструментальних зйомок підтверджено дійсну нерівномірність осідання всіх опор (фундаментів) моста Розмиви дна сягають проектних значень Пошкодження підводної частини тіла фундаментів	4-14
4	Нерівномірність осідання опор (фундаментів) викликала переломи поздовжнього профілю більш ніж допустимі за чинними нормами (ДБН В.2.3-22) Визначено нахили окремих опор (фундаментів) Визначено зміщення в плані окремих опор (фундаментів) Розмиви дна перевищують проектні Сила паводку одноразово перевершила дані багаторічних спостережень	14-33
5	Переміщення опор, що зафіксовано багаторазово в попередній час, привели до заклинювання опорних частин Переміщення опор, що зафіксовано багаторазово в попередній час, привели до зсуву прогонових будов із проектного положення Повторюються паводки, сила яких перевищує дані багаторічних спостережень	33-65

Таблиця А.17 – Експлуатаційні стани підходів та регуляційних споруд

Стан	Дефект або порушення	Відсотки зносу
1	2	3
1	Площа пошкодження кріплень підходів і регуляційних споруд не перевищує 20 %	0-1
2	Площа пошкодження кріплень підходів і регуляційних споруд не перевищує 50 % Колії на поверхні покриття не перевищують глибини 1,5-2 см, поодинокі поперечні тріщини покриття, які не вимагають зниження швидкості транспорту, незначні просадки перехідних плит (до 3 см) Спостерігається місцевий розмив біля голів регуляційних споруд	1-4

Кінець таблиці А.17

1	2	3
3	<p>Розмив регуляційних споруд</p> <p>Мають місце колії на поверхні покриття завглибшки до 3-5 см, поперечних тріщин покриття з кроком 5-12 м, місцеві просадки насипу, огорожа безпеки має значні пошкодження, вертикальні та горизонтальні криві поздовжньої осі автодороги не відповідають її категорії та вимагають від водіїв суттєвого зниження швидкості.</p> <p>Припинення виконання регуляційними спорудами захисних функцій</p>	4-14
4	<p>Розмив напірних укосів підходів без руйнування земляного полотна</p> <p>Пошкодження поверхні проїзної частини, сітка тріщин проїзної частини внаслідок місцевих просадок насипу має крок 2-5 м з глибиною тріщин до 3-5 см, укріплення конусів зруйновано, втрати тіла конусів досягають 5-10 % їх об'єму, під перехідними плитами з'явилися порожнини, огорожа безпеки відсутня або має руйнації на довжині 5-10 м, проїзд по підходах вимагає від водіїв зниження швидкості до 30-50 % від проектною швидкості даної категорії дороги</p> <p>Розмив напірних укосів конусів без руйнування земляного полотна</p>	14-33 :
5	<p>Пошкодження поверхні проїзної частини сягає 30 % і більше, внаслідок загальних і місцевих просадок насипу сітка поперечних і поздовжніх тріщин має крок 0,5-3 м, що значно перешкоджає проїзду автотранспорту, величезні втрати тіла конусів і самих насипів (більше 12 % об'єму) призводять до місцевих просадок покриття площею 2-5 м² з глибиною 0,2-0,5 м, перехідні плити відсутні або частково впали зі стоянів, огорожа безпеки відсутня або вщент зруйнована, рух автотранспорту здійснюється з величезними складнощами при швидкості 5-10 км/год</p>	33-65

Таблиця А.18 – Експлуатаційні стани фундаментів на природній основі

Стан	Дефект або порушення	Відсотки зносу
1	2	3
1	Мінімальні відмітки дна перевищують розрахунковий рівень розмиву (PPP)	0-1
2	Мінімальні відмітки ґрунту менші за PPP, але глибина занурення фундаменту $h \geq 1,5$ м	1-4

Кінець таблиці А.18

1	2	3
3	Мінімальні відмітки ґрунту менші за РРР, глибина занурення фундаменту $h \geq 1,5$ м, але за наявності збійності та збочень потоку і багаторукавності	4-14
4	Глибина занурення фундаменту $h < 1,5$ м	14-33
5	Відмітки дна менші за проектну відмітку підосви Спостерігається осадка і втрата вертикального положення	33-65

Таблиця А.19 – Експлуатаційні стани фундаментів на висячих палях (стовпах, оболонках)

Стан	Дефект або порушення	Відсотки зносу
1	2	3
1	Мінімальні відмітки дна перевищують РРР. Джерело І класу (відсутність джерел)	0-1
2	Мінімальні відмітки дна менші за РРР, але осадка фундаменту відсутня	1-4
3	Мінімальні відмітки дна менші за РРР. Величина осадки менша за допустиму $[\Delta] = L \frac{1}{2}$, де $[\Delta]$ – допустима осадка, мм; L – розрахункова довжина прольоту, м	4-14
4	Осадка фундаменту не перевищує допустимого значення, але глибина занурення палі (стовпів, оболонок) $h \leq 4$ м	14-33
5	Осадка фундаменту перевищує допустиму Спостерігається втрата фундаментом вертикального положення	33-65

Таблиця А.20 – Експлуатаційні стани фундаментів на палях (стовпах, оболонках), що обпираються на скельні та крупноуламкові ґрунти з піщаним заповненням, і глинисті ґрунти твердої консистенції

Стан	Дефект або порушення	Відсотки зносу
1	2	3
1	Мінімальні відмітки дна перевищують РРР.	0-1
2	$l_l < 1,2 l_{l (np)}$, де $l_{l (np)}$ – проектне значення довжини згину палі	1-4
3	$1,2 l_{l (np)} \leq l_l \leq 1,4 l_{l (np)}$	4-14
4	$l_l > 1,4 l_{l (np)}$	14-33
5	Глибина занурення фундаменту $h < 4$ м	33-65

ДОДАТОК Б

(довідковий)

**ВИЗНАЧЕННЯ ВАНТАЖОПІДЙОМНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ МОСТІВ
ВІДНОСНО ВАГИ АВТОМОБІЛЯ МАКСИМАЛЬНОЇ МАСИ В КОЛОНІ**

Б.1 У цьому додатку викладені правила обчислення вантажопідйомності елементів мостів, що визначається вагою, т, автомобіля максимальної маси в колоні рухомого навантаження.

Б.2 Вантажопідйомність елементів визначається шляхом розрахунків визначальних перерізів на сумісну дію постійного, тротуарного та рухомого тимчасового навантаження нормативних колон за схемами Н-30 або Н-40 за формулою

$$P = \frac{S_{sp} - S_{пост} - S_{тр}}{S_{тим}} H, \quad (Б.1)$$

де S_{sp} – гранично-допустиме зусилля в розрахунковому перерізі;

$S_{пост}$ – розрахункове зусилля від постійного навантаження;

$S_{тр}$ – розрахункове зусилля від тимчасового навантаження на тротуарах;

$S_{тим}$ – розрахункове зусилля від рухомого навантаження Н-30 або Н-40;

H – вага, т, одного автомобіля в колоні рухомого навантаження Н-30 або Н-40 відповідно 30 т або 40 т.

У формулі (Б.1) зусиллям, яке перевіряється, може бути: поперечна сила, згинальний момент, напруження та інші загальноприйняті характеристики напруженого стану конструкції. Обов'язковою умовою є визначення зусиль в однакових розмірних одиницях, Розрахункові зусилля визначаються шляхом розрахунку просторової конструкції методами будівельної механіки.

Б.3 Розрахункові зусилля від тимчасового навантаження на тротуарах $S_{тр}$ та тимчасового навантаження Н-30 або Н-40 $S_{рН}$ дозволяється визначати за спрощеною методикою розрахунків із використанням коефіцієнтів поперечного розподілу, які вираховуються за результатами натурних випробувань.

Б.4 За вантажопідйомність моста приймається найменше із значень,

отриманих для визначальних елементів його несних конструкцій.

Б.5 Навантаження Н-30 представляє собою колону трьохвісних вантажівок загальною масою 30 т з інтервалом між ними 10 м (рис. Б.1а). Навантаження Н-40 представляє собою колону п'ятивісних вантажівок загальною масою 40 т з інтервалом між ними 10 м (рис. Б.1б).

Б.6 Процедура визначення вантажопідйомності елемента складається з таких кроків.

А. За формулою (Б.1) обчислюється вантажопідйомність P , тс, відносно нормативного рухомого навантаження Н-30. Якщо визначена вантажопідйомність $P \leq 25$ тс (83 % від $H = 30$ т), це значення і приймається як вантажопідйомність елемента.

Б. Якщо ж визначена вантажопідйомність перевищує 25 тс, за формулою (Б.1) повторно обчислюється вантажопідйомність P , тс, на цей раз уже відносно нормативного рухомого навантаження Н-40 і саме це останнє значення має прийматись за шукану вантажопідйомність елемента.

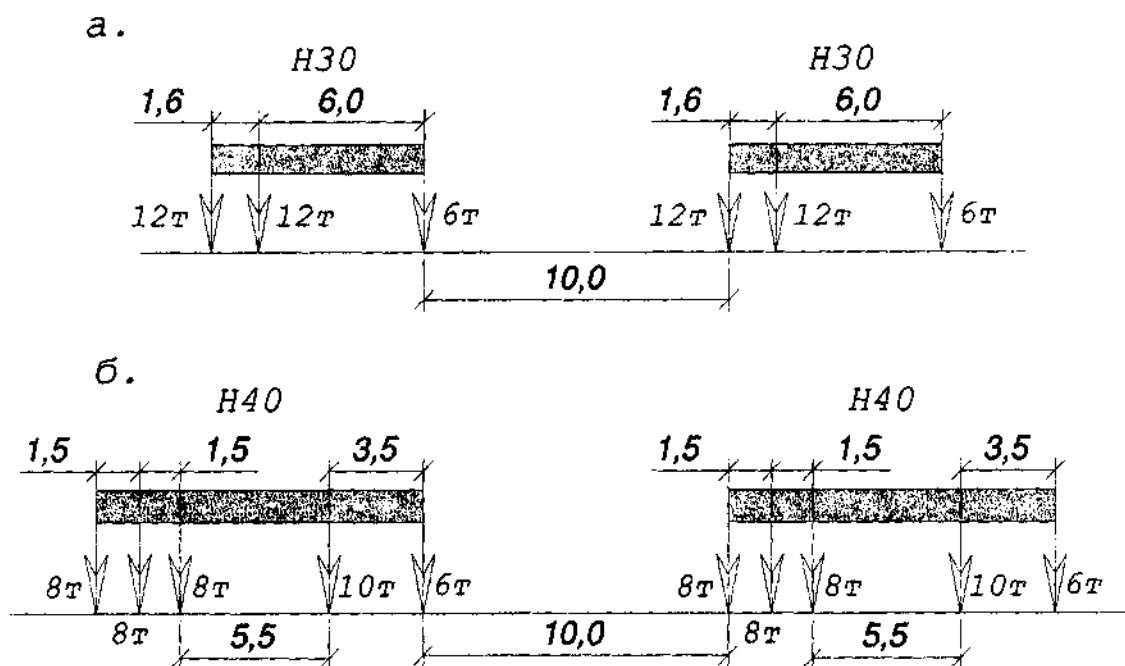


Рисунок Б.1 – Схеми тимчасових рухомих навантажень Н-30 та Н-40

Б.7 Гранично-допустиме зусилля в розрахунковому перерізі (S_{gr} у формулі Б.1) визначається згідно зі вказівками чинних норм проектування

мостів (ДБН В.2.3-14). При цьому слід враховувати результати натурального обстеження/випробування, а саме: фактичні розміри конструктивних елементів, фактичні характеристики матеріалів, наявність корозійних чи інших пошкоджень, стан об'єднання елементів, які складають переріз (сталезалізобетон, міцність болтових та заклепкових з'єднань тощо).

Б.8 Розрахункове зусилля від постійного навантаження S_{post} визначається з урахуванням всіх можливих діючих постійних навантажень, а саме: власна вага конструкцій, тиск ґунту або води, температурне навантаження, зусилля від нерівномірної осадки опор тощо. До розрахунків нормативні значення постійних навантажень вводяться з урахуванням коефіцієнтів надійності відповідно до вказівок чинних норм на проектування мостів.

Б.9 Нормативне постійне навантаження від ваги конструкцій приймається за результатами їх натурних обмірів шляхом визначення ваги конструктивних елементів за їх об'ємом та питомою вагою. Якщо обмірювання конструкцій виконується з точністю, що забезпечує достовірність $\pm 2,5\%$, а визначення ваги (маси) конструкцій підтверджено результатами динамічних випробувань, то коефіцієнт надійності γ_f для всіх елементів дозволяється приймати 1,05 або 0,95 для випадків, які збільшують або зменшують загальне зусилля відповідно.

Б.10 При визначенні навантаження від дії тиску ґрунту або води, температури або нерівномірного осідання опор слід враховувати їх максимальну дію, яку визначають за результатами натурних інструментальних вимірювань, геологічних вишукувань та тривалих спостережень з екстраполяцією імовірного їх збільшення в найближчі 5 років.

Б.11 Розрахункове зусилля в конструкціях від тимчасового навантаження на тротуарах S_{tr} визначається відповідно до вказівок чинних норм на проектування мостів із введенням знижувального коефіцієнта: 0,75 – для споруд на дорогах в населених пунктах; 0,5 – для споруд на заміських дорогах.

Б.12 Розрахункове зусилля в конструкціях від тимчасового навантаження Н-30 або Н-40 $S_{тмм}$ визначається відповідно до вказівок чинних норм на

проектування мостів щодо порядку завантаження проїзної частини. Динамічний коефіцієнт $(I+\mu)$, коефіцієнт надійності γ_f та коефіцієнт s кількості смуг застосовуються у вигляді множників до зусилля від нормативного навантаження. Значення вказаних коефіцієнтів приймаються за таблицею Б.2. При завантаженні декількох смуг руху за розрахункове слід брати максимальне значення з усіх можливих варіантів, які визначені з відповідними коефіцієнтами кількості смуг.

Таблиця Б.2 – Розрахункові коефіцієнти

Параметр	Значення параметра
Динамічний коефіцієнт $(I+\mu)$	$1 + \frac{12}{40+L}$, де L – довжина частини лінії впливу, яка завантажується, м
Коефіцієнт надійності γ_{30} γ_{40}	1,2 1,2
Коефіцієнт кількості смуг руху, s	$s_1 = 1,0; s_2 = 0,9;$ $s_3 = 0,8; s_4 = 0,7$

ДОДАТОК В

(довідковий)

ВИЗНАЧЕННЯ РЕАЛЬНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕЗПЕКИ

8.1 Характеристика безпеки визначається, виходячи із математичного очікування реального коефіцієнта запасу:

$$\bar{\gamma} = \frac{\bar{R}}{\bar{Q}}, \quad (\text{В.1})$$

де \bar{R} – математичне очікування узагальненого опору елемента;

\bar{Q} – математичне очікування узагальненого навантаження елемента.

Залежність між характеристикою безпеки та коефіцієнтом / має вигляд:

$$\beta = \frac{\bar{\gamma} - 1}{\sqrt{V_Q^2 + \bar{\gamma}^2 V_R^2}}, \quad (\text{В.2})$$

де V_Q – коефіцієнт варіації узагальненого навантаження;

V_R – коефіцієнт узагальненої опорності моста.

8.2 Значення математичних очікувань \bar{R} та \bar{Q} отримуються через відповідні нормативні значення. У чинних нормативних документах застосовуються значення Q_n і R_n зсунуті відносно математичних очікувань:

$$\bar{R} = R_n \frac{1}{(1 - \nu_R V_R)}; \quad \bar{Q} = Q_n \frac{1}{(1 + \nu_Q V_Q)}, \quad (\text{В.3})$$

де R_n, Q_n – нормативні значення;

ν_R, ν_Q – кількість стандартів, що відділяють нормативну величину відповідної випадкової змінної від її математичного очікування; у чинних нормативних документах $\nu_R = \nu_Q = 1,64$, що відповідає забезпеченості нормативних характеристик матеріалів $U_R = 0,95$ та нормативних навантажень $U_Q = 0,05$.

В.3 Для зручності обчислень вводяться коефіцієнти переходу від нормативних величин до математичних очікувань. Ці коефіцієнти позначаються літерою B з відповідними індексами:

$$B_R = \frac{1}{(1-1,64V_R)}; B_Q = \frac{1}{(1+1,64V_Q)} \quad (B.4)$$

Необхідні для обчислень коефіцієнти варіації рухомих та постійних навантажень наведено в таблицях В.1 і В.2.

Таблиця В.1 – Коефіцієнти варіації V_Q тимчасових рухомих навантажень

Тип навантаження	Випадок застосування	Коефіцієнти варіації V_Q
Візок навантаження АК	У розрахунках елементів проїзної частини мостів	0,17
	У розрахунках всіх інших елементів мостів	0,17 при $l < 30\text{м}$ 0,07 при $l \geq 30\text{м}$
Рівномірно-розподілене навантаження АК	У всіх розрахунках конструкцій мостів на вертикальні і горизонтальні дії від рухомого навантаження	0,24
Примітка. l – довжина лінії впливу		

Таблиця В.2 – Коефіцієнти варіації V_Q постійних навантажень і впливів

Навантаження і впливи	Позначення фактора	Коефіцієнти варіації V_Q
Власна вага	g_1	0,033
Площа поперечного перерізу елемента	A_{red}	0,0237
Момент опору поперечного перерізу елемента	W_{red}	0,0229
Ексцентриситет точки фіксації сили попереднього напруження	e_n	0,0167
Навантаження від ваги проїзної частини і тротуарів автодорожніх мостів	g^2	0,170
Вплив повзучості бетону	g^3	0,030

У таблицях В.3, В.4, В.5 наведено коефіцієнти варіації складових узагальненого опору елемента.

Таблиця В.3 – Коефіцієнти варіації V_R геометричних характеристик поперечного перерізу елемента

Навантаження і впливи	Позначення фактора	Коефіцієнти варіації V_Q
Площа поперечного перерізу елемента	A_{red}	0,0237
Момент опору поперечного перерізу елемента	W_{red}	0,0229

Таблиця В.4 – Коефіцієнти варіації V_R арматури залізобетонних елементів

Клас арматури	А-I	А-II	А-III	А-IV	А-V	А-VI	Ат-III
Коефіцієнти варіації V_R	0,07	0,07	0,07	0,09	0,09	0,04	0,11

Продовження таблиці В.4

Клас арматури	Ат-IV	Ат-IV	Ат-IV	А-IIIв	Дріт холодного витягу	Канати
Коефіцієнти варіації V_R	0,08	0,07	0,08	0,06	0,08	0,05

Таблиця В.5 – Коефіцієнти варіації V_R міцності бетону

$R_{b,28}$, МПа	10	20	30	40	50	60	70	≥ 80
За умови природного твердіння	0,159	0,129	0,105	0,082	0,066	0,054	0,051	0,051
За умови теплової обробки	0,121	0,111	0,094	0,090	0,078	0,066	0,055	0,052

Для згинальних елементів прогонової будови математичне очікування реального коефіцієнта запасу обчислюється за формулою:

$$\bar{\gamma} = \frac{\mu_R}{\mu_{g1} + \mu_{g2} + \mu_p}, \quad (\text{В.5})$$

де μ_R – математичне очікування реального коефіцієнта запасу, обчислюється за даними натурних обстежень;

μ_{g1} – математичне очікування згинального моменту від власної ваги елемента;

μ_{g2} – математичне очікування згинального моменту елемента від другої частини постійного навантаження;

μ_p – математичне очікування моменту від тимчасового рухомого навантаження за період T , визначеного на час обстеження, обчислюється за формулою:

$$\mu_R = \mu_{Rb} B_{Rb} + \mu_{Rs} B_{Rs}, \quad (\text{В.6})$$

де μ_{Rb} та μ_{Rs} – згинальні моменти – складові несної здатності перерізу за

бетоном та арматурою, обчислені з урахуванням виявлених дефектів елемента;

B_{Rb} та B_{Rs} – коефіцієнти переходу від нормативних величин до математичних сподівань, обчислені за відповідними коефіцієнтами варіації.

Математичне очікування згинального моменту від власної ваги елемента обчислюється за формулою:

$$\mu_{g1} = \mu_{g1} B_{Q,g1}, \quad (B.7)$$

де μ_{g1} – згинальний момент від власної ваги прогонової будови;

$B_{Q,g1}$ – коефіцієнт переходу від нормативної величини до математичного очікування навантаження власної ваги.

Математичне очікування згинального моменту елемента від другої частини постійного навантаження обчислюється за формулою:

$$\mu_{g2} = \mu_{g2} B_{Q,g2}, \quad (B.8)$$

де μ_{g2} – згинальний момент від другої частини постійного навантаження;

$B_{Q,g2}$ – коефіцієнт переходу від нормативної величини до математичного очікування другої частини постійного навантаження.

Математичне очікування моменту від тимчасового рухомого навантаження обчислюється за формулою:

$$\mu_p = \mu_p B_{Q,p}, \quad (B.9)$$

де μ_p – згинальний момент від тимчасового рухомого навантаження за період T , визначений на час обстеження;

$B_{Q,p}$ – коефіцієнт переходу від нормативної величини до математичного очікування згинального моменту від тимчасового рухомого навантаження за період T , визначеного на час обстеження.

В.4 Після визначення математичного очікування реального коефіцієнта запасу (В.5) за виразом (В.2) знаходиться шукана характеристика безпеки, визначена з урахуванням технічного стану елемента в період експлуатації. Виходячи з визначеної характеристики безпеки, класифікується стан моста.

ДОДАТОК Г

(обов'язковий)

АЛГОРИТМ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ЕЛЕМЕНТІВ МОСТІВ

Г.1 Залишковий ресурс елементів моста визначається розв'язанням рівняння (6.1)

$$P_i = 1 - 0,008333 (\lambda t)^5 e^{-\lambda t},$$

де P_i – надійність елемента в i -му експлуатаційному стані;

λ – параметр інтенсивності відмов;

e – постійна, $e = 2,718$;

t – час.

Г.2 Показник інтенсивності відмов λ елемента знаходиться з рівняння (6.1) як його розв'язок при відомих початкових умовах:

а) надійність елемента в i -му експлуатаційному стані P_i , яку отримано з класифікаційної таблиці дискретних станів;

б) час t (у роках), що пройшов від початку експлуатації елемента до моменту класифікації його дискретного стану.

Г.3 Для практичного використання в таблиці Г.1 наведено розв'язання рівняння (6.1) відносно невідомої λ для станів 2, 3, 4, 5. Кожен із станів (2-4) у таблиці 5.1 поділений на 4 інтервали, для яких знайдено розв'язання при $t = 1$. Значення $\lambda_{i,t}$ для часу $t_i > t = 1$, через лінійну залежність між λ та t обчислюється за виразом:

$$\lambda_{i,t} = \frac{\lambda_{i,1} t}{t_i}, \quad (\text{Г.2})$$

де $\lambda_{i,t}$ – значення параметра інтенсивності відмов елемента в стані i для часу $t=1$;

t_i – час (в роках), що пройшов від початку експлуатації до стану i .

Г.4 З достатньою для практики точністю значення параметра інтенсивності відмов елемента можна знайти за номограмами, наведеними на рисунку Г.1, які містять криві, що описуються рівнянням (6.1). На графік

нанесено 12 кривих, які побудовано для значень параметра λ , наведених у таблиці Г.2. Для проміжних значень можна скористатися лінійною інтерполяцією.

Таблиця Г.1 – Значення параметра інтенсивності відмов $\lambda_{i,t}$ для $t = 1$

Стан	Надійність елемента в i -му стані P_t	Характеристика безпеки в i -му стані β_t	Параметр інтенсивності відмов $\lambda_{i,t}$
1	2	3	4
2	0,9984	2,95	0,8525
2А	0,9975	2,81	0,9506
2Б	0,9963	2,68	1,0484
2В	0,9946	2,55	1,1552
3	0,9925	2,43	1,2597
3А	0,9898	2,32	1,3693
3Б	0,9868	2,22	1,4715
3В	0,9834	2,13	1,5715
4	0,9798	2,05	1,6657
4А	0,9756	1,97	1,7642
4Б	0,9706	1,89	1,8706
4В	0,9648	1,81	1,9835
5	0,9584	1,74	2,0987

Визначення залишкового ресурсу

Г.5 Із рівняння деградації елемента (6.1) за відомою надійністю елемента в стані $n - P_{t,n}$ та визначеним на попередньому кроці параметром інтенсивності відмов елемента λ_e знаходиться час T_n , який прогнозується, що пройде від початку експлуатації елемента до стану n . У випадку $n = 5$ час T_n буде прогнозуванням залишкового ресурсу.

У таблиці Г.2 наведено розв'язок рівняння (6.1) для фіксованих значень інтенсивності відмов елемента λ_e . Для проміжних значень λ_e розв'язок знаходиться за лінійною інтерполяцією. Значення ресурсу (в роках) у таблиці Г.2 округлені до цілого числа.

Г.6 З достатньою для практики точністю значення часу, що прогнозується, від початку експлуатації до стану n можна знайти за номограмами рисунка Г.1. Номограми побудовані за рівнянням (6.1) для

фіксованих значень параметра інтенсивності відмов, наведених в таблиці Г.3.

Таблиця Г.2 – Залишковий ресурс елементів

Інтенсивність відмов, λ_e	Ресурс від початку експлуатації до досягнення верхнього			
	Стану 2	Стану 3	Стану 4	Стану 5
1	2	3	4	5
0,080	11	16	21	26
0,075	11	17	22	28
0,070	12	18	24	30
0,065	13	19	26	32
0,060	14	21	28	35
0,055	16	23	30	38
0,050	17	25	33	42
0,045	19	28	37	47
0,040	21	31	42	52
0,038	22	33	44	55
0,035	24	36	48	60
0,032	27	39	52	66
0,030	28	42	56	70
0,028	30	45	60	74
0,025	34	50	67	84
0,022	39	57	76	95
0,020	42	63	83	105
0,018	47	70	92	117
0,017	50	74	98	123
0,016	53	79	104	131
0,015	57	84	111	140

Таблиця Г.3 – Значення параметра λ до номограм рисунка Г.1

λ	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,035	0,03	0,025	0,022	0,02	0,018	0,015
-----------	------	------	------	------	------	-------	------	-------	-------	------	-------	-------

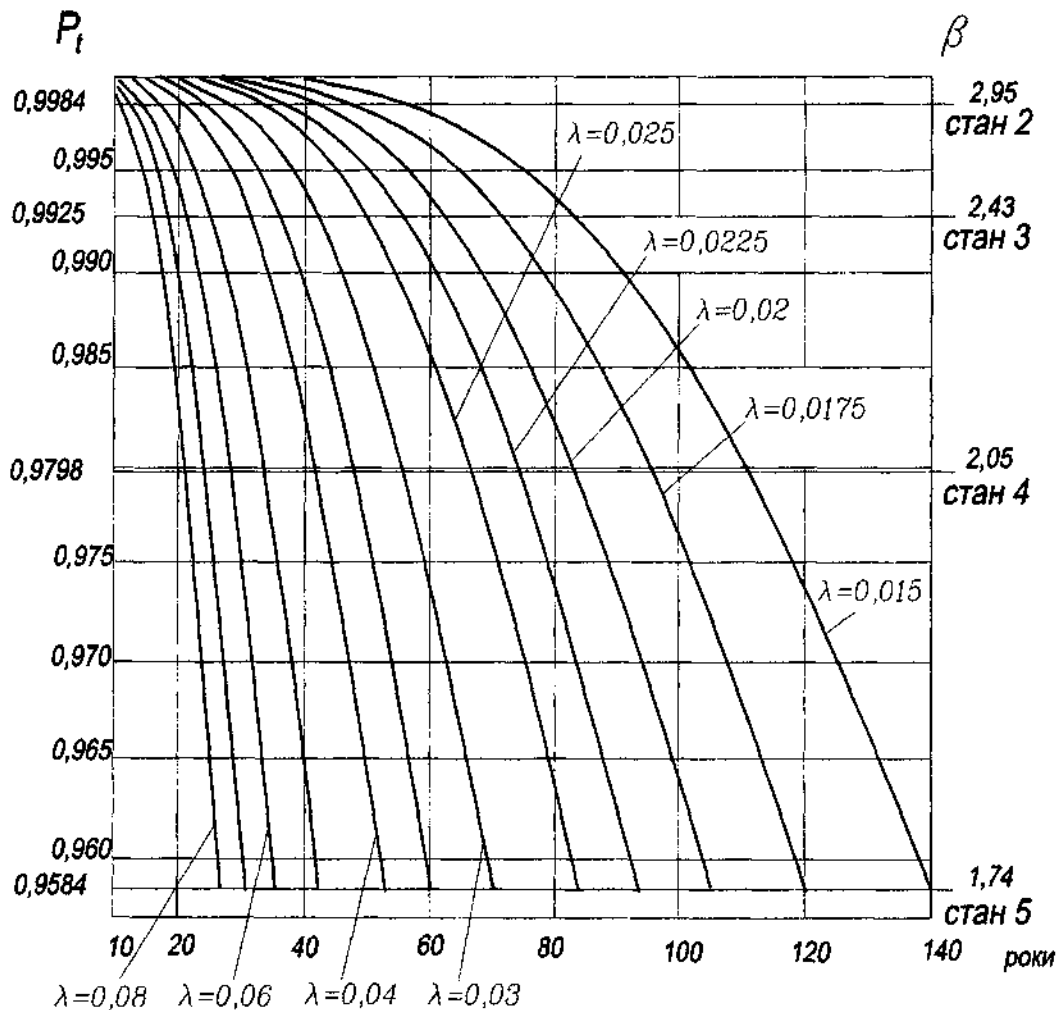
Процес із відновленням

Г.7 Модель деградації (6.1) також узагальнюється на випадок процесу з відновленням, тобто на випадок ремонту, який повертає елемент із стану i до вищого стану $j < i$. У цьому випадку за алгоритмом, який наведено вище, обчислюється нове значення параметра інтенсивності відмов $\lambda_j < \lambda_i$, що відповідає новим фізико-механічним властивостям елемента, які описуються іншою деградаційною кривою (рисунок Г.2) з ресурсом $T_{p,j} > T_{p,i}$.

Г.8 Для випадку відновлення вихідними даними для визначення

залишкового ресурсу елемента ϵ :

а) визначена за класифікаційною таблицею надійність елемента P_i у стані до відновлення та час t_i що пройшов від початку експлуатації, до стану i ;



P_t – надійність; β – характеристика безпеки; λ – інтенсивність відмов.

Рисунок Г.1 – Номограми визначення остаточного ресурсу

б) визначена за класифікаційною таблицею надійність елемента P_k у стані k після відновлення, $k < i$.

Очевидно, що в цьому випадку $P_k > P_t$. (Видимо, должно бить $P_k > P_i$??)

Г.9 Алгоритм визначення залишкового ресурсу складається з двох кроків.

Крок 1

На першому кроці із рівняння деградації елемента (6.1) за відомою надійністю елемента після відновлення P_k та параметром інтенсивності відмов елемента до відновлення λ визначається віртуальний строк служби елемента T_v

від початку експлуатації до стану k .

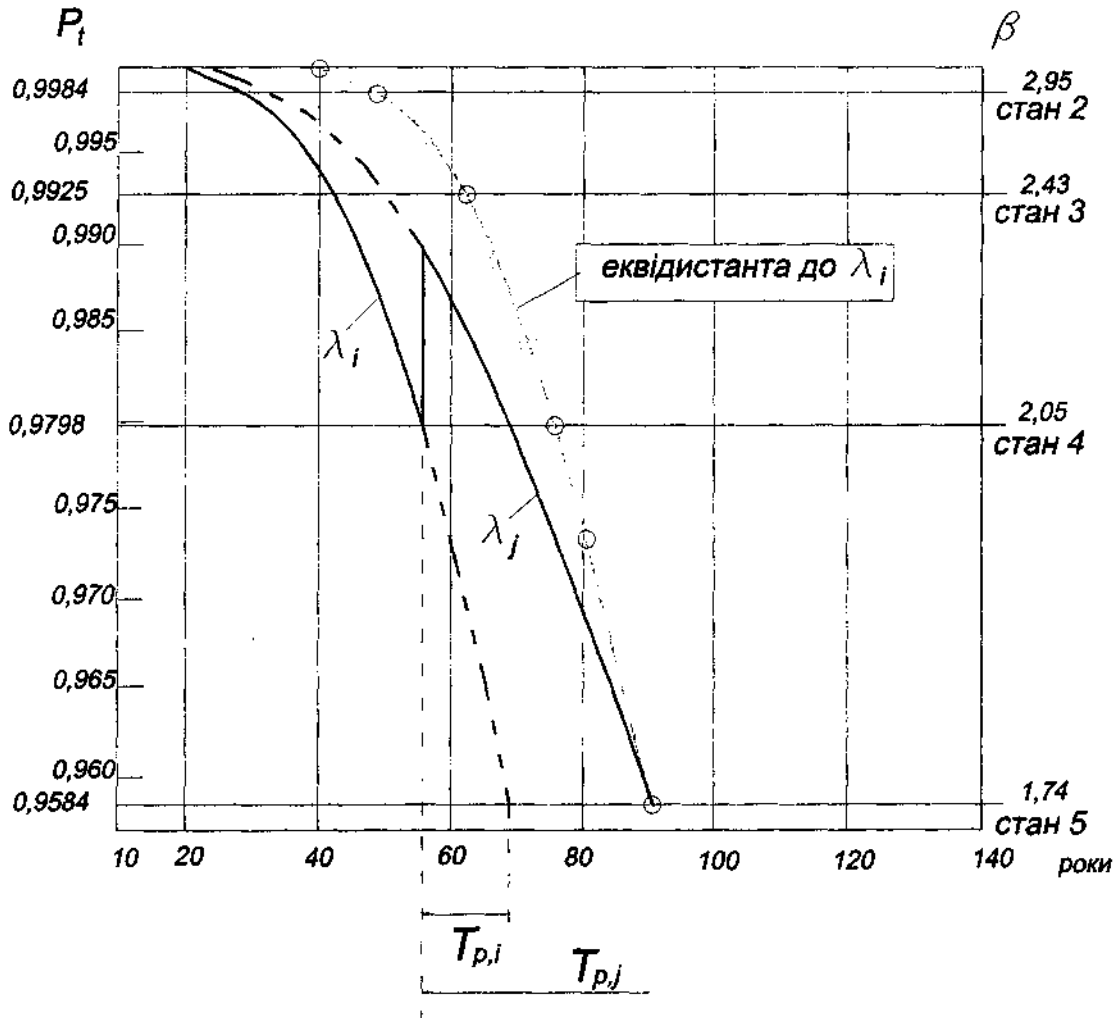


Рисунок Г.2 – Перехід елемента у вищий дискретний стан

Приблизне значення віртуального часу T_v при відомому параметрі інтенсивності відмов елемента λ та надійності P_k можна знайти за номограмами, наведеними на рисунку Г.1.

Крок 2

На другому кроці вираховується приріст строку служби (ресурсу), отриманий у результаті відновлення:

$$T_d = t_i - T_v, \quad (\text{Г.1})$$

де t_i – дійсний час, що пройшов від початку експлуатації, до стану i .

З урахуванням отриманого приросту строку служби ресурс елемента після відновлення становить:

$$T_{\text{res}} = T_i + T_d, \quad (\text{Г.2})$$

де T_i – ресурс, обчислений для елемента в стані i (до відновлення)

Г.10 Після відновлення елемент має отримати нове значення параметра інтенсивності відмов λ . Процедура його визначення є наступною. Із рівняння деградації елемента (6.1) за відомими ресурсом T_{res} та надійністю елемента в стані $5 - P_5$ знаходиться новий параметр інтенсивності відмов елемента λ_1 . Очевидно, що отриманий параметр $\lambda_1 < \lambda$. Наближене значення параметра інтенсивності відмов елемента λ_1 можна знайти за номограмами, наведеними на рисунку Г.1. Саме це значення в подальшому є паспортною характеристикою деградації елемента.

Код УКНД 93.040

Ключові слова: оцінка технічного стану, прогноз технічного стану, залишковий ресурс, вантажопідйомність, характеристика безпеки.