

УДК 621.873.83:006.354

*Кандидати техн. наук В.О. Слободяник,  
Л.М. Козар*

## ЗАЛИШКОВІ ПРОГИНИ КРАНОВИХ МОСТІВ. СТАН ПИТАННЯ З ПОГЛЯДУ ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСУ ПОДАЛЬШОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КРАНІВ

*Представив д-р техн. наук, професор М.П. Ремарчук*

**Постановка проблеми.** Теперішня ситуація з умовами, у яких експлуатується (і буде експлуатуватися надалі) діючий парк вантажопідіймних кранів мостового типу, з декількох причин вимагає уточнення залежності залишкового прогину прогонних балок від часу експлуатації. Необхідність в уточненні викликана насамперед як використанням існуючої методології визначення фактичного числа циклів роботи кранів, так і накопиченням статистичного матеріалу щодо стану кранових мостів у процесі їх тривалої експлуатації зі значним перевищенням розрахункового терміну служби.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблема збільшення залишкових прогинів несучих конструкцій є актуальною ще із середини минулого століття, а її вивчення започатковане працями Є.О. Патона, А.В. Дятлова. У кранобудуванні це питання досліджували М.М. Гохберг [1], Б.С. Ковальський [2] та інші відомі вчені.

Якщо проаналізувати результати раніше проведених робіт, зокрема результати спостережень за прогинами прогонних балок, то узагальнюючим підсумком може бути графік, зображений на рис. 1.

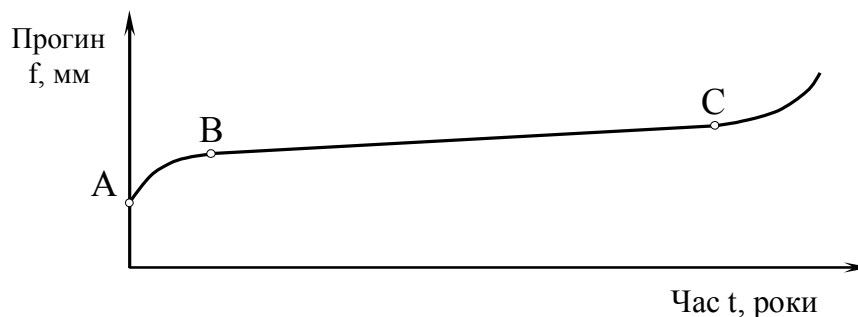


Рис. 1. Загальний вид кривої залежності залишкового прогину прогонної балки від часу експлуатації крана

Крива «час – деформація (залишковий прогин)» показує характер наростання залишкового прогину у залежності від часу експлуатації. Криву розділяють на три характерних ділянки (див. рис. 1):

1) ділянка АВ – інтенсивне наростання прогину, що містить конструктивну усадку, потім зниження швидкості наростання;

2) ділянка ВС – швидкість наростання є постійною і залежить від відповідності фактичного режиму роботи крана розрахунковому;

3) ділянка від точки С і далі – різкий перелом, що характеризується спонтанним наростанням прогину.

Ми пропонуємо порівняльний аналіз цієї кривої та результатів експертних обстежень кранів, проведених нами протягом багатьох років.

Серед останніх публікацій, на які спираються результати наших досліджень, слід виділити статтю [3], присвячену питанню визначення залишкового ресурсу кранів шляхом випробувань, роботи [4], де досліджені напруження у прогонних балках

кранів зі значним терміном експлуатації, та [5], де нами наведені результати непрямої оцінки залишкового ресурсу металоконструкцій кранів на підставі експертних обстежень.

**Мета статті** – установити залежність росту залишкових прогинів прогонних балок від числа циклів роботи крана, з одного боку, і часу експлуатації крана (у роках) – з іншого.

**Основний матеріал.** Як відомо, згідно з технічними умовами (ТУ) на виготовлення кранів [6] у розрахунку металоконструкції, у залежності від заданого режиму роботи, закладається відповідне розрахункове число циклів роботи крана [7], тобто передбачається його експлуатація до досягнення точки С (рис. 2). Це гарантія того, що наростаючий залишковий прогин не перевищить допустимого значення  $[f]$ , яке відповідає точці D. Шкала осі ординат на графіку (рис. 2) ураховує будівельний підйом прогонної балки (попередній прогин уверх)  $f_{б\text{уд}}=L/1000$ , де  $L$  – прогин крана [6].

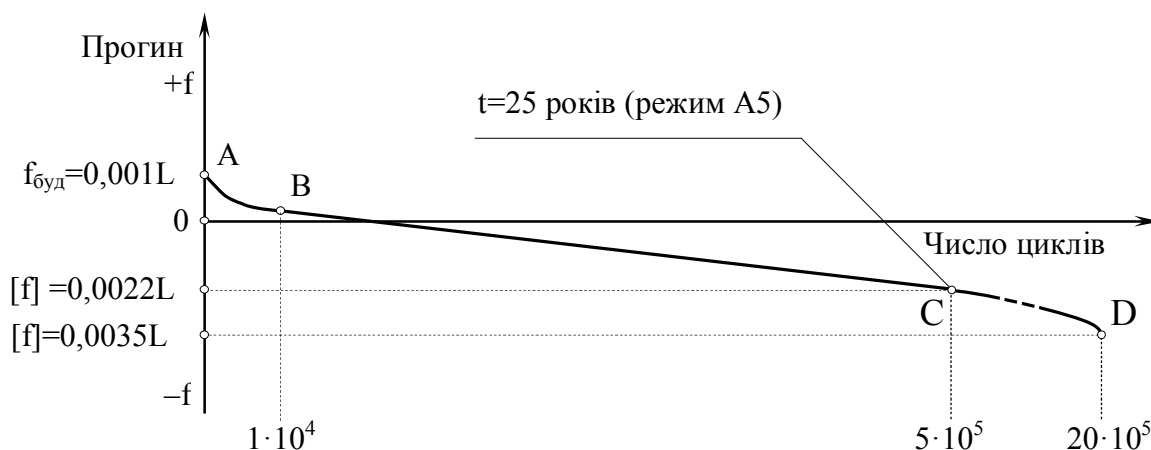


Рис. 2. Залежність залишкового прогину прогонної балки від числа циклів роботи крана згідно з розрахунком

Відомо, що у проектуванні кранових конструкцій за основу приймаються розрахунки на статичну міцність і

задовольняються вимоги жорсткості прогонних балок. Розрахунок на утому завжди розглядався як допоміжний,

застосовувалися спрощені методи, можливі помилки (до 75 % і вище) виявлялися під час випробувань. У випадку прояву будь-яких перших дефектів під час експлуатації, у тому числі тріщин і прогинів, купувалися нові крани, і проблема залишкового ресурсу не відносилася до розряду актуальних. Нинішня ж ситуація в економіці України та країн СНД не надає таких можливостей. У зв'язку із цим виникає необхідність у проведенні розрахунку залишкового ресурсу за критерієм втоми, який відрізняється від проектувального принаймні двома особливостями:

а) розрахунок проводиться для конкретного зразка крана, з конкретним металом і кількістю накопичених пошкоджень;

б) похибка розрахунку не може бути перевірена випробуваннями, як це робилося для кранів серійного виробництва [3].

Таким чином, на підставі обробки значного обсягу статистичних даних, отриманих у процесі виконання експертних обстежень, виникає зацікавленість у тому, щоб виявити таке: чи залежить ресурс металоконструкції (у циклах її роботи) від часу експлуатації крана (у роках), і якщо залежить, то який характер цієї залежності – прямо пропорційний (як вважається) чи інший (як підтверджує дійсність)?

Графіки (рис. 3 і 4), побудовані за даними вимірювань залишкових прогинів, підтвердили якісну сторону наших теоретичних припущень [5]. Так, наявність у приблизно 80 % обстежуваних кранів будівельного підйому свідчить про той факт, що напруження, за яких працюють металоконструкції мостів, знаходяться на такому низькому рівні, що поява «небезпечних» тріщин у металі та зварювальних швах, таких, що характеризують стан кранів як «граничний», є малоімовірною. Підтвердженням результатів наших досліджень на деформаційному рівні

можна вважати роботу [4], автори якої також стверджують, що утомні руйнування малоімовірні, тому що максимальні напруження у прогонних балках знаходяться у межах від 70 до 135 МПа. Рівень цих напружень, що характеризують або великі запаси міцності, прийняті при проектуванні, або недовантаження крана, є істотно нижчим границі витривалості маловуглецевих сталей при вигині, навіть якщо приймати його для знакозмінного (симетричного) навантаження.

**Висновки.** Таким чином, незважаючи на те, що наші дослідження засновані на ідеалізованих передумовах, тобто не враховувалися впливи режимів, прогонів, умов експлуатації тощо, можна зробити такі висновки:

1) число циклів, на яке були розраховані металоконструкції прогонних балок (з перерахуванням у роки) значно (у два і більше рази) перевищує встановлений термін служби кранів, обумовлений технічними умовами на виготовлення кранів у роках (таблиця). Таким чином, календарний термін служби кранів не є критерієм, який визначає їх граничний стан;

2) наявні факти досягнення від'ємних залишкових прогинів і перевищення їх допустимих значень (від 0,0022L до 0,0035L) пояснюються наступними причинами [2]:

- разові підйоми вантажу, маса якого перевищує вантажопідйомність крана (тобто порушення правил експлуатації);

- експлуатація поза розрахунковим режимом – кран легкого або середнього режиму (за паспортом) експлуатується фактично у середньому або важкому, відповідно [5];

- низька якість ремонту та наступної експлуатації крана.

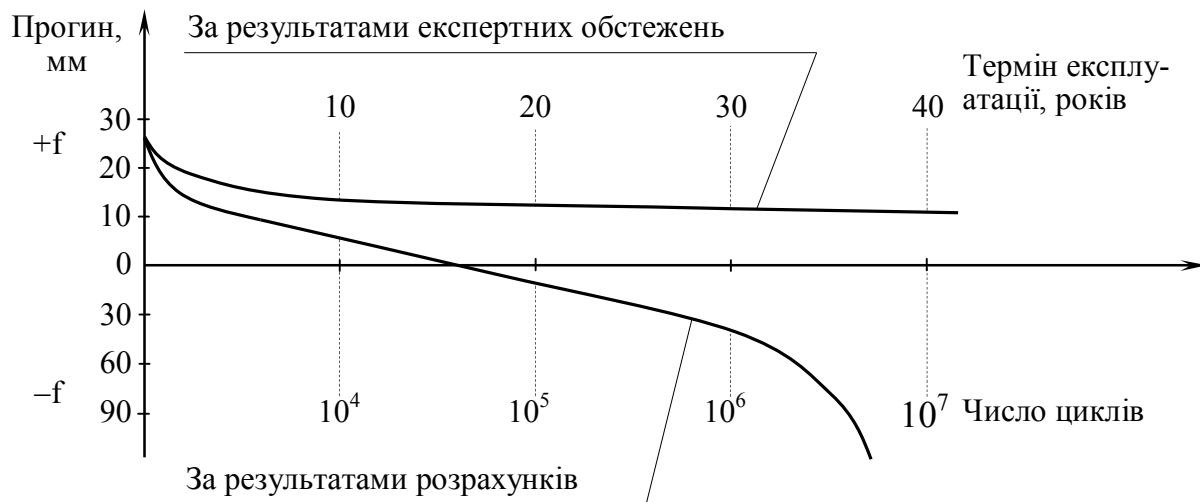


Рис. 3. Графіки зміни залишкового прогину прогонної балки для середнього режиму роботи крана

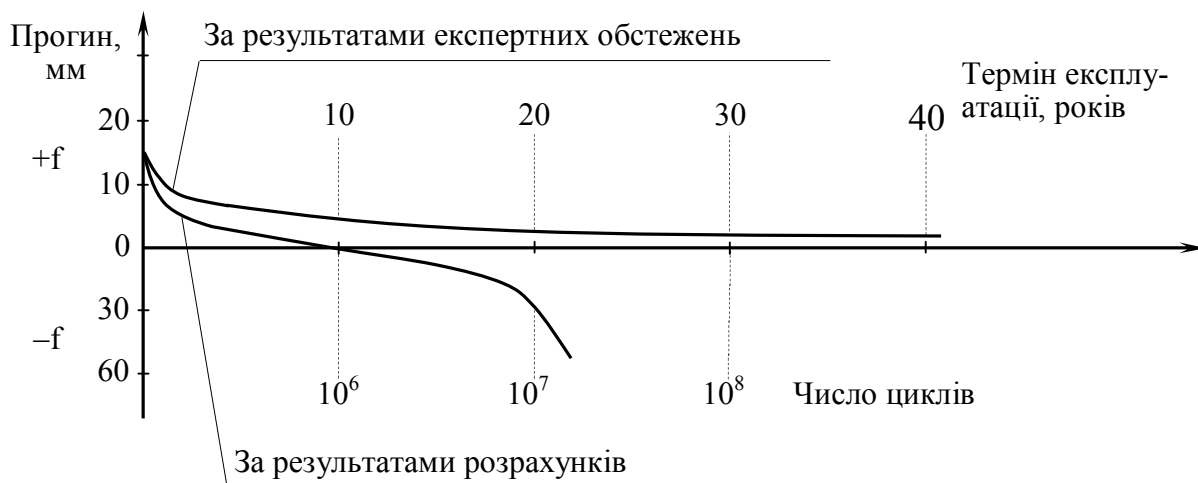


Рис. 4. Графіки зміни залишкового прогину прогонної балки для важкого режиму роботи крана

Таблиця

Повний установлений термін служби кранів

Кран	Норма, років, для груп режиму роботи за ISO 4301-1-86 (деталі механізмів, які не зношуються/металоконструкція)			
	A1-A3	A4-A5	A6-A7	A8
1 Крани мостові та козлові з вантажним візком	30/50	25/30	15/25	10/20
2 Крани козлові з електроталіями	25/50	20/30	-	-

Примітка. Термін служби крана визначається терміном служби його несучих металевих конструкцій [1].

### Список літератури

1. Справочник по кранам [Текст]. В 2 т. Т. 1. Характеристики материалов и нагрузок. Основы расчета кранов, их приводов и металлических конструкций / В.И. Брауде, М.М. Гохберг, И.Е. Звягин [и др.]; под. общ. ред. М.М. Гохберга. – М.: Машиностроение, 1988. – 536 с.
2. Ковальський, Б.С. Некоторые проблемы украинского краностроения [Текст] / Б.С. Ковальський, В.А. Слободяник, В.Н. Иванов. – Харьков, 1994. – Деп. в ГНТБ Украины 03.10.94, №1894-Ук-94.
3. Зарецкий, А.А. Определение остаточного ресурса грузоподъемных кранов [Текст] / А.А. Зарецкий, А.И. Инденбаум // Подъемные сооружения. Специальная техника: науч.-техн. и произв. журн. – Одесса, 2012. – № 1. – С. 12–15.
4. Будиков, Л.Я. Расчетные напряжения в опасном сечении главных балок [Текст] / Л.Я. Будиков // Подъемные сооружения. Специальная техника: науч.-техн. и произв. журн. – Одесса, 2007. – № 6. – С. 18–19.
5. Слободяник, В.А. О косвенной оценке остаточного ресурса металло-конструкций крана [Текст] / В.А. Слободяник // Проблемы производства безопасной эксплуатации подъемных сооружений в Украине и в России: науч.-практ. конф., 21-24 мая 2004 г.: сб. тр. – Одесса: Астропринт, 2004. – С. 248–250.
6. ГОСТ 27584–88. Краны мостовые и козловые электрические. Общие технические условия [Текст]. – Введ. 1990–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 16 с.
7. ГОСТ 25546–82. Краны грузоподъемные. Режимы работы [Текст]. – Введ. 1986-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 8 с.

**Ключові слова:** кран мостового типу, прогонна балка, залишковий прогин, термін служби.

### Анотації

У статті розглядаються вантажопідйомні крани мостового типу. За результатами статистичного аналізу більше 300 експертних обстежень кранів отримані залежності залишкового прогину прогонної балки від терміну експлуатації крана. Доведено, що календарний термін служби кранів не є критерієм, який визначає їх граничний стан.

В статье рассматриваются грузоподъемные краны мостового типа. По результатам статистического анализа более 300 экспертных обследований кранов получены зависимости остаточного прогиба пролетной балки от срока эксплуатации крана. Доказано, что календарный срок службы кранов не является критерием, определяющим их предельное состояние.

In article overhead type cranes are considered. The statistical analysis more than 300 expert inspections of cranes is carried out. Dependences of a residual flexure of a flyovering beam from service life of the crane are received. It is proved that calendar service life of cranes isn't the criterion defining their limiting condition.