Національний університет «Запорізька політехніка»

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

“Проведення експертного обстеження крану мостового та підвісного однобалкового загального призначення”
до практичних робіт з дисципліни
«Діагностування фактичного стану металоконструкцій ПТДБМ машин» для здобувачів вищої освіти
другого (магістерського) рівня
спеціальності G11 "Машинобудування",
освітня програма G11.05 "Транспортні засоби" /
"Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні,
меліоративні машини і обладнання" для студентів
усіх форм навчання

2026

Методичні вказівки “Проведення експертного обстеження крану мостового та підвісного однобалкового загального призначення” до практичних робіт з дисципліни «Діагностування фактичного стану металоконструкцій ПТДБМ машин» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня спеціальності G11 «Машинобудування (за спеціалізаціями)», освітня програма G11.05 «Транспортні засоби» / «Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні, меліоративні машини і обладнання» для студентів усіх форм навчання / Укл.: М. В. Сидоренко, О. М. Руднєв. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2026. – 42 с..

Укладачі: М. В. Сидоренко, к.т.н., доцент
О.М. Руднєв, к.т.н., доцент

Рецензент: Р. О. Фролов, к.т.н.

Відповідальний за випуск: М. В. Сидоренко, доцент, канд. техн. наук

Затверджено
на засіданні кафедри
«Деталі машин і ПТМ»
Протокол № 9 від 3.06. 2026 р.

Рекомендовано
до видання
НМК М-факультета
Протокол № 9 від 9.06. 2026 р

ЗМІСТ

1.1	Мета та перелік тем практичних занять	4
2.1	Ознайомлення з об’єктами, завданнями та послідовністю технічного діагностування ПТДБМ. (2 год.)	5
2.2	Визначення фактичного технічного стану ПТДБМ за діагностичними параметрами. (4 год.)	10
2.3	Вибір методу технічного діагностування ПТДБМ, складання карти технічного діагностування. (2 год.)	12
2.4	Вибір засобів вимірювання та діагностичного обладнання для контролю технічного стану ПТДБМ. (2 год.)	15
2.5	Проведення візуального та неруйнівного контролю деталей ПТДБМ (на зразках та крані мостовому та підвісному однобалковому загального призначення) (6 год.)	17
2.6	Проведення експертного обстеження крану мостового та підвісного однобалкового загального призначення (8 год) (діагностування металоконструкцій, механізмів приладів безпеки)	22
2.7	Діагностування ходових коліс ПТДБМ. (2 год.)	34
2.8	Комплексний аналіз результатів діагностування та визначення технічного стану ПТДБМ. Оцінювання залишкового ресурсу та прогнозування зміни технічного стану ПТДБМ. (на основі експертного обстеження крану мостового та підвісного однобалкового загального призначення) (6 год.)	35
3.	Навчально-методичні матеріали дисципліни	41

1 МЕТА ТА ПЕРЕЛІК ТЕМ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Експертне обстеження проводиться з метою встановлення можливості, доцільності, умов та строку подальшої експлуатації крану, а також визначення його подальшої працездатності та необхідності проведення ремонту або реконструкції.

Перелік практичних робіт

1. Ознайомлення з об’єктами, завданнями та послідовністю технічного діагностування ПТДБМ. (2 год.)
2. Визначення фактичного технічного стану ПТДБМ за діагностичними параметрами. (4 год.)
3. Вибір методу технічного діагностування ПТДБМ, складання карти технічного діагностування. (2 год.)
4. Вибір засобів вимірювання та діагностичного обладнання для контролю технічного стану ПТДБМ. (2 год.)
5. Проведення візуального та неруйнівного контролю деталей ПТДБМ (на зразках та крані мостовому та підвісному однобалочному загального призначення) (6 год.)
6. Проведення експертного обстеження крану мостового та підвісного однобалочного загального призначення (8 год) (діагностування металоконструкцій, механізмів приладів безпеки)
7. Діагностування ходових коліс ПТДБМ. (2 год.)
8. Комплексний аналіз результатів діагностування та визначення технічного стану ПТДБМ. Оцінювання залишкового ресурсу та прогнозування зміни технічного стану ПТДБМ. (на основі експертного обстеження крану мостового та підвісного однобалочного загального призначення) (6 год.)

2.1 ПРАКТИЧНА РОБОТА №1
Ознайомлення з об'єктами, завданнями та послідовністю технічного діагностування ПТДБМ. (2 год.)

Обстеженню підлягають крани, що відпрацювали розрахунковий термін служби, встановлений розробником, інструкцією по експлуатації або заводом-виробником.
У разі, якщо термін не вказаний або режим роботи відрізняється від паспортного, обстеження крана необхідно проводити в наступні терміни від дня виготовлення:

Таблиця 2.1 – Термін обстеження кранів

Режим роботи крану (паспортний)			Первинне обстеження	Повторне обстеження
Згідно колишньої класифікації Держнаглядохор онпраці	За ГОСТом 25546-85			
ВТН та ВТ	8К	6м	12 років	1 Раз на 2 роки
Т	6К –7К	5м	16 років	1 Раз на 3 роки
С	4К –5К	4м	16 років	1 Раз на 3 роки
Л	2К –3К	2м,3м	20 років	1 Раз на 5 років
Рідко використов.	1К	1м	30 років	1 Раз на10 років

Термін повторних обстежень назначають згідно з фактичним режимом роботи крану.

Крани, які встановлені на відкритому повітрі, в приміщеннях, що не опалюються, експлуатуються в умовах підвищеної вологості, підвищеної корозійності. Незалежно від режиму роботи, повинні проходити первинне обстеження через 12 років та повторні - 1 раз на 2 роки.

Кількість повторних обстежень не обмежується й визначається фактичним станом крану та мірою його працездатності, а також економічною ефективністю його відновлення.

Позачерговому обстеженню підлягають крани, які :

- одержали остаточні деформації при іспитах;
- одержали в процесі експлуатації остаточні деформації несучіх елементів металоконструкції, що перевищують допустимі значення;
- мають ушкодження, які одержали несучі елементи внаслідок аварії;
- мають корозійний знос несучих елементів металоконструкції, що перевищує допустимі значення ;
- підлягають реконструкції ;
- виявилися в процесі експлуатації тріщини у несучих елементах металоконструкції.

Крім того обстеженню підлягають крани на вимогу інспектора чи інженерно-технічного робітника по нагляду за вантажопідйомними кранами.

Роботи по обстеженню кранів включають в себе:

- вивчення документації виготовлювача, наказів органів Держнаглядохоронпраці, експлуатаційної документації, опитування обслуговуючого персоналу
- визначення хімічного складу та механічних властивостей металу несучих елементів металоконструкції, включаючи метал для ремонтів, якщо в паспорті або інші документації відсутні ці відомості
- візуальний та інструментальний огляд несучої металоконструкції та механізмів, перевірку на наявність

- деформацій, тріщин, люфтів, витоків масла, зносу та корозії
- вимір та ескізування місць розташувння тріщин з зазначенням їх довжини, а також загальних та місцевих деформацій несучих конструкцій крану.
- огляд та контроль електрообладнання
- огляд та контроль приладів безпеки
- нівелювання шляхів (якщо вона не проводилася) ; огляд тупикових приладів
- контрольні іспити проводяться вантажем, що на 25 % перевищує номінальну вантажопідйомність, з перевіркою пружних залишкових деформацій крану та динамічні іспити вантажем, що на 10 % перевищує номінальну вантажопідйомність.
- оцінку технічного стану з розробленням висновків про можливість подальшої експлуатації крану
- визначення остаточного ресурсу роботи крана на підставі аналізу фактичного режиму за весь термін його експлуатації

Завдання 1 Визначення необхідності обстеження кранів

За даними таблиці 2.2 визначити, які крани підлягають обстеженню на момент проведення аналізу.

Для виконання завдання прийняти такі умови:

• строк служби виробником не встановлено; строки первинного та повторного обстежень визначати за таблицею 2.1;

• Строк роботи крана обчислено від дня його виготовлення;

• фактичний режим роботи відповідає паспортному;

• якщо обстеження раніше проводилося, подальшу експлуатацію було дозволено до наступного обстеження;

• інших підстав для проведення обстеження, крім наведених у таблиці, немає.

Q — вантажопідйомність крана, т.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для визначення необхідності обстеження кранів

№	Тип крана	Q, т	Режим роботи	Строк роботи, років	Умови експлуатації	Відомості про попередні обстеження та пошкодження
1	Мостовий	10	8К	13	Опалюване приміщення	Обстеження не проводилося; пошкоджень не виявлено
2	Мостовий	20	6К	14	Опалюване приміщення	Обстеження не проводилося; пошкоджень не виявлено
3	Козловий	16	3К	12	Просто неба	Обстеження не проводилося; пошкоджень не виявлено
4	Мостовий	5	5К	17	Опалюване приміщення	Обстеження не проводилося; пошкоджень не виявлено
5	Козловий	10	4К	10	Просто неба	Обстеження не проводилося; пошкоджень не виявлено
6	Мостовий	3,2	2К	19	Опалюване приміщення	Обстеження не проводилося; пошкоджень не виявлено
7	Мостовий	5	1К	31	Опалюване приміщення	Обстеження не проводилося; пошкоджень не виявлено
8	Козловий	20	6К	11	Просто неба	Обстеження не проводилося; пошкоджень не виявлено
9	Мостовий	16	6К	19	Опалюване приміщення	Останнє обстеження проведено 3 роки тому; нових пошкоджень не виявлено
10	Козловий	12,5	4К	15	Просто неба	Останнє обстеження проведено 1 рік тому; нових пошкоджень не виявлено
11	Мостовий	10	4К	9	Опалюване приміщення	Обстеження не проводилося; виявлено тріщину в несучому елементі головної балки
12	Мостовий	3,2	3К	18	Опалюване приміщення	Обстеження не проводилося; пошкоджень не виявлено

Порядок виконання завдання 1

1. Для кожного крана визначити необхідність проведення обстеження.
2. Виписати номери кранів, які підлягають обстеженню.
3. Для кожного з вибраних кранів зазначити вид обстеження — первинне, повторне або позачергове — та обґрунтувати рішення.
4. Для решти кранів визначити, через скільки років настане строк обстеження за відсутності інших підстав для його проведення.

Завдання 2

Визначення складу та послідовності робіт під час обстеження

Із наведеного переліку вибрати п’ять робіт, які належать до обстеження крана. Решту робіт віднести до технічного обслуговування або ремонту.

1. Вивчення паспорта, експлуатаційної та ремонтної документації крана, аналіз відомостей про умови й режими його роботи.
2. Планове змащування підшипників і зубчастих передач механізмів крана.
3. Візуальний та інструментальний контроль металоконструкцій і механізмів із виявленням та вимірюванням тріщин, деформацій, зносу й корозійних пошкоджень.
4. Заміна зношених зубчастих коліс редуктора механізму підіймання.
5. Огляд і контроль електрообладнання, перевірка працездатності приладів та пристроїв безпеки.
6. Заварювання виявлених тріщин у несучих елементах металоконструкції.
7. Відновлення антикорозійного покриття металоконструкції крана.
8. Проведення статичних і динамічних випробувань відповідно до програми обстеження після підтвердження можливості їх безпечного виконання.
9. Заміна вантажного каната, який досяг граничного стану.
10. Оцінювання технічного стану, визначення залишкового ресурсу та складання висновку щодо можливості й умов подальшої експлуатації крана.

Виписати номери вибраних робіт у рекомендованій послідовності їх виконання. Коротко пояснити призначення кожної роботи.

2.2 ПРАКТИЧНА РОБОТА №2
Визначення фактичного технічного стану ПТДБМ за діагностичними параметрами. (4 год.)

Таблиця 2.3 - Загальні деформації металоконструкції

Вид деформації	Допускні значення залишкових прогинів
Залишковий прогин головних балок (візок без вантажа біля тупикового упору чи над опорою). Значення прогинів по поясам.	$f1 \leq 0.0022\ Lk$ Експлуатація крана допускається при проведенні ретельних оглядів і нівелювання металоконструкції не рідше 1 разу на рік $f1 > 0.0022\ Lk \leq 0.0035\ Lk$ Експлуатація крана допускається при проведенні ретельних оглядів і нівелювання металоконструкції не рідше 1 разу на 4 місяця $f1 > 0.0035\ Lk$ Експлуатацію крана повинно бути припинено та не можно відновлювати без реконструкції пролітних балок, що забезпечується відновленням будівельного підйому при одночасному підсиленні балок $f2 \leq 0.0035\ Lk$ Визначається можливістю подолання ухилу для вантаженої талі . Для кранів з канатним приводом пересування візка величина fa лімітується.

Таблиця 2.4 – Прогини головних балок

№ крана	Проліт, м	Балка А, мм	Балка Б, мм	Подальші дії
1	22,5	35	40	
2	16	42	45	
3	32	118	125	
4	42	78	86	
5	20	74	78	
6	24	65	72	
7	22,5	56	65	
8	31,5	55	62	
9	18	68	72	
10	24	60	70	
11	28,5	50	58	
12	26	96	104	

Для кожного крана розрахувати обидві граничні величини прогину, порівняти їх із результатами вимірювань та заповнити останню графу таблиці.

Завдання 2 Оцінювання коерцитивної сили

За даними таблиці 2.5 визначити, чи досягнуто критичної межі коерцитивної сили металу тих самих 12 кранів, та обґрунтувати подальші дії.

Критичні значення прийняти за наступними даними.

Марка сталі	Критична коерцитивна сила, А/см
09Г2С	8,0
ВСт3сп5	6,0

Контролюють основний метал завтовшки 10 мм поза швами та зонами термічного впливу. Наведено максимальні показання для кожної балки за однакової методики. У навчальному розрахунку похибкою вимірювань знехтувати.

Досягнення або перевищення критичної межі — підстава для припинення експлуатації до поглибленого обстеження та рішення щодо відновлення. За меншого значення критичної межі не досягнуто; висновок узгодити із завданням 1.

Таблиця 2.5 – Результати вимірювання коерцитивної сили

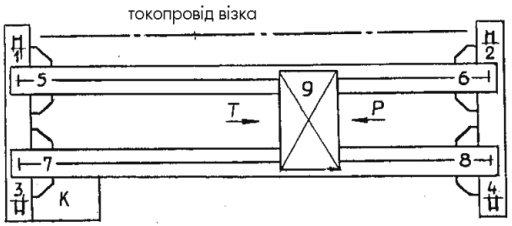
№ крана	Марка сталі	Балка А, А/см	Балка Б, А/см	Висновок за магнітним критерієм
1	09Г2С	5,1	5,6	
2	ВСт3сп5	4,1	4,4	
3	09Г2С	7,8	8,3	
4	ВСт3сп5	6,2	6,5	
5	09Г2С	6,4	6,8	
6	ВСт3сп5	5,3	5,6	
7	09Г2С	8,4	8,7	
8	ВСт3сп5	4,6	4,9	
9	09Г2С	4,8	5,2	
10	ВСт3сп5	6,4	6,8	
11	09Г2С	7,1	7,4	
12	ВСт3сп5	4,8	5,2	

Більше значення двох балок порівняти з критичною межею та заповнити останню графу. Сформулювати підсумкове рішення за обома параметрами для кожного крана.

2.3 ПРАКТИЧНА РОБОТА №3
Вибір методу технічного діагностування ПТДБМ, складання карти технічного діагностування. (2 год.)

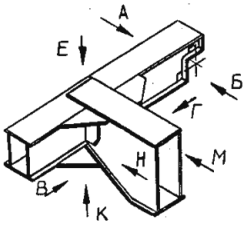
Пошукач освіти отримує загальний вид крану та складає карту технічного діагностування. На ній він позначає місця контролю та ймовірного виявлення дефектів. Для тих хто проходить практичне заняття дистанційно обрає карту для мостового крану (варіант 1) або для кран-балки (варіант 2) наведені нижче.

Металоконструкція мостового крана
(об'єкт дослідження)

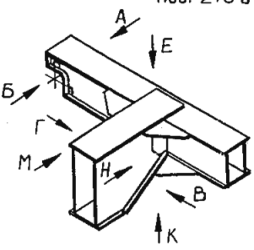


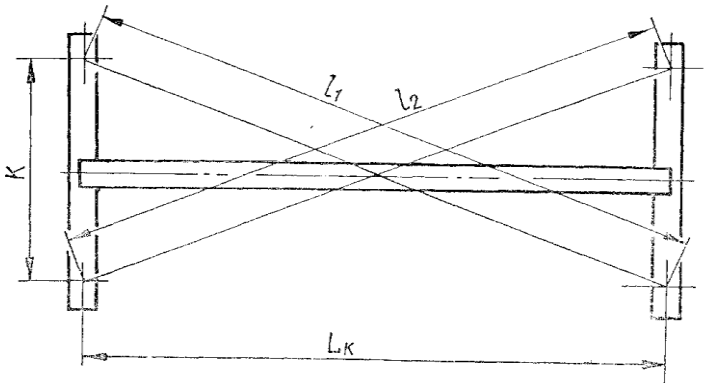
Вузел примикання прольотної та кінцевої балок

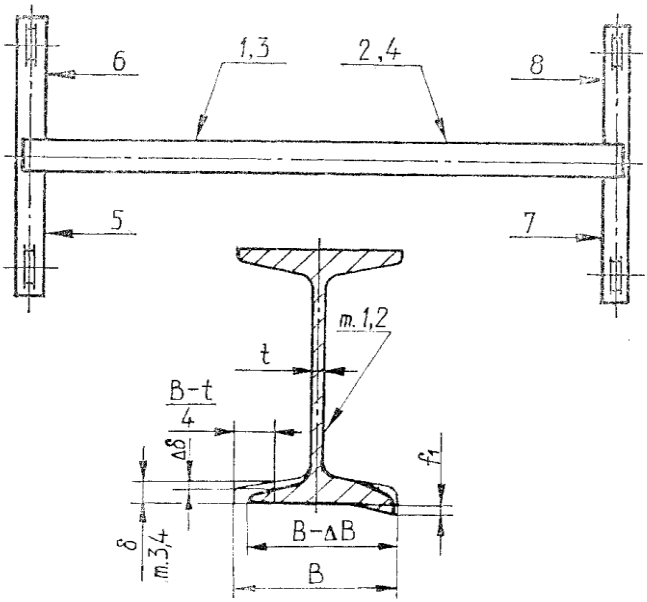
Поз. 1,5 и 4,8



Поз. 2,6 и 3,7




K
l_1
l_2
L_K


6
1,3
2,4
8
5
7
m.1,2
t
B-t
4
Δδ
δ
m.3,4
f_1
B-ΔB
B

2.4 ПРАКТИЧНА РОБОТА №4

Вибір засобів вимірювання та діагностичного обладнання для контролю технічного стану ПТДБМ. (2 год.)

Наявне оснащення: паспорт крана з додатковими кресленнями; ультразвуковий товщиномір; лупа 10-кратна; штангенциркуль 0–125 мм; нівелір; металева лінійка завдовжки 500–1000 мм; струна з виском завдовжки не менше 10 м; ліхтар; набір слюсарних інструментів; запобіжні пояси та каски; випробувальний вантаж масою 5,5 т.

Завдання 1 Вибір засобів контролю

Заповнити таблицю: вибрати засоби для кожної операції та обґрунтувати вибір.

Контрольна операція	Обраний засіб та обґрунтування
Вимірювання фактичної товщини стінки головної балки	
Вимірювання діаметра каната та розмірів перерізу гака	
Огляд поверхні металу та зварних з’єднань	
Визначення висотного положення контрольних точок балки	
Перевірка відхилення від прямолінійності	

Завдання 2 Ознайомлення з характеристиками приладів

За інструкціями ознайомитися з характеристиками товщиноміра, штангенциркуля та нівеліра; зазначити потрібне оснащення й підготовчі дії. Пояснити, чи можна штангенциркулем 0–125 мм безпосередньо виміряти діаметр колеса 400 мм.

Завдання 3 Опрацювання умовних показань

• Штангенциркуль: ціла частина — 12 мм; збігається третій штрих ноніуса; дискретність відліку — 0,1 мм. Визначити розмір.

- Товщиномір: показання 7,8; 7,6; 7,3; 7,9; 7,5 мм. Знайти мінімальну товщину та її зменшення відносно номінальних 8,0 мм.
- Нівелір: відліки по рейці з однієї стоянки А — 1245 мм, Б — 1268 мм. Визначити різницю висот і нижчу точку.
- Зазначити, чим доповнити нівелір і товщиномір для виконання вимірювань.
- Пояснити призначення паспорта крана.
- Розрахувати маси вантажів для статичного (+25 %) і динамічного (+10 %) випробувань. Для якого з них придатний вантаж 5,5 т? Заповнити акт випробувань

Акт
контрольних випробувань несучих металоконструкцій
крана вантажем 1.25Qн и 1.1 Qн.

мостовий однобалковий
_____ обл №_____ Зав_____
(тип крана)

№	Назва параметра	Величина параметра	
		у прольоті	
1	Випробувальний вантаж	Ст. випроб. 1,25Qн	Дин. випроб. 1,1Qн
2	Висота підйому вантажа,м	0,2	На повну висоту
3	Умови випробування		
4	Пружній прогин, мм		
	Остаточна деформація,мм	Відсутня	

Примітка: Механізми та прилади безпеки працюють нормально
Контрольні випробування проведені разом з замовником:
Випробування проводили:

2.5 ПРАКТИЧНА РОБОТА №5
Проведення візуального та неруйнівного контролю деталей ПТДБМ (на зразках та крані мостовому та підвісному однобалковому загального призначення) (6 год.)

Студенти допускаються до роботи з вантажопідйомним краном тільки в присутності викладача та лаборанта. **Самостійна робота забороняється.**

За результатами вимірювань заповнити таблицю.

При дистанційному навчанні видаються ескізи місць руйнування

Результати проведення візуального-інструментального огляду деталей

Назва деталі	Дефекти, за наявності яких деталь вибраковується	Підсумки огляду
Шестірні, зубчасті колеса, муфти, черв'ячні колеса, храпові колеса, собачки	1. Обломи зубців. 2. Тріщини будь-яких розмірів і розташування 3. Спрацювання зубців за товщиною: – механізми підіймання: передачі в редукторі – більше 10 %; відкриті передачі – більше 15 %; – механізму повертання і пересування вантажного візка і крана: передачі в редукторі – більше 15 %; відкриті передачі – більше 20 %. 4. Викришування більше ніж на 30 % робочої поверхні з глибиною більше 5 % від товщини зубця. 5. Спрацювання головок зубців за товщиною більше 0,2 модуля зачеплення. 6. Спрацювання за товщиною зубців механізму обертання колони мульдозавалювального крана не	

Назва деталі	Дефекти, за наявності яких деталь вибраковується	Підсумки огляду
	більше 25 %, обломи не більше 10 % поверхні контакту. 7. Сколи, тріщини зубців храпового колеса механізму головного підіймання ливарного крана, спрацювання зубів більше 10 % їх товщини. Деформації, зминання, спрацювання собачок більше 5 % їх товщини	
Блоки	1. Спрацювання рівчака блока за глибиною більше ніж на 40 % радіуса рівчака. 2. Часткові обломи реборд на довжині більше 75 мм	
Барабани	1. Тріщини будь-якого характеру та розташування. 2. Зріз чи спрацювання гребеня канавки більше 2 мм за висотою на довжині більше 1/3 витка. 3. Спрацювання рівчака за профілем більше 2 мм. 4. Зменшення товщини стінки по дну рівчака більше 10 %	
Пружини	1. Злами, тріщини і розшарування. 2. Залишкові деформації. 3. Довжина пружин відрізняється від заданої більше ніж на ± 3 %, а допустиме зусилля – більше 5 %	
Ланцюгові передачі	1. Збільшення середнього кроку ланцюга понад 3 % та спрацювання зубців зірочок за товщиною. 2. Руйнування роликів і втулок ланцюга. 3. Тріщини пластин ланок.	

Назва деталі	Дефекти, за наявності яких деталь вибраковується	Підсумки огляду
	4. Ослаблення посадки валиків і втулок в отворах пластин, що призводить до їх прокручування	
Корпуси редукторів, коробок	1. Тріщини будь-яких розмірів і розташування, що виходять на площини рознімання та посадкові поверхні, на різьбові гнізда кріплення кришок. 2. Обломи лап, фланців, які охоплюють отвори в місцях кріплення корпусних деталей. 3. Спрацювання отворів під підшипники. 4. Зірвана різьба під шпильку, болт, якщо неможливо її перенарізати	
Підшипники	1. Відчутні радіальні та осьові люфти. 2. Викришування, лущіння втомного характеру доріжок кочення, кульок або роликів. 3. Раковини, лускаті відшарування корозійного характеру на деталях підшипника (дозволяються темні плями корозійного походження площею до 1,5 мм^2). 4. Тріщини та обломи. 5. Кольори мінливості на бігових доріжках, кульках і роликах (матова поверхня дозволяється). 6. Поломка, обрив головок заклепок, ослаблення та вм’ятини сепаратора. Важке обертання кульок або роликів (дозволяються вм’ятини сепаратора, що не утруднюють обертання)	

Назва деталі	Дефекти, за наявності яких деталь вибраковується	Підсумки огляду
Підшипники	7. Вибоїни, риски, подряпини, лунки на бігових доріжках, помітні неозброєним оком (дозволяються пошкодження, помітні через лупу). 8. Виступ роликів за торці зовнішніх кілець підшипників.	
Гальма	1. Тріщини та обломи будь-якого характеру та розташування. 2. Спрацювання робочих поверхонь шківів, зменшення товщини обода в результаті спрацювання та проточок більше ніж на 25 %, хвилі та риски завглибшки більше 2 мм. 3. Радіальне биття шківів більше 1/1000 діаметра шківа. 4. Тріщини та обломи, що підходять до отворів під заклепки гальмівних накладок. 5. Спрацювання посередині гальмівної накладки, що перевищує 50 % первинної товщини, але не більше ніж до головок заклепок. 6. Спрацювання накладки на краях із залишковою товщиною менше 3 мм. 7. Спрацювання шарнірних з’єднань.	
	8. Осі електродвигунів і гальм мають бути співвісні з вихідними валами редукторів. Радіальне зміщення центрів не повинно перевищувати 0,5 мм, а перекіс осей (кутове зміщення) – не більше 1°.	

Назва деталі	Дефекти, за наявності яких деталь вибраковується	Підсумки огляду
Гідроциліндри	1. Наскрізні тріщини корпусу. 2. Поздовжні риски на поверхні штока завглибшки більше 0,2 мм.	
Вали, осі	1. Тріщини будь-яких розмірів і розташування. 2. Спрацювання посадкових поверхонь під підшипники та ущільнення. 3. Спрацювання, помітне під час огляду. 4. Зсув, зминання, облом і скручування шліців. 5. Зминання, зсув бічних поверхонь шпонкових пазів. 6. Зрив більше двох витків різьби. 7. Залишкові деформації згину та кручення, що не можуть бути усунуті без утрати міцності.	
Пружинні шайби, стопорний дріт, шплінти	Вибраковуються незалежно від їх стану у випадку зняття під час розбирання.	
Деталі з різьбою	1. Зриви більше двох витків різьби, зсув витків. 2. Спрацювання виступів різьби, помітне під час огляду. 3. Тріщини, зминання, зрубані грані, ребра гайок і головок болтів.	

Назва деталі	Дефекти, за наявності яких деталь вибраковується	Підсумки огляду
	4. Спрацювання граней гайок і болтів більше 0,5 мм. 5. Суцільна корозія різьби. 6. Шпильки і болти з вигнутими стрижнями та місцевою виробкою.	

2.6 ПРАКТИЧНА РОБОТА №6
Проведення експертного обстеження крану мостового та підвісного однобалочного загального призначення (8 год) (діагностування металоконструкцій, механізмів приладів безпеки)

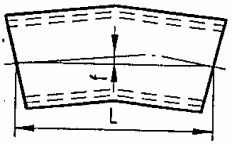
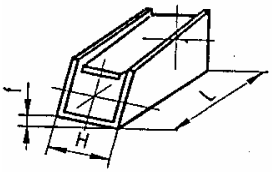
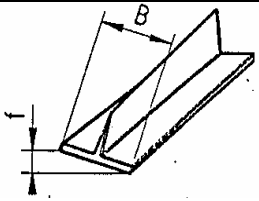
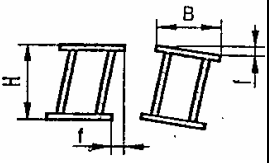
2.6.1 По паспорту крана скласти виписку з паспорта

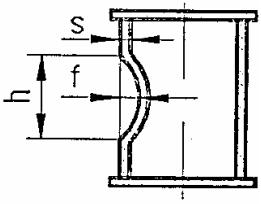
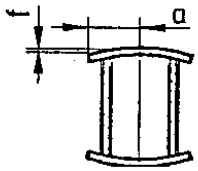
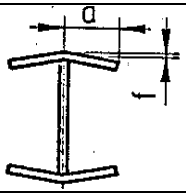
Виписка з паспорта крана

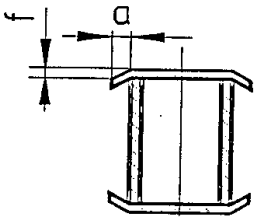
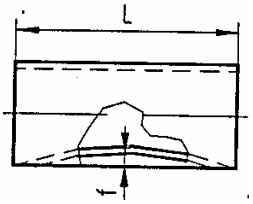
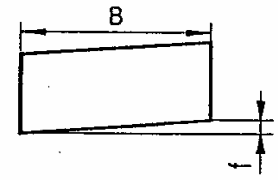
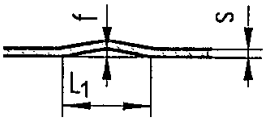
1.Тип крана_____
(мостовий, козловий, стріловий, крюковий, грейферний і ті., з зазначенням типу металоконструкції - коробчастий, балочний фермовий, клепаний, зварний)
2. Вантажопідйомність
_____ (паспортна, якщо вантажопідйомність була змінена, то існуюча з вказівкою причини зміни)
3. Прогин крану (довжина стріли)
_____
(якщо проліт змінювався, то вказати початковий)
4. Режим роботи крана
_____
(паспортний та дійсний)
5. Швидкості механізмів :
підйому _____
зміни вильоту стріли_____

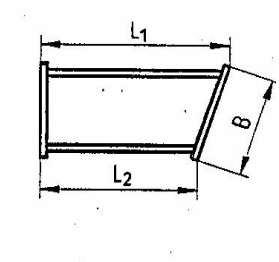
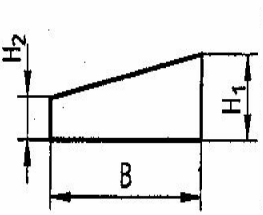
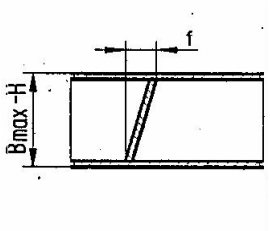
пересування крана
_____
пересування візка _____
обертання _____
6. Дані про матеріал металоконструкції _____
(в тому числі на нові або ремонтні вузли, при наявності копії сертифікатів)
7. Паспортні дані по допускній мінімальній температурі експлуатації _____
_
8. Завод – виробник _____
9. Дата виготовлення _____
10. Заводський номер _____
11. Обліковий номер _____
12. Дата запровадження в експлуатацію_____
(якщо кран підлягав перемонтажу, то і термін початку роботи на новому місці)
13. Місце установки крана _____
14. Дані по ремонтам елементів крана _____
(механізмів, металоконструкції, електрообладнання, зміни окремих елементів, не враховуючи канатів)
15. Акти на ремонтні роботи металоконструкції _____
_____
16. Матеріали по реконструкції металоконструкції крану, підсиленню крану_____
_
(креслення, розрахунки, акти виконаних робіт і т.і.)
17.Акт останнього повного технічного огляду _____
_____
_
18. Креслення загального вигляду крану (при необхідності)
клав _____ _____
(Підпис) П. І..,Посада

2.6.2. За результатами обмірів конструкції або наданими ескізами місць руйнувань заповнити таблицю

Відхилення	Значення відхилення, мм	Ескіз	Результати огляду
1	2	3	4
Вгнутість балок та ферм	$f / L \le 1.2 \cdot 10^{-3}$ при $L \le 2000$ $f / L \le 0.8 \cdot 10^{-3}$ при $L > 2000$		
Закручування коробчастих і двотаврових балок	$f / H < 2.0 \cdot 10^{-6} L$ при $L \le 2000$ $f / H \le 1.5 \cdot 10^{-6} L$ при $2000 < L \le 10000$ $f / H \le 0.8 \cdot 10^{-6} L$ при $L > 10000$		
Закручування стрижнів	$f / B < 0.01$ $f / B < 0.005$		
Неперпендикулярність стінок та поясів коробчастих двотаврових балок у довільному перерізі	В місцях приєднання $f / B \le 4/1000$ $f / H \le 4/1000$		

1	2	3	4
Вогнутість стінок коробчастих та двотаврових балок у зтисненій зоні при відсутності інших швів, зокрема поясних. Примітка. Число вогнутостей (випуклостей) на площині між сусідніми діафрагмами не повинно бути більше однієї.	$f / S \leq 1$ при $S \leq 12$ $f / S \leq 0.6$ при $S > 12$		
Випуклість поясів балок	У коробчастих $f / a \leq 10/1000$		
	У двотаврових $f / a \leq 15 / 1000$		

1	2	3	4
Неплощинність звисаючих кромок поясів коробчастих балок	f / a ≤ 1 / 10, але не більше 5мм		
Неплощин-ність стінок та поясів коробчастих і двотаврових балок	f / L ≤ 1 / 1000 В місцях стикового зварного з'єднання стінок та поясів дозволяється f / L ≤ 5 / 1000		
Неперпенди кулярність торців діафрагм та ребер	$f/B \leq 1.5 \cdot 10^{-3}$		
Вогнутість(випуклість) настилів обертових рам лебідок у місцях під обладнання м та інше.	$f / L \leq 5 \cdot 10^{-3}$		

1	2	3	4
Непаралельність фланців коробчастих балок. Примітка. Після механічної обробки неплощинність поверхонь фланців з розмірами сторін до 1000мм не повинні бути більше 0.4мм (після зварювання – 1мм), з розмірами сторін вище 1000мм - 0.8мм (після зварки – 2мм)	(L-L2)/ B≤1/1000 при B < 1000 (L-L2)/ B≤0.5·10⁻³ при B > 1000		
Непаралельність торців діафрагм та ребер	(H1-H2)/B ≤ 1.5 ·10⁻³		
Неперпендикулярність діафрагм та ребер до стінок і поясів коробчастих і двотаврових балок	f / B ≤ 4 / 1000 f / H ≤ 4 / 1000		

2.6.3 Провести огляд механізмів та скласти відомість дефектів.

Огляд механізмів крана проводиться, щоб виявити таке:

– тріщини та обломи корпусів редукторів, гальмівних шківів, гальмівних колодок, блоків, барабанів та їх маточин тощо;

– спрацювання зубчастих і черв'ячних зачеплень;

– спрацювання пари "гвинт–гайка";

– викришування робочої поверхні зубців коліс та їх обломи;

– спрацювання робочих поверхонь підшипників, що призводить до збільшеного зазору, руйнування сепаратора та тіл кочення, ослаблення посадки підшипників, надмірне затягування підшипників, наявність корозії;

– ослаблення посадки муфт на валах і пальців у гніздах, спрацювання шпонкових і шліцьових з'єднань;

– спрацювання елементів муфт (пальців, гумових втулок, зубчастих півмуфт тощо);

– порушення співвісності валів, що з'єднані муфтами;

– спрацювання елементів передач (ланцюгових, клинопасових тощо);

– спрацювання та руйнування ущільнень валів, площин рознімання і торцевих кришок корпусів редукторів тощо;

– тріщини і руйнування елементів металоконструкції рам редуктора, гальма або фланців електродвигуна чи гідромотора (гідронасоса);

– залишкові деформації і злом пружин;

– спрацювання та механічні пошкодження рівчаків блоків, барабанів лебідок і робочих поверхонь гальмівних шківів і гальмівних накладок;

– спрацювання шарнірних з'єднань складальних одиниць і деталей;

– спрацювання ходових коліс;

– відбитки каната на поверхні рівчаків;

– порушення балансування барабана або гальмівного шківа;

– відсутність або забруднення мастила в редукторах, підшипникових вузлах, у зубчастій муфті, шарнірах та інших рухомих з'єднаннях складальних одиниць і деталей;

– наявність і справність кожухів і огороджень на легкодоступних частинах механізмів, що рухаються;

– ослаблення кріплень механізмів, в тому числі канатів;

– пошкодження або відсутність болтів, шпильок;

– порушення лакофарбового покриття;

– пошкодження та деформації каната, неприпустиму кількість обривів дротів, неприпустимі поверхневе та внутрішнє спрацювання, поверхневу та внутрішню корозію, розриви сталок тощо.

Під час проведення огляду лебідок необхідно звертати увагу на таке:

– наявність на барабані не менше ніж півтора витка каната, не враховуючи витків, що перебувають під затискним пристроєм, у нижньому можливому положенні вантажозахоплювального органа , колони, механізму монтажного пристрою, вантажного візка тощо;

– наявність, стан і надійність кріплення огорож відкритих зубчастих, ланцюгових, клинопасових передач, муфт, валів тощо;

– наявність, стан і надійність кріплення кожухів, що унеможливлюють попадання вологи і мастила на гальмівні шківи механізмів;

– надійність і правильність кріплення кінців каната на барабані притискними планками і на конструкціях крана;

– спрацювання шарнірних з’єднань гальма (важелі, основа, привід гальма тощо), порушення регулювання гальм (збільшення чи зменшення гальмівного моменту за рахунок порушення установчого розміру пружини гальма), наявність залишкової деформації пружини гальм.

Під час проведення огляду блочно-канатних систем механізмів необхідно звертати увагу на таке:

– стан елементів підвішування кінців каната;

– відсутність тертя канатів один з одним і з конструкціями крана;

– наявність і стан пристроїв, що унеможливлюють спадання канатів з блоків;

– правильність закладення кінців канатів у клинових втулках, правильність заплітання чи встановлення затискачів у разі їх закріплення на конструкціях крана;

– правильність запасування канатів;

– надійність закріплення осей блоків, наявність фіксуючих елементів, що унеможливлюють самовільне розгвинчування чи роз'єднування (шплінтів, пружинних шайб, гайок, планок тощо);

– стан блоків (наявність тріщин, обломів реборд, спрацювання рівчака, відсутність змащення підшипників);

– стан канатів і ланцюгів.

Під час проведення огляду гакової підвіски перевіряють таке:

– стан і ступінь спрацювання гака;

– наявність і стан запобіжного замка;

– стан підшипника опори гака (можливість і легкість обертання гака), наявність стопорної планки на гайці гака та справність елементів стопоріння;

– стан деталей підвішування гака (траверси, осі тощо та спрацювання отворів);

– стан елементів кріплення кінця каната.

Під час перевірки стану гака перевіряється відсутність тріщин у зіві, нарізній частині та інших місцях. Спрацювання гака не повинно перевищувати 10 % первинної висоти вертикального перерізу гака, а збільшення розміру зіва гака не повинно перевищувати 12 % первинного розміру.

У пластинчатих гаках кранів (ливарних тощо) не допускаються:

– тріщини на торцях пластин;

– зазор між пластинами більше проектного;

– загальна деформація гака в поздовжньому напрямку більше 0,001 його довжини;

– тріщини в зварних швах з'єднання пластин;

– спрацювання накладки в зіві гака більше 50 % номінальної її товщини;

– нещільність прилягання заклепок, деформація (зрізання) їх головок.

У вантажопідіймальних кранів, які транспортують розплавлений метал і рідкий шлак, у механізмів підіймання та кантування ковша перевірка кованих і штампованих гаків та деталей їх підвіски, а також деталей підвіски пластинчастих гаків має проводитися із застосуванням неруйнівного методу контролю. Під час контролю перевіряється

відсутність тріщин у нарізній частині кованого (штампованого) гака, відсутність тріщин у нарізній частині вилки пластинчастого гака та в осі з'єднання пластинчастого гака з вилкою або траверсою.

Спрацювання елементів шарнірних з'єднань (осей, пальців, отворів) інших вантажозахоплювальних пристроїв, (мульдозахоплювального пристрою, підхоплювачів (лап) пратцен-крана, кліщів стриперного, колодязного і посадкового кранів тощо) має бути не більше 3 % первісного їх розміру. Спрацювання елементів шарнірного з'єднання кривошипа з шатуном механізму керування великими кліщами стриперного крана має бути не більше 5 % первісного діаметра осі чи отвору.

Під час проведення огляду протиугінних пристроїв перевіряють таке:

– надійність кріплення протиугінного пристрою;

– стан затискачів (відсутність спрацювання, обломів зубців тощо);

– стан пари "гвинт–гайка";

– спрацювання шарнірних з'єднань;

– стан приводу механізму затискання протиугінного пристрою;

– наявність і працездатність у протиугінних пристроїв з машинним приводом засобів для приведення їх в дію вручну.

Допустимий осьовий зазор гвинтової пари (переміщення гвинта відносно гайки в осьовому напрямку без повороту) з трапецеїдальною стрічковою (квадратною) різьбою має бути не більше 0,055*S*, де *S* – крок різьби. Також допустиме спрацювання пари "гвинт–гайка" можна контролювати через вільний хід гвинта відносно гайки до моменту зачеплення витків різьби, який має бути не більше 20°.

Бракування канатів проводиться відповідно до настанови з експлуатації крана. За відсутності в настанові з експлуатації відповідного розділу бракування проводиться відповідно до вимог, наведених у пунктах 41–48 і в додатках 9–11 НПАОП 0.00-1.80-18.

Найбільш небезпечними місцями, де може з'явитися корозія каната, є ті, у яких накопичується волога і де канат рідко чи зовсім не переміщується по блоках (наприклад, на нижніх обоймах стрілових

канатів кранів-навантажувачів, кранів з балковою стрілою або на зрівнювальних блоках стрілового розчалу). Перевіряються також місця кріплення каната на барабанах і на конструкціях крана.

Якщо для оцінки технічного стану механізму не достатньо контролю справного стану шляхом перевірки його роботи на холостому ходу та огляду із зніманням оглядових кришок, то він має бути розібраний, промитий, після чого має бути проведений контроль деталей.

Місцями можливого утворення тріщин складових частин механізмів є такі:

– місця різкої зміни перерізів;

– ділянки, перерізані шліцами, шпонковими пазами, канавками, нарізкою та іншими концентраторами напружень;

– місця можливих пошкоджень під час транспортування та монтажу;

– місця, де виникають значні динамічні та знакозмінні напруження.

Зовнішніми ознаками наявності тріщин можуть бути підтікання іржі, що виходять на поверхню металу, замасленість, лущення лакофарбового покриття.

Місця можливої наявності тріщин мають бути очищені від корозії, мастильних матеріалів, лакофарбового покриття.

Наявність тріщин встановлюється візуально із застосуванням найпростіших оптичних засобів (6–10-кратна лупа), а за необхідності іншими методами неруйнівного контролю.

Необхідність вимірювання спрацювання і виявлення поломок зубчастих передач у редукторах може бути визначена у разі появи підвищеного шуму під час роботи механізму чи у разі появи збільшеного люфту між вхідною і вихідною ланками механізму.

Під час перевірки ступеня спрацювання, викришування контактних поверхонь користуються лінійкою, штангенциркулем, штангензубоміром, мікрометром, а під час перевірки ступеня спрацювання коліс, рівчаків блоків і барабанів, гребенів канавки барабанів – шаблонами.

Для визначення величини спрацювання вимір порівнюється з розміром на кресленні або з розміром тієї ділянки елемента, що вимірюється, де спрацювання відсутнє чи має мінімальне значення.

Під час визначення величини викришування контактних поверхонь, вимірювання раковин на зовнішній поверхні деталі визначають глибину окремих раковин і площу всієї поверхні та відносять її до всієї робочої поверхні.

Перевірка працездатності всіх шарнірних з'єднань складальних одиниць і деталей проводиться під час роботи крана чи за нерухомого крану шляхом перевірки міцності з'єднань і легкості переміщення елементів вручну.

Допустимі зазори в шарнірних з'єднаннях з посадками із зазором, крім зазначених окремо, не повинні перевищувати таких величин:

– для відповідальних з'єднань – $\Delta_{доп} = (1{,}4 \ldots 1{,}5)\Delta_{max}$;
– для інших з'єднань – $\Delta_{доп} = (2{,}0 \ldots 2{,}5)\Delta_{max}$
–

де Δ_{max} – найбільший зазор за кресленнями.

До відповідальних з'єднань відносяться такі з'єднання:

– гідроциліндрів з опорами і кронштейнами;
– осей і траверс зі щоками гакової підвіски;
– важелів, основ, приводу гальм.

Залежно від конструктивних особливостей кранів рішенням експертної організації до відповідальних з'єднань можуть бути віднесені інші з'єднання, підвищені зазори в яких можуть стати причиною виникнення пошкодження і втрати справного і працездатного стану, а також привести до унеможливлення регулювання параметрів окремих пристроїв і приладів безпеки до визначених настановою з експлуатації крана.

Під час визначення величини спрацювання черв'ячного зачеплення перевіряють боковий зазор у зачепленні.

Радіальне биття гальмівного шківа внаслідок неправильного встановлення або розточення вала (отвору) перевіряється за допомогою індикатора.

Перевірка кріплень механізмів, а також болтових з'єднань складальних одиниць і деталей здійснюють під час роботи крана. Під час різкого пуску та гальмування механізми мають бути нерухомими.

У випадку появи люфту, не передбаченого конструкцією крана і вимогами до його експлуатації, він має бути усунутий.

Стан підшипників перевіряється під час розбирання механізмів. Справні підшипники не повинні прокручуватись у місцях посадки кілець і мати відчутний радіальний і осьовий люфти.

Дозволяється для визначення стану підшипників, спрацювання зубчастих зачеплень, гідравлічних насосів і моторів тощо використовувати інші методи діагностування (акустичні, вібраційні тощо) відповідно до чинних методик на ці методи.

Перевірка наявності мастила в редукторах проводиться за допомогою щупа, маслопокажчика чи інших засобів контролю залежно від конструкції редуктора. Рівень мастила не повинен опускатися нижче нижньої відмітки покажчика.

Пошкодження та дефекти деталей складальних одиниць кранів, за наявності яких деталь вибраковується, наведені в настановах з експлуатації конкретних кранів.

2.7 ПРАКТИЧНА РОБОТА №7
Діагностування ходових коліс ПТДБМ. (2 год.)

За результатами діагностики ходових коліс заповнити таблицю

Назва деталі	Дефекти, за наявності яких деталь вибраковується	Результат вимірів
Ходові колеса	1. Спрацювання поверхні катання колеса більше 2 % діаметра. 2. Спрацювання поверхні реборди на 50 % і більше її первинної товщини. 3. Тріщини будь-якого характеру та розташування	
	4. Різниця діаметрів коліс, що кінематично зв’язані, більше 0,5 % (у механізмах з центральним приводом). 5. Відшарування на поверхні завтовшки більше 0,3 мм. 6. Окремі раковини завглибшки до 3 мм площею більше 3 %	

Під контролем викладача провести вимірювання перекосів ходових коліс.

2.8 ПРАКТИЧНА РОБОТА №8
Комплексний аналіз результатів діагностування та визначення технічного стану ПТДБМ. Оцінювання залишкового ресурсу та прогнозування зміни технічного стану ПТДБМ. (на основі експертного обстеження крану мостового та підвісного однобалкового загального призначення) (6 год.)

2.8.1 Заповнити оцінку технічного стану експертного висновку на підставі проведених раніше робіт, скласти відомість дефектів

Оцінка технічного стану

Обстеження стану _____крана вантажопідйомністю _____т.
Прогін _____ м , обл.№ _____ , встановленого _____
(найменування підприємництва, цеха)
Комісія у складі
_____діюча на підставі
наказу № _____ від _____здійснення
_____ обстеження стану _____
(первинне, повторне) (тип крану)
крана обл. № _____
Внаслідок проведених робіт встановлено :
Кран _____ виготовлений в _____р .
(Тип крану)
(найменування підприємства виробника)
Заводський № _____ , режим роботи _____
(паспортний)
змонтований в _____ р. на
_____
(відкритій естакаді, в неопалюваному приміщенні)
цеха _____ та експлуатується з _____ р.
(назва цеха)
Металоконструкція крану _____
(коробчастого типу, фермова і т.і.)
Матеріал металоконструкції –_____
(марка сталі по паспорту)

Кран використовується _____
(стислий опис техпроцесу експлуатації крана)
при _____ роботи в умовах _____
(кількість змін) (підвищенної вологості,
агресивність середовища, нормальні умови)
Мінімальна температура навколишнього повітря складає
(для установки на відкритому повітрі або в неопалюваному приміщенні)
Дійсний режим роботи _____
(легкий, середній, важкий)
Обстеження стану металоконструкції показало наступне:
Тріщини в зварних швах, навколошовних зонах, цілому металі
(стисла характеристика дефектів цього типу)
Зварні шви
_____
(характеристика якості зварних швів на металоконструкції, їх поверхні)
- тріщини по місцях попередніх ремонтів_____
(стан зварних швів та металу)
- болтові та клепані з'єднання
(наявність прослаблених або дефектних болтів, заклепок)
- загальні деформації _____
(у випадку відхилення від допускних величин)
- місцеві деформації
_____
(у випадку відхилення від допускних величин)
- корозія металоконструкції _____
(величини корозії окремих елементів)
- інші дефекти
_____
- стан фарбування _____
4. Стан механізмів :
- механізм підйому
_____
(зазначити виміряні величини основних дефектів при їх наявності, роботу гальм, знос зубчатих передач і т.і.)

- механізм пересування крана
_____
(зазначити виміряні величини основних дефектів при їх наявності роботу гальм, знос зубчатих передач і ті.) -механізм пересування візка _____
(зазначити виміряні величини основних дефектів при їх наявності роботу гальм, знос зубчатих передач і ті.) - механізм повороту, зміни вильоту _____
(зазначити виміряні величини основних дефектів при їх наявності, роботу гальм, знос зубчатих передач і ті.)
5. Висновки комісії :
На підставі проведеного обстеження крану обл. № _____ комісія вважає :
_____
(зазначити дефекти металоконструкції, механізмів, електрообладнання, що можуть бути залишені без виправлення)
_____
(зазначити дефекти, що вимагають усунення і терміни виконання цих робіт)
Після виконання робіт (ремонтів) по п. 2 кран може бути допущений до подальшої експлуатації при паспортних характеристиках .
Мінімальна температура при експлуатації крана до мінус _____ С
_____
(для кранів встановлених на відкритому повітрі та в неопалюваному приміщенні)
Повторне обстеження _____ 20 _____ р.

Додатки :

Виписка з паспорту крана.
Відомість дефектів.

Підписи членів комісії :

2.8.2 Виконати розрахунок фактичного режиму крана

Форма розрахунку

1. Визначення класу використання крана.

$$C = tk \cdot n \cdot tc \cdot z \cdot k$$

Де, tk – строк служби крана по паспорту/нормат./у роках.
n – кількість робочих днів у році
tc – тривалість робочої зміни у часах (фактична)
z – кількість робочих змін на добу
k – кількість циклів на добу (фактична)

Визначене число циклів роботи крана відповідає класу використання крана

2. Визначення класу навантаження крана.

Коефіцієнт навантаження Кр

$$Kp = \sum_{i=1}^{3} ((Qi / Qном)^3 Zi / Zi)$$

де Qi – відносна завантаженість крана
Zi / Zi – частота роботи крана з відповідною завантаженістю крана (зі довідки про характер роботи крана)

За допомогою Кр (таблиця) клас навантаження крана

3. Група фактичного режиму крана визначається за допомогою визначених класу використання та класу навантаження.

Розрахунки здійснив: студент_____
(прізвище, підпис)

Затверджую
_____
_____
„____”_____ 20__р.

ДОВІДКА
ПРО ХАРАКТЕР РОБОТИ КРАНА

1. Кількість років роботи крану (нормативне) -
2. Кількість років роботи крану (фактичне) -
3. Кількість днів роботи за рік -
4. Кількість часів роботи на добу -
5. Номінальний вантаж, т -
6. Завантаженість крану Qi з відповідною частотою роботи крана Zi, (у %)

Qi : Zi :

7. Кількість вантажу за добу, т
8. Температурні умови роботи крана паспортні, С
9. Характеристика середовища, в якій працює кран – нормальна.
10. Місце установки – зачинене неопалюване приміщення. (на відкритому повітрі, під навісом та інше.)
11. Величина вітрових навантажень робочого та неробочого стану паспортна, м/с -
фактична , м/с -
по ГОСТ 1451-77, м/с -
12. Режим роботи крана:
- паспортний -
- фактичний (за розрахунком)-

Довідку склав : студент_____
(прізвище, підпис)

2.8.3 Заповнити протокол виміру товщини стінок

Кран мостовий
обл.№_____
_____
„____” _____ 20__ р.

Протокол № _____
Виміру товщини стінок
металоконструкції головних балок А і Б та кінцевих балок С і Д
_____
_____
_____
Вимірювання товщини стінок проводилось ультразвуковим товщиноміром типу _____, повірений до___
відповідно інструкції з експлуатації, похибка приладу __ 0.1__мм.
Нумерація дільниць та точок відповідно ескізу _____

Підсумки вимірювань

№	№ дільниці по ескізу		Корозійне зношення,%
1	А-1	Б-1	
2	А-2	Б-2	
3	А-3	Б-3	
4	С-1	Д-1	
5	С-2	Д-2	

Фахівець з неруйнівного контролю: _____
(прізвище, підпис)

4 НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ ДИСЦИПЛІНИ

4.1 Рекомендована література

1. Огурцов А.П., Сарандачов В.І., Солод В.Ю. Діагностика, динаміка, надійність підйомно-транспортних машин. - Дніпропетровськ: Системні технології, 2002. - 367 с.

2. Сидоров В. А., Кравченко В. М., Седуш В. Я., Ошовська О. В. Технічна діагностика механічного обладнання : навч. посіб. Донецьк : Юго-Восток, 2010. 131 с. URL: https://opac.kntu.kr.ua/cgi-bin/koha/opac-MARCdetail.pl?biblionumber=2153&utm_source=chatgpt.com

3. Бойко Г. О. Методи оцінки технічного стану вантажопідйомних кранів / Г. О. Бойко, Т. В. Бойко, Р. А. Єпіхін // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2018. – № 2(243). – С. 42–49. – URL: https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/474960.

4. Remote Non-Destructive Testing of Port Cranes: A Review of Vibration and Acoustic Sensors with IoT Integration / Jan Lean Tai, Mohamed Thariq Hameed Sultan, Rafał Grzejda, Farah Syazwani Shahar. – Journal of Marine Science and Engineering. – 2025. – Vol. 13, № 7. – Art. 1338. – DOI: https://doi.org/10.3390/jmse13071338.

5. Zhang Yanbing, Yang Li. The Acoustic Emission Testing Technology on Large Crane Structure Damage. *Engineering and Applied Sciences*. 2020. Vol. 5, no. 1. P. 9–14. DOI: https://doi.org/10.11648/j.eas.20200501.12.

6. Визначення залишкової довговічності кінцевих балок мостових кранів з використанням методу акустичної емісії / М.В. Сидоренко та ін. // Наука та виробництво. – 2025. – Вип. 30. – С. 61–68.

7. Сидоренко М. Конструктивні способи підвищення несучої здатності вузлів з’єднання головних і кінцевих балок мостових кранів / М. Сидоренко та ін. // Нові матеріали і

технології в металургії та машинобудуванні. – 2025. – № 2. – С. 67–74.

8. Mobley R. K. An Introduction to Predictive Maintenance. 2nd ed. Amsterdam : Butterworth-Heinemann, 2002. ISBN 978-0-7506-7531-4. URL: https://shop.elsevier.com/books/an-introduction-to-predictive-maintenance/unknown/978-0-7506-7531-4?utm_source=chatgpt.com

10. Randall R. B. Vibration-Based Condition Monitoring: Industrial, Automotive and Aerospace Applications. 2nd ed. Chichester : John Wiley & Sons, 2021. ISBN 978-1-119-47755-6. URL: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119477631?utm_source=chatgpt.com

11. Scheffer C., Girdhar P. Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance. Oxford : Newnes, 2004. ISBN 978-0-7506-6275-8. URL: https://www.sciencedirect.com/book/monograph/9780750662758/practical-machinery-vibration-analysis-and-predictive-maintenance?utm_source=chatgpt.com

12. ОМД 00120253.001–2005. Методика проведення експертного обстеження (технічного діагностування) кранів мостового типу. – Із змінами 1-7– Харків, 2005. – 158 с.