

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Транспортные и технологические машины»

ДИАГНОСТИКА ГТМ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов направления подготовки
23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»
дневной формы обучения*

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
<http://e.biblio.bru.by/>



Могилев 2018

УДК 621.87
ББК 39.9
Д 68

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Транспортные и технологические машины»
«31» августа 2018 г., протокол № 1

Составитель канд. техн. наук, доц. А. П. Смоляр

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. Е. Науменко

Методические рекомендации к лабораторным работам по дисциплине «Диагностика ГПМ» предназначены для студентов направления подготовки 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы» дневной формы обучения.

Учебно-методическое издание

ДИАГНОСТИКА ГПМ

Ответственный за выпуск	И. В. Лесковец
Технический редактор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 56 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 24.01.2014.

Пр. Мира, 43, 212000, Могилев.

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский
университет», 2018



Содержание

Введение.....	4
Меры безопасности при выполнении лабораторных работ.....	5
1 Лабораторная работа № 1. Ультразвуковая дефектоскопия деталей ГПМ.....	6
2 Лабораторная работа № 2. Методы и средства неразрушающего контроля грузоподъёмных машин.....	13
3 Лабораторная работа № 3. Измерение деформаций элементов металлоконструкций кранов мостового типа.....	19
4 Лабораторная работа № 4. Измерение степени коррозии элементов металлоконструкций ультразвуковым толщиномером УТ-93П.....	23
5 Лабораторная работа № 5. Диагностирование крановых путей.....	30
Список литературы	34
Приложение А	35



Введение

Цель лабораторных работ – закрепление и углубление знаний по методике проведения диагностирования узлов грузоподъемных машин (ГПМ), а также приобретение навыков пользования контрольно-измерительными приборами, проведения экспериментальных исследований, статистической обработки опытных данных с отысканием доверительных интервалов, анализ результатов работы.

Лабораторные работы выполняются бригадой студентов на натурных машинах в лабораториях и на полигоне кафедры под руководством преподавателя и лаборанта. Все расчеты, замеры и обработка результатов осуществляются студентами самостоятельно с обязательным оформлением индивидуального отчета. Отчёты оформляются либо на отдельных листах, либо сшиваются в тетрадь, допускается машинописное оформление отчетов в виде отдельной книжки. На титульном листе отчетов указываются учебное заведение, кафедра, дисциплина, фамилия, инициалы студента и год оформления отчета.

В отчете излагаются название, цель работы, краткие основные сведения, схемы установки, моделей, основные формулы, обработка опытных данных, доверительный интервал, коэффициент вариации и анализ полученных результатов.

До выполнения лабораторной работы студент самостоятельно изучает методические указания к ней, используя рекомендуемую литературу, и получает конкретное задание.

После завершения лабораторной работы студент индивидуально защищает ее у преподавателя.

Отработка лабораторных работ производится согласно разработанному кафедрой графику отработки лабораторных работ после предоставления преподавателю разрешающего документа, подписанного деканом или его заместителем.



Меры безопасности при выполнении лабораторных работ

До начала выполнения лабораторных работ студенты должны пройти проверку знаний по технике безопасности, о чем расписаться в соответствующем журнале. Студенты, не прошедшие проверку знаний, к лабораторным занятиям не допускаются.

При выполнении сборки-разборки узлов механизмов запрещается располагать детали цилиндрической формы на плоской поверхности, т. к. это может привести к скатыванию детали и ее падению, не допускается класть детали и инструмент на край стола.

Категорически запрещается включать установки в электрическую сеть или осуществлять пуск двигателя и начинать выполнение работы без разрешения преподавателя. Перед включением установки необходимо проверить ее заземление; при работе не разрешается прикасаться к электрооборудованию и клеммам, а также находиться в непосредственной близости от вращающихся и движущихся частей привода, оборудования или грузов.

Подъем и перемещение грузов с помощью грузоподъемных устройств должны выполняться строго в вертикальной плоскости расположения несущей балки и только в присутствии преподавателя. Категорически запрещается находиться под поднимаемым грузом и транспортировать груз над людьми и оборудованием. Особое внимание необходимо обратить на правильное закрепление поднимаемого груза.

В случаях обнаружения неисправностей оборудования, инструментов следует поставить в известность преподавателя, проводящего занятия. При получении травмы необходимо оказать первую помощь пострадавшему, известить преподавателя и отправить пострадавшего в медпункт. После окончания работ следует отключить установки от электрической сети, убрать рабочее место.



1 Лабораторная работа № 1. Ультразвуковая дефектоскопия деталей ГПМ

Цель работы: изучение физических основ ультразвуковой дефектоскопии.

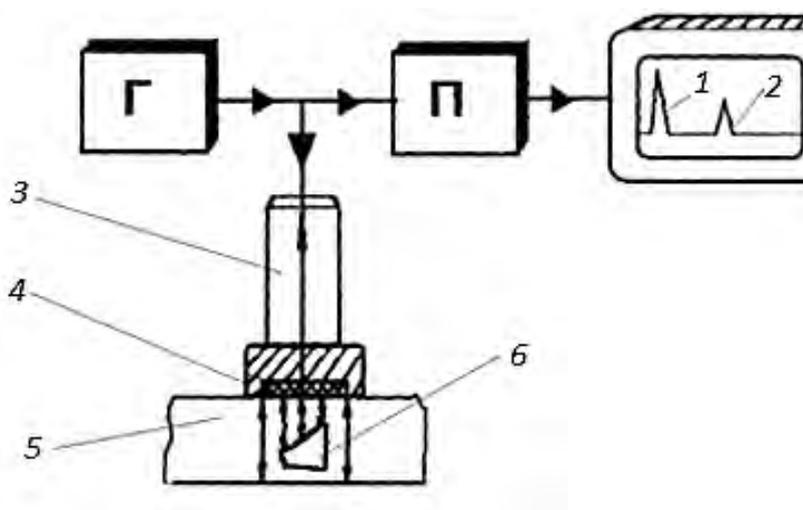
1.1 Общие сведения

Упругие механические колебания, распространяющиеся в воздухе, воспринимают обычно как звуки. Это акустические колебания. Если их частота более 20000 Гц (20 кГц), т. е. выше порога слышимости для человеческого уха, то такие колебания называют ультразвуковыми (УЗК). В дефектоскопии наиболее часто используют диапазон частот 0,5...10 МГц (1 МГц = $1 \cdot 10^6$ Гц).

Упругие колебания могут быть возбуждены в твердых, жидких и газообразных средах. При этом колебательное движение возбужденных частиц благодаря наличию упругих сил между ними вызывает распространение упругой УЗ-волны, сопровождаемое переносом энергии.

Ультразвуковая дефектоскопия основана на свойстве ультразвуковых волн направленно распространяться в средах и отражаться от границ сред или нарушении сплошности (дефектов), обладающих другим акустическим сопротивлением.

В практике контроля качества деталей ГПМ используют в основном эхо-импульсный метод (рисунок 1.1). Он заключается в озвучивании изделия короткими зондирующими импульсами 1 ультразвука от генератора и регистрации приемником отраженных от дефекта эхосигналов 2.



Г — генератор зондирующих импульсов; П — приемник; 1 — зондирующий импульс; 2 — отраженный эхосигнал; 3 — преобразователь; 4 — пьезоэлемент преобразователя; 5 — контролируемая деталь; б — дефект

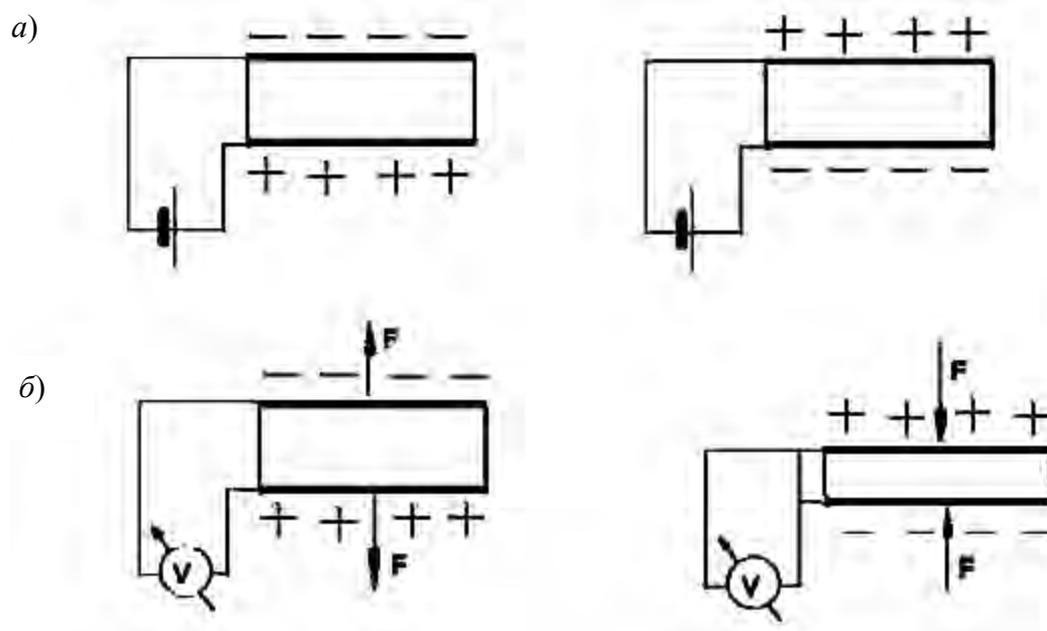
Рисунок 1.1 — Схема эхо-импульсного метода контроля

К основным преимуществам ультразвуковой дефектоскопии относятся высокая чувствительность, мобильность аппаратуры, оперативность в получении результатов, низкая стоимость контроля, отсутствие радиационной опасности.

К недостаткам эхометода можно отнести низкую помехоустойчивость к поверхностным отражателям, резкую зависимость амплитуды эхосигнала от ориентации дефекта, невозможность контроля качества акустического контакта в процессе перемещения пьезоэлектрического преобразователя (ПЭП), т. к. как при отсутствии дефектов на выходе отсутствуют какие-либо сигналы.

Аппаратура для ультразвукового контроля состоит из пьезопреобразователя, содержащего пьезоэлемент для излучения и приема ультразвуковых колебаний, электронного блока (собственно дефектоскопа) и различных вспомогательных устройств.

Для возбуждения УЗ-колебаний чаще всего используются пьезоэлектрические преобразователи, изготовленные из пьезокерамических материалов или монокристалла кварца. На поверхности пьезопластины наносят тонкие слои серебра, служащие электродами. При подаче на пьезопластину электрического напряжения она изменяет свою толщину вследствие так называемого обратного пьезоэлектрического эффекта. Если напряжение знакопеременно, то пластина колеблется в такт этим изменениям, создавая в окружающей среде упругие колебания. При этом пластина работает как излучатель (рисунок 1.2, *a*).



a – обратный; *б* – прямой

Рисунок 1.2 – Схемы пьезоэлектрического эффекта

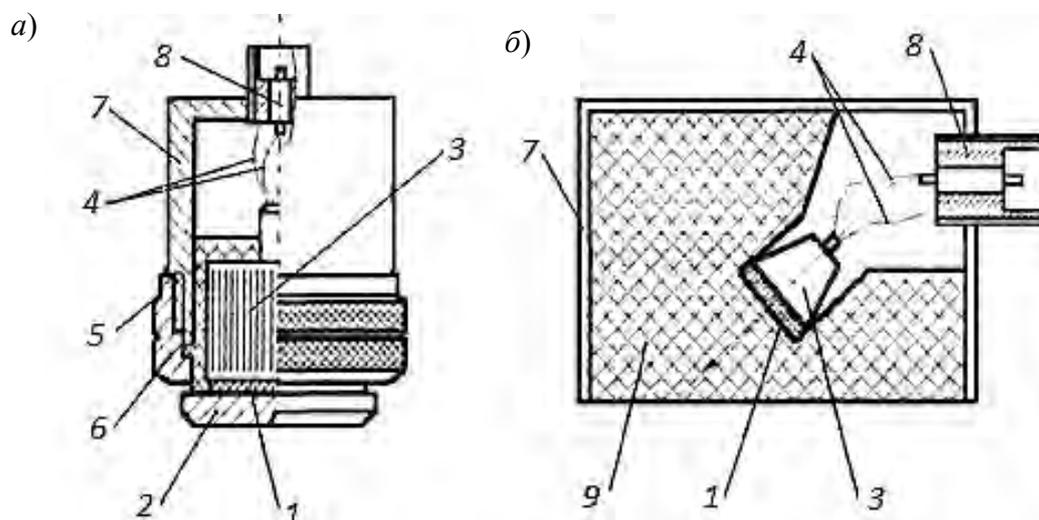
И наоборот, если пьезоэлектрическая пластина воспринимает импульс давления F (отраженная УЗ-волна), то на ее поверхности вследствие прямого пьезоэлектрического эффекта появляются электрические заряды, величина которых может быть измерена. В этом случае пьезоэлемент работает как приемник (рисунок 1.2, *б*).

Процесс распространения ультразвука в пространстве является волновым.

Преобразователи подразделяются на три основных типа: прямые, излучающие в изделие продольную волну перпендикулярно к контактной поверхности

(поверхность ввода УЗК); наклонные, которые вводят в металл поперечную волну под углом к поверхности ввода; раздельно-совмещенные (РС), обеспечивающие ввод в металл продольной волны под углом $5...10^\circ$ к плоскости, перпендикулярной к поверхности ввода.

Основным элементом прямого преобразователя является пьезоэлемент *1* (рисунок 1.3, *а*) в виде диска или прямоугольной пластины толщиной, равной половине длины волны излучаемых ультразвуковых колебаний.



а – прямой; *б* – наклонный; *1* – пьезопластина; *2* – защитное доньшко (протектор); *3* – демпфер; *4* – провода; *5* – наполнитель; *6* – гайка накидная; *7* – корпус; *8* – разъем; *9* – призма

Рисунок 1.3 – Схемы пьезоэлектрических преобразователей

С рабочей стороны прямых преобразователей на пьезопластине *1* имеется защитное доньшко *2* (протектор), предохраняющее пластинку от механических повреждений. С противоположной стороны к пьезопластине приклеен демпфер *3* из материала с большим поглощением ультразвука. Демпфер уменьшает длительность колебания пьезопластины, т. е. способствует получению коротких зондирующих импульсов. Электрическое напряжение на пьезопластину подается по проводам *4*. Демпфер и пьезопластина с протектором помещаются в наполнитель *5*, который накидной гайкой *6* крепится в корпусе *7*. Провода от дефектоскопа подсоединяются к преобразователю через разъем *8*.

В наклонном преобразователе (см. рисунок 1.3, *б*) пьезопластина *1* приклеена к призме *9*, которую изготавливают из оргстекла, полистирола, поликарбоната, капролона или других материалов. В них ультразвук распространяется с небольшой скоростью, что позволяет при относительно малых углах падения вводить поперечные волны в контролируемый металл под большими углами (до 90°). Высокое затухание ультразвука в призме обеспечивает быстрое гашение ультразвуковых колебаний, отраженных от границы с контролируемым металлом.

Прямые и наклонные преобразователи работают в основном по совмещённой схеме, т. е. один и тот же пьезоэлемент является излучателем и приемником ультразвуковых колебаний.

Чтобы излучаемую волну ввести из преобразователя в изделие, между ними нужен акустический контакт. Его обеспечивают заполнением контактирующей средой зазора между преобразователем и поверхностью изделия.

Для этого используют минеральные масла, солидол, пластмассы, а также специальные составы.

При контроле по неокрашенным коррозионно-малоустойчивым сталям в едкость добавляют соответствующий ингибитор.

Если сварные швы и изделия имеют сложную конфигурацию, то при контроле в различных пространственных плоскостях целесообразно использовать густые контактные жидкости. Примером может служить водный раствор обойного клея КМЦ, который обеспечивает хорошую смачиваемость преобразователя и контролируемого изделия, не стекая, и легко удаляется.

1.2 Назначение дефектоскопа

1 Дефектоскоп ультразвуковой УД2-12 (в дальнейшем – дефектоскоп), общего назначения по ГОСТ 23043–84 предназначен для контроля сплошности и однородности материалов, полуфабрикатов, готовых изделий и сварных соединений, для измерения глубины и координат их залегания, измерения отношений амплитуд сигналов от дефектов и работает на частотах 1,25; 1,8; 2,5; 5,0 и 10,0 МГц.

2 Дефектоскоп сохраняет работоспособность при контроле материалов и изделий со скоростями распространения продольных ультразвуковых колебаний (УЗК) в диапазоне от 2240 до 6700 м/с и затуханием продольных УЗК не более 3,9 дБ/см на частоте 2,5 МГц, шероховатостью поверхности R_a не более 250 мкм и радиусом кривизны не менее 100 мм при $R_a = 2,5$ мм.

3 Диапазон толщин контролируемого материала (по стали) – от 1 до 999 мм по цифровому индикатору и от 1 до 5000 мм по экрану электронно-лучевой трубки.

Другие параметры контролируемых объектов, ограничивающие область применения дефектоскопа, устанавливаются в нормативно-технической документации на контроль конкретных видов продукции.

4 Дефектоскоп может быть применен в машиностроении, металлургической промышленности, энергетике, на железнодорожном и трубопроводном видах транспорта, для контроля изделий основного производства и технологического оборудования.

5 Дефектоскоп реализует эхометод, теневой и зеркально-теневой методы контроля; электронный блок дефектоскопа может использоваться в малоканальных установках механизированного контроля.

6 Встроенное устройство автоматизированной обработки результатов контроля позволяет производить настройку и диагностику технического состояния дефектоскопа с элементами самопроверки.

7 Дефектоскоп эксплуатируется при температуре окружающего воздуха от минус 10 до плюс 50 °С. Верхнее значение относительной влажности 98 % при температуре 35 °С.



1.3 Устройство и работа дефектоскопа

1 В основу работы дефектоскопа положена способность УЗК распространяться в контролируемом изделии и отражаться от внутренних дефектов и граней изделий. При этом глубина залегания дефекта определяется по формуле

$$H = \frac{ct}{2}, \quad (1.1)$$

где H – расстояние от точки ввода УЗК до дефекта, мм;

c – скорость УЗК, мм/мс;

t – время прохождения УЗК от точки ввода УЗК до дефекта и обратно, мс.

Дефектоскоп реализует эхометод, теневой и зеркально-теневой методы. Он состоит из функционально законченных блоков, связь между которыми осуществляется через разъемные соединения.

2 Дефектоскоп может работать в следующих режимах:

– режим «дБ» – измерение отношения входных амплитуд сигналов в децибелах;

– режим «mmH» – измерение глубины залегания дефекта в миллиметрах при работе с совмещенным и раздельно-совмещённым пьезоэлектрический преобразователем (ПЭП);

– режим «mmX» – измерение X-координаты дефекта в миллиметрах при работе с метанным ПЭП;

– режим «mmY» – измерение Y-координаты (глубины залегания) дефекта в миллиметрах при работе с наклонным ПЭП;

– режим « μS » – измерение временного интервала электрических импульсов;

– дежурный режим.

1.4 Порядок включения дефектоскопа

1 Перед включением дефектоскопа убедитесь в правильности установки держателя вставки плавкой в соответствии с напряжением питающей сети и требуемого номинала вставки плавкой.

2 При работе дефектоскопа в режиме внутренней синхронизации кнопка должна быть нажата, а при работе в режиме внешней синхронизации – опущена.

3 При работе с прямыми и наклонными пьезоэлектрическими преобразователями присоедините к выходу «(→)» и к входу «(→)» дефектоскопа кабель Щ04.850.307 для Щ04.850. 273-01. К кабелю подключите необходимый тип пьезоэлектрического преобразователя.

Раздельно-совмещенные пьезоэлектрические преобразователи подключите кабелем М4.850.С21. При этом к разъему прибора и к разъему «Г» преобразователя подключите соответствующие провода, обозначенные белыми бирками.



4 Установите последовательно органы управления дефектоскопа в следующие положения:

- все независимые кнопки на верхней панели дефектоскопа – в опущенное положение;
- все регуляторы на верхней панели дефектоскопа – в крайнее правое положение (кроме поз. 26 и 44);
- ручку  на передней панели дефектоскопа – в крайнее левое положение;
- нажмите на кнопку 2,5 на блоках А7 и А9;
- нажмите кнопку $\frac{ВНЕШН}{ВНУТР}$ на задней панели дефектоскопа;
- отпустите кнопку **X2**, а кнопку $\frac{125Hz}{500Hz}$ нажмите;
- нажмите кнопку **НАКАЛ** на передней панели дефектоскопа;
- через 1 мин нажмите кнопку **РАБОТА** на передней панели дефектоскопа (при этом должна загореться горизонтальная черточка против сенсорного контакта dB).

1.5 Порядок проведения работы

Подготовка устройства к работе.

1 Перед включением дефектоскопа убедитесь в правильности установки держателя предохранителя питающей сети и требуемого номинала вставки плавкой.

2 На задней панели дефектоскопа нажмите кнопки $\frac{ВНЕШН}{ВНУТР}$, $\frac{125Hz}{500Hz}$ и **X2**. При утопленных кнопках дефектоскоп работает в режиме внутренней синхронизации с частотой (максимальной 1000 Hz).

3 На верхней панели дефектоскопа нажмите кнопки **ЧАСТОТА MHz** блока генераторов А7 и блока приемного усилителя А9, соответствующие рабочей частоте ПЭП. Остальные кнопки отпустите.

4 На передней панели дефектоскопа установите ручку  в крайнее левое положение. Кнопки **Ослабление Дб** отпустите.

5 Нажмите кнопку **Накал** и через 1...2 мин кнопку **Работа**.

6 Установите ручками « \leftrightarrow » и « \updownarrow » блока А5 (блок электронно-лучевой трубки (ЭЛТ)) линию развертки луча на нижнюю горизонтальную линию шкалы ЭЛТ дефектоскопа (начало линии совместите с левой границей шкалы ЭЛТ (рисунок 1.4).

7 Подключите ПЭП к гнездам « (\rightarrow) » и « (\leftarrow) » на передней панели дефектоскопа.

8 Установите ПЭП (рисунок 1.5) на стандартный образец СО2 и настройте дефектоскоп по толщине стандартного образца, времени прохождения отраженного сигнала и уровню отраженного сигнала.

Измерение глубины дефекта.

1 Установите ПЭП на предварительно подготовленную поверхность детали, координаты скрытого дефекта которой нужно измерить.



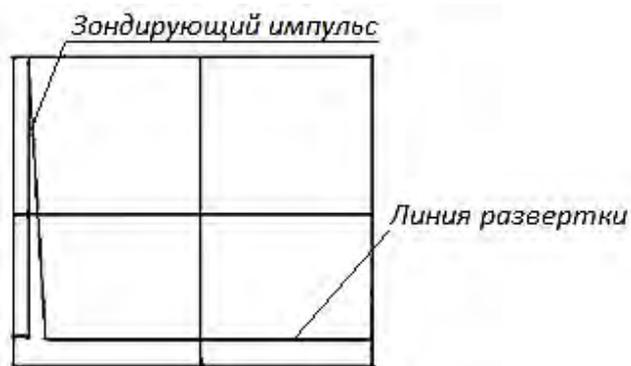


Рисунок 1.4 – Экран электронно-лучевой трубки

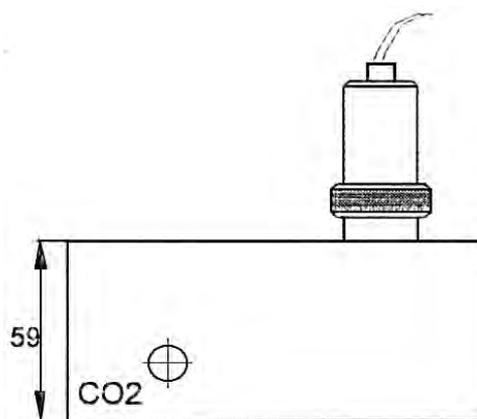


Рисунок 1.5 – Стандартный образец CO2

Ручками \square и \square на верхней панели блока А10 застробите (обнаружьте) отраженный от дефекта эхосигнал (рисунок 1.6). На индикаторе БЦО прочитайте показание глубины залегания дефекта. Измерение глубины залегания дефекта для каждого образца производите не менее 3 раз.



Рисунок 1.6 – Отраженный эхосигнал от дефекта

2 Полученные данные занесите в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Глубина залегания дефекта

Номер образца	Глубина дефекта		Погрешность, %
	номинальная	измеренная	

Контрольные вопросы

- 1 Для чего предназначен ультразвуковой дефектоскоп?
- 2 На каком свойстве ультразвуковых волн основана дефектоскопия?
- 3 Как устроен пьезоэлектрический преобразователь?

4 Как обеспечивается акустический контакт между изделием и преобразователем?

5 Каких типов бывают преобразователи?

2 Лабораторная работа № 2. Методы и средства неразрушающего контроля грузоподъемных машин

Цель работы: изучение методов неразрушающего контроля и приобретение практических навыков по их использованию при диагностировании грузоподъемных машин.

2.1 Общие сведения

Визуальный и визуально-оптический контроль изделий при техническом диагностировании производят с целью выявления изменений их формы (деформации изделия), а также поверхностных дефектов в основном материале и сварных соединениях, образовавшихся в процессе эксплуатации грузоподъемных кранов. Визуальный и визуально оптический контроль производится невооруженным глазом и с применением оптических приборов (луп, микроскопов, визуально-оптических приборов для контроля удаленных и скрытых дефектов – цистоскопов, эндоскопов, бароскопов, биноклей, перископических дефектоскопов, зеркал, зрительных труб и др.). Как правило, визуальный контроль выполняется невооруженным глазом или с помощью лупы. Увеличение лупы должно быть 4...7-кратным при контроле основного материала и сварных соединений при изготовлении, монтаже и ремонте и до 20-кратного при техническом диагностировании грузоподъемных кранов.

Для измерения формы и размеров изделий и сварных соединений, угловых и линейных величин, а также поверхностных дефектов следует применять исправные, прошедшие проверку или метрологическую аттестацию инструменты и приборы: лупы измерительные по ГОСТ 25706; линейки измерительные металлические по ГОСТ 427; угольники поверочные 90° лекальные по ГОСТ 3749; штангенциркули по ГОСТ 166 и штангенрейсмасы по ГОСТ 164; щупы № 2...4; угломеры с нониусом по ГОСТ 5378; стенкомеры и толщиномеры индикаторные по ГОСТ 11358; микрометры по ГОСТ 6507; нутромеры металлические по ГОСТ 10 и индикаторные по ГОСТ 868; шаблоны, в том числе универсальные (например, типа УШС по ТУ 102.338–83), радиусные, резьбовые и т. д.; толщиномеры ультразвуковые типа УТ93П и другие, аналогичные им.

Для измерения больших линейных размеров изделий или отклонений от формы и расположения поверхностей изделий следует использовать поверочные плиты, плоскопараллельные концевые меры длины по ГОСТ 9038 с набором специальных принадлежностей по ГОСТ 4119, штриховые меры длины ГОСТ 427 и ГОСТ 7502 (стальные металлические линейки, рулетки), оптические и лазерные приборы (нивелиры, макротелескопы).

Для измерения линейных размеров изделий, помимо перечисленных средств, допускается применять другие специальные приборы и методы измерений при условии обеспечения заданной погрешности измерения.

В настоящее время практическое применение при обследовании труднодоступных мест грузоподъемных кранов находит телевизионное досмотровое устройство ТДК-1 (рисунок 2.1), разработанное ООО «НПП ЭКОМП», г. Могилев.



Рисунок 2.1 – Телевизионное досмотровое устройство ТДК-1

Телевизионное досмотровое устройство ТДК-1 на телескопической штанге предназначено для визуального осмотра труднодоступных, в том числе светоизолированных мест (элементы металлоконструкций, редуктора, блоки, ходовые колеса и т. п.), находящихся вне зоны прямой досягаемости оператором.

Устройство состоит из миниатюрной управляемой видеокамеры, установленной на телескопической штанге, блока монитора со встроенным питанием, системы встроенной подсветки и узла автоматической подмотки кабеля. Достоинствами телевизионного досмотрового устройства ТДК-1 являются:

- работа в полной темноте; устройство оснащено встроенным источником света с регулируемым углом расходимости светового пучка, позволяющим осуществлять эффективную подсветку как близкорасположенных, так и удаленных (до 3 м) объектов;

- естественная цветоотдача и высококачественное изображение за счет применения цветных видеокамеры и ЖК-монитора;

- дистанционное электронное управление положением видеокамеры, облегчающее и ускоряющее процедуру ее ориентирования на наблюдаемые объекты;

- встроенное устройство автоматической подмотки кабеля, позволяющее настраивать требуемую длину телескопической штанги в процессе работы.

Перед проведением визуального и визуально-оптического контроля поверхность объекта в зоне контроля подлежит зачистке до чистого металла от ржавчины, окалина, грязи, краски, масла, шлака, брызг металла, продуктов коррозии и других загрязнений, препятствующих проведению контроля. Зачистка поверхностей деталей и сварных соединений перед визуальным и визуально-оптическим контролем проводится металлическими щетками, напильником или абразивным кругом.

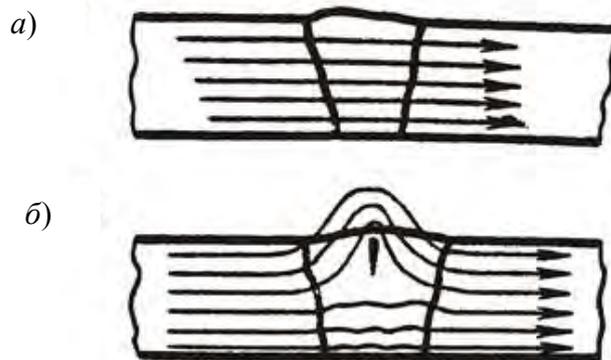
Согласно СТБ 1133–98 допустимая погрешность измерения при измерительном контроле не должна превышать погрешность, указанную в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Основная и абсолютная погрешность измерения при измерительном контроле

Диапазон измеряемой величины, мм	Основная абсолютная погрешность измерений
До 1,0	$\pm 0,1$
Св. 1,0 до 2,0 включ.	$\pm 0,2$
Св. 2,0 до 4,0 включ.	$\pm 0,4$
Св. 4,0 до 6,0 включ.	$\pm 0,5$
Св. 6,0 до 10,0 включ.	$\pm 0,8$
Св. 10	$\pm 1,0$

Магнитные методы контроля основаны на обнаружении магнитных потоков рассеивания, возникающих при наличии различных дефектов, в намагниченных изделиях из ферромагнитных материалов.

Магнитными методами могут быть проконтролированы детали, выполненные только из ферромагнитных материалов. Магнитный поток, распространяясь по изделию и встречая на своем пути дефект, огибает его вследствие того, что магнитная проницаемость дефекта значительно ниже (приблизительно в 1000 раз) магнитной проницаемости основного металла. В результате этого часть магнитно-силовых линий вытесняется дефектом на поверхность, образуя местный магнитный поток рассеивания (рисунок 2.2).



а – качественный; *б* – дефектный

Рисунок 2.2 – Распределение магнитного потока по сечению сварных швов

В зависимости от способа регистрации магнитного потока рассеивания магнитные методы контроля подразделяют на магнитопорошковый, магнитографический, феррозондовый и магнитополупроводниковый. Для контроля качества сварных соединений используют магнитопорошковый и магнитографический методы.

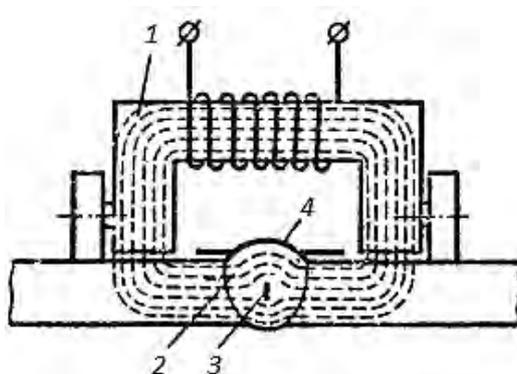
Сущность магнитопорошкового метода заключается в том, что на поверхность намагниченной детали наносят ферромагнитный порошок в виде суспен-

зии с керосином, маслом, мыльным раствором («мокрый» метод) или в виде магнитного аэрозоля («сухой» метод). Под действием магнитных полей рассеяния частицы порошка перемещаются по поверхности детали и скапливаются в виде валиков над дефектами. Форма этих скоплений соответствует очертаниям выявленных дефектов.

Сущность магнитографического метода заключается в намагничивании контролируемого участка сварного шва и околошовной зоны с одновременной записью магнитного поля на магнитную ленту (рисунок 2.3) и последующим считыванием с нее полученной информации специальными устройствами магнитографических дефектоскопов.

Чувствительность магнитографического контроля зависит от размеров, формы, глубины и ориентации дефектов, геометрии поверхности, параметров считывающей головки дефектоскопа и типа магнитной ленты.

Магнитографический метод в основном применяют для контроля стыковых швов, выполненных сваркой плавлением, и в первую очередь при дефектоскопии швов магистральных трубопроводов. Этим методом можно контролировать сварные изделия и конструкции толщиной до 20...25 мм. Магнитографией наиболее уверенно выявляются плоскостные дефекты (трещины, непровары, несплавления), а также протяженные дефекты в виде цепочек шлака, преимущественно ориентированные поперек направления магнитного потока. Значительно хуже выявляются округлые дефекты (поры, шлаковые включения). Чувствительность магнитографического метода к поверхностным дефектам примерно такая же или несколько хуже, чем у магнитопорошкового. Чем глубже расположен дефект от поверхности изделия, на которую укладывается магнитная лента, тем хуже он выявляется. Современная аппаратура позволяет обнаруживать дефекты с вертикальным размером 10...15 % толщины изделия на глубине залегания до 20...25 мм.



1 – намагничивающее устройство; 2 – сварной шов; 3 – дефект; 4 – магнитная пленка

Рисунок 2.3 – Схема магнитографического контроля

Капиллярные методы контроля предназначены для обнаружения нарушений сплошности в поверхностных слоях изделий из металлов и неметаллов.

В большинстве случаев по техническим требованиям необходимо выявлять настолько малые дефекты, что заметить их при визуальном осмотре невооруженным глазом почти невозможно. Применение же оптических приборов, например,

лупы или микроскопа, не позволяет выявить поверхностные дефекты из-за недостаточной контрастности изображения дефекта на фоне металла и малого поля зрения при больших увеличениях.

Изменить соотношение контрастностей изображения дефекта и фона можно двумя способами.

Первый способ заключается в полировании поверхности контролируемого изделия с последующим травлением ее кислотами. При такой обработке дефект забивается продуктами коррозии, чернеет и становится заметным на светлом фоне полированного материала. Этот способ имеет целый ряд ограничений. В частности, в производственных условиях совершенно нерентабельно полировать поверхность изделия, особенно сварных швов. К тому же способ неприменим при контроле прецизионных полированных деталей или неметаллических материалов. К способу травления чаще прибегают для контроля каких-либо локальных подозрительных участков металлических изделий.

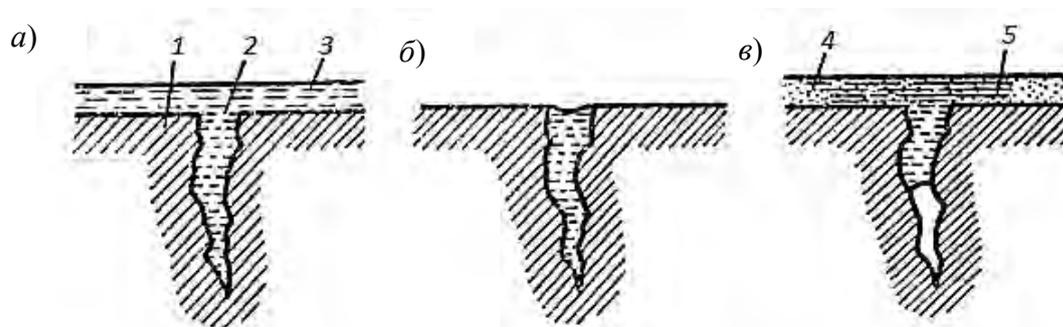
Второй способ состоит в изменении светоотдачи дефектов заполнением их с поверхности специальными свето- и цветоконтрастными индикаторными жидкостями – пенетрантами. Если в состав пенетранта входят люминесцирующие вещества, т. е. вещества, дающие яркое свечение при облучении их ультрафиолетовым светом, то такие жидкости называются люминесцентными, а метод контроля, соответственно, люминесцентным (люминесцентная дефектоскопия – ЛД). Если же основой пенетранта являются красители, видимые при дневном свете, то метод контроля называют цветным (цветная дефектоскопия – ЦД). В ЦД используют красители ярко-красного цвета.

Сущность капиллярной дефектоскопии заключается в следующем. Поверхность изделия очищают от грязи, пыли, жировых загрязнений, остатков флюса, лакокрасочных покрытий и т. п. После очистки, обезжиривания и сушки на подготовленную поверхность контролируемого изделия наносят слой пенетранта и некоторое время выдерживают, чтобы жидкость смогла проникнуть в открытые полости дефектов. Затем поверхность очищают от жидкости, часть которой остается в полостях дефектов. Чтобы повысить выявляемость дефектов на поверхность изделия после удаления с нее пенетранта наносят специальный проявляющий материал в виде быстро сохнущей суспензии (например, каолина, коллодия) или лаковые покрытия. Проявляющий материал (обычно белого цвета) вытягивает пенетрант из полости дефектов, что приводит к образованию на проявителе индикаторных следов. Индикаторные следы полностью повторяют конфигурацию дефектов в плане, но больше их по размерам. Такие индикаторные следы легко различимы глазом даже без использования оптических средств. Размер индикаторного следа тем больше, чем глубже дефект, т. е. чем больше в нем пенетранта (рисунок 2.4) и чем больше выдержка с момента нанесения проявляющего слоя.

Физической основой капиллярных методов дефектоскопии служит явление капиллярной активности, т. е. способность жидкости втягиваться в мельчайшие сквозные отверстия и открытые с одного конца каналы.

Процесс обработки дефектоскопическими материалами заключается в заполнении полостей дефектов индикаторной жидкостью, в удалении ее избытка и нанесении проявителя.





а – полость трещины заполнена проникающей жидкостью; *б* – жидкость удалена с поверхности детали; *в* – нанесен проявитель, трещина выявлена; *1* – деталь, *2* – полость трещины, *3* – проникающая жидкость, *4* – проявитель, *5* – индикаторный след трещины

Рисунок 2.4 – Схема контроля деталей капиллярным методом с применением проявителя

В состав пенетрантов на водяной основе входят люминесцирующие вещества или красители, а также ингибиторы, т. е. вещества, тормозящие окислительные процессы. Пенетранты наиболее технологичны, безопасны, не воспламеняются и легко удаляются с поверхности простым смывом. Однако в последнем заключается их основной недостаток, т. к. при смыве удаляется часть жидкости и из полостей дефектов, что снижает чувствительность контроля. Поэтому пенетранты на водяной основе применяют ограниченно.

Наиболее распространены пенетранты на основе различных органических жидкостей (керосина, скипидара, бензола, уайт-спирита и др.). Хотя они и требуют осторожности в обращении, но зато обеспечивают высокую чувствительность выявления дефектов.

Пенетрант наиболее целесообразно наносить с помощью пульверизатора или мягкой кистью. При этом время выдержки, независимо от величины образовавшихся дефектов, не должно превышать 5 мин.

2.3 Порядок выполнения работы

1 Провести визуальный осмотр элементов крюковой подвески. При осмотре крюковой подвески обратить внимание:

- на крепление щековин и их деформацию;
- на наличие трещин, ослабление болтовых соединений на ригельной планке, которая стопорит ось блоков и ось траверсы крюка;
- на крепление хвостовика крюка в оси траверсы, т. е. осмотреть гайку, ригельную планку и болты, стопорящие от самораскручивания гайки с хвостовика крюка;
- на возможность вращения крюка в оси траверсы вокруг своей оси на 360° , кроме магнитных кранов;
- на наличие на крюке замка, клейма, где указан номер завода-изготовителя, грузоподъемность и дата изготовления;
- на наличие деформации крюка, т. е. отгиб рога крюка, а также облом рога крюка;

– на облом реборды блока, его деформации.

Определить износ нижней поверхности внутренней части (зева) крюка, износ оси траверсы, износ ручья блока.

Сделать заключение о возможности ее дальнейшей эксплуатации.

2 Провести капиллярную дефектоскопию элемента металлоконструкции крана. Сделать заключение о возможности его дальнейшей эксплуатации.

Контрольные вопросы

1 С какой целью проводится визуальный контроль?

2 Каким образом проводятся измерения формы и размеров изделий и сварных соединений?

3 На каком принципе основаны магнитные методы контроля?

4 Для чего предназначены капиллярные методы контроля?

5 Пенетраты на какой основе получили наибольшее распространение?

3 Лабораторная работа № 3. Измерение деформаций элементов металлоконструкций кранов мостового типа

Цель работы: приобретение практических навыков измерения деформаций элементов металлоконструкций кранов мостового типа.

3.1 Общие сведения

Срок службы металлоконструкций кранов с точки зрения их физического износа исчисляется несколькими десятками лет.

Несмотря на продолжительный срок службы, металлоконструкции кранов, особенно эксплуатирующиеся в легком режиме, работают удовлетворительно.

В процессе эксплуатации кранов их несущие элементы (пролетные балки и фермы) постоянно деформируются в вертикальной плоскости под действием веса поднимаемого груза, собственного веса и веса тележки.

В начальной стадии деформация балок проявляется в уменьшении строительного подъема вплоть до его исчезновения. В дальнейшем балка приобретает постоянно увеличивающийся (без приложения нагрузки) так называемый отрицательный остаточный прогиб.

Появление отрицательного остаточного прогиба вызвано циклическим характером нагружения пролетных металлоконструкций, а также накоплением в них остаточных напряжений.

В начальный период эксплуатации крана непрерывное увеличение отрицательного остаточного прогиба главных балок происходит по определенному закону. Затем нарастание остаточного прогиба балки замедляется. После чего следует его резкое увеличение, ведущее к аварийному состоянию конструкции.

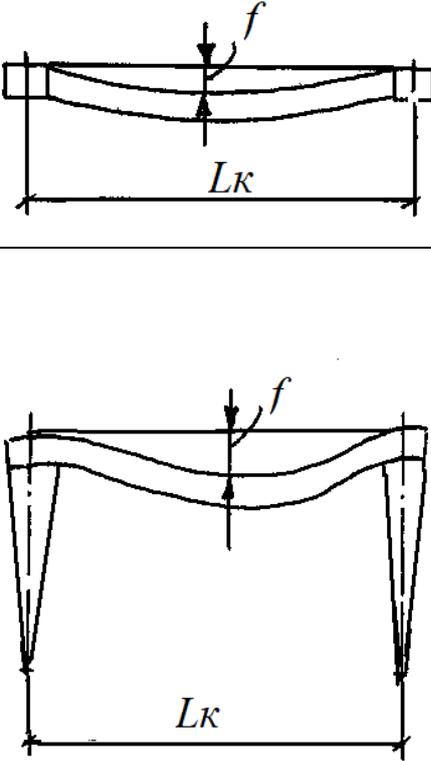
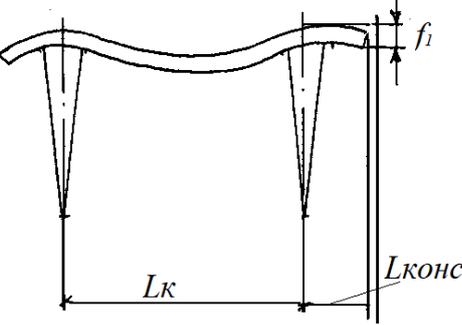
Образование остаточного прогиба характерно для всех пролетных балок и ферм, но интенсивность увеличения его в каждом конкретном случае будет различна.



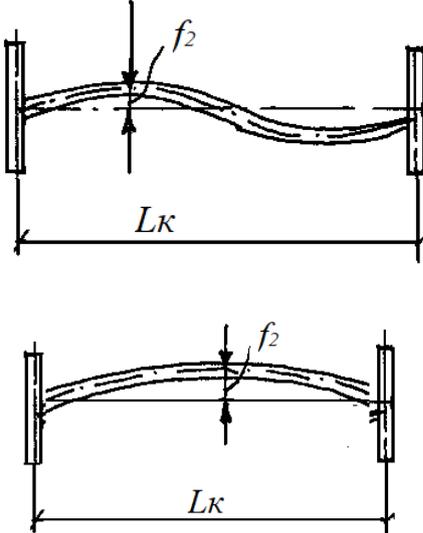
Увеличение остаточного прогиба сопровождается возрастанием времени затухания собственных вертикальных колебаний балок и потерей местной устойчивости листов вертикальных стенок. При больших значениях прогиба происходит самопроизвольное скатывание тележки.

В связи с этим допустимые значения отрицательного остаточного прогиба регламентированы [3] и приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Контролируемые параметры при измерении деформаций элементов металлоконструкций кранов мостового типа

Контролируемый параметр	Эскиз контролируемого параметра	Допустимая величина контролируемого параметра	Способ измерения контролируемого параметра
1	2	3	4
Отрицательный остаточный прогиб главных балок и ферм (тележка без груза находится у тупикового упора или над опорой козлового крана)		<p>При $f \leq 0,0022L_k$ эксплуатация крана допускается при проведении тщательных осмотров и нивелировки несущих элементов металлоконструкции не реже одного раза в год</p> <p>При $0,0022L_k \leq f \leq 0,0035L_k$ эксплуатация крана допускается при проведении тщательных осмотров и нивелировки несущих элементов металлоконструкции не реже одного раза в 4 месяца.</p> <p>При $f > 0,0035L_k$ эксплуатация крана должна быть прекращена и не может быть возобновлена без реконструкции несущих элементов металлоконструкции, обеспечивающей восстановление строительного подъема</p>	Нивелировка главных балок и ферм производится по верхнему поясу и головке рельса
Отрицательный остаточный прогиб консолей (тележка без груза находится над опорой)		<p>При $f \leq 0,0035L_{конс}$ эксплуатация крана разрешается при условии преодоления уклона грузовой тележкой</p> <p>Для кранов с канатным приводом передвижения тележки величина f_1 не лимитируется</p>	Нивелировка консолей производится по верхнему поясу и головке рельса

Окончание таблицы 3.1

1	2	3	4
Изогнутость (по поясам) несущих элементов металлоконструкций в плане		<p>Для однобалочных кранов с балкой двутаврового сечения, не имеющих дополнительных ферм и несущих балок при $f_2 \leq 0,002L_k$ эксплуатация крана разрешается</p> <p>Для всех остальных кранов при $f_2 \leq 0,005L_k$ эксплуатация крана разрешается</p>	Изогнутость определяется струной, теодолитом и линейкой

3.2 Порядок выполнения работы

Работа по измерению деформаций элементов металлоконструкций кранов мостового типа проводится на мостовом кране, установленном в лаборатории второго учебного корпуса.

Преподаватель разбивает группу студентов на две подгруппы и ставит практическую задачу: каждой подгруппе студентов провести измерение общей деформации верхнего пояса одной из главных ферм мостового крана, по которым передвигается крановая тележка. Результаты измерения деформаций верхних поясов главных ферм представляются в виде *схемы нивелировки главных ферм* (рисунок 3.1). Измерению общих деформаций главных ферм предшествует разработка *ситуационного плана* (рисунок 3.2).

На ситуационном плане указываются оси 1 и 2 подтележечных рельсов, расположение крановой тележки у одной из концевых балок, номера и интервалы точек отсчета. После чего начиная от одной из концевых балок проводится разметка по верхнему поясу обеих главных ферм с интервалом не более 1 м. Обученный специалист устанавливает лазерный нивелир в удобном месте возле крана и настраивает в соответствии с руководством по эксплуатации. Один из студентов последовательно устанавливает линейку на головку рельсов и на верхний пояс одной, а затем второй главной фермы 1 и 2. После чего делается вывод о наличии в фермах строительного подъема или отрицательного остаточного прогиба.

При наличии в фермах остаточного прогиба его сравнивают с предельно допустимыми значениями (см. таблицу 3.1) и дают заключение о возможности дальнейшей эксплуатации металлической конструкции крана.

Номера точек отсчета			
Отметки уровня го- ловок рель- сов и поя- сов ферм	Ось 1	рельс	
		балка	
	Ось 2	рельс	
		балка	
Разность отметок головок рельсов одном поперечном сечении			
Отклонение оси рельса 1 от пря- молинейности			
Ширина колеи			
Отклонение оси рельса 2 от пря- молинейности			

Примечание – 1 За ± 0 принята наивысшая точка пролета.
2 Отметки взяты через ... м

Рисунок 3.1 – Схема нивелировки главных ферм

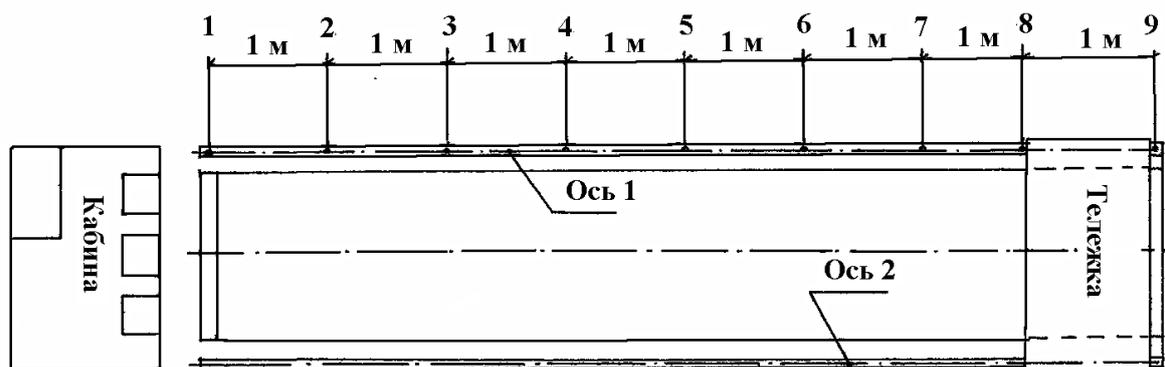


Рисунок 3.2 – Ситуационный план

Контрольные вопросы

- 1 Что такое строительный подъем?
- 2 Как формируется отрицательный остаточный прогиб?
- 3 Из-за чего происходят уменьшение строительного подъема, увеличение остаточного прогиба?
- 4 Какие приборы и средства измерения необходимы для определения остаточного прогиба?
- 5 Для чего необходим ситуационный план?

4 Лабораторная работа № 4. Измерение степени коррозии элементов металлоконструкций ультразвуковым толщиномером УТ-93П

Цель работы: приобретение практических навыков измерения степени коррозионного повреждения элементов крановых металлоконструкций ультразвуковым толщиномером УТ-93П.

4.1 Общие положения

Металлические конструкции кранов, длительное время работающие на открытом воздухе, в неотапливаемых и сырых помещениях, подвергаются воздействию коррозии.

Интенсивное коррозирование металла, например, козловых кранов, наблюдается в местах наличия открытых полостей «карманов» (рисунок 4.1), а также щелей, возникающих вследствие сварки прерывистым швом, или неплотного прилегания элементов из-за большого шага заклепок. При длительном хранении кранов или их эксплуатации на открытом воздухе происходит коррозирование внутренних поверхностей коробчатых балок. Влага во внутренние пространства проникает через щели, имеющиеся в местах соединения главной и концевой балок.

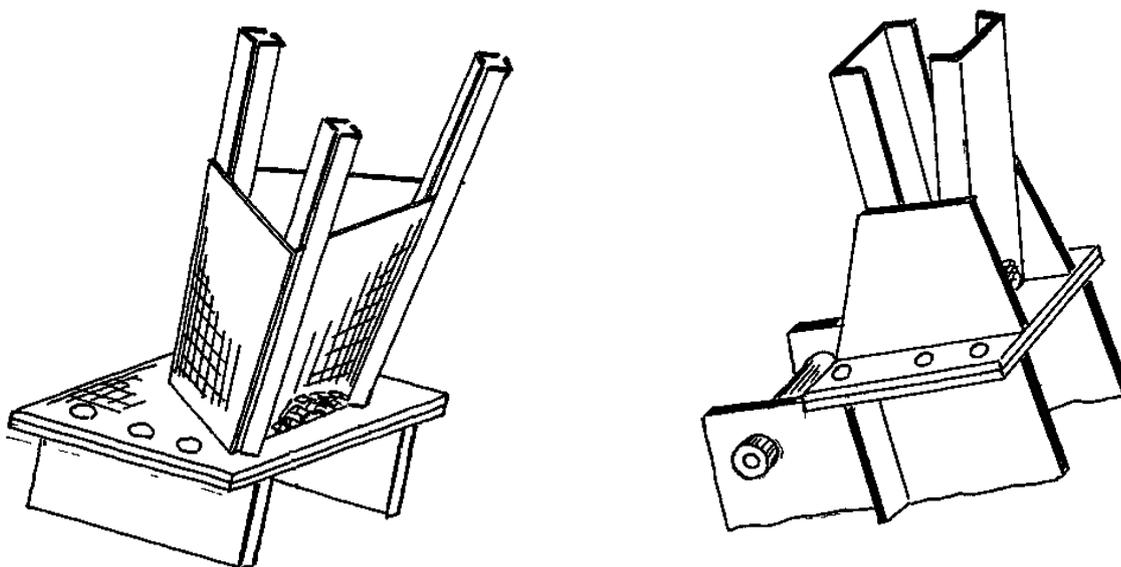


Рисунок 4.1 – Узлы соединения стоек опор с рамами ходовых тележек

Краны с коробчатыми балками, установленные на открытом воздухе, могут иметь внутреннюю коррозию нижнего пояса, вызванную скоплением воды внутри балок (наличие воды можно определить по характерному звуку при постукивании стенки или пояса балки молотком).

Для оценки степени коррозии и слива воды в нижнем поясе балки сверлят отверстие диаметром 15...20 мм, которое оставляют незаверенным. Его следует сверлить в самой низкой точке по оси симметрии нижнего пояса. Подобную процедуру

дренажа мест скопления влаги в карманах применяют и в ферменных конструкциях.

В мостовых кранах, работающих на открытом воздухе, коррозии подвергаются также вертикальные стенки главных балок в местах присоединения к ним смотровых площадок. Скорость распространения коррозии составляет $0,03 \dots 0,05$ мм/год.

В козловых кранах очагами коррозии являются щели, имеющиеся в составных элементах, узлах соединения пролетного строения с опорами (рисунки 4.2–4.3). Использование фасонных профилей в виде швеллеров способствует скоплению пыли и влаги.

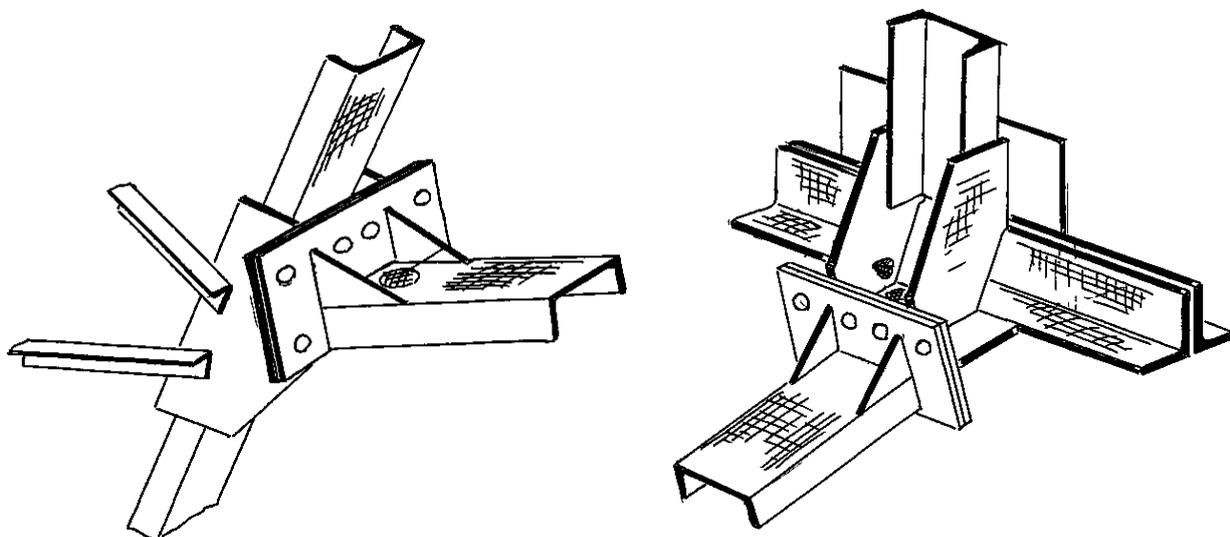


Рисунок 4.2 – Узлы соединения стоек жестких опор с пролетным строением

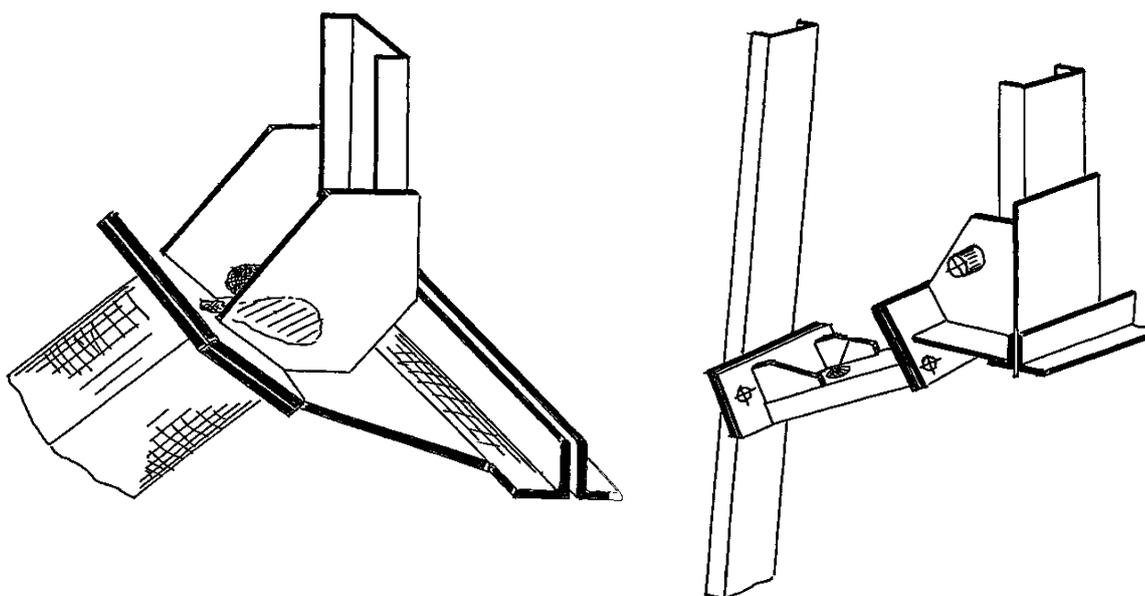


Рисунок 4.3 – Узлы соединения стоек гибких опор с пролетным строением

В случаях повреждения коррозией значительных участков металлоконструкции крана (более 10 % площади поперечного сечения) необходимо производить толщинометрию подверженных коррозии элементов ультразвуковым толщиномером.

Степень поражения металла коррозией определяют путем сравнения размеров контролируемых элементов до и после поражения их коррозией, которые определяют ультразвуковым толщиномером УТ93П.

Пораженный коррозией участок металлоконструкции зачищают от продуктов коррозии стальной щеткой до металлического блеска. Если после удаления щеткой продуктов коррозии поверхность поврежденного элемента имеет явно выраженные неровности с выступами и впадинами, то для измерения толщины элемента ультразвуковым толщиномером выступы убирают шлифмашинкой или электродрелью с наждачным кругом до получения гладкой, ровной поверхности с шероховатостью не более $R_z \approx 160$.

4.2 Назначение толщиномера и его основные технические характеристики

Толщиномер ультразвуковой УТ-93П предназначен для измерения толщины изделий из конструкционных металлических сплавов при одностороннем доступе к ним.

В толщиномере используется контактный способ обеспечения акустического контакта путем прижатия контактной поверхности преобразователя к поверхности контролируемого объекта без сканирования поверхности объекта.

Толщиномер должен сохранять работоспособность при измерении толщины изделий из конструкционных металлических сплавов с затуханием ультразвуковых колебаний (УЗК) на частоте 2,5 МГц до 0,1 дБ/см со скоростями распространения продольных УЗК в диапазоне от 3000 до 6400 м/с.

Предельные значения параметров контролируемых объектов, ограничивающие область применения толщиномера, при их раздельном воздействии:

– максимально допустимое значение параметра шероховатости поверхности со стороны ввода УЗК $R_z \approx 160$;

– максимально допустимый радиус кривизны поверхности полого цилиндра при вводе УЗК со стороны выпуклой поверхности – 3 мм;

– максимальная непараллельность поверхностей на участке измерения базовой длиной 20 мм – 3 мм.

Температура поверхности контролируемых объектов – от минус 10 до плюс 50 °С.

Толщиномер при известном значении толщины может использоваться также для измерения скорости распространения продольных УЗК в диапазоне 4400...6400 м/с в материале изделий, имеющих толщины от 20 до 300 мм.

Толщиномер может применяться для измерения толщины стенки емкостей, труб, трубопроводов, а также толщины мостовых, корпусных, транспортных и других конструкций и изделий, в том числе с корродированными поверхностями, в процессе их эксплуатации или после изготовления на энергетических, трубопрокатных, машиностроительных, судостроительных, судоремонтных, транспортных и других предприятиях.

Толщиномер предназначен для эксплуатации в следующих условиях:

1) температура окружающего воздуха от минус 10 до плюс 50 °С;

2) относительная влажность окружающего воздуха 95 % при температуре 35 °С и более низких температурах без конденсации влаги;

3) атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа.

Диапазон измерения по стали или по алюминию – 0,5...1000 мм.

Диапазоны измерения различными преобразователями должны соответствовать таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Диапазоны измерения различными преобразователями

Условное обозначение преобразователя	Диапазон измерения, мм
П112-10-6/2-А-002	0,5...10
П112-10-4х4-Б-003	0,6...30
П112-5-4х4-А-003	2...20
П112-5-4х4-Б-003	0,8...200
П112-2,5-12/2-Б-002	2...1000

Предел допускаемого значения основной погрешности толщиномера – 0,1 мм в диапазоне измерения от 0,5 до 300 мм и от 20 до 300 мм и $\pm (0,09 + 0,1)$ мм в диапазоне измерения от 100 до 1000 мм. Дискретность цифрового отсчетного устройства толщиномера – 0,1 мм.

Предел допускаемого значения основной погрешности толщиномера при измерении скорости распространения УЗК в диапазоне 4400...6400 м/с – 1 % от измеряемой величины в диапазоне толщин от 20 до 300 мм. Дискретность измерения скорости распространения УЗК – 1 м/с.

Предел допускаемого значения дополнительной погрешности толщиномера при измерении толщины, вызванной изменением температуры окружающего воздуха в интервале температур от минус 10 до плюс 50 °С, на полный интервал температур равен пределу основной погрешности толщиномера при измерении толщины.

Предел допускаемого значения погрешности толщиномера при изменении напряжения на контактах питания от 9 В до напряжения отключения толщиномера равен пределу основной погрешности толщиномера при измерении толщины.

4.3 Подготовка толщиномера к работе

1 Подсоедините к разъемам «(→)» и «(←)» с помощью соединительных кабелей преобразователь на требуемый диапазон толщин (см. таблицу 4.1). При выборе типа преобразователя в перекрывающемся диапазоне толщин необходимо руководствоваться следующим (условное обозначение преобразователей по ГОСТ 26266–84).

При контроле толщины труб с радиусом кривизны меньше, чем 50...60 мм, изделий с относительно хорошей чистотой обработки, контактирующей с преобразователем поверхности и малым затуханием УЗК в материале (алюминиевые

сплавы и т. д.), а также при необходимости обнаружения локальных утонений малой площади предпочтительнее использовать преобразователи П112-10-4х4-Б-003, П112-10-6/2-А-002, П112-5-4х4-Б-003 и П112-5-4х4-А-003. Преобразователям П112-10-6/2-А-002 и П112-5-4х4-А-003 следует отдать предпочтение, если условия контроля особо сложные, например, при измерении толщины труб в местах гибов, а также, если поверхность труб грубообработанная, шероховатая.

При контроле изделий с большим радиусом кривизны и грубо обработанной поверхностью, изделий с повышенным затуханием УЗК в материале, а также при толщине изделия более 50 мм предпочтительнее использовать преобразователь П112-5-12/2-Б-002 или П112-2,5-12/2-Б-002.

При подключении преобразователей разъем «(→)» толщиномера должен подключаться к ответвлению с отличительной белой биркой соединительного кабеля. Ручку регулятора «▷◻◁» поверните до упора по часовой стрелке, а ось резистора «▷» – до упора против часовой стрелки.

2 Проверьте наличие батареи (источника питания), для чего нажмите на кнопку ⊕ С на панели управления в течение 2...3 с и убедитесь, что при нажатой кнопке высвечиваются цифры на цифровом индикаторе и при этом подсвечивается только одна точка справа от младшего разряда индикатора. Если цифры не засвечиваются, установите в толщиномер батарею, соблюдая полярность контактов.

3 Проведите проверку общей работоспособности толщиномера и стыковку реверберационно-шумовой характеристики преобразователя с чувствительностью приемника толщиномера, для чего:

- нажмите на кнопку ⊕ С и при нажатой кнопке установите регулировкой ▲ в зависимости от типа преобразователя показание цифрового индикатора согласно таблице 4.2;

- отпустите кнопку ⊕ С, нанесите на поверхность юстировочной плитки с маркировкой «10», входящей в комплект толщиномера, слой контактной смазки, которая будет использоваться при контроле.

Примечание – Смазку рекомендуется использовать только при контроле изделий с параметром шероховатости контролируемой поверхности на участке установки преобразователя $Rz \leq 40$ мм;

- установите преобразователь на входящую в комплект толщиномера юстировочную плитку с маркировкой «10». Прижатием поверхностей преобразователя и юстировочной плитки добейтесь засветки индикатора (точки справа от младшего разряда цифрового индикатора);

- определите, вращая по часовой стрелке с помощью отвертки ось резистора «▷», зону, в пределах которой показание цифрового индикатора однозначно, устойчиво, а высвечиваемое значение толщины находится в диапазоне 12,0...16,0 мм. Установите ось резистора «▷» в пределах указанной выше зоны при максимально возможном усилении (усиление возрастает при повороте оси резистора «▷» по часовой стрелке);

- установите преобразователь на вмонтированную в корпус толщиномера юстировочную плитку с маркировкой «3,0» и, вращая ручку «▷◻◁», добейтесь показания цифрового индикатора 3,0 мм;



– установите преобразователь на плитку толщиной 10 мм и убедитесь, что показания цифрового индикатора находятся в пределах 9,9...10,1 мм.

Таблица 4.2 – Показания цифрового индикатора

Условное обозначение преобразователя	Показание цифрового индикатора
П112-10-6/2-А-002	6240
П112-10-4х4-Б-003	6080
П112-5-4х4-Б-003	6080
П112-5-5-4х4-А-003	6240
П112-5-5-4х4-А-003	6240
П112-5-12/2-Б-002	6080
П112-2,5-12/2-Б-002	6080

Рекомендуемые контактные смазки для различных температур приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Рекомендуемые контактные смазки

Обозначение, ГОСТ контактных смазок	Температура контролируемой поверхности
ЦИАТИМ-201 ГОСТ 6267–74	От минус 10 до плюс 50 °С
ЦИАТИМ-202 ГОСТ 11110–75	От минус 10 до плюс 50 °С
ЦИАТИМ-203 ГОСТ 8773–73	От минус 10 до плюс 50 °С
Глицерин ГОСТ 6823–2000	От 0 до плюс 50 °С
Масло трансформаторное ГОСТ 982–80	От минус 10 до плюс 50 °С
Масло веретенное ОСТ 38.01412-86 (ИУС 4–1987)	От минус 10 до плюс 50 °С
Масло конденсаторное ГОСТ 5775–85	От минус 10 до плюс 50 °С

4.4 Порядок работы толщиномера УТ93П

1 Толщиномер обслуживается одним оператором, прошедшим специальную подготовку. Эксплуатация толщиномера разрешается только после ознакомления с руководством по эксплуатации.

2 Проведите предварительную подготовку поверхности контролируемого изделия в местах установки преобразователя, для чего:

– очистите с помощью металлической щетки контактируемую поверхность изделия с преобразователем от отслаивающейся окалины, защитных покрытий, наплавов металла и других грубых микронеровностей поверхности;

– при проведении измерений на трубах диаметром менее 60 мм с грубо обработанной, корродированной или эродированной поверхностью в месте установки преобразователя дополнительно зачистите шкуркой шлифовальной (ГОСТ 5009–82). Особенно тщательно необходимо подготовить поверхность при

измерении на трубах диаметром 20...40 мм в диапазоне толщин 1...4 мм с использованием преобразователей П112-10-4х4-Б-003 и П112-5-4х4-Б-003.

3 Нанесите слой контактной смазки на поверхность контролируемого изделия в местах установки преобразователя. Рекомендуемые виды контактных смазок в зависимости от температуры поверхности приведены в таблице 4.3. Норма расхода контактной смазки – не более 2 г на одно измерение.

4 Установите преобразователь на поверхность изделия, хорошо притерев и прижав контактные поверхности, добейтесь засветки точки на индикаторе справа после значащих цифр и устойчивых минимально возможных показаний цифрового индикатора, отсчитайте показания. При измерениях на трубах экран, разделяющий призмы преобразователя, должен быть ориентирован перпендикулярно продольной оси трубы.

Примечания

1 При появлении засветки на цифровом индикаторе преобразователь можно резко оторвать от поверхности изделия. На цифровом индикаторе толщиномера будет высвечиваться хранящееся в электронной памяти измеренное значение толщины. Смена информации произойдет только при повторном обеспечении акустического контакта преобразователя с изделием. Если контакт преобразователя и изделия не был обеспечен в течение 1,5...4,5 мин, то толщиномер автоматически выключается. Повторное его включение производится нажатием кнопки \oplus С в течение 2...3 с.

2 При снятии преобразователя с поверхности изделия необходимо следить за тем, чтобы на контактной поверхности преобразователя не оставался толстый слой контактной смазки, который при снятом с изделия преобразователе может приводить к появлению ложных эхосигналов

5 Произведите проверку юстировки толщиномера не реже чем через 8 ч работы, а также при замене преобразователей.

6 Засветка точек после двух старших разрядов цифрового индикатора при нажатой кнопке \oplus С указывает на разряд батареи, при этом при отжатой кнопке \oplus С толщиномер автоматически выключается.

7 По окончании работы с толщиномером необходимо протереть ветошью преобразователи и образцы, входящие в комплект.

4.5 Порядок выполнения работы

1 Произвести оценку степени коррозионного износа конкретного узла металлоконструкции крана (рисунки 4.1–4.3).

Под степенью коррозионного износа $C_{к.и.}$ понимают уменьшение площади поперечного сечения элемента металлоконструкции по отношению к номинальной (начальной) величине площади сечения, т. е.

$$C_{к.и.} = \frac{A_n - A_k}{A_n} \cdot 100 \%,$$

где A_n – номинальная (начальная) площадь сечения элемента металлоконструкции;

A_k – оставшаяся площадь сечения элемента металлоконструкции после поражения коррозией.



Измерение толщины стенок элементов металлоконструкций производят ультразвуковым толщиномером УТ93П по периметру контролируемого узла. Определяют оставшуюся площадь поперечного сечения A_k и рассчитывают $C_{к.и.}$.

2 Разработать рекомендации по возможности дальнейшей эксплуатации крана, учитывая, что степень коррозионного износа элементов металлоконструкций грузоподъемных кранов не должна превышать 10 % (башенных кранов – 5 %).

Контрольные вопросы

1 Где в металлоконструкции кранов происходит наиболее интенсивное коррозирование металла?

2 Как осуществляется процедура дренажа мест скопления влаги?

3 В каких случаях необходимо производить толщинометрию подверженных коррозии элементов ультразвуковым толщиномером?

4 Как осуществляется подготовка поверхности для проведения толщинометрии?

5 Укажите критерии коррозионного износа элементов металлоконструкций грузоподъемных кранов.

5 Лабораторная работа № 5. Диагностирование крановых путей

Цель работы: приобретение практических навыков оценки состояния кранового пути по критериям, регламентируемым [1].

5.1 Общие сведения

Диагностирование крановых путей включает проведение планово-высотной съемки пути и оценку состояния пути по критериям браковки.

Проведению планово-высотной съемки предшествует разработка ситуационного плана (рисунок 5.1), на котором указываются оси 1 и 2 крановых рельсов, положение тупиковых упоров (ТУ) и расположения самого крана, ширина колеи кранового пути и стороны света, номера и интервалы точек отсчета.

После этого, начиная от одного из тупиковых упоров, проводят разметку кранового пути с интервалом не более 5 м по обеим осям рельсов.

Обученный специалист устанавливает лазерный нивелир в удобном месте возле кранового пути и настраивает его в соответствии с руководством по эксплуатации.

Другой исполнитель работ последовательно устанавливает линейку на головку рельсов во всех ранее обозначенных точках отсчета по обеим осям кранового пути.

Снимаются и обрабатываются показания нивелира, которые заносятся в графу «отметки уровня головок рельсов» планово-высотной съемки (рисунок 5.2).

Графы «Разность отметок головок рельсов в одном поперечном сечении» и



«Разность отметок головок рельсов на длине 10 м пути» заполняются после проведения расчетов в соответствующих точках отсчета.

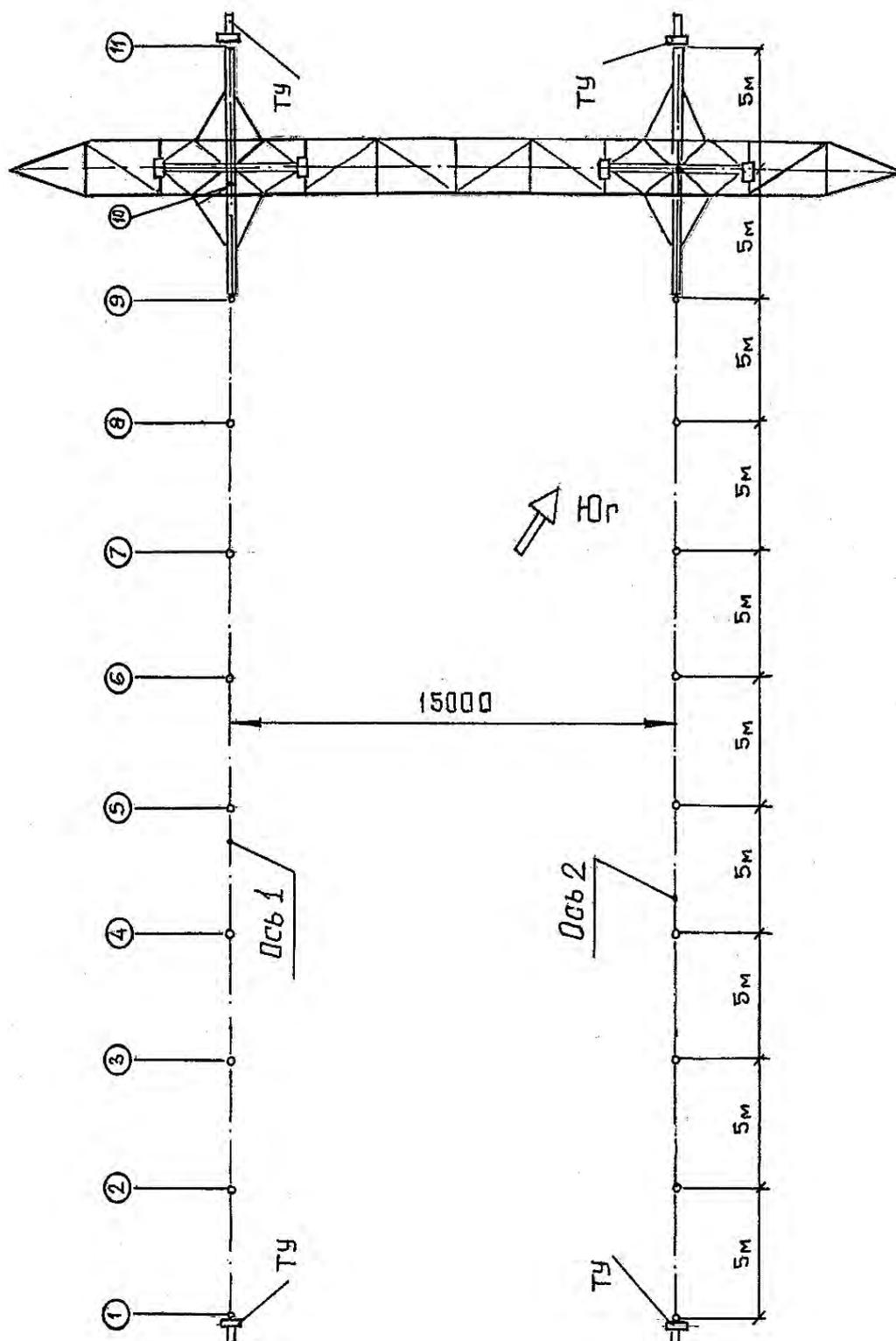


Рисунок 5.1 – Ситуационный план кранового пути

В верхней части плано-высотной съемки кранового пути в масштабе выполняется графическое изображение положения рельсов 1 и 2.

Номера точек отчета		
Отметки уровня головок рельсов	Ось 1	
	Ось 2	
Разность отметок головок рельсов в одном попереч- ном сечении		
Разность отметок головок рельсов на длине 10 м пути		
Отклонение оси рельса 1 от прямолинейности		
Ширина колеи		
Отклонение оси рельса 2 от прямолинейности		

Примечание – 1 За «0» принята наивысшая точка пролета.
2 Отметки взяты через ... м

Рисунок 5.2 – Планово-высотная съемка кранового пути

На втором этапе диагностирования крановых путей производят оценку состояния пути по критериям браковки. При этом проверяют состояние шпал или подкрановых балок, надежность крепления рельсов к шпалам или подкрановым балкам, надежность крепления рельсов в стыках, наличие заземления кранового пути, наличие и состояние тупиковых упоров. Производят измерения зазоров в стыках, определяют износ головок рельсов, взаимное смещение торцов стыкуемых рельсов в плане и по высоте, сужение или расширение колеи кранового пути (отклонение размера S в плане).

Полученные значения измеренных и проконтролированных параметров не должны превышать значений, указанных в таблице 5.1 и приложении А.

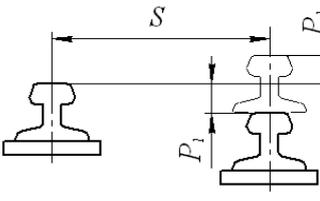
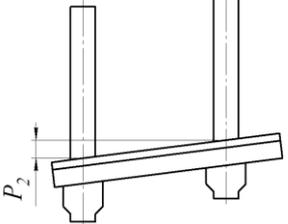
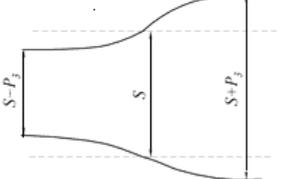
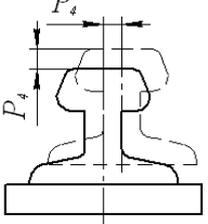
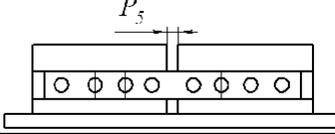
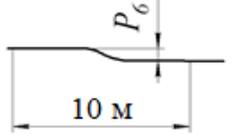
Зазоры в стыках рельсов измеряются обратными губками штангенциркуля.

Износ головок рельсов измеряют штангенциркулем и сравнивают с размером ширины головки неизношенного рельса у одного из тупиковых упоров или с размерами головки рельса, приведенных в соответствующих ГОСТах.

Взаимное смещение торцов стыкуемых рельсов в плане и по высоте измеряется линейкой и штангенциркулем с глубиномером.

Ширина колеи в соответствующих точках измеряется лазерным дальномером или 50-метровой рулеткой с точностью ± 2 мм. Отклонение оси рельсов 1 и 2 от прямолинейности измеряется теодолитом.

Таблица 5.1 – Предельные величины отклонений кранового пути от проектного положения в плане и профиле

Отклонение, мм	Графическое представление отклонения	Кран				
		мостовой	башенный	козловой	портальный	мостовой перегружатель
Разность отметок головок рельсов в одном поперечном сечении P_1 , мм S – размер колеи (пролет)		40	45...60	40	40	50
Разность отметок рельсов на соседних колоннах P_2 , мм		10				
Сужение или расширение колеи кранового пути (отклонение размера пролета S в плане) P_3		15	10	15	15	20
Взаимное смещение торцов стыкуемых рельсов в плане и по высоте P_4		2	3	2	2	2
Зазоры в стыках рельсов при температуре 0 °С и длине рельса 12,5 м P_5		6				
Разность высотных отметок головок рельсов на длине 10 м кранового пути (общая) P_6		–	40	30	20	30

Примечания

1 Измерения отклонений P_1 и P_3 выполняют на всем участке возможного движения крана через интервалы не более 5 м.

2 При изменении температуры на каждые 10 °С устанавливаемый при устройстве пути зазор P_5 изменяют на 1,5 мм, например, при температуре плюс 20 °С установленный зазор между рельсами должен быть равен 3 мм, а при температуре минус 10 °С – 7,5 мм.

3 Величины отклонений для козловых кранов пролетом 30 м и более принимают как для кранов-перегрузателей

5.2 Порядок выполнения работы

Группа студентов выезжает с преподавателем на одно из предприятий, на территории которого установлен и работает козловой или башенный кран. Преподаватель ставит практическую задачу.

1 Провести диагностирование крановых путей согласно требованиям [1] и дать заключение об их пригодности для дальнейшей эксплуатации.

2 Разработать заключение с окончательной оценкой состояния кранового пути и его соответствия руководству по эксплуатации или [1].

Контрольные вопросы

1 Что необходимо указать в ситуационном плане?

2 Как измерить зазоры в стыках рельсов?

3 Перечислите нормы браковки шпал (полушпал).

4 Перечислите нормы браковки монорельсового пути подвесных электрических талей и тележек.

5 Перечислите измеряемые параметры при диагностировании крановых путей.

Список литературы

1 Правила по обеспечению промышленной безопасности грузоподъемных кранов : утв. М-вом по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь от 28.06.12 г. : с изм. и доп. от 15.05.15 г. – Минск : ДИЭКОС, 2015. – 242 с. : ил.

2 **Максименко, А. Н.** Диагностика строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин : учебное пособие / А. Н. Максименко, Г. Л. Антипенко, Г. С. Лягушев. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2008. – 302 с. : ил.

3 Методические рекомендации по проведению технического диагностирования грузоподъемных кранов с истекшими сроками службы. – Минск : БОИМ, 2006. – 386 с. : ил.

Приложение А (справочное)

Критерии браковки кранового пути

Крановый путь опорных кранов подлежит браковке при наличии следующих дефектов и повреждений:

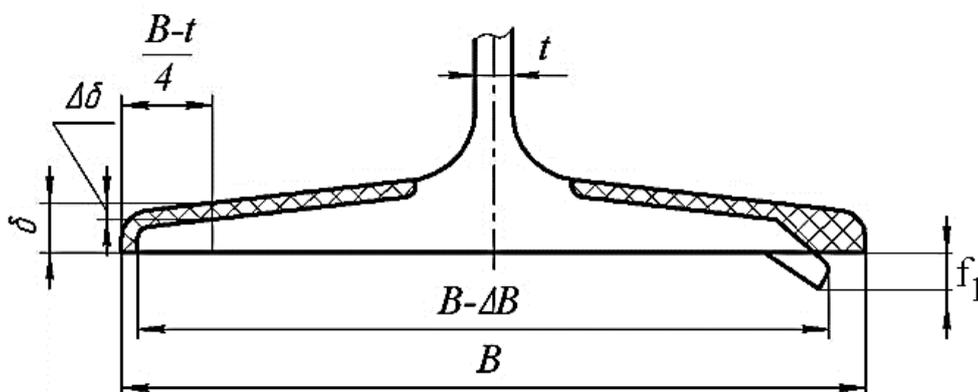
- трещин и сколов любых размеров;
- вертикального, горизонтального или приведенного (вертикального плюс половина горизонтального) износа головки рельса более 15 % от соответствующего размера неизношенного профиля.

Браковку шпал (или полушпал) наземного кранового пути производят при наличии следующих дефектов и повреждений:

- в железобетонных шпалах не должно быть сколов бетона до обнажения, арматуры, а также иных сколов бетона на участке длиной более 250 мм;
- в железобетонных шпалах не должно быть сплошных опоясывающих или продольных трещин длиной более 100 мм с раскрытием более 0,3 мм;
- в деревянных полушпалах не должно быть излома, продольных трещин глубиной более 50 мм и длиной свыше 200 мм, поверхностной гнили размерами более 20 мм под подкладками и более 60 мм на остальных поверхностях.

Монорельсовый путь подвесных электрических талей и тележек подлежит браковке при (рисунок А.1):

- наличии трещин и выколов любых размеров;
- уменьшении ширины пояса рельса вследствие износа $\Delta B \geq 0,05B$;
- уменьшении толщины полки рельса вследствие износа $\Delta \delta \geq 0,2\delta$ при одновременном отгибе полки $f_1 > 0,1\delta$.



B – первоначальная ширина пояса; ΔB – износ полки; t – толщина стенки; f_1 – отгиб полки; δ – первоначальная толщина полки на расстоянии $\frac{B-t}{4}$ от края; $\Delta \delta$ – уменьшение толщины полки вследствие износа

Рисунок А.1 – Износ и отгиб полки монорельса