

формации депо и ЦРНТ указана не вся трудоемкость ремонта вагонов, а только ее часть, а именно трудоемкость ремонта в вагоносборочном участке депо.

4 Установлено, что на такую работу, как техническое обслуживание вагонов, величина нормы времени в обследованных депо устанавливается по-разному: либо на один вагон, либо на поезд в целом.

5 Информация по трудоемкости некоторых работ, полученная от одного и того же депо в разное время, различается по величине. Кроме того, информация по трудоемкости некоторых работ, полученных из ВЧД Минск для сетевых вагонов и вагонов ИВД, значительно различается; также в этом депо трудоемкость некоторых работ, в части «выполняемых работ» и в части «предлагаемых для расчета производительности» значительно различается.

6 В вагонных депо Жлобин, Могилев, Молодечно, Полоцк отсутствует информация о работе, выполняемой при подготовке вагонов к перевозкам. Следует отметить, что в указанных вагонных депо данная технологическая операция названа несколько некорректно. Согласно Номенклатуре расходов железной дороги в настоящее время операция называется подготовка вагонов к перевозке, а не подготовка вагонов к погрузке. Трудоемкость указанной операции в этих вагонных депо соответствует типовым нормам.

7 Наиболее полно и детализировано отражена трудоемкость плановых видов ремонта вагонов в ВЧД Барановичи. Эти нормы предлагается принять за основу в последующих исследованиях и при расчетах соответствующих показателей производительности труда.

Проведенная обработка исходных данных и последующий анализ информации позволили установить, что за редким исключением весь комплекс работ, характерный для данных подразделений, с учетом их специализации и функции в единой технологии процесса перевозок, и обозначенный в разосланном перечне, в основном выполняется. Что касается трудоемкости их выполнения, то есть различия в их величине по депо и отклонения от типовых норм.

Анализ использования типовых норм времени на исследуемых предприятиях показал, что они используются не во всех депо и не на всех работах. Типовые нормы в основном используются при ремонте колесных пар, магнитопорошковом контроле деталей вагонов, проведении технического обслуживания грузовых и пассажирских вагонов на ПТО, их текущем ремонте, а также при подготовке грузовых вагонов к перевозкам.

В результате обработки, полученной из предприятий вагонного хозяйства, информации и последующего анализа были сделаны **следующие выводы**:

- при выполнении деповского и капитального ремонтов необходимо использовать единые укрупненные нормы времени, охватывающие весь комплекс технологических операций дифференцировано по типам вагонов и градациям объема ремонтных работ: с нормальным объемом работ, с повышенным объемом работ, с восстановлением крыши и стен кузова вагона;
- при текущем отцепочном ремонте вагонов предлагается использовать среднюю трудоемкость работ, отдельно учитывая возможную замену колесных пар;
- при отсутствии типовых норм времени считаем целесообразным использование разработанных в депо норм времени при условии, что каждая норма будет единой для всех депо.

УДК 539.1+621.3:629.4

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАДИАЦИОННОМ КОНТРОЛЕ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА**

*А. П. ГОРЕВА*

*Институт Белжелдорпроект, г. Минск, Республика Беларусь*

*О. В. ХОЛОДИЛОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Литые детали тележек грузовых вагонов и в частности боковые рамы относятся к наиболее нагруженным и ответственным деталями. Излом боковой рамы, во время движения, в большинстве случаев вызывает сход поезда.

Как и во всех литых деталях, в боковых рамах присутствуют специфичные дефекты, обусловленные способом их изготовления. Если в боковой раме присутствует значительный дефект литья, попадающий в нагруженные сечения рамы, то он является очагом зарождения усталостных трещин и рама будет разрушена с вероятностью 80 % в течении двух лет с момента начала эксплуатации.

Анализ научно-технической литературы свидетельствует, что для обнаружения дефектов литья в боковых рамах наиболее эффективным является радиационный метод контроля.

В течение более 125 лет, прошедших после открытия рентгеновских лучей, их применение для НК основывалось на использовании рентгеновской пленки и специальных пленочных систем (промышленная радиография) и позднее – на использовании рентгенооптических преобразователей (промышленная радиоскопия). По сути оба эти метода получения изображений являются аналоговыми, хотя в последнее время с развитием компьютерной техники в промышленной радиографии нашла применение техника оцифровки пленочных изображений с целью уменьшения затрат на содержание архивов, а в промышленной радиоскопии стали применять цифровые телевизионные камеры высокого разрешения. Хотя и ту, и другую технологии можно назвать цифровыми (используется компьютер и специальное программное обеспечение) [1].

В настоящее время появились цифровые технологии, замещающие пленку с требуемым качеством изображения. Мотивацией замены обычно является уменьшение стоимости вследствие уменьшения времен экспозиции и уменьшения стоимости хранения, уменьшения требуемых рабочих площадей и исключения химии из процесса обработки. Такими технологиями являются:

- компьютерная радиография;
- цифровая радиография (ЦР).

Эти направления можно было бы объединить, назвав их *«цифровыми (беспленочными) технологиями в радиографическом контроле»*. То есть это технологии, при которых:

- рентгеновское изображение так или иначе преобразуется в цифровой сигнал;
- поступая на ПК, цифровые сигналы преобразуются в двухмерные массивы данных (сами рентгенограммы и так называемые метаданные);
- полученные файлы доступны для длительного хранения (на ПК, на переносном носителе типа SD-карты или на удалённом сервере) и для последующей обработки программными средствами.

Рассмотрим возможности новых цифровых технологий, сравнив их с возможностями пленочной радиографии. При этом для начала рассмотрим классификацию существующих детекторов рентгеновского излучения.

Под *детектором ионизирующего излучения* понимается чувствительный элемент средства измерений, предназначенный для преобразования энергии ионизирующего излучения в другой вид энергии, удобный для регистрации и (или) измерения одной или нескольких величин, характеризующих воздействующее на детектор излучение. Другими словами, детектор – это носитель рентгеновского изображения, которое ещё называют снимком (радиограммой, рентгенограммой).

*Рентгеновская пленка* до сих пор является наиболее широко используемым в промышленности детектором рентгеновского излучения в силу хорошо отработанной законодательной базы применения во всех отраслях промышленности, существующей инфраструктуры применения (фотолаборатории, оборудование, обученный персонал и т. п.). Однако объемы применения пленки с каждым годом уменьшаются в связи с развитием новых методов регистрации рентгеновских изображений.

В компьютерной радиографии для получения изображения вместо пленки применяются *запоминающие пластины*, специальные гибкие пластины многократного использования. Кассеты с такими пластинами имеют типовые для рентгеновской пленки размеры, например, 18×24, 18×30, 24×30, 35×43 см, а также аналоги рулонных пленок. Возможна также резка пластин, т. е. считывание и других размеров. Для запоминания изображений в пластине используется слой с фотостимулируемой памятью – сложное химическое соединение. Чаще всего используются соединения типа ВаFBrxI1-x:Eu2+.

На практике наиболее часто используются *детекторы непрямого преобразования*. Они отличаются тем, что рентгеновские кванты сначала взаимодействуют со сцинтиллятором с образованием фотонов света, а затем свет преобразуется или сразу в электрический сигнал, как в плоскостильных детекторах, или в поток электронов в рентгеновском электроннооптическом преобразователе (РЭОП), который создает видимое изображение на выходном люминофорном экране.

Детекторы непрямого преобразования получили распространение в цифровой радиографии в виде панелей на основе аморфного кремния (aSi). В них используются сцинтилляторы из CsI или Gadolinium Oxisulfide, которые преобразуют рентгеновское излучение в видимый свет. Этот свет затем конвертируется в заряд сенсорами из аморфного кремния.

**Компьютерная радиография** (КР, CR) начала использоваться около 25 лет назад в медицине для замены пленки. Это технология радиографического контроля, при которой в качестве детектора используются «фосфорные» запоминающие пластины (ЗП, IP) многократного использования (кавычки означают, что на самом деле в состав запоминающих пластин химический элемент фосфор не входит).

Под запоминающей пластиной подразумевается фотостимулируемый люминесцентный материал, способный хранить скрытое рентгеновское изображение объекта контроля. Под действием источника красного цвета (лазера) с соответствующей длиной волны (400 нм) он генерирует люминесценцию (свечение) пропорционально поглощённому излучению. Стирание снимка происходит при длине волны лазера 500–700 нм.

Запоминающая пластина рентгеновского излучения – это многократный носитель рентгенограмм, полученных в результате прохождения через объект контроля. После просвечивания пластину помещают в специальный сканер, который считывает снимок, передаёт его на ПК и стирает старое изображение. После этого ЗП вновь готова к экспонированию.

Компьютерная радиография более прогрессивна по сравнению с традиционной плёночной, т. е. позволяет увеличить производительность контроля, избавляет от «мокрой» фотохимической обработки и необходимости тратиться на дополнительные материалы и оборудование.

**Цифровая радиография** также была использована в первую очередь для замены пленки в медицине. Разработанные для этой цели цифровые детекторные системы (ЦДС) оказали революционизирующее влияние на радиологическую технику. Эти детекторы позволили развить новые, основанные на компьютерных технологиях, приложения. Эти технологические и алгоритмические разработки оказались применимы также и для использования в НК. Имеются в виду новые технологии калибровки ЦДС, которые позволяют практически полностью избавиться от их собственных шумов. Такие возможности отсутствуют у плёночных систем и систем КР с ЗП. Поэтому ЦДС имеют самый низкий уровень шумов в радиографии и открывают путь к новым приложениям, где требуются чрезвычайно высокие чувствительность и контраст изображения в сочетании с возможностью контроля слабых изменений радиационной толщины [2].

Важными являются экономические преимущества ЦДС перед классической плёночной техникой. Гораздо более быстрый процесс обработки и интерпретации при высоком качестве изображения приводит к существенному выигрышу во времени по сравнению с пленкой и другими методами НК.

#### Список литературы

- 1 **Майоров, А. А.** Цифровые технологии в радиационном контроле / А. А. Майоров // В мире НК. – 2007. – № 1 (35). – С. 5–12.
- 2 **Клюев, В. В.** Современные средства и методы цифровой радиационной дефектоскопии / В. В. Клюев, Ф. Р. Сошин // В мире НК. – 2007. – № 1(35). – С. 52–56.

УДК 629.4:621.333

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОХЛАЖДЕНИЯ СИЛОВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ ТЕПЛОВЗОВ

*А. В. ГРИЩЕНКО, И. Г. КИСЕЛЁВ, Д. Н. КУРИЛКИН, М. А. ШРАЙБЕР*

*Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I,  
Российская Федерация*

*Введение.* При работе силовых полупроводниковых приборов (СПП) возникают потери, которые преобразуются в тепловую энергию и приводят к их нагреву. Потери в СПП можно условно разделить на основные и дополнительные. Основные обусловлены падением напряжения на СПП при протекании прямого тока нагрузки. Дополнительные потери складываются из потерь от обратного тока, при включении и выключении прибора, а также от прямого тока утечки.