

МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ РЕЛЬСОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

© 2023 г. А.Л. Бобров¹, К.И. Гончаров²

¹ ФГБОУ ВО Сибирский государственный университет путей сообщения, Россия 630049 Новосибирск,
ул. Дуси Ковальчук, 191

²Новосибирский Региональный центр диагностики и мониторинга — Единый центр расшифровки,
Россия 630003 Новосибирск, ул. Владимировская, 2а
E-mail: *beaver@stu.ru; **fmklab@mail.ru

Поступила в редакцию 25.05.2023; после доработки 31.05.2023

Принята к публикации 02.06.2023

Рассмотрены фактор влияния температуры на чувствительность ультразвукового контроля и выявляемость эксплуатационных трещин в рельсах. Исследования показали, что чувствительность контроля и выявляемость дефектов существенно зависят от температуры объекта контроля и преобразователя, это обстоятельство необходимо учитывать для повышения надежности выявления реальных усталостных трещин.

Ключевые слова: рельсы, температура, угол ввода, ультразвуковой контроль, усталостная трещина, чувствительность.

DOI: 10.31857/S0130308223070072, **EDN:** DWWQWM

Наиболее развитыми и применяемыми для безопасной эксплуатации железнодорожного пути являются система, аппаратура и методики ультразвукового контроля [1, 2]. Эта система позволяет обеспечить круглогодичный периодический контроль рельсов и своевременное выявление развивающихся трещин и других дефектов эксплуатационного происхождения. На качество ультразвукового контроля влияет достаточно много факторов, связанных с чувствительностью применяемых способов к надежности акустического контакта, об этом влиянии регулярно проводятся исследования [3]. Однако известно [4, 5], что и условия контроля могут существенно влиять на получаемые результаты и приводить к снижению достоверности контроля в целом. Именно этой проблеме посвящены предлагаемые в данной работе результаты исследований, которые были начаты в работе [6]. Дополнительно известно, что трещины даже одного типа имеют разные размеры и ориентацию, что видно из статьи [7].

На основе представленных выше работ можно сделать вывод, что существует ненулевая вероятность ошибок первого и второго рода, возникающих из-за большого потока ультразвуковой информации. На возникновение таких ошибок оказывают влияние многие факторы. Большую часть из которых занимают первичные настраиваемые параметры, о влиянии которых отсутствуют устойчивые данные.

Целью работы является анализ колебаний чувствительности ультразвукового контроля рельсов в зависимости от ряда факторов, таких как колебания температуры, угол ввода и ориентация дефектов. Анализ проводился при контроле преобразователями с углами ввода от 50° и более в отношении дефектов в головке и шейке рельса.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- 1) определить сезонные колебания чувствительности каналов;
- 2) установить изменения значений основных параметров контроля при изменениях температуры;
- 3) оценить влияние колебаний основных параметров контроля на выявляемость реальных дефектов.

В данной работе использовали одноканальный ультразвуковой дефектоскоп УД2-102 и набор наклонных преобразователей с углами ввода 49—70°. Определение чувствительности проводилось на поверенных мерах типа СО-2 и СО-3Р. Настройка основных параметров каналов выполнялась стандартным способом на приведенных мерах. Углы ввода преобразователей были подобраны так, чтобы обеспечить данные для оценки чувствительности. Также измерения чувствительности проводили по уголкового отражателю «зарубку» с размерами 2,0×3,0 мм на образцах толщиной 20 и 24 мм.

Для исключения систематической погрешности в связи с технологией производства преобразователи были отобраны разных производителей и из разных партий. Определение условной чувствительности производилось в дБ по абсолютным значениям усиления дефектоскопа на цилиндрических отражателях диаметром 6 мм на глубине 44 мм. Угол ввода определен как

среднее значение с максимальным отклонением $\pm 1^\circ$, а время в призме преобразователя — среднее с максимальным отклонением $\pm 0,3$ мкс.

Измерения провели на 16 преобразователях, из полученных данных был выявлен существенный разброс в чувствительности на разных глубинах залегания отражателей. Это связано с различиями в их диаграммах направленности и в разнице конструкций.

Измерения параметров контроля при низких температурах проводили в зимний период вне помещений, а при повышенных температурах не более трех минут после нагрева преобразователей и мер в сушильном шкафу. Контроль температуры осуществлялся жидкостным термометром с ценой деления 1°C .

Реальные дефекты были определены в рельсах разными средствами дефектоскопии. Выбраны два типа трещин:

- в головке рельса, с кодом 21 (рис. 1а), в соответствии с действующим классификатором дефектов рельсов;
- в области перехода головки в шейку рельса, с кодом 33 (рис. 1б).

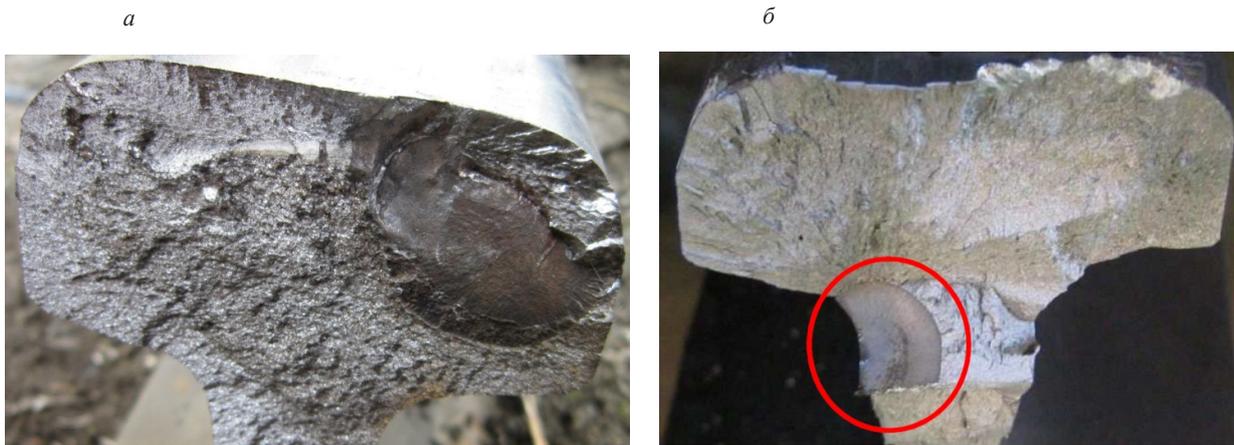


Рис. 1. Поперечные трещины в головке рельса (а) и трещины в переходе от головки к шейке (б).

Дефектам кода 33 присуще значительное колебание угла их пространственной ориентации. При измерении параметров сигналов, зарегистрированных от дефектов, фиксировался результат наибольшей чувствительности по ходу движения средств сплошной дефектоскопии или против.

При анализе результатов контроля разница коэффициентов выявляемости в режимах сплошного и ручного контроля колебалась от 1 до 18 дБ для разных дефектов. Это обуславливается различным пространственным положением развивающейся трещины, а также основных настраиваемых параметров контроля. На практике для повышения надежности контроля и выявления дефектов требуется:

- либо снижение порогового уровня фиксации дефектов до превышения уровня шумов на уровне 6 дБ;
- либо минимизировать потери чувствительности путем обеспечения максимального контакта преобразователей с поверхностью катания рельса.

На следующем этапе были проведены испытания при изменениях температуры, при этом проводился анализ изменения угла ввода преобразователя, абсолютное и относительное изменение чувствительности каналов контроля.

Из результатов, представленных на рис. 1, видно, что зависимость угла ввода от температуры практически линейная. При использовании преобразователей с большим углом ввода при изменении температуры угол меняется сильнее, для преобразователя с углом в 70° приращение угла превышает 1° на изменение температуры в 10°C .

Далее провели измерения чувствительности при изменениях температуры, для исключения влияния контактной среды использовался один и тот же раствор. Были использованы преобразователи с углом ввода 42, 45, 55, 58 и 70° . На рис. 2 представлены результаты влияния температуры на чувствительность. Из рис. 2а видно, что при колебаниях температуры значение условной чувствительности изменяется от нормированного значения при нормальных температурных условиях по

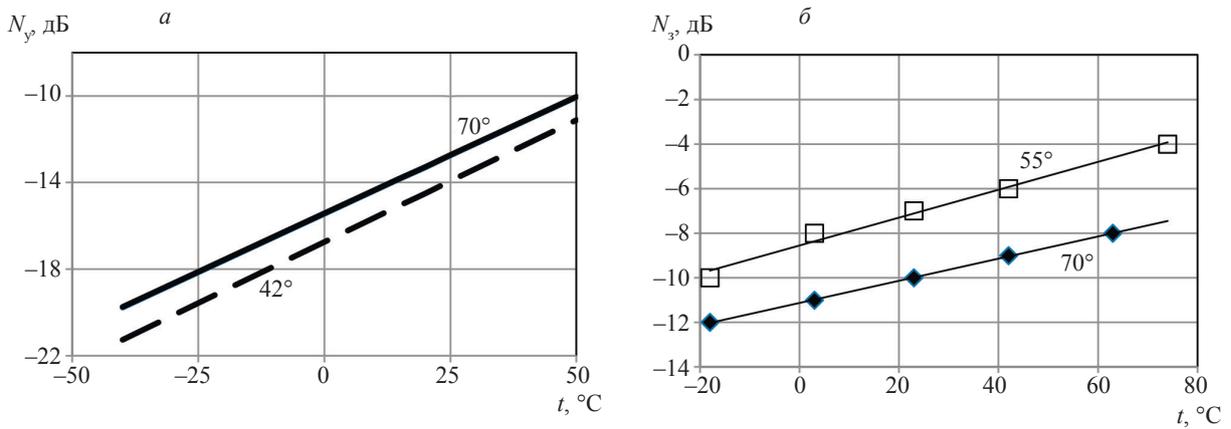


Рис. 2. Влияние температуры окружающей среды на чувствительность ультразвукового контроля: *a* — условной N_y для преобразователей с углом ввода 42 и 70°; *б* — предельной N_z по зарубеж размерами 2×2,5 мм для преобразователей с углом ввода 55 и 70°.

линейному закону. Для остальных углов ввода зависимости практически совпадают. При этом для всех углов ввода колебания абсолютного значения условной чувствительности имеет одинаковую зависимость.

Рис. 2*б* показывает, что и относительная чувствительность к вертикально расположенному уголкового отражателю для преобразователей с изменением температуры также изменяется. Хотя и разница в пределах температур окружающей среды невелика, но в совокупности с влиянием других факторов это может оказывать достаточное для ошибки второго рода на ранней стадии развития дефектов.

Проведен анализ чувствительности на реальных дефектах для преобразователей с различными углами ввода от 49 до 70° в ручном режиме контроля.

Результаты были разделены на две группы (рис. 3). Первая группа дефектов представлена на рис. 3*а*. Данные дефекты представлены дефектами группы кода 21 и 33, среди них отсутствует явная связь между углом ввода и коэффициентом выявляемости. Это связано с конструктивными особенностями и различием диаграмм направленности преобразователей.

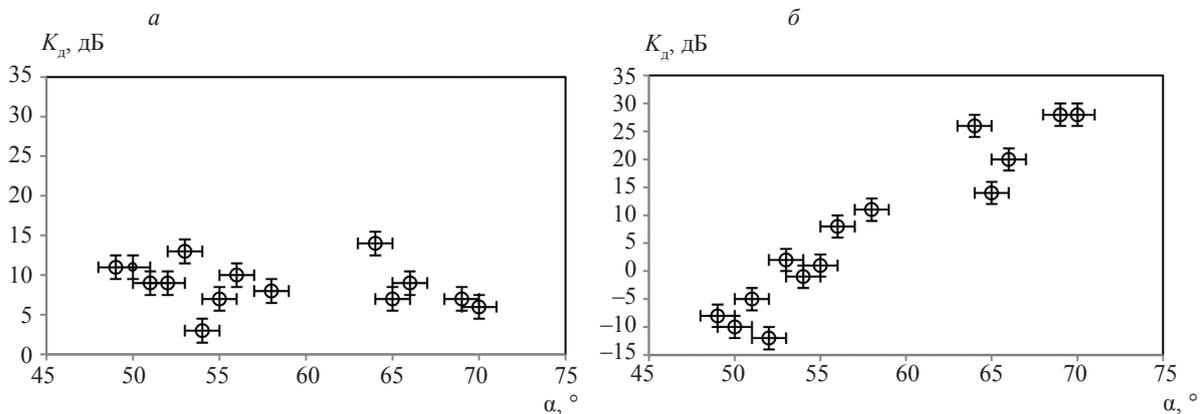


Рис. 3. Влияние угла ввода на коэффициент выявляемости для дефекта кода 21 № 2 (*а*) и дефектов кода 33 № 1 (*б*).

Меньшая часть дефектов, наоборот, характеризуется явной зависимостью коэффициента выявляемости от угла ввода (рис. 3*б*). Это, очевидно, дефекты, которые имеют явно выраженную направленность диаграммы отражения излучения. Для их надежного выявления необходимо использовать преобразователь с углом ввода, близким к углу нормали максимальной направленности отражения.

ВЫВОДЫ

Для повышения надежности выявления развивающихся усталостных трещин в рельсах ультразвуковыми методами целесообразны следующие мероприятия:

- проводить контроль на максимальном уровне чувствительности и ввести трехступенчатый уровень предварительной оценки при расшифровке в зависимости от максимальной амплитуды потенциально опасных отражателей;
- ввести функцию временной регулировки чувствительности;
- формировать сезонные комплекты блоков наклонных преобразователей, позволяющие максимально точно воспроизводить номинальные значения углов ввода каналов сплошного контроля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марков А.А., Максимова Е.А. Проблемы высокоскоростной дефектоскопии рельсов // Контроль. Диагностика. 2021. Т. 24. № 9 (279). С. 16—25.
2. Марков А.А., Иванов Г.А. Исследование способа обнаружения продольных трещин в головке рельса // Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. 2019. Т. 22. № 4. С. 46—56.
3. Гончар А.В., Мишакин В.В., Сергеева О.А. Влияние температуры на результаты ультразвукового контроля с использованием фазированной решетки // Вестник научно-технического развития. 2019. № 10 (146). С. 10—15.
4. Марков А.А., Максимова Е.А., Антипов А.Г. Динамическая коррекция чувствительности дефектоскопических каналов при высокоскоростном контроле рельсов // Дефектоскопия. 2021. № 12. С. 3—14.
5. Марков А.А., Максимова Е.А. Анализ эффективности ультразвуковых и магнитных каналов дефектоскопических комплексов при контроле рельсов // Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. 2019. Т. 22. № 2. С. 22—32.
6. Кунина П.С. и др. Настройка чувствительности ультразвукового дефектоскопа для контроля оборудования, заполненного транспортируемой или хранимой средой // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2018. № 9. С. 49—54.
7. Шур Е.А., Борц А.Е., Сухов А.В. и др. Эволюция повреждаемости рельсов дефектами контактной усталости // Вестник ВНИИЖТ. 2015. № 3. С. 3—9.