

История НК

1929 г. можно рассматривать как год рождения ультразвукового контроля материалов. В этом году С.Я. Соколов первым предложил теневой метод с непрерывными, звуковыми волнами для выявления дефектов материала.

Развитие сварочной техники в 1940–50 гг. потребовало создания новых высокочувствительных и производительных методов контроля качества ответственных соединений. Именно в этот период времени наряду с развитием методов рентгено- и гамма-графирования начинаются активные исследования по изучению возможностей УЗД.

Все началось с создания в 1951 г. в ЦНИИТМАШ наклонного призматического ПЭП, позволяющего вводить ультразвуковые волны в шов с основного металла без снятия валика усиления.

На базе этих ПЭП в 1952–53 гг. в НИИХиммаш, ЦНИИТМАШ, НИИ мостов ЛИИЖТ и МВТУ были поставлены первые опыты по оценке принципиальной возможности контроля швов стыковых сварных соединений листовых и трубных конструкций из малоуглеродистых и низколегированных сталей.

В 1954–1955 гг. были обоснованы общие методические положения контроля стыковых сварных соединений. В 1956–1957 гг. в НИИ мостов ЛИИЖТ, а также в МВТУ проводятся первые исследования по контролю тавровых сварных соединений. Оказалось, что тавровые соединения не сложнее, а даже проще контролировать ультразвуком, чем стыковые.

В частности, в первых отечественных серийно выпускаемых дефектоскопах УЗД-7Н конструкции ЦНИИТМАШ и ВЧ-7И конструкции ВИАМ имелись глубиномеры с подвижной меткой, позволяющие измерять координаты дефектов с точностью ± 1 мм. Созданные в НИИ мостов ЛИИЖТ в 1954–55 гг. дефектоскопы типа УЗД-НИИМ-2 явились первыми дефектоскопами в мировой практике, оснащенными электронным глубиномером со шкалами для искателей с различными углами ввода луча, «электронной» лупой для контроля соединений и основного металла по слоям, звуковым и световым индикаторами обнаружения дефектов.



Дефектоскоп УЗД-79 и наклонные призматические ПЭП (1954 г.)

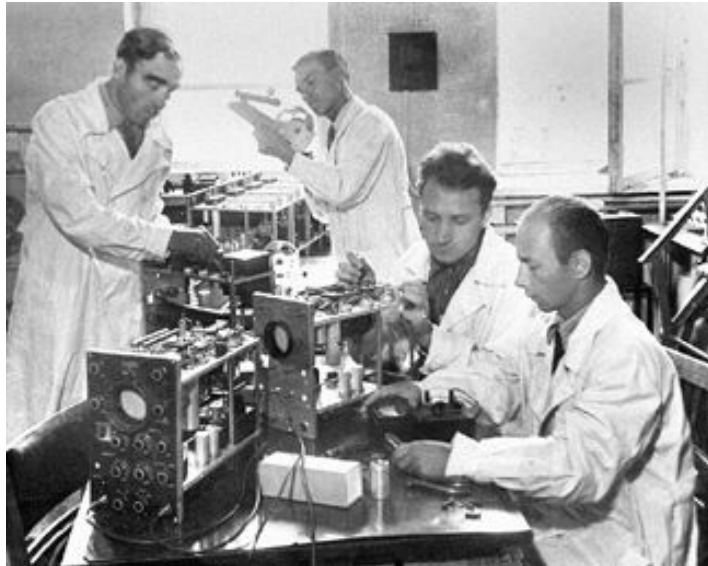
Параллельно (1953–1957 гг.) обосновываются принципы построения специализированных дефектоскопов для контроля сварных соединений и создаются их первые образцы, имеющие ряд принципиальных отличий от зарубежных приборов аналогичного назначения.



Дефектоскоп УЗД-НИИМ-2 (1954 г.)

К концу 1950-х гг. достаточно четко выявились преимущества и недостатки ультразвукового метода по сравнению с другими методами контроля сварных соединений. К преимуществам следует прежде всего отнести существенно большую чувствительность к таким дефектам, как трещины и непровары. Было установлено, что метод УЗД является единственным из всех известных, позволяющим обнаруживать непровары и трещины в тавровых соединениях и стыковых соединениях большой толщины, а также единственно возможным методом обнаружения внутренних дефектов в сварных стыках рельсов.

В 1959 г. в Кишиневе был создан завод «Электроточприбор» по выпуску средств НК. В 1963 г. там же создан ВНИИ по разработке неразрушающих методов и средств контроля качества материалов (ВНИИНК), специализировавшийся на УЗ методах НК.



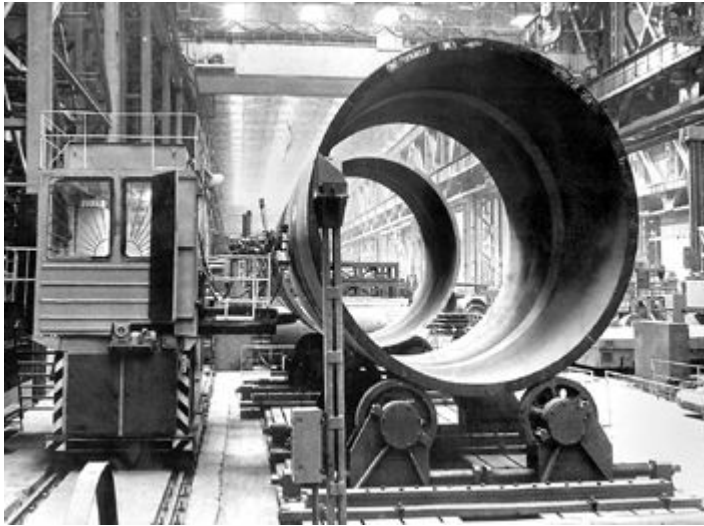
В период 1957–1965 гг. в ЦНИИТМАШ, исходя из теоретического анализа, создается фундаментальная теория акустического тракта дефектоскопа, на базе которой были получены выражения для инженерного расчета амплитуд эхо-сигналов от моделей дефектов различного типа. В частности, на основе этой теории был разработан способ настройки чувствительности дефектоскопа и измерения эквивалентной величины дефектов без применения образцов.

В это же время в ЛЭТИ выполняются основополагающие работы по расчету электроакустического тракта дефектоскопа применительно к ПЭП и поля наклонных искателей, а в НИИ мостов ЛИИЖТ – по обоснованию и теоретико-экспериментальному исследованию основных параметров метода и аппаратуры, определяющих достоверность результатов контроля.

Параллельно в ряде организаций – НИИ мостов ЛИИЖТ, ЦНИИТМАШ, ВИАМ, УО ОРГРЭС, НИИХиммаш проводятся исследования по экспериментальной проверке теоретических основ УЗД на моделях дефектов. В результате этих исследований была всесторонне изучена эффективность применения ранее найденных информативных признаков (амплитуда эхо-сигнала, условная протяженность) и в 1972 г. предложены новые признаки, характеризующие размер дефекта по сечению шва – условные высота и ширина, используемые в методиках контроля.

Одновременно в ЦНИИТМАШ, УО ОРГРЭС и других организациях ведутся исследования по изучению отражательных характеристик реальных дефектов. Были получены вероятностно-статистические закономерности отражения ультразвука от дефектов различного типа и установлены корреляционные связи между размерами многих реальных дефектов и равносигнальными моделями.

В НИИ мостов ЛИИЖТ, МВТУ, УО ОРГРЭС, ЦНИИТМАШ и в некоторых других организациях проведен статистический анализ распределения дефектов в различных сварных конструкциях (рельсах, корпусах судов, сосудах давления, трубопроводах и т. д.) по типу, величине, ориентации и местоположению в шве. Это дало возможность оценивать достоверность обнаружения и измерения величины дефектов, уточнить требования к параметрам сканирования и аппаратуре.



С 1971 г. вопросы исследований методов, разработки и производства аппаратуры комплексно решаются в рамках научно-производственного, а с 1978 г. – ПО «Волна», в которое вошли ВНИИНК и завод «Электроточприбор» (теперь АО «Интроскоп»). По разработкам ВНИИНК выпущено более 300 типов промышленных дефектоскопов, толщиномеров, структуромеров и установок автоматизированного контроля, а количество приборов и преобразователей различного типа, выпущенных ПО «Волна», превышает десятки и сотни тысяч соответственно.

Серийный выпуск дефектоскопической аппаратуры предопределил переход к массовому использованию УЗД для контроля качества сварки. Широкое внедрение в промышленность потребовало разработки научно обоснованных критериев для достоверной оценки качества шва, что способствовало переходу от дефектоскопии к дефектометрии.

История становления и развития рельсовой дефектоскопии в России.

Неразрушающий контроль рельсов в пути является одним из элементов системы обеспечения безопасности движения. В связи с тем, что безопасность движения была и есть основной проблемой железнодорожного транспорта, история становления дефектоскопии рельсов в пути неразрывно связана с развитием железных дорог.

Контроль за состоянием рельсов в 1850-1950 годах.

С начала существования железных дорог и до появления в 30-ых годах двадцатого века первых магнитных дефектоскопов (велодефектоскопы системы изобретателя Карпова) постоянный наблюдение за состоянием рельсов осуществляли только путевые обходчики.

Роль путевых обходчиков в обеспечении безопасности движения была очень велика. Совершая обход участка по графику, они были обязаны днем и ночью внимательно осматривать каждый рельс, особенно на участках неблагоприятных по выходу рельсов. Никто не обучал путеобходчиков способам обнаружения дефектов. Они сами, используя многолетний опыт, разработали способы обнаружения дефектов в рельсах, которые затем были строго научно обоснованы.

В 1935 году на совещании Томской дороги путевой обходчик Д.М.Колосницин рассказал о своем простейшем **методе отыскания** рельсов со скрытыми трещинами. Его метод заключался в остукивании подозрительного рельса молотком с применением мелкого песка или щупа.

Существовало еще несколько простейших способов, которые использовали путевые обходчики для обнаружения рельсов с дефектами, например:

- просвечивание торца рельса через зазор ;
- ощупывание торца рельса специальным щупом;
- способ рефракции;
- наблюдение за рельсом при проходе поезда;
- тщательный наружный осмотр.

Остукивание рельса производилось молотком весом в 300 грамм, насаженным на ручку длиной 600 мм. Путь обходчик с молотком останавливался у стыка и, вытянув руку, опускал молоток с высоты 0,4 – 0,7 метра. Молоток силой свободного падения ударялся о верх рельса в середине головки в пределах накладок, от конца рельса на 6-8 см. Обходчик должен был чутко прислушиваться к издаваемому рельсом звуку при ударе, уметь различать даже мельчайшие его изменения, обращать внимание на поведение молотка.

А.Миронов в своей брошюре “Как обнаружить дефект в рельсе” об этом способе пишет следующее:

“ ...если молоток после удара отскакивает упруго, то можно сказать, что рельс здоров; на дефектном рельсе молоток как бы прилипает к рельсу. При резком ударе по дефектному рельсу создается впечатление, будто черенок молотка раскололся или откололся.

Даже при скрытом изломе отколовшаяся часть его вибрирует. Поэтому, если звук от удара молотком будет подозрительным, а отскок молотка покажется ненормальным, нужно взять несколько крупинки песка, мелкую серебряную или медную монету, расположить их вдоль по середине головки рельса у стыка и начать выстукивать молотком по головке рельса легкими ударами. Если рельс имеет трещину, то все камешки, песчинки или монетки приходят в движение и слетают с головки.

В особо сложных случаях, вызывающих большое сомнение, можно положить на головку рельса пальцы левой руки и выстукивать рельс рядом с ними, если рельс с трещиной, то пальцы сразу почувствуют вибрацию. ...”

Просвечивание торца рельса через зазор осуществлялось с помощью небольшого зеркала: обходчик приставлял его к зазору таким образом, чтобы оно отражало луч света в зазор, освещая торец рельса. При ярком солнечном свете ясно была видна возможная трещина в торце. Этот способ применялся, при величине зазора не меньше 5 мм.

Способ ощупывания применялся, если величина зазора была менее 5 мм. Из гладкой стальной (диаметром 1,0-1,5 мм.) проволоки изготовлялась шпилька (рис.).



Рис. Шпилька для ощупывания торца рельса.

Загнутым острием шпильки, пропущенным в зазор, производилось ощупывание торцов обоих рельсов в стыке. Острие, наткнувшись на трещину, застревало в ней.

Сущность **способа рефракции** заключалась в следующем: работник, идущий по пути в ночное время должен был направлять луч света фонаря вдоль поверхности катания головки рельса, а в дневное время он должен был идти обязательно против солнца. При таком освещении поверхность катания отражала яркий луч света солнца или фонаря. Если рельс здоров, луч света на полосе катания был прямолинейным, если же рельс был дефектным, то луч света преломлялся в той точке, где имелась трещина.

Наблюдение за рельсом при проходе поезда путевой обходчик осуществлял, идя по обочине земляного полотна. Он должен был внимательно следить за положением стыка при проходе по нему колес поезда. Если в стыке имелась трещина, то наблюдающий обязательно должен был заметить, как при проходе колеса конец головки рельса, под каждым колесом прижимался, а при удалении поднимался.

“...внешнему осмотру рельса надо уделять особое внимание, так как процесс внутреннего расслоения головки или шейки рельса не происходит без появления внешних признаков. Однако эти внешние признаки не всегда легко установить, так как они иногда почти незаметны, а иногда их замечают, но не придают им должного значения. Каждая, даже мельчайшая деталь, выявленная при осмотре, не должна ускользать от опытного глаза осмотрищика и при необходимости должна быть взята на учет для дальнейшего наблюдения. Когда путевой обходчик изучил признаки дефекта от момента его возникновения до момента перехода дефекта в состояние, требующего изъятия рельса из пути, тогда он безошибочно и своевременно сумеет определять на своем участке дефекты в рельсах в самом начале их развития...,” – так пишет В.И.Смекалов в своем пособии **“Обнаружение дефектных рельсов в пути”**.

Таковыми вот простейшими способами путевые обходчики изо дня в день обеспечивали безопасность движения.

В ожидании награды

(«Железнодорожная неделя», №1, 1903г.)

Существует порядок, что путевой обходчик, нашедший лопнувший рельс и своевременно заявивший об этом дорожному мастеру, награждается:

а) тремя рублями, если дело происходило днем, и б) пятью рублями, если лопнувший рельс обнаружен ночью. При этом принимают во внимание только рельсы, лопнувшие окончательно, рельсы же «надтреснутые» в расчет не принимаются. Вот к чему это приводит. Идет по пути путевой обходчик.

- «Куда пошел?» - спрашиваю.

- Да там трещинка наклеивается, отвечает. Месяца полтора нашел треснувшую рельсу, может уже сломалась.

- Так давно надо было заявить дорожному мастеру!

- Нешто я сам себе лиходей? Тогда награды лишусь. Есть у нас некоторые сторожа, которые чтоб пятак получить, ждут ночь и по лопнувшей рельсе поезда пропускают.

Ну, да эти люди смелые, опытные, а нашему брату - семейным рисковать так не приходится, нам бы трещинку дожидаться и то слава Богу!

Из газеты «Гудок» 28.07.01

В двадцатые годы двадцатого века появились первые способы неразрушающего контроля, в частности магнитопорошковый. Однако для контроля рельсов, уложенных в путь он не пригоден, но железнодорожникам нужно контролировать не только рельсы: очень опасны еще и трещины в шейках вагонных осей.

Именно для контроля трещин в шейках вагонных осей стали применять магнитопорошковый метод. В России магнитопорошковая дефектоскопия была открыта паровозным машинистом Федором Михайловичем Карповым. Карпов добился того, что инженерами МПС были спроектированы и изготовлены огромные электромагниты, в которые целиком помещалась колесная пара. Шейки поливались магнитной суспензией, и наличие трещин выявлялось очень четко.

Наладив контроль осей, Карпов принялся за контроль рельсов. Однако, порошковый метод здесь нельзя было применить и Карпову пришлось искать другие пути. Итоги его работы были таковы: были разработаны дефектоскопные станции. Дефектоскопы системы изобретателя Карпова, были установлены и смонтированы в самодвижущихся, путевых дефектоскопных станциях. Первая единица была оборудована к 1 мая 1933 года.

Станция состояла из двух сцепленных небольших вагонов. Первый из этих вагонов нес все силовое и тяговое оборудование станции, а второй являлся дефектоскопным отделением. На обеих осях второго вагона находились обмотки, по которым через скользящие по контактным кольцам щетки пропусклся постоянный ток, с отдельным (от тягового) двигателем. Магнитный поток, создаваемый в передней оси обмотки с током, поступал через колесо, например, левое в левый рельс; проходил по нему до левого заднего колеса, поступал через это колесо в заднюю ось, из нее – через правое заднее колесо – в правый рельс и, наконец, замыкается через правое переднее колесо. Таким образом, участки рельсов между передней и задней осями намагничиваются (до индукции около 1,6 Тл). Применялись для намагничивания и П-образные электромагниты, подвешенные под вторым вагоном на шарнирах. При холостых пробегах станции эти электромагниты убирались под кузов.

Первые рельсовые съемные дефектоскопы для контроля обеих нитей пути, которые стали широко применяться на железных дорогах, появились в пятидесятые годы двадцатого века. В результате большой работы, выполненной научными работниками Всесоюзного научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (ЦНИИ МПС), Уральского филиала академии наук СССР (УФАН) и Сибирского физико-технического института (СФТИ) в творческом содружестве с работниками производства были созданы и внедрены следующие типы дефектоскопов:

-съемные дефектоскопы на переменном магнитном поле ДС-13м и ОД-2;

Схема двухниточного ДС-13м

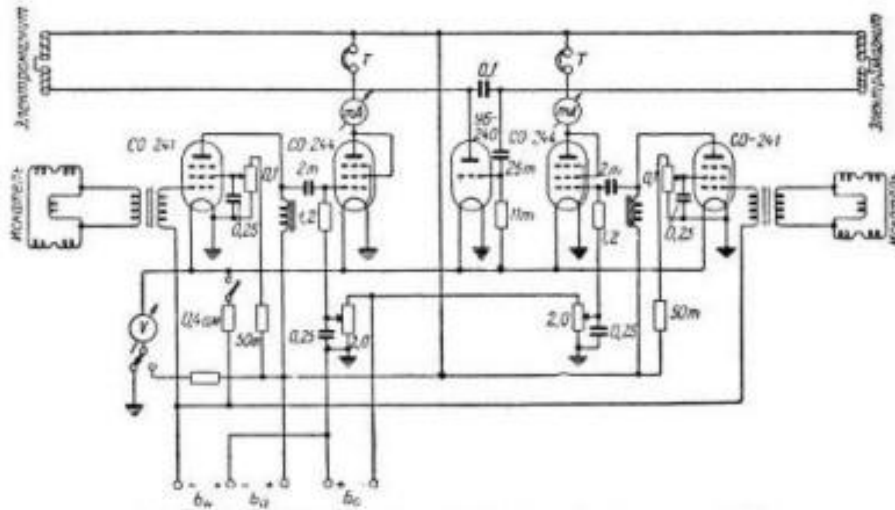


Схема двухниточного ДС-13м

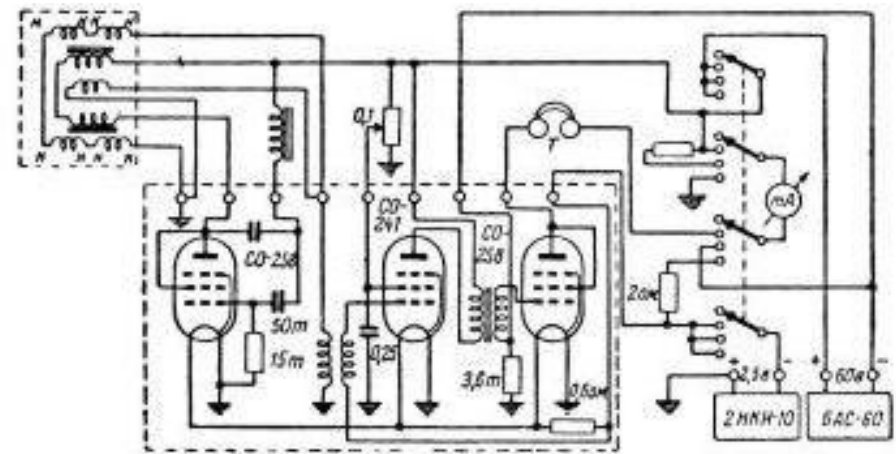
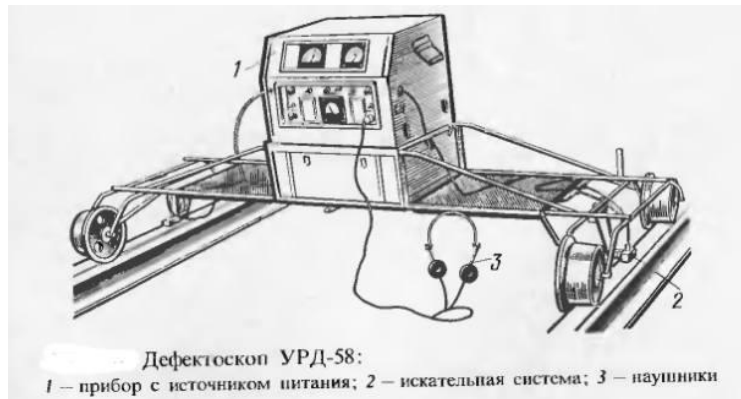


Схема ручного дефектоскопа ОД-2

В 1952 году впервые в мировой практике для массового контроля рельсов в зоне болтового стыка стали применять зеркально-теневые ультразвуковые дефектоскопы УРД-52, а в 1956 году для контроля рельсов по всей длине - ультразвуковые рельсовые дефектоскопы, работающие также по зеркально-теневому методу, УРД-56, УРД-58.

Однониточный дефектоскоп УРД-52 являлся контрольным устройством для проверки тех участков рельсовой колеи, где применение магнитных дефектоскопов не обеспечивало надежных результатов. С его помощью обнаруживались следующие виды дефектов в стыковой части рельсов в соответствии с классификацией дефектов рельсов (рис.): трещины в месте сопряжения головки рельса с шейкой (дефект кода 70); горизонтальные наклонные трещины в шейке рельса (дефект кода 71); наклонные трещины, развивающиеся от болтовых отверстий (дефект кода 11 и 12); вертикальные и горизонтальные расслоения в головке и шейке рельса (дефект кода 20, 21, 22); поперечные трещины усталостного характера в виде темного и светлого пятен, расположенные над шейкой рельса (дефект кода 61, 62).



Действие дефектоскопа УРД-52 основывалось на периодической посылке кратковременных ультразвуковых колебаний в рельс с поверхности катания и приеме отраженных колебаний от подошвы рельса. Ультразвуковые колебания высокой частоты образовывались в результате пьезоэффекта пластинки, изготовленной из титаната бария. Возбуждение механических колебаний в пьезоэлементе происходило за счет импульсов тока, создаваемых с помощью триатрона и накопительного конденсатора. Импульсы тока повторялись около 100 раз в секунду и столь же раз возбуждались ультразвуковые колебания в пьезоэлементе.