

ПЕРЕЧИТЫВАЯ ГУРВИЧА...

Звучит парадоксально, но, в отличие от хорошего вина, усреднённая профессиональная квалификация современного высокоиндустриального общества со временем только ухудшается. Эта печальная, но многократно подтверждённая глобальная тенденция — энтропия специальных знаний и умений, к сожалению, коснулась и мира НК и, в частности, той его части, которая связана с разработкой методов и средств ультразвуковой дефектоскопии. Тем больше осознавать и совсем не хочется верить, что величайший учёный, изобретатель и просветитель Анатолий Константинович Гурвич ушел от нас...

А.К. Гурвич прожил целую жизнь в мире НК, проработав более 60 лет, и, по мнению автора, нынешнему и следующим поколениям специалистов понадобится не меньше времени, чтобы ре-

ально осознать, насколько огромен его вклад в сегодняшнюю и будущую науку и практику ультразвуковой дефектоскопии. Ниже приведены несколько примеров, показывающих, насколько Анатолий Константинович опередил время.

Пример 1. Секторное и линейное сканирование, апертура

В течение последних 15–20 лет эти слова у всех на слуху с учётом массового внедрения технологии фазированных решеток (ФР) даже там, где в этом нет необходимости. И, к сожалению, мало кто понимает, что, как такового, «метода ФР» просто не существует: часто встречающаяся формулировка — «контроль методом ФР» — представляется ни чем иным как плодом агрессивного маркетинга, помноженного на вышеупомянутую энтропию. А.К. Гурвич, который особо тщательно относился к терминологии

и требовал этого же от своих сотрудников и коллег, однажды сформулировал:

«Технология ФР обеспечивает электронное управление типом, направлением и фокусировкой волны, генерируемой в материале (вектором излучения), а также выбор типа волны, которую предполагается принять из материала, при заданном направлении приёма и фокальном расстоянии (вектором приёма), при использовании многоэлементных преобразователей. Контроль же по-прежнему выполняется каким-либо из известных методов, как то эхо-, эхо-зеркальным, зеркально-теневым и т. д., потому что иных методов просто не существует. А раз так, то и методология должна быть соответствующая.»

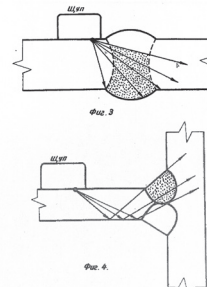
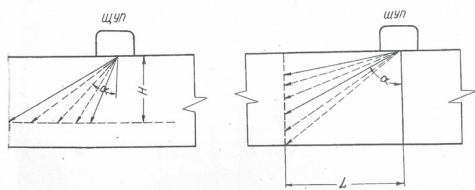
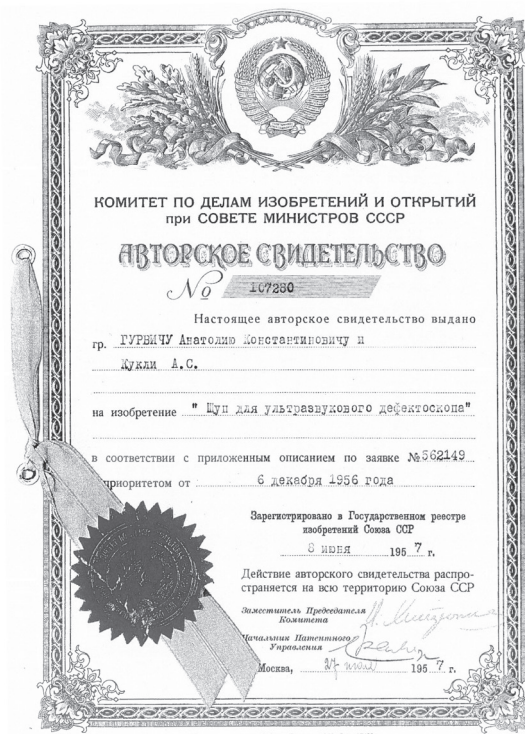


Рис. 1. Авторские свидетельства, выданные А.К. Гурвичу в 1957 г. (приоритет датирован 1956 годом) на ультразвуковые преобразователь и дефектоскоп, обеспечивающие прозвучивание материала способом качающегося луча

При этом термины «секторное сканирование» и «линейное сканирование», появившиеся как калька с английского, он так и не признал, имея на это более чем веские основания: темой автоматического прозвучивания поперечного сечения сварного шва А. К. Гурвич фундаментально занимался еще до 1956 г., опередив время более чем на 60 лет (рис. 1). Абстрагируясь от управления ультразвуковым лучом, которое, к слову сказать, было в те времена электромеханическим, можно заметить, что согласно его изобретению

«длительность развёртки для каждого из реализуемых циклов излучения-приёма ультразвука задаётся в соответствии с размерами объекта, его геометрией и расположением преобразователя на нём»;

в тексте описаний изобретений это чётко формулируется, равно как и

«необходимость коррекции усиления в зависимости от угла ввода, реализуемого в каждом цикле излучения-приёма»

(сегодня цикл излучения-приема называют «фокальным законом» — снова калька с английского, более маркетингового, чем технического).

До настоящего времени лишь один оригинальный производитель ФР-дефектоскопов, а таких фирм сегодня порядка десяти в Европе и Америке и около двадцати, копирующих — как получится — аппаратуру первой десятки в Китае, следует методическим канонам, сформулированным А. К. Гурвичем более 60 лет назад, разработав и применив в своих ФР-дефектоскопах собственные специализированные большие интегральные схемы (БИС). Остальные же просто используют коммерчески доступные типовые БИС для медицинской ультразвуковой аппаратуры и пытаются

как-то подладиться под их очевидные ограничения. Так вот, 60 лет назад «секторное сканирование» называлось сканированием способом «качающегося луча», а линейное — сканированием способом «бегающего луча», и методически эти способы были отработаны до нюансов, о чём свидетельствуют снимки с экранов электронно-лучевых осциллографов с длительным послесвечением экрана, позволяющим на короткое время «заморозить» и сфотографировать картинку (рис. 2).

Пример 2. Дефектоскоп без ЭЛТ

Анатолий Константинович одним из первых в мире понял, что

«эра электронно-лучевых трубок (ЭЛТ) подходит к концу, в том числе и в ультразвуковых дефектоскопах».

Это было в конце 1970-х гг. Тогда портативные матричные экраны, даже

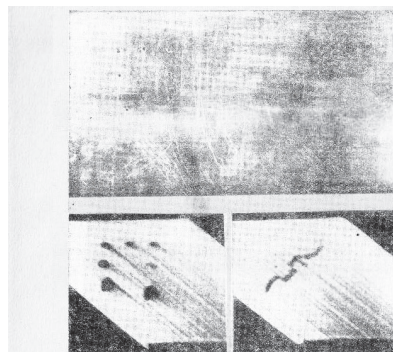


Рис. 108. Расположение в образце дефектов в виде отверстий диаметром 1,5 мм в фотографии экрана при выключении их методом продольно-поперечного перемещения щупа.

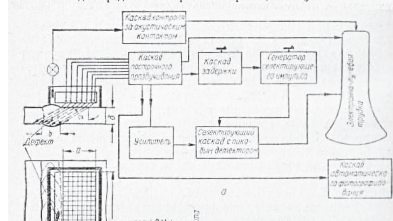


Рис. 116. Функциональная схема установки для контроля качества швов методом «бегающего луча» (а), схема расположения луча (б) и экран трубки при выявлении дефекта (в).

А. К. Гурвич

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДЕФЕКТОСКОПИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

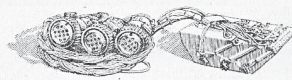


Рис. 119. Экспериментальный щуп для контроля сварных соединений методом «бегающего луча».



Государственное издательство
ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ УССР
Киев - 1963

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
ИМЕНИ АКАДЕМИКА В. П. ОБРАЗЦОВА

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к дипломному проекту
студента *электротехнического* факультета
Фамилия *Кристьян* Имя *Мария* Отчество *Владимировна*
на тему: *Ультразвуковой дефектоскоп для контроля качества сварных соединений методом «бегающего луча»*

Дипломник *Кристьян М.В.*
Главный руководитель *Гурвич А.К.*
Основной руководитель *Гурвич А.К.*

Эта работа выполнена в форме докладной записки. В ней даны описание и конструкция устройства.

Страна *советской системы*
и способ *подготовки сенций*

Ленинград
1983

а

б

Рис. 2. В монографии А. К. Гурвича, изданной в 1963 г., представлены результаты, полученные несколькими годами ранее, в том числе его неоспоримый приоритет в создании многоэлементных преобразователей (а). По прошествии ряда лет А. К. Гурвич впервые показал, что следует использовать апертуру, набранную из небольших элементов, значительно меньших по сравнению с применяемыми в обычных преобразователях, перемещая ультразвуковой луч электронным способом с дискретностью, равной размеру элемента, — картинки заимствованы из руководимого им дипломного проекта, где была доказана идентичность чувствительности, получаемой при работе апертуры, состоящей из M элементов с шагом решётки P , с чувствительностью, реализуемой при использовании монолитного пьезоэлемента с такой же шириной и стороной, равной MP (б)

монохроматические, не были доступны нигде (как в западных странах, так и в СССР), о них только шёл разговор. А.К. Гурвич, тем не менее, с упорством Дон Кихота, но с гораздо большей эффективностью, настоял на открытии проекта по созданию прибора с основным индикатором, альтернативным ЭЛТ: тогда вообще никто не понимал, что и как нужно делать, кроме, разумеется, самого Анатолия Константиновича. И такие приборы, вопреки всему, были созданы — в 1983 г. успешно прошел Госиспытания дефектоскоп УД 13П (рис. 3).

В этом приборе, кстати, впервые в мире, индцировалась истинная глубина залегания отражателя, обнаруженно не только прямым, но и однократно и многократно отражённым лучом.

В то же время первый в мире микропроцессорный дефектоскоп USD 1

(Krautkrämer) появился примерно на год позже, в нём не было ЭЛТ, но применялся небольшой (примерно 10–12 см по диагонали) монохроматический кинескоп, подобный телевизионному, что, как показала история, было тупиковой ветвью: после USD 1 появился лишь USD 10, в котором ряд недостатков USD 1 был устранен, но прибор оставался по-прежнему непомерно тяжёлым, с большими габаритами и высоким энергопотреблением. Тем не менее, приборы USD 1 и USD 10 сыграли важную роль: их архитектура практически полностью была заимствована в портативных дефектоскопах с матричными экранами (плазменным, жидкокристаллическим, светодиодным), появившимися через 6–8 лет. В СССР тоже велись работы в этом направлении, опять же, при непосредственном участии А.К. Гурвича, но распад СССР не позволил нам это сделать в то время...

Немного раньше, чем УД13П, появился дефектоскоп с основным цифро-

вым индикатором УДС 1–20 (рис. 3). Он был разработан по результатам исследований, проведенных в НИИ мостов ЛИИЖТа.

Этот прибор стоит несколько особняком, будучи низкочастотным и обеспечивая контроль длинномерных предметов, в первую очередь, рельсов, с применением интерференционных волн, выявляя дефекты с расстояния до нескольких метров.

Английская фирма Guided Wave Ultrasonics, специалисты которой впоследствии покинули компанию и создали несколько фирм, также специализирующихся на контроле с применением интерференционных волн, искренне считала себя пионером в данном направлении, впервые показав действующий прототип своего дефектоскопа, весьма далёкий от совершенства, более чем на двадцать лет позднее.

а



Рис. 4.4. Импульсный компакт-дефектоскоп с цифровой индикацией амплитуды эхо-сигнала и координат расположения выявленных дефектов в сварных и клепаных соединяемых металлоконструкциях (СССР)

Рис. 4.5. Импульсный компакт-дефектоскоп для обнаружения поперечных трещин в головке рельсов на расстоянии 10 ... 20 м от преобразователя (СССР)

б

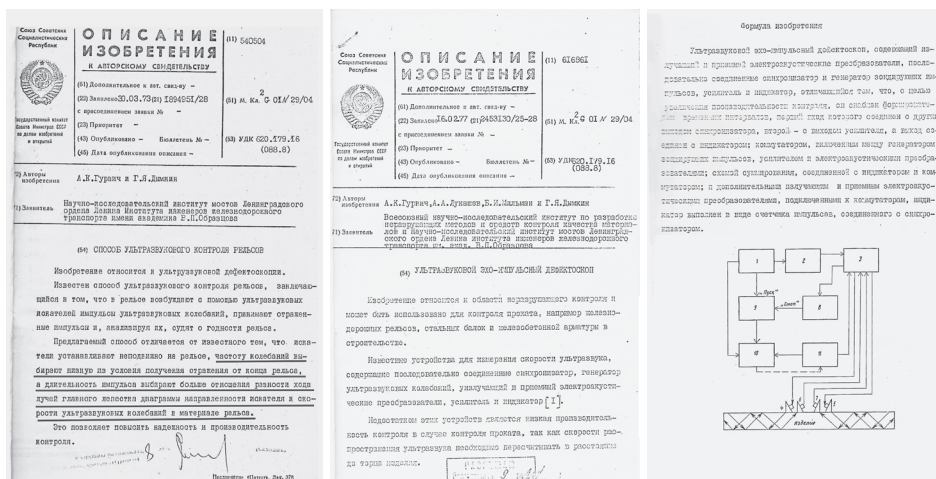


Рис. 3. Первые в мире серийные ультразвуковые дефектоскопы с основным индикатором, альтернативным ЭЛТ (а) и приоритет А.К. Гурвича в области ультразвукового контроля с применением интерференционных волн (б)

Встретившись с автором, они были весьма удивлены, увидев информацию об УДС 1–20: они не читали Гурвича...

Пример 3. Обобщённая SKH диаграмма и преобразователи с едиными параметрами мнимых излучателей

А.К. Гурвич разработал SKH-диаграммы, позволяющие просто и быстро настроить чувствительность дефектоскопа по боковому цилиндрическому отверстию в СО2 и найти эквивалентную площадь выявленных отражателей. А в начале 1980-х гг. он пришёл к выводу, что для наклонных преобразователей с различными углами ввода, работающих на одной частоте, можно создать единую обобщённую SKH-диаграмму. Для этого в преобразователях размер пьезоэлемента в плоскости падения луча должен определяться в соответствии с углом прзмы (рис. 4). Впоследствии такие преобразователи были разработаны

и включены во всесоюзный отраслевой стандарт ОСТ 32-100-87 на контроль сварных швов в мостах, локомотивах и вагонах. Лишь в 2009 г. к подобному выводу пришли ветераны фирмы Krautkrämer (на тот момент уже специалисты фирмы собственника и правопреемника Krautkrämer — GE Inspection Technologies). В результате появились серийные True DGS преобразователи, обеспечивающие работу с единой DGS диаграммой.

При прочих равных параметрах геометрия элемента в этих преобразователях определяется углом ввода: еще одно свидетельство того, насколько далеко вперед видел Анатолий Константинович.

Вместо заключения

Примеров, подобных приведенным, можно набрать на многотомное

издание. А нужно ли это, если труды А.К. Гурвича, даже изданные много лет назад, сохранились, и всё что надо сделать — это урегулировать вопрос о размещении их в открытом доступе в интернете? По мнению автора, специалистам в области ультразвукового контроля лучше всё-таки читать и перечитывать эти труды в подлиннике, использовать их в повседневной работе.

Идеи и результаты работы А. К. Гурвича до сих пор современны и своевременны.

Г. Пасси

Автор выражает признательность сотрудникам и ученикам А.К. Гурвича, работавшим в разные годы в НИИ мостов и на кафедре МПНК ЛИИЖТ, за предоставленные материалы.



СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

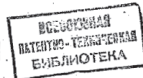
(19) **SU (11) 1783415 A1**

(51) G 01 N 29/22

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ ВЕДОМСТВО СССР (ГОСПАТЕНТ СССР)

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

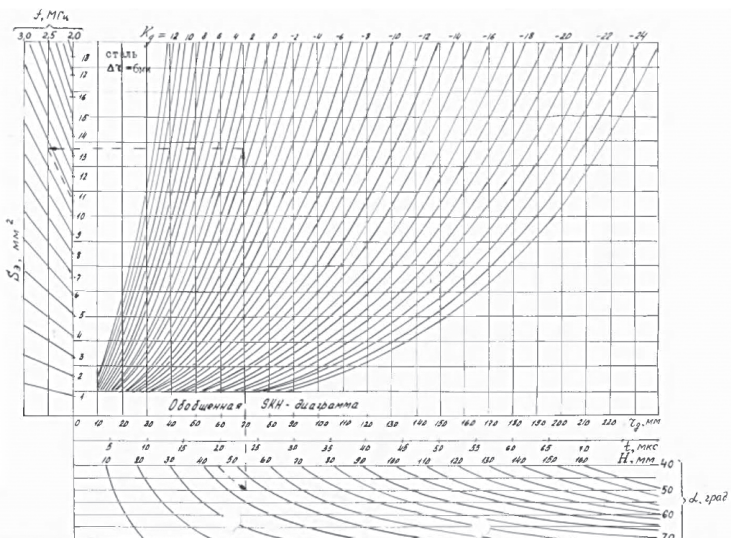


(21) 4915753/28
(22) 29.11.90
(46) 23.12.92. Бюл. № 47
(71) Ленинградский институт инженеров железнодорожного транспорта им. акад. В. Н. Образцова
(72) А. К. Гурвич и В. Н. Коншина
(56) Методы акустического контроля металлов. М.: Машиностроение, 1989, с. 138.
Гурвич А. К. Ермолов И. Н. Ультразвуковой контроль сварных швов. - Киев, Техника, 1972, с. 47-56.
(54) НАКЛОННЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДЕФЕКТΟΣКОПА
(57) Изобретение может быть использовано при ультразвуковом контроле сварных соединений металлоконструкций. Цель изобретения - повышение достоверности

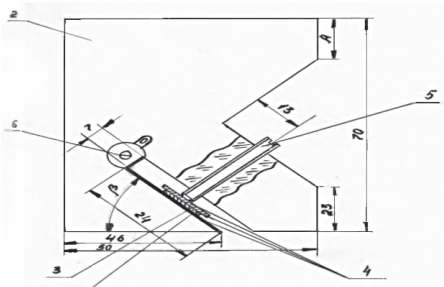
ультразвукового контроля за счет увеличения точности определения эквивалентного размера дефекта. Увеличение точности определения эквивалентного размера дефекта обеспечивается тем, что размер пьезоэлемента в плоскости падения ультразвукового луча определяется из условия $a_1 = a_2 \cdot (\cos \beta / \sqrt{1 - \frac{c_1^2}{c_2^2} \sin^2 \beta})$ где a_1 - размер пьезоэлемента в плоскости падения ультразвукового луча, a_2 - размер пьезоэлемента в плоскости, перпендикулярной плоскости падения ультразвукового луча, β - угол прзмы, c_1 - скорость ультразвуковой волны в материале прзмы, c_2 - скорость ультразвуковой волны в материале испытуемого объекта.

Изобретение относится к области неразрушающего контроля и может быть использовано при ультразвуковом контроле изделий эаимитупьными дефектоскопиями. Известен преобразователь для ультразвукового контроля металлов, содержащий пьезоэлемент, установленный на прзме. Наиболее близким к предложенному является наклонный преобразователь ультразвукового дефектоскопа, содержащий прзму и соединенный с ней пьезоэлемент. Недостатком известного наклонного преобразователя, выбранного в качестве прототипа, является низкая достоверность результатов контроля, обусловленная низкой точностью определения эквивалентного размера дефекта. Особенно заметно данный недостаток проявляется при эталонировании чувствительности по эао-сигналу от

бокового цилиндрического сверления, наиболее технологичного в изготовлении. Цель изобретения - повышение достоверности результатов ультразвукового контроля за счет увеличения точности определения эквивалентного размера дефекта. Поставленная цель достигается за счет того, что в наклонном преобразователе, содержащем прзму и соединенный с ней пьезоэлемент размер пьезоэлемента в плоскости падения ультразвукового луча выбирают не только в зависимости от его размера в плоскости, перпендикулярной плоскости падения ультразвукового луча, но и в зависимости от скорости ультразвуковой волны в материале прзмы и в материале испытуемого объекта и угла прзмы, из условия:



(19) **SU (11) 1783415 A1**



β	32	35	39	42	45	48	52,5
A	0	7	13	17	22	24	26

1 - пьезопластина; 2 - прзма из оргстекла;
3 - демпфер; 4 - электроды (фольга);
5 - бит (применяется для демпфирования пьезопластины, одновременно служит электродом); 6 - бит, служащий электродом

Рис. 4. Преобразователи с едиными параметрами мнимых излучателей