

*Приурочено к 100-летию
Донецкого национального
технического университета*

ДЕФЕКТОСКОПИСТ – 2021

**Сборник трудов
по неразрушающему
контролю**



2021

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ДЕФЕКТОСКОПИСТ – 2021

Сборник трудов по неразрушающему контролю

Донецк
2021

УДК 620.179.1(06)+620.17(06)
ББК 30.3я5+34.47я5
Д39

*Рекомендовано к печати Ученым советом
ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(Протокол №8 от 8 ноября 2021 г.)*

Ответственный редактор:

Сотников Алексей Леонидович – доктор технических наук, профессор кафедры «Механическое оборудование заводов черной металлургии им. проф. В.Я. Седуша» ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ».

Д39 Дефектоскопист – 2021 : сборник трудов по неразрушающему контролю / под общ. ред. проф. А. Л. Сотникова. – Донецк : Технопарк «Университетские технологии», 2021. – 100 с.

В сборнике собраны труды, посвященные рассмотрению достижений и обсуждению современных проблем в области неразрушающего контроля по таким методам, как: визуальный и измерительный контроль (ВИК); капиллярный контроль (ПВК); магнитный контроль (МК); ультразвуковой контроль (УК); радиографический контроль (РК); вибродиагностический контроль (ВД); тепловой контроль (ТК); электрический контроль (ЭК); оптический контроль (ОК); контроль напряженно-деформированного состояния (НК НДС).

Сборник трудов приурочен к 100-летию юбилею Донецкого национального технического университета (ДонНТУ), 90-летию юбилею кафедры «Механическое оборудование заводов черной металлургии им. проф. В.Я. Седуша» ДонНТУ и 20-летию юбилею Ассоциации механиков «АссоМ».

Материалы сборника предназначены для ученых и соискателей ученых степеней, обучающихся образовательных учреждений, инженерно-технических работников промышленных предприятий, занимающихся вопросами неразрушающего контроля.

Труды печатаются в авторской редакции.

УДК 620.179.1(06)+620.17(06)
ББК 30.3я5+34.47я5

УДК 621.179

О КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ УЗК

Передельский В.А, Коробцов А.С.

*Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону
dstu.koras@yandex.ru*

Для принятия обоснованных решений при сравнительной оценке различных систем и методик неразрушающего контроля, оптимизации, валидации систем контроля, аттестации персонала важным аспектом является наличие объективных показателей и критериев оценки результатов неразрушающего контроля.

Из-за отсутствия унифицированных показателей на практике наблюдается субъективная интерпретация понятий и показателей качества ультразвукового контроля (УЗК), их подмена, не учитываются имеющиеся ограничения на корректное использование ряда критериев.

Наиболее часто специалистами употребляются следующие термины, с помощью которых характеризуют качество работы как оператора УЗК, так и системы в целом: точность, достоверность, надежность, информативность и эффективность. Нередко данные показатели употребляют с качественных позиций на основе лишь информации о количестве выявленных дефектов, о погрешностях измерения параметров и координат отражателей, ошибок, допущенных операторами на различных этапах процесса контроля.

Термин «*точность*» обычно используют при анализе информации о погрешностях дефектоскопии и допущенных ошибках операторов. Такое сопоставление вполне оправдано, т.к. точность – свойство, характеризующее близость результатов испытаний к действительным значениям характеристик объектов, а погрешность – отклонение действительного значения параметра от его номинального значения. Погрешности (пропуск дефектов, неправильная идентификация типа дефекта, неправильное определение размеров и координат залегания дефекта) влияют на показатели качества любой системы контроля.

Однако количественная оценка суммарных погрешностей с целью сравнительного анализа различных систем связана с определенными трудностями, т.к. степень значимости различных рассмотренных выше погрешностей весьма разная. Более того, на погрешности влияет большое количество объективных и субъективных факторов.

Показатель «*достоверность*», довольно часто используемый специалистами при обсуждении результатов контроля, имеет также довольно субъективную интерпретацию. О достоверности контроля чаще говорят с качественных позиций (выше-ниже), на основе сравнения таких данных, как вероятность обнаружения дефектов, погрешности дефектоскопии, ошибки операторов.

Под достоверностью контроля понимают и способность системы УЗК обнаруживать и оценивать недопустимые дефекты в соответствии с действительным состоянием объекта. При этом за критерий достоверности принимается оперативная характеристика выявляемости дефектов – вероятность

правильного обнаружения дефектов с минимальным недопустимым характеристическим размером.

Для учета ошибок первого рода (недобраковка) и второго рода (перебраковка) при оценке достоверности контроля В.Н. Волченко предложил использовать матрицу достоверности.

Критерий «*информативность*», предложенный в работе [1] как показатель качества контроля, является наиболее вольно трактуемым. Более того, отмечается подмена понятий. Путаность в данной критерии возникает из-за того, что отождествляются разные, но созвучные понятия «количество информации», являющееся количественным критерием информативности измерения при энтропийном подходе и «точность информации» о реальной дефектности. Использование данного показателя на основе энтропийного определения количества информации по К.Е. Шеннону для количественной оценки результатов контроля было вызвано стремлением найти комплексный критерий качества контроля, который учитывал бы в целом погрешности и обнаружения и измерения дефектов. Практическое использование данного показателя, взятого из теоретических основ кибернетики в виде теории информации, сталкивается с существенными трудностями, заключающимися в необходимости предварительного сбора большой статистической информации, только на базе которой возможна количественная оценка «информативности».

Показатель «*надежность*» широко применяется на практике для оценки любых систем, в т.ч. систем «машина-оператор». Надежность это свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения.

При УЗК понятие надежности применяется в вероятностном аспекте, как характеристика объекта контроля, системы контроля и оператора. В качестве показателя надежности системы УЗК принимают вероятность осуществления возложенных на систему функций контроля в заданных условиях. Надежность оператора УЗК, как считал А.К. Гурвич [2], определяется вероятностью точного безошибочного и своевременного выполнения в течение времени контроля всех порученных ему функций контроля объекта в заданной производственной среде. Данное определение надежности представляет собой интерпретацию результатов работы в большей степени с качественных позиций. Для практических целей при сравнительном анализе или аттестации персонала существенную значимость имеет возможность количественной оценки показателя «надежность».

Следует отметить, что некорректно сравнивать надежность работы разных операторов, не оговаривая особенности проведения контроля, т.к. надежность оператора УЗК существенно зависит от многих объективных и субъективных факторов. Сложно провести количественную оценку показателя, если, например, все недопустимые дефекты обнаружены, но имеют место погрешности в определении их координат или факты ошибочной браковки.

Показатель «*эффективность*» оценки качества работы как системы, так и оператора УЗК, позволяет учесть помимо вероятности обнаружения также вероятность «перебраковки» и «недобраковки». Интегральный критерий эффективности, представляет собой отношение технической эффективности системы к суммарным затратам на контроль. Эффективность работы системы контроля представляется возможным в общем случае представить, как отношение

надежности (или другого интегрального критерия) к суммарной экономической эффективности работы, включающей суммарные затраты: стоимость (средства, время) непосредственного контроля, затраты, связанные с ошибочной браковкой годного объекта контроля (перебраковка), убытки (разрушения, аварийная ситуация), связанные с не регистрацией недопустимых дефектов (недобраковка).

Следует акцентировать внимание, что объективная количественная оценка результатов систем контроля при их сравнительном анализе, аттестации, оптимизации возможна только при сопоставлении результатов контроля с реальными параметрами внутренних дефектов. Такая возможность появляется при изготовлении контрольных тест-образцов, содержащих искусственные дефекты гарантированных типоразмеров и местоположения. При этом важным является вопрос о выборе типа дефектов, их количестве и размерах.

По мнению одних специалистов унифицированный ряд типоразмеров отражателей не должен отличаться слишком большим многообразием. Другие считают, что для аттестации систем контроля должны использоваться образцы, моделирующие весь диапазон отражательных свойств реальных дефектов.

При аттестации систем УЗК значимость погрешности измерения существенно зависит от размера обнаруженного дефекта. Наиболее значимой является погрешность при оценке размеров дефектов на границе «допустимый-недопустимый», что приводит к перебраковке и недобраковке изделий.

Основываясь на этом, по мнению авторов, для получения объективных количественных оценок качества систем контроля испытательные тест-образцы должны содержать три основные группы типоразмеров дефектов:

1) размеры первой группы отражателей равны минимальному характеристическому размеру недопустимого дефекта. Это позволит количественно оценить способность любой системы или оператора УЗК выявлять недопустимые дефекты и количественно оценить вероятность недобраковки;

2) размеры второй группы отражателей являются допустимыми, но незначительно отличающимися от минимального характеристического размера недопустимого дефекта (максимально допустимый характеристический размер). Анализ контроля дефектов данного типоразмера статистически расширяет оценку способности выявлять недопустимые дефекты и позволяет количественно оценить вероятность перебраковки системой УЗК;

3) немногочисленная третья группа отражателей произвольных размеров из диапазона реальных размеров дефектов. Наличие данных отражателей, главным образом, «сбивает с толку» испытуемых, не дает настроиться на один типоразмер отражателей, а также расширяет возможности сравнительной оценки.

Следует отметить, что для получения объективных оценок результатов контроля суммарное количество метрологически обеспеченных дефектов, проконтролированных в тест-образцах, должно быть статистически значимым.

Список литературы

1. Розина, М. В. Оценка информативности систем неразрушающего контроля, применяемых при строительстве и дефектации судов / М. В. Розина, Л. М. Яблоник // Дефектоскопия. – 1991. – №4. – С. 87-94.
2. Гурвич, А. К. Надежность неразрушающего контроля как надежность комплекса «дефектоскоп-оператор-среда» // Дефектоскопия. – 1992. – №3. – С.5-12.

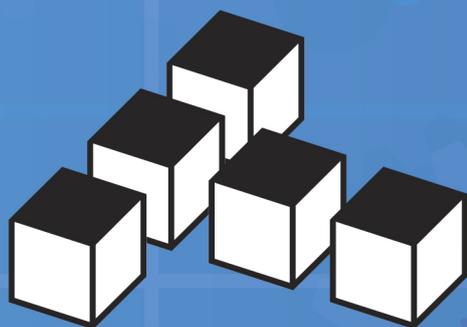
Сборник трудов по неразрушающему контролю

Дефектоскопист – 2021

Ответственный и технический редактор,
компьютерная верстка и дизайн обложки – А. Л. Сотников

Подписано к печати 08.11.2021 г.
Формат 60×90^{1/16}. Бумага Maestro.
Гарнитура «Times New Roman». Печать лазерная.
Усл. печ. л. 5,75. Уч.-изд. л. 7,16. Заказ № 11/21. Тираж 100 экз.

ООО «Университетские технологии»
Свид-во о гос. регистрации АА03 № 014242 от 21.10.2015 г.
283001, г. Донецк, ул. Артема, д. 58
Тел.: +380 (62) 335-18-28



ТЕХНОПАРК
УНИВЕРСИТЕТСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ