



## Testability and Test Accessibility of Object for Non Destructive Inspection

Aleksandar SKORDEV

SKORDEV LTD; Sofia, Bulgaria  
e-mail: [alskordev@yahoo.com](mailto:alskordev@yahoo.com), [allliskordev@gmail.com](mailto:allliskordev@gmail.com)

### Abstract.

The work discusses the impact of non-destructive inspection objects on the reliability of detection and of evaluation of the results. The proposed features for testability and testing accessibility of non-destructive inspection facilities provide an opportunity to assess this impact. A scale for qualitative and quantitative assessment of these characteristics is provided. The wider use of the testability and test accessibility features of non-destructive testing objects is called for.

**Keywords:** non-destructive inspection, objects, reliability of detection, evaluation of the results, assessment, testability, test accessibility

## Контролопригодност и контролодостъпност на обектите за контрол без разрушаване

Александър СКОРДЕВ

### 1. Въведение

Ефикасността и качеството на контрола без разрушаване е една от актуалните задачи на тази модерна технология за контрол във всички области на техниката и науката. Все по-широко за оценка на ефикасността и качеството на процесите за контрол и изпитване без разрушаване се използва характеристиката достоверност (на откриване [1,2,3, на резултатите от контрола [4]).

За отчитане на свойствата и състоянието на обекта върху достоверността на контрола [2] се въвежда характеристиката „дефектоскопична технологичност (дефектоскопичност) и се дава нейното определение „Система от свойства на обекта за контрол, определяща готовността му за извършване върху него на достоверен и с предварително зададена степен на ефективност на контрола без разрушаване“.

В редица нормативно-технически документи за ултразвуков контрол в СССР и Русия са въведени критерии за оценка на контролопригодността на заварени и наварени съединения [5,6].

В [7] за практически нужди се създава скала за описване на достоверността със шест степени на достоверност на контрола без разрушаване. Публикуват се оригинални данни за достоверността на контрола без разрушаване.

В [4] и [8] е отделено голямо място на влиянието на различни фактори върху достоверността на контрола без разрушаване на заварени съединения и на композитни материали.

В [9] се валидират определения за контролопригодност и контролодостъпност.

## 2. Цели

Целите на настоящата работа са:

Да се представят:

- а) валидираните понятия за контролопригодност и контролодостъпност при контрола без разрушаване в ядрената енергетика и техния генезис;
- б) стандартните характеристики за определянето на тези свойства на обектите;
- в) валидираните критерии и степените за контролодостъпност на заварените и наварените съединения при ултразвуков контрол на неразглобяеми съединения в ядрената енергетика.

Да се опише опитът за свързване на свойствата за контролопригодност и контролодостъпност на обектите с валидираните ограничения за приложение на методите и стандартните процедури за контрол без разрушаване.

Да се свържат характеристиките контролодостъпност и контролопригодност обектите с характеристиките за ефикасност и качество на процесите за контрол без разрушаване.

Да се представи скала за количествено описване на контролопригодността по аналогия със скалата за описване на достоверността и със степените на достоверност на контрола без разрушаване.

Да се формулират актуални задачи пред изследванията, обучението и специализирана експертиза при проектирането, свързани с количественото характеризиране на контролопригодността и контролодостъпността.

## 3. Валидирани определения

На ниво национален стандарт в ГОСТ Р 50.05.15-2018 са специфицирани следните определения:

- Контролопригодност: Свойство на обекта (зоната) за контрол, характеризиращо неговата пригодност за извършване на контрола със зададени методи (технологии) и със съответните средства за контрол.  
*Забележка: В ГОСТ не се прави разлика между изпитване и контрол!!!*
- Контролодостъпност: Характеристика на обекта (зоните) за контрол по отношение на достъпност за извършване на контрола със зададените методи (технологии) и със съответните средства за контрол.
- Обем на контрола: Количеството зони за контрол и на прилаганите методи за контрол.
- Достоверност на контрола: Способността на системата за контрол да изпълни регламентирани изисквания за откриване, определяне на вида и за оценка на геометричните характеристики на нецялостностите.  
*Забележка: Съгласно европейската терминология определянето на вида и определянето на геометричните характеристики на нецялостности се нарича характеризация на индикациите за нецялостности.*

## 4. Генезис и свързване на понятията

Свойството „Контролопригодност“ за първи път се появява в ГОСТ 19919-74 и се конкретизира в ГОСТ 26656 -85 и се отнася за техническата диагностика.

В [4] „контролопригодността“ при ултразвуков контрол без разрушаване на заварени съединения се свързва с използването на традиционния термин

„дефектоскопичност“. Под „контролодостъпност“ се разбира обемът на прозвучаваното сечение на заваръчния шев на принципно контролопригодно заварено съединение. Контролопригодността и контролодостъпността не трябва да се смесват (както се случва в практиката), а трябва да се разглеждат като различни последователно прилагани критерии.

Като пример за контролоНЕпригодни заварени съединения се посочват дебели заварени съединения от аустенитни стомани, медни сплави или чугун. В тези съединения нивото на структурните шумове от точка в точка може да бъде различно и отделни негови съставляващи са неразличими от индикациите да за нецялостности.

През последните години стана практика и са валидирани ограничения при приложение на методите и документираните процедури за контрол без разрушаване на различни обекти [9,10], което по своята същност е основа за оценката на контролоНЕдостъпността за обектите, подлагани на контрол без разрушаване.

## 5. Оценка на контролопригодността

В [10] за оценка на контролопригодността се предлага общият модел на тестване на ситуации, който се описва със следните три елемента:

- използван метод ;
- анализ на геометрия на обекта;
- откривани нецялостности или несъвършенства.

Различните тестови ситуации се определят от взаимодействието на елементите в различни посоки. (Фиг.1)



Фиг.1 Модел за тестване на ситуация [10]

За използване на елементите във всеки конкретен случай се създават 3 таблици за: метода, аномалиите и геометрията на обекта и въз основа на гледната точка на разработчика се вземе решение за оценка на контролопригодността.

## 6. Показатели за оценка на контролопригодността

В ГОСТ 26656-85 (потвърден през 2005 г) „Техническа диагностика. Контролопригодност. Общие требования“ са специфицирани следните показатели за оценка на контролопригодността:

- средната оперативна трудоемкост (средната оперативна продължителност или относителната сумарна оперативна трудоемкост)
- коефициентът на безразборно диагностиране (отношението на броя изпитвани характеристики на обекта, за които не се изискват демонтажно-монтажни работи към общия брой изпитвани характеристики на даденото техническо решение(б.а.: метод, технология, документирана процедура).

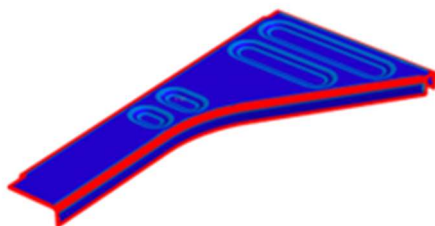
В [2] се предлага като показател за контролопригодността да се използва себестойността на контрола, при условие, че се използва комплекс методи и технологии за контрол (предполага се, че при този подход ограниченията за откриване, характеризация и оценка са сведени до минимум).

Основен недостатък на този подход, е че контролопригодността се определя с икономически и организационни характеристики, и не се отчитат приоритетните за контрола без разрушаване характеристики за технически възможности и качество и най-важното, че няма връзка със стандартизираната характеристика – достоверност на контрола без разрушаване.

## 7. Подход за определяне на контролопригодността на основата на характеристиката достоверност

Азбучна истина в системата за контрол и изпитване без разрушаване е, че 100% достоверност нито за откриване, нито за оценяване е невъзможна!

Всеки грамотен дефектоскопист ще се съгласи, че с нито един от методите да изпитване без разрушаване не е възможно достоверно откриване на нецялостности в краищните зони (означено с червено) на обектите, както е показано на Фиг.2.



Фиг.2. Контролонепригодни зони (в червено) на примерен детайл.

Затова в [7] е предложена скала за достоверността, свързваща възможностите на съответното приложение на контрола без разрушаване с традиционната скала на оценки.

## 8. Подход за определяне на контролопригодността на основата на характеристиката достоверност

В [7] е предложена скала за оценка на достоверността на резултатите от контрола без разрушаване, дадена на Табл.1.

Таблица 1. Скала за описване на достоверността

Степени на достоверност на резултатите при оценяване	Относителна стойност
Много висока	над 0.98
Висока	от 0.95 до 0.98
Много добра	от 0.9 до 0.95
Добра	от 0.8 до 0.9
Задоволителна	от 0.6 до 0.8
Незадоволителна	под 0.6

Отчитайки пряката връзка на контролопригодността на контрола без разрушаване с достоверността е логично да предложим същата скала за описване на достоверността и за описване на контролопригодността.

## **9. Връзка на контролопригодността с ограниченията и рисковете за приложение**

Характерна особеност в развитието на методите, технологиите и техническите решения в съвременните системи за контрол и изпитване без разрушаване е все по-широкият обем на изследвания и валидирани технически решения за ограниченията при приложение [11,12].

Все още тези ограничения са представени описателно и с категоричната оценка като например: „не се откриват.....“, „не се определят количествено...“ или с прости емпирични скали („да“, „не“, „с ограничения“). Във връзка с това реално предизвикателство за решаване на проблема е остойносттаването на тези оценки.

Перспективен за количествено оценяване на контролопригодността е вероятностният подход за характеризирание на откриваемостта (характеристиките POD и други подобни) при кръгови изпитания на комплекти с образци с нецялостности, при условия, че са постулирани недефектоскопични характеристики (отклонения в характеристиките на обекта) на образците.

До натрупването на резултати и практически опит количествени оценки може да се получават чрез оценката на група експерти и обработка на резултатите (пример рискът от невярно разпознаване на индикациите в радиографията и изчисляване на коефициентът на контингенция за отчитане съгласуваността на оценките в [13])

## **10. Използване на контролопригодността в практиката**

Очевидно е, че тази характеристика трябва да се използва при проектиране на нови изделия и съоръжения, създаването и използването на които е немислимо без контрол без разрушаване, т.е новите модификации на обектите, за които е установена и регламентирана практика за контрол без разрушаване.

За целта се изискват специализирани знания на различните категории проектанти и конструктори.

Разширяващата се практика в света машинните и строителните инженери да получават минимум знания за възможностите и ограниченията на контрола без разрушаване изисква създаването за тях на специализирани помагала и справочници.

Необходимо е за всеки проект да се изисква и специализирана експертна оценка от специалист по контрол без разрушаване. За съжаление в колегията специалисти с такива знания са рядкост.

Реалността за сега е нерадостна – продължава производството на контролонепригодни обекти.

Тази характеристика е свързана с условието, че при създаване на обекта за контрол не са отчитани особеностите на контрола без разрушаване и при разработката на техническите решения специалистът трябва да се съобразява със „завареното положение“.

Определянето на тази характеристика има повече защитни функции на професионалната работа на дефектоскопистите за случаите, когато са настъпили инциденти с обекта въпреки извършвания контрол.

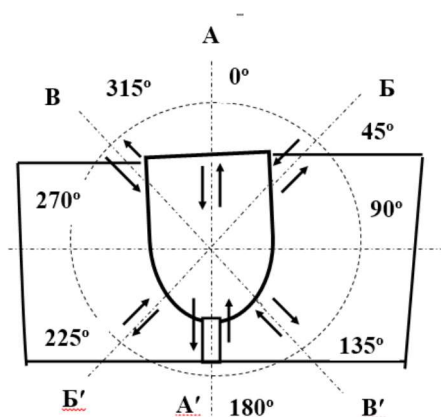
В съвременната практика и в действащите спецификации най-често контролодостъпността на обектите се описва с изисквания за провеждане на контрола:

изисквания за повърхнините, смущаващи фактори от конструкцията и от материала на обекта, които в повечето случаи имат директивен характер, а не количествен характер.

Актуална задача е свързането на контролодостъпността с характеристиките за достоверност на откриването и на оценяването, както при определяне на контролопригодността.

## 11. Валидирана оценка на контролодостъпността на съединения с ултразвуков метод

Степени на контролодостъпност на заварените съединения са специфицирани в ГОСТ 50.05.02 (Фиг.3). Тези степени се прилагат вече няколко десетилетия в различни наредби на бившия СССР.



Фиг.3 Илюстрация за определяне на степените на контролодостъпност за ултразвуков контрол на заварени съединения

Контролонедостъпно е заварено съединение, ако направлението на прозвучаване не преминава по нито едно направление през всички части на наварения метал

**Степен 1С** – Направлението на прозвучаване пресича шева изцяло в сектори Б-Б' или В-В' или А-А' в две или повече направления.

**Степен 2С** – Направлението на прозвучаване пресича шева изцяло в сектори Б-Б' или В-В' в две или повече направления.

**Степен 3С** – Частично или изцяло не се изпълнява изискването за степен 1С, но изцяло се прозвучава шева в сектори А-А'.

В ПНАЭГ 07 30 са специфицирани изисквания на контролодостъпност при ултразвуков контрол на наварените слоеве в ядрената енергетика.

## 12. Изводи

Контролопригодността и контролодостъпността на обектите за контрол без разрушаване, специфицирани в ГОСТ Р 50.05.15-2018, стават валидирани характеристики за ефикасността и качеството на контрола без разрушаване.

Генезисът на тези характеристики доказва необходимостта им в практиката на отделни области на контрола без разрушаването и сродната област на техническото диагностика

Количественото определяне на тези характеристики и използването им е свързано както в практиката на проектиране на нови модификации отговорни обекти, за които

производството и експлоатацията е немислимо без контрола без разрушаване, така и при професионална защита на дефектоскопистите, при възникнали инциденти.

Както 100% достоверност на откриването и на оценките без разрушаване не е възможно, така и не е възможна и 100% контролопригодност, а най-висока степен на контролодостъпност е скъпа и сложна задача.

Актуална задача е свързването на директивните изисквания за контролопригодност и контролодостъпност, съществуващи в спецификациите от системата за контрол и изпитване без разрушаване със степените за контролопригодност и контролодостъпност.

Необходимо е внедряване на експертиза за контролопригодността и контролодостъпността на обектите да контрол без разрушаване при проектиране и планиране на изпитването и контрола без разрушаване, но за съжаление липсва подготовка на специалистите за тази работа.

## Литература

1. Волченко В.Н. Вероятностна оценка на качеството на изделията и заварените съединения. Сб.Технология на машиностроенето, ЦМИ, Св.3, №252, 1980.
2. Скордев Ал. Фактори, влияещи на достоверността и надеждността на безразрушителния контрол. –Стандарти и качество, 1986, №5.
3. Skordev Al. Quality Parameters of NDT processes and instruments for its characterizations (bulg). Proceedings of 16 Bulgarian National Conference on NDT & 3 Balkan Conference on NDT, 2003, Sozopol, ISSN 1310-3946.
4. Щербинский В.Г. Технология ультразвукового контроля сварных соединений, С.Петербург, -Свен, 2014. ISBN 978-5-91161-007-4.
5. ОН 501 БД-75 Основные положения ультразвуковой дефектоскопии сварных соединений котлоагрегатов и трубопроводов ТЭЦ. М., Союзтехэнерго, 1978.
6. ПНАЭ-Г-7-030-91 Унифицированные методики контроля основных материалов (полуфабрикатов) сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Ультразвуковой контроль. Контроль сварных соединений и наплавки.
7. Скордев Ал. Контрол и изпитване без разрушаване, С., изд.ЦМИ МИЦ, 1987 (82 стр.).
8. Michael MOSCH, Reinhold OSTER, Christian U. GROSSE Non-Destructive Testing of CFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastic) in the Design Process – a Generic Approach to Describe and Optimize Non-Destructive Testing.
9. Скордев Ал. Ограничения на приложенията на методите и документираните процедури за контрол без разрушаване на нецялостности. Сборник,„Дни на безразрушителния контрол 2013”(Созопол), С. Научни известия на НТС по машиностроене, год.ХХI бр.2(139), 2013г. (ISSN 1310-3946).
10. Michael Oberrauch. Disign to NDT. Html. Wiki, zfp.tum.de, July 2017
11. Скордев Ал. Ограничения на приложенията на методите и документираните процедури за контрол без разрушаване на нецялостности. Сборник,„Дни на безразрушителния контрол 2013”(Созопол), С. Научни известия на НТС по машиностроене, год.ХХI бр.2(139), 2013г. (ISSN 1310-3946).
12. Nonrelevant &False Indications, ASTM, Columbas, USA, ISBN-13: 978-1-57117-212-9.
13. Алешин Н.П., Д.И.Галкин, О.И.Корекников, А.С.Сорокин Статистическая оценка результатов расшифровки радиографических снимков сварных соединений. Сварка и диагностика, 2015, №1.