



## Organization of Education for NDT Engineers

Yordan N. MIRCHEV, Mitko M. MIHOVSKI

Institute of Mechanics - BAS, bl. 4, Acad. G. Bonchev Str., 1113 Sofia, Bulgaria  
Phone: +359 2 9797120; e-mail: [mirchev@imbm.bas.bg](mailto:mirchev@imbm.bas.bg), [nntdd@abv.bg](mailto:nntdd@abv.bg).

### Abstract

This material analyzes what has been achieved and proposed implementation of mechanism for academic education of NDT engineers.

**Keywords:** NDT engineer, academy education.

## Относно организиране на обучението на инженери по NDT

Йордан МИРЧЕВ, Митко МИХОВСКИ

### 1. Увод

През последните години сред общността и специалистите по безразрушителен контрол в света започна обсъждане на необходимостта от въвеждането на обучение на инженери по безразрушителен контрол [1÷3]. Изхожда се от постигнатите успехи и успешното внедряване на инженери по заваряване. Разработен бе и проект на Европейски стандарт ISO/TC 21759/-2018 за обучение и квалификация на тези инженери. След продължително обсъждане по-нататъшното развитие на стандарта бе преустановено.

В гилдията на дефектоскопистите има вече натрупан опит в инженерното образование което се надгражда над обикновеното инженерно образование на специалисти, сертифицирани по БДС EN ISO 9712.

### 2. Защо са необходими инженерите по БК

Според [1] необходимостта от високо подготвени специалисти по безразрушителен контрол се налага по следните причини:

- необходимостта от разработване и прилагане на мощни високоефективни методи за NDT;
- тенденциите в икономическото развитие, с цел на достигане на необходимата безопасност;
- същественото разминаване между познанията и компетентността на специалистите по NDT и отговорните лица;
- бързо променящите се технологии в NDT;
- необходимостта от нови подходи за реализация на NDT в системи от енергетиката, газо- и нефтопроводи, нефтохимическата промишленост и др. области;

- необходимостта от единен подход на специалистите по NDT, специалисти по ресурса и собствениците, при вземане на решения за бъдещето на контролираните обекти;
- постигането на нормите за подготовка на инженери в Европейската общност.

### **3. Основни компетенции на инженера по БК**

Основните компетенции на инженера по NDT в [1÷3] са формулирани по следния начин:

- физични основи на методите за NDT;
- области на приложение на методите за NDT и ограниченията им;
- надеждност на контрола и възпроизводимост на резултатите;
- особен подход при контрола на високорискови обекти;
- подходи за споделяне на състоянието на обекта;
- нови технологии за прилагане на информацията, технологична и техническа диагностика;
- методи за моделиране и симулиране;
- активно използване на квалификацията при контрола;
- глобализиране на NDT (стандарты, квалификация и сертифициране на персонала).

### **4. Каква подготовка е необходима**

Инженери по NDT, според [1], може да имат познания в следните области:

- материалите – получаване, обработка, условия на експлоатация, механични и физични свойства, механично нарушаване, структурни особености, поведение при натоварване и влияние на околната среда (корозия, ерозия), отклонения при продължителна експлоатация и др.;
- механика на разрушаването с отчитане на действащи физични, механични, магнитни и др. полета.; методи за пресмятане и оценка на влиянието им, мониторинг и деградация на материала;
- обща подготовка за решаване на инженерни проблеми;
- използване на стандартите и изискванията за безопасност;
- познаване на методите за вземане на икономически и управленчески решения;
- висока езикова подготовка и международни контакти.

### **5. Достъп на обучение на инженери по БК**

Условия на достъп за образователната степен „инженер по NDT“ са дефинирани в [2]. Предлагат се следните критерии за минимален опит в областта на БК:

- магистърска степен по инженерни науки + 3 години опит в БК;
- бакалавърска степен по инженерни науки + 5 години опит в БК;
- лица с друго образование (полувисше) + 8 години опит в БК.

Необходимо е да се придобие опит в следните области: производство, машиностроене, строителство, контрол, проектиране, експлоатация на съоръжения, енергетика, транспорт, авиация.

## 6. Учебна програма за подготовка на инженери по БК

В [2] се прилага следната програма за обучение, като са предложени и необходимите учебни часове (УЧ) за подготовка в различни области на науката.

Таблица 1. Програма за обучение на „инженери по NDT“

Области	УЧ	Области	УЧ
<b>1. Управленски умения</b>		<b>2. Технически умения</b>	
1.1. Бизнес етика	8	2.1. VT	24
1.2. Организация на работата с човешки ресурс	24	2.2. PT	16
1.3. Икономика	24	2.3. MT	48
1.4. Връзки с клиенти	16	2.4. RT	48
1.5. Технически програми	8	2.5. UT	48
1.6. Управление на технологиите	16	2.6. ET	16
1.7. Управление на качеството	16	2.7. LT	16
1.8. Управление на проекти	16	2.8. Техническо чертане	16
1.9. Организация на управлението	16	2.9. Други методи (ТТ, АЕ и др.)	16
		2.10. Нови методи	16
		2.11. Материали	16
		2.12. Оценка на механични напрежения	4
		2.13. Оценка на остатъчни напрежения	4
		2.14. Производства свързани с някои дефекти	8
		2.15. Отказ на машини, повреди и анализ на разрушаването	32
		2.16. Физично металознание	16
		2.17. Механични изисквания и разрушаващи изпитвания	16
		2.18. Безопасност	16
		2.19. Финансова оценка на NDT проекти	8
		2.20. Процедури, инструкции, документация	4
		2.21. Стандарти по NDT	4
		2.22. Квалификация на NDT	4
		2.23. Проектиране и концепции в NDT	4
		2.24. Рисково ориентиране на NDT	8
		2.25. NDT пригодност при експлоатация	8
		2.26. NDT при ремонт и експлоатация	16
		2.27. NDT за откриване на корозия	32
		2.28. NDT в строителството	8
		2.29. NDT за подводни обекти	4
		2.30. Осигуряване на качеството при NDT	4
		2.31. Калибриране при NDT	4
		2.32. Квалификация на персонала	8
		2.33. Информационни и комуникационни умения в NDT	40
		2.34. Математически изчисления при NDT	16

В [3] се подчертава, че специалността „Инженер по NDT“ е интердисциплинарна, като обхваща научни изследвания, технологии и инженерна практика. Тя контактува непосредствено и с други нови специалности, които се развиват днес.

Специалността „Инженер по NDT“ чрез успешно съчетаване на материалознание, физика, механика на разрушаването и други науки гарантира повишаване на надеждността и безопасността на обектите за контрол чрез гарантиране на тяхната цялостност. Специалността има социална насоченост и търговска цел.

При подготовката на специалистите се разчита, че те ще се запознаят с нови материали, нови проектни решения на конструкциите, както и с поведението на

конструкции в условия на експлоатация. Разчита се, че NDT от контрол за откриване на отклонения се превръща в дейност по оценка на размерите на нецялостностите. Основна задача е възможността, на основата на информация от измерване на размерите на нецялостностите, да се оцени съответствието на обекта с изискванията по стандартите.

Особено внимание е необходимо да се отдели на процесите на умора и деградация на материала, с цел последваща оценка на ресурса. От особено значение това е необходимо за АЕЦ, газо- и нефтопроекти. Тези обекти вече имат повече от 40-50 години период на експлоатация.

Инженерите по NDT е необходимо да получат и познания по управление на дейността по NDT.

## **7. Постигания в подготовката на инженери по БК**

В настоящия момент имаме информация за реализация на подготвени инженери по NDT в следните страни: Русия (в МЭИ и Университет в Бауман в Москва), в Германия (Международен университет в Дрезден и Университета в Саарбрюкен, в сътрудничество с Китай), в България (ТУ – Варна).

По-долу ще представим кратка информация за постигнатото в тези университети.

В Международния университет в Дрезден и в Университета в Саарбрюкен обучението е и на английски език. Обучението е на ниво магистър с продължителност 4 семестъра с подчертан научно-изследователски клон. Изучават се следните дисциплини:  
I семестър:

- Материалознание (метали, полимери, композити);
- Измерване;
- Механика на разрушението, вибрации, числени методи за обработка на информацията;
- Увод в NDT и в качество на управлението;

II семестър:

- Усвояване на основите на NDT;

III семестър:

- Насочен към развитие познанията по избрания базов метод;
- Участие в научни и научно-приложни изследвания в научни центрове;

IV семестър:

- Подготовка на изпит за магистър.

Има подчертан интерес към магистърските програми както от студенти и млади инженери, така и от изследователските центрове.

Идеята за допълнително инженерно образование в областта на БК в България премина през няколко етапа.

Още при организиране на първите курсове за подготовка на специалисти-дефектоскописти, в рамките на изискванията на EN 473 и утвърдените програми за обучение в рамките на сътрудничеството между източноевропейските страни в рамките на СИВ, бе приета специална програма за специалисти с основно инженерно образование, което включваше, както изисквания по стандарта, така и допълнителното обучение по материалознание, механика на разрушаване на материалите, математическа обработка на експериментални данни. Обучението на специалистите-инженери завършваше с подготовка и защита на дипломна работа пред авторитетна независима комисия. Тогава все още в България не бе въведена системата за сертификация на специалистите в сертификационни центрове.

Натрупаният положителен опит и анализа за необходимостта от високо подготвени специалисти позволи на водещите институти (ТУ-Варна и Имех-БАН) да организират обучение и на инженери по специалност „Диагностика и БК“. Програмата за обучение на специалистите включваше подготовка на изделия чрез металолееене, заваряване, механична обработка и др., физични свойства на материалите, математика, механика и съпромат, особености на химическото производство (предвид реализация на част от специалистите в химическото производство в Девня), метрология, вибродиагностика и на практика всички методи за БК, както и методи за оценка на корозия (във връзка корабостроителните дейности във Варна).

Подготвени бяха повече от 30 специалисти в областта на вибродиагностиката и БК. В програмата се предвиждаше и подготовка на дипломни работи. Материалната база за обучение на специалистите за тези години бе на високо ниво, като се използваша институтските лаборатории на ТУ по материалознание, вибродиагностика, механични изпитвания, физика, както и лабораториите по механика на деформируемото тяло и лаборатория „Механика, диагностика и безразрушителен контрол“ в ИМех-БАН.

Част от завършилите успешно образованието си се реализираха в лаборатории и органи за контрол в областта на вибрациите и БК. Няколко души продължиха образованието си чрез подготовка на дисертации за присъждане на научната степен „доктор“.

Едно сравнение на програмите за обучение на тези инженери с обсъжданите програми в EF NDT показва, че сега се препоръчва и допълнително обучение:

- мониторинг;
- оценка на ресурса.

За съжаление тази чудесна инициатива за подготовка на инженери по БК бе унищожена в условията на прехода и под влияние на лични амбиции на водещи политици.

Като бледа следа от тази дейност остана възможността от магистърско обучение на специалисти по БК, то не се разви, поради отсъствието на базова подготовка на специалистите и намаляване необходимостта от подготовка на кадри за производството на метални изделия, за нефто- и газопроводи, за строеж на атомни централи.

В условията на отговорни планове на правителството за строеж на Южен поток и АЕЦ, по инициатива на ННТДД бе организиран клъстер на БК в който влязоха основните ВУЗ и академични звена. В него една от дейностите бе подготовката и организирането на специалисти с висока квалификация в областта на БК.

Отново правителствените решения за спиране на тези строежи провалиха тези добре формулирани цели и задачи.

Днес, все пак и с помощта на ННТДД, в ТУ-София, ТУ-Варна и Шуменския университет има дисциплини по БК за машинни инженери. В магистърските програми на ВТУ „Т. Каблешков“ е включено обучение по БК и метрология.

Като сериозни проблеми при реализацията на обучение на инженери по БК и диагностика считаме, че могат да се формулират следните:

- застаряване на водещите преподаватели;
- недостатъчно подготвени млади кадри за преподаватели;
- недостатъчно съвременен оборудване (което може да се преодолее при целево финансиране);
- незаинтересованост на държавните органи и водещи фирми от привличане на висококвалифицирани специалисти.

Понастоящем за инженери се препоръчват общи вузове по БК в ТУ-София и Шуменския университет.

Акредитацията за обучение на магистри по БК има в ТУ-София и ТУ-Варна, съвместно с ИМех-БАН.

Акредитация за подготовка на магистърска степен има в ТУ-Варна, ТУ-София, и ИМех-БАН.

Обучението в областта на NDT инженери се фокусира върху:

- поддръжка на академични образователни системи в областта на NDT;
- разрушителни методи за използване на материали, съединения и конструкции;
- безопасност на технологиите;
- оптимизиране на производството и гарантиране на качеството.

## **Заклучение**

Задачата на инженерите по NDT е да управляват процеса на провеждане на безразрушителна оценка с цел да се осигури безопасност, чрез предварително откриване на нецялостности и отклонения и да се гарантира качеството на обекта в съответствие с предназначението му по спецификация за ефективна и безотказна работа.

Решаваната задача от NDT-инженерите има две страни:

- контрол на качеството (QC-NDT) на основите на стандарта;
- прилагане на комплекс от методи и подобряване на възможностите за проектиране, производство, ефективно използване и високо подготвен персонал.

За реализиране на задачата за подготовка на инженери от страна на ННТДД и използване на експерти следва да се направи следното:

- активно участие в международните обсъждания на ниво EF NDT, IC NDT и INDT Academy с цел хармонизиране на изискванията по процедурите за подготовка на специалистите по БК;
- запознаване на държавните институции на ниво Министерство на образованието и науката и техническите вузове с необходимостта от въвеждане на тази дисциплина;
- запознаване на лабораториите и органите за контрол които имат за задача провеждането на БК, че в рамките на съвременния живот, един от пътищата за повишаване на възможностите на звената, както и за успешното решаване на въпросите на съвременния контрол е използване на високо подготвени инженери по БК;
- насочване на млади специалисти към тази нова професия чрез провеждане на подходяща дейност по разкриване на възможностите за реализация на специалистите, като се има предвид очакваните съществени реализации на проекти в атомната енергетика, газо- и нефтопроизводството и преноса.

## **Литература**

1. Trampus P., V. Krastel NDT integrity engineering Proceeding of 12th ECNDT, Goteborg, 2018.
2. ISO/TS 21759-2018 NDT-Guidelines for training and qualification of NDT engineers.
3. A new discipline: NDT integrity engineering, Recommendation of the Academia NDT International.