

Белорусский государственный университет

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе  
и образовательным инновациям

О.Н. Здрок

«30» *июня* 2020 г.

Регистрационный № УД- 8464 /уч.

**ФИЗИКА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ (ЧАСТЬ 1)**

**Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности**

**1-31 04 06 Ядерные физика и технологии**

Минск 2020

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 04 06-2013 и учебного плана № G-31-142/уч. от 30.05.2013 г.

**СОСТАВИТЕЛИ:**

**В.И. Шиманский** — доцент кафедры физики твердого тела Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

**РЕЦЕНЗЕНТ:**

**О.В. Гусакова** — доцент кафедры ядерной и радиационной безопасности Международного государственного экологического института им. А.Д. Сахарова Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой физики твердого тела физического факультета  
Белорусского государственного университета  
(протокол № 14 от 15.06.2020 г.);

Научно-методическим Советом БГУ  
(протокол № 5 от 17.06.2020 г.)

Заведующий кафедрой 

В.В. Углов

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### Цели и задачи учебной дисциплины

Программа учебной дисциплины «Физика неразрушающего контроля (часть 1)» разработана для специальности 1-31 04 06 Ядерная физика и технологии.

**Цель** учебной дисциплины – познакомить студентов с основными методами неразрушающего контроля, показать возможность выявления различных типов дефектов оборудования разными методами неразрушающего контроля, дать общие представления о выборе методов контроля для проверки потенциально опасных объектов научить студентов применять полученные в процессе изучения спецкурса знания в их практической работе.

В учебном курсе рассматриваются основы физики неразрушающего контроля: классификация методов и средств неразрушающего контроля, контролируемые параметры и дефекты, влияние дефектов на работоспособность конструкций. В курсе даются представления о наиболее часто используемых в промышленности методах неразрушающего контроля: радиационный контроль, вихретоковый контроль, контроль герметичности, вибродиагностика и тепловой контроль.

**Задачей** учебной дисциплины является изучение физических основ методов неразрушающего контроля, используемых для диагностики промышленного оборудования.

### Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием

Учебная дисциплина относится к циклу дисциплин специализаций компонента учреждения высшего образования.

**Связи** с другими учебными дисциплинами: дисциплина необходима для изучения методов контроля в курсе «Физика неразрушающего контроля (часть 2)».

Изучение дисциплины «Физика неразрушающего контроля (часть 1)» проходит совместно с дисциплиной «Неразрушающий контроль», которая включает в себя выполнение лабораторных работ по изучаемым методам.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

#### **знать:**

- основные виды дефектов конструкций и степень их потенциальной опасности;
- основные методы контроля, применяемые для технической диагностики и определения работоспособности элементов оборудования;

#### **уметь:**

- оценивать возможность выявления различного вида дефектов машин и механизмов с помощью существующих методов неразрушающего контроля;
- проводить выбор методов контроля и диагностического оборудования для обнаружения различного вида дефектов.



**владеть:**

- основами методов обнаружения дефектов конструкционных элементов оборудования.

Программа учебной дисциплины составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта ОСВО 1-31 04 06-2013.

Освоение учебной дисциплины «Физика неразрушающего контроля (часть 1)» должно обеспечить формирование следующих академических и профессиональных компетенций.

**Академические компетенции:**

АК-1. Уметь применять базовые научно-технические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой компьютером.

АК-8. Иметь лингвистические навыки (устная и письменная коммуникация).

**Профессиональные компетенции:**

ПК-1. Применять знания теоретических и экспериментальных основ ядерной физики и ядерных технологий, ядерно-физических методов исследования, методов измерения физических величин, методов автоматизации эксперимента, методов планирования, организации и ведения научно-производственной, научно-педагогической, производственно-технической, опытно-конструкторской работы в области ядерно-физических технологий и атомной энергетики.

ПК-4. Взаимодействовать со специалистами смежных профилей.

ПК-5. Применять полученные знания фундаментальных положений физики, экспериментальных, теоретических и компьютерных методов исследования, планирования, организации и ведения научно-технической работы.

ПК-6. Использовать новейшие открытия в естествознании, методы научного анализа, информационные образовательные технологии, физические основы современных технологий, оборудование и аппаратуру в исследовательской, научно-педагогической и производственной деятельности.

**Структура учебной дисциплины**

Дисциплина изучается в 8 семестре дневной формы получения высшего образования. Всего на изучение учебной дисциплины «Физика неразрушающего контроля (часть 1)» отведено 74 часа, в том числе 28 аудиторных часов, из них: лекции – 24 часа, УСП – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 1,5 зачетные единицы.

Форма итоговой аттестации – зачет.

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### **Тема 1. Общие вопросы неразрушающего контроля и технической диагностики.**

1.1. Классификация методов неразрушающего контроля. Дефекты изделий машиностроения. Чувствительность методов контроля.

1.2. Общие сведения о разрушающих методах контроля изделий. Металлографические методы. Механические испытания.

### **Тема 2. Вихретоковый неразрушающий контроль.**

2.1. Закон электромагнитной индукции. Общая характеристика вихретокового неразрушающего контроля. Средства вихретокового неразрушающего контроля.

2.2. Классификация преобразователей и их конструкция. Приборы вихретокового контроля. Области применения вихретокового неразрушающего контроля.

### **Тема 3. Электрический неразрушающий контроль.**

Основные термины и определения в электрическом контроле. Физические основы электрического неразрушающего контроля. Средства электрического неразрушающего контроля. Тензометрические методы.

### **Тема 4. Радиационный неразрушающий контроль.**

Природа ионизирующего излучения. Взаимодействия излучения с веществом. Источники излучения для неразрушающего контроля. Методы радиационного неразрушающего контроля. Детекторы в радиационном контроле. Схемы просвечивания объектов контроля.

### **Тема 5. Тепловой неразрушающий контроль.**

Механизмы теплопередачи. Уравнение теплопроводности. Теплофизические характеристики материалов. Основы измерения температуры. Средства измерения температуры. Пирометры. Тепловизионная аппаратура. Нахождение дефектов в объектах контроля тепловым методом. Активные и пассивные методы контроля.

### **Тема 6. Оптический контроль.**

Физические основы оптического неразрушающего контроля. Средства оптического контроля микрообъектов. Оптический контроль внутренних областей. Голографический контроль.

### **Тема 7. Радиоволновой контроль.**

Физические основы радиоволнового неразрушающего контроля. Методы и средства радиоволнового контроля. Контроль радиоволнами СВЧ.

**Тема 8. Контроль герметичности.**

Понятие герметичности. Классификация методов контроля герметичности. Физико-химические основы методов течеискания. Приборы для контроля герметичности.

**Тема 9. Основы виброакустической диагностики.**

Основные термины и определения в области виброакустической диагностики. Параметры вибрации. Вибропреобразователи. Анализ вибрации. Методы анализа вибрации. Анализ дефектов различных видов оборудования методами вибродиагностики.



## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>1</b>	<b>Общие вопросы неразрушающего контроля и технической диагностики</b>	<b>4</b>						
	1.1. Классификация методов неразрушающего контроля. Дефекты изделий машиностроения. Чувствительность методов контроля.	2						Устный опрос, дискуссия
	1.2. Общие сведения о разрушающих методах контроля изделий. Металлографические методы. Механические испытания.	2						Устный опрос, дискуссия, заслушивание устных сообщений
<b>2</b>	<b>Вихрековый неразрушающий контроль</b>	<b>4</b>						
	2.1. Закон электромагнитной индукции. Общая характеристика вихревого неразрушающего контроля. Средства вихрекового неразрушающего контроля.	2						Устный опрос, дискуссия
	2.2. Классификация преобразователей и их конструкция. Приборы вихревого контроля. Области применения вихрекового неразрушающего контроля.	2						Устный опрос, дискуссия, заслушивание устных сообщений
<b>3</b>	<b>Электрический неразрушающий контроль</b>	<b>2</b>						
								Устный опрос, дискус-





## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Перечень основной литературы

1. Неразрушающий контроль. Справочник. В 8 т. Под общ. ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение, 2003-2005.
2. К.В. Беляев, В.С. Серебренников. Неразрушающие методы контроля: учебное пособие. – Омск: СибАДИ, 2018. – 112 с.
3. Евлампиев А. И., Попов Е. Д., Сажин С. Г., Сумкин П. С. Течеискание: учебное пособие / под общ. ред. В. В. Клюева. М.: Изд. дом «Спектр», 2011. – 208 с.

### Перечень дополнительной литературы

1. Артемьев Б.В., Буклей А.А. Радиационный контроль: учебное пособие/ под общ. ред. В. В. Клюева. М.: Изд. дом «Спектр», 2011. – 192 с.
2. Будадин О.Н., Вавилов В.П., Абрамова Е.В. Тепловой контроль: учебное пособие/ под общ. ред. В. В. Клюева. М.: Изд. дом «Спектр», 2011. – 176 с.
3. Федосенко Ю.К., Шкатов П.Н., Ефимов А.Г. Вихретоковый контроль: учебное пособие/ под общ. ред. В. В. Клюева. М.: Изд. дом «Спектр», 2011. – 224 с.
4. Зусман Г.В., Барков А.В. Вибродиагностика: учебное пособие/ под общ. ред. В. В. Клюева. М.: Изд. дом «Спектр», 2011. – 216 с.
5. Герасимова А. Г. Контроль и диагностика тепломеханического оборудования ТЭС и АЭС: учебное пособие/ А. Г. Герасимова. – Минск: Выш. шк., 2011. – 272 с.

### Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Формой текущей аттестации по дисциплине «Физика неразрушающего контроля (часть 1)» учебным планом предусмотрен зачет.

При формировании оценки текущей успеваемости студента используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения.

Для текущего контроля успеваемости учебной программой предусмотрено выполнение итогового тестирования по всем разделам курса, а также подготовку и представление реферативных работ.

Рейтинговая оценка является средневзвешенной оценкой между оценкой, полученной за выполнение итогового теста по разделам курса, и оценки, полученной за подготовку и представление реферата.

Текущая оценка успеваемости ( $T$ ) по дисциплине в семестре складывается из рейтинговой оценки ( $T_p$ ) и оценки, полученной за выполнение

цикла лабораторных работ по дисциплине «Неразрушающий контроль» ( $T_L$ ):

$$T = 0,5T_P + 0,5T_L$$

Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Устные опросы проводятся в форме фронтального опроса. Вопросы формулируются в форме, подразумевающей не только краткий ответ, но и возможность краткого обоснования данного ответа.

Защита реферативных работ проводится в форме индивидуальных выступлений-презентаций с последующей дискуссией. Оценка рефератов проводится по десятибалльной шкале.

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме зачета. К сдаче зачета допускаются студенты, сдавшие контрольные работы и защитившие реферативные работы на удовлетворительные оценки.

### **Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов**

В рамках управляемой самостоятельной работы студент выполняет итоговое тестирование по всем темам учебной дисциплины. На выполнение тестирования отводится 90 минут, выполненная работа оценивается по десятибалльной системе.

Примерный перечень вопросов итогового тестирования:

- дефекты металлических конструкций, причины их появления;
- оценка дефектности конструкций разрушающими методами контроля;
- физические основы вихретокового неразрушающего контроля;
- методы вихретокового контроля, диапазоны его применения;
- определение дефектов химического состава с помощью электрического контроля;
- обнаружение дефектов с помощью радиационных методов контроля;
- основы взаимодействия ионизирующего излучения с веществом;
- обнаружение пор и дефектов с помощью активного и пассивного теплового контроля;
- методы обнаружения сквозных дефектов методами течеискания.



### Примерный перечень тем реферативных работ

1. Использование вихретокового метода контроля для объектов атомной энергетики.
2. Определение малых деформаций с помощью тензометрических методов контроля.
3. Вихретоковый контроль в машиностроении.
4. Радиационный контроль на объектах АЭС.
5. Тепловой контроль ненагреваемых объектов.
6. Контроль герметичности с помощью вакуумных методов.
7. Оптические методы контроля геометрии.
8. Применение оптического контроля в промышленности.
9. Стандарты в радиоволновом неразрушающем контроле.

### Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса *используются методы и приемы развития критического мышления*, которые представляют собой систему, формирующую навыки работы с информацией; понимании информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления. Формой реализации метода может выступать подготовка реферативных работ по вопросам, связанным с экспериментальными методами нахождения дефектов в технических объектах, теоретическое рассмотрение которых происходит в процессе лекционных занятий.

Желательным является применение *метода учебной дискуссии*, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме. Реализацию метода рекомендуется осуществлять во время представления кратких сообщений студентов, организовав дискуссию обучающихся, а также в ходе самих лекций. Использование метода обеспечивает появление нового уровня понимания изучаемой темы, применение знаний (теорий, концепций) при решении проблем, определение способов их решения.

### Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Основными направлениями самостоятельной работы студента являются:

- подробное ознакомление с программой учебной дисциплины;
- ознакомление со списком рекомендуемой литературы по дисциплине в целом и ее разделам;



- изучение и расширение лекционного материала преподавателя за счет специальной литературы, в частности, современных научных публикаций по изучаемым тематикам;
- подготовка реферативных работ;
- подготовка к зачету.

### **Примерный перечень вопросов к зачету**

Билет на зачете включает два вопроса, на подготовку которых отводится не менее 45 минут. При подготовке к устному ответу допускается использование учебной и научной литературы. Вопросы в состав билетов выбираются из следующего примерного перечня:

1. Разрушающий, повреждающий и неразрушающий контроль. Примеры видов контроля.
2. Общие принципы и задачи неразрушающего контроля.
3. Дефекты металлических конструкций. Классификация дефектов.
4. Дефекты плавки и литья.
5. Технологические дефекты.
6. Вихретоковый метод неразрушающего контроля.
7. Проникновение электрического и магнитного полей в вещество. Механизм возникновения вихревых токов.
8. Дефекты, обнаруживаемые вихретоковым методом.
9. Вихретоковые преобразователи.
10. Электропотенциальный метод неразрушающего контроля.
11. Электроискровой метод неразрушающего контроля.
12. Метод электрического сопротивления.
13. Тензорезистивные методы контроля.
14. Радиационный неразрушающий контроль. Ионизирующие излучения, используемые в радиационном контроле.
15. Схемы просвечивания при радиационном контроле.
16. Источники ионизирующего излучения при радиационном контроле.
17. Детекторы ионизирующего контроля. Рентгеновская пленка как детектор.
18. Качество радиографических снимков.
19. Активный и пассивный тепловой неразрушающий контроль.
20. Основные механизмы теплопередачи в бездефектных структурах.
21. Обнаружение дефектов с помощью теплового метода контроля.
22. Оптический контроль. Методы и средства оптического контроля.
23. Контроль внутренних полостей объектов.
24. Радиоволновой неразрушающий контроль.
25. Использование СВЧ при неразрушающем контроле.
26. Понятие герметичности. Дефекты, нарушающие герметичность изделий.
27. Масс-спектрометрический метод контроля герметичности.
28. Вакуумный метод контроля герметичности.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Физика неразрушающего контроля (часть 2)	Кафедра физики твердого тела	нет	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 14 от 15.06.2020)
Лаборатория специализации (Неразрушающий контроль)	Кафедра физики твердого тела	нет	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 14 от 15.06.2020)

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО**  
на \_\_\_\_ / \_\_\_\_ учебный год

№ № пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
(протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.)

Заведующий кафедрой  
физики твердого тела  
д.ф.-м.н., профессор

\_\_\_\_\_ В.В. Углов

УТВЕРЖДАЮ  
Декан физического факультета  
к.ф.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_ М.С. Тиванов