

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«Международный государственный экологический институт
имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по
учебной и воспитательной работе
В.И. Красовский

« 23 » 02 2017 г.

Регистрационный № УД - 636-17/уч.



МЕХАНИКА СПЛОШНОЙ СРЕДЫ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности
1-100 01 01 "Ядерная и радиационная безопасность"

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-100 01 01 и учебного плана специальности 1-100 01 01 "Ядерная и радиационная безопасность"

СОСТАВИТЕЛЬ: С. В. Артемчук, доцент кафедры энергоэффективных технологий учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, кандидат технических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой энергоэффективных технологий учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета.
(протокол № 1 от 31 08 2016__ г.);

Научно-методическим советом учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета.
(протокол № 5 от 23.02.2017г.)

I. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Важную роль в повышении качества подготовки специалистов высшего образования I ступени по специальности 1-100 01 01 Ядерная и радиационная безопасность выполняет дисциплина «Механика сплошной среды».

Атомная энергетика - обширная область техники непосредственно связанная с механическим перемещением жидкостей, газов и твердых деформируемых тел, с которыми приходится иметь дело при решении многочисленных технических задач. Включает в себя теплоэнергетику, турбо и двигателестроение, компрессоростроение, насосостроение и другие. Почти для всех этих отраслей механика сплошной среды является базовой научной дисциплиной.

Цель дисциплины – формирование профессиональных знаний, умений и практических навыков в области механики сплошной среды.

Задачи дисциплины:

- сформировать у обучающихся студентов общие знания и умения в области механики сплошной среды;
- дать континуальные уравнения и соотношения, описывающие явления переноса, сохранения и состояния сплошных сред;
- уравнения и зависимости, составляющие аппарат механики сплошной среды, представить как частные формы фундаментальных законов физики и математики;
- рациональное сочетание профессионального и образовательного компонентов подготовки, развитие у студентов представлений о механике сплошной среды в окружающей их повседневной жизни, расширение их мировоззрения, ознакомление с научными проблемами механики сплошной среды.

Для формирования современных и социально-профессиональных компетенций будущего специалиста в практику проведения занятий целесообразно внедрять методики и технологии активного обучения, которые способствуют вовлечению студентов в поиск и управление знаниями, приобретению опыта самостоятельного решения разнообразных задач.

Методики и технологии активного обучения включают самостоятельную работу студентов (СРС), проблемные лекции с применением мультимедийного комплекса, проведение тестирования по отдельным разделам и дисциплине в целом, письменные контрольные работы, устный опрос во время лабораторных и практических занятий, написание рефератов по отдельным разделам дисциплины, выступления студентов на семинарских и практических занятиях.

По дисциплине разрабатывается учебно-методический комплекс (УМК) с материалами, помогающими студенту в организации самостоятельной работы, включающий:

- учебную программу дисциплины;
- учебную литературу (учебник, учебное пособие, курс лекций, задачник, руководство по выполнению лабораторных работ и справочник);
- задания для самостоятельной работы студентов, тренажеры;
- методические указания по самостоятельной работе.

Для оценки качества самостоятельной работы студентов осуществляется контроль за ее выполнением. Формы контроля самостоятельной работы студентов могут быть в виде собеседования, проверки и защиты индивидуальных расчетно-графических заданий, коллоквиумы, контрольные работы, тестирование, принятие зачетов, устный или письменный экзамены, и т.д.

В результате изучения дисциплины студент **должен знать:**

- основные модели механики сплошной среды;
- способы описания деформаций и напряжений в среде;
- основные уравнения гидромеханики;
- основные способы описания движения смесей сложного состава;
- основы теории механических колебаний и волн;
- основы теории горения и взрыва.

Студент **должен уметь:**

- решать типовые задачи гидромеханики, применять методы подобия и размерностей для их решения;
- решать типовые задачи теории механических колебаний и волн;
- оценивать важнейшие параметры, описывающие явления горения и взрыва.

Студент **должен владеть:**

- методами анализа и моделирования гидрогазодинамических процессов в элементах теплоэнергетических систем;
- методами расчета трубопроводных систем;

Дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин «Математика», «Физика».

Изучение теоретических основ и контроль усвоения дисциплины «Механики сплошной среды» объединены во времени в один семестр. Базовые понятия, фундаментальные законы, связи и соотношения дисциплины самостоятельно усваиваются студентом при достижении им множества конкретных и ясных целей: решении задачи, при поиске ответа на задания текущего контроля, при прохождении входного контроля на допуск к выполнению лабораторной работы, при защите лабораторной работы.

В соответствии с учебным планом дисциплина «Механики сплошной среды» изучается в объеме 134 часов, в т. ч. 72 аудиторных часов 40 часов лекций, 16 часов практических занятий и 16 часов лабораторных занятий. Форма текущей аттестации – экзамен.

II. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Содержание дисциплины

Введение

Предмет механики сплошной среды. Основные гипотезы.

1. Физические свойства и модели текучих тел

Модель сплошной среды. Плотность распределения гидромеханической характеристики в сплошной среде. Силы, действующие на текучее тело. Напряженное состояние в точке сплошной среды. Тензор напряжений. Текучесть физических тел. Сжимаемость жидкостей и газов. Фазовые переходы в жидкости. Кипение и кавитация. Отличие механики жидкости от механики газа. Вязкость жидкостей и газов. Реологические свойства жидкостей.

2. Статика текучего тела

Гидростатическое давление в точке. Дифференциальные уравнения равновесия текучего тела (уравнения Эйлера). Интегрирование уравнений Эйлера. Сила гидростатического давления на произвольную плоскую фигуру. Сила избыточного гидростатического давления жидкости на цилиндрическую поверхность. Способы измерения гидростатического давления. Нормальные напряжения в стенках круглоцилиндрической трубы.

3. Кинематика текучего тела

Методы описания движения сплошной среды. Линия тока и траектория. Метод контрольного объема. Поток гидромеханической характеристики через контрольную поверхность. Гидромеханическая интерпретация теоремы Остроградского-Гаусса. Векторная форма теоремы Остроградского-Гаусса. Разложение движения элементарного объема сплошной среды на поступательное, вращательное и деформационное (теорема Гельмгольца). Вихрь вектора скорости. Субстанциальная производная. Потенциал скорости и функция тока при плоском безвихревом движении.

4. Основы динамики текучего тела (Основы гидродинамики)

Закон сохранения массы. Закон изменения количества движения, Закон изменения момента количества движения. Закон изменения кинетической энергии. Закон сохранения энергии для контрольного объема.

5. Теоретические основы решения одномерных задач

Гидравлические характеристики поперечного сечения потока. Уравнение неразрывности. Гидравлическое уравнение количества движения. Уравнение Бернулли для установившегося напорного потока вязкой несжимаемой жидкости. Геометрическая и энергетическая интерпретации слагаемых уравнения Бернулли. Потенциальный и полный (гидродинамический) напоры. Пьезометрическая и напорная линии.

Уравнение Бернулли для неустановившегося напорного движения вязкой несжимаемой жидкости. Уравнение Бернулли для установившегося потока жидкости во вращающейся гидравлической системе. Уравнения баланса массы, импульса и механической энергии. Динамическое уравнение равномерного движения жидкости. Два режима движения жидкости. Потеря напора при равномерном движении жидкости (потери по длине). Потеря энергии по длине в потоке сжимаемой жидкости (газа). Определение местных потерь напора. Потери напора при резком расширении установившегося турбулентного потока несжимаемой жидкости. Формула Борда. Потери напора при резкоизменяющемся движении. Формула Вейсбаха для расчета местных потерь напора. Основные задачи расчета трубопроводных систем. Расчет коротких трубопроводов. Трубопровод с насосом. Вытяжная дымовая труба. Расчет длинных трубопроводов. Измерение расхода в трубопроводе. Истечение жидкости из отверстий и насадков. Формулы для скорости и расхода при истечении из отверстий и насадков. Истечение из отверстия в стенке напорного трубопровода. Неустановившееся напорное движение жидкости в трубопроводе. Гидравлический удар.

6. Теоретические основы решения двух- и трехмерных задач механики жидкости и газа

Дифференциальное уравнение, выражающее закон сохранения массы. Дифференциальные уравнения, выражающие закон изменения количества движения (уравнения движения в напряжениях). Дифференциальные уравнения, выражающие закон изменения момента количества движения. Обобщенный закон Ньютона для вязких напряжений. Уравнения движения вязкой сжимаемой жидкости (уравнения Навье-Стокса). Потенциальное (безвихревое) течение несжимаемой жидкости. Дифференциальное уравнение, выражающее закон изменения кинетической энергии. Диссипация механической энергии при движении несжимаемой жидкости.

7. Моделирование гидромеханических явлений

Предпосылки использования анализа размерностей. Основные положения анализа размерностей. П-теорема. Подобие гидромеханических явлений. Геометрическое, кинематическое и динамическое подобие потоков жидкости и газа. Идентичность безразмерных форм уравнений движения. Критерии динамического подобия, их роль и физический смысл. Использование критериев подобия для моделирования. Особенности и основные приемы моделирования гидромеханических явлений. Физические и математические аналогии. Аналоговые модели. Метод электрогидродинамических аналогий для двухмерных течений. Многокомпонентные потоки. Перенос жидкостью твердых частиц. Вовлечение газа со свободной поверхности. Структура газожидкостных потоков. Движение газожидкостных смесей в трубах. Течение жидкостей с

особыми свойствами. Особенности течения электропроводных жидкостей в магнитных полях.

8. Механика твердого деформированного тела

Понятие тензора. Плоское напряженное состояние. Напряжение-тензор второго ранга. Тензор второго ранга на примере тензора деформаций. Закон Гука для изотропных и анизотропных сред. Уравнения равновесия элемента упругого тела, граничные условия. Дивергенция тензора. Уравнения совместности Сен-Венана. Кручение стержней с односвязным поперечным сечением. Подтверждения инженерных гипотез о кручении стержней. Изгиб призматического стержня. Подтверждение инженерной гипотезы о прямых нормалях-гипотезы Кирхгоффа-Ламе. Работа упругой деформации. Теорема Кастилиана для стержней. Расчет безмоментных тонкостенных сосудов. Упругие колебания балок, приближенные методы определения собственных частот. Удар.

9. Механические колебания и волны

Особенности распространения механических волн в ограниченных средах. Изгибные колебания и волны. Волны на границе сред. Ударные волны. Основы теории горения и взрыва.

Практические занятия

№ п/п	Наименование тем	Содержание
1.	Физические свойства и модели текучих тел (жидкостей и газов)	Физико-механические свойства жидкостей
2.	Статика жидкости и газа	Приборы для измерения давления. Определение сил давления на твердые плоские поверхности. Определение сил давления на твердые криволинейные поверхности.
3.	Теоретические основы решения одномерных задач	Местные сопротивления. Истечение жидкости через отверстия и насадки. Гидравлический расчет трубопроводов. Длинные трубопроводы. Параллельное и последовательное соединения труб. Сифонный трубопровод. Гидравлический удар. Выбор центробежного насоса, проверка его работы на сеть.

Лабораторные занятия

№ п/п	Наименование тем	Содержание
1.	Статика жидкости и газа	Изучение методов и приборов измерения давления.
2.	Кинематика жидкости и газа	Изучение методов и приборов измерения скорости в потоках жидкостей и газов.
3.	Основы динамики жидкости и газа	Измерение давления и расхода. Определение режима течения. Построение напорной и пьезометрической линий трубопровода.
4.	Теоретические основы решения одномерных задач	Определение коэффициентов местных гидравлических сопротивлений. Определение коэффициента гидравлического трения. Определение рабочих и кавитационных характеристик центробежного насоса. Исследование характеристик насосной установки при последовательном и параллельном включении насосов Согласование характеристик насоса и сети. Определение оптимального режима работы.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

для дневной формы получения высшего образования

Номер модуля, занятия	Наименование модуля, занятия; перечень основных (базовых) вопросов	Количество аудиторных часов					Литература	Форма контроля знаний
		Всего на модуль, занятие	Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	Управляемая самостоятельная работа студентов		
1	2	3	4	5	6	7	9	10
	Введение Предмет и методы механики сплошной среды. Основные гипотезы.	2	2	-	-	-	[1-5]	-
1	Физические свойства и модели текучих тел (жидкостей и газов) Модель сплошной среды. Плотность распределения гидромеханической характеристики в сплошной среде. Силы, действующие на текучее тело. Напряженное состояние в точке сплошной среды. Тензор напряжений. Текучесть физических тел. Сжимаемость жидкостей и газов. Фазовые переходы в жидкости. Кипение и кавитация. Отличие механики жидкости от механики газа. Вязкость жидкостей и газов. Поверхностное натяжение. Реологические свойства жидкостей. Эксплуатационные свойства жидкостей.	4	2	2	-	-	[1-5,6]	Заслушивание докладов, демонстрация презентаций
2	Статика текучего тела Гидростатическое давление в точке. Дифференциальные уравнения равновесия текучего тела (уравнения Эйлера). Интегрирование уравнений Эйлера. Сила гидростатического давления на произвольную плоскую фигуру. Сила избыточного гидростатического давления жидкости на цилиндрическую поверхность. Способы измерения гидростатического давления. Нормальные напряжения в стенках круглоцилиндрической трубы.	12	4	6	2	-	[1-5,6,]	Заслушивание докладов, демонстрация презентаций
3	Кинематика текучего тела Методы описания движения сплошной среды. Линия тока и траектория. Метод контрольного объема. Поток гидромеханической характеристики через контрольную поверхность. Гидромеханическая интерпретация теоремы Остроградского-Гаусса. Векторная	6	4	-	2		[1-5,6]]	Заслушивание докладов, демонстрация презентаций

	форма теоремы Остроградского-Гаусса. Разложение движения элементарного объема сплошной среды на поступательное, вращательное и деформационное (теорема Гельмгольца). Вихрь вектора скорости. Субстанциальная производная. Потенциал скорости и функция тока при плоском безвихревом движении.							
4	Основы динамики текучего тела (Основы гидродинамики) Закон сохранения массы. Закон изменения количества движения, Закон изменения момента количества движения. Закон изменения кинетической энергии. Закон сохранения энергии для контрольного объема.	8	4	-	4		[1-5,6]	Заслушивание докладов, демонстрация презентаций
5	Теоретические основы решения одномерных задач Гидравлические характеристики поперечного сечения потока. Уравнение неразрывности. Гидравлическое уравнение количества движения. Уравнение Бернулли для установившегося напорного потока вязкой несжимаемой жидкости. Геометрическая и энергетическая интерпретации слагаемых уравнения Бернулли. Потенциальный и полный (гидродинамический) напоры. Пьезометрическая и напорная линии. Уравнение Бернулли для неустановившегося напорного движения вязкой несжимаемой жидкости. Уравнение Бернулли для установившегося потока жидкости во вращающейся гидравлической системе. Уравнения баланса массы, импульса и механической энергии. Динамическое уравнение равномерного движения жидкости. Два режима движения жидкости. Потеря напора при равномерном движении жидкости (потери по длине). Потеря энергии по длине в потоке сжимаемой жидкости (газа). Определение местных потерь напора. Потери напора при резком расширении установившегося турбулентного потока несжимаемой жидкости. Формула Борда. Потери напора при резкоизменяющемся движении. Формула Вейсбаха для расчета местных потерь напора. Основные задачи расчета трубопроводных систем. Расчет коротких трубопроводов. Трубопровод с насосом. Вытяжная	24	8	8	8		[1-5,6,7]	Заслушивание докладов, демонстрация презентаций

	дымовая труба. Расчет длинных трубопроводов. Измерение расхода в трубопроводе. Истечение жидкости из отверстий и насадков. Формулы для скорости и расхода при истечении из отверстий и насадков. Истечение из отверстия в стенке напорного трубопровода. Неустановившееся напорное движение жидкости в трубопроводе. Гидравлический удар.							
6.	<p>Теоретические основы решения двух- и трехмерных задач механики жидкости и газа</p> <p>Дифференциальное уравнение, выражающее закон сохранения массы. Дифференциальные уравнения, выражающие закон изменения количества движения (уравнения движения в напряжениях). Дифференциальные уравнения, выражающие закон изменения момента количества движения. Обобщенный закон Ньютона для вязких напряжений. Уравнения движения вязкой сжимаемой жидкости (уравнения Навье-Стокса). Потенциальное (безвихревое) течение несжимаемой жидкости. Дифференциальное уравнение, выражающее закон изменения кинетической энергии. Диссипация механической энергии</p>	4	4	-	-			
7.	<p>Моделирование гидромеханических явлений</p> <p>Предпосылки использования анализа размерностей. Основные положения анализа размерностей. π-теорема. Подобие гидромеханических явлений. Геометрическое, кинематическое и динамическое подобие потоков жидкости и газа. Идентичность безразмерных форм уравнений движения. Критерии динамического подобия, их роль и физический смысл. Использование критериев подобия для моделирования. Особенности и основные приемы моделирования гидромеханических явлений. Физические и математические аналогии. Аналоговые модели. Метод электрогидродинамических аналогий для двухмерных течений. Многокомпонентные потоки. Перенос жидкостью твердых частиц. Вовлечение газа со свободной поверхности. Структура газожидкостных потоков. Движение газожидкостных смесей в трубах. Течение жидкостей с особыми</p>	4	4				[1-5,6]	Заслушивание докладов

	свойствами. Особенности течения электропроводных жидкостей в магнитных полях.							
8.	<p>Механика твердого деформированного тела</p> <p>Понятие тензора. Плоское напряженное состояние. Напряжение-тензор второго ранга. Тензор второго ранга на примере тензора деформаций. Закон Гука для изотропных и анизотропных сред. Уравнения равновесия элемента упругого тела, граничные условия. Дивергенция тензора. Уравнения совместности Сен-Венана. Кручение стержней с односвязным поперечным сечением. Подтверждения инженерных гипотез о кручении стержней. Изгиб призматического стержня. Подтверждение инженерной гипотезы о прямых нормалях-гипотезы Кирхгоффа-Ламе. Работа упругой деформации. Теорема Кастилиана для стержней. Расчет безмоментных тонкостенных сосудов. Упругие колебания балок, приближенные методы определения собственных частот. Удар.</p>	4	4				[1-5,6]	Заслушивание докладов, демонстрация презентаций
9.	<p>Механические колебания и волны</p> <p>Особенности распространения механических волн в ограниченных средах. Изгибные колебания и волны. Волны на границе сред. Ударные волны. Основы теории горения и взрыва.</p>	4	4				[1-5,6]	Заслушивание докладов
	ИТОГО	72	40	16	16	-		

IV. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ЛИТЕРАТУРА

Литература

Основная литература

1. Гиргидов А.Д. Механика жидкости и газа (гидравлика): Учебник СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. 545 с.
2. Седов Л.И. Механика сплошных сред. В 2-х т. М: Наука, 1973.
3. Бреховских Л.М., Гончаров В.В. Введение в механику сплошных сред. М: Наука, 1982.

Дополнительная литература

4. Сборник задач по машиностроительной гидравлике: учеб. пособие для машиностроительных вузов / Д. А. Бутаев [и др.]; под ред. И. И. Куколевского, Л. Г. Подвидза. – 5-е изд., стереотипное. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 448 с., ил.
5. Вильнер, Я.М. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам/ Вильнер Я.М., Ковалев Я.Т., Некрасов Б.Б. – Минск: Высшэйшая школа, 1976. – 416с.
6. Задания для выполнения контрольных работ по механике жидкостей и газов/ сост. С.В. Артемчук. – Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2016. - 100с. (электронная версия).

Средства обеспечения освоения дисциплины

1. Учебные кинофильмы.
2. Профессиональные компьютерные программы. Компьютерные программы, разработанные в Вузе.
3. Презентации.
4. Учебно-методические пособия.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА И СРЕДСТВАМ ДИАГНОСТИКИ

В вузовской системе управления качеством образования (системе менеджмента качества по СТБ ИСО 9001:2001) осуществляется мониторинг, измерения, контроль качества.

Для аттестации студентов и выпускников на соответствие их персональных знаний и умений поэтапным или конечным требованиям стандарта создаются фонды оценочных средств и технологий, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и др.

Оценка знаний студента на курсовых экзаменах, при защите лабораторных и практических работ производится по 10-балльной шкале. Для оценки знаний и компетентности студентов используются критерии, утвержденные Министерством образования Республики Беларусь.

Для контроля качества образования, в том числе применения компьютерного тестирования используются следующие средства диагностики:

- типовые задания;
- тесты по отдельным разделам и дисциплине в целом;
- письменные контрольные работы;
- устный опрос во время лабораторных и практических занятий;
- составление рефератов по отдельным разделам дисциплины;
- выступления студентов на практических занятиях;
- устный экзамен.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу
Математика	Кафедра физики и математики	Программа согласована	
Физика	Кафедра физики и математики	Программа согласована	

Согласовано:

Зав. кафедрой энергоэффективных технологий

В.А.Пашинский

Заведующий кафедрой физики и Математики

В.Ф.Малишевский