

# НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ

Институт тепло - и массообмена имени А.В.Лыкова

УТВЕРЖДЕНА  
на заседании Ученого совета  
Института тепло-и массообмена  
имени А.В. Лыкова НАН Беларуси  
«09 » августа 2017 г.  
протокол № 7

## ПРОГРАММА

вступительного экзамена в аспирантуру  
по специальности 01.02.05  
«Механика жидкости, газа и плазмы»

Разработал:  
чл.-корр.НАН Беларуси  
д.ф.-м.н. В.М.Асташинский

Минск

2017

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа включает вопросы, которые в процессе вступительного экзамена позволяют выявить подготовленность будущего аспиранта к проведению научных исследований по специальности, выбранной для учебы в аспирантуре. Аспирант должен обладать разносторонними и глубокими знаниями в области таких базовых разделов науки, как: Свойства жидкостей и газов, элементарная кинетическая теория газов (коэффициенты вязкости, теплопроводности, диффузии), основные уравнения течения газов и жидкости, физические процессы в плазме.

### 1. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ.

Уравнения состояния для идеальных газов (уравнение Клайперона-Менделеева) и капельных жидкостей. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Коэффициенты теплового расширения и сжимаемости.

Физическая природа сил вязкого трения. Вязкое трение как результат процессов переноса импульса молекулами. Закон вязкого трения Ньютона. Динамический и кинетический коэффициенты вязкости.

Поверхностное натяжение. Капиллярный скачок давления. Формула Лапласа. Смачивание и несмачивание жидкостью твердых поверхностей. Определение уровня жидкости в капиллярах.

Теплообмен при постоянном объеме и давлении. Основные термодинамические процессы в газах: изохорный, изобарный, адиабатный.

## **II. ГИДРОГАЗОДИНАМИКА.**

Равновесие жидкости в отсутствие массовых сил. Закон Паскаля. Гидравлический пресс.

Определение сил давления, действующих на тела, погруженные в жидкость. Закон Архимеда. Плавание тел.

Кинематика сплошной среды. Поступательная, вращательная и деформационная составляющие движения.

Уравнения движения идеальной жидкости (уравнения: неразрывности, Эйлера, энергии). Уравнение Бернулли.

Скорость распространения малых возмущений в идеальном газе. Скорость звука. Отражение и преломление звуковых волн. До – и сверхзвуковое течения газа.

Ударные волны. Ударная адиабата. Изменение скорости и термодинамических параметров газа при прохождении его через ударную волну.

Стационарное течение газа в канале переменного сечения. Расчетные и нерасчетные режимы течения. Сопло Лаваля.

Поток жидкости через произвольную поверхность. Дивергенция и ротор скорости – их физический смысл. Объемный и массовый расходы жидкости.

Динамика вязкой жидкости. Уравнения Навье-Стокса. Точные решения уравнений движения вязкой жидкости. Экспериментальное определение коэффициента вязкости. Вискозиметрия.

Движения вязкой жидкости при больших числа Рейнольдса. Уравнения Прандтля для ламинарного пограничного слоя. Пограничный слой, толщина вытеснения. Продольное обтекание бесконечно тонкой пластины, задача Блазиуса.

Основные сведения о турбулентных течениях. Основные гипотезы для расчета турбулентных течений.

Течение жидкостей в трубах. Гидравлические сопротивления, ламинарное и турбулентное течение жидкостей в гладких трубах. Уравнение Пуазейля. Потери давления при внезапном расширении и сужении потока. Формула Борда.

Диффузоры и конфузоры. Изменение параметров потока несжимаемой жидкости (скорости и давления) при течении в диффузорах и конфузорах.

## **III. НЕНЬЮТОНОВСКИЕ ЖИДКОСТИ.**

Понятие о неньютоновских жидкостях, их реологических законах и особенностях течения. Классификация и кривые течения неньютоновских жидкостей. Течения эмульсий, суспензий и газожидкостных систем.

#### **IV. ПЛАЗМА.**

Определение понятия «плазма». Квазинейтральность и разделение зарядов, дебаевский радиус. Электростатические (ленгмюровские) колебания частиц в плазме, плазменная частота. Электростатическое экранирование. Степень ионизации, формула Саха.

Плазма как идеальный газ. Термодинамика плазмы, уравнение состояния. Кинетическое описание свойств плазмы. Движение заряженных частиц плазмы в электростатическом поле и в однородном магнитном поле. Замагниченность плазмы.

Плазма как сплошная среда. Приближение магнитной гидродинамики. Вмороженность магнитного поля в плазму. Ускорение плазмы, сила Ампера. Пинч-эффект, условие равновесия.

#### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА.**

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа – М. Наука, 1970.
2. Ландау, Л.Д. Гидродинамика / Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. – Москва: Наука, 1986. – 736 с.
3. Байков В.И., Теплофизика (Термодинамика, статистическая физика, физическая кинетика)/ Байков В.И. Павлюкевич Н.В. т.1. – Мн., 2013.
4. Шульман, З.П. Конвективный тепломассоперенос реологически сложных жидкостей / Шульман З.П. - Москва: Энергия, 1975.
5. Франк-Каменецкий Д.А. Лекции по физике плазмы. – М.: Атомиздат, 1964.
6. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений // Москва: Физматлит, 2008. – 656 с.
7. А.И. Морозов, А.П. Шубин. Плазменные ускорители // Итоги науки и техники. Физика плазмы. – М.: ВИНТИ, 1984. – Т. 5. – С. 178-260.
8. Энциклопедия для школьников и студентов. Т. 2. Физика. Математика. / Под общ. ред. Поклонского Н.А. – Минск: Беларус. энцыкл. імя П. Броўкі, 2010.

#### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.**

1. Дейч М.Е. Газодинамика. Учебное пособие для теплотехнических специальностей вузов/ Дейч М.Е., Зарянкин А.Е. – М.: Энергоатомиздат, 1984.
2. Баштовой, В.Г. Газодинамика: лабораторный практикум /

Баштовой В.Г., Рекс А.Г. – Минск: БНТУ, 2007.