

Избранные главы механики жидкости

Полугодовой спецкурс ЕНС на иностранном языке
(осенний семестр, Леонтьев Н.Е.)

Динамические эффекты при движении тела в потоке жидкости

1. Пограничный слой на твердой поверхности. Условия, способствующие отрыву пограничного слоя. Влияние отрыва на картину обтекания цилиндра и пластинки при больших числах Рейнольдса. Способы управления отрывом пограничного слоя (вдув и отсос потока через поверхность, касательное движение поверхности, использование направляющих лопаток).
2. Коэффициент сопротивления тела в потоке. Качественная картина распределения давления на пластинке, перпендикулярной потоку жидкости. Зависимость сопротивления от ориентации тела в потоке на примере полусферы. Способы уменьшения сопротивления.
3. Качественный вид зависимости коэффициента сопротивления от числа Рейнольдса для сферы. Влияние искусственной турбулизации пограничного слоя на сфере (эксперимент Прандтля).
4. Качественное объяснение возникновения подъемной силы при обтекании выпуклой поверхности с использованием теоремы о кривизне линии тока («теоремы Пушкина»). Объяснение подъемной силы за счет возникновения циркуляции в плоскопараллельном потоке идеальной жидкости.
5. Динамические эффекты при движении свободных тел в потоке. Эффект Магнуса. Образование дорожки Кармана за цилиндром. Автоколебания тел в потоке.
6. Качественный вид зависимости коэффициента подъемной силы от угла атаки для крыла бесконечного размаха. Влияние срыва потока.
7. Картина вихревого следа за крылом конечного размаха, качественное объяснение образования концевых вихрей. Скос потока, качественное объяснение возникновения индуктивного сопротивления.
8. Представление о работе винта. Качественное объяснение конструктивного закручивания лопасти винта. Работа лопастных турбин, роль направляющих лопаток. Работа гидромуфт и гидравлических редукторов, качественное объяснение их работы.

Течения жидкостей с учетом их сжимаемости

9. Параметры, описывающие сжимаемость жидкостей. Модуль упругости среды. Качественное поведение скорости малых возмущений при изменении упругости среды.
10. Распространение гравитационных волн на мелкой воде. Газогидравлическая аналогия в случае непрерывных течения и течений с сильными разрывами.
11. Качественные особенности распространения нелинейных волн. Градиентная катастрофа, образование ударных волн.

12. Распространение волн сжатия в трубопроводах. Гидравлический удар. Влияние свойств жидкости и стенок трубопровода на скорость распространения волн давления. Качественная картина движения волн при резком закрытии задвижки в трубопроводе. Способы предотвращения негативных последствий гидравлического удара. Явление кавитации.
13. Учет потерь давления при течении вязкой жидкости в трубопроводе. Формула Дарси — Вейсбаха. Коэффициент сопротивления трубопровода. Учет влияния сжимаемости.
14. Течение газа в канале. Обоснование возможности рассматривать течение как адиабатическое. Истечение газа через простое сопло. Критические параметры потока. Качественный вид зависимости расхода от перепада давления. Представление о формуле Сен-Венана — Ванцеля. Качественное представление о поведении параметров стационарного потока при приближении к точке торможения.
15. Картина распространения малых возмущений от точечного источника в потоке. Конус Маха, угол Маха, число Маха. Роль числа Фруда при качественном разграничении режимов течения жидкости в канале.
16. Волновая картина при обтекании искривленной стенки и угла потоком сжимаемой жидкости. Косая ударная волна.
17. Качественная картина обтекания сферы сжимаемой жидкостью в до- и сверхзвуковом режимах. Отошедшая ударная волна.
18. Волны разрежения. Качественная картина обтекания пластинки с ненулевым углом атаки в сверхзвуковом потоке газа.
19. Сверхзвуковое обтекание заостренных тел. Обтекание с присоединенной головной ударной волной и с отошедшей ударной волной. Обтекание крылового профиля сверхзвуковым потоком. Роль стреловидности крыла в плане.

Литература

1. Учебный фильм «Form drag, lift, and propulsion»
(https://vk.com/wall-102183983_27)
2. Учебный фильм «Effects of fluid compressibility»
(https://vk.com/wall-102183983_28)

На экзамене (зачете) необходимо:

- владеть основными понятиями и моделями механики сплошных сред, понимать их взаимосвязь;
- знать замкнутые системы уравнений и типичные граничные условия для изучаемых в курсе явлений;
- знать базовую английскую терминологию, относящуюся к рассматриваемым в курсе явлениям и их математическому описанию.