ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова

Лекции по теории судна
Часть 2
Динамика судна

Кафедра МиУС
Коротков Б.П.

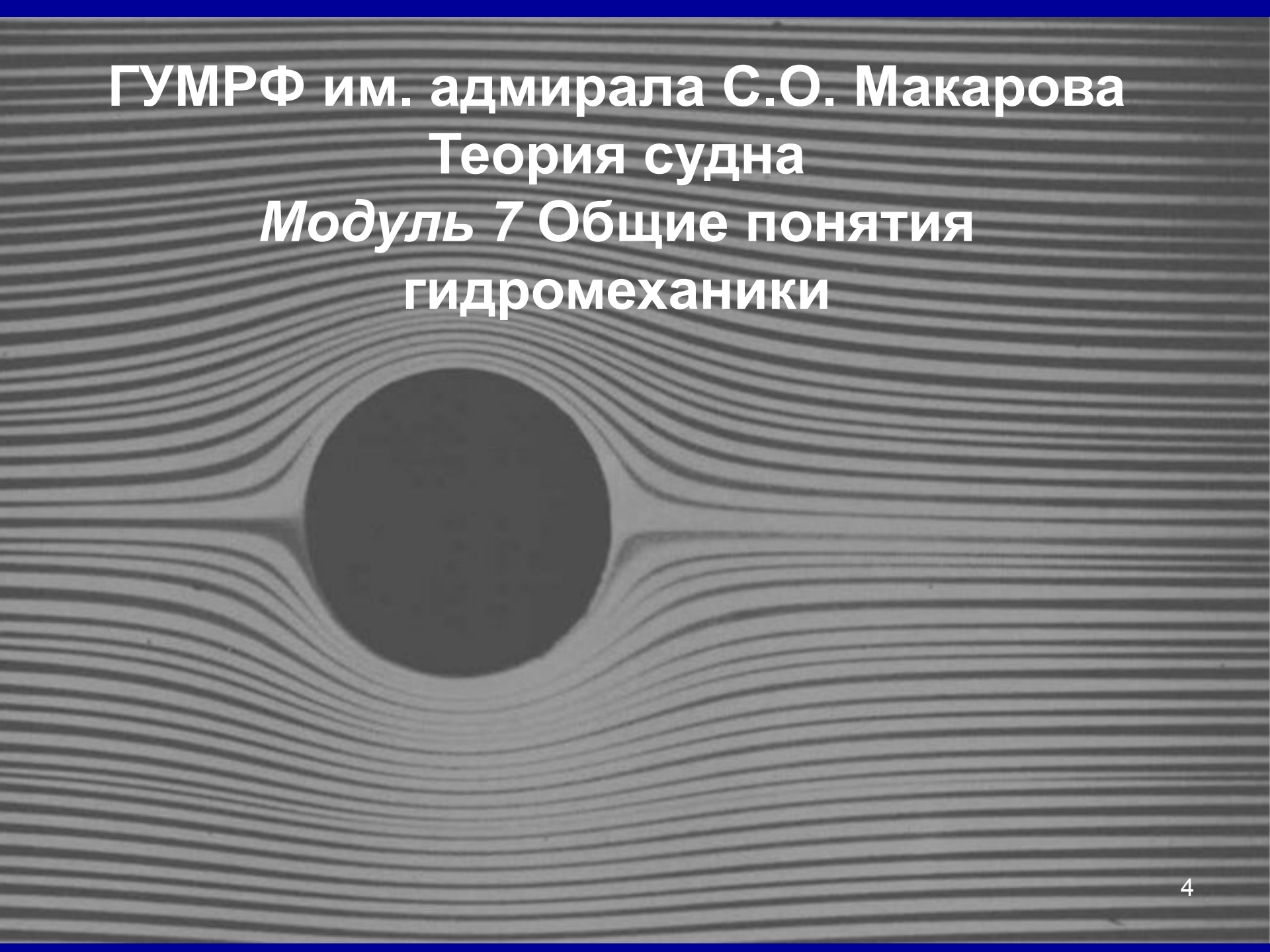
Порядок прохождения курса ТУС в 7 семестре

- Теоретическое обучение:
  - Основы гидромеханики;
  - Ходкость судна и движители;
  - Мореходность судна;
  - Управляемость судна
- Практические занятия:
  - Курсовая работа
- Отчетность:
  - Курсовая работа (зачет с оценкой)
  - Экзамен (итоговый)

Литература

1. Теория и устройство судов. Под ред. Ф.М. Кацмана. Л. Судостроение 1991г
2. Методические указания по выполнению курсового проекта на тему: «Оценка мореходных качеств судна». Электронное издание, ГМА каф. МиУС 2015г

ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова
Теория судна
Модуль 7 Общие понятия гидромеханики



Вопросы

1. Общие понятия гидромеханики
2. Понятие о пограничном слое

1. Общие понятия гидромеханики

Пресная вода –химическое соединение H_2O

- Морская вода –однородный многокомпонентный раствор
- Состав (в среднем):
  - 96,5% воды
  - 3,5% солей
- Вода - практически несжимаемая жидкость

Вязкость и весомость жидкости определяют:

1. Взаимодействие воды с движущимися в ней судами
2. Механизм процессов волнообразования

Характеристика весомости воды – ее плотность

- Плотность воды ρ – это масса воды, приходящаяся на единицу ее объема:

$$\rho = \frac{M}{V}, \qquad \text{кг/м}^3\ (\text{т/м}^3)$$

- M – масса воды, V – занимаемый этой массой объем

Плотность и удельный вес

- Удельный вес – это сила тяжести воды, приходящаяся на единицу ее объема
- Удельный вес воды:

$$\gamma = \rho g, \quad кН/м^3$$

- Для пресной воды:

$$\rho = 1\ т/м^3, \quad \gamma = 9{,}81\ кН/м^3$$

Плотность морской воды

- Плотность морской воды зависит от ее температуры, солености и глубины
- На поверхности океана:

$$\rho = 1{,}000 - 1{,}028 т/м^3$$

- На глубине 11000 м:

$$\rho = 1{,}076 т/м^3$$

Вязкость воды

- Вязкость – это свойство воды противодействовать и сопутствовать относительному перемещению частиц (и слоев) воды
- Вязкость характеризуется коэффициентом динамической вязкости (иначе - динамической вязкостью):

μ [мю], кГ/(м с)

Кинематическая вязкость воды ν [ню]

- Кинематическая вязкость – это отношение динамической вязкости к плотности воды

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}, \quad м^2/с$$

- Вязкость воды зависит от температуры
- В расчетах полагают ν = 1,57 $м^2/с$, (t = 4°C)

Гидростатическое давление – давление столба жидкости

- В состоянии покоя в жидкости действует только гидростатическое давление
- Уравнение гидростатики:

$$p = p_a + \rho g H$$

  – p_a – атмосферное давление на поверхности воды
  – H – глубина точки измерения от поверхности воды

Течение жидкости

- В гидромеханике движение жидкости представляют, как поток движущихся жидких частиц
- Различают два режима течения :

1. Ламинарное течение
2. Турбулентное течение

Ламинарный и турбулентный режимы течения

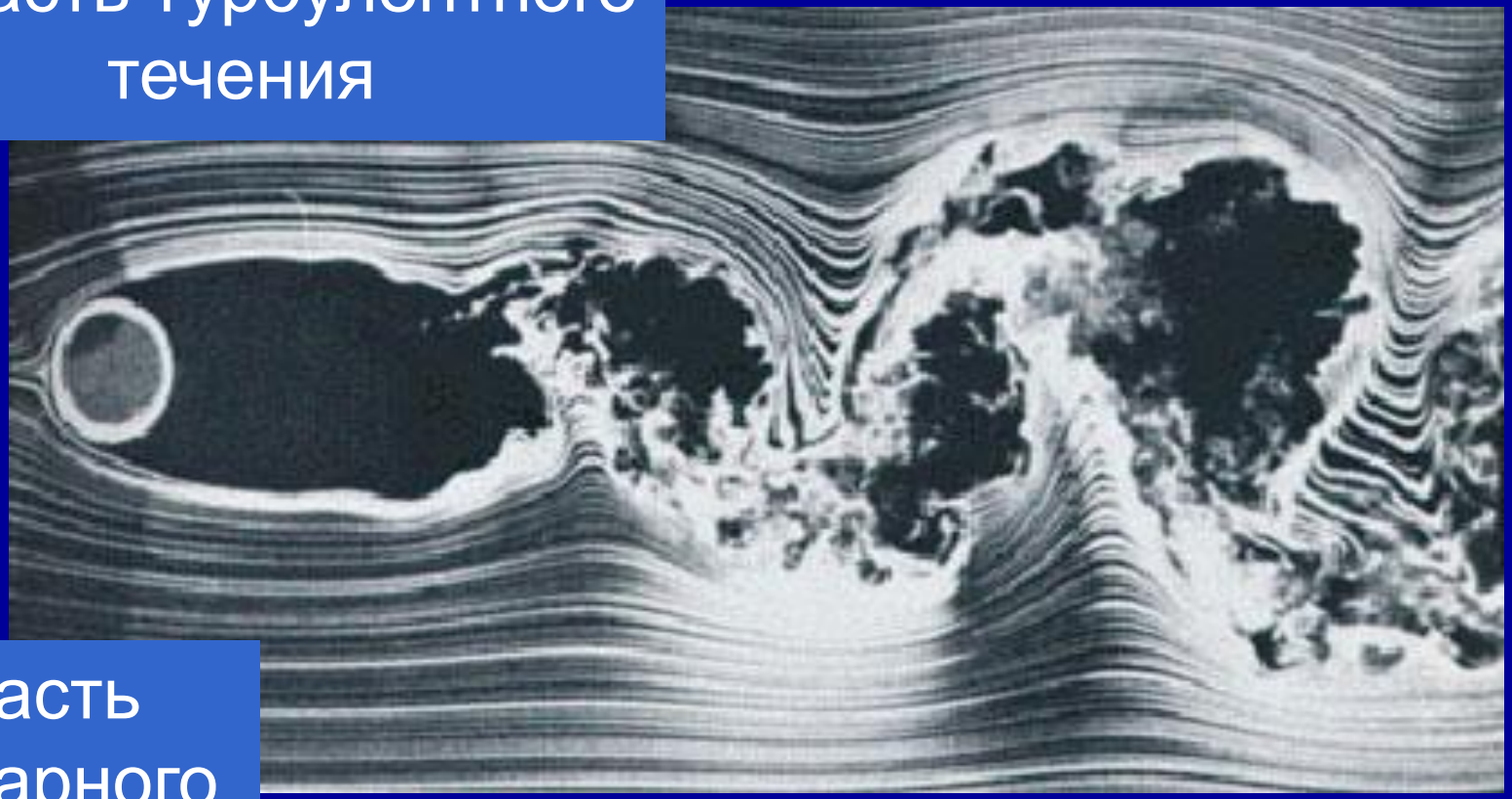
1. Ламинарное течение: частицы воды движутся «слоями», перемешивание частиц между слоями отсутствует
2. Турбулентное течение: частицы совершают хаотическое движение с переменными по величине и направлению скоростями

Вихревое и безвихревое течение

- Турбулентное течение может быть безвихревым и вихревым
- При вихревом движении частицы воды закручиваются, образуя вихри
- Обычно движение воды имеет вихревой характер

Ламинарное и турбулентное течение

Область турбулентного течения

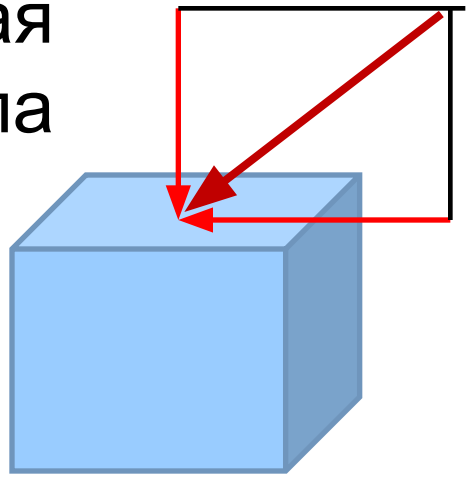


Область ламинарного течения

Разложение сил, действующих на частицу воды

Нормальная сила

Площадь поверхности



Сила, действующая на частицу

Касательная сила

Частица воды

$$\frac{\text{Нормальная сила}}{\text{Площадь}} = \text{Давление}$$

Гидродинамические давления

- Гидродинамическое давление - это отношение нормальной сжимающей силы к площади поверхности
- Давление в движущейся воде не может упасть ниже давления насыщенных паров воды $p_н$
- При снижении давления до величины $p_н$ вода превращается в пар

Движение частиц жидкости в потоке

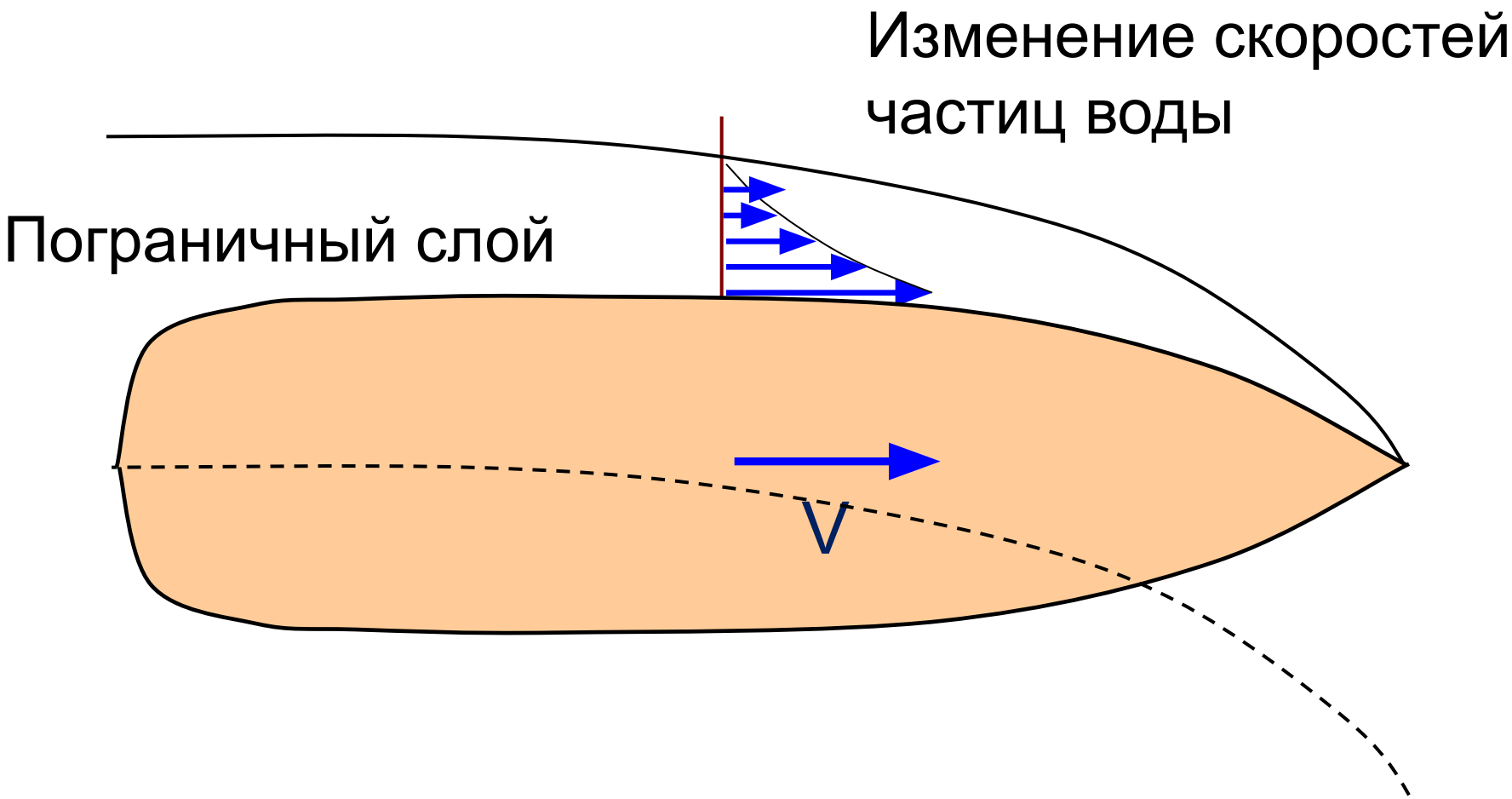
- Частицы при движении соприкасаются друг с другом, с поверхностью судна, руля, лопастью винта
- Вследствие вязкости жидкости возникает внутреннее трение, изменяющее характер потока

2. Понятие о пограничном слое

Понятие о пограничном слое

- Частицы воды вблизи движущегося корпуса судна (руля, лопасти винта) за счет внутреннего трения приобретают скорости
- По мере удаления от корпуса скорости частиц уменьшаются
- Пограничный слой – это тонкий слой, в котором происходит взаимодействие судна с потоком воды

Понятие о пограничном слое



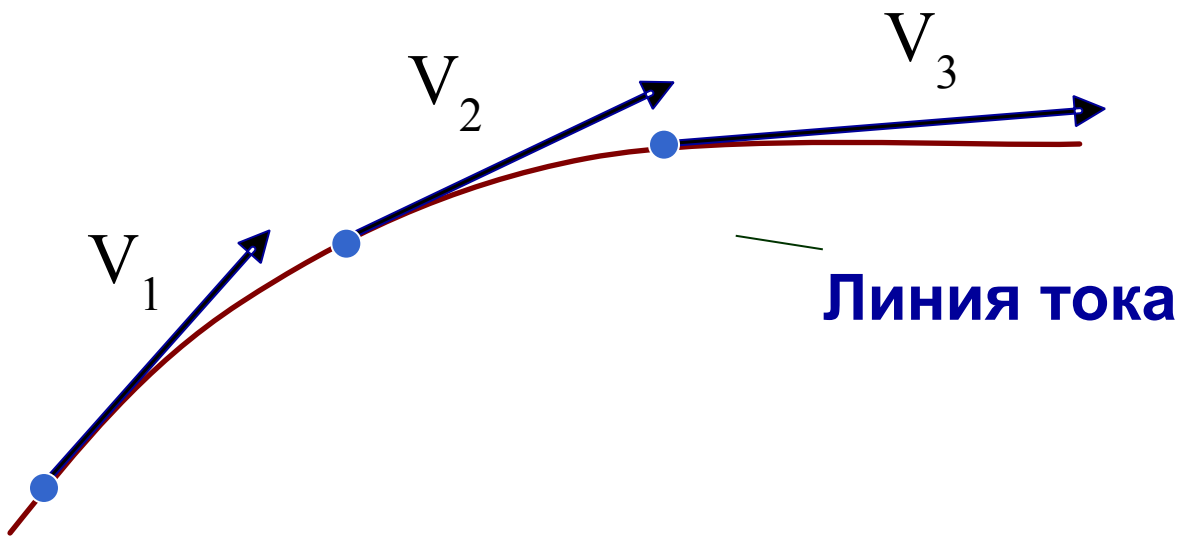
Понятие о пограничном слое

- Движение воды в пограничном слое носит вихревой характер
- За пределами пограничного слоя движение воды можно считать безвихревым, или иначе - потенциальным

Линии тока

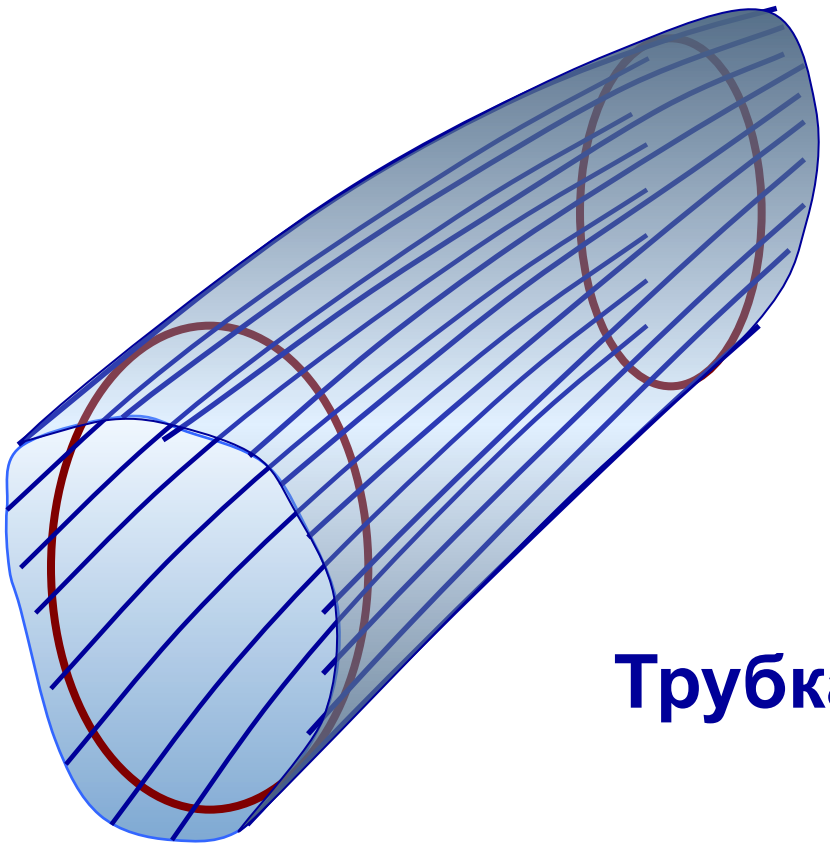
- Линией тока называется кривая, каждой точке которой соответствует касательная, совпадающая со скоростью частиц воды в данный момент
- Линии тока дают геометрическое представление о потоке воды

Линия тока



Поверхность, образованная линиями тока, называется поверхностью тока

Поверхность тока, образованная линями тока, проходящими через замкнутый контур, называется трубкой тока

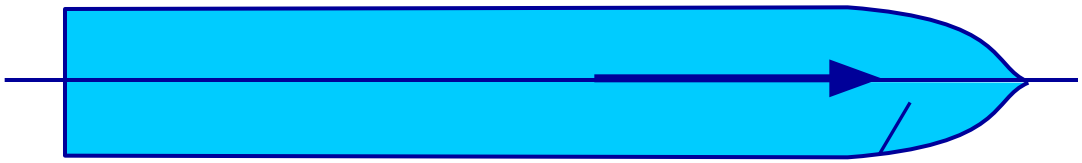


Трубка тока

Обращение движения в гидромеханике

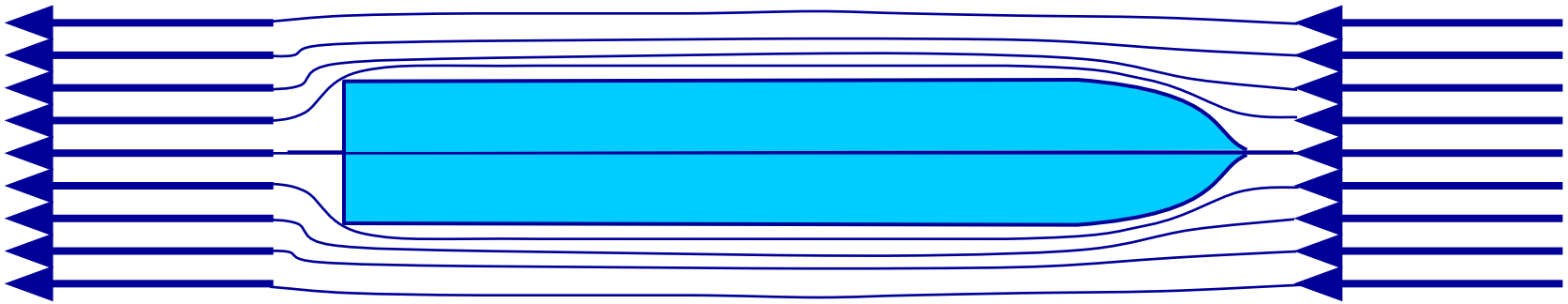
- При изучении движения судна (лопасти винта, пера руля) с постоянной по величине и направлению скоростью используется принцип обращения движения
- Судно останавливается, а поток воды набегает со скоростью, равной скорости судна в неподвижной воде

- Гидродинамические силы, действующие на судно в обращенном движении – те же, что и в необращенном движении



V

Прямое движение
(судно движется, вода неподвижна)



Обращенное движение
(судно неподвижно, поток воды набегает на судно)

Задание на самостоятельную работу

- Теория и устройство судов. Под ред. Ф. М. Кацмана. 1991

Стр. 90 – 95; 95 - 97