

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  $\rho$  – это масса воды, приходящаяся на единицу ее объема:

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

- $M$  – 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:

$$\gamma = \rho g, \quad \text{кН/м}^3$$

- Для пресной воды:

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

# Плотность морской воды

- Плотность морской воды зависит от ее температуры, солености и глубины

- На поверхности океана:

$$\rho = 1,000 - 1,028 \text{т/м}^3$$

- На глубине 11000 м:

$$\rho = 1,076 \text{т/м}^3$$

# Вязкость воды

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

$$\mu \text{ [мю]}, \quad \text{кГ/(м с)}$$

# Кинематическая вязкость воды $\nu$ [нЮ]

- Кинематическая вязкость – это отношение динамической вязкости к плотности воды

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

- Вязкость воды зависит от температуры
- В расчетах полагают  $\nu = 1,57 \text{ м}^2/\text{с}$ , (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

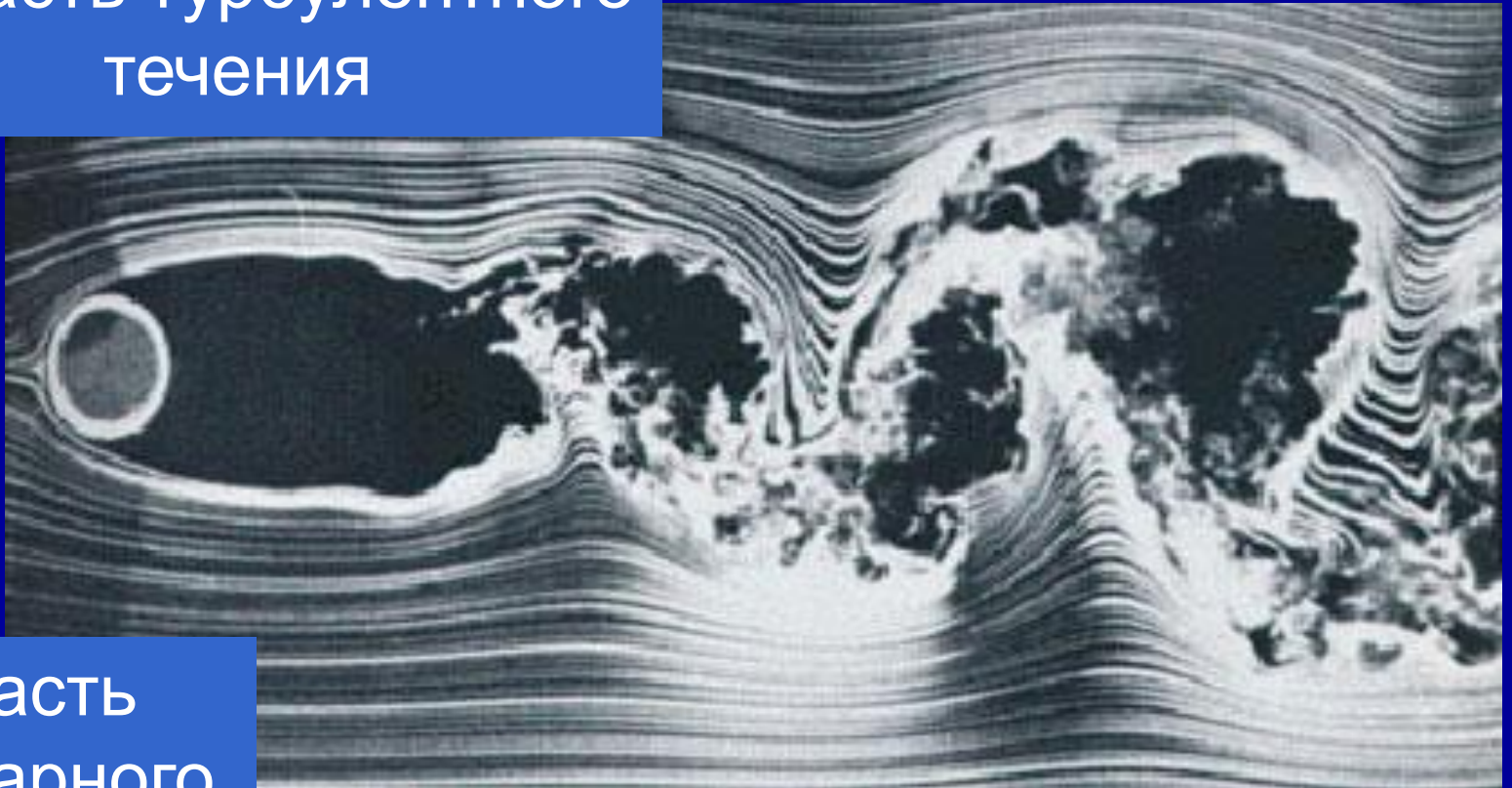
1. Ламинарное течение: частицы воды движутся «слоями», перемешивание частиц между слоями отсутствует
2. Турбулентное течение: частицы совершают хаотическое движение с переменными по величине и направлению скоростями

# 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

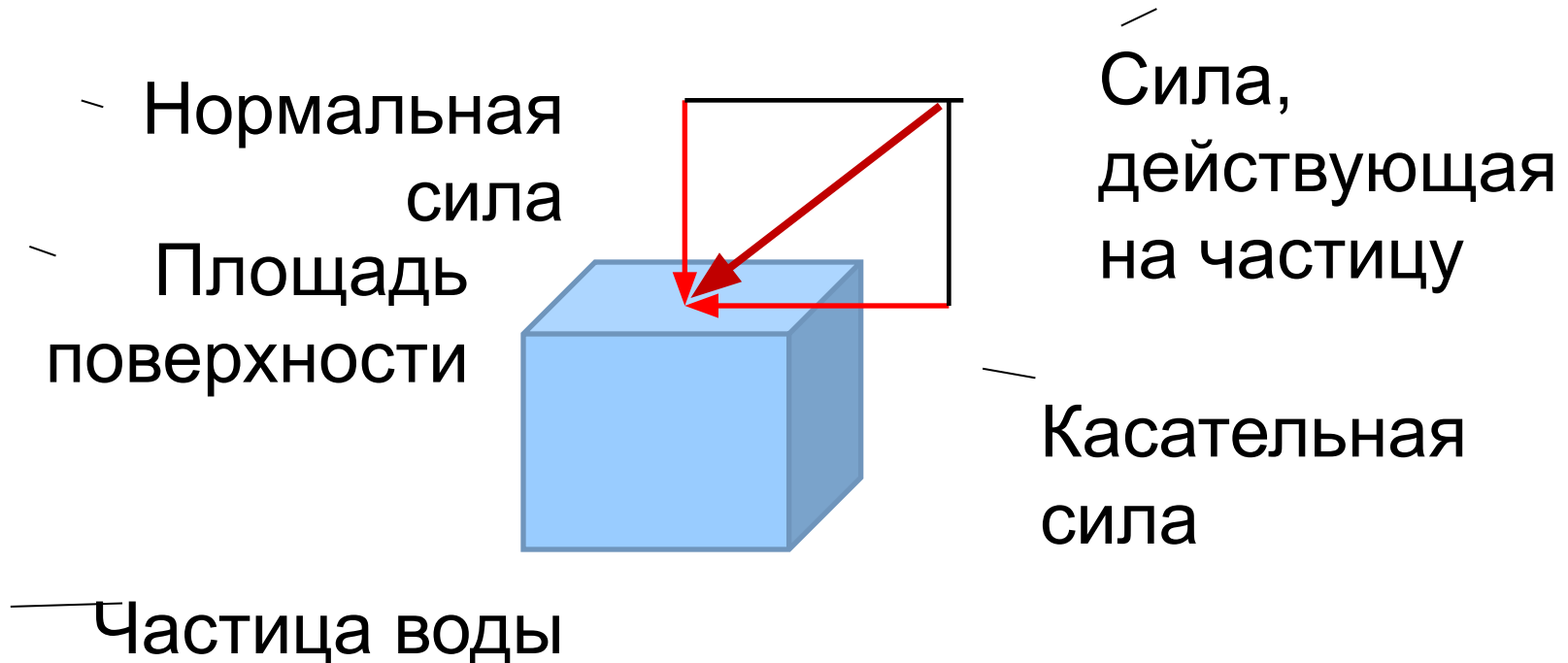
# Ламинарное и турбулентное течение

~~Область турбулентного течения~~



Область ламинарного течения

# Разложение сил, действующих на частицу воды



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

# Гидродинамические давления

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

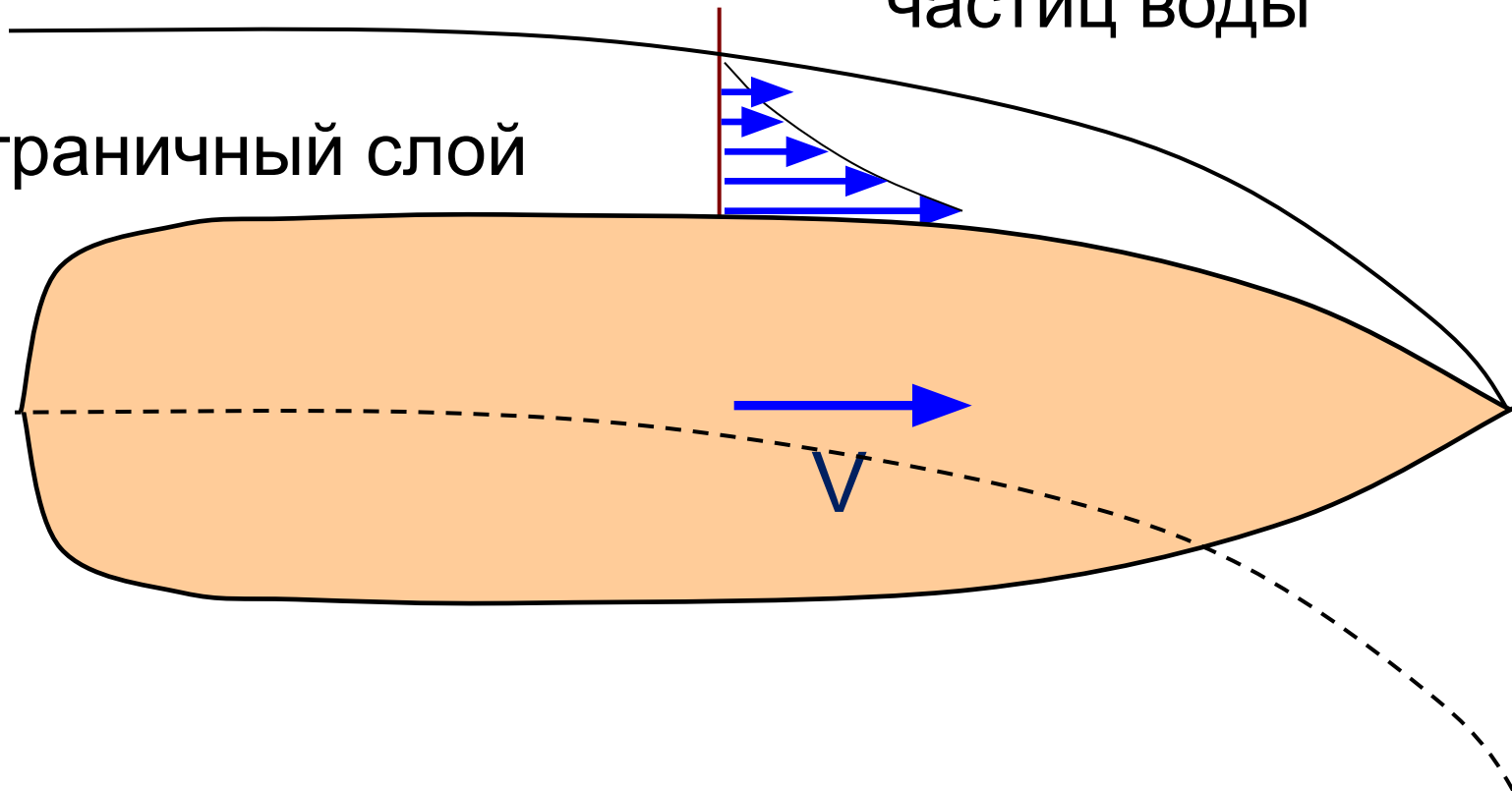
# Понятие о пограничном слое

- 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

Изменение скоростей  
частиц воды

Пограничный слой



# Понятие о пограничном слое

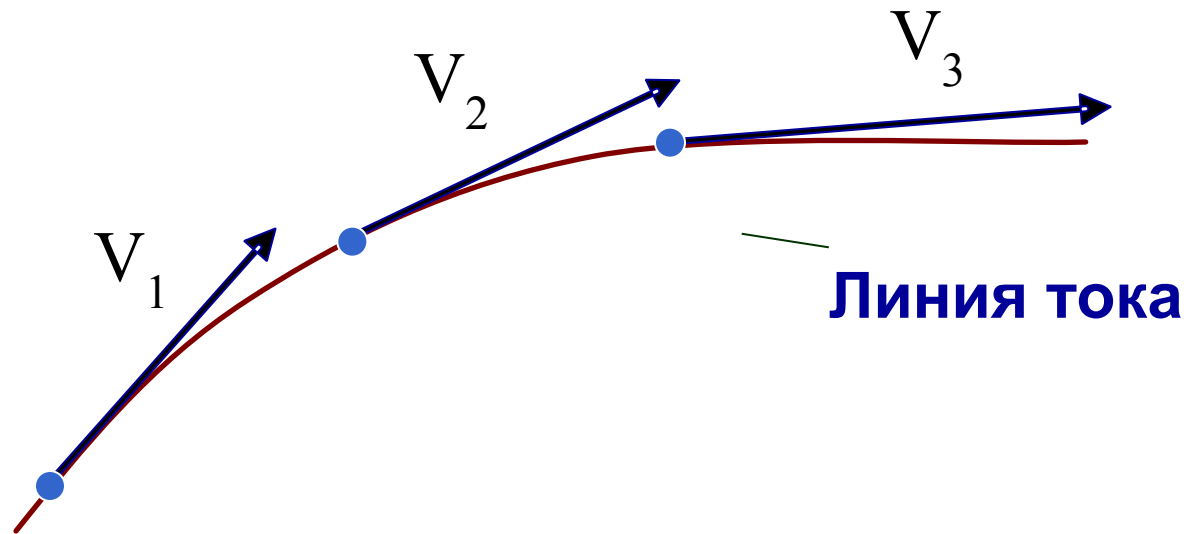
- Движение воды в пограничном слое носит вихревой характер
- За пределами пограничного слоя движение воды можно считать безвихревым, или иначе - потенциальным

# 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

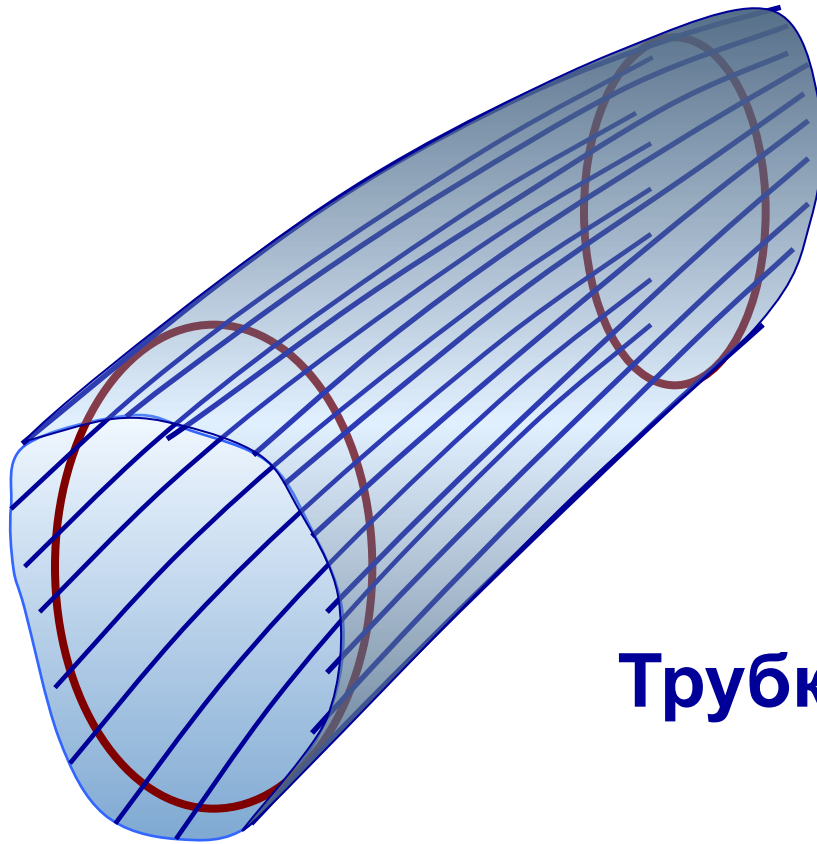


# Линия тока



Поверхность, образованная линиями тока, называется поверхностью тока

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

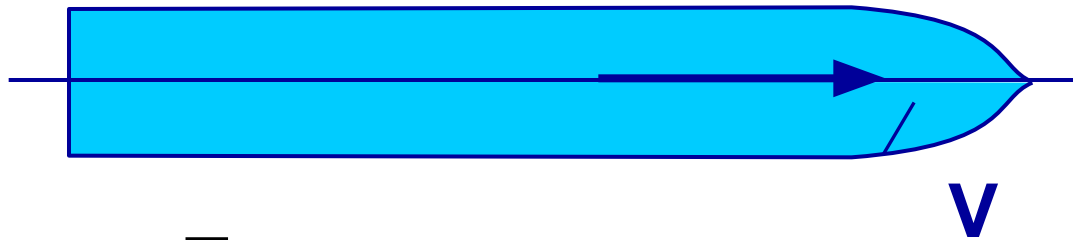


**Трубка тока**

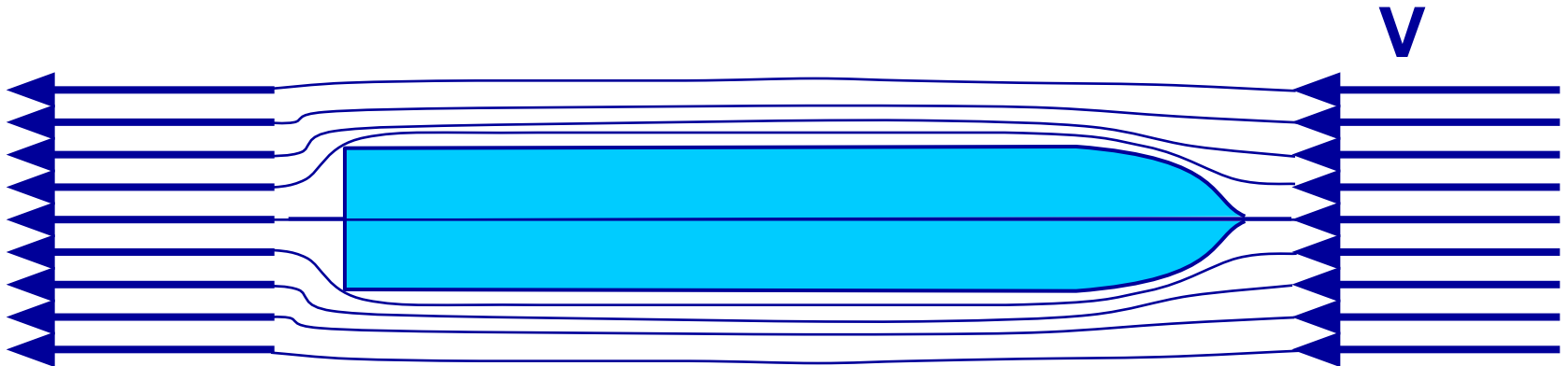
# Обращение движения в гидромеханике

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

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



**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