

ИНФОРМАТИКА ДЛЯ ИНЖЕНЕРА

ЛЕКЦИЯ 1. Мысленное моделирование и
информационные процессы в инженерной
работе.

Обзор общих понятий и представлений

ИНФОРМАТИКА ДЛЯ ИНЖЕНЕРА



Главная квалификация (компетенция) инженера:

- придумывать модели (для строительных специальностей – в области сплошных сред)
- получать из них информацию на компьютере

МОДЕЛИ НЕПРЕРЫВНЫХ ПРОЦЕССОВ И СПЛОШНЫХ СРЕД – ОСНОВНАЯ ОБЛАСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИНЖЕНЕРА

Предварительное замечание

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ – МОДЕЛЬ НЕПРЕРЫВНЫХ ПРОЦЕССОВ И СПЛОШНЫХ СРЕД
ИЗУЧЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ (ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ) СВОЙСТВ МЫСЛЕННОЙ МОДЕЛИ

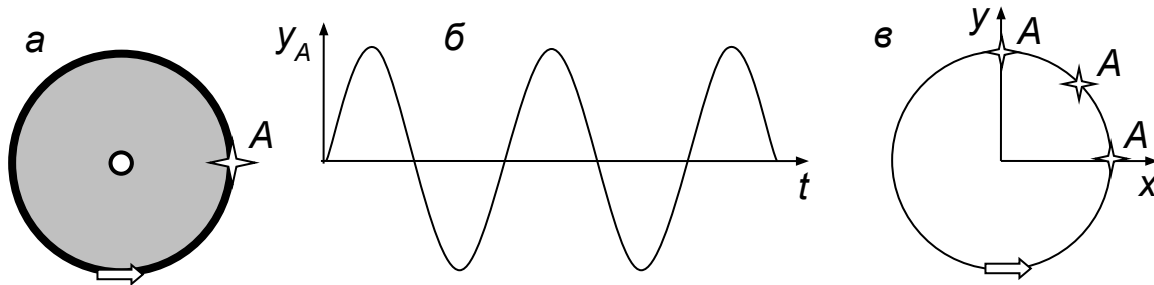


Рис. 1. Пример непрерывного процесса и непрерывной функции. Графическое изображение кругового движения точка A : a – начальное положение, $б$ – график вертикального перемещения $y_A(t)$, $в$ – траектория движения точки A

Анализ и синтез
Дифференцирование и интегрирование

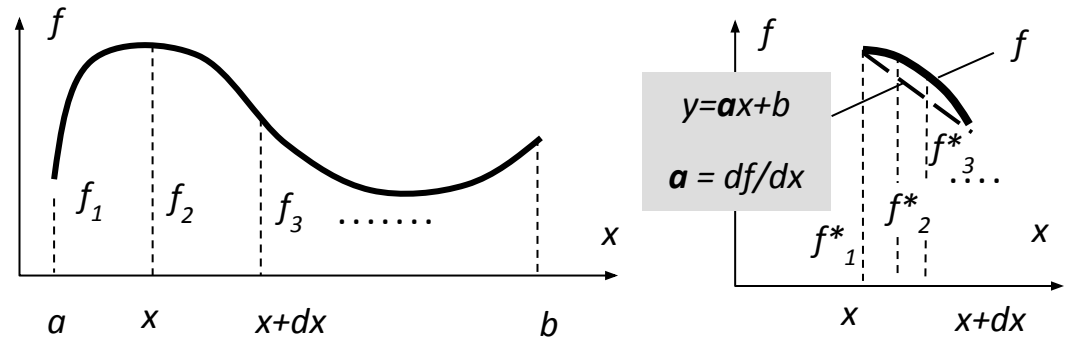


Рис. 2. Основной метод математического анализа непрерывных функций – выделение малой части и приближенная замена на более простую функцию. Коэффициент a при аргументе x называют производной от f в точке x

МЕХАНИКА СПЛОШНЫХ

СРЕД

1. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ – ПЕРЕМЕЩЕНИЯ И ДЕФОРМАЦИИ

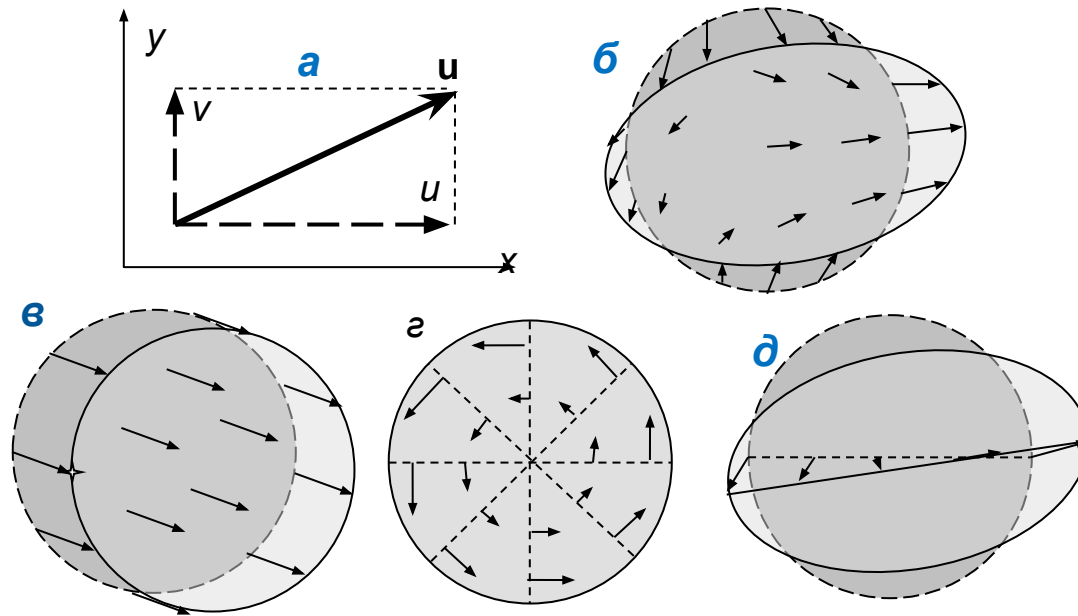


Рис. 3. Образы к геометрическим понятиям моделей сплошных сред – вектор перемещения u и его проекции u , v на оси x , y ; б – поле перемещений при деформировании тела; в, г – смещение и поворот тела как жесткого целого; д – график смещений точек диаметра

ОБРАЗЫ К ОБЪЕМУ ПОНЯТИЯ «ДЕФОРМАЦИЯ»

Дифференцирование

Меры изменения формы на малых участках :
 Линеаризация поля перемещений,
 т.е. функций $u(x, y)$, $v(x, y)$

$$x^* = x + u(x, y), \quad y^* = y + v(x, y)$$

$$u(x, y) = a_1 + b_1 x + c_1 y,$$

$$v(x, y) = a_2 + b_2 x + c_2 y$$

$$\varepsilon_x = b_1 = \frac{\partial u}{\partial x}, \quad \varepsilon_y = c_2 = \frac{\partial v}{\partial y},$$



$$\gamma_{xy} = b_2 - c_1 = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}$$

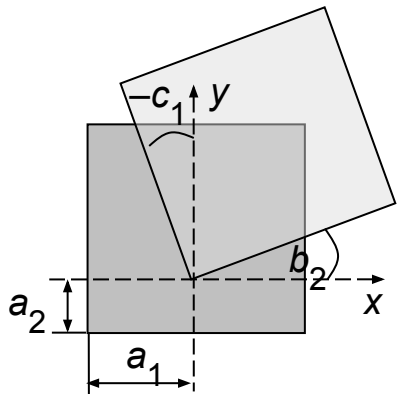


Рис. 4. Составляющие смещения участка тела в линейном приближении

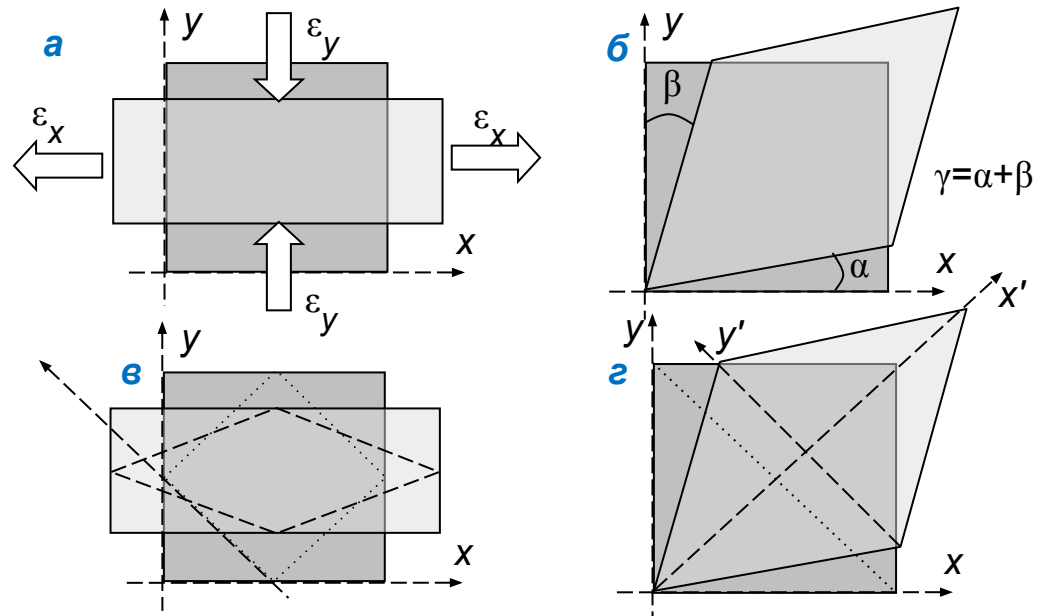


Рис. 5. Линейные ε_x , ε_y (а) и угловая γ (б) меры изменения формы на малом участке тела в линейном приближении. На рис. в, г видно, что эти определения зависят от направления координатных осей

СТАТИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ – СИЛЫ И ИХ ДЕЙСТВИЕ НА ТЕЛА

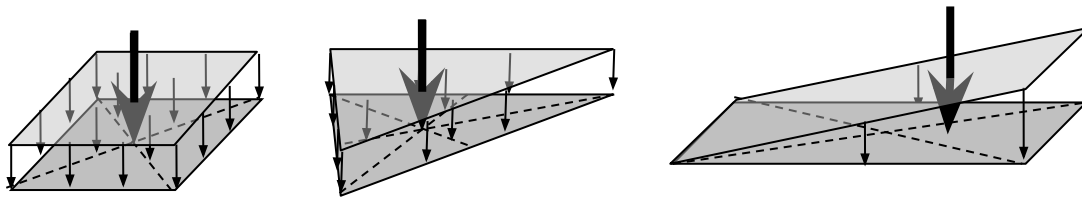


Рис. 6. Поверхностные силы, их равнодействующие силы и точки приложения равнодействующих

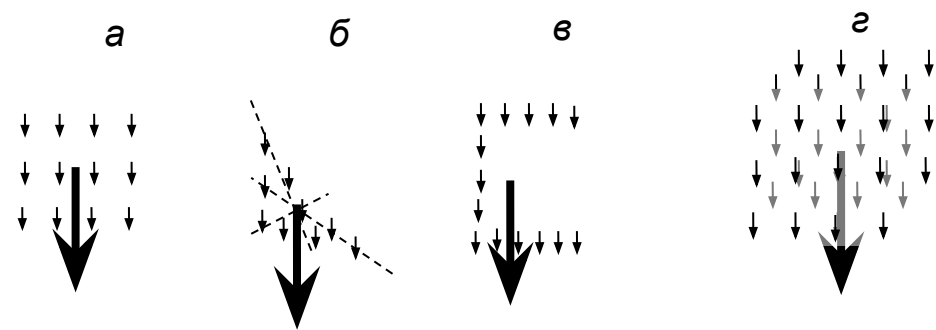
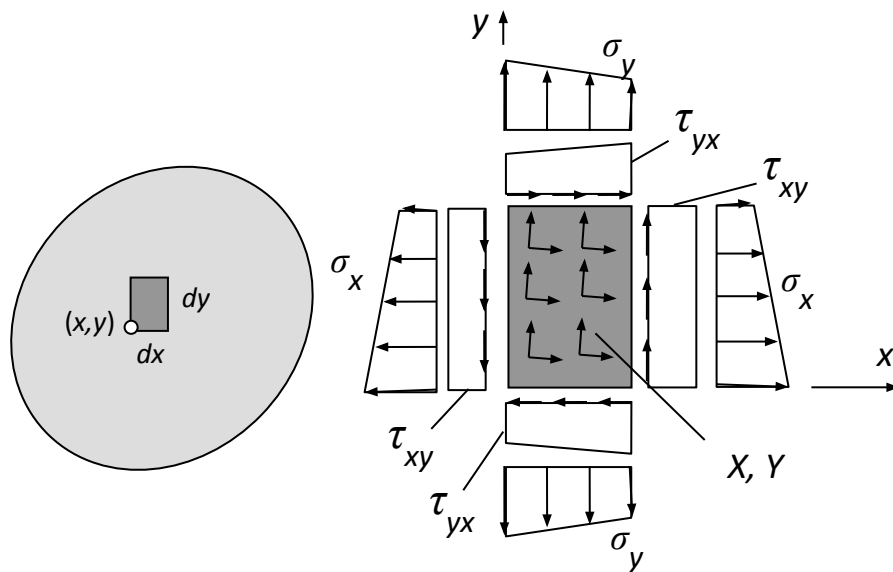


Рис. 7. Поверхностные силы (а, б, в) и объемные (г) и их равнодействующие

Рис. 8. Равновесие элемента сплошной среды под действием распределенных по поверхности элемента внутренних сил (напряжений) и распределенных по объему внешних сил X, Y . За положительные направления напряжений на площадке, внешняя нормаль к которой направлена по оси x или y , приняты направления осей x, y , а на противоположных площадках – в противоположную сторону (действие равно противодействию)

ЕЩЕ РАЗ О РАВНОВЕСИИ. ВНЕШНИЕ И ВНУТРЕННИЕ СИЛЫ

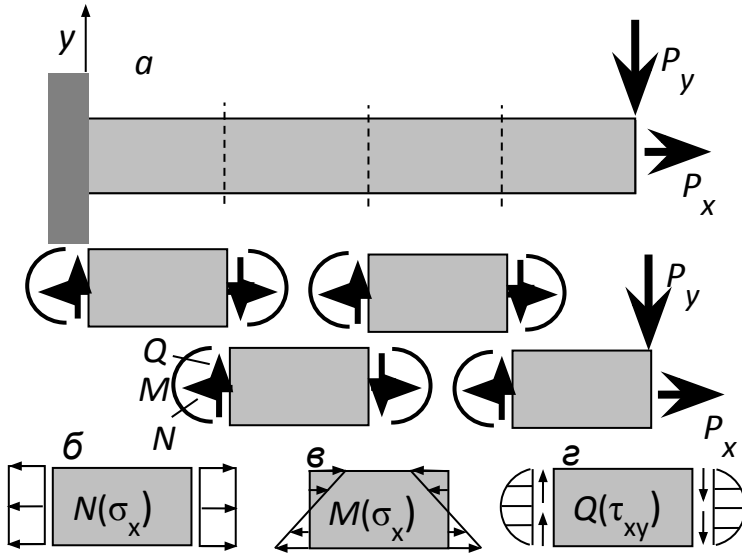


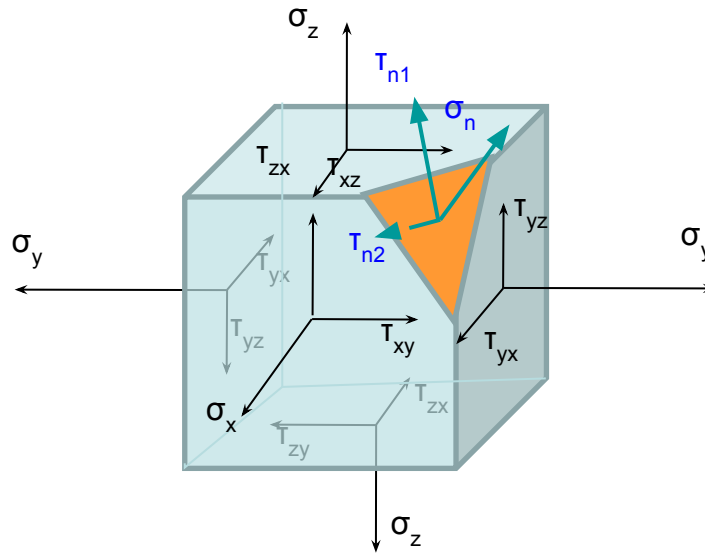
Рис. 9. Внешняя сила P , ее компоненты P_x, P_y ; внутренние силы N (продольная, нормальная к плоскости поперечного сечения) и Q (поперечная, касательная к плоскости сечения), M (изгибающий момент)

b, v, z – характер распределения N, M, Q по высоте сечения стержня.

Действие равно противодействию, справа и слева от отсеченной части они противоположно направлены

Внутренние силы в трехмерном пространстве

Но они же всегда в трехмерном пространстве !?



Здесь показаны **положительные** направления **внутренних** сил

Условия равновесия между напряжениями на координатных и наклонных площадках

Точка А

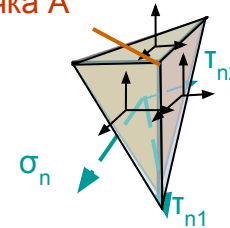


Рис. 1.12. Распределенные по поверхности силы – напряжения на координатных и наклонных площадках

В трехмерном пространстве совокупность внутренних сил в одной точке изображают параллелепипедом (рис. 1.12): на таком рисунке видно, какие силы относятся к каким площадкам, проходящим через точку А. Нельзя все девять компонентов трех векторов напряжений показать в одной и той же точке А, их приходится раздвинуть в центры граней параллелепипеда. Кроме того, на этом же вырезанном их объеме малом параллелепипеде удобно показать положительные направления внутренних сил (напряжений) на противоположных гранях в соответствии с аксиомой о действии и противодействии.

Физические понятия (упругость, пластичность и др.)

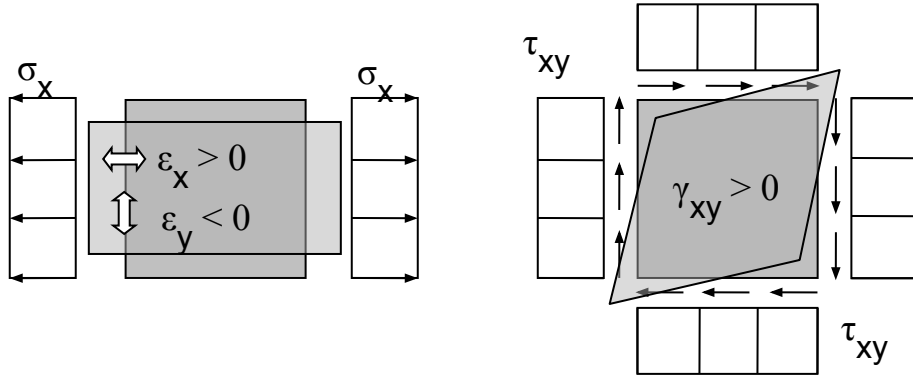


Рис. 10. Наглядное изображение зависимости между напряжениями и деформациями, из которого получаются необходимые формулы

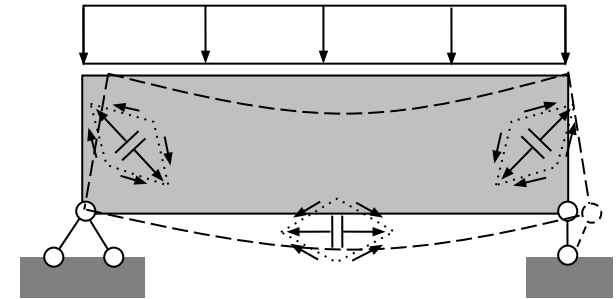


Рис. 11. Места и направления максимальных растягивающих (и касательных) напряжений в изгибаемой балке

Для изотропного **упругого** материала $\epsilon_x = E(\sigma_x - \mu\sigma_y - \mu\sigma_z)$, $\epsilon_y = E(\sigma_y - \mu\sigma_z - \mu\sigma_x)$, $\epsilon_z = E(\sigma_z - \mu\sigma_x - \mu\sigma_y)$, где E - жесткость материала на растяжение и (**модуль упругости** или **модуль Юнга**), а **коэффициент Пуассона** μ ($0 \leq \mu \leq 0.5$) показывает, какую долю от ϵ_x составляют деформации ϵ_y, ϵ_z при действии продольной нагрузки σ_x . Если $\mu=0$, материал не изменяет поперечных размеров при приложении продольной нагрузки. Если $\mu=0.5$, материал несжимаемый, при любых нагрузках не изменяет объема (например, резина).

Другая часть закона связывает угловые деформации с касательными напряжениями (рис. 10, б):

$$\tau_{xy} = G\gamma_{xy}, \quad \tau_{yz} = G\gamma_{yz}, \quad \tau_{xz} = G\gamma_{xz}$$

здесь G называют сдвиговой жесткостью или **модулем сдвига**.

Для изотропного **упругого** материала $G = E / 2(1+\mu)$.

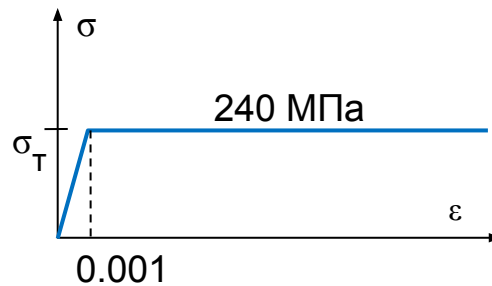


Рис. 12. Упрощенная диаграмма деформирования стали

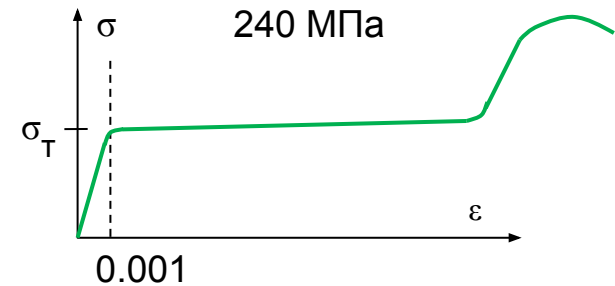


Рис. 13. Реальная диаграмма деформирования стали

Все три стороны задачи (и соответствующие группы уравнений) взаимосвязаны.

Обычно нельзя найти отдельно силы из статических уравнений или перемещения с деформациями из геометрических уравнений.

Обычно нужно совместно решать все три группы уравнений:
геометрические, статические и физические.

Особенности моделирования (т.е. механики) жидкостей и

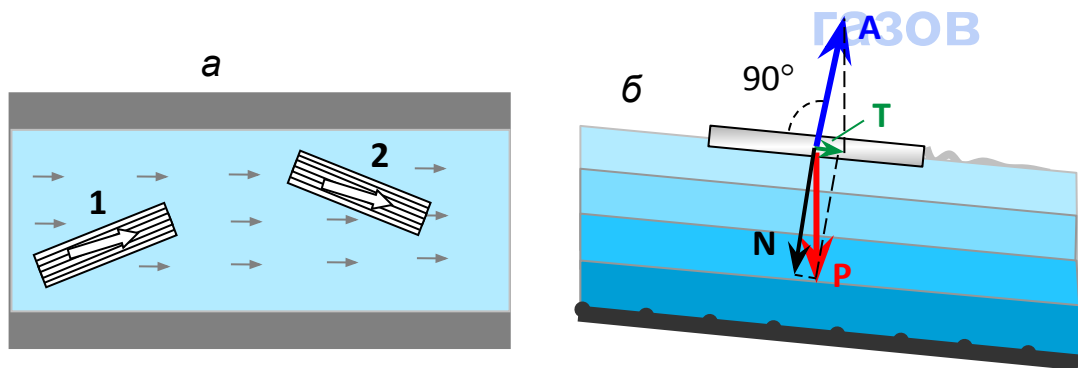


Рис. 1.17. Использование энергии поля тяготения Земли для **управления движением вниз по течению**; а – вид сверху; б – представление силы тяжести плота P как суммы нормальной силы N (перпендикулярной к поверхности реки) и тангенциальной T (касательной к поверхности). При этом N уравнивается силой A (Архимедовой силой давления воды на плот, которая перпендикулярна поверхности), а T вызывает движение вниз по течению. Сопротивление этому движению пропорционально скорости.

Теперь не сомневайтесь, что плот плывет быстрее течения? В положении 1 он приближается к левому берегу, а в положении 2 – к правому

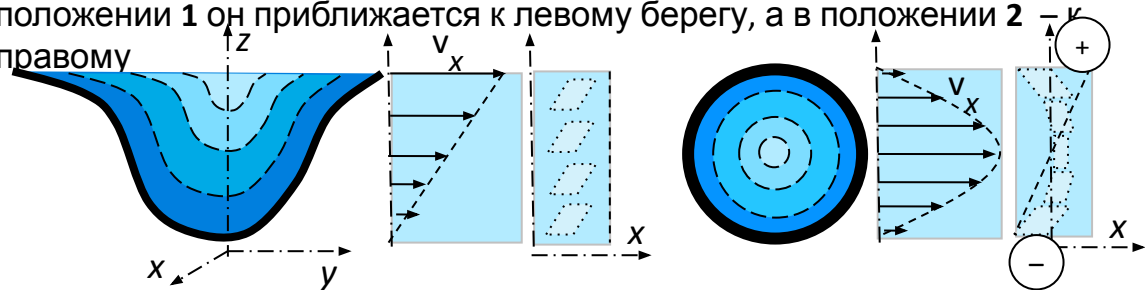


Рис. 13. Распределение скоростей течения и скоростей деформаций сдвига **воды в реке и жидкости в трубе**

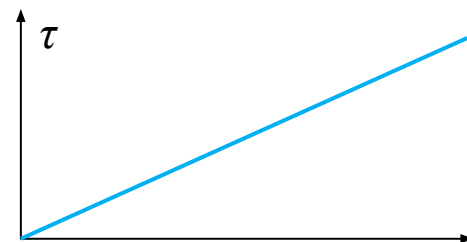


Рис. 12. Диаграмма **скорости деформирования** воды

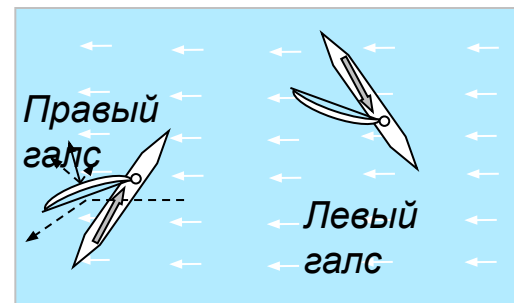
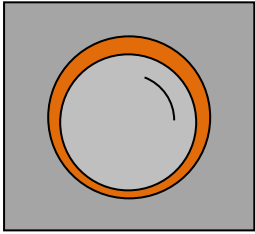


Рис. 15. Использование свойств жидкой среды и **энергии ветра для движения против ветра**



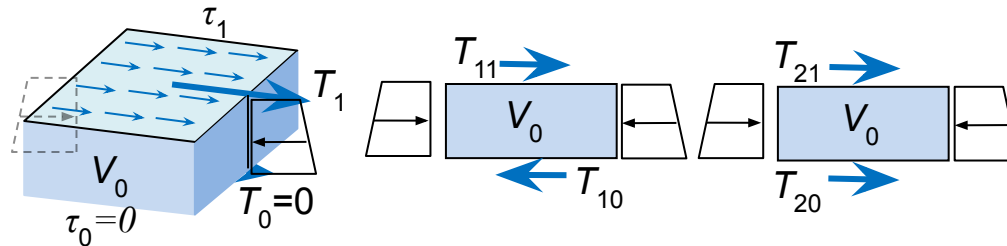
Для смазки нужна вязкость более высокая, чем у воды.

При движении смазывающая жидкость должна достаточно хорошо сопротивляться деформированию, чтобы не успевать выдавливаться из более тонких промежутков между смазываемыми поверхностями (рис. 17а). При этом в тонком слое создается повышенное давление, которое и удерживает вал от дальнейшего смещения в эту сторону.

Модель 2, уточненная: турбулентное течение.

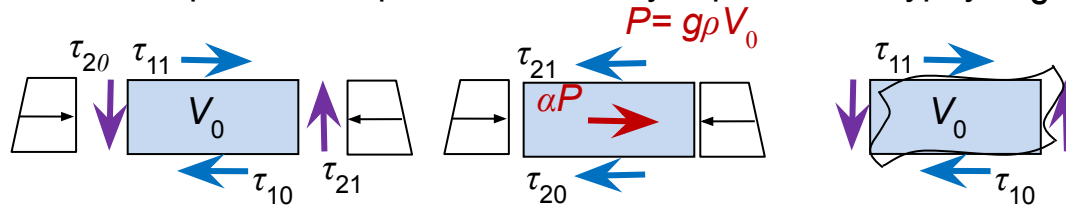
Осборн РЕЙНОЛЬДС (Osborne Reynolds), 1842–1912 . Ирландский инженер-физик.

Все знают: течение реки никогда не бывает спокойным (за исключением очень медленных участков), оно всегда состоит из воронок. Откуда они берутся?

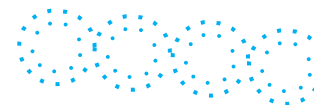
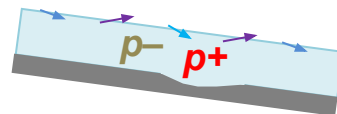


Касательные напряжения стремятся закручивать слои.

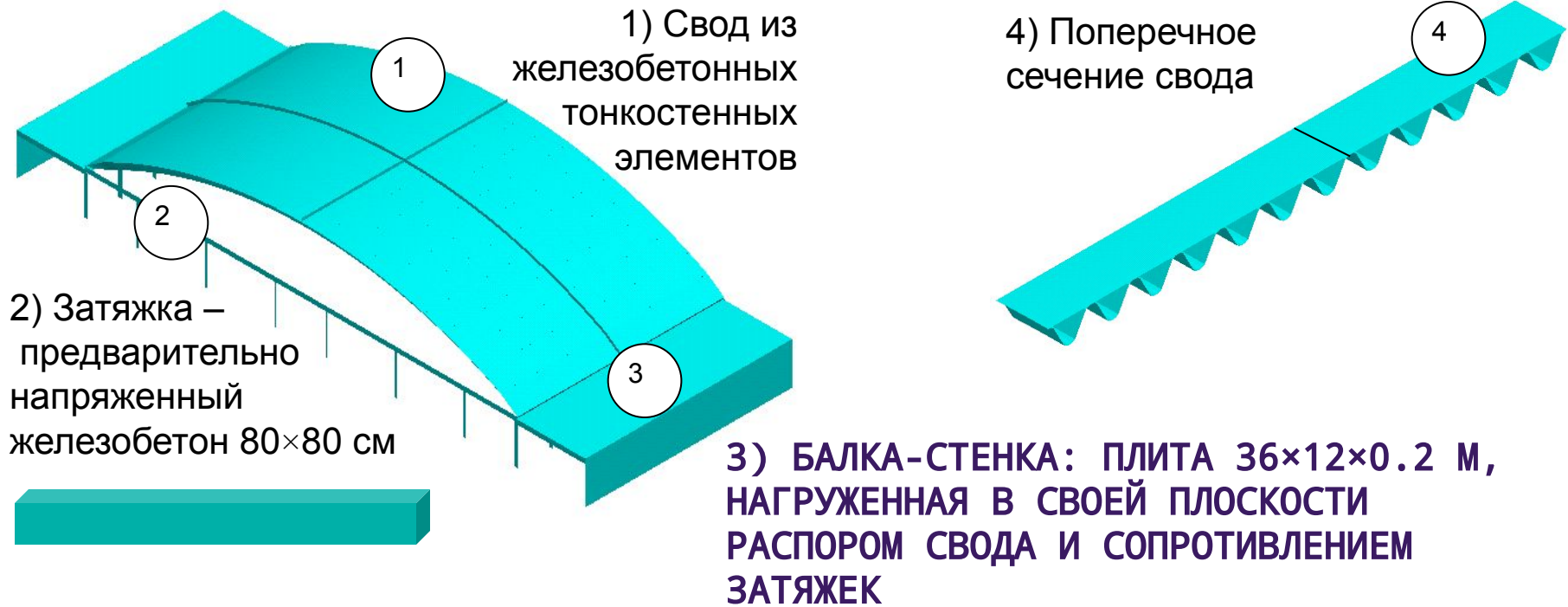
При больших скоростях инерция способствует развитию турбулентности.



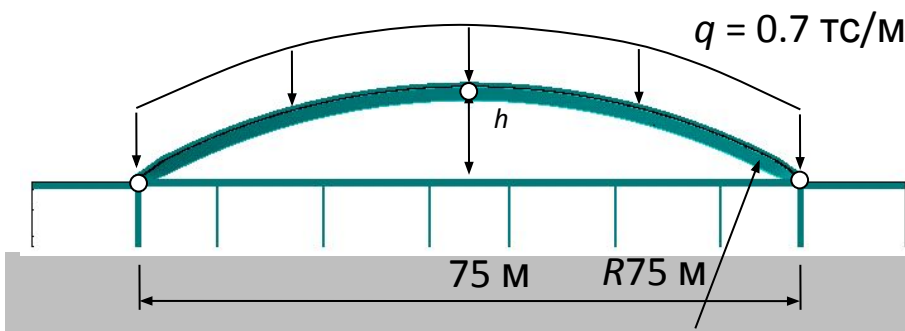
Вихри тормозят друг друга.



ПРОСТЕЙШАЯ МОДЕЛЬ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА: БАЛКА – СТЕНКА, РАВНОВЕСИЕ И ДВИЖЕНИЕ

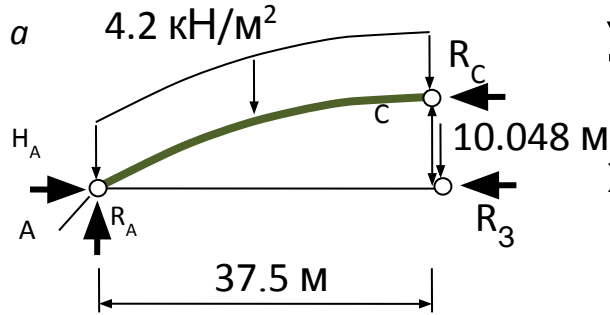


Многоволновой свод покрытия цеха размерами 75м×36м. Общая схема с основными силовыми элементами. Наиболее простые для приближенного моделирования элементы – затяжка (2) и балка-стенка (3), которые сопротивляются распору свода.



Максимально упрощенная модель равновесия

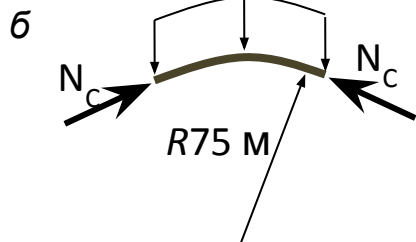
для определения суммарных внутренних сил в основных сечениях. Нагрузка q состоит из собственного веса покрытия с утеплителем и кровлей (420 кгс/м^2) и расчетной снеговой нагрузки (280 кгс/м^2)



Условия равновесия для определения суммарных внутренних сил в основных сечениях

$\Sigma M_A = 0$, $R_C \cong 20 \text{ МН}$, сила в каждой из двух затяжек $R_3 \cong 10 \text{ МН}$.

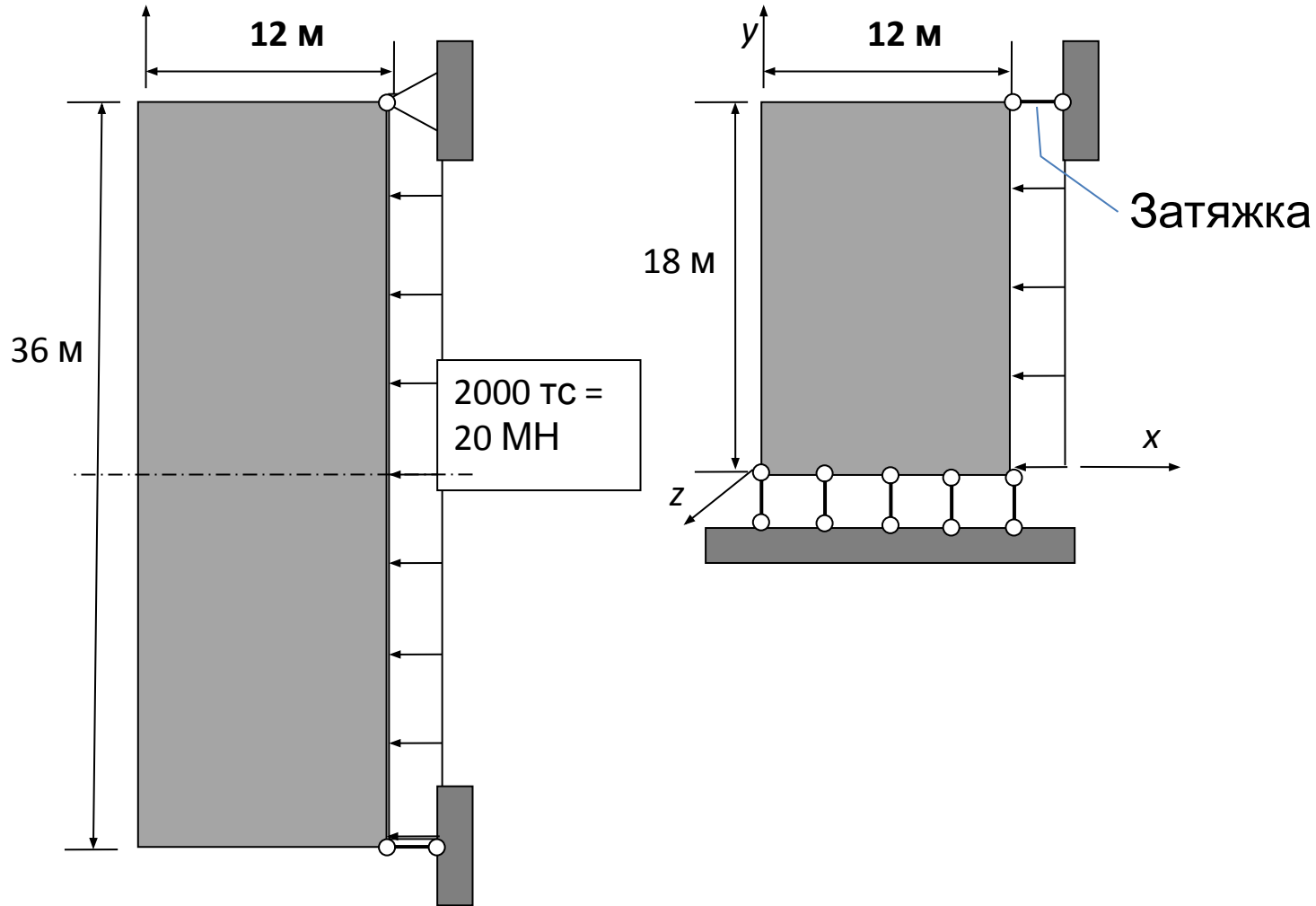
В объем понятия «твердое деформируемое тело» входит и мысленный опыт: какие бывают сооружения, какие на них нагрузки и внутренние силы.

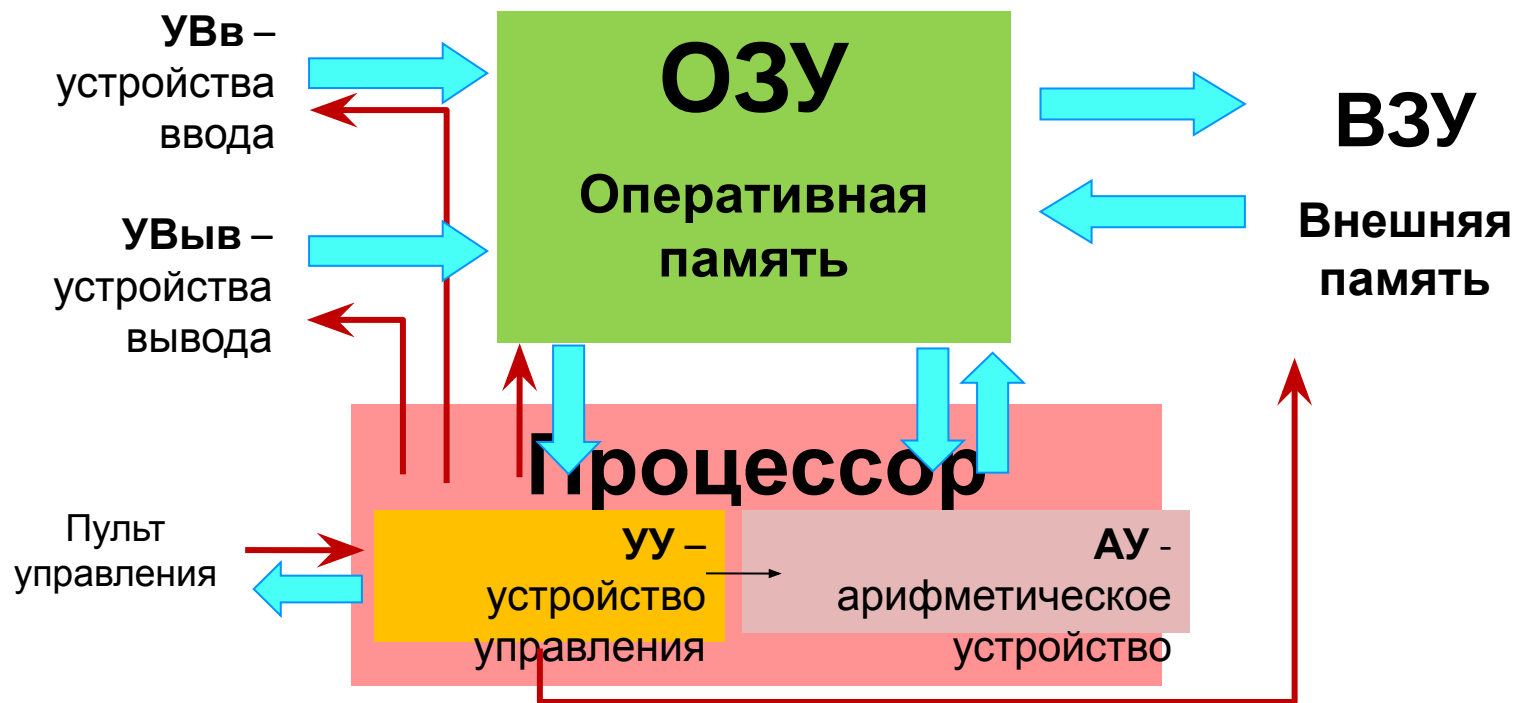


За счет выпуклости вверх арка (свод) может уравнивать поперечную нагрузку изгибающими сжимающими внутренними силами (рис. б)

УПРОЩЕННАЯ МОДЕЛЬ БАЛКИ-СТЕНКИ.

Условия учебной задачи. Учет симметрии.





Принципиальная схема электронного компьютера (ЭВМ) : Дж. Фон Нейман, 1946 г.

→ потоки информации,
 → управляющие сигналы

Поколения ЭВМ

№ поколения, годы	Элементная база	Особенности архитектуры	Особенности программирования	Организация работы
1. 1950 – 55 Урал-2	Электронные лампы	Схема Фон Неймана	В командах ЭВМ	Программист за пультом управления
2. 1955 – 60 IBM/360, Минск, БЭСМ-4	Транзисторы	Схема Фон Неймана	Алгоритмические языки (Алгол, Фортран)	Пакетный режим (за пультом оператор)
3. 1960 – 65 IBM/370, БЭСМ-6	БИС	Параллельная работа внешних устройств	Операционные системы	Пакетный режим, удаленные терминалы
4. 1960 – ... CRAY-1, Эльбрус, IBM PC	СБИС	Параллельная работа нескольких процессоров, сети ЭВМ	Распараллеливание алгоритмов	Пакетный режим, удаленные терминалы, сети ЭВМ
5. 1990 ... (проект, Япония)	СБИС	Дружественность к пользователю.		
ПЕРСОНАЛЬНЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ , ЛОКАЛЬНЫЕ И ГЛОБАЛЬНЫЕ СЕТИ				

ЛЕКЦИЯ 2. Мысленное математическое моделирование простейшего непрерывного процесса – движения

Общепринятые обозначения: v – скорость, a – ускорение, F – сила

«сосредоточенных масс»

В чем простота? – в 1D функциях $u(t)$, $v(t)$, $a(t)$, $F(t)$.

Модель движения сосредоточенной массы - одномерная: ищем закон движения $u(t)$.

Модель равновесия стержня, балки – одномерная: ищем функцию перемещения (прогиба) оси $u(x)$,

или ищем три компонента вектора перемещения $u(x)$, $v(x)$, $w(x)$.

Модель движения стержня – двумерная : ищем функцию $u(x, t)$ или пару функций $u(x, t)$, $v(x, t)$, или тройку функций $u(x, t)$, $v(x, t)$, $w(x, t)$.

Модель равновесия пластины (плиты) с поперечной нагрузкой – двумерная, ищем функцию $w(x, y)$.

Модель движения этой плиты (например, поперечные колебания) трехмерная: ищем функцию $w(x, y, t)$

Объемная модель движения элемента конструкции – четырехмерная, искомые функции $u(x, y, z, t)$, $v(x, y, z, t)$, $w(x, y, z, t)$

Рис. 1. Физический маятник

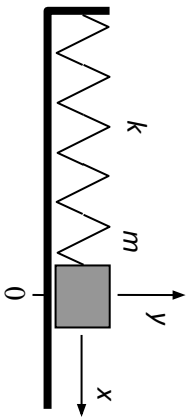


Рис. 2. К составлению уравнений движения

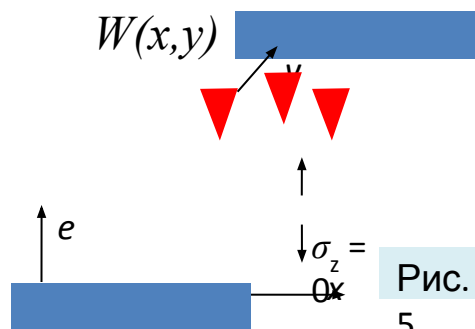
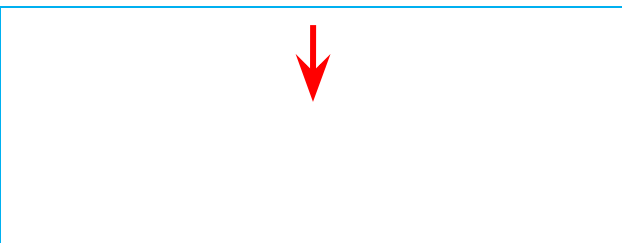
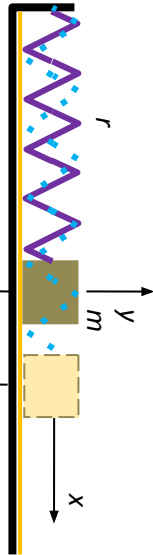


Рис. 5

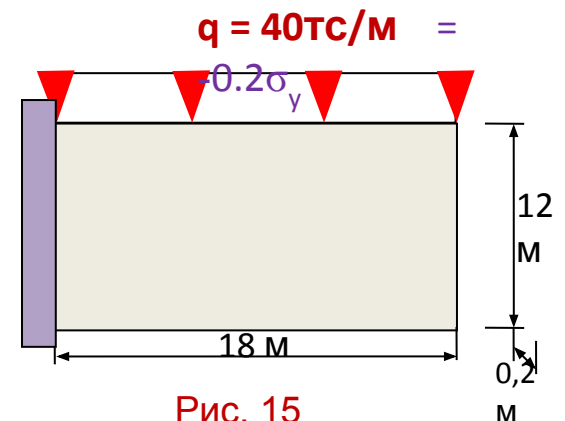


Рис. 15

$$\ddot{u} = \frac{F}{m}; \quad v = \dot{u}; \quad a = \ddot{u}; \quad F = -R \cdot u; \quad \ddot{u} = \frac{-R \cdot u}{m}$$

Дифференцирование процесса движения –
разделение на достаточно малые части dt
с *линейным приближением* на каждой части

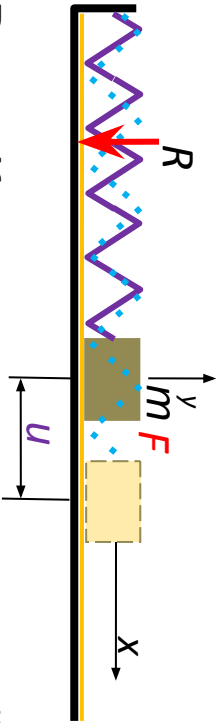


Рис. 2. К составлению уравнений
динамики – **процесса** движения

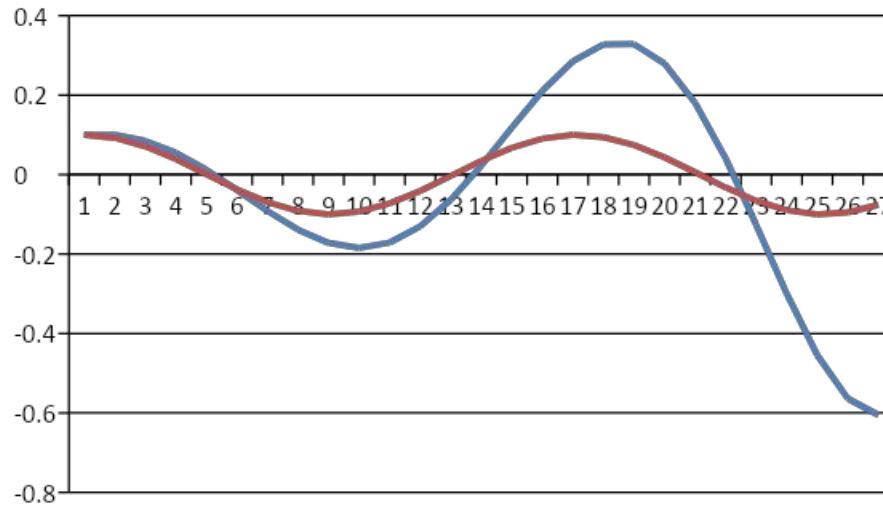
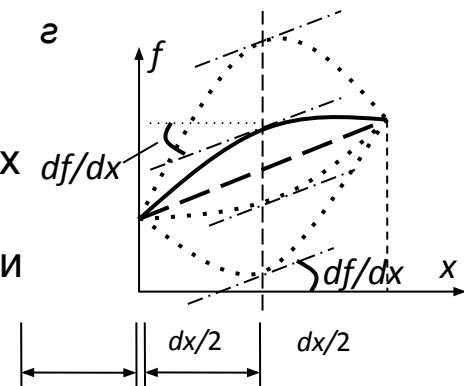
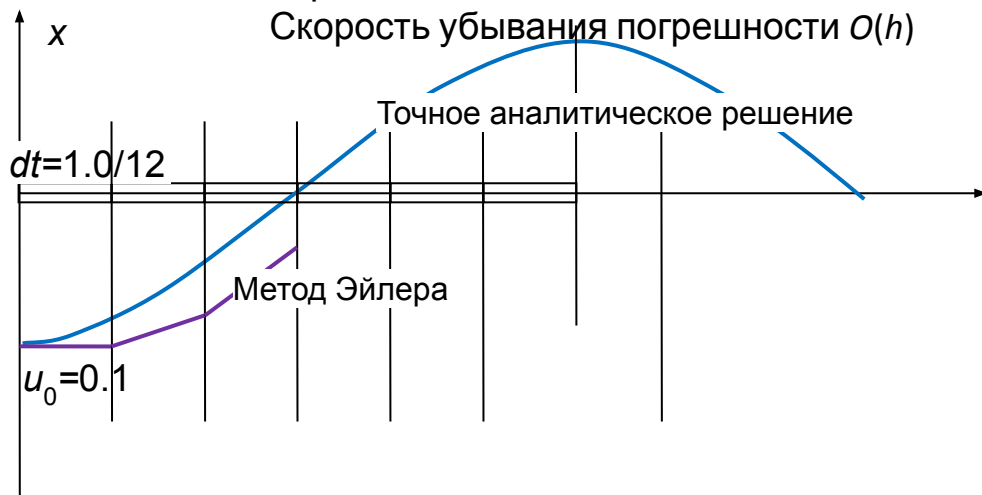


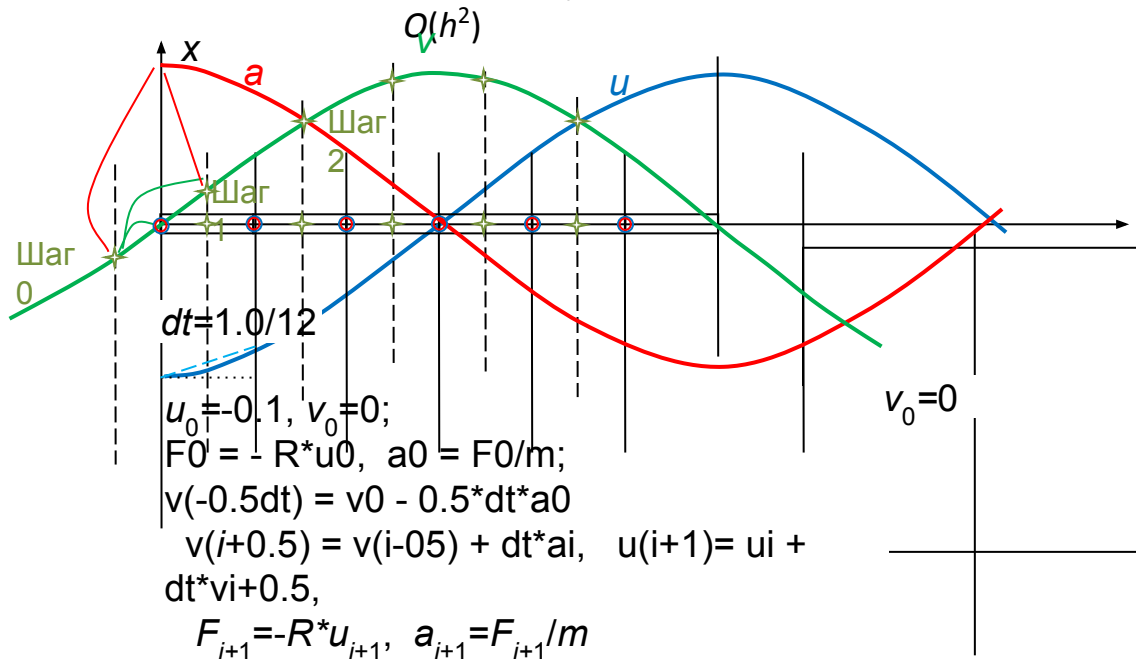
Рис. 3. Напоминание из математического анализа: погрешность определения производной по двум значениям функции убывает со скоростью $O(dx)$ во всех точках интервала dx , а в центре – убывает с повышенной скоростью $O(dx^2)$, как в уточненной модели – при аппроксимации по трем значениям функции f .

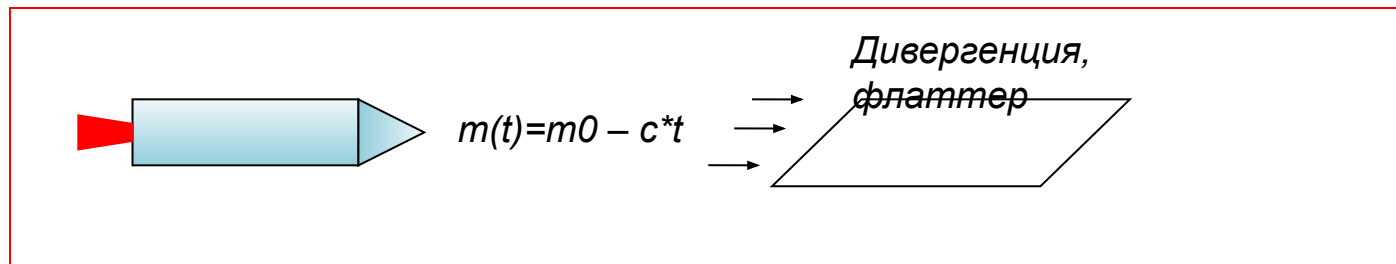
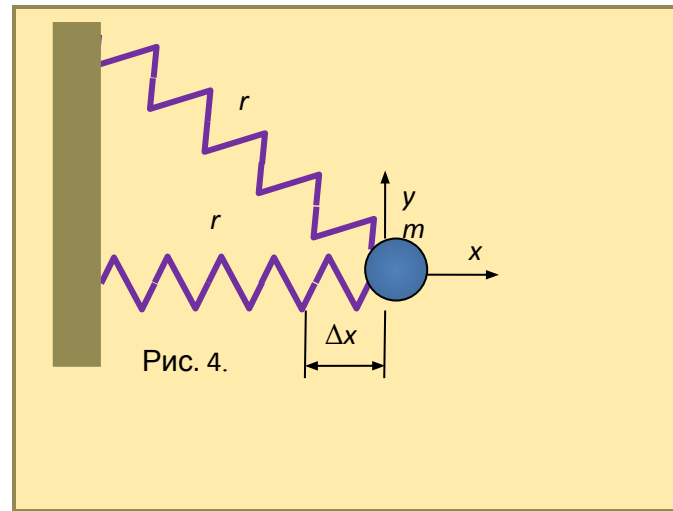
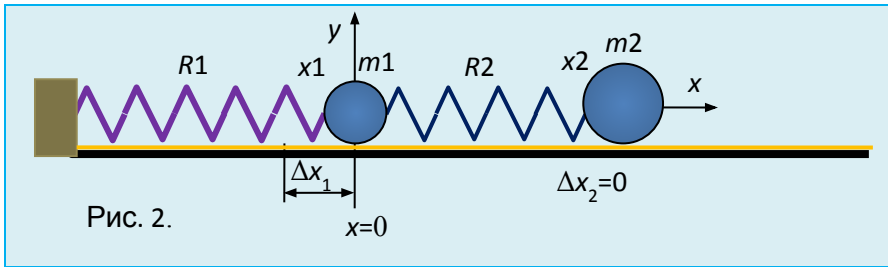


Метод Эйлера. Сходимость 1
 порядка:
 Скорость убывания погрешности $O(h)$



Метод второго порядка,
 скорость убывания погрешности
 $O(h^2)$





3D движение, 1-мерная задача $\mathbf{u}(t) = (u(t), v(t), w(t))$

