

Занятие 18.11

Митина Маргарита

ПОЕДИНОК НА КОРАБЛЕ

Можно представить себе такую обстановку, к которой иные, пожалуй, затруднятся практически применить принцип относительности. Вообразите, например, на палубе движущегося судна двух стрелков, направивших друг на друга свое оружие. Поставлены ли оба противника в строго одинаковые условия? Не вправе ли стрелок, стоящий спиной к носу корабля, жаловаться на то, что пущенная им пуля полетит медленнее, чем пуля противника?

Конечно, по отношению к поверхности моря пуля, пущенная против движения корабля, летит медленнее, чем на неподвижном судне, а пуля, направленная к носу, летит быстрее. Но это нисколько не нарушает условий поединка: пуля, направленная к корме, летит к мишени, которая движется ей навстречу, так что при равномерном движении судна недостаток скорости пули как раз восполняется встречной скоростью мишени: пуля же, направленная к носу, *догоняет свою мишень*, которая удаляется от пули со скоростью, равной избытку скорости пули. В конечном итоге обе пули *по отношению к своим мишеням* движутся совершенно так же, как и на корабле неподвижном.

Не мешает прибавить, что все сказанное относится только к такому судну, которое идет по прямой линии и притом с постоянной скоростью.

Здесь уместно будет привести отрывок из той книги Галилея, где был впервые высказан классический принцип относительности (книга эта, к слову сказать, едва не привела ее автора на костер инквизиции).

Заклучите себя с приятелем в просторное помещение под палубой большого корабля. Если движение корабля будет равномерным, то вы ни по одному действию не в состоянии будете судить, движется ли корабль, или стоит на месте. Прыгая, вы будете покрывать по полу те же самые расстояния, как и на неподвижном корабле. Вы не сделаете вследствие быстрого движения корабля больших прыжков к корме, чем к носу корабля, — хотя пока вы находитесь в воздухе, пол под вами бежит к части, противоположной прыжку. Бросая вещь товарищу, вам не нужно с большею силою кидать ее от кормы к носу, чем наоборот... Мухи будут летать во все стороны, не держась преимущественно той стороны, которая ближе к корме...

Теперь понятна та форма, в которой обычно высказывается классический принцип относительности: «все движения, совершающиеся в какой-либо системе, не зависят от того, находится ли система в покое, или перемещается прямолинейно и равномерно»¹.

Закон говорит только о движениях, а не о физических явлениях вообще. Если вы вооружите наших воображаемых стрелков не револьверами, а, например, источниками лучей света, то поставите перед физиками задачу о движении луча света в перемещающейся системе. Задача эта разрешается учением Эйнштейна².

¹ Сегодня это утверждение (касающееся только законов классической механики) мы называем принципом относительности Галилея.

² Принцип относительности Эйнштейна гласит, что в инерциальных системах отсчета *все* физические процессы протекают одинаково, то есть применим и к явлениям электродинамики и оптики.

АЭРОДИНАМИЧЕСКАЯ ТРУБА

На практике иной раз оказывается чрезвычайно полезным заменять движение покоем и покой движением, опираясь на классический принцип относительности. Чтобы изучить, как действует на самолет или автомобиль сопротивление воздуха, сквозь который они движутся, обычно исследуют «обращенное» явление: действие движущегося потока воздуха на покоящийся самолет. В лаборатории устанавливают широкую аэродинамическую трубу (рисунок 5), устраивают в ней ток воздуха и изучают его действие на неподвижно подвешенную модель аэроплана или автомобиля. Добытые результаты непосредственно прилагают к практике, хотя в действительности явление протекает как раз наоборот: воздух неподвижен, а аэроплан или автомобиль прорезают его с большой скоростью.

Читателю будет интересно узнать, что одна из величайших в мире аэродинамических труб устроена у нас в Москве, в Центральном аэрогидродинамическом институте. Она имеет восьмиугольную форму; длина ее 50 м, а поперечник в рабочей части — 6 м. Благодаря таким размерам в ней умещается не уменьшенная лишь модель, а корпус настоящего аэроплана с пропеллером или целый автомобиль в натуральную величину¹.

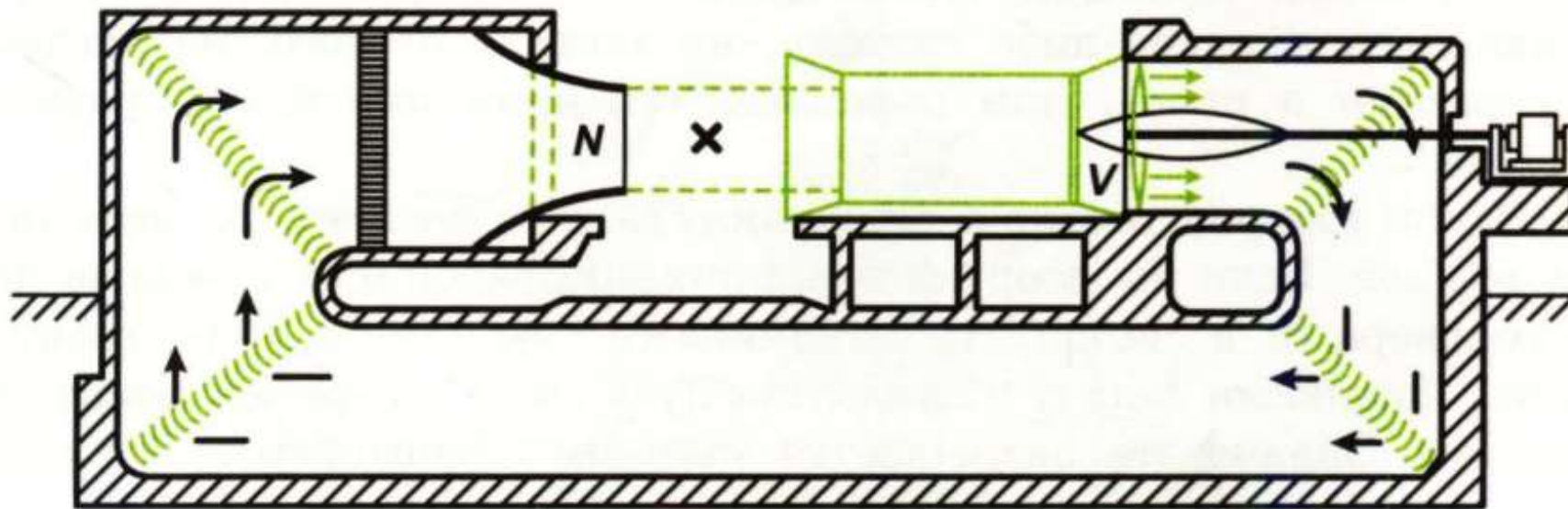


Рис. 5. Аэродинамическая труба в разрезе

Модель крыла или самолета подвешивается в рабочем пространстве (X). Воздух, засасываемый вентилятором V, движется в направлении, указанном стрелками, выбрасывается в рабочее пространство через суживающийся насадок N и затем опять засасывается в трубу.

¹ В 1939 году в ЦАГИ была запущена крупнейшая в Европе дозвуковая аэродинамическая труба Т-101 еще бóльшего размера. На рисунке показано упрощенное изображение ранних установок. Теперь существуют и вертикальные

Отличие спойлера от антикрыла - YouTube

- Посмотрите видео для полного понимания.

НА ПОЛНОМ ХОДУ ПОЕЗДА

Другой пример плодотворного применения классического принципа относительности возьмем из железнодорожной практики. Тендер¹ нередко пополняется водой на полном ходу поезда. Достигается это остроумным «обращением» одного общеизвестного механического явления, а именно: если в поток воды погрузить отвесно трубку, нижний конец которой загнут против течения (рисунок 6), то текущая вода проникает в эту так называемую «трубку Пито» и устанавливается в ней выше уровня потока на определенную величину H , зависящую от скорости течения. Инженеры «обратили» это явление: они двигают загнутую трубку в *стоячей* воде, — и вода в трубке поднимается выше уровня водоема. Движение заменяют покоем, а покой — движением.

Осуществляют это так, что на станции, где тендер паровоза должен, не останавливаясь, запастись водой, устраивают между рельсами длинный водоем в виде канавы. А с тендера спускают изогнутую трубу, обращенную отверстием в сторону движения. Вода, поднимаясь в трубе, подается в тендер быстро мчащегося поезда (рисунок 6).

Трубка Пито, трубка Прандтля - YouTube

- Посмотрите видео для полного понимания.

Как высоко может быть поднята вода этим оригинальным способом? По законам той отрасли механики, которая носит название гидравлика и занимается движением жидкостей, вода в трубке Пито должна подняться на такую же высоту, на какую взлетело бы вверх тело, подброшенное отвесно со скоростью течения воды, а эта высота (H) определяется формулой:

$$H = \frac{V^2}{2g},$$

где V — скорость воды, а g — ускорение силы тяжести, равное $9,8 \text{ м/с}^2$. В нашем случае скорость воды по отношению к трубе равна скорости поезда; взяв скромную скорость 36 км/ч , имеем $V = 10 \text{ м/с}$: следовательно, высота поднятия воды

аэродинамические трубы, в которых воздух движется вверх. В таких трубах, например, тренируют спортсменов-парашютистов.

¹ Тендер — особого устройства вагон с запасом топлива и воды, прицепляемый к паровозу. Не используется в электропоездах.



$$v = v_1 + v_2$$
$$v = v_1 - v_2$$



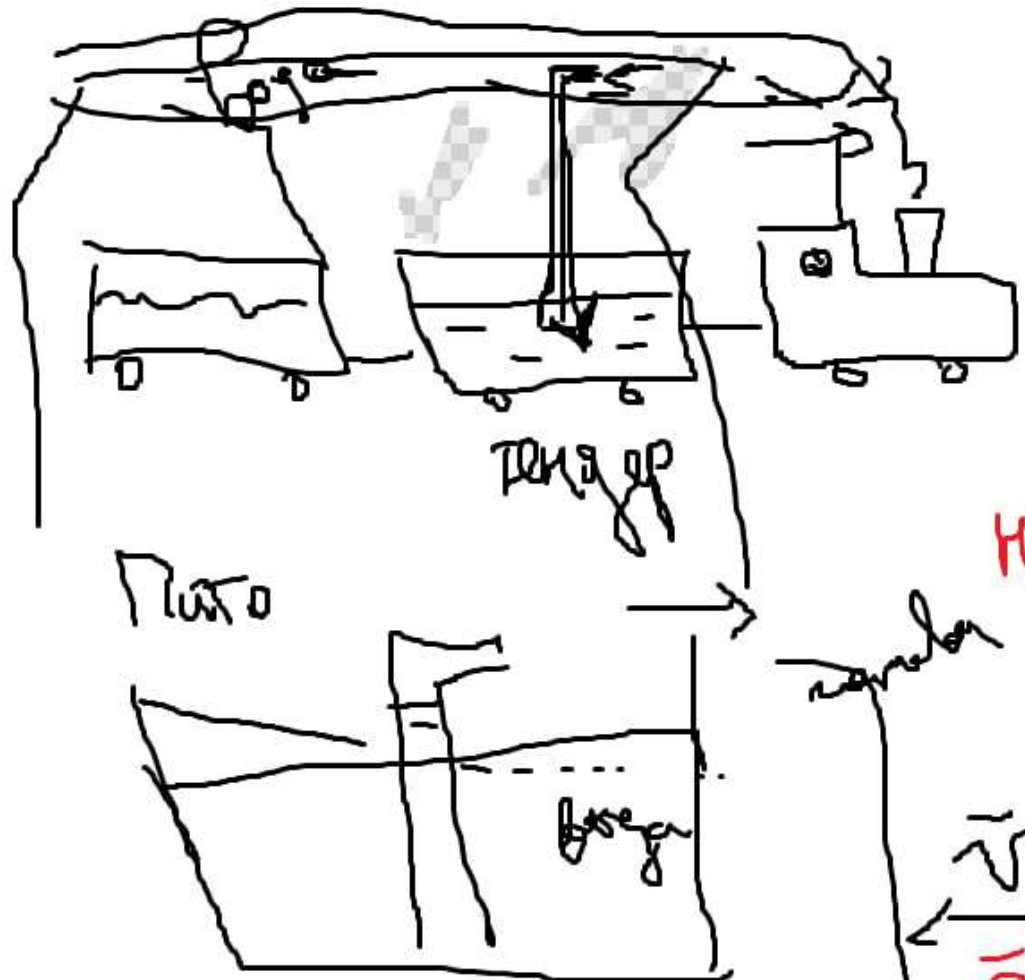
1 Чертежи ←

2 Материал

3 Модель (каркас)

4 Испытания

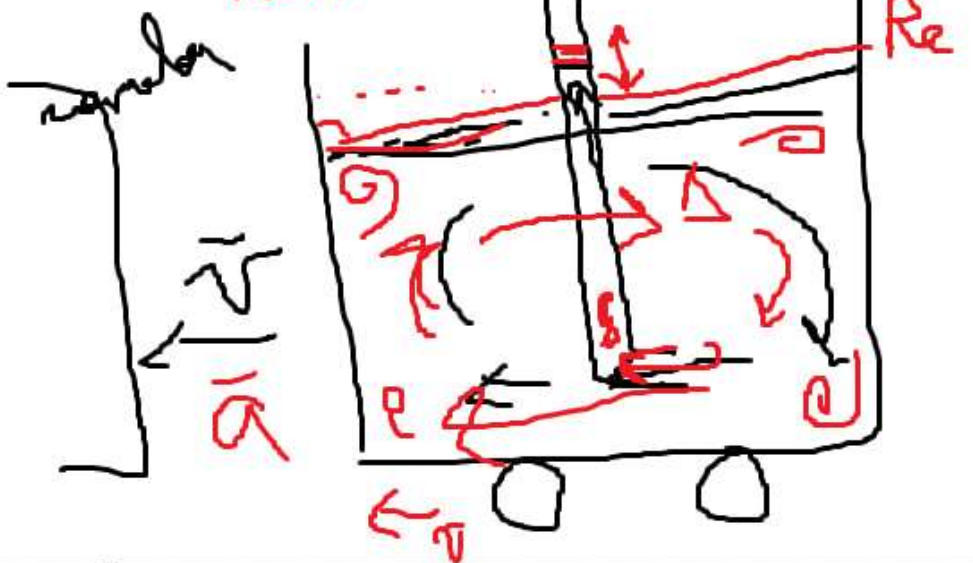
→ 5 Изготовление



$$g = \frac{v}{c^2} \cdot \frac{1}{\rho}$$

$$V = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{1}{c^2}$$

Mab: Groke



Спасибо за внимание!