



ЛЯХОВ Владимир Николаевич
Председатель, к.т.н., МИФИ
8 926 532 7174
8 915 2626 780

Добро пожаловать!



Часть 1. Тяга или напор в печи и трубе?



UNION of experts
- Saunas & Stoves



ГИЛЬДИЯ Мастеров - Печи и Бани

МАСТЕРА установят печь, обустроят парилку и сдадут её "под веник", попарив Заказчика.

GORNILO.ru

BanOstrov.ru

VeloTandem.ru

2005 - 2017

Есть печники, которые считают, что понимать физ.процессы в печи им не надо. Мол, это всё теория, а им надо знать материалы (кирпичи, смеси, растворы и т.д.), технологии и технич. решения.

Кроме кладки кирпичей ещё надо уметь взаимодействовать с Заказчиком, архитектором и дизайнером, которые определяют обычно весь порядок дел для печника.

После окончания работы печник поджигает газету в топливнике, показывает наличие тяги, и, считается, что печь «работает». Как говорит один из самых строгих почитателей ГОСТов и СНиПов – Сергей Несов: «Кирпич на кирпич, гони бабка магарыч!».

А что такое **тяга**, почему её надо «возбуждать», почему она исчезает или становится «обратной», как она влияет на работу печи – это всё праздная, мол, теория (печник Воднев Ю. – в пересказе).

Когда дует лёгкий ветерок, то иногда говорят, что «тянет ветерок».

В этом случае не подразумевают, что воздух кто-то или что-то «тянет».

Но многие печники уверены, что дымовые газы что-то тянет, и это называют «тягой».

Мол, нагретый лёгкий дым.газ всплывает и «тянет» за собой всё остальное, и в результате этого внизу печи (в поддувале) образуется разрежение.

Между тем, этот вопрос оказывается был рассмотрен в 18 веке великим русским учёным Ломоносовым Михайло Васильевичем, и дан исчерпывающий ответ.

Почему же опять и опять начинают говорить о «тяге»?

Более того, утверждают, что если в чистом поле поставить трубу вертикально, то в ней будет «тяга» (печник Курин С., физик по образованию).



На Форуме при этом возразили:

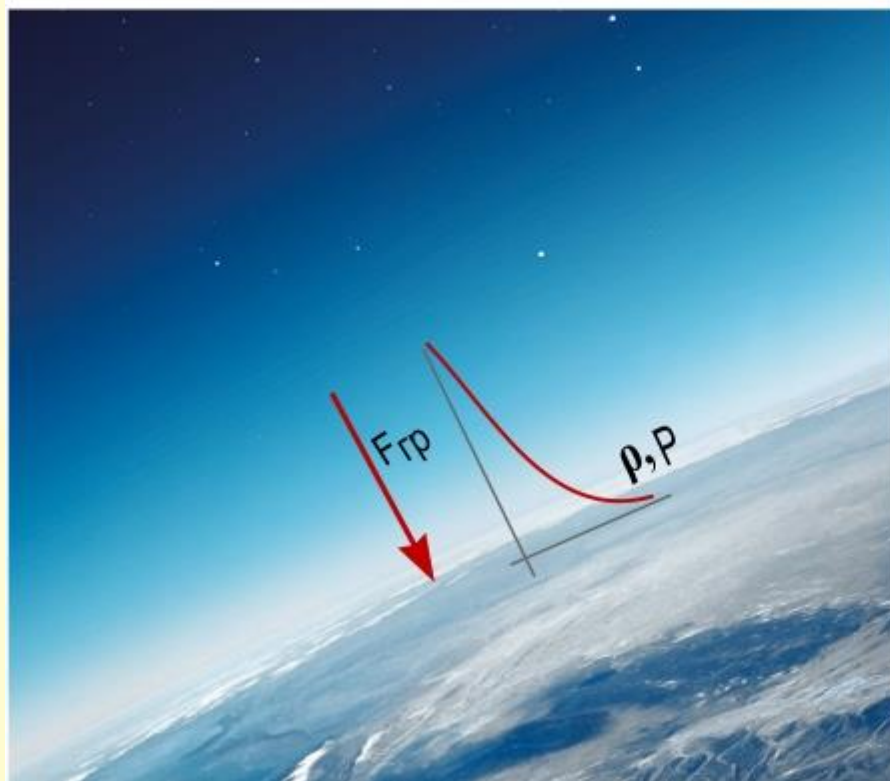
Тогда на выходе трубы можно поставить ветряк и получать энергию бесплатно!

Интересно, что в 2006 г. вопрос о «тяге» задал Сергей Серёгин - председ. РПО (Рус. печное общ-во) на форуме печников.

Попробуем разобраться в истории вопроса о тяге и деталях этого физ.процесса.

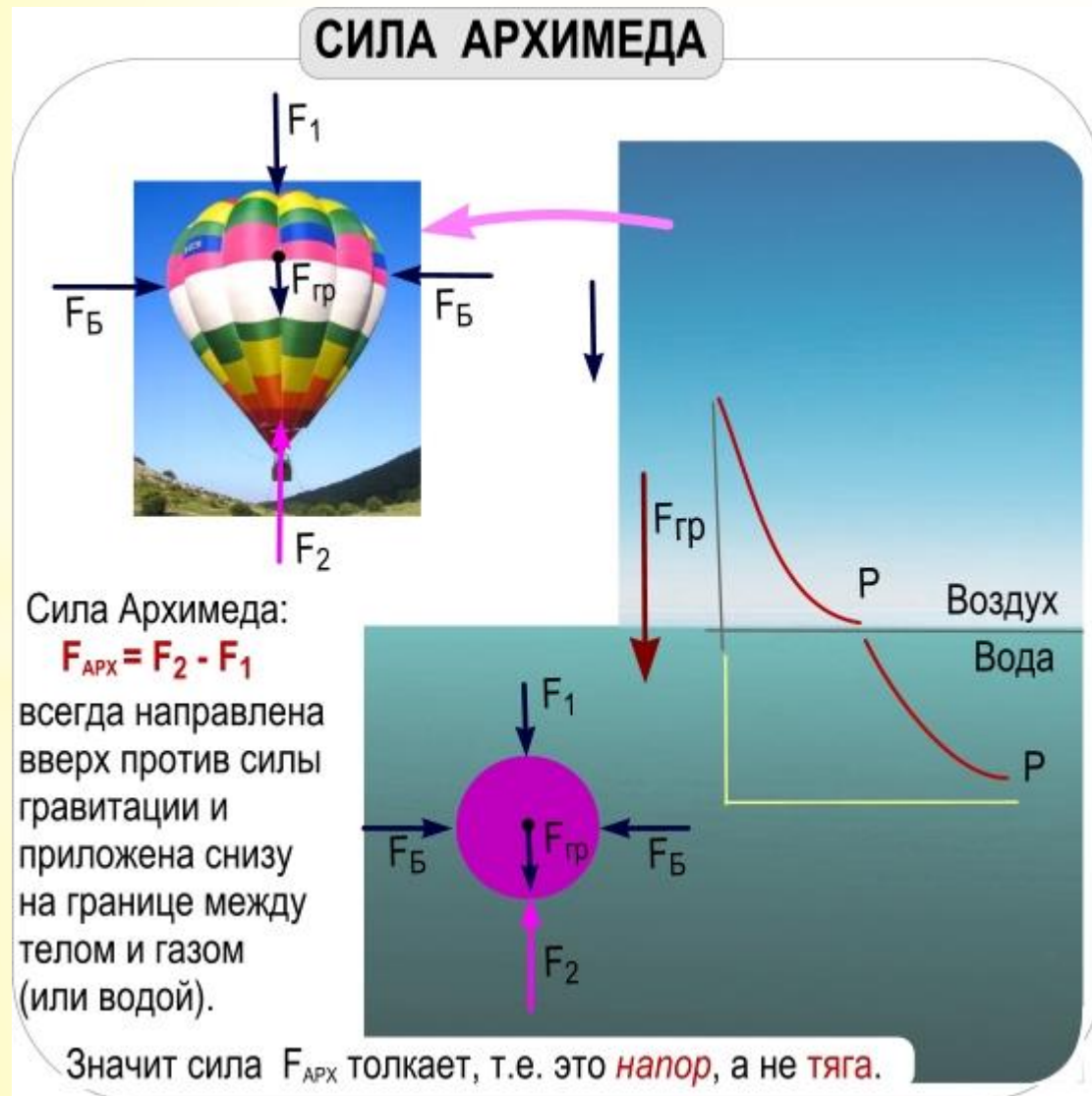
СИЛА ГРАВИТАЦИИ ФОРМИРУЕТ АТМОСФЕРУ

На рис. показана планета Земля и вокруг неё атмосфера, которая силой гравитации $F_{гр}$ уплотняется по мере приближения к поверхности Земли. При этом растёт плотность ρ и давление P - и в воздухе, и в воде.



- Сила гравитации $F_{гр}$ направлена к центру Земли.
- Силы давления действуют на преграды в любом направлении.

Уточнение смысла 3-на Архимеда.



- Сила гравитации $F_{гр}$ направлена к центру Земли.
- Силы давления действуют на преграды в любом направлении.

Понятие тяги в печи

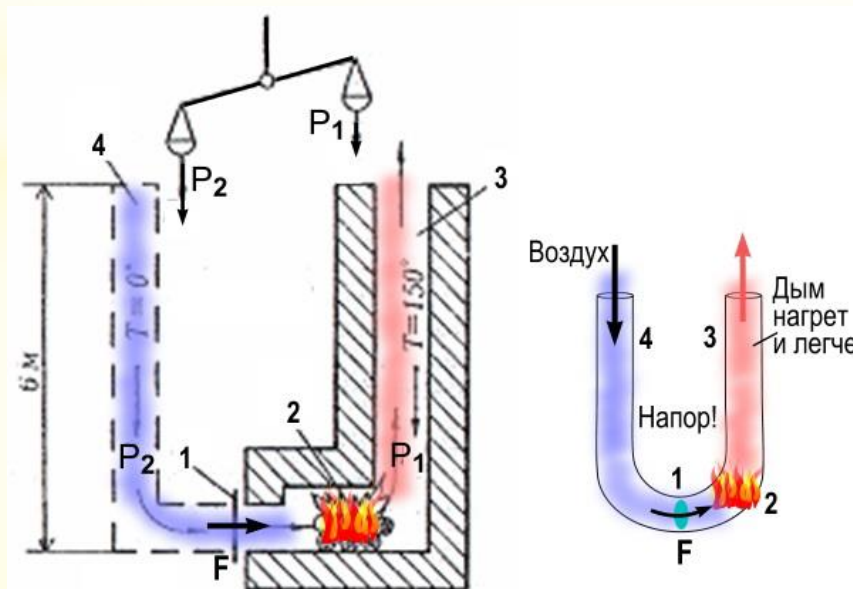
<http://forum.stovemaster.ru/viewtopic.php?p=8749#8749>

Серёгин Сергей Иванович

Сб 15 Июль 2006, 23:03.

Прошу помощь у специалистов по физическому смыслу и понятию - ТЯГА.
Сегодня заспорили при обсуждении о замерах тяги и поняли, что мы плаваем в этом вопросе.

И. Подгородников "Печь всему голова"



Вес P_2 (столб хол. воздуха) больше, чем P_1 (столб горячих дым. газов)

P_1 - вес столба дымовых газов;
 P_2 - вес столба холод. воздуха;
 P_3 - сила тяги;
1 — топочная дверца ,
2 — топливник;
3 — дымовая труба;
4 — столб наружного воздуха.

И. Подгородников "Печь всему голова"

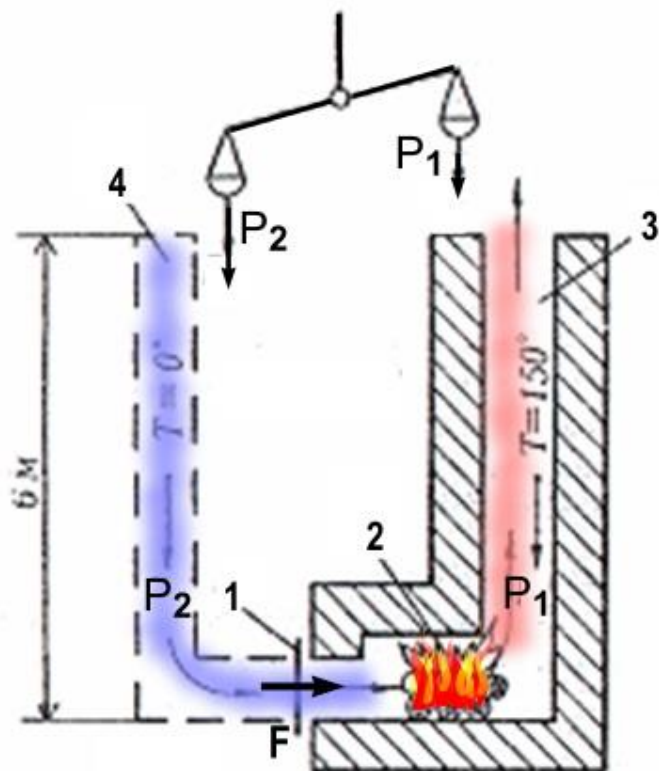
Представим объём печных газов в виде горячего столба с $T=150^{\circ}\text{C}$ и весом P_1 (рис.).

В печи же $T_{\text{сред}}=200..300^{\circ}\text{C}$, а в трубе около 150°C .

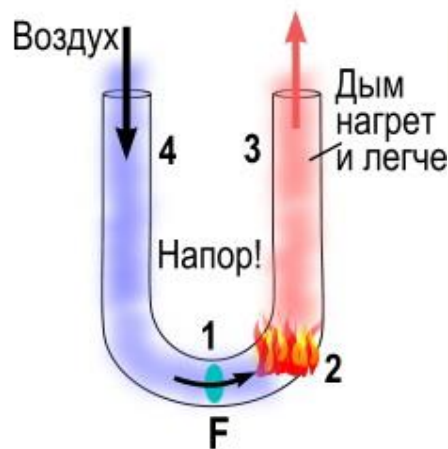
Равный ему по объёму холодный столб с $T_{\text{возд}}=0^{\circ}\text{C}$ и весом P_2 поместим рядом с печью.

Сравним действие их весов с двух сторон на условную плоскость 1

Мы увидим, что сила действия на нее F будет равна разности весов $P_2 - P_1$, и направлена от большего веса к меньшему, то есть в сторону дымовой трубы.



Вес P_2 (столб хол. воздуха) больше, чем P_1 (столб горячих дым. газов)



Здесь Подгородников не использовал слова «тяга». Сила F создаёт **напор** в сторону топливника.

Ломоносов М. В. о выдавливании (напоре).

Посещая уральские рудники, Ломоносов М. В. обратил внимание на воздух, идущий из шахт.

Вот что пишет о нём Владимир Ефимович Грум-Гржимайло.

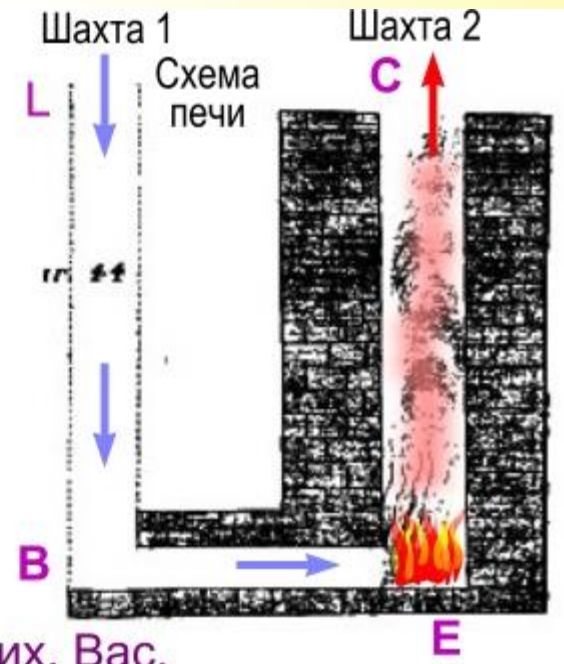


Рис. Ломоносова Мих. Вас.

"В своей диссертации "О вольном движении воздуха, в рудниках примеченном" (1742) он дал кристально ясную мысль о движении воздуха в рудниках и дымовых трубах. Его теория **выдавливания тяжелым**, холодным, наружным воздухом **теплого дыма** была прекрасно усвоена всем миром. Но на этом дело и остановилось. В дальнейших попытках дать объяснение движению газа в печах запуталось слово "тяга", грамматически абсурдное, ибо глагол **тянуть** предполагает связь между силой и предметом, который тянется. Тяги в печах и дымовых трубах нет: **есть выдавливание** теплого воздуха дыма тяжелым воздухом, и на это верно указал М.В. Ломоносов; ни разу не употреблявший слово "тяга".

Виктор Сычков 2015 Апр 27 <http://www.pechnik56.ru/index/0-3> г. Новотроицк Оренбургской обл. тоже понял и цитирует Ломоносова. (Они – «ломоносовцы»)



Сергей Кириллов
(не Ломоносовец)

Евгений привел совершенно правильное объяснение и примеры по **тяге**. Просто, все это частные случаи.

Если посмотреть картину процесса в целом, то **тяга** - это ни что иное, как следствие 3-на Архимеда.

В атмосфере (воздушном океане) все, что легче воздуха **всплывает**, а подъемная сила пропорциональна плотности объекта (?) (в нашем случае газа) и его объему. Не важно воздух ли это, топочный газ и др.

Воздух, нагреваясь у поверхности Земли **всплывает** наверх, а его место занимает более холодный, который "подтекает" из более холодных областей - получаем такое природное явление как Ветер.

Более легкий топочный газ **всплывает** в печной трубе, а на его место **засасывается** воздух из комнаты - получаем **тягу** в печи. А в поддувале – разрежение.

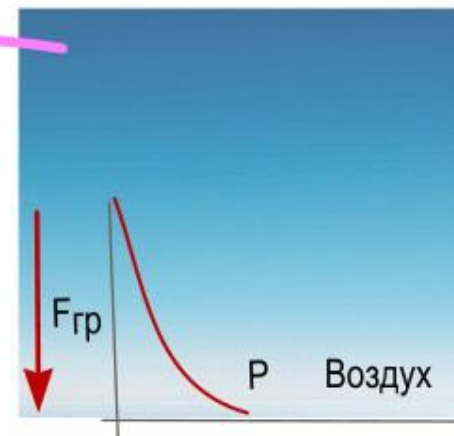
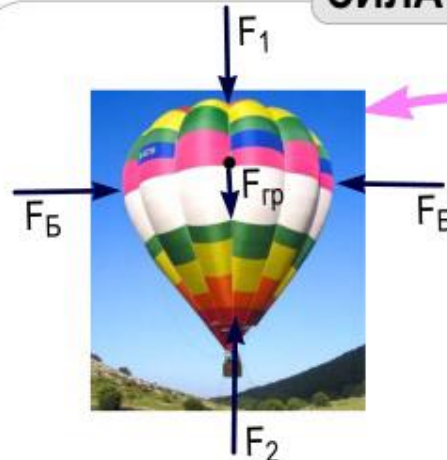
(Коммент: это не по Ломоносову)

В жаркую погоду более холодный воздух в печной трубе "тонет"- получаем обратную **тягу**

Коммент: здесь используется понятие «ТЯГА», чтобы объяснить возникающее разрежение в поддувале.

Но это можно и нужно объяснить с помощью ур-я Бернулли.

СИЛА АРХИМЕДА



- Силы F - возникают из-за давления в воздухе.
- Сила Архимеда $F_{Арх} = F_2 - F_1$ направлена против гравитации

Колчин Е. В. : Читаем у [С.Миркиса](#):

"ТЯГА – движение газов от топливника к трубе печи, за счет разницы T° дымовых газов и наружного воздуха (*как во фразе: тянет ветерок*).

Образование тяги. Нагретый воздух и газы, как более легкие, вытесняются по дымоходу вверх наружным (комнатным холодным) воздухом, поступающим через поддувало. Т.е. это по сути – **НАПОР** (*это по Ломоносову*).

Тягу можно увеличить, повысив T° отходящих газов или увеличив высоту трубу.

Однако и то и другое можно делать до определенных пределов.

Наилучший путь для создания тяги – уменьшить сопротивл. в системе дымооборотов, при этом T° дым.газов должна быть не ниже 120°C .

Высота трубы в 5-6 м от колосниковой решетки считается нормальной [38,с.29], [31,с.6]

Упрощенная теория дым.трубы дана проф. К. Браббэ в

«Руководстве по отоплению и вентиляции», изд.1928г. [168/10].



**Игорь
Васильев**
(не Ломоносовец)

По большому счету это условность, но, на мой взгляд, правильнее все-таки согласиться с предками:

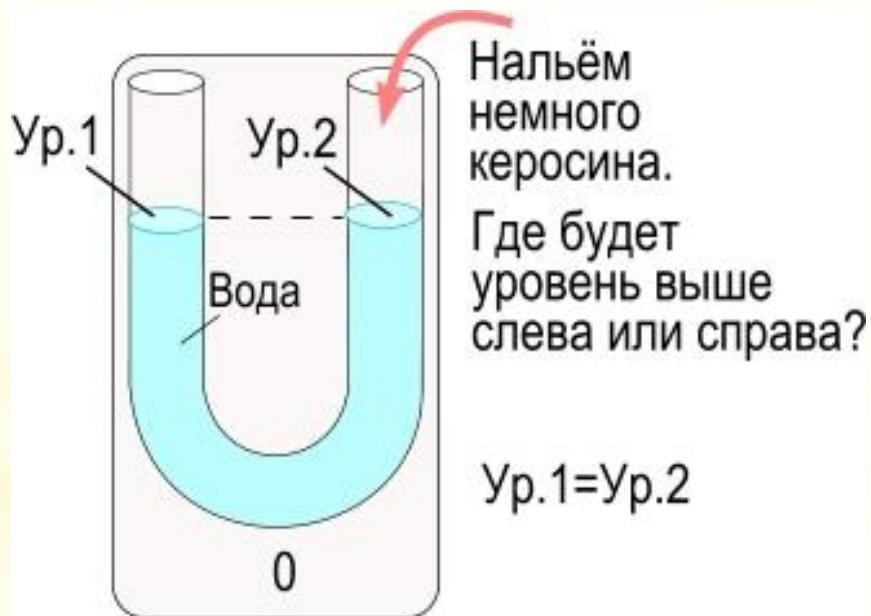
ТЯГА – тянет, т.е. всплывающий горячий газ «тянет» за собой холодный, который заполняет образовавшееся **разрежение** после улетевшего горячего.

Более холодный газ НЕ может быть более активным, нежели горячий: в противном случае придется принять за активный элемент не воздушный шар, а ВЕСЬ окружающий его воздух.

(это не по Ломоносову)

U-трубка.

Рассмотрим U-трубку для упрощённой демонстрации закона Архимеда. Налъём воды и увидим, что уровни одинаковы в левом и правом коленях. Это многие наблюдали в жизни и используют в строительных уровнях.



U-трубка: вода + керосин

Добавим керосин в правое колено, и увидим, что уровень керосина будет выше.

Почему?

Его кто-то потянул вверх? *Тяга?*

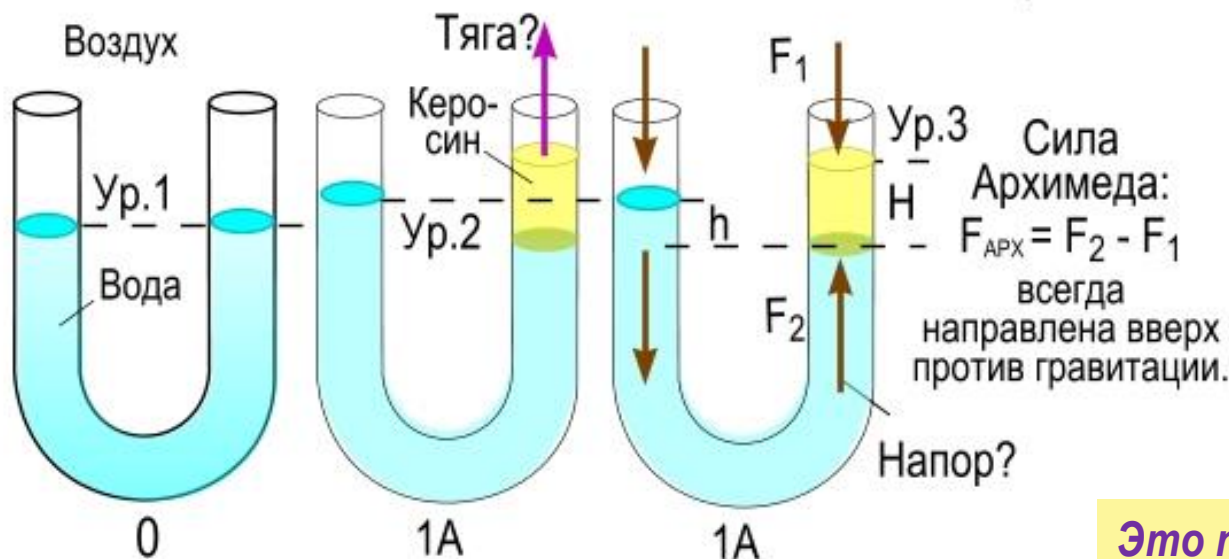
Или его вытолкнула снизу вверх более тяжёлая вода? *Напор?*

Последний вариант и есть следствие 3-на Архимеда.

Т.к. сила Архимеда всегда направлена вверх против силы гравитации и приложена снизу.

ТЯГА или НАПОР ?

Нальём немного керосина.



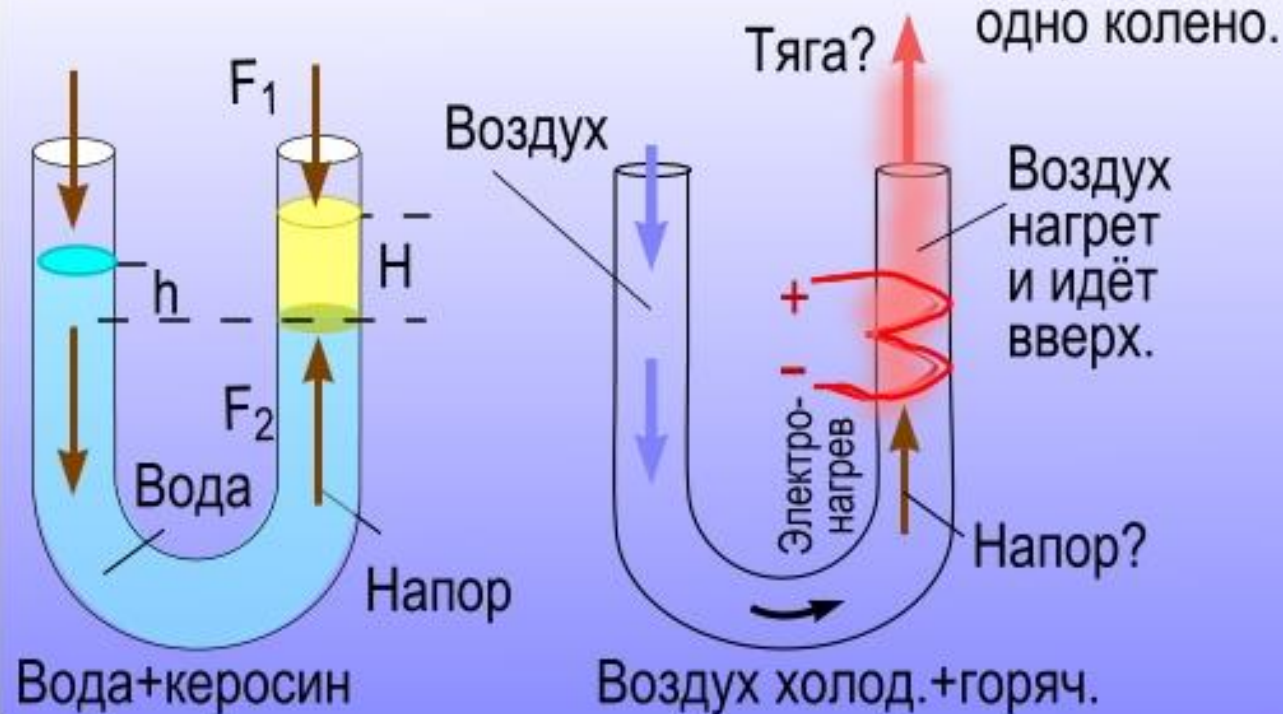
ВЫВОД.

Керосин выталкивается вверх более тяжёлой водой, которая создаёт **напор** снизу.

Это по Ломоносову.

U-трубка.

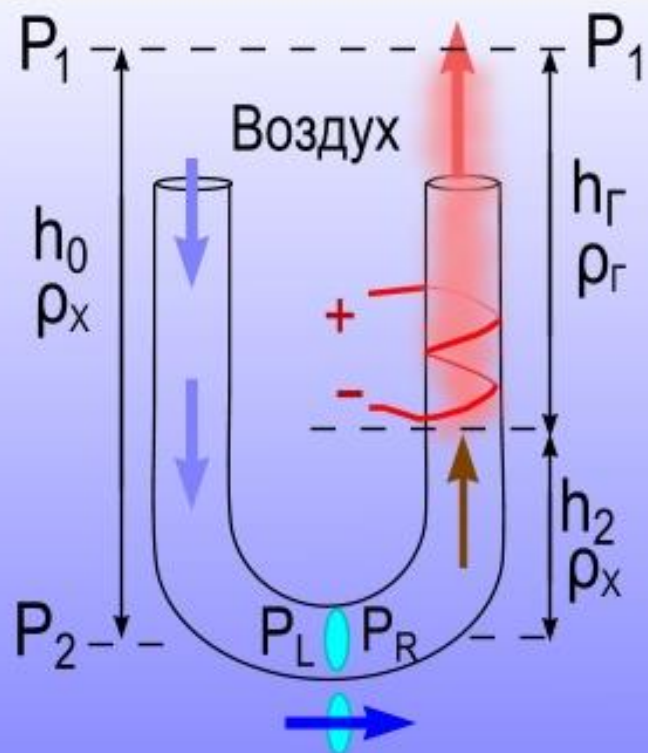
НАПОР СНИЗУ - сила Архимеда



Сила Архимеда: $F_{\text{АПХ}} = F_2 - F_1$
всегда направлена вверх против гравитации.

Подогретый воздух будет выталкиваться снизу силой Архимеда, которая всегда направлена вверх против силы гравитации и приложена снизу. Причём столб горячего воздуха продолжается вверх за пределами U-трубки, и его надо включать в баланс весов (см. след. стр.)

НАПОР СНИЗУ - сила Архимеда



Воздух нагрет
и идет вверх.

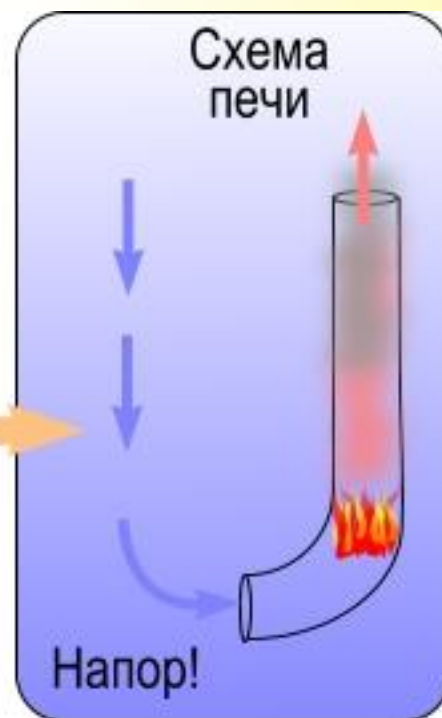
Давление P

ρ_x и ρ_r -
средние
плотности
по высотам
 h_0, h_2, h_r .

$$P_L = P_1 + \rho_x \cdot g \cdot h_0$$

$$P_R = P_1 + \rho_r \cdot g \cdot h_r + \rho_x \cdot g \cdot h_2$$

$$P_L > P_R$$



Видно, что P_L больше P_R , (т.к., ρ_x больше ρ_r),
значит будет напор в сторону горячего газа.

З-н Архимеда чаще применяют в статике.

Но можно умозрительно применять его и для движения (в динамике)

**А разрежение
в поддувале откуда?**



**Рассмотрим ур-е
БЕРНУЛЛИ.**

УРАВНЕНИЕ БЕРНУЛЛИ

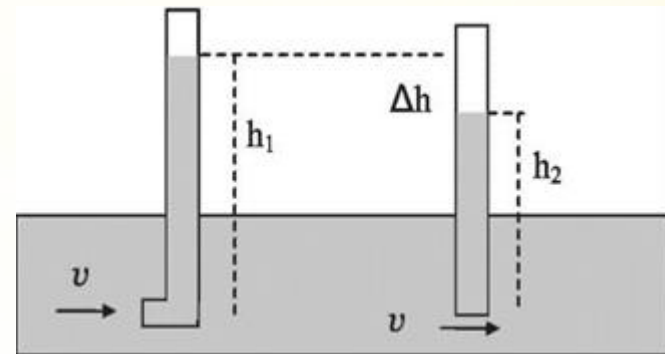
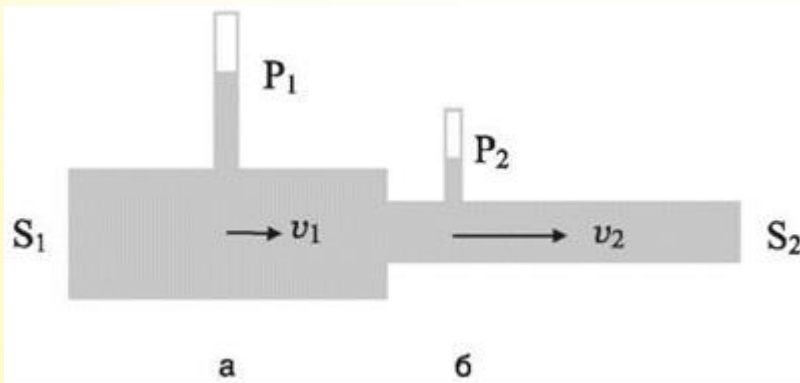
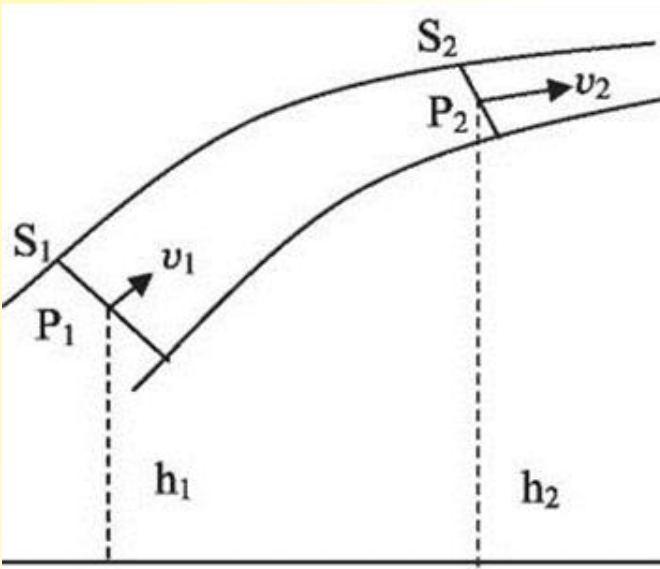
Для одномер. и стационар. течения в трубке тока (вдоль линии тока) **БЕРНУЛЛИ** вывел своё ур-е и следствия из него.

$$P + \rho \cdot V^2 / 2 + \rho \cdot g \cdot h = \text{const} = P_{\text{пол}}$$

$$Q = S \cdot V = \text{const} \quad (\text{из 3-на сохр. массы})$$

$$v_1 / v_2 = S_2 / S_1.$$

$$P + \rho \cdot g \cdot h = \text{const} \quad \text{Закон Архимеда}$$



ок. 1820 г.

Даламбер, Навье и Стокс.

ок. 1600

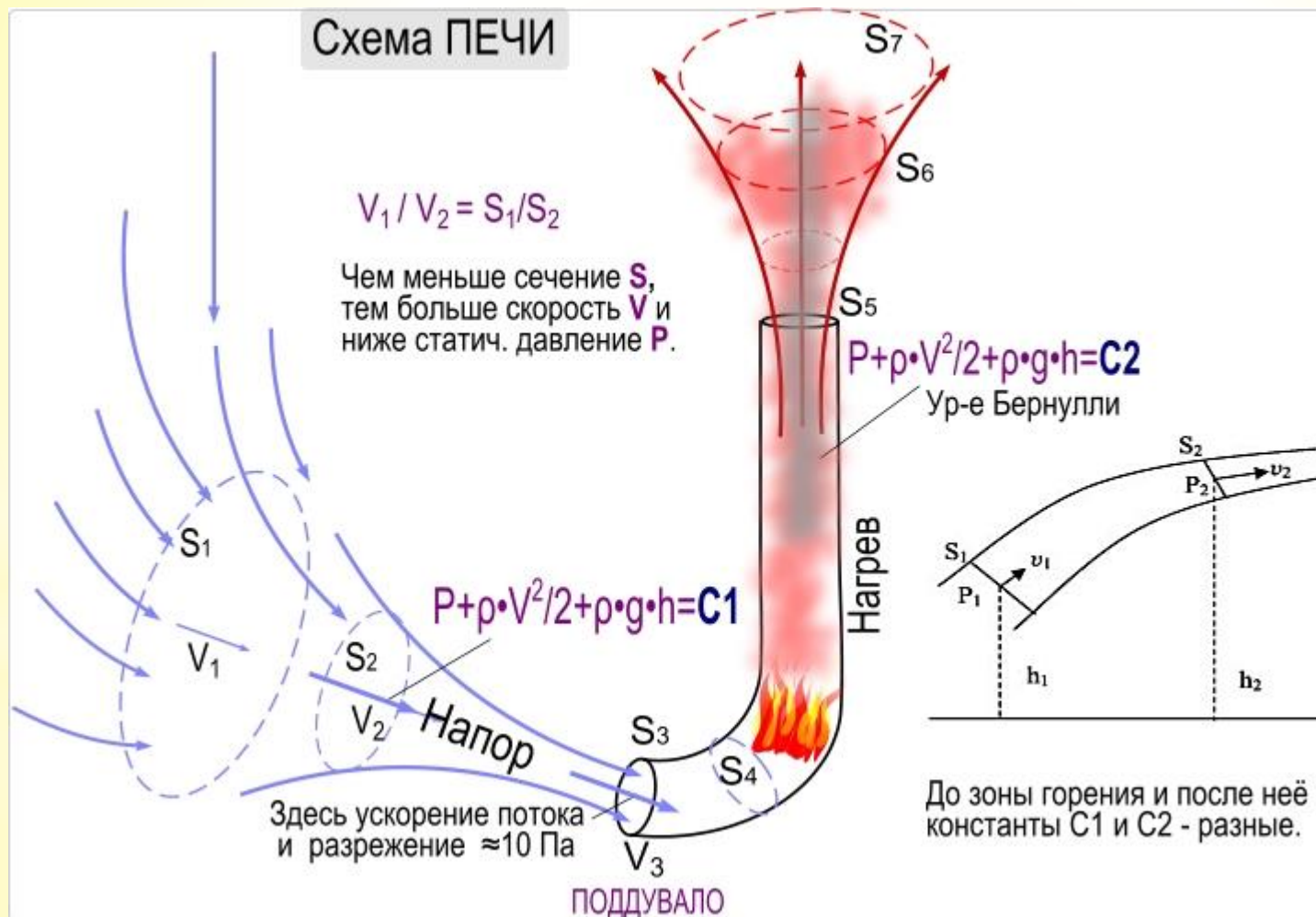
ок. 1630

ок. 1700

ок. 1750

Паскаль, Торичелли, Ньютон, Ломоносов, Эйлер, **Бернулли**,

ок. 250 до н.э.
Архимед,.



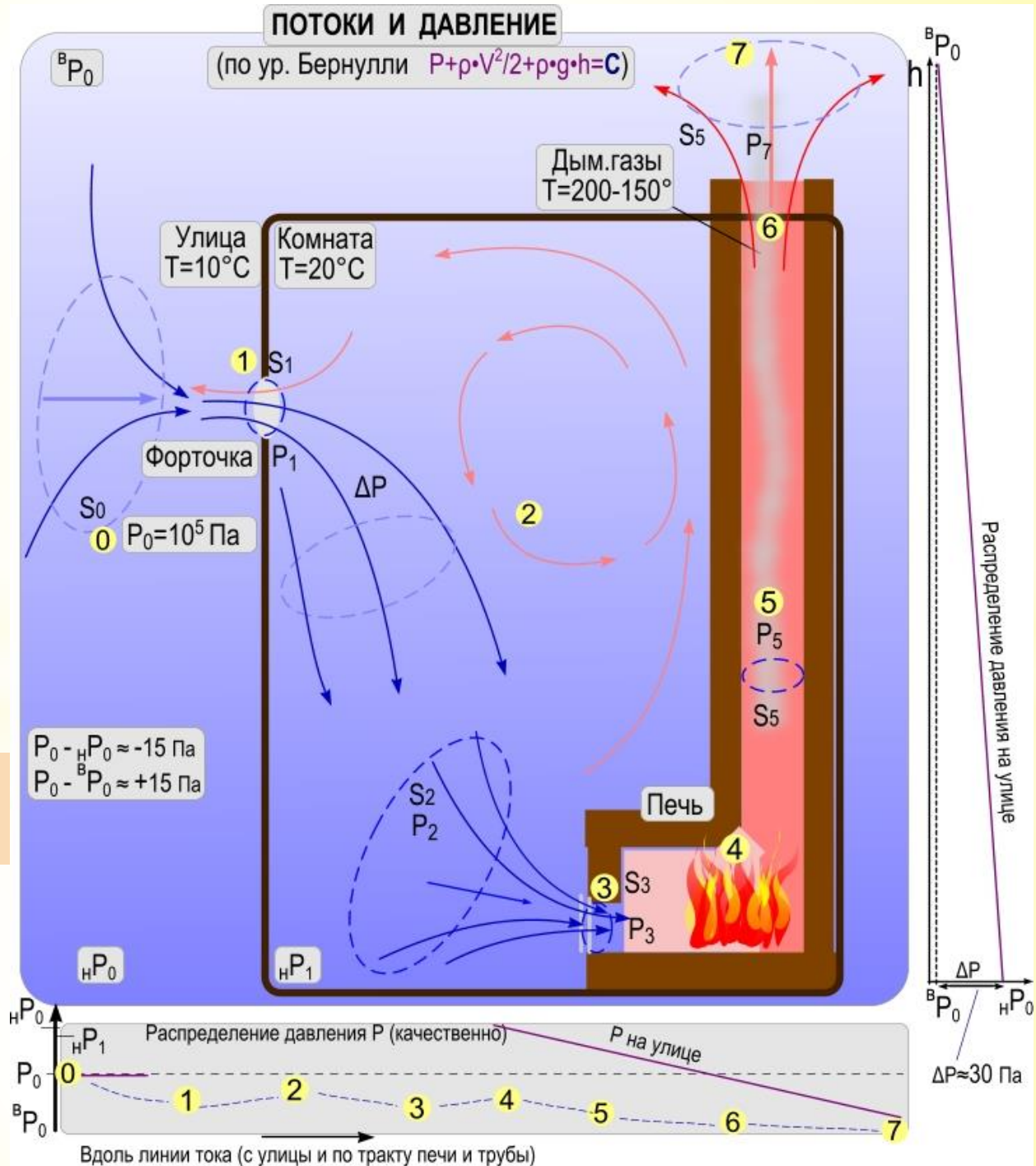
Разрежение в поддувале возникает из-за уменьшения сечения трубки тока – при этом поток ускоряется.

А не из-за того, что кто-то или что-то «тянет» дым.газы вверх, и поэтому, мол, снизу возникает разрежение, куда и подсасывается свежий воздух (*это не по Ломоносову*)

Любое изменение
в тракте печи
или в помещении
(напр. открыли-закрыли
задвижку трубы,
или дверку печи
или форточку)
скоростью звука a
распространяется по газу
в тракте печи и помещении.

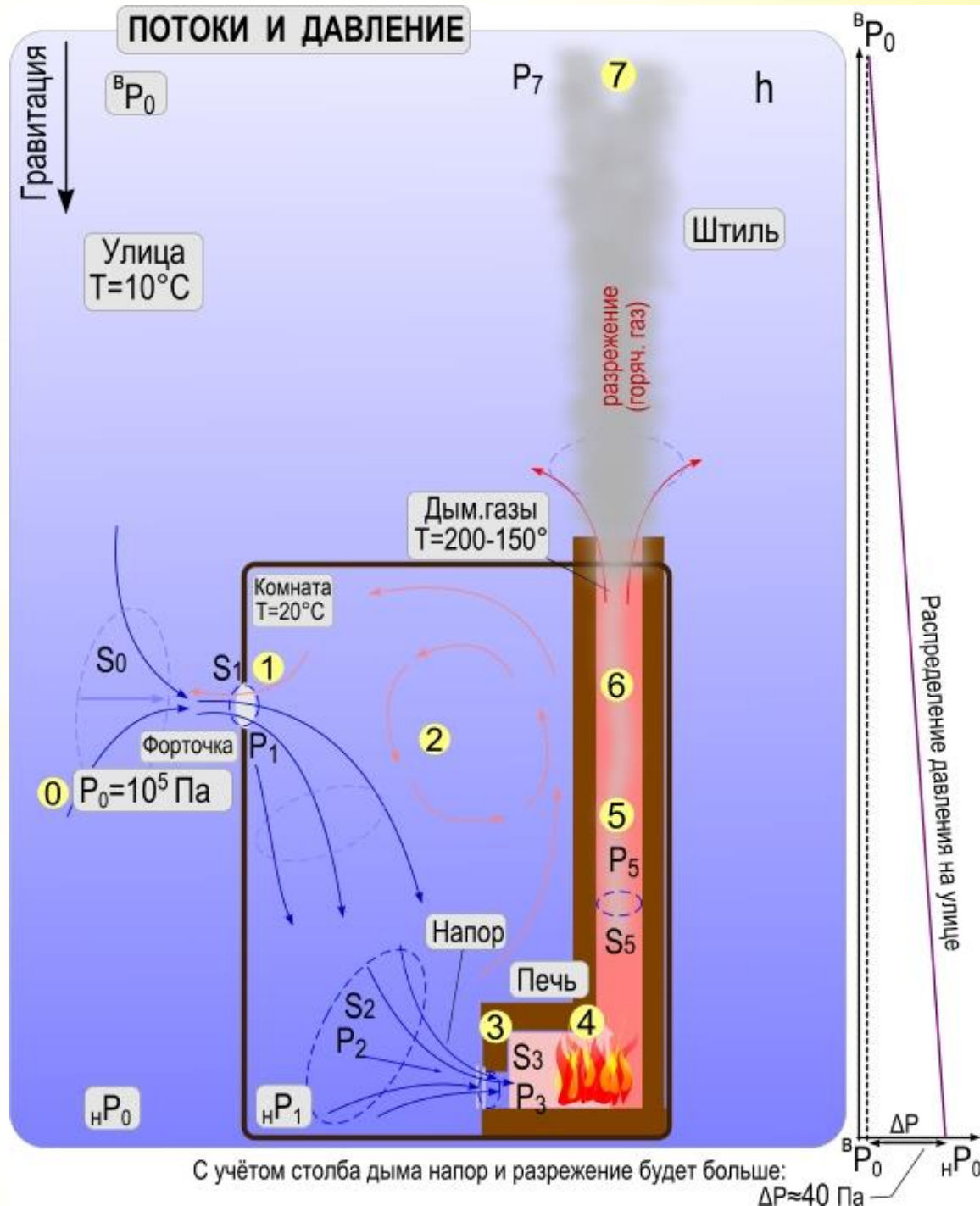
Скорость звука:
 $a = (\gamma \cdot P / \rho)^{1/2} = 330 \text{ м/с}$, при
 $\gamma = 1,4$; $P = 10^5 \text{ Па}$ ($\approx 1 \text{ атм}$);
 $\rho = 1,29 \text{ кг/м}^3$ (при $T = 0^\circ\text{C}$).

Простейшая схема печи
- без поддувала и задвижки.



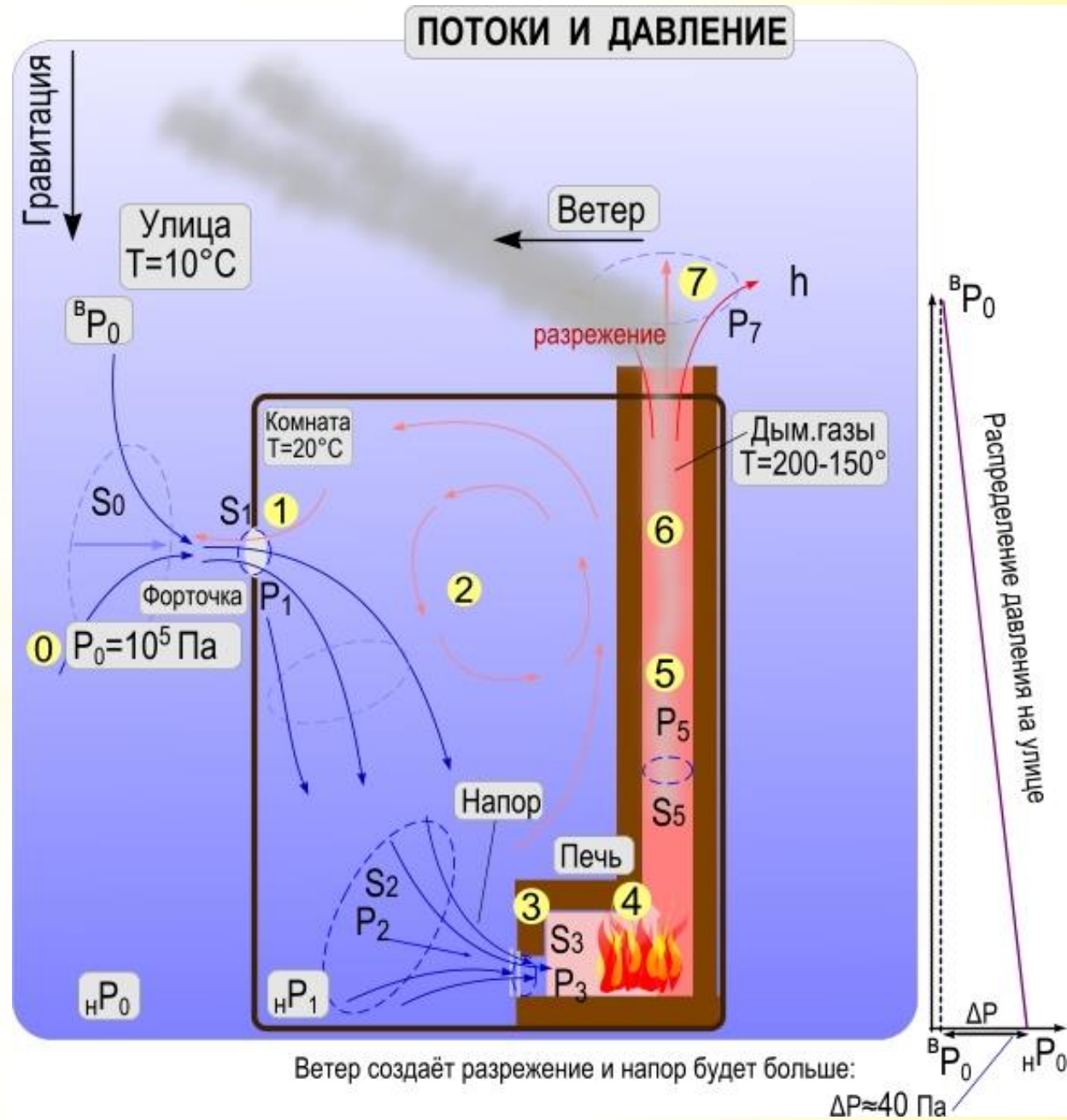
В штиль

высота столба дыма увеличивает общий напор («тягу») ΔP по тракту печи и трубы. Т.е. эффективная высота h трубы увеличивается.



В ветер

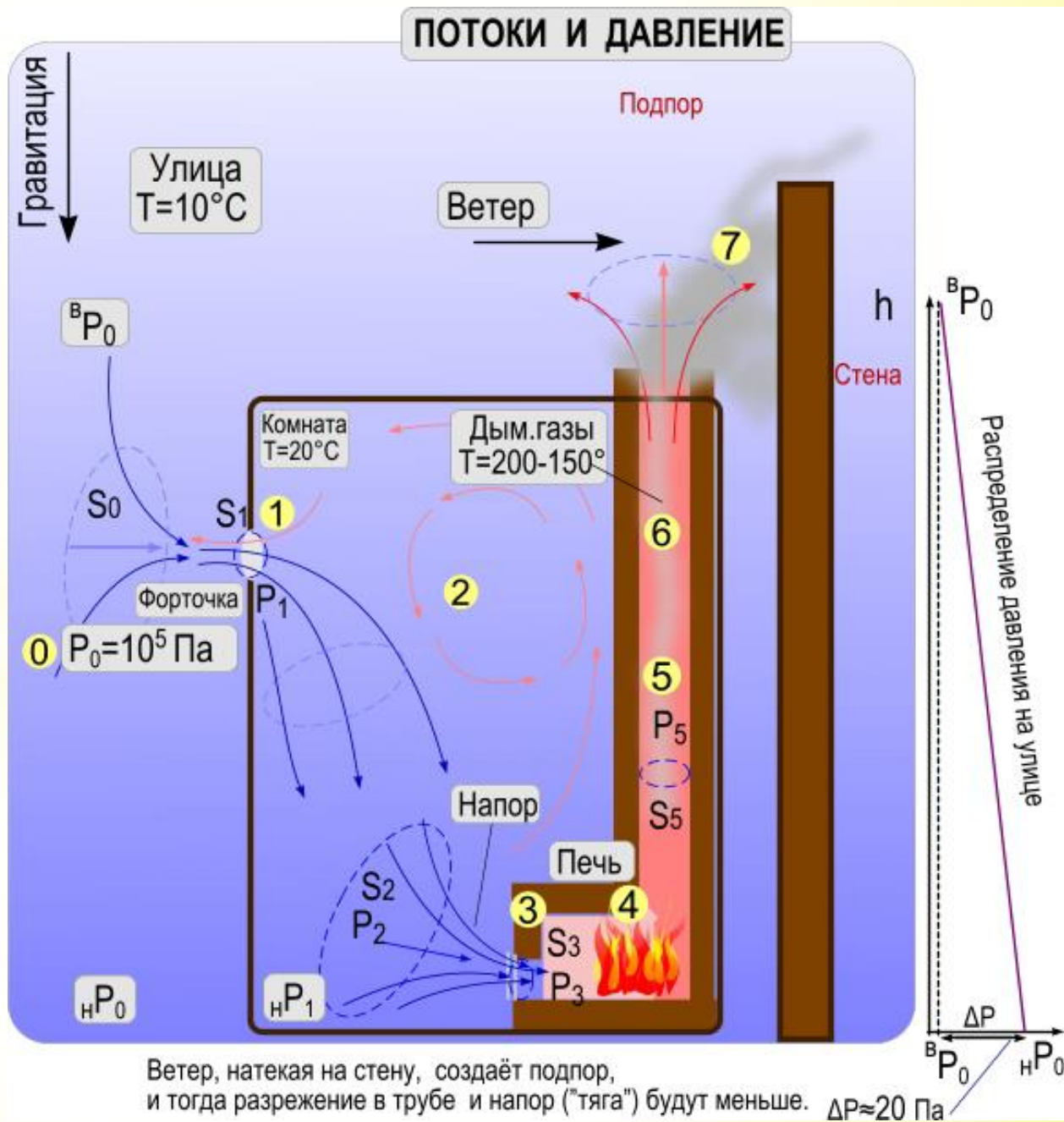
высота столба дыма
равна h трубы,
но ветер создаёт разрежение
на выходе из неё.
Из-за этого возрастает
разрежение в трубе и
напор («тяга») ΔP
по тракту печи.



Ветер с подпором.

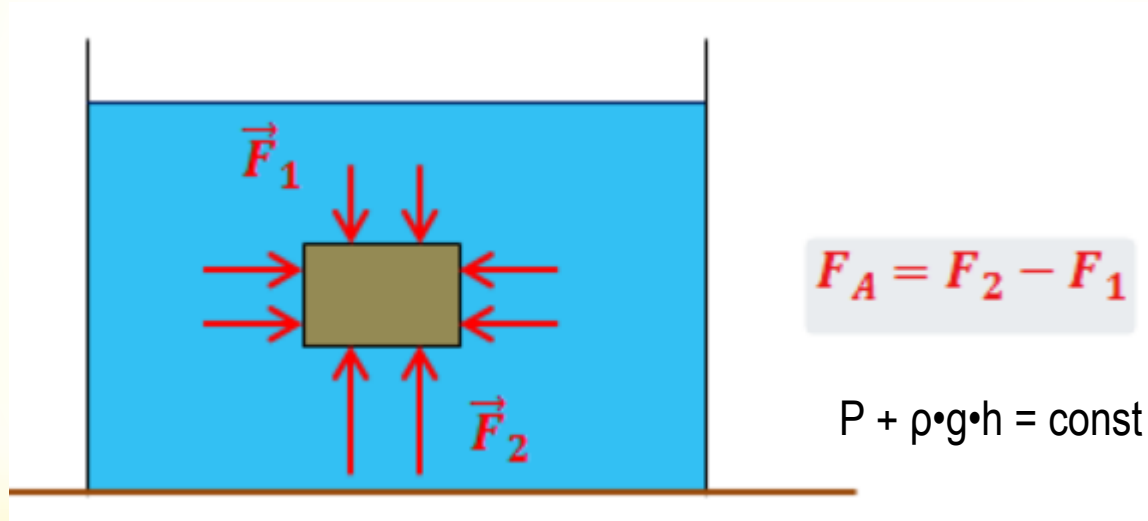
Если рядом с трубой стена, и поток ветра «упирается» в стену, то создаётся подпор. В результате разрежение в дым.трубе уменьшается.

Из-за этого падает напор («тяга») ΔP по тракту печи.



Ещё раз про **3-н АРХИМЕДА**

Статика



$$F_A = F_2 - F_1 \text{ — сила Архимеда}$$

$$P + \rho \cdot g \cdot h = \text{const} \text{ **Закон Архимеда**}$$

ок. 1820 г.

Даламбер, Навье, Стокс.

ок. 1600

ок. 1630

ок. 1700

ок. 1750

Паскаль, Торичелли, Ньютон, Ломоносов, Эйлер, **Бернулли**,

ок. 250 до н.э
Архимед,

Пуассоном (1829)

Ур-я сохранения: - •массы $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div} \rho \vec{u} = \underline{0}$ (1)

Навье-Стокса - •импульса $\frac{\partial(\rho \vec{u})}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \vec{u} \otimes \vec{u}) + \vec{\nabla} p = \rho \vec{F} + \operatorname{div} \Pi$ (2, 3, 4)

- •энергии $\frac{\partial}{\partial t} \left[\rho \left(\frac{\vec{u}^2}{2} + \varepsilon \right) \right] + \operatorname{div} \left[\rho \vec{u} \left(\frac{\vec{u}^2}{2} + \varepsilon + \frac{p}{\rho} \right) \right] + \operatorname{div} \vec{q} = \underline{(\rho \vec{u} \cdot \vec{F}) + \operatorname{div}(\Pi \cdot \vec{u})}$ (5)

Ур. •состояния $p = p(\rho, T), \quad \varepsilon = \varepsilon(\rho, T).$
 $p = \rho \mathcal{R} T, \quad \varepsilon = c_v T$ для идеал. газа (6, 7)

Ещё надо задать начал. и гранич. усл.,
коэф. вязкости и теплопроводности.

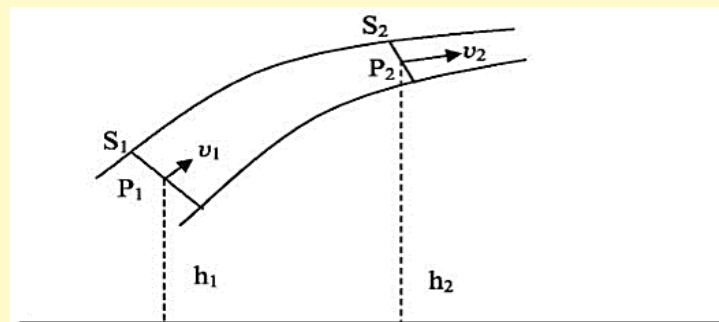
Для расчёта печи надо задать
источник массы в (1),
источник энергии в (5).

УПРОЩЕНИЯ



Когда вязкость и теплопровод. = 0 - получим **ур-я ЭЙЛЕРА.**

Для течения в трубке тока (вдоль линии тока), т.е. одномер и стационар
получим **ур-е БЕРНУЛЛИ**



$$P + \rho \cdot V^2 / 2 + \rho \cdot g \cdot h = \text{const} = P_{\text{пол}}$$

$$Q = S \cdot V = \text{const}$$

$$v_1 / v_2 = S_2 / S_1.$$

● О некоторых особенностях (аналогах) использования и значениях слова «Тяга» в русском языке.

● Из словаря Ожегова С. И. **Тяга** – Движение газа, дыма в печи, котельных, вентиляционных и др. устройствах. Хорошая **тяга** в печи.

- Перед стартом спортсмен разминается до лёгкой испарины на спине.
Тянет, растягивает мышцы, готовится к работе.
- Такую разминку можно заменить кратковременным нагревом организма в парилке и простимулировать его до 1-го пота.
- Перед розжигом дров в топливнике печи надо возбудить (побудить) **тягу**, т.е. создать протяжку потока воздуха (ветерок) в трубе (это, как разминка для печи перед стартом).
- Все эти действия делают человека и печь готовыми к работе.

Когда говорят о том, что **«тяга» в печи (в трубе) опрокинулась**, то объясняют это тем, что произошёл «ветровой **подпор**». Т.е. ветер подул на преграду, стоящую рядом с дым. трубой – например, стена дома выше трубы, или крона дерева.

Из-за этого повысилось давление на срезе трубы и «тяга» опрокинулась, т.е. изменила направление. Здесь ясно подразумевается действие **«Напора»**.

Аналогичный **напор** действует снизу через поддувало при нормальной работе печи.

- U-трубка с водой

- U-трубка + вода + керосин
Воздух + нагретый
Воздух

- Модель печи, как U-трубка

- Ур-е Архимеда



Статика.



Но можно наблюдать и динамику.

Всплывание лёгкого тела в тяжёлой среде.

- Ур-е БЕРНУЛЛИ



Динамика.



Разрежение.

ВЫВОДЫ.

1) Дым.газы выталкиваются холодным воздухом снизу.

Т.е. мы наблюдаем напор, а не «тягу» - следствие 3-на **Архимеда**.

2) Разрежение на входе в печь возникает из-за сужения сечения, через которое втекает холод. воздух - по 3-ну **Бернулли**.

3) Слово «тяга» по смыслу – это лишь ветерок, «тянет ветерок», движение газа в тракте дым.трубы.

4) Недоразумения со смыслом слова «тяга» связаны с тем, что общество состоит из разных людей, которые понимают по-разному. Далее показан состав общества (условно и приблизительно для примера).

ССЫЛКИ:

- 1) <http://forum.stovemaster.ru/viewtopic.php?p=8749#8749> – Форум печников, вопрос о тяге.
- 2) [Исследование св-в дым.трубы для печи. Шевяков В. В.](#) Форум Строители.инфо.
- 3) <http://rus-po.ru/forum/messages/forum2/message93/24-tyaga-ili-napor#message93> Форум РПО

Худ. Винченцо Романо,
1533, рафаэлист,
Палермо

Общество устроено так, что есть **Пастор** и **Паства** (от слов «пасти овец» - Вики).
И ещё обязательно находится **Исследователь**.

Пастор говорит больше, чем знает.
Он артист, экстраверт, оратор, пророк
(работает на публику).
Он психолог - умеет убеждать людей
поверить в чудо.
Например, что лимон щёлочный продукт.
Больше рассказывает, чем исследует.

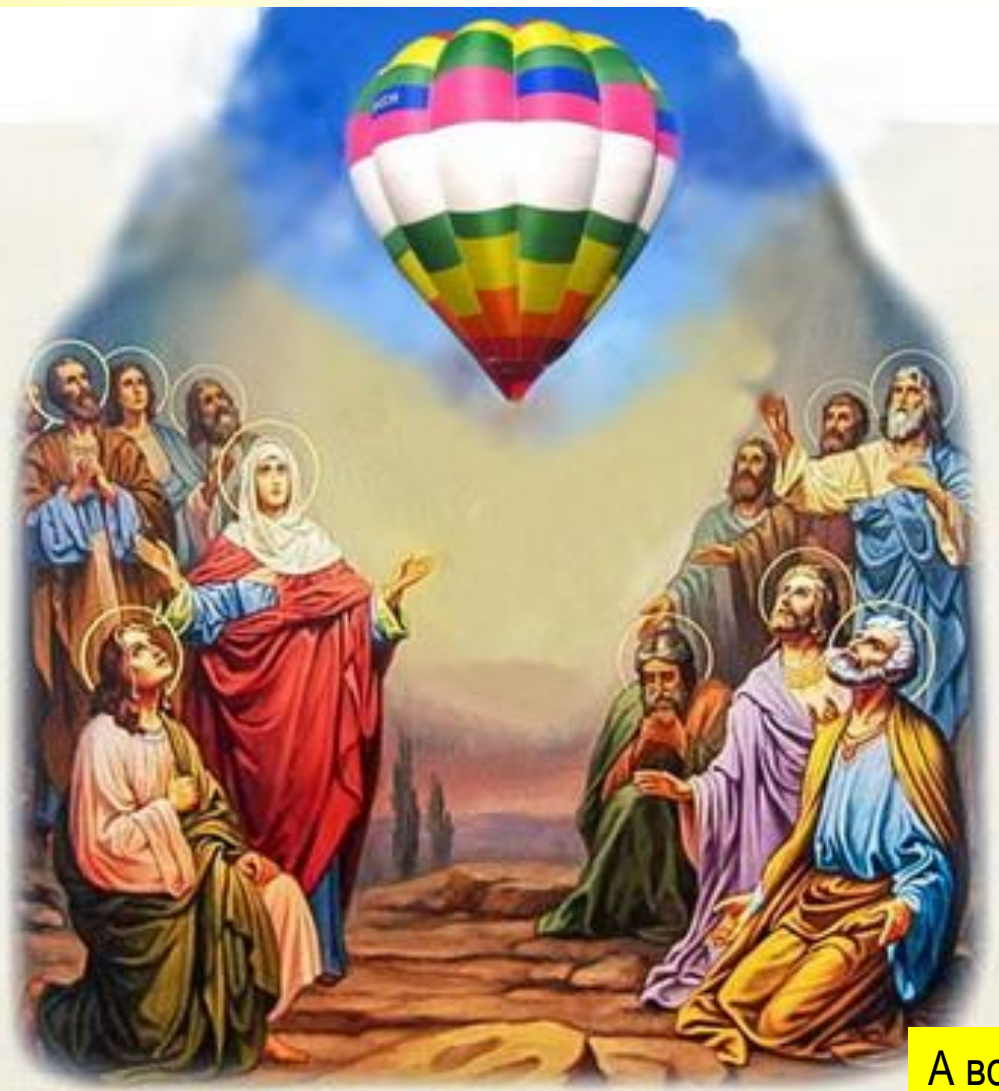
Исследователь много думает
и знает больше чем говорит.
Он интроверт, молчун

Здесь на рис. **Пастор** показывает чудо.
Паства смотрит на чудо.
А **Исследователь** сидит и думает
– что же здесь происходит?
(найдите его на рис.).

Говорят - это Фома неверующий,
любимый ученик Христа.



Здесь рассмотрены процессы в бане, в печи и в организме с точки зрения **Исследователя**.
Ему надо увидеть и потрогать, измерить и получить число. Без чуда и мифов.



Плоская ли Земля, или это – шар?
Какая кому разница!
Миллионы людей живут
и не обращают на это внимания.

Так же не волнует большинство и
вопрос:
Земля движется ли вокруг Солнца?
Или – наоборот?

Однако почему-то Галилей настаивал
на идее Коперника, что
Земля движется вокруг Солнца.
Но его заставили отречься.
А Джордано Бруно сожгли на костре
за то, что он не отрёкся от этой идеи!

А вот, как «демократы» используют паству.

Никита Михалков процитировал Бернарда Шоу www.facebook.com (t=0:51)

"Демократия – это воздушный шар, который висит над головами
и заставляет глазеть вверх, пока другие шарят у вас по карманам."

Тяга или напор?

Да, какая кому разница!

Заказчику важно, чтобы печь или камин были красивы! (Боря Жуков).

Они иногда даже не топят их!

Да, здравствует, театр!



Спасибо за внимание!
И понимание!
Thanks for attention!

