



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

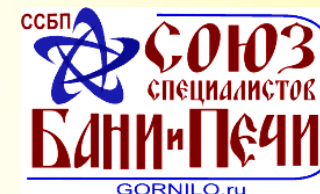
Добро пожаловать!



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

2005 - 2017

VeloTandem.ru

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:

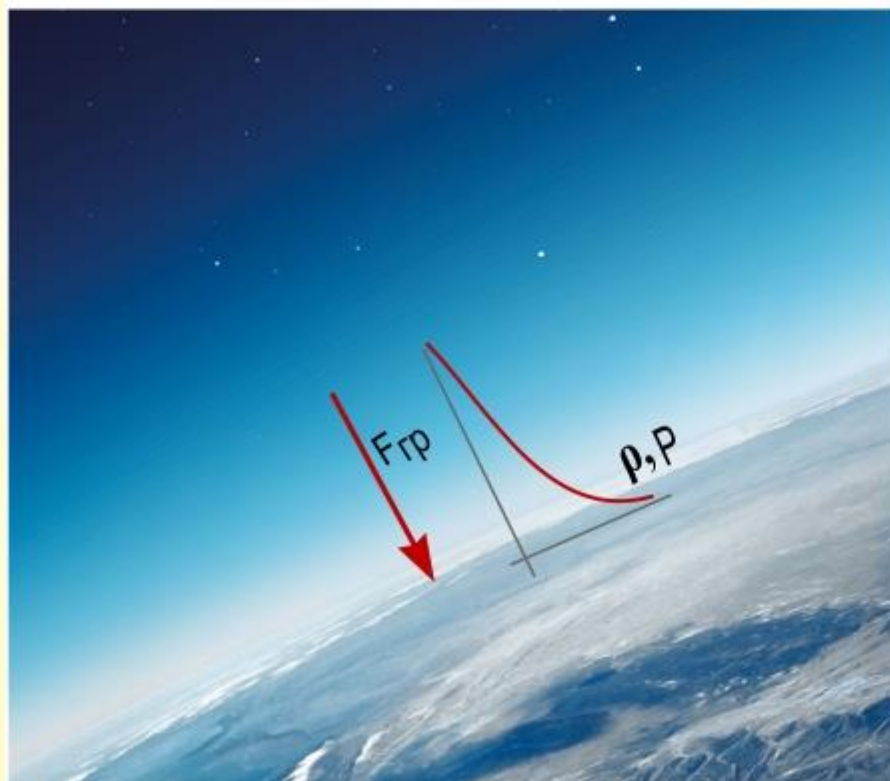
Тогда на выходе трубы можно поставить ветряк и получать энергию бесплатно!

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.

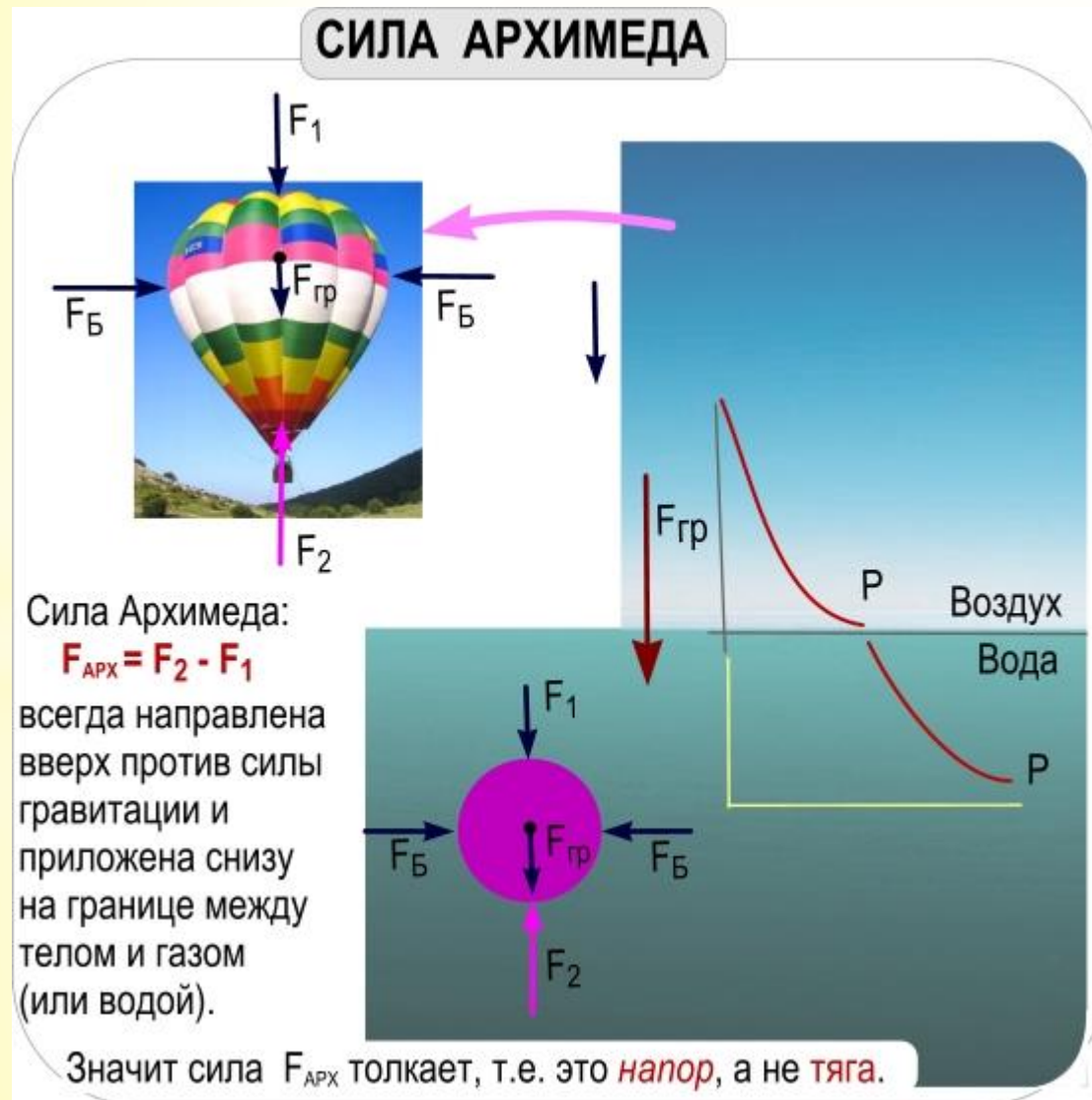
СИЛА ГРАВИТАЦИИ ФОРМИРУЕТ АТМОСФЕРУ

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

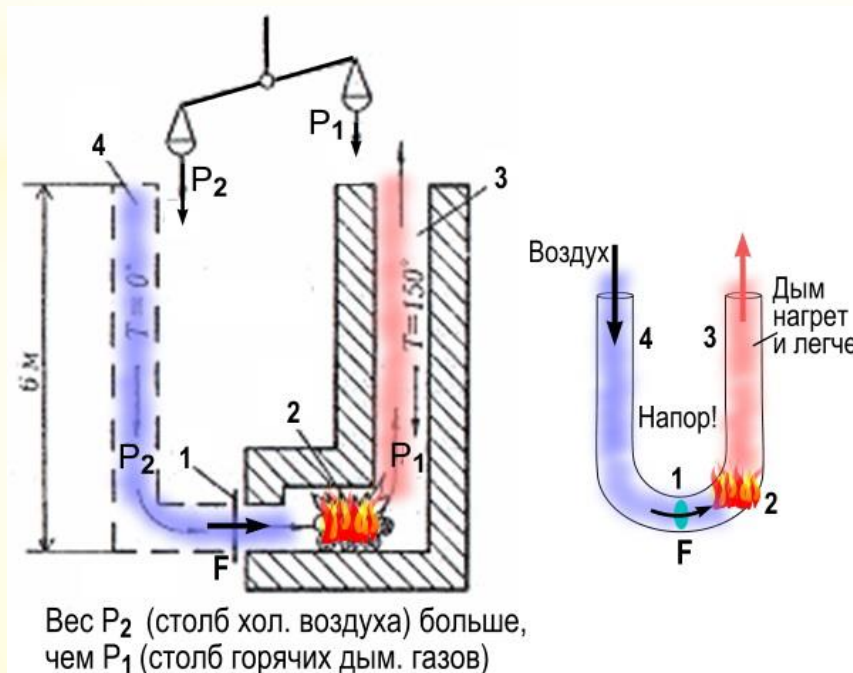
<http://forum.stovemaster.ru/viewtopic.php?p=8749#8749>

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"



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.).

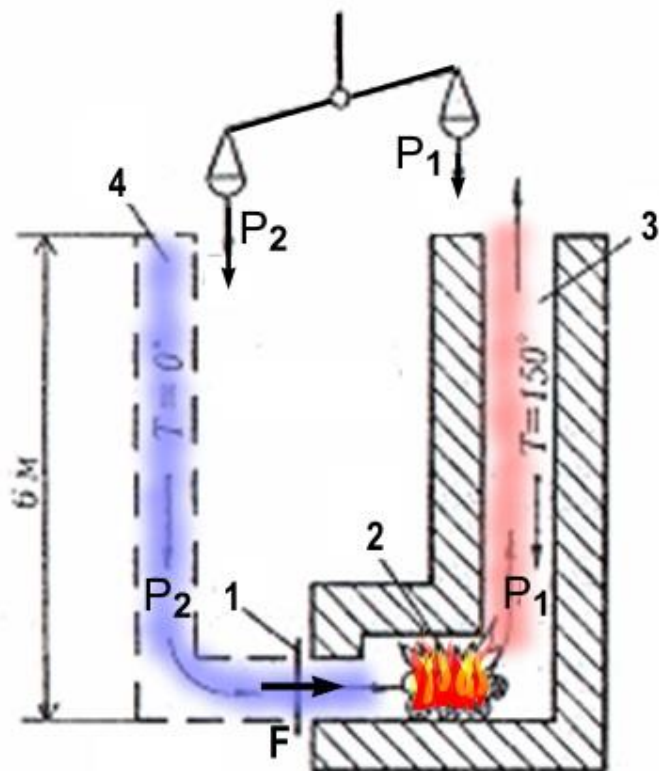
В печи же $T_{\text{сред}}=200..300^{\circ}\text{C}$, а в трубе около 150°C .

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

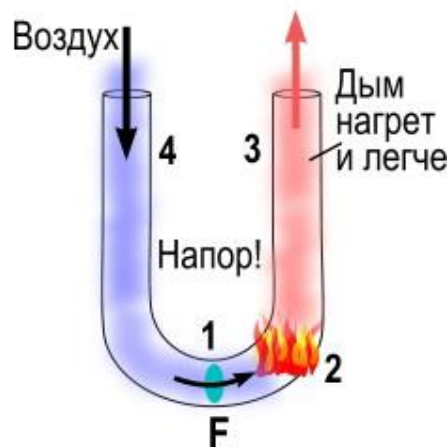
Сравним действие их весов с двух сторон на условную плоскость 1

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.

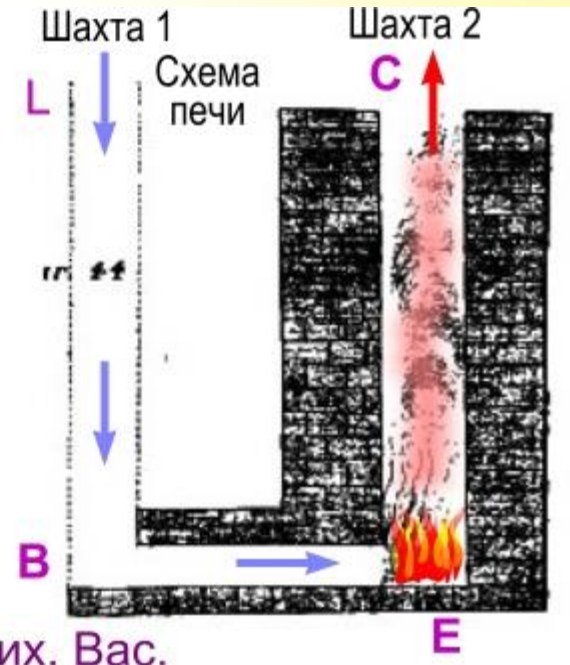


Рис. Ломоносова Мих. Вас.

"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»)

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.

Сергей Кириллов
(не Ломоносовец)

Воздух, нагреваясь у поверхности Земли **всплывает** наверх, а его место занимает более холодный, который "подтекает" из холодных областей, и получаем природное явление - 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 надо объяснять с помощью ур-я Бернулли.

СИЛА АРХИМЕДА

• Силы F - возникают из-за давления в воздухе.

• Сила Архимеда $F_{\text{АРХ}} = F_2 - F_1$ 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:

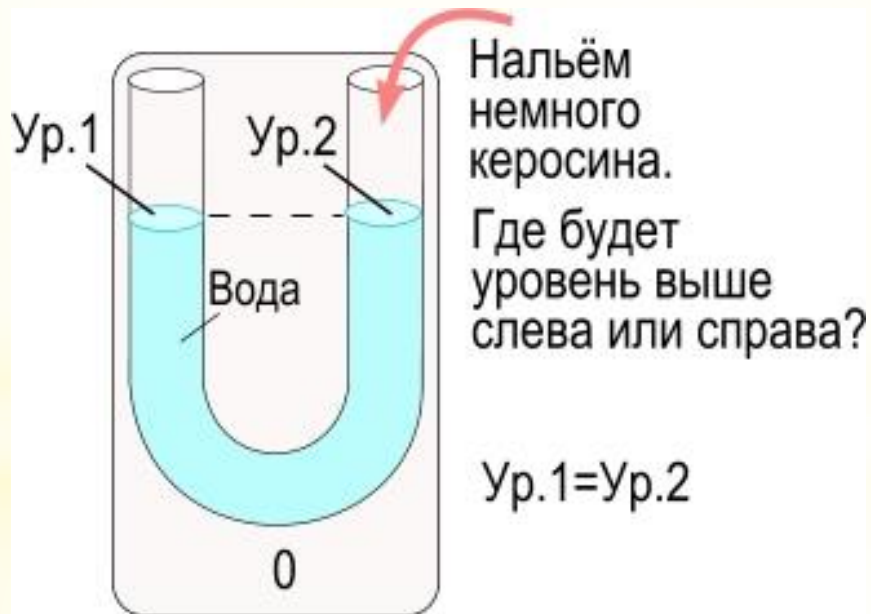
ТЯГА – тянет, т.е. всплывающий горячий газ «тянет» за собой холодный, который заполняет образовавшееся **разрежение** после улетевшего горячего.

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. Налейм воды и увидим, что уровни одинаковы в левом и правом коленах. 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?*

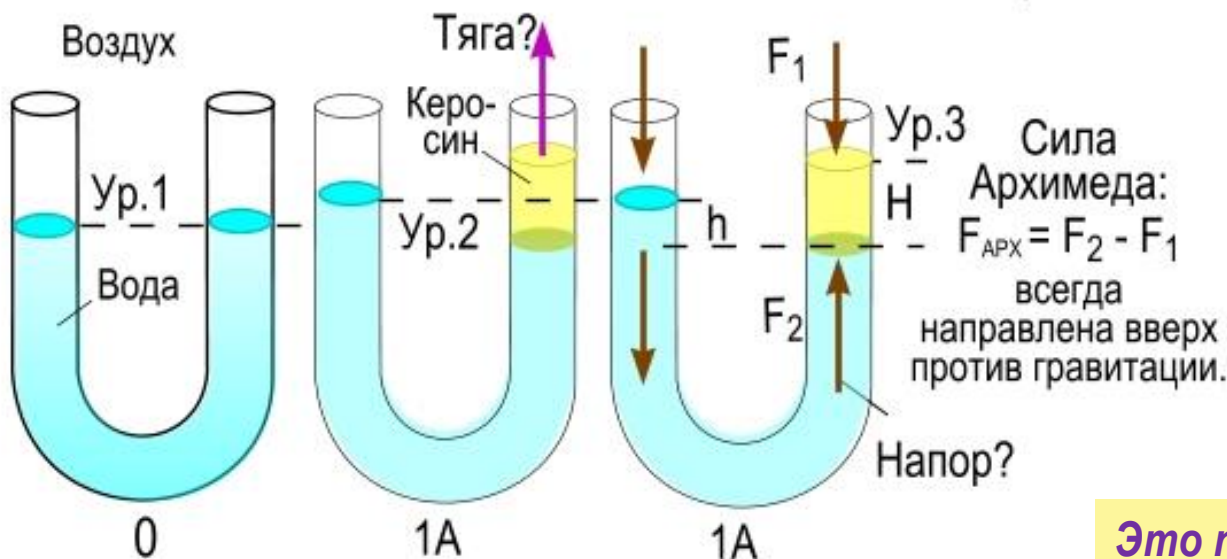
Или его вытолкнула снизу вверх более тяжёлая вода? *Напор?*

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.



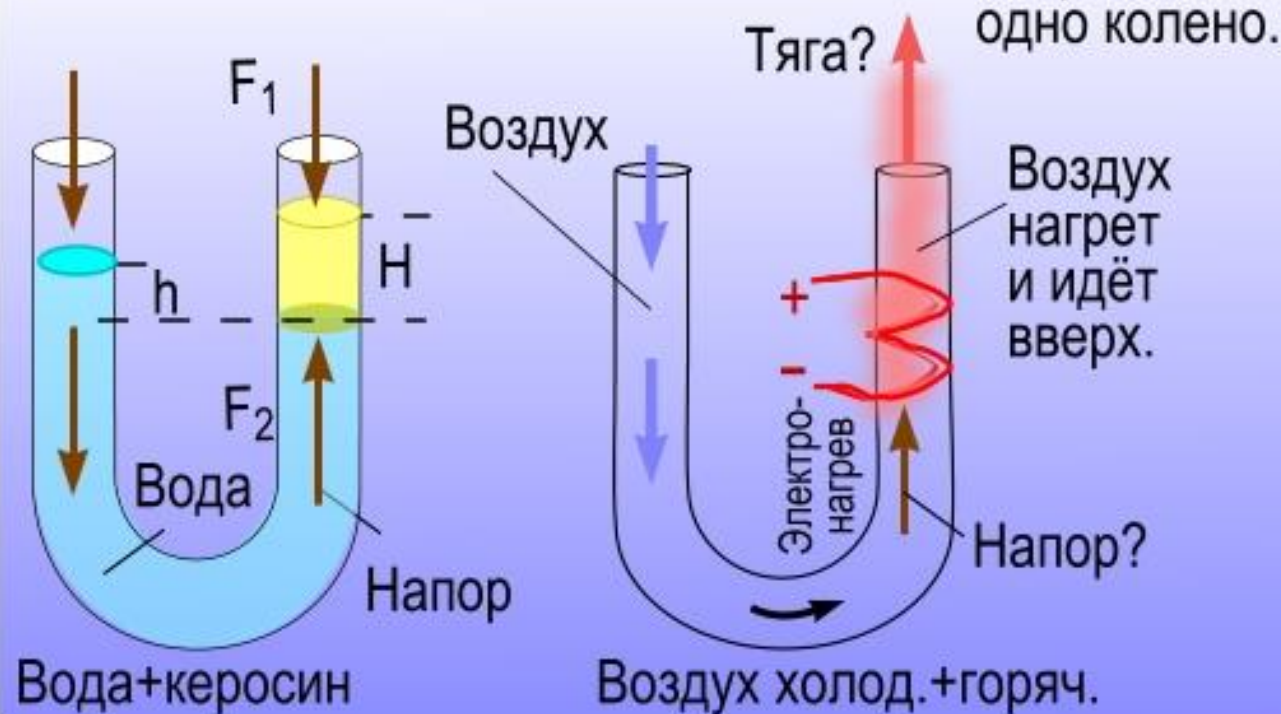
ВЫВОД.

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

Это по Ломоносову.

U-трубка.

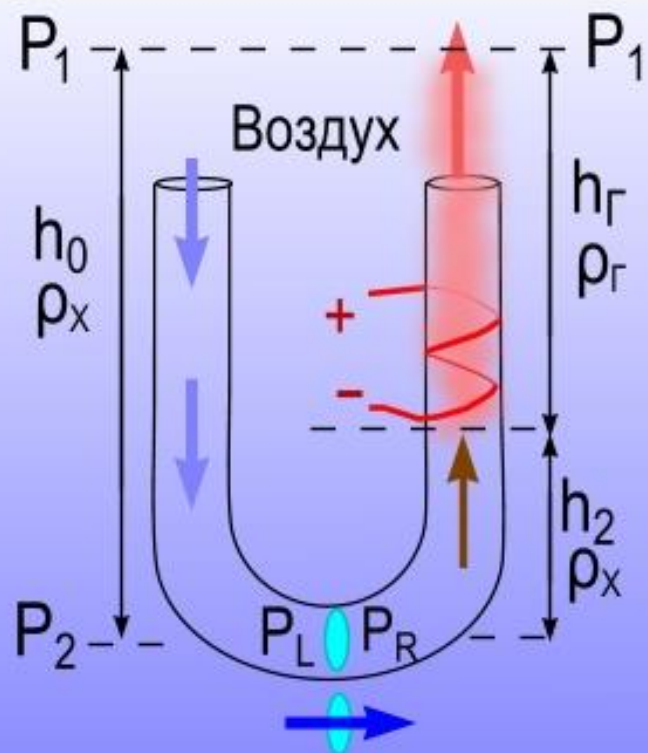
НАПОР СНИЗУ - сила Архимеда



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.

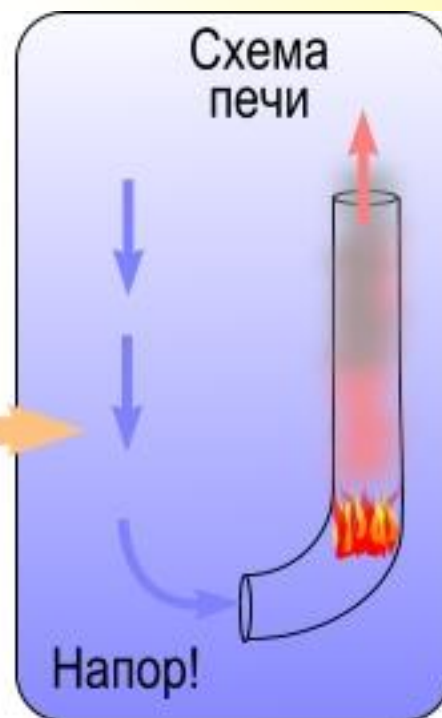
Давление P

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

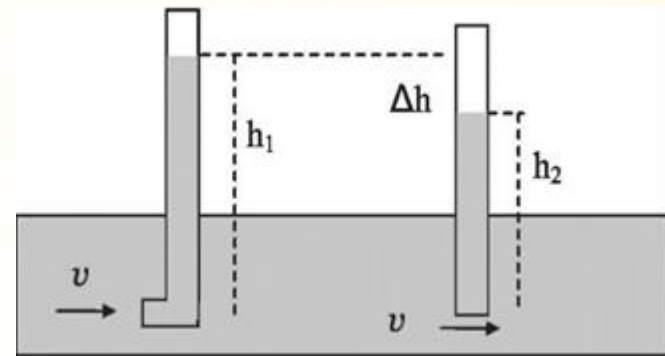
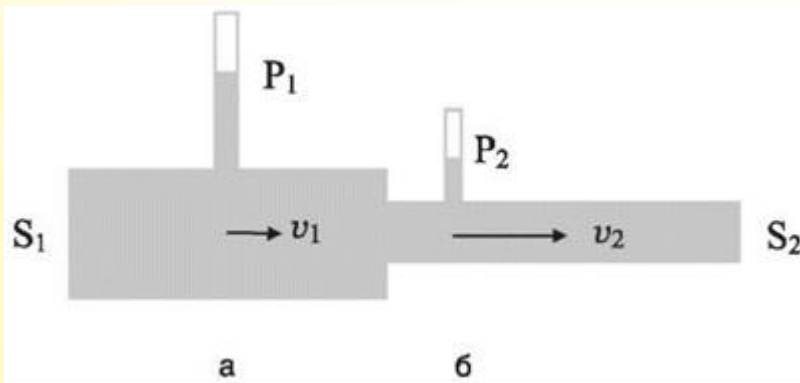
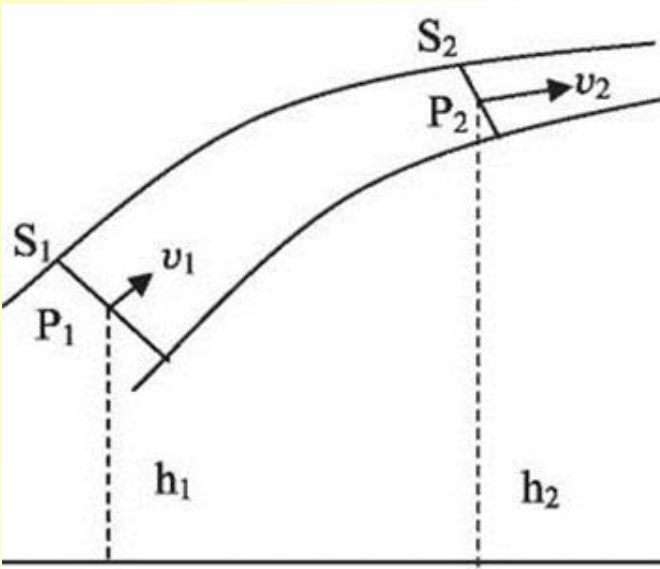
Для одномер. и стационар. течения в трубке тока (вдоль линии тока) **БЕРНУЛЛИ** вывел своё ур-е и следствия из него.

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

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

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

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



ок. 1820 г.

Даламбер, Навье и Стокс.

ок. 1600

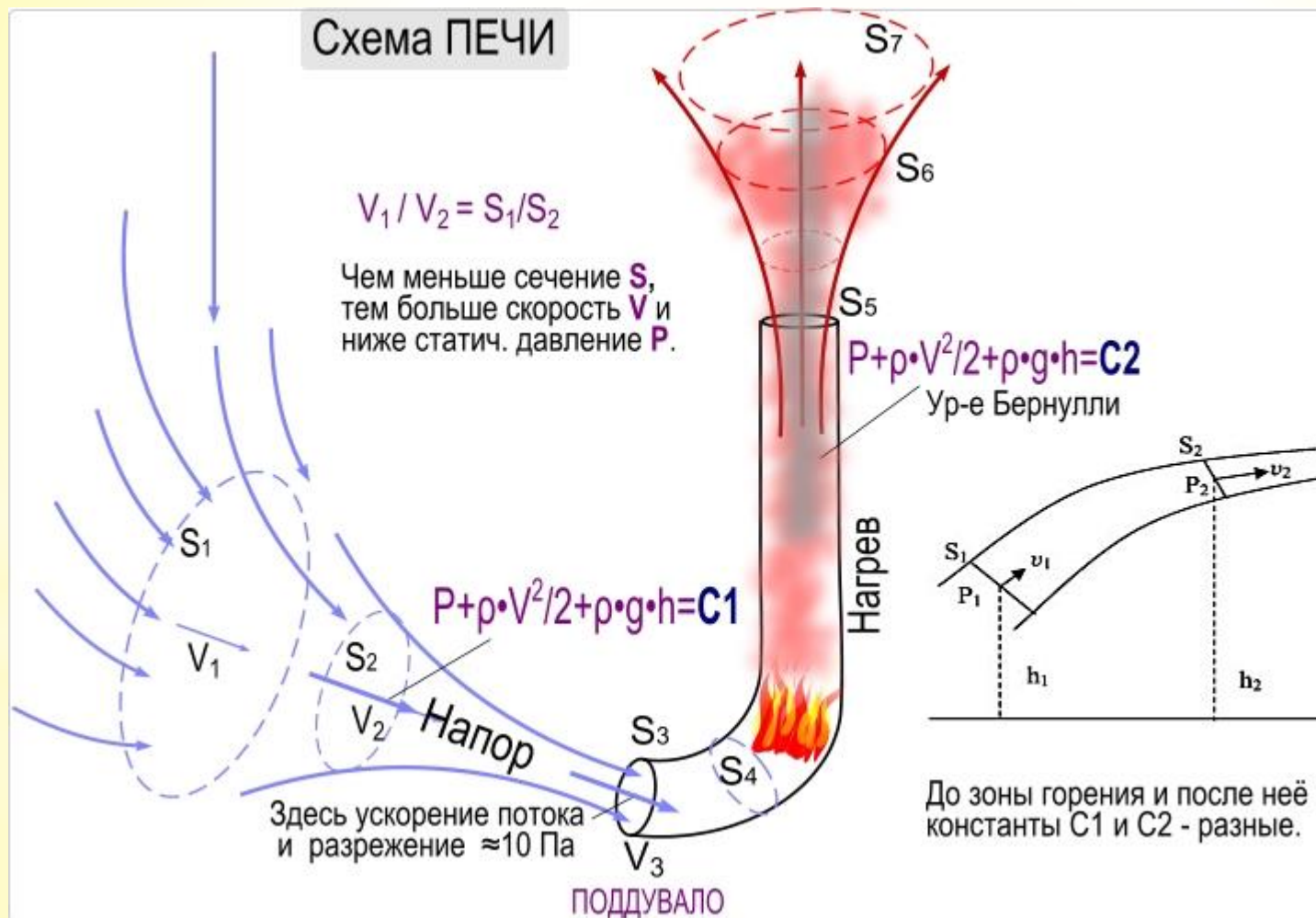
ок. 1630

ок. 1700

ок. 1750

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

ок. 250 до н.э.
Архимед.



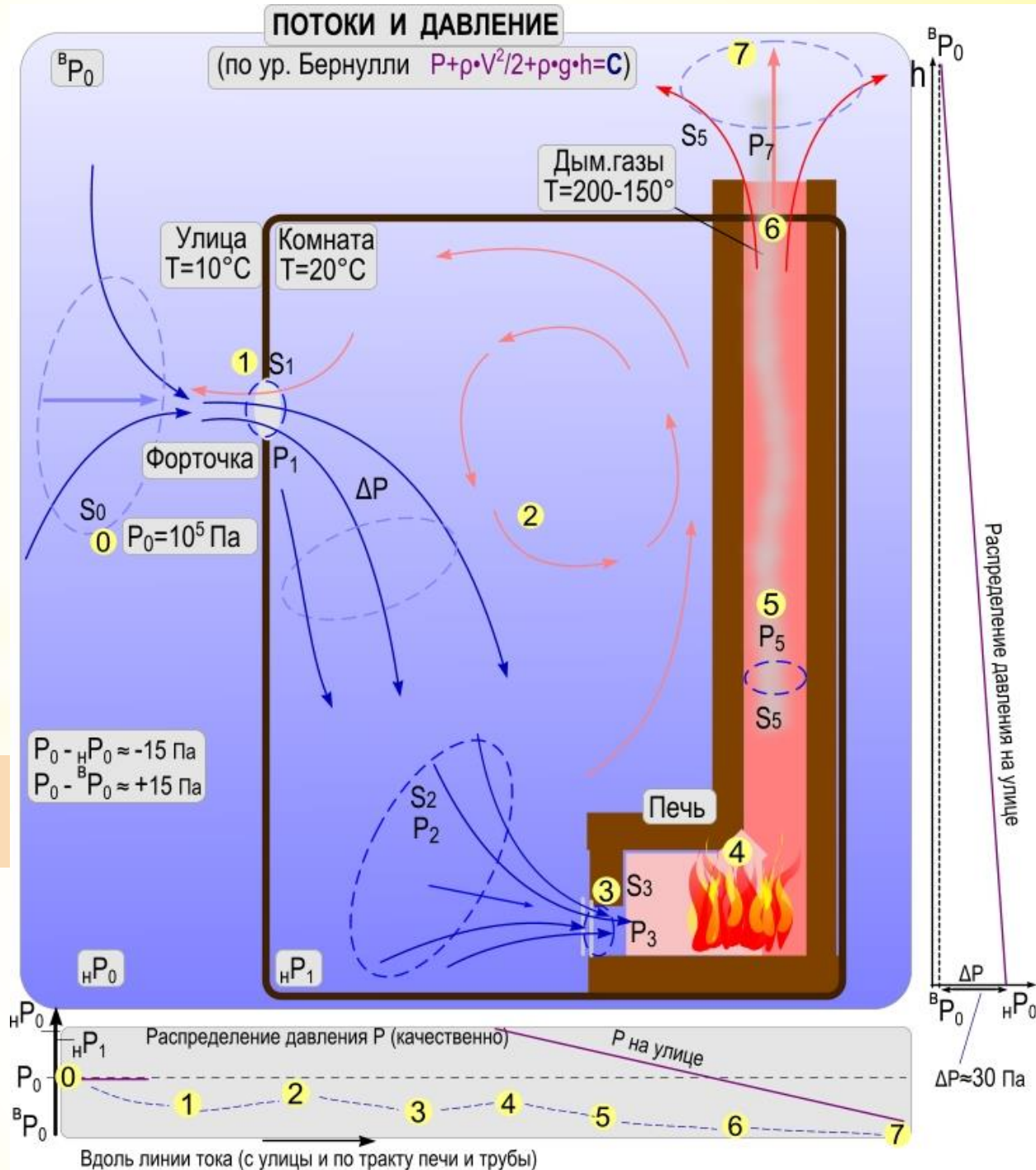
Разрежение в поддувале возникает из-за уменьшения сечения трубки тока – при этом поток ускоряется.

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.

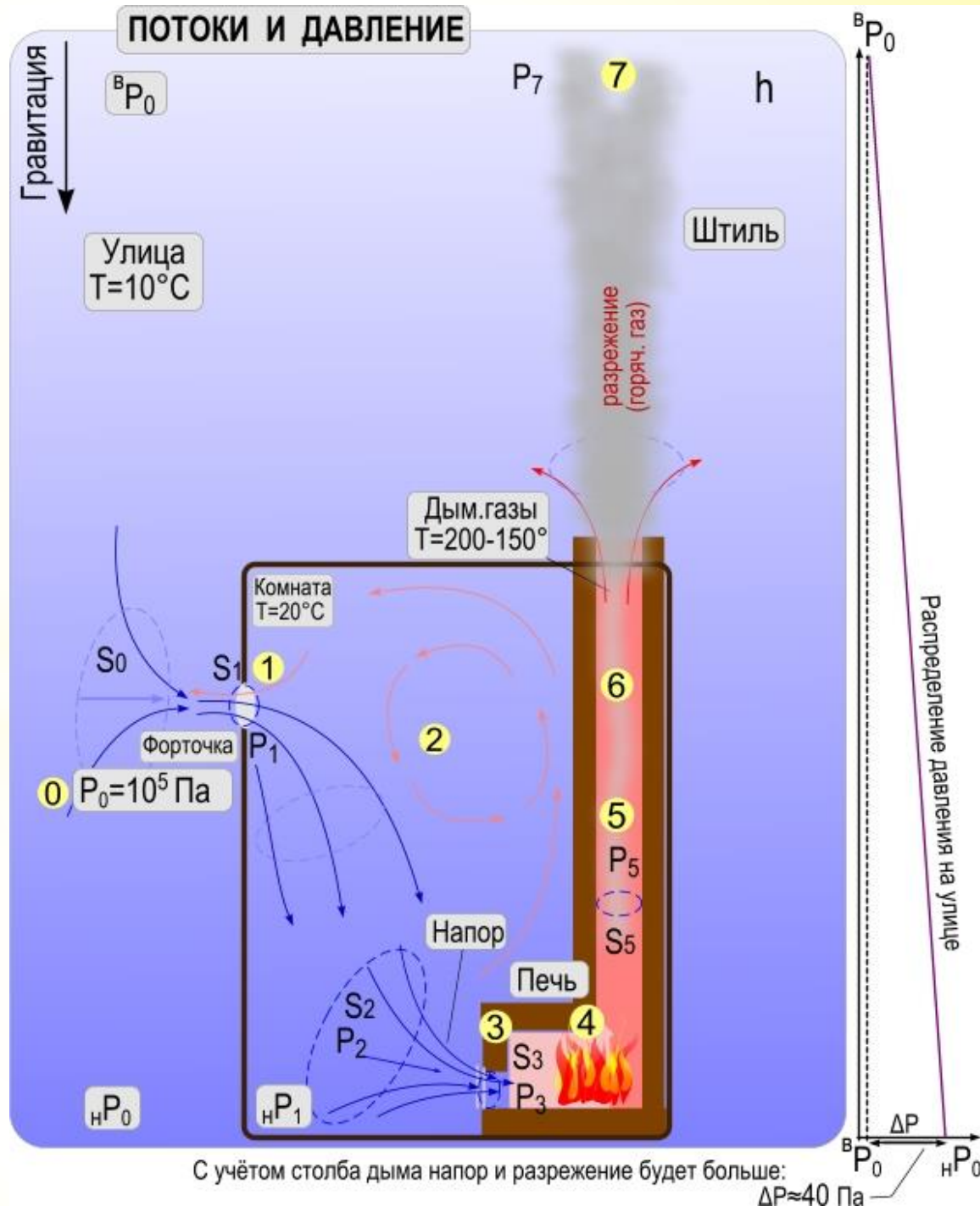
Скорость звука:
 $a = (\gamma \cdot P / \rho)^{1/2} = 330 \text{ м/с}$, при
 $\gamma = 1,4$; $P = 10^5 \text{ Па}$ ($\approx 1 \text{ атм}$);
 $\rho = 1,29 \text{ кг/м}^3$ (при $T = 0^\circ\text{C}$).

Простейшая схема печи
- без поддувала и задвижки.



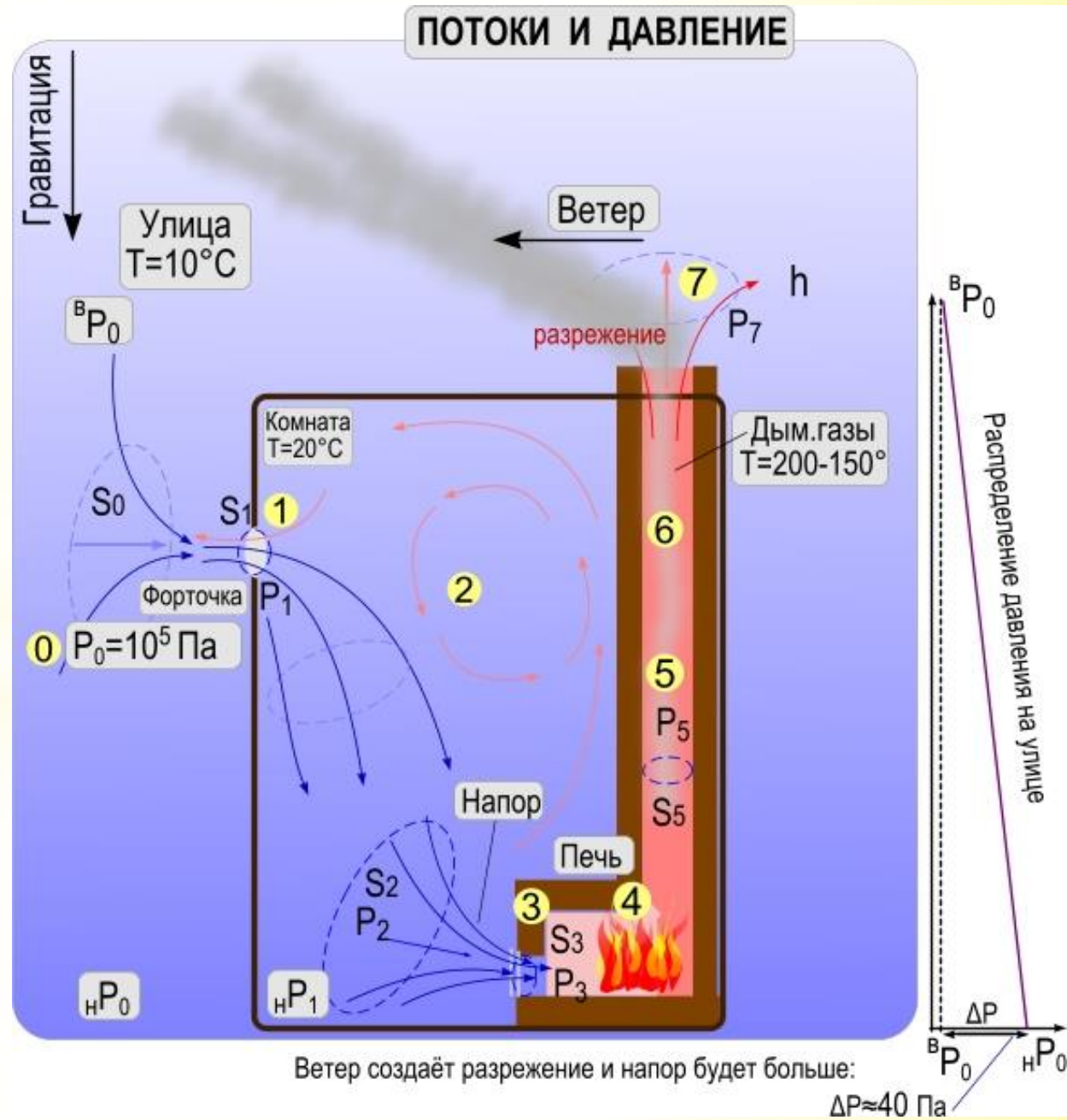
В штиль

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



В ветер

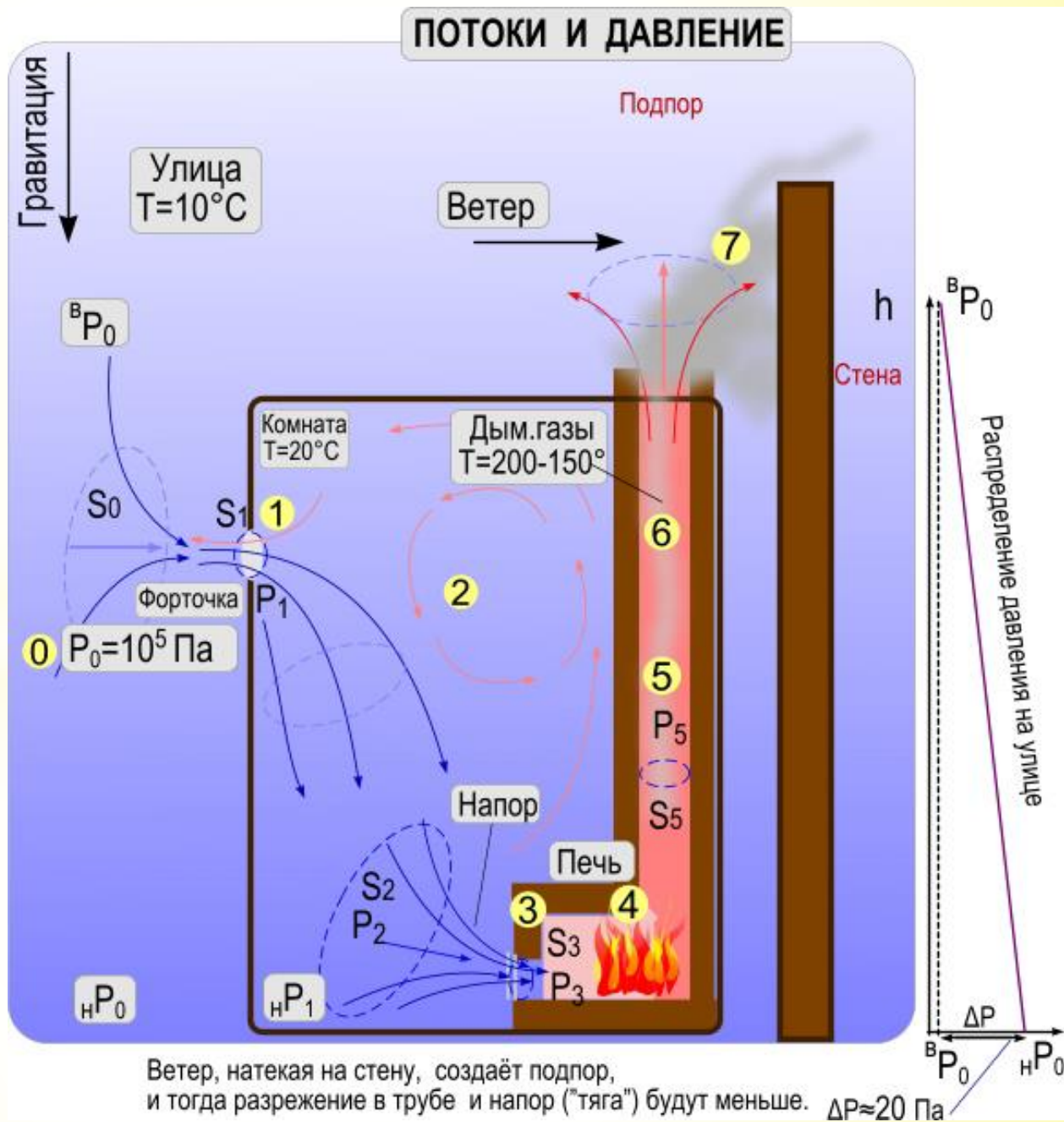
высота столба дыма
равна h трубы,
но ветер создаёт разрежение
на выходе из неё.
Из-за этого возрастает
разрежение в трубе и
напор («тяга») ΔP
по тракту печи.



Ветер с подпором.

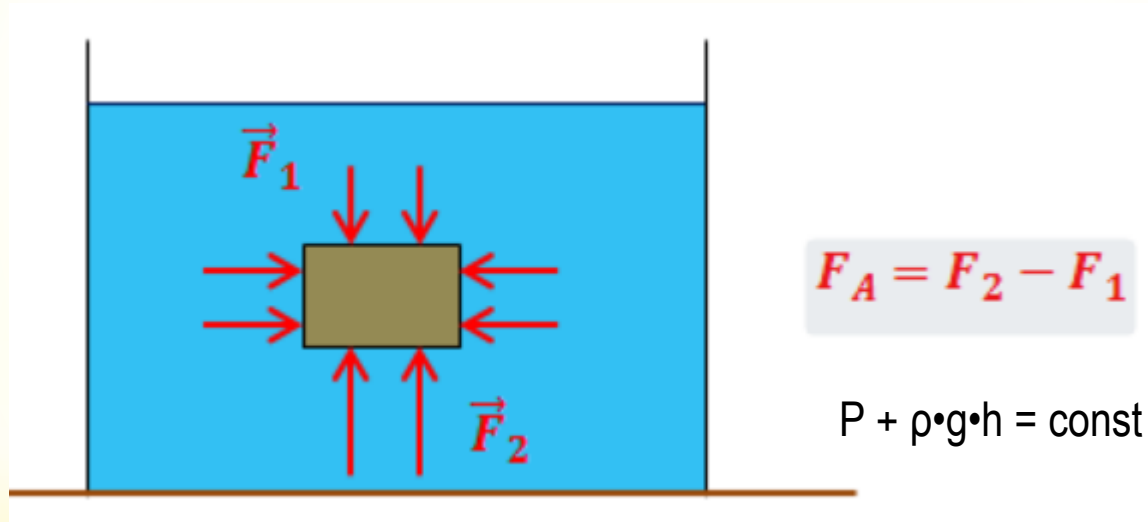
Если рядом с трубой стена, и поток ветра «упирается» в стену, то создаётся подпор. В результате разрежение в дым.трубе уменьшается.

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

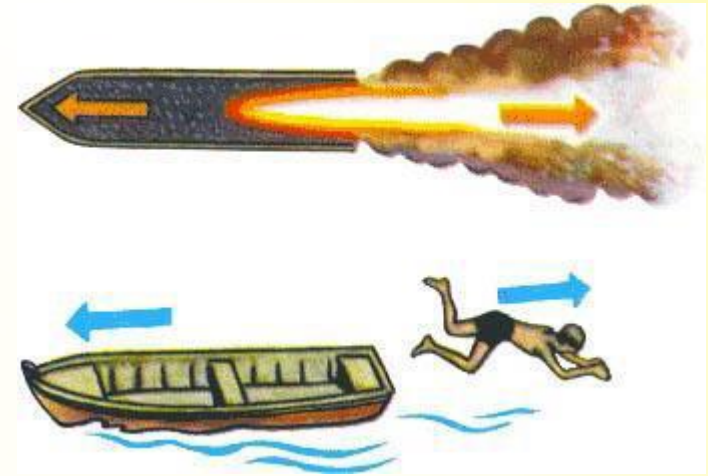
Паскаль, Торичелли, Ньютон, Ломоносов, Эйлер, **Бернулли**,

ок. 250 до н.э
Архимед,

Пуассоном (1829)

О ТЕРМИНОЛОГИИ.

- 1) Для ракеты "тяга" направлена вдоль движения ракеты, т.е. в против истечения струи газов из сопла.
- 2) А в печи под "тягой" понимают усилие, направленное в сторону движения струи дыма (т.е. противоположно, чем в п.1).



Вывод.

Слово "тяга" - трактуют по-разному.

Это скорее поэтическое, бытовое название, применительно к печи.

Ветер **тянет** или толкает яхту?

Ветерок потянул через комнату (сквозняк). и т.д.

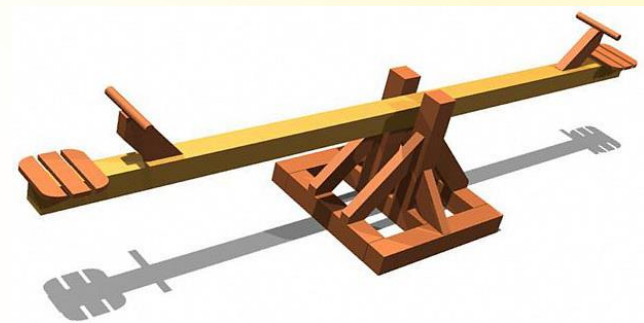
Ещё пример.

На доске-качели сидят двое одинакового веса,
в руках у них гири по 5 кг.

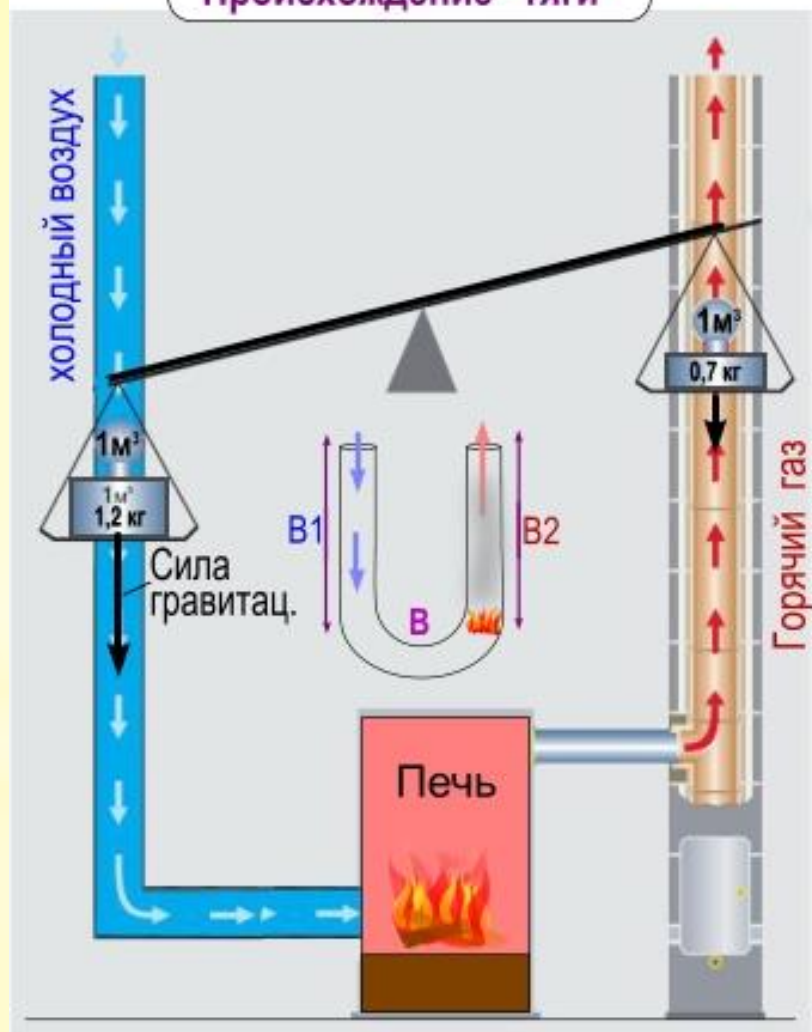
Один сбрасывает гирю
и доска подымает его вверх.

"Тяга" его потянула вверх?

Или доска подтолкнула снизу?

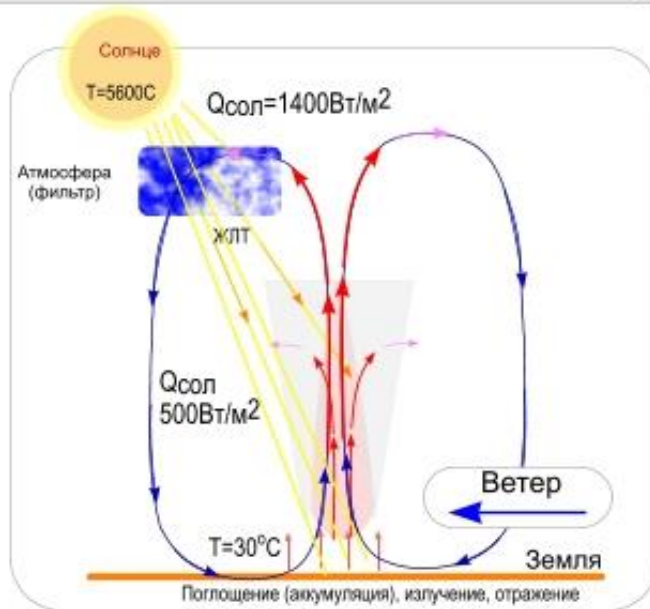
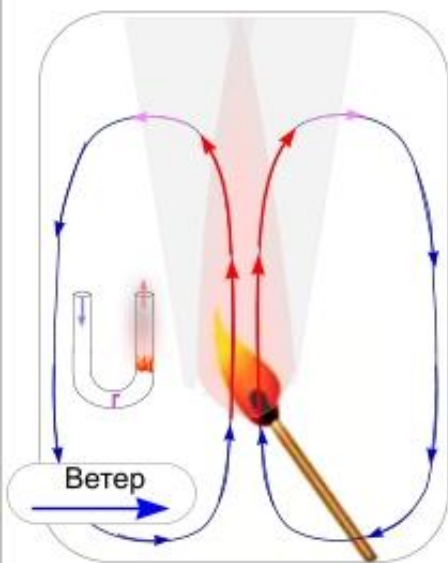


Происхождение "тяги"

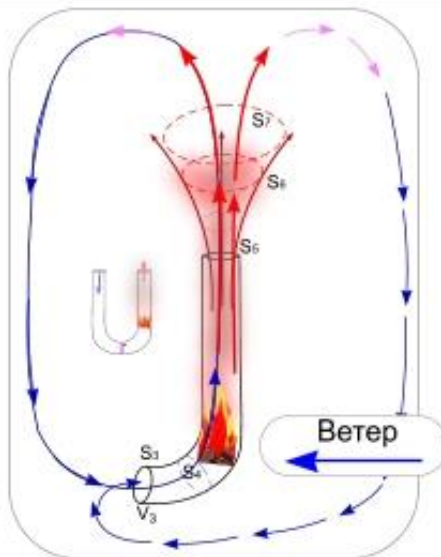
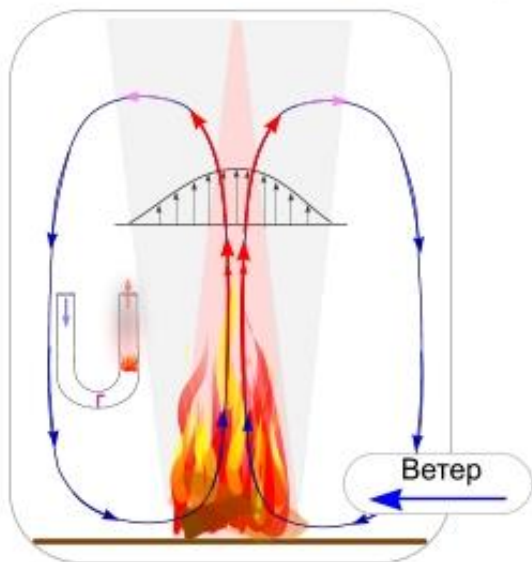


Более тяжёлый столб холод. воздуха B_1
вытесняет столб горяч. газа B_2 .

НАПОР В СТОРОНУ ГОРЯЧЕГО ГАЗА И ВОСХОДЯЩИЕ ПОТОКИ



Термики
(объем горячего газа)
всплывают в атмосфере
холодного газа
из-за подпора снизу
силой Архимеда.



Разные явления с одним конечным результатом:
подпор, напор (ветер, тяга) в сторону всплывающего термика.

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.

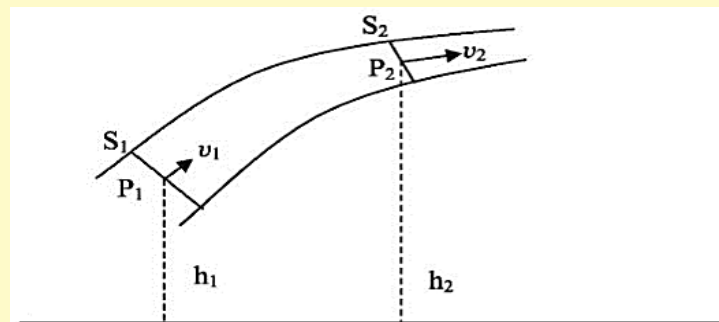
Для расчёта печи надо задать
источник массы в (1),
источник энергии в (5).

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.

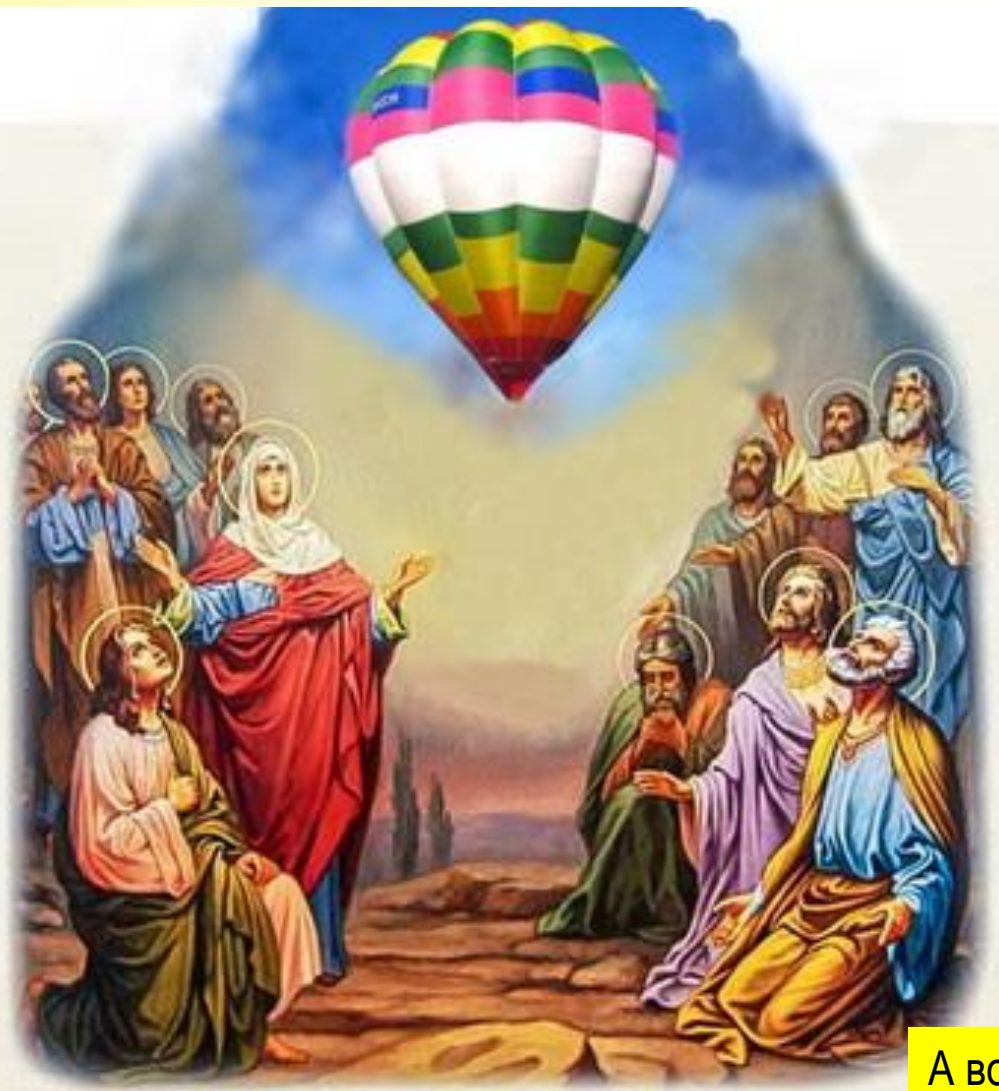
Исследователь много думает
и знает больше чем говорит.
Он интроверт, молчун

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!



KDM-nn.ru

Rus-PO.ru



Спасибо за внимание!
И понимание!
Thanks for attention!

