





К. Циолковский.

# Давление на плоскость при ее нормальном движении в воздухе.

(Написано в 1929 г.)

## I. ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА.

Я даю тут, как мне кажется, новое по сопротивлению воздуха. Но, во первых, я не считаю это строго научным, во вторых, не уверен, что ктонибудь не дал ранее тех же формул.

Если последнее так, то, конечно, я отказываюсь от приоритета и извиняюсь в своем неведении.

Выводы, сделанные вторично, открытия Америк в двадцатом веке, разумеется, человечеству не нужны.

Все же повторение, сделанных уже ранее открытий, не вредно, а в последующих случаях даже драгоценно.

Именно:

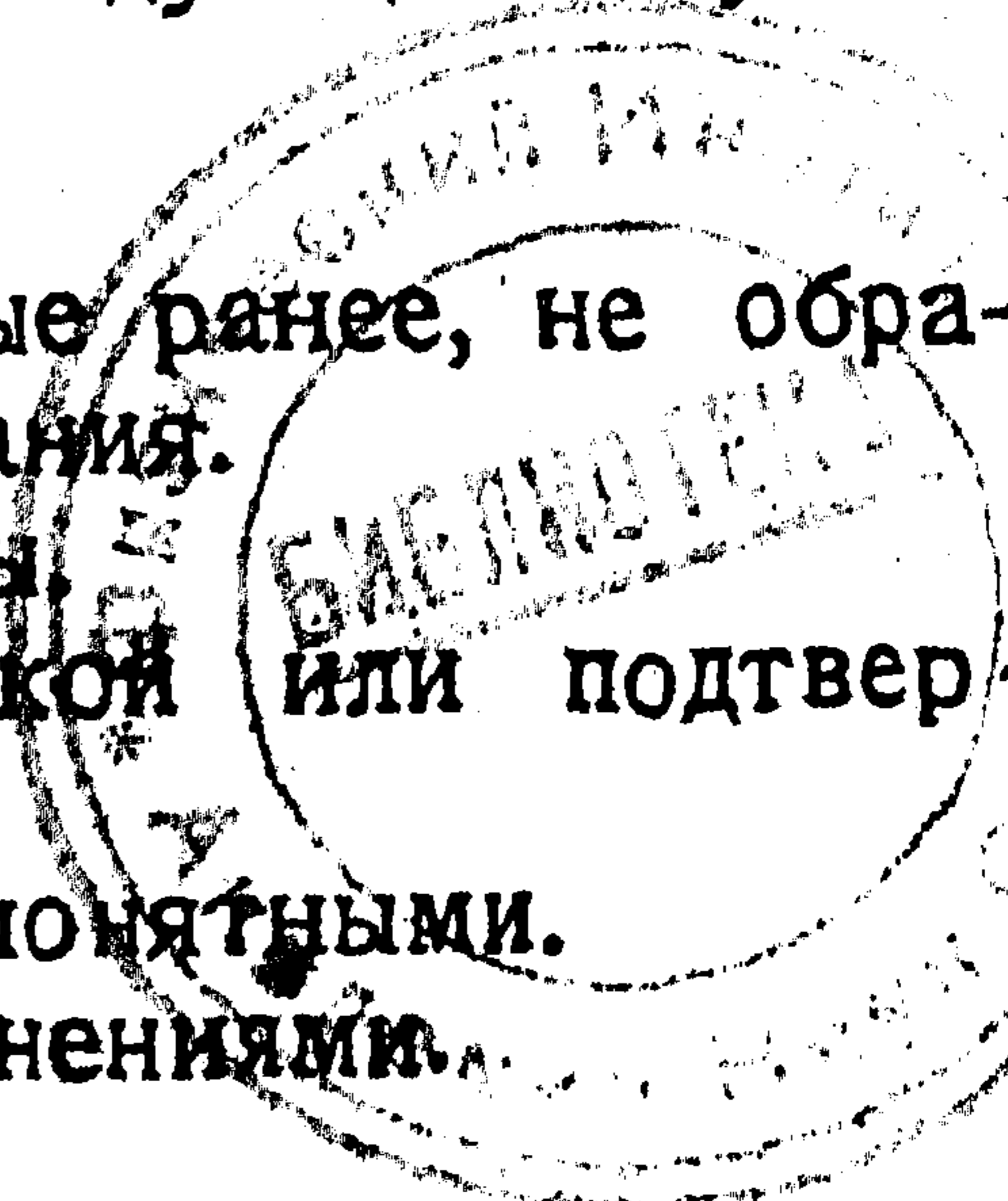
А. Когда выводы, сделанные ранее, не обратили на себя должного внимания.

Б. Когда они были забыты.

В. Когда служат проверкой или подтверждением.

Г. Когда выходят более понятными.

Д. Когда выходят с дополнениями.



Работа извлечена из рукописи и номера оставлены старые.

Взятая мною на себя задача имеет много применений, между прочим—к определению сжатия воздуха в переднем отверстии летящего самолета или другого снаряда.

Дело в том, что этим сжатием, в разреженных слоях воздуха, можно усилить работу моторов. С другой стороны, сопротивление воздуха от сжатия настолько тормозит движение прибора, что приходится, при некоторых скоростях, отказаться от быстрого движения. Мы тут укажем и на пределы этих скоростей для тел разной формы.

### Обозначение величин.

Формулы 12 — 49. Дифференциал=Диф. Работа=Рб. (в тоннометрах, вообще, в земных единицах, а не абсолютных). Давление на единицу площади=Д. Объем=Об. Давление на единицу при единицах абсолютной температуры и плотности= $D_{11}$ . (Давления и силы тоже выражены в земных единицах). Абсол. температура=Т. Плотность=Пл. Те же величины с указателем (1) — постоянные. Механический эквивалент тепла=Мэ. Теплоемкость, или удельная теплота при постоянном объеме=Ут. Масса газа=Мг. Натуральный логарифм=Логн. Удельная теплота газа=Утг. Тоже — водорода=Утв. Молекулярный вес газа=Мвг. Тоже — водорода=Мвв.



Форм. 50 — 79. Тут  $(D_1)$  означает давление атмосферы а  $(D)$  сверхдавление на движущуюся нормально плоскость. Скорость = Ск. Секундное ускорение падающих на земле тел = Уз. В 58  $(D)$  означает полное давление, а в 59 и далее — сверхдавление.

### Сжатие газа.

11. Сначала обратимся к изложению явлений, происходящих при изменении объема газа. Это необходимо при определении сопротивления воздуха движению плоскости.

Имеем некоторый объем  $(Об_1)$  совершенного газа при плотности  $(Пл_1)$ , давлении на единицу  $(D_1)$  и абсолютной температуре  $(T_1)$ . Газ расширился или сжался, без потери тепла, — и те же величины стали иными, именно:  $(Об)$ .,  $(Пл)$ .,  $(D)$  и  $(T)$ . При этом он совершил некоторую работу  $(Рб.)$ , эквивалентную изменению его температуры.

На этих основах можем составить следующие известные уравнения (новый счет из рукописи):

12... Диф.  $Рб. = D \cdot Диф. Об.$  (Диф. есть знак дифференциала).

13...  $D = D_{11} \cdot T \cdot Пл.$ , где  $(D_{11})$  означает давление газа при единице его плотности и единице температуры. Так что:

14...  $D_{11} = D_1 : (Пл_1 \cdot T_1)$ .

15...  $Пл : Пл_1 = Об_1 : Об$  (масса газа, конечно, неизменна).



17... Диф.  $Pb = M_{г.} U_{т.}$  Диф.  $T. M_{э.}$

Тут означаем массу газа ( $M_{г.}$ ), его теплоемкость, или удельную теплоту при постоянном объеме ( $U_{т.}$ ) и механический эквивалент тепла ( $M_{э.}$ ).

Для массы газа имеем:

18 ..  $M_{г.} = Pl_1, Ob_1.$

Решая эти уравнения (11 — 18,) найдем:

22...  $\text{Логн} \left( \frac{Ob}{Ob_1} \right) = \frac{U_{т.} M_{э.}}{D_{11}} \cdot \text{Логн} \left( \frac{T_1}{T} \right).$  Это

есть зависимость объема от абс. температуры на случай расширения газа. На случай сжатия имеем:

23...  $\text{Логн} \left( \frac{Ob_1}{Ob} \right) = \frac{U_{т.} M_{э.}}{D_{11}} \cdot \text{Логн} \left( \frac{T}{T_1} \right).$

(Логн) означает натуральный логарифм.

25... Для воздуха положим:  $U_{т.} = 0,169;$

$Pl_1 = 0,00129;$

$T_1 = 273$  (по Цельсию — нуль);  $D_{11} = 10,33$  (тонн);

$M_{э.} = 248.$  Значит:  $D_{11} = 29,26;$   $1 : D_{11} = Pl_1 =$

$0,0343;$   $U_{т.} M_{э.} : D_{11} = 2,481;$   $D_{11} : (U_{т.} M_{э.}) =$

$0,4032.$  Следовательно:

26...  $\text{Логн} (Ob_1 : Ob) = 2,481. \text{Логн} (T : T_1).$

27...  $\text{Логн} (T : T_1) = 0,4032 \text{Логн} (Ob_1 : Ob).$

( $Pl_1$ ) есть плотность газа при единице давления и температуры.

28... На основании последней формулы, составим таблицу:

$Ob_1 : Ob$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$T : T_1$	1,32	1,56	1,75	1,91	2,06	2,19	2,31	2,42	2,53	2,63



Следовательно, при каждом сжатии воздуха в 6 раз, его абс. температура увеличивается в 2 раза слишком. И обратно—при разрежении в 6 раз, она уменьшается в два раза.

Так как ( $D_{11}$ ) не зависит от плотности, объема и температуры воздуха, то из ф. 26 делаем такой вывод: какой бы не был объем воздуха и как бы не был он разрежен или плотен,—сокращение объема в определенное число раз (напр. в 10) всегда вызывает также определен. изменение абс. температуры в опред. число раз (по табл. в 2,53 раза).

29... На основании этого даем следующую приблизительную таблицу:

Разрежение.

Сжатие.

1296	216	36	6	1	6	36	216	1296	
Охлаждение.					Нагревание.				
18,7	37,5	75	150	300	600	1200	2400	4800	
—254,3	—235,5	—198	—123	+27	327	923	2123	4527	
15,6	31,2	62,5	125	250	500	1000	2000	4000	
12,5	25	50	100	200	400	800	1600	3200	
9,3	18,7	37,5	75	150	300	600	1200	2400	
6,2	12,5	25	50	100	200	400	800	1600	
3,1	6,2	12,5	25	50	100	200	400	800	
1,6	3,1	6,2	12,5	25	50	100	200	400	



Кроме третьей строки с температурой по Цельсию, тут даны только абсол. температуры. Из таблицы видно, что сжатие обыкновенного воздуха (при уровне океана) может легко довести его температуру до 2—3 тысяч градусов Цельсия. Если же дан разреженный газ высот, то температура от сжатия может дойти до нескольких десятков тысяч градусов, смотря по плотности и начальной температуре данного газа: чем меньше плотность, тем возможно высокая температура, потому что возможно многократное уплотнение. Разреженный воздух высот нагревается от сжатия слабее, если он очень холоден. Но в атмосфере мы не имеем воздуха с температурой ниже 80 град. холода, что соответствует довольно высокой абс. температуре в 193 гр. (см. строку 5-ую).

Положим для краткости (см. 14).

$$30... \text{Ут. Мэ} : \text{Д}_1 = \text{Ут. Мэ. Пл}_1. \text{T}_1 : \text{Д}_1 = \text{А.}$$

Тогда из тех же основных уравнений (12—18) найдем:

$$31... \text{Об} : \text{Об}_1 = (\text{T}_1 : \text{T})^\lambda$$

$$32... \text{T} : \text{T}_1 = (\text{Об}_1 : \text{Об})^{1/\lambda}$$

$$33... \text{Д} : \text{Д}_1 = (\text{T} : \text{T}_1)^{\lambda+1}$$

$$34... \text{T} : \text{T}_1 = (\text{Д} : \text{Д}_1)^{1/(\lambda+1)}$$

$$35... \text{Пл} : \text{Пл}_1 = (\text{T} : \text{T}_1)^\lambda$$

$$36... \text{T} : \text{T}_1 = (\text{Пл} : \text{Пл}_1)^{1/\lambda}$$

$$37... \text{Д} : \text{Д}_1 = (\text{Пл} : \text{Пл}_1)^{1+1/\lambda}$$

$$37_1... \text{Пл} : \text{Пл}_1 = (\text{Д} : \text{Д}_1)^{\lambda/(1+\lambda)}$$

$$38... \text{Рб.} = \text{Мг. Ут. Т}_1. \text{Мэ.} \left( 1 - \frac{\text{T}}{\text{T}_1} \right)$$



$$39... P_6 = A \cdot D_1 \cdot Ob_1 \cdot \left\{ 1 - (Ob_1 : Ob)^1 : (A+1) \right\}$$

Форм. 31 и 32 показывают изменение объема в зависимости от изменения температуры и обратно — изменение температуры в зависимости от изменения объема. В двигателях приходится сжимать воздух для усиленной работы моторов, также, когда он очень разрежен. Вот одно из применений этих формул.

Форм 37<sub>1</sub> дает изменение плотности в зависимости от изменения давления. Эту формулу применим к определению сопротивления плоскости, при быстром нормальном ее движении.

Сжимая газ, мы совершаем работу. Величину ее необходимо знать. Для того служат формулы 38 и 39.

Формулы 32, 33 и 35 можно написать в одной строке:

$$39_1... T : T_1 = (Ob_1 : Ob)^1 : A = (D : D_1)^1 : (A+1) \\ = (Pl : Pl_1)^1 : A$$

Для всех „постоянных“ газов, как известно, имеем:

$$40... Utg = Utw \cdot \frac{M_{Bv}}{M_{Bt}} \text{ и}$$

$$41... Plg = Plv \cdot \frac{M_{Bt}}{M_{Bv}} \text{ . Здесь выражена зави-}$$

симость удельной теплоты (Utg) и плотности какого нибудь газа (Plg) от удельной теплоты и плотности водорода (Utw. и Plv) и молекулярных их весов (M<sub>Bt</sub> и M<sub>Bv</sub>). Из 40, 41 и 30 теперь найдем:



42...  $A = (\text{Утв. Плв}) \cdot \text{Мэ} \cdot T_1 : D_1$ . Но произведение (Утв. Плв) постоянно, поэтому и (А) постоянно. Следовательно, все выведенные формулы и законы одинаково применяются ко всем постоянным газам.

43... Во всех формулах (31 — 39<sub>1</sub>) мы видим зависимость отношений от (А). По формуле 42, для всех постоянных газов, (А) зависит от начальных: температуры ( $T_1$ ) и давления ( $D_1$ ) на единицу площади (т. е. от упругости газа).

44... Для воздуха при уровне океана и нулевой температуре по Цельсию,  $A = 2,48$ ;  $1 : A = 0,403$ ;  $A + 1 = 3,48$ ;  $1 + \frac{1}{A} = 1,403$ ;  $1 : (A + 1) = 0,287$ ;  $A : (A + 1) = 0,713$  (см 30, 42 и 25).

Теперь вместо строки 39<sub>1</sub>, найдем:

$$45... T : T_1 = \frac{(Об_1 : Об)^{0,403}}{2,8} = \frac{(D : D_1)^{0,287}}{2,48} = \frac{(Пл : Пл_1)^{0,403}}{3,48} = \sqrt[2,8]{Об_1 : Об} = \sqrt[2,48]{D : D_1} = \sqrt[3,48]{Пл : Пл_1}$$

Значит, для воздуха изменение абс. температуры обратно пропорционально корню (2,48) степени из изменения объема (34), или прямо пропорционально корню степени (3,48) из изменения давления или прямо пропорционально корню (2,48) степени изменения плотности.

46.. (А) еще пропорционально отношению ( $T_1 : D_1$ ). (см. 42). Следовательно, показатель корня (А или  $A + 1$ . См. 39<sub>1</sub>) тем больше, чем больше абс. темпер. газа и чем меньше его давление ( $D_1$ ) на единицу площади, т. е. чем меньше упругость газа.



Допустим, что газ имеет постоянную температуру ( $T_1$ ), несмотря на изменение его объема. Это может быть на деле, если изменение объема происходит медленно, так что газ успевает охладиться или нагреваться внешней средой. Это бывает еще тогда, когда принимают усиленные меры для уравнения температуры газа.

Тогда в уравнениях (12 — 17) ( $T$ ) будет постоянно ( $T_1$ ) и 17-е уравнение окажется ненужным. Из остальных мы получим:

$$12_1... \text{Диф} (Pb) = D_{11} \cdot T_1 \cdot \text{Пл.} \cdot \text{Об}_1 \cdot \frac{\text{Диф} (\text{Об})}{\text{Об}} \text{ или}$$

на основании 14-й форм.:

$$\text{Диф} (Pb) = D_1 \cdot \text{Об}_1 \cdot \frac{\text{Диф} (\text{Об})}{\text{Об}}. \text{ Интегрируя же,}$$

найдем:

13\_1...  $Pb = D_1 \cdot \text{Об}_1 \cdot \text{Логн} (\text{Об}) + \text{Пост.}$  Если  $\text{Об} = \text{Об}_1$ , то  $Pb = 0$ . Поэтому:

14\_1...  $Pb = D_1 \cdot \text{Об}_1 \cdot \text{Логн} \left( \frac{\text{Об}}{\text{Об}_1} \right)$ . Если газ расширяется ( $\text{Об} > \text{Об}_1$ ), то работа будет положительна, т. е. она выделяется. Если же газ сжимается ( $\text{Об} < \text{Об}_1$ ), то работа поглощается, ибо нужна внешняя работа, чтобы его сжать и потому она будет отрицательна.

Если бы давление было постоянным, то работа, при расширении объема ( $\text{Об}_1$ ) до объема ( $\text{Об}$ ), была бы:

$$15_1... Pb = D_1 \cdot (\text{Об} - \text{Об}_1) = D_1 \cdot \text{Об}_1 \left( \frac{\text{Об}}{\text{Об}_1} - 1 \right),$$



Деля почленно уравнение 14<sub>1</sub> на уравн. 15<sub>1</sub>, получим относительную работу изменения объема при постоянной температуре. Получим:

$$16_1... P_6 : P_{6_1} = \text{Логн} \left( \frac{Ob}{Ob_1} \right) : \left( \frac{Ob}{Ob_1} - 1 \right). \text{ Также}$$

поступая с формулами 39 и 15<sub>1</sub>, получим сравнительную работу при расширении и сжатии, без потери и приобретения газом тепла извне (диабатическом). Найдем:

$$17_1... P_6 : P_{6_1} = A \cdot \left\{ 1 - \left( \frac{Ob_1}{Ob} \right)^{1:A} \right\} : \left( \frac{Ob}{Ob_1} - 1 \right).$$

Здесь  $1 : A = 0,403$  (см. 44).

Формулы 15<sub>1</sub>, 16<sub>1</sub> и 17<sub>1</sub> дают нам возможность составить таблицу относительных работ при изменении объема: 1) при постоянном давлении, 2) при постоянной температуре и при 3) переменной (диабатическое явление).

18<sub>1</sub>... Все работы в таблице принимаем положительными. Чтобы получить истинные работы, конечно, нужно их умножить на работу по формуле 15<sub>1</sub>. Наприм. для нормального воздуха и единицы объема можем положить:  $T_1 = +273$  (нул по Цельсию);  $Pl_1 = 0,0013$ ;  $D_1 = 10,3$ ;  $D_{11} = 31,4$  тонны (см. 14). Теперь вычислим:

$$P_{6_1} = D_1 \cdot \left( \frac{Ob}{Ob_1} - 1 \right) = 10,3 \cdot \left( \frac{Ob}{Ob_1} - 1 \right) \text{ тонномет-}$$

ров. Напр., при тройном расширении  $P_{6_1} = 20,6$  т. м.  $= 2060$  килограмметров.



Разберем предлагаемую таблицу (см. табл. стр. 12—13). Она разделяется толстой отвесной чертой на правую и левую половину. Левая относится к сжатию газа, правая к его расширению. Первая строка указывает на кратное изменение объема, вторая на относительное разностное изменение объема и одновременно на работу при постоянном давлении.

За 1 единицу работы во всей таблице принимается работа изменения объема на единицу при постоянном давлении (20,6 тонометров). Третья строка относится к работе сжатия при постоянной температуре, 5-я—к переменной температуре.

Обратимся к работе сжатия (левая половина). Мы видим, что благодаря непрерывно возрастающему давлению, работа сжатия гораздо больше, чем при постоянном давлении.

Так, при сжатии в 1000 раз, она возрастает от этого почти в 7 раз. При естественном же (не устраненном) возвышении температуры, также при сокращении в 1000 раз, она уже увеличивается в 37 раз. Чем меньше сжатие, тем эти отклонения меньше.

Строка 7-я указывает, во сколько раз работа сжатия больше, благодаря возвышению тепла от сжатия газа. Так, при сокращении в 1000 раз, работа увеличивается в 5,4 раза вследствие нагревания газа.

Теперь обратимся к правой половине, относящейся к разрежению газа. Тут выделяемая



С ж а т и е.

1.	1000	100	10	5	4	3	2
2. (06 : 06 <sub>1</sub> )—1.	0,999	0,99	0,9	0,8	0,75	0,667	0,5
3. По форм. 16 <sub>1</sub> .	6,90	4,65	2,62	2,01	1,84	1,65	1,39
4. Обратное . . .	—	—	—	—	—	—	—
5. По форм. 17 <sub>1</sub> .	37,2	13,54	4,22	2,83	2,48	2,08	1,59
6. Обратное . . .	—	—	—	—	—	—	—
7. Отношение 17 <sub>1</sub> : 16 <sub>1</sub>	5,4	2,9	1,6	1,4	1,3	1,25	1,2
8. Обратное . . .	—	—	—	—	—	—	—



Р а с ш и р е н и е.

2	3	4	5	10	100	1000
1	2	3	4	9	99	999
0,693	0,549	0,460	0,402	0,256	0,046	0,0069
1,44	1,82	2,17	2,49	3,91	21,7	145,0
0,600	0,459	0,355	0,295	0,166	0,0211	0,00233
1,67	1,82	2,82	3,39	6,02	47,4	429,0
0,87	0,84	0,77	0,73	0,65	0,46	0,34
1,14	1,2	1,3	1,4	1,5	2,2	2,9



работа гораздо меньше, чем при постоянном давлении. Строка 4-я показывает, во сколько раз она меньше при постоянной температуре (или искусственным подогреванием газа извне). Так, при расширении в 10 раз, она почти в 4 раза меньше, чем при постоянном давлении. Если же происходит естественное охлаждение, то, при том же сокращении, она в 6 раз меньше (строка 6).

Все же, при постоянной температуре, работа бесконечного расширения газа беспредельна, хотя и растет медленно с увеличением объема. (Форм. 14<sub>1</sub>). Напротив, работа, выделяемая расширяющимся и натурально охлаждающимся газом, совершенно ограничена, не смотря на бесконечное увеличение его объема (Форм. 38 и 39).

Строка 8-я указывает влияние естественного охлаждения на выделяемую расширяющимся газом работу. При небольшом расширении это влияние не велико, но чем сильнее расширение, тем оно значительней. Так, при расширении в 1000 раз, естественная работа расширения газа (при свободном понижении температуры) почти в три раза меньше, чем при искусственной неизменной температуре.

Надо ли говорить, что наша таблица применима ко всем идеальным газам и перегретым непостоянным газам и парам. Она относится также ко всем плотностям и ко всем температурам, при которых постоянство газа еще не нарушается.



## Давление встречного потока.

47... Аэроплан движется с большой быстротой в разреженных слоях воздуха. Поэтому воздух на носу сжимается и тем может уменьшить работу компрессора. На воздух в носовом отверстии самолета происходит давление встречного потока, как на плоскость нормальную к потоку. Как же велико это давление при разных скоростях движения аэроплана?

Предупреждаю, что все последующие расчеты нельзя считать ни точными, ни строго научными. Хорошо, если они дадут хотя некоторое понятие о величине давления на плоскость, нормальную к потоку.

Когда воздух впереди плоскости мало уплотняется, то можем принять известную формулу:

$$50... D = \frac{Ck^2}{2U_3} \text{ Плв. где скорость } (Ck) \text{ не}$$

должна превышать 100 метров в секунду. Она выведена также и мною для сопротивления от инерции передней части воздуха (см. Труды Общества Любит. Естествознания. Физ. отдел Том 4-й 1891 г. Москва).

В этой форм. (D) означает сверхдавление, (U<sub>3</sub>) есть ускорение земной тяжести, а (Плв) или (Пл) есть плотность воздуха.

Если же скорость больше 100 м., то воздух перед плоскостью от сильного давления уплотняется и формула 50 дает большую погрешность. В ней плотность (Пл) надо заменить по формуле:



51...  $\Pi_1 = \Pi_1 \cdot \left( \frac{D + D_1}{D_1} \right)$ , где  $(\Pi_1)$  есть плотность спокойного воздуха, а  $(D_1)$  атмосферное давление на единицу площади.

Из 50 и 51 получим:

$$52... D = \frac{Ck^2}{2 U_3} \cdot \Pi_1 \cdot \frac{D + D_1}{D}. \text{ Отсюда:}$$

$$53... D = \frac{Ck^2}{2 U_3} \cdot \Pi_1 : \left\{ 1 - \frac{\Pi_1}{D_1} \cdot \frac{Ck^2}{2 U_3} \right\}$$

При малой скорости  $(Ck)$  из этой формулы получается форм. 50.

Из 53 видно, что скорость не может быть очень большой; необходимо условие:

$$54... Ck < \sqrt{2 U_3 \cdot D_1 : \Pi_1}.$$

55... Положим тут:  $U_3 = 10$ ;  $D_1 = 10$  (тонн на кв. метр),  $\Pi_1 = 0,0013$ . Тогда, по 54, вычислим:  $Ck < 392$  м. в сек.

Очевидно, при этой скорости как бы получается бесконечное сгущение, а потому дальнейшее увеличение скорости невозможно. Но это ошибка: во первых, потому что газы не постоянны и потому не могут бесконечно уплотняться, во первых, потому что мы не приняли во внимание нагревание от сжатия газа.

Но возвратимся пока к последним формулам. Давление по 53 больше, чем по 50 во сколько раз:

$$56... D_{53} : D_{50} = 1 : \left\{ 1 - \frac{\Pi_1}{D_1} \cdot \frac{Ck^2}{2 U_3} \right\}$$



57... Уравнения 50, 53 и 56 дают нам следующую таблицу:

Скорость метры.	50	100	150	200	250	300	350	392
$D_{50} =$	0,162	0,65	1,46	2,60	4,06	5,85	7,96	10,0
$D_{58} =$	0,162	0,695	1,7	3,5	6,85	14	39	Бесконечно
Отношение.	1,016	1,070	1,171	1,35	1,68	2,41	4,90	Бесконечно



Вторая стр. показывает давление потока в тоннах на 1 кв. метр по форм. 50. Третья— тоже по ф. 53. Четвертая — отношение этих давлений. По 53 формуле, конечно, давление больше вследствие принятого в расчет сжатия воздуха. Так при 50 м. скорости ошибка=1,6%, при 100 м. — 7%, при 250 м. ошибка уже достигает 68%.

Ясно, что формулу 50 можно принимать только до скорости в 100 — 200 метров. Но и формулу 53 нельзя принять для больших скоростей. Действительно, при 350 м. скорости, воздух давит с силою 3,9 тонн на кв. метр, отчего воздух нагревается, становится менее плотным и давление от этого уменьшается. Из табл. 28 видно, что при уплотнении газа вчетверо, абсолютная температура увеличивается в 1,75 раза. Во столько же раз разрежается воздух и уменьшается давление. Получим, по 53, чуть не вдвое больше давление, чем истинное.

58... Чтобы получить более верную формулу давления, надо принять во внимание увеличение температуры от сжатия воздуха. Формула 37<sub>1</sub> дает:  $Pл = Pл_1 \cdot (D : D_1)^A : (A + A)$

Но тут  $D = D_1 + D_c$ , где  $(D_1)$  есть давление в спокойной атмосфере, а  $(D_c)$  — сверхдавление. Означая его просто через  $(D)$ , из 58 и 50, выключая плотность  $(Pл)$ ., получим уравнение:

$$59... D = \frac{Ck_2}{2y_1} Pл_1 \cdot \left( \frac{D + D_1}{D_1} \right)^{A : (1 + A)}$$



Если (Д) или сверхдавление во много раз больше спокойного давления ( $D_1$ ), то можно положить:

$$60... D = \frac{Ck^2}{2y_3} \cdot Пл_1 \cdot \left( \frac{D}{D_1} \right)^{A:(1+A)} \quad \text{отсюда,}$$

определяя неизвестное (Д), найдем:

$$61... D = \left( \frac{Пл_1}{2y_3} \right)^{A+1} \cdot \left( \frac{Ck^{2A+2}}{D_1^A} \right)$$

Надо помнить, что формула эта имеет некоторое значение, когда (Д) в несколько раз больше атмосферного давления ( $D_1$ ), т. е. когда (по табл. 57) скорость больше 350—400 метров.

62... Из 42 и 43 знаем, что  $A = 2,481$ . Следовательно:  $D : D_1 = V \cdot Ck \cdot 6,96$  или почти  $D : D_1 = V \cdot Ck^7$ . Здесь

$$63... V = \left\{ (Пл_1 : D_1) : 2y_3 \right\}^{A+1}$$

64... при уровне океана и нулевой температуре можем положить:  $Пл_1 = 0,0013$ ;  $y_3 = 10$ ;  $D_1 = 10$ . Тогда найдем, что  $V = 89 \cdot 10^{-20}$ .

65... Положив, напр.,  $Ck = 400$  м., найдем:  $D : D_1 = 1,46$ , или  $D = 14,6$  тонн. По формуле 50, при той же почти скорости, найдем:  $D = 10$  тонн, а по ф. 53—бесконечное давление. При скорости большей 400 м. в сек. мы можем смело применять формулу 63.

66... Зная отношение давлений (62 и 63), по формулам 34 и 37<sub>1</sub>, можем вычислить отношение абсолютных температур ( $T : T_1$ ) и отношение плотностей ( $Пл : Пл_1$ ):



67... При нулевой температуре и уровне океана, получим (62—64):  $D:D_1 = 89,10 \cdot 10^{-20} \cdot Ck^7$ .

68... Также  $T:T_1 = (D:D_1)^{1/(A+1)} = (D:D_1)^{0,287} = 6,61 \cdot 10^{-6} \cdot Ck^2$

69... Далее,  $\rho:\rho_1 = (D:D_1)^{A/(1+A)} = 1,35 \cdot 10^{-13} \cdot Ck^{5,01}$ , или приблизительно  $1,35 \cdot 10^{-13} \cdot Ck^5$ .

Из 68 и 69 видно, что абс. температура возрастает пропорционально квадрату скорости, а плотность пропорц. пятой степени той же скорости.

70. Все это дает нам возможность составить следующую таблицу:

Секундная скорость в километрах.

0,4	0,5	1	2	3	4	5
-----	-----	---	---	---	---	---

Отношение давлений ( $D:D_1$ ) при уровне океана и нулевой температуре.

1.46	6.95	889.6	1139.00	1.946.000	14.580.000	69.530.000
------	------	-------	---------	-----------	------------	------------

Отношение абс. температур. ( $T:T_1$ ).

1.0576	1.65	6.61	26.44	59.49	105.76	165.25
--------	------	------	-------	-------	--------	--------

Соответствующая абс. температур.

289	450	1.804	7.218	16.241	28.870	65.100
-----	-----	-------	-------	--------	--------	--------

Отношение плотностей ( $\rho:\rho_1$ ).

1.38	4.31	138	4.420	33.530	141.400	431.200
------	------	-----	-------	--------	---------	---------



71... Из форм. 63 — 69 видно, что отношение давлений, температур и плотностей не изменяются при неизменном отношении ( $P_1 : D_1$ ). Это значит, что таблица относится ко всяким слоям атмосферы, т. е. ко всякому разрежению или сжатию газа, лишь бы начальная температура невозмущенного воздуха оставалась неизменной. Большие числа этой таблицы мы можем применять к разреженным слоям воздуха, например, где он разрежен в тысячи и миллионы раз, т. е. на высотах.

При сек. скорости в 400 метров уже давление достигает почти полторы атмосферы, абсол. температура доходит до  $289^\circ$ , или  $16^\circ$  по Цельсию, а плотность возрастает в 1,38 раза, При полуверстной скорости температура еще не высока ( $177^\circ$  по Ц) и воздух еще не может светиться Тут он уплотняется в 4,3 раза. При скорости в кило воздух бы должен накалять тело до свечения. Уплотнение его достигает 138. При скорости в 2 кило и выше, вычисленное уплотнение не оправдается при уровне океана, в виду непостоянства газа. Но на высотах это может отчасти оправдаться, также и в отношении высоких температур. Положим, напр., что воздух разрежен в тысячу раз. Тогда он может сгуститься в 500 тысяч раз без нарушения идеальных свойств постоянного газа (принимая в расчет очень высокую нагретость). Значит, возможна секундная скорость в 5 кило и увеличение в плотности в 431.200 раз (по таблице



70). При этом его абсол. температура достигает 65 тысяч град.

Тут невольно приходит в голову воспользоваться высокой температурой сжатых очень разреженных газов для разных целей. Не разложатся ли, напр., двухатомные газы в одноатомные? Не проявятся ли радиоактивные явления?

Применение таблиц и формул возможно и при еще больших скоростях, если плоскость будет двигаться в еще более редких слоях воздуха.

72... Впрочем нужно помнить, что чем больше скорость пластинки и степень сгущения среды, — даже в разреженных слоях атмосферы, — тем числа, даваемые нашими формулами, более истинных. Действительно они были бы верны, если бы соблюдалось подобие плотностей. При небольших скоростях плотность среды кругом и далеко почти постоянна. При этих именно условиях формулы будут правильны. Но при больших скоростях уплотнение бывает только по близости движущейся пластинки. Чем же дальше от нее, тем меньше возмущается плотность. Крайняя неравномерность плотностей заставляет в наши формулы вводить переменный коэффициент, меньший единицы, который тем дальше от нее, чем скорость плоскости больше. Предлагаем математикам произвести более точные исследования



над сопротивлением плоскости с целью найти поправочный коэффициент к моим формулам сопротивления.

Итак, числа 70 таблицы тем более преувеличены, чем скорость больше.

Из 59 для всяких скоростей и давлений получим:

$$76... \frac{D}{D_1} = C_k^2 \left( \frac{\text{Пл}_1}{2Уз. D_1} \right) \cdot \left( \frac{D}{D_1} + 1 \right)^{A : (1+A)}$$

Значит:

$$77... C_k = \sqrt{\frac{2Уз. D_1 (D : D_1) : \text{Пл}_1}{(D : D_1 + 1)^{A : (2+2A)}}$$

Для больших же давлений из ф. 61 получили бы:

$$78... C_k^2 = (D : D_1)^{1 : (A+1)} \cdot (2Уз. D_1 : \text{Пл}_1).$$

Воспользуемся формулой 77 для всяких скоростей. Но в ней отношение  $(D : D_1)$  надо заменить отношением плотностей  $(\text{Пл} : \text{Пл}_1)$  посредством формулы 37. Найдем:

$$79... C_k^2 = \frac{2Уз. D_1 \cdot (\text{Пл} : \text{Пл}_1)^{(A+1) : A}}{\text{Пл}_1 \cdot \left\{ (\text{Пл} : \text{Пл}_1)^{(A+1) : A + 1} \right\}^{A : (1+A)}}$$

80... Положим:  $Уз = 10$ ;  $D_1 = 10$ ;  $\text{Пл}_1 = 0,0013$ ;  
 $A = 2,48$ ;  $A : (2 + 2A) = 0,356$ ;  $A : (1 + A) = 0,713$ ;  
 $(1 + A) : A = 1,403$  (см. 44).



Теперь — из 76, 79 или

Д : Д <sub>1</sub> . . . . .	0,1	0,3
Пл : Пл <sub>1</sub> . . . . .	1,07	1,205
Скорости в метрах . . . . .	108,5	178
Необходимое для этих скоростей разрежение воздуха (см. новый аэроплан) . . . . .	1,18	3,17
<hr/>		
Д : Д <sub>1</sub> . . . . .	5	7
Пл : Пл <sub>1</sub> . . . . .	3,58	4,40
Скорости . . . . .	420	448
Необходимое разрежение . . . . .	17,6	20,1
<hr/>		
Д : Д <sub>1</sub> . . . . .	500	1000
Пл : Пл <sub>1</sub> . . . . .	84,1	138
Скорости . . . . .	871	955
Разрежение . . . . .	75,9	91,2
<hr/>		
Д : Д <sub>1</sub> . . . . .	1000000	5000000
Пл : Пл <sub>1</sub> . . . . .	19000	59900
Скорости . . . . .	2590	3440
Разрежение . . . . .	671	1183



37 составим таблицу:

0,5	1,0	1,5	2	3
1,33	1,64	1,92	2,19	2,69
217	277	313	339	375
4,71	7,67	9,80	11,5	14,1
10	20	50	100	200
5,53	8,70	16,3	26,9	43,9
479	537	605	687	759
24,9	28,8	36,6	47,2	57,6
5000	10000	50000	100000	500000
435	711	2240	3670	11600
1200	1340	1780	1860	2470
144	180	317	346	610
10000000	50000000	100000000	500000000	
99800	309000	506000	1600000	
3630	4780	5040	6640	
1318	2285	2540	4409	



81. В первой строке (Д) означает сверхдавление. Истинное давление  $= Д + Д_1$ . Отношение истинных давлений будет на единицу больше.

Из таблицы видим, что до скорости в 955 метров сгущение от встречного потока недостаточно для работы моторов. Но после этого оно даже гораздо больше, чем нужно. Напр., при скорости в 1200 метров сгущение будет 435. т. е. оно будет в 3 раза больше, чем нужно, отчего работа моторов может увеличиться в 3 раза: было бы только горючее, да крепкие рабочие цилиндры. При скорости в 1860 метров, по той же таблице, сгущение будет в 11 раз сильнее. Значит с 1000 метров секундной скорости компрессоры окажутся излишними. Жаль, что температура чрезчур велика. Так при 1 кило скорости она достигает (см. 70)  $15000^{\circ}$  Ц.

Впрочем, мы указали, что сгущение и температура должны быть много ниже.

89... Поговорим еще о формулах сопротивления воздуха, нормально движущейся плоскости. Только при сек. скорости до 200 — 300 метров они могут считаться сносными (см. таб. 80). При больших же скоростях они дают преувеличенные давления, плотности и температуры (см. 72). Но, за неимением лучшего, приходится пользоваться и этими.

90... Снаряды в атмосфере едва ли будут приобретать секундную скорость больше одного килом. И при этом, по табл. 70, плотность окружающего пластинку воздуха увеличивается в



138 раз. Возможно ли экономное движение при этих условиях?

В том то и штука, что снаряды не имеют тупых концов, в особенности спереди. По таблице 80-й скорость в 300 метров уплотняет воздух перед пластинкой только в 2 раза. Следовательно, такая скорость вполне терпима для шаров: уплотнения среды перед ними почти не будет. Для плавного тела, вдвое более продолговатого чем шар, уже будет допустима скорость в 600 метров без заметного сгущения среды. Рассуждая так, составим таблицу.

Продолговатость тел, или отношение длины их к поперечнику.

1	2	3	4	5	6	8	10	15	20
---	---	---	---	---	---	---	----	----	----

Допустимая экономная скорость в секунду  
Километры.

0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,4	3	4,5	6
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	-----	---

При этих скоростях заметного сгущения среды не будет, а потому не будет и увеличенного, непомерного расходования энергии, при движении птицеподобного снаряда.

На больших высотах корма даже может обрываться плоскостью; но нам приходится летать и внизу. Поэтому плоский зад неудобен. Он неудобен также и в отношении конструктивном. Но часть его, где выходят жерла кони-



ческих труб, выбрасывающих продукты горения, поневоле будет плоской.

91... Обратимся опять к нашей таблице (70) с целью показать некоторую ее правдоподобность.

Метеоры, или космические камни, пролетая атмосферу, накаляются и испускают свет. Причина — в задержке движения атмосферой, так что весь минерал от этого нагревается: энергия движения переходит в теплоту. Еще причина — в сгущении перед камнем воздуха. Так как камень неправильной формы, то уплотнение и температура воздуха будет гораздо меньше, чем по таблице (70). Так, при сек. скорости в 5 кило среда уплотняется в 400000 раз, а температура ее доходит до  $65000^{\circ}$ . Принимая во внимание огромную скорость аэролитов (до 50 кило в секунду и более), это сгущение и температура должны бы оправдаться.

Но надо помнить, что такое сгущение и температура появляются не сразу, а постепенно: нужно время и длинный путь среды, чтобы достигнуть данных таблицы. Атмосфера же ограничена, а болиды, большею частью, пролетают в ней путь не больше 100 кило. На высоте ста кило воздух поразительно разрежен. Ну, положим, в миллион раз. Если 100 кило этого воздуха сократить в 1 метр, то получится среда плотностью в 0,1 плотности атмосферы у уровня океана.



Понятно, что ни сгущения, ни температуры, указанной в таблице 70, не получится. Сопротивление воздуха будет так мало, что и самый метеор не накалится: он пролетит незаметным, темным.

Вот почему нужна определенная высота, чтобы метеор накалился и был виден. Граница падающих звезд 100 — 200 кило. Выше они не видны. Воздух там так мало молекулами сгущается, что не светится.

### Прибавка к явлению расширения газа.

Тут могут быть три крайних случая. 1) Когда газ, медленно изменяя объем, совершает внешнюю работу (без потери и поглощения тепла от внешней среды — во всех 3-х случаях). Этот случай мы разобрали. Пример: работа в паровой машине, где пар заменен газом или самый пар очень перегрет. 2) Когда газ свободно расширяется в пустоте без всяких преград. Тогда все его тепло переходит в движение самого газа и он охлаждается до абсолютного нуля. Примером может служить вылет газов в пустоте из труб реактивного двигателя. 3) Когда газ расширяется в пустоте, но потом находит преграду в виде стенок закрытого сосуда. Тогда его температура сначала понижается и тепло переходит в его же движение. Но, встретив стенки, газ ударяется о них, останавливается и снова от того нагревается до той же температуры.



Результат: расширение, колебательное движение, остановка и прежняя температура.

Это известный физический опыт, когда сжатый газ из одного сосуда устремляется в другой—пустой, т. е. безгазный. На практике все три случая смешиваются, только в разной пропорции.

### Замечание о «Новом Аэроплане».

Многие, сделанные мною в Новом Аэроплане выводы оказались сходными с выводами работы Корвин-Круковского (Америка, 29 г., узнал из весьма интересной книги проф. Н. А. Рынина: «Суперавиация и Суперартиллерия»). Напр., что скорость аэроплана, пропорциональна квадратному корню из разрежения воздуха, потребная же энергия пропорциональна скорости самолета. Этот же вывод, как и другие, сделан мною еще в 1895 г. в забытом даже мною труде „Аэроплан“, напечатанном в журнале „Наука и жизнь“ (см. параграф 83 и другие).

К. Циолковский.

---



## **Приветствия, пожелания, критика, вопросы и отзывы.**

**Богатства вселенной. 1920 г. Поч. академик СССР. О. Д. Х.**

... В этой книге я нашел много интересных данных...

**Монизм. II н. 29 г. Инженер и писатель В. В. Рюмин.**

... как я рад, что вы, оставаясь чистым материалистом, пришли к тем же выводам, к которым и я в свое время пришел (с другой точки зрения)...

**Воля вселенной. II н. 29 г. Астроном и писатель Ю. Х.**

... Вернувшись в Москву... нашел ваши... работы... чтение их доставило мне величайшее удовлетворение, в особенности, когда я познакомился с вашими гениальными соображениями о „высших“ (собственно, неизвестных науке) «силах»... Люди, которые все непонятые ими явления относят к фантастической области, делают... досадную ошибку так часто повторяемую в истории...

Далее автор в очень интересном письме излагает свои натуральные взгляды на органич. мир, как на целое и совершенное (георгана и



на проявление жизни одновременно с ее разрушением (синтанализ).

### Металлический дирижабль.

„Office Appliances“ (Чикаго, Ноябрь 1929 г. стр. 66).

... Изобретатель новой пишущей машины многосторонен. Мы не раз ссылались на пишущую машину, изобретенную... Циолковским.

... Мы также обращали внимание читателей на работу... Циолковского в области космических ракет (с 1903 г.).

Теперь, благодаря любезности нашего друга, И. П. Менделеева (предложившего весьма приемлемый новый календарь), мы получили от него описание изобретенного... Циолковским металлического дирижабля (в 1892 г.)...

Книжка, иллюстрированная чертежами, особенно интересна в виду сходства дирижабля... Циолковского с американским воздушным кораблем того же типа, который совершил недавно первый удачный полет.

### Космическая ракета. 9-го окт. 29 г. Крейн.

... Чтобы хотя немного утолить интерес студенчества к проблеме космического полета, мне пришлось написать статью... в нашем печатном органе... я использовал некоторые выкладки из ваших „Исследований“...

В настоящее время журнал «Физика и Производство» (Изд. Политехн. Инст) предложил



мне написать статью... Мне думается, что... обязанность людей, занимающихся... этим вопросом, пропагандировать эти идеи везде, где только возможно... от имени товарищей вам пламенный привет и наказ еще столь же долго и продуктивно работать.

Ракета Е. В. Л. Тифлис... 11 июля 29 г. ... здесь образовался кружок звездоплавания...

Современное состояние земли. Инженер В. В. К. ... она (книга) написана и составлена гораздо интереснее и полнее, чем имеющиеся у меня... занимаюсь разработкой кое каких изобретений...

Натурфилософия. 10 ин. 29 г. Астроном Н. С. ... в последней (книге) вы говорите о старости, как о времени угасания интеллекта. Но ваши труды, ваши книги — лучший аргумент против этого. В нашем небольшом кругу одесских мироведов они всегда будят мысль и читаются с интересом.

Тоже. 8 мая 29 г. Астроном и писатель Л. Л. А. ... Трудно было бы придумать лучший подарок, как получение... ваших исключительно интересных трудов...

Сопротивление воздуха. 23 н. 29 г. Профессор Н. С. В. ... В этом отношении особо ценной идеей я считаю вашу работу о движении поездов по земле... некоторые конструкции, разработанные мною, заставляют меня думать, что идеи скорого поезда могут здесь пригодиться... оттиск моей статьи посылаю вам...



желаю успеха и широкого распространения ваших идей...

Окт. 29 г. В Английских газетах напечатано сообщение московск. корреспондента о его беседе с проф. В. П. Ветчинкиным. Корреспондент делает такое заключение: мечты о межпланетных сообщениях давно тревожат воображение русских ученых. Еще в 1913 г. появился первый в этой области научно-обработанный труд... Циолковского (это второй труд, первый появился в 1903 г.). Он жив в настоящее время и продолжает работать над осуществлением своей мечты.

За последнее время более дюжины серьезных умов работает в СССР над этим вопросом. Несколько лет тому назад группа молодых студентов образовала даже особое общество межплан. сообщений в Москве. Ими основана также специальная библиотека с литературой и различными проектами по этому увлекательному вопросу.

Астроном М. С. Э. 19 апр. 29 г. ... с тех пор я убежден в возможности и огромном космическом значении вселенского бытия земного человечества.

В последнее время мне пришлось прочесть много лекций о межплан. сообщениях... Сейчас в Ленингр. есть Кружок Межпл. Сообщ. при Лен. Инст. Путей Сообщения... После моей лекции в Лен. Университете, там возникла мысль



о создании такой же организации в университете...

О ваших работах в СССР знают, я думаю, все межпланетчики. Заграницей также, в основном, осведомлены через Шершевского и других. Все же основной задачей будущего всесоюзного объединения является издание ваших и других оригинальных работ на иностранных языках, а также издание полного собрания ваших сочинений на русском языке, так как труды ваши почти невозможно достать для изучения и в виду их огромного интереса, вообще...

... Мне также интересны ваши труды по астрономии и философии...

**З. Х. Харьков. 30 н. 29 г.**

Ваш монизм представляет собою изумительно радостное, бодрящее, глубоко-этичное и красивое учение.

Мысль о всеединстве сущего, мысль о том, что весь космос есть единый организм, не может не придавать человеку новых сил, с помощью которых он может ускорить приближение того счастливого времени, когда Земля приобщится к радостной жизни, царящей почти во всей вселенной.

Мысль о единстве — мысль старая, ... но вы первый доказываете эту идею научно. Правда и Спенсер в основу своих выводов положил данные науки, но вы в своих рассуждениях аб-



солютно самостоятельны и идете своей непро-  
торенной и, как мне кажется, верной дорогой.

Вот почему ваши работы имеют сугубый  
интерес...

Затем автор письма задает два вопроса  
и прибавляет: я уверен, что вы раз'ясните эти  
неясные для меня места и, тем самым, дадите  
мне возможность понять вашу гениальную  
мысль во всей ее полноте... Автор сомневается  
в существовании причины космоса. Мой ответ:  
это только гипотеза. Научных доказательств  
существования причины у меня нет.

Второй вопрос: жизнь характеризуется слож-  
ностью органической материи. Где ее нет, там  
нет и жизни (или чувства). Мой ответ: условно  
это так. Но границ между „смертью“ и жизнью  
найти нельзя... атом водорода, тяжелые атомы  
элементов, составленных из него, молекулы  
простые, молекулы сложные, молекулы клеточек,  
самые клеточки, организмы простые, организмы  
средние, высшие и т. д. все это только разные  
этапы жизни и чувства. Приведенный ряд не  
имеет ни начала, ни конца, границ между его  
членами нет. Они могут быть только условны-  
ми и потому противоречивы. Разница количе-  
ственная. Качественной она может быть назва-  
на только условно. Какова разница между еди-  
ницей и биллионом, такова и разница между  
жизнью и ощущением, какойнибудь бактерии  
и человека.



Апр. 29 г. Г.В.П. математик.

... Вопросом расчета вашего проекта я очень интересуюсь, тем более, что у нас в Лен. Гос. Университете открылся кружок по изучению межпланетного сообщения...

15 апр. 29 г. Астроном Л.Л.А.

... я надеюсь, что вы уже получили номер „Международной Биокосмической Ассоциации“ (Франция), которая избрала вас своим членом...

... Кстати, привожу выписку о ваших трудах из журнала „Астрономия“ (Франция).

16 апр. 29 г. А.П.Р.

... Я пишу к вам, как к человеку, посвятившему почти всю жизнь проблеме межпланетных сообщений, авторитетному ученому, давшему много ценных исследований в этой области...

Многие из нас, студентов, пришли в ВУЗ с тайной мечтой вооружиться знаниями и технически осуществить идею межпланетного полета... принцип реактивного движения реально встал перед современной техникой, как технически разрешимая задача... Этот вопрос приобретает не только военное, но и экономическое и политическое значение в плане социалистического строительства...

В нашем Университете, по инициативе студентов механического цикла матем. отделения физмата, организовался аэро-гидродинамический



кружок... Нас поддержала группа научных работников — профессоров: А. С., Г. К., Н. Р., инженер В. Д., ассистент Л, М.

... Ц. С. Осоавиахима предлагает студенчеству и научным силам физмата организовать научно-исследовательскую и опытную работу по разработке вопросов реактивного движения. Правление кружка поручило мне организовать и учесть заинтересованные научные силы. На этой неделе состоится заседание представителей (профессоров и студентов) от секций научных кружков физмата.

Прошу указать литературу по внешней баллистике и исследованию явлений, возникающих при движении снаряда с большой скоростью в воздухе. (Я — Циолковский печатаю здесь эту работу). Ведь современная аэрогидродинамика слишком элементарна для применения к ракетам, движущимся с громадной скоростью. Нам придется создавать целую науку, так как в этом вопросе придется считаться с сжимаемостью воздуха и его плотностью. Я беру на себя смелость заявить, что ваша работа, и работа всех, кто стремился осуществить тысячелетнюю мечту, находит благодарную почву и будет развернута. Она нам — неоценимая помощь.

28 мая 29 г. С.Ф.Г.

... Ваш монизм произвел на меня, молодого, колоссальное впечатление. В нем чувствуется итог работы многих десятков лет. Мне прихо-



дилось много спорить относительно вашего монизма, отстаивать его. Собственно говоря, он стоит сам за себя.

16 июля 29 г. Париж. инженер и автор многих замечательных работ по лингвистике и математике. Я.И.Л.

Благодарю за ваши брошюры. Они меня так заинтересовали, что, погрузившись в чтение, я до сих пор не удосужился известить вас о получении...

... посылаю вам от себя экземпляр моих „Принципов“ вместе с некоторыми другими брошюрами...

... До сих пор я познакомился только с частью ваших брошюр...

... Очевидно, что между нами много общего. Оба мы любим мечтать и философствовать о далеком будущем. Оба мы верим, что оно по красоте своей превзойдет всякое воображение. Оба мы думаем, что вообще есть для чего жить. Принимаем, что жизнь имеет глубокий смысл. И что все наше спасение в точном знании и в технических усовершенствованиях всякого рода...

... Вы являетесь автором интересных технич. изобретений...

... Я еще не читал теории вашей ракеты, но мы уже знаем, что идея эта признана физиками. Что касается железн. аэростата, то тут вы тоже имеете идею очень дельную, хотя и не разработанную в чертеже...



Конечно, дело не в этих пустяках, а в самой идее, которая великолепа... Обновление алфавита необходимо и желательно.

... Но для этого нужно постановление все-народного конгресса художников, граверов и словолитчиков. Пока об этом никто еще не подумал; ибо еще существует множество других более крупных и важных проблем.

... Интересна и очень смела ваша идея о сверхэфире. Я против нее не возражаю, ибо это здесь ничто иное, как приложение математических бесконечностей различных порядков.

На стр. 27 (Монизм) вы говорите, что учение ваше ни мистицизм, ни спиритизм, ни оккультизм, ни теософия, ни религия; я согласен и здесь с вами. Ибо это то, что я называю точною метафизикой: приложение математического способа мышления к вопросам, стоящим вне непосредственного опыта.

... Вы же обладаете тем, что скромно называется искрой божьей. Вы принадлежите к разряду звезд, обладающих собственным светом...

... Вы поэт в области познания. Я вас поздравляю с этим высоким званием. Я люблюсь блеском ваших идей и сравниваю их с блеском моих собственных...

... Посылаю вам мой привет, привет от света свету!



Июль 29 г. Н. А. Б.

... пришлите мне ваше сочинение, которое подтверждало бы или отрицало существование совершенной творческой идеи беспредельной вселенной.

... не для праздного любопытства обращаюсь к вам.

... считаю себя счастливым уже тем, что пишу вам, что могу вам заявить о моем уважении к вашим одиноким научным трудам и искренно пожелать вам еще на многие годы хранить юношескую бодрость вашей творческой мысли.

Ноябрь 29 г. Союз живой вселенной И. Е.  
(Франция).

... Сообщаю о получении ваших книжек... Я только что перевел некоторые главы... и помещу их в № 13 Жизни космоса.

Я очень бы желал иметь для нашего журнала вашу статью по звездоплаванию... На эту важную тему мало обращают внимания, но она очень интересует наш кружок...

... Сейчас получены другие ваши брошюры. Не сделаете ли сами их перевод хоть на эсперанто-для всеобщего распространения...

Авг. 29 г. Д-р Социологии и истории. А.Л.Ч.

... И в этих работах (Растение, Воля, Общественная организация) вы оказались смелым, независимым и оригинальным мыслителем.



Удивительно, сколько дерзновенных и гениальных идей приходит вам в голову. Буду ждать дальнейших плодов вашего творчества...

Москва, 11 м., 29 г.

... Я очень интересуюсь вашими работами по исследованию космических полетов и вообще всего, что связано с очень большими скоростями, т. к. в недалеком будущем хочу применить ракетный принцип к одной из машин, разработку и постройку которой я веду совместно с другим инженером Н. И. К....

Не задаваясь пока конструированием ракет для полета на больших высотах, я хотел бы проработать тип двигателя, могущего быть примененным для наших обычных способов передвижения на суше, воздухе и воде, как наприим., автомобили, самолеты и глиссеры... Н. К. С.

Затем следует ряд вопросов. На них я дал уже ответ в моих книжках. К. Ц.

Сент. 29 г. Е. Л. ... получил в исправности... и приступил к распространению, насколько не мешает летнее время (проф. раз'ехались). Дал большую статью в прессу... на космическую тему. На днях думаю составить вашу биографию для журнала... (орган инжен. и техников). Недостает ваших фотографий...

Дек. 29 г. Инжен. Б.

... Чрезвычайно интересуюсь проблемой междупланетных сообщений, я, к сожалению, до



сих пор не имел возможности познакомиться с серьезными трудами в этой области, кроме популярных статей в различных журналах. ...

... Буду чрезвычайно признателен, если вы не откажете сообщить мне, возможно ли получить ваши труды... По образованию я инженер механик, недавно кончил, так что сложность вопроса меня не пугает.

**Июнь 29 г. Н. В. Ю. из журнала Культура...  
Востока**

... Циолковский дал полный алфавит для всех народов (26 букв)..

**Июнь 29 г. А. С. К.**

... Вчера я прочел в „Рабочей Москве“ статью о вас и ваших достижениях за всю свою долгую полезную жизнь. До этой статьи я слышал о вас мельком, но подробно знать о вас я не мог, ибо ведь наша страна так велика и имеет много великих людей. Но они узнаются только тогда, когда какой либо из журналистов дает свое интервью в печати... Цель моего письма к вам есть искреннее желание приветствовать вас и свою радость за то, что у нас есть великие люди, способные вершить чудеса. ...

**Сент. 29 г. И. Б. П. (учитель физики и математики).**

... Начав читать одну (книгу), я читал их запоем, как самый захватывающий роман. Правда, по существу самой идеи междузвездных тем, в них ничего для меня не было нового. Еще



пробуждающимся юношей, когда мне было 17 лет, познакомившись самоучкой с прекраснейшей из наук — астрономией, я уже уносился мыслью в глубину междузвездного пространства. Это были, конечно, только грезы юноши, начавшего мыслить...

... Когда я, в (1902 — 1903 г. г.), носился мыслью по междузвездному пространству, стремясь постигнуть тайны мироздания, вы в это время дали миру точный математический расчет, каким образом человек может реально унести в глубь мирового пространства и реально проникнуть в тайны этого пространства и рассеянных в нем мировых тел. Красивую мечту, фантастическую грезу мыслящих людей вы первый поставили на твердую реальную почву математических формул и технических расчетов. Вот почему ваши книги, подчас сухие, подчас даже еще недоступные мне... я читал с захватывающим интересом, почти не отрываясь. Что-то близкое, родное сквозит в каждой вашей статейке, в каждой вашей мысли...

Затем автор выражает свое недоумение о существовании причины космоса. Повторяю, у меня нет на то научных доказательств.

Май 29 г. Берлин. А. Б. Шершевский (молодой русский ученый, работающий с проф. Г. Обертом).

Получено очень длинное и крайне интересное письмо, содержание которого не считаю



себя в праве передавать. А. Б. заканчивает письмо так. Проф. Оберт и тем более я надеюсь, что вы доживете до великого дня полета в мировое пространство первой ракеты с людьми.. А вы-то писали в 1903 г. Филиппову: „пройдут еще, вероятно, сотни лет“ и т. д. Какие уже там сотни лет, когда сами доживете..!

Вы засветили огонь и указали путь к звездам, и мы идем по этому яркому пути...

Я, Циолковский, вздохнув, прибавлю к этому: без увлечения нельзя идти к великой цели. Увлечение поддерживает нашу энергию.

Берлин. 4 дек. 29 г. А. Б. Шершевский.  
(ассистент проф. Г. Оберта).

... Благодарю за Ваши новые труды. Я сейчас ассистент у проф. Г. Оберта. С группой молодых инженеров мы строим около Берлина первую в мире ракету с жидким топливом. Фильмовое общество... дало средства на первые опыты и постройку ракеты. Работу начали в июле. Работаем все здорово... с 8 ч. утра до 10 ч. вечера, порой. Одна опытная установка взорвалась, дорогому Оберту в лицо попала... чуть глаза не потерял, а мне дыру в правой ноге прошибло. (См. мои Космические поезда, стр. 8). ... Во всяком случае уже в октябре с. г. реактивный двигатель (бензин с охлажденным кислородом) (см. мою Космическую ракету, стр. 2)... работал на правильном об'емном отношении 1:3, 1 (см. там же, стр. 2). Подача



топлива происходила под давлением до 10 атм. (обычно 5 атм.) через центробежные форсунки (поршневые насосы имеют указанные мною в Косм. ракете преимущества). Месяца 2 тому назад начали строить, так называемую, „малую ракету“. Машина эта длиной в 2 м. ... Сперва хотели взять топливом бензин и ожиженный кислород. Потом Оберт предложил взамен бензина ожиженный метан ( $\text{CH}_4$ ), с уд. весом в 0,46 (в жидком виде при  $-160^\circ\text{C}$ ). Ну и возня с этими сжиженными газами. Мне, по недосмотру молодого рабочего, эта дрянь попала в рот: ожиженного кислорода попил! Хорошо, что в живот не поцало, а то лежал бы месяц в университетской клинике с язвой в желудке.. Вязкость у сжиженных газов очень незначительная и транспорт их одно удовольствие! У нас уже три сосуда Дьюара приказали долго жить (один малый в 2 литра, 2 больших по 5 литров), да с каким треском лопнули! Теперь у нас новые дьюаровские сосуды, всецело металлические, — лопнуть не могут.

Что касается трудностей проблемы, то на то и трудности, чтоб их одолевать! А то скучно бы стало, если бы все как по маслу шло. Трудности совсем уже не такие страшные, как Вы в „Ракетных поездах“ пишете. (стр. 8). Конечно, пока-что, мы о космической ракете лишь мечтаем. Наша первая цель — создание метеорологической ракеты.



... Теперь после наших „мук“ с жидким  $O_2$ , мы применяем одно эндогенное соединение кислорода (жидкое уже при комнатной температуре). Этим все манипуляции очень облегчаются (вероятно, указанный мною в Косм. Ракете азотный ангидрид  $N_2O_5$ . Он плавится уже при малом тепле). Обе жидкости вливаются в баки, как в мотоцикл, мотор (то-есть реакт. двигатель) запускается и ракета работает. И работает на славу.

А как я рад, что вы... дожили до осуществления вашей и нашей мечты—и сказать трудно! Вот видите—в этот раз даже и вы ошиблись! Вы предполагали и писали, что начнут такие машины строить лет через 100—200—а машина уж построена! (я говорил о космических полетах. Но, конечно, я не гарантирован от ошибок). Вероятно—при современном темпе науки и техники вы увидите еще и первый звездолет. Мы требуем лишь денег и времени—и построим такую машину. Действительно, проблема стала почти финансовой. Временные неудачи на нас действуют в обратном смысле: лишь увеличивают энергию. Стиснул зубы, выругался и снова за работу.

В газетах я уже давно не писал: приятнее работать над ракетой, чем писать о ней. Я все же работаю над большим трудом: „Механика ракетного полета“.

... Вы указали путь к звездам. Наше дело пойти по этому пути. Мы пойдем и победим.



Залог к этому имеем в быстром развитии авиации и техники вообще. Уже теперь у нас огромный опыт и вторая ракета будет содержать меньше ошибок.

... В заключение очень прошу вас выслать мне еще один экземпляр вашего труда „Сопротивление воздуха и скорый поезд“. Нам этот труд очень необходим. Я хочу его в свободное от постройки ракеты время перевести.

... Сердечный привет от Оберга и наших сотрудников.

**12 д. 29 г. Мой ответ А. Б. Шершевскому.**

Вы идете, как мне кажется, по верному пути. Это доставляет мне большую радость и я искренно поздравляю вас с серьезным успехом и продвижением вперед.

Без последователей, работающих теоретически и практически и мои труды оказались бы бесплодны. Поэтому вы заслуживаете особенной признательности людей.

Все же трудности так громадны, что требуют новых гениальных и несокрушимых работников. Естественно, что ваши титанические усилия и жертвы истощат вас. Может быть этого не будет и вы увенчаете дело полным достижением. Но я сужу исторически.

Во всяком случае ваши заслуги останутся драгоценны.

Есть, однако, еще второй путь для достижения цели: это изменение конструкции аэро-



плана и его моторов (см. мои: **Ракетные поезда и новый аэроплан**). Вы идете первым путем (**Косм. ракета**). Оба пути ведут в Рим, т. е. приведут к звездолету.

Мой горячий привет и пожелания успеха всем честным и талантливым труженникам звездоплавания, в особенности вашей группе во главе с проф. Герм. Обертом.

**Будущее Земли 1928 г. Д-р социологии и истории А. Л. Ч.**

... Сначала я находил эти идеи очень странными, но чем больше углублялся в чтение, тем становился серьезнее и в конце концов пришел к выводу, что все это так и будет, как вы предвидите...

**О том-же.** (1929 г. Париж). Редактор журнала, Д. С.

... Я собираюсь поместить статью о вашей деятельности... Желал-бы иметь несколько ваших строк к этой статье и вашу фотокарточку... Разрешите-ли перевести на эсперанто вашу брошюру: **Будущее Земли...**

**Всех моих корреспондентов благодарю за приветствия и сочувствия, разумную критику и вопросы. К сожалению, мои слабые силы и работы не всегда позволяют мне откликнуться.**

**К. Циолковский**

Калуга Гублит. № 1571 1929 г. Тираж 2000 экз.

Гостипография ОСНХ.