

В.Н. Косточкин

Центробежные вентиляторы

Основы теории и расчета

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 621
ББК 34.4
В11

В.Н. Косточкин
В11 Центробежные вентиляторы: Основы теории и расчета / В.Н. Косточкин – М.: Книга по Требованию, 2014. – 224 с.

ISBN 978-5-458-41764-8

В книге изложены основы теории, расчета и конструирования центробежных вентиляторов, а также приведены все новейшие исследования и достижения в области вентиляторостроения. Книга предназначена для инженерно-технических работников промышленных предприятий, которые в своей практической деятельности занимаются вопросами эксплуатации, расчета, конструирования и выбора вентиляторов. Она может быть также использована студентами машиностроительных вузов в качестве учебного пособия.

ISBN 978-5-458-41764-8

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2014

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2014

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

ГЛАВА I

СВОЙСТВА ГАЗОВ

§ 1. СВЯЗЬ МЕЖДУ УДЕЛЬНЫМ ВЕСОМ, ОБЪЕМОМ, ДАВЛЕНИЕМ И ТЕМПЕРАТУРОЙ ГАЗОВ. УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ДЛЯ ОДНОЙ ВЕСОВОЙ ЕДИНИЦЫ ГАЗА

Атмосферный воздух представляет собой смесь газов, основными составляющими которой являются кислород и азот; к последним обычно примешано незначительное количество водяных паров. Содержание в воздухе остальных его составляющих (углекислоты, аргона) ничтожно (всего около 1,3⁰/₀ по весу), поэтому последними в практических расчетах пренебрегают.

Состояние газа определяют следующие величины:

а) Удельный объем v обозначает объем, занимаемый 1 кг газа, и имеет размерность $\text{м}^3/\text{кг}$.

б) Удельный вес γ обозначает вес 1 м^3 газа ($\text{кг}/\text{м}^3$); он является величиной, обратной удельному объему:

$$\gamma = \frac{1}{v}; \quad (1)$$

полный вес данного объема газа V равен

$$G = \gamma \cdot V = \frac{V}{v}. \quad (2)$$

в) Давление p , оказываемое газом на ограничивающие его поверхности; оно измеряется обычно в $\text{кг}/\text{м}^2$.

Абсолютное давление P , отсчитываемое от нулевого начального значения, измеряется обычно ртутным барометром или барометром-анероидом. Разность между давлением в исследуемом замкнутом пространстве и наружным атмосферным давлением измеряется манометром или вакуумметром.

Величина давления газа может быть выражена высотой H газового или жидкостного столба, оказывающего соответствующее гидравлическое давление на площадь основания. В предположении постоянства удельного веса по всей высоте столба будем иметь

$$p = \gamma \cdot H; \quad H = \frac{p}{\gamma}.$$

При расчете вентиляторов величина создаваемого ими избыточного давления или разрежения измеряется обычно в мм вод. ст. (1 мм высоты водяного столба соответствует давлению в 1 $\text{кг}/\text{м}^2$).

г) Температура t по столбчатой шкале. Абсолютная температура, отсчитываемая от абсолютного нуля, соответствующего -273° , обозначается через T :

$$T = 273 + t.$$

Общая связь между тремя величинами, определяющими состояние газа в начале и конце любого процесса изменения состояния газа, выражается уравнением, которое носит название *характеристического уравнения*, или уравнения состояния для одной весовой единицы газа, т. е.

$$\left. \begin{aligned} \rho \cdot v &= RT \\ \frac{P}{\gamma} &= RT. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

В этом уравнении R носит название газовой постоянной и имеет свою величину для каждого газа. Например, для сухого воздуха $R = 29,27$, для воздуха средней влажности $R = 29,4$.

Из равенства (3) следует

$$\gamma = \frac{P}{RT}. \quad (4)$$

Пример 1. Требуется определить удельный вес сухого воздуха при нормальных условиях (0°С и 760 мм рт. ст.); имеем

$$P = 760 \cdot 13,596 = 10\,333 \text{ кг.м}^2.$$

получаем

$$\gamma = \frac{10333}{29,27 \cdot 273} = 1,2923 \text{ кг./м}^3.$$

Пример 2. Требуется определить, как изменится найденный в примере 1 удельный вес сухого воздуха при увеличении температуры его до $+20^\circ$ и уменьшении барометрического давления до 710 мм рт. ст.

Пользуясь формулой (4), найдем

$$\gamma = \frac{P}{RT} = \frac{710 \cdot 13,6}{29,27 (273 + 20)} = 1,126 \text{ кг./м}^3.$$

§ 2. ГАЗОВАЯ ПОСТОЯННАЯ R

При размерности давлений в кг./м^2 и удельных объемов в $\text{м}^3/\text{кг}$ газовая постоянная R имеет размерность $\frac{\text{кг.м}}{\text{кг}^\circ \text{С}}$ и следующие численные значения:

сухой воздух	$R = 29,27$
кислород O_2	$R = 26,52$
азот N_2	$R = 30,13$
водород H_2	$R = 47,0$
окись углерода CO	$R = 30,3$
углекислота CO_2	$R = 19,28$
сильно перегретый пар H_2O	$R = 47,1$
метан CH_4	$R = 52,81$
сернистый ангидрид SO_2	$R = 13,25$

Зная газовую постоянную, абсолютное давление и температуру газа, пользуясь равенством (4), можно легко найти удельный вес этого газа.

Физическое значение газовой постоянной может быть установлено следующим образом.

Обозначим внешнюю механическую работу, совершаемую 1 кг газа при расширении, вызванном нагреванием при постоянном давлении, через L . При изменении первоначального объема 1 кг газа от v_1 до v_2 работа расширения будет равна

$$L = p(v_2 - v_1) = R(T_2 - T_1).$$

Для разности абсолютных температур $(T_2 - T_1)$ в 1°

$$L = R.$$

Таким образом, газовая постоянная представляет собой величину работы расширения (в кдж), совершаемой 1 кг газа, находящимся под постоянным давлением при нагревании его на 1° .

Для двух различных газов, имеющих одну температуру и находящихся при одинаковом давлении, будем иметь

$$p \cdot v = RT; \quad p \cdot v_0 = R_0 T;$$

$$\frac{v}{v_0} = \frac{\gamma_0}{\gamma} = \frac{R}{R_0}.$$

Следовательно, зная газовую постоянную и удельный вес одного газа, мы можем по удельному весу любого другого газа определить и его газовую постоянную.

Заменяя в уравнении (3) v через $\frac{V}{G}$, получим характеристическое уравнение, отнесенное к произвольному количеству газа:

$$p \cdot V = G \cdot R \cdot T, \quad (5)$$

где V и G — объем и вес одного и того же произвольного количества газа в м^3 и кг.

§ 3. ГАЗОВЫЕ СМЕСИ

Общее уравнение изменения состояния произвольных газовых смесей имеет такой же вид, как и для отдельного газа, а именно

$$p \cdot v = RT.$$

Для определения газовой постоянной смеси пользуются следующими опытными законами:

а) отдельный газ в смеси подчиняется *своему* уравнению состояния и вообще ведет себя так, как если бы не было в смеси других составных частей. В частности, он распространяется на весь объем, занимаемый смесью;

б) давление смеси p равно сумме давлений (p_1, p_2, p_3) составных частей, таким образом

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots \quad (6)$$

p_1, p_2, p_3 называются *парциальными давлениями*. Это те давления которые получились бы, если бы можно было удалить при неизменном объеме и неизменной температуре (например, химическим поглощением) все составные части, кроме одной. Например, в атмосферном воздухе кислород и азот имеют разные парциальные давления, каждое из которых меньше, чем давление атмосферы. По первому из указанных выше законов все остальные части любой смеси занимают одинаковый объем, т. е. весь объем, занимаемый смесью, и имеют одинаковую температуру. Удельные же объемы составных частей смеси различны.

Допустим, что имеем G кг смеси, причем вес составных частей G_1, G_2, G_3 кг, так что

$$G = G_1 + G_2 + G_3;$$

тогда для отдельных газов по первому из приведенных выше положений будет

$$p_1 V = G_1 R_1 T;$$

$$p_2 V = G_2 R_2 T;$$

$$p_3 V = G_3 R_3 T;$$

складывая, получим

$$(p_1 + p_2 + p_3) V = (G_1 R_1 + G_2 R_2 + G_3 R_3) T$$

и при

$$p_1 + p_2 + p_3 = p$$

будет

$$pV = (G_1 R_1 + G_2 R_2 + G_3 R_3) T.$$

Общее характеристическое уравнение состояния справедливо и для смеси, причем неизвестна только постоянная смеси $R_{см}$; таким образом.

$$pV = GR_{см} \cdot T.$$

Из сравнения двух последних выражений следует

$$GR_{см} = G_1 R_1 + G_2 R_2 + G_3 R_3$$

или

$$R_{см} = \frac{G_1}{G} R_1 + \frac{G_2}{G} R_2 + \frac{G_3}{G} R_3. \quad (7)$$

Следовательно, отдельные газы влияют на газовую постоянную смеси соответственно своим весам и газовым постоянным. Допустим, что

$$\frac{G_1}{G} = g_1; \quad \frac{G_2}{G} = g_2;$$

имеем

$$R_{см} = g_1 R_1 + g_2 R_2 + g_3 R_3,$$

где g_1, g_2 — относительные части или доли отдельных газов в общем весе.

Удельный вес смеси определится так же, как и удельный вес элементарного газа, т. е. по формуле

$$\gamma_{см} = \frac{p}{R_{см} \cdot T}.$$

§ 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРЦИАЛЬНЫХ ДАВЛЕНИЙ

Из характеристического уравнения состояния имеем

$$p_1 = \frac{G_1 R_1 T}{V};$$

$$p_2 = \frac{G_2 R_2 T}{V} \text{ и т. д.}$$

Отсюда можно вычислить парциальные давления. Но их можно представить нагляднее в виде долей полного давления по формуле

$$p = \frac{G R_{см} T}{V},$$

откуда после деления

$$\frac{p_1}{p} = \frac{G_1}{G} \cdot \frac{R_1}{R_{см}}$$

или

$$p_1 = p \cdot g_1 \cdot \frac{R_1}{R_{см}};$$

аналогично

$$p_2 = p \cdot g_2 \cdot \frac{R_2}{R_{см}};$$

$$p_3 = p \cdot g_3 \cdot \frac{R_3}{R_{см}}.$$

Это значит, что в полном давлении смеси отдельные ее составные части участвуют пропорционально своим весовым частям и своим газовым постоянным.

Пример 3. Воздух состоит из 23,6 весовой части кислорода и 76,4 части азота. Определить в мм рт. ст. парциальные давления кислорода (O_2) и азота (N_2) в воздухе при давлении 760 мм рт. ст.:

$$R_{(O_2)} = 26,52; \quad R_{(N_2)} = 30,13.$$

Отсюда постоянная воздуха

$$R_{см} = 0,232 \cdot 26,52 + 0,768 \cdot 30,13 = 29,27,$$

поэтому

$$p_{(O_2)} = 0,232 \cdot \frac{26,52}{29,27} \cdot p = 0,213p;$$

$$p_{(N_2)} = 0,768 \cdot \frac{30,13}{29,27} \cdot p = 0,787p.$$

Следовательно, давление кислорода

$$0,213 \cdot 760 = 161,8 \text{ мм рт. ст.};$$

давление азота

$$0,787 \cdot 760 = 598,2 \text{ мм рт. ст.}$$

Пример 4. Определить в мм рт. ст. парциальное давление водяного пара во влажном воздухе при давлении 760 мм, содержащем на 1 кг веса 5 г воды. Постоянная для ненасыщенного водяного пара $R_n = 47$. Давление пара

$$p_n = \frac{0,005}{1} \cdot \frac{47}{29,27} \cdot p = 0,008p$$

или

$$0,008 \cdot 760 = 6,08 \text{ мм рт. ст.}$$

Таким образом, следовало бы вместо 29,27 принять несколько большую постоянную для влажного воздуха.

§ 5. ВЛАЖНЫЙ ВОЗДУХ

Атмосферный воздух содержит известное количество водяного пара обычно в ненасыщенном (перегретом) состоянии. Этот атмосферный пар принимают за газообразную примесь, что, конечно, допустимо лишь до тех пор, пока он не станет насыщенным или влажным (туман, облака).

При предельном состоянии насыщения атмосферы не только самый пар становится насыщенным, но и воздух как бы насыщается им. В связи со свойствами водяного пара это состояние наступает в момент, когда воздух на 1 м³ содержит такое количество пара по весу, которое соответствует по таблицам для пара данной температуре воздуха, а значит, и пара. В этом состоянии пар имеет наибольшее давление. Дальнейшее возрастание количества пара в воздухе невозможно.

Таким образом, на 1 м³ насыщенного водяным паром воздуха или всякого другого газа при данной температуре приходится совершенно определенный вес пара, зависящий от температуры; этот вес соответствует весу 1 м³ сухого насыщенного пара (данной температуры).

Если водяной пар в воздухе влажен, то его вес в 1 м³ больше, чем вес сухого насыщенного пара при данной температуре, и воздух пересыщен. Влажный пар представляется в виде облаков и тумана.

Если же 1 м³ воздуха содержит пара меньше, чем вес 1 м³ сухого насыщенного пара при данной температуре, то воздух не насыщен; пар в нем перегрет.

Давление влажного воздуха p равно сумме парциальных давлений пара p' и чистого воздуха $p_{\text{св}}$. Парциальное давление воздуха определить трудно, легче определить его для пара. Если воздух насыщен, то нужно определить только температуру воздуха, чтобы найти по таблице соответствующее давление пара. В ненасыщенном воздухе при всяких обстоятельствах давление пара меньше этой величины, представляющей верхний предел.

Относительной влажностью называется отношение веса пара, содержащегося в 1 м³ ненасыщенного воздуха, к весу пара при той же температуре и в том же объеме, который может содержаться в воздухе в состоянии насыщения или, иначе говоря, к весу одного кубического метра сухого насыщенного пара при той же температуре. Относительная влажность обозначается через φ .

Если для ненасыщенного состояния атмосферного пара справедливо уравнение состояния

$$p' \cdot v' = R_n \cdot T,$$

а для насыщенного при той же температуре

$$p_s \cdot v_s = R_n \cdot T,$$

то

$$p' \cdot v' = p_s \cdot v_s,$$

где v' и v_s — объемы 1 кг атмосферного пара соответственно в пересчете на насыщенное состояние.

Отсюда

$$\frac{v'}{v_s} = \frac{p'}{p_s} = \varphi. \quad (8)$$

Таким образом, относительная влажность может быть определена и как отношение парциального давления пара, находящегося в воздухе при данной температуре, к давлению сухого насыщенного пара при той же температуре.

§ 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Для определения относительной влажности φ пользуются особым прибором, называемым психрометром. Этот прибор состоит из двух одинаковых термометров, установленных на одной доске. Один из термометров предназначен для измерения температуры воздуха, засасываемого вентилятором, а другой имеет ртутный шарик с обмоткой из марли, погружаемой в небольшой сосуд с водой. Доска с этими термометрами помещается вблизи вентилятора, так что засасываемый вентилятором воздух свободно циркулирует между ними.

Марля, погруженная в сосуд с водой, впитывает влагу и поднимает ее к шарiku мокрого термометра. Вследствие испарения здесь поглощается часть тепла, и мокрый шарик воспринимает более низкую температуру, чем шарик сухого термометра. На этом и основано определение относительной влажности. Если воздух содержит меньше влаги, то степень испарения будет более высокой, охлаждение мокрого шарика окажется более интенсивным и разница в показаниях сухого и мокрого термометров будет более значительной. Наоборот, если воздух будет более влажным, т. е. сильно насыщен водяными парами, то испарение будет происходить медленнее, и разница в показаниях обоих термометров уменьшится.

По разности показаний сухого и мокрого термометров определяется точка росы¹ атмосферного воздуха

$$\tau = t_{\text{сух}} - K(t_{\text{сух}} - t_{\text{мокр}})^\circ \text{C},$$

где K — коэффициент, определяемый из табл. 1;

¹ Точкой росы называется температура, до которой следует охладить ненасыщенный воздух для того, чтобы он насытился находящимися в нем водяными парами.

Таблица 1

Психрометрические коэффициенты

Температура, измеренная сухим термометром, $t_{\text{сух}}$ в °C	K	Температура, измеренная сухим термометром, $t_{\text{сух}}$ в °C	K
Ниже — 4,5	8,5	От 0,6 до 1,1	3,0
От — 4,5 до — 3,9	6,9	" 1,1 " 1,7	2,8
" — 3,9 " — 3,3	6,5	" 1,7 " 4,5	2,5
" — 3,3 " — 2,8	6,1	" 4,5 " 7,2	2,2
" — 2,8 " — 2,2	5,6	" 7,2 " 10	2,1
" — 2,2 " — 1,7	5,1	" 10 " 12,8	2,0
" — 1,7 " — 1,1	4,6	" 12,8 " 15,6	1,9
" — 1,1 " — 0,6	4,1	" 15,6 " 21,1	1,8
" — 0,6 " — 0,0	3,7	" 21,1 " 26,7	1,7
" — 0,0 " — 0,6	3,3	" 26,7 " 29,5	1,6

$t_{\text{сух}}$ — температура, указываемая сухим термометром;

$t_{\text{мокр}}$ — температура, указываемая мокрым термометром.

Пользуясь таблицами для насыщенного водяного пара, по точке росы атмосферного воздуха можно найти парциальное давление водяных паров, содержащихся в воздухе, p' .

Парциальное давление сухого воздуха атмосферы найдется как разность

$$p_{\text{с. в}} = B - p',$$

где B — барометрическое давление.

Зная температуру, измеренную сухим термометром психрометра, можно найти по табл. 1 и 2 для насыщенного пара соответствующее ей давление водяного пара, при котором пар насыщал бы полностью атмосферный воздух, т. е. имел бы относительную влажность, равную 100%.

Пусть это давление равно p_s , тогда относительная влажность φ исследуемого воздуха согласно соотношению (8) будет равна

$$\varphi = \frac{p'}{p_s}.$$

Если относительная влажность меньше единицы, то это означает что водяной пар, содержащийся в исследуемом воздухе, находится в перегретом состоянии.

Возьмем для примера температуру сухого термометра $t_{\text{сух}} = 20^\circ \text{C}$; температуру мокрого термометра $t_{\text{мокр}} = 14^\circ \text{C}$; тогда психрометрический коэффициент (по табл. 1) $K = 1,8$.

Точка росы исследуемого воздуха будет равна

$$\tau = 20 - 1,8(20 - 14) = 9,2^\circ \text{C}.$$

По табл. 2 для насыщенного водяного пара найдем

$$p' = 8,7 \text{ мм рт. ст.};$$

$$p_s = 17,41 \text{ мм рт. ст.}$$

Отсюда относительная влажность исследуемого воздуха равна

$$\varphi = \frac{8,7}{17,41} = 0,5, \text{ или } 50\%.$$

Давления насыщенных водяных паров в пределах температур от -10 до 40°C даны в табл. 2.

Таблица 2

Температуры и давления насыщенного водяного пара

Температура в $^\circ\text{C}$	Давление в мм рт. ст. p_s	Температура в $^\circ\text{C}$	Давление в мм рт. ст. p_s	Температура в $^\circ\text{C}$	Давление в мм рт. ст. p_s	Температура в $^\circ\text{C}$	Давление в мм рт. ст. p_s
-10	2,159	3	5,675	16	13,56	28	28,10
-9	2,335	4	6,088	17	14,45	29	29,78
-8	2,521	5	6,528	18	15,38	30	31,55
-7	2,722	6	6,997	19	16,37	31	33,42
-6	2,937	7	7,494	20	17,41	32	35,37
-5	3,167	8	8,023	21	18,50	33	37,43
-4	3,413	9	8,584	22	19,66	34	39,59
-3	3,677	10	9,179	23	20,88	35	41,85
-2	3,958	11	9,810	24	22,18	36	44,23
-1	4,258	12	10,48	25	23,55	37	46,73
0	4,579	13	11,19	26	24,99	38	49,35
1	4,921	14	11,94	27	26,50	39	52,09
2	5,286	15	12,73	28	28,10	40	54,97

Для температур, не указанных в этой таблице, но находящихся в ее пределах, соответственные данные находятся интерполированием.

Таким образом, можно определить удельный вес влажного воздуха на конкретном примере.

Пример 5. Температура атмосферного воздуха равна $t = 20^\circ$; относительная влажность его $\varphi = 0,5$. Найти удельный вес влажного воздуха, если атмосферное (барометрическое) давление $B = 720$ мм рт. ст.

Давление сухого насыщенного водяного пара при данной температуре согласно табл. 2 равно

$$p_s = 17,41 \text{ мм вод. ст.}$$

Парциальное давление водяных паров, содержащихся в воздухе, равно

$$p' = \varphi \cdot p_s = 8,7 \text{ мм рт. ст.}$$

Парциальное давление сухого воздуха в атмосфере равно

$$p_{c.в} = B - p' = 711,3 \text{ мм рт. ст.}$$

Удельный вес сухого воздуха будет равен

$$\gamma_{c.в} = 1,293 \cdot \frac{711,3}{760} \cdot \frac{273}{293} = 1,13 \text{ кг/м}^3.$$

Удельный вес водяного пара, содержащегося в воздухе,

$$\gamma' = 0,805 \cdot \frac{8,7}{760} \cdot \frac{273}{293} = 0,011 \text{ кг/м}^3.$$

где 0,805 — удельный вес водяного пара при нормальных условиях, т. е. при 0°C и 760 мм рт. ст., откуда удельный вес влажного воздуха будет равен

$$\gamma = \gamma_{\text{в. в.}} + \gamma' = 1,13 + 0,011 = 1,141 \text{ кг/м}^3.$$

Из приведенного примера видно, что влажный воздух легче сухого при той же температуре и том же давлении. При барометрическом давлении 720 мм рт. ст. и $t = 20^\circ \text{C}$ удельный вес сухого воздуха был бы равен

$$\gamma = 1,293 \frac{720}{760} \cdot \frac{273}{293} = 1,144 \text{ кг/м}^3.$$

§ 7. МОЛЕКУЛЯРНЫЙ ВЕС. УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ДЛЯ 1 МОЛЯ ГАЗА. УНИВЕРСАЛЬНАЯ ГАЗОВАЯ ПОСТОЯННАЯ

Как известно, все газы при одинаковых температурах и одинаковом давлении содержат в равных объемах одинаковое число молекул.

Следовательно, удельный вес γ газов пропорционален их молекулярному весу m . Для двух произвольных газов, индексы которых обозначены через 1 и 2, имеем

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{m_1}{m_2};$$

при

$$\gamma_1 = \frac{1}{v_1}; \quad \gamma_2 = \frac{1}{v_2}$$

имеем

$$m_1 \cdot v_1 = m_2 \cdot v_2.$$

где v_1, v_2 — объемы, занимаемые 1 кг, т. е. удельные объемы газов. Поэтому $m_1 \cdot v_1$ и $m_2 \cdot v_2$ можно рассматривать как соответственные объемы m_1 и m_2 кг этого газа. Если m есть молекулярный вес, то вес в m -кг называется килограммо-молекулой (или Моля)¹. Поэтому произведения $m_1 \cdot v_1$ и $m_2 \cdot v_2$ представляют объемы 1 Моля, которые при одинаковых давлениях и температурах одинаковы для различных газов. Объемом 1 Моля, следовательно, считается объем такого количества газа, вес которого равен молекулярному весу. Этот объем можно определить, например, по весу 1 м³ кислорода при 0° и 760 мм рт. ст. При $(\gamma_{\text{O}_2}) = 1,429234 \text{ кг/м}^3$ объем 1 кг O_2 будет равен

$$v = \frac{1}{1,429234} \text{ м}^3.$$

Молекулярный вес кислорода $m = 32$, следовательно, 1 Моля кислорода равен 32 кг и при 0° и 760 мм рт. ст. он принимает объем

$$\frac{32}{1,429234} = 22,4 \text{ м}^3.$$

Такова же величина объема 2 кг H_2 , 28 кг N_2 и т. д.

¹ „Моля“ обозначается большой буквой в отличие от „моль“ — граммо-молекулы.