

Суюнтбеков И.Э., Токтобеков Б.Э.

ВЛИЯНИЕ ГОРНЫХ УСЛОВИЙ НА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ
АВТОТРАНСПОРТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Суюнтбеков И.Э., Токтобеков Б.Э.

ТОО ШАРТТАРЫНЫН АВТОТРАНСПОРТТУК ИЧИНЕН КҮЙҮҮЧҮ
КЫЙМЫЛДАТКЫЧТАРЫНЫН ТЕРМОДИНАМИКАЛЫК КӨРСӨТКҮЧТӨРҮНӨ
ТИЙГИЗГЕН ТААСИРИ

I.E. Suyunbekov, B.E. Toktobekov

INFLUENCE OF THE MOUNTAIN CONDITIONS ON THERMODYNAMIC FACTOR
AVTOTRANSPORTNYH ENGINES OF INTERNAL COMBUSTION

УДК: 629.027

В данной статье приведены результаты исследования влияния термодинамических параметров горной среды на температурный режим автотранспортных двигателей внутреннего сгорания (ДВС).

Ключевые слова: горная среда, автотранспорт, потенциальная энергия, двигатель.

Бул макалада тоо чөлкөмүнүн термодинамикалык параметрлеринин автотранспорттук ичинен күйүүчү кыймылдаткычтардын (ИКК) температуралык режимине тийгизген таасирин изилдөөнүн жыйынтыктары келтирилген.

Негизги сөздөр: тоолуу аймак, автотранспорт, потенциалдык энергия, кыймылдаткыч.

In given article are brought results of the study of the influence thermodynamic parameter mountain ambience on warm-up mode автотранспортных engines of internal combustion (EIC).

Key words: mountain environment, transport, potential energy, engine.

В уравнении состояния идеального газа $PV = \frac{m}{M}RT$ не учтено наличие сил притяжения между молекулами, когда они удалены друг от друга, и сил отталкивания, когда они сближены. Действие отталкивания сводится к тому, что молекула не допускает проникновения в занимаемый им объем других молекул. Наличие сил притяжения приводит к появлению дополнительного давления на газ.

Экспериментальные исследования газов, проведенные в широком диапазоне давлений, показали, что PV не является постоянным при T=const, как это должно быть по уравнению состояния идеального газа.

Установлено, что если плотность газа становится сравнимой с плотностью насыщенного пара при данной температуре, то наблюдаются значительные отступления от уравнение состояния идеального газа. В этом случае необходимо учитывать силы

взаимодействия молекул газа и занимаемый ими объем. Другими словами, при малых плотностях газа в нем действуют вспомогательные силы притяжения, а при больших плотностях – силы отталкивания. Учет этих обстоятельств приводит к состоянию реального газа.

Следует отметить, что уравнение состояния зависит от закона взаимодействия между молекулами. Поэтому никакого универсального уравнения состояния газов и жидкостей не существует, и при исследованиях используются большим числом приближенных уравнений состояния.

Наиболее широкую известность среди приближенных уравнений состояния получило уравнение Ван-дер-Ваальса. Оно в наиболее простой и компактной форме учитывает основные физические характеристики газа в их взаимодействии и представляет их в наглядной форме.

В условиях термодинамического равновесия потенциальная сила, действующая на некоторый объем газа, уравновешивается силами давления на поверхность этого объема. На каждую молекулу действует сила

$$F = - \text{grad } E_n \quad (1)$$

где E_n – потенциальная энергия молекулы.

Изменение концентрации молекул по описывается распределением Больцмана:

$$n(x, y, z) = n(x_0, y_0, z_0) \exp \left\{ - \frac{E_n(x, y, z) - E_n(x_0, y_0, z_0)}{kT} \right\} \quad (2)$$

Концентрация молекул зависит только от h. Потенциальную энергии молекул удобно нормировать на нуль на поверхности Земли (h = 0). При таком нормировании потенциальная энергия молекулы на высоте h равна $U = mgh$. Следовательно,

распределение (2) концентрации молекул с высотой имеет вид

$$\begin{aligned} n_{O1}(h) &= n_{O1}(0) \exp[-m_1 gh / (kT)] \\ n_{O2}(h) &= n_{O2}(0) \exp[-m_2 gh / (kT)] \end{aligned} \quad (3)$$

Распределение давления с высотой h дается формулой

$$P(h) = P_0 \exp(-E_n / kT) \quad (4)$$

С учетом кинетической энергии молекул компонентов воздуха распределение (2) выглядит следующим образом:

$$P(h) = P_0 \exp[-(E_n + E_k) / kT] = P_0 \exp[-(E_n + 3kT) / kT] = P_0$$

$$\exp(-E_n / kT - 3) = P_0 e^{-3} \exp(-E_n / kT) = P'_0 \exp(-E_n / kT) \quad (5)$$

Полученное соотношение (5) показывает, что кинетическая энергия молекул не оказывает значимое влияние на распределение давления с высотой.

Воздух в основном состоит из кислорода и азота. Поэтому формула для изменения давления в нем с высотой имеет вид [2]:

$$P(h) = P_1(h) + P_2(h) = P_1(0) \exp[-m_1 gh / (kT)] + P_2(0) \exp[-m_2 gh / (kT)] \quad (6)$$

Следовательно, соотношение компонент, а соответственно и соотношение парциальных давлений меняются с высотой. Однако в научной литературе из-за близости массы молекул азота и кислорода, это различие не учитывается. Оценим значимости влияния разности массы молекул компонентов воздуха на распределение давления с высотой.

Отношение концентраций молекул на различных высотах равно

$$\begin{aligned} \frac{n_{O2}(h)}{n_{O1}(h)} &= \frac{n_2}{n_1} \frac{m_2}{m_1} \frac{1 - \exp[-m_1 gh_0 / (kT)]}{1 - \exp[-m_2 gh_0 / (kT)]} \exp[-(m_2 - m_1)gh / kT] \end{aligned} \quad (7)$$

Из формул (3) и (7) видно, что концентрация более тяжелых молекул убывает с высотой быстрее, чем легких.

При нормальных условиях ($n_0 = 2.7 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$; для водорода $m_0 = 3.34 \cdot 10^{-21}$; для азота $m_1 \approx 14m_0$

$kT \approx 4.14 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$) показатели экспоненты для не очень больших h чрезвычайно малы. Экспоненциальные члены можно разложить в ряд, сохраняя члены линейные по h .

$$\frac{n_{O2}(h)}{n_{O1}(h)} \approx \left[\frac{m_2 - m_1}{kT} gh \right] \approx (1 - 0.16 \cdot 10^{-4} h). \quad (8)$$

Таким образом, с высотой относительная концентрация молекул тяжелой компоненты уменьшается, а легкой увеличивается. Это особенно отчетливо проявляется при больших h . Например, при $h \approx 10^4 \text{ м}$ формула (7) приобретает вид.

$$\frac{n_{O2}(h)}{n_{O1}(h)} \approx 0.9 \frac{n_2}{n_1} \exp(-0.16).$$

Так как $\exp(-0.16) \approx 0.85$, то отношение концентраций частиц от 0 до 10000 м изменяется больше чем в 1,26 раза. При $h \approx 5 \cdot 10^3 \text{ м}$, что характерно для горных регионов, отношение концентраций частиц изменяется больше чем в 1,19 раза.

Следует отметить, что на выходные показатели технических средств, эксплуатируемых в этих регионах, влияют не только существенное убывание концентрации тяжелых молекул в количественных выражениях, но и качественные изменения в процессах, вызванные незначительными количественными изменениями. Например, хотя изменение концентрации с высотой при небольшой разнице высот очень мало, все же именно оно служит причиной возникновения подъемной силы летательных аппаратов легче воздуха [2].

Результаты анализа позволяют сделать вывод о том, что влияние изменения концентрации компонентов воздуха с высотой значимо (особенно для процесса сгорания горючей смеси с естественным ухудшением энергетических, экономических и экологических характеристик) и этот фактор необходимо учесть не только для теоретической полноты картины, но и для адекватного описания реального процесса в экстремальных горных и высокогорных условиях.

Литература:

1. Рид, Р. Свойства газов и жидкостей. / Рид, Р., Шеовуд Г. / Л.: Химия, 1971. – 702 с.
2. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. М.: Выш. шк., 1987. – 360 с.

Рецензент: к.т.н., доцент Нышанбаева А.Б.