

წარმატების საერთო ალბათობა = შემუშავების ტექნიკური დასრულების ალბათობა X კომერციულ წარმოებაში ჩაშვების ალბათობა ტექნიკური დასრულების პირობებში X ეკონომიკური წარმატების ალბათობა კომერციულ წარმოებაში ჩაშვების პირობებში. მაგალითად, თუ ალბათობის შეფასებითი მნიშვნელობა, რომელიც ფორმულის მარჯვენა ნაწილშია, ტოლია 0.50, 0.65 და 0.74 შესაბამისად, მაშინ კომპანიას შეუძლია გააკეთოს დასკვნა, რომ წარმატების საერთო ალბათობა ტოლია 0.24. შემდეგ კომპანიამ უნდა მიიღოს გადაწყვეტილება იმაზე, საკმარისია თუ არა ალბათობის ასეთი მნიშვნელობა სიახლის დამუშავების გასაგრძელებლად.

მიმზიდველი იდეები გადაიქცევა საქონლის კონცეფციად. თუ იდეა გვაძლევს საერთო წარმოდგენას ახალ პროდუქტზე, კონცეფცია იდეის შემუშავებული ვარიანტია, რომელიც გამოხატულია მომხმარებლებისათვის მნიშვნელოვანი ფორმით. ახალი საქონლის კონცეფციას სჭირდება როგორც შემუშავება, ასევე შემოწმება.

ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА НА МОЩНОСТЬ И ЭКОНОМИЧНОСТЬ РАБОТЫ СУДОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

Отар Джиджавадзе

дэн профессор

Варлам Рамишвили

дэн профессор

Воздух обычно представляют как смесь азота и кислорода. Однако такой «чистый», абсолютно «сухой» воздух в природе не встречается. В большой или меньшей мере воздух всегда смешан с водяными парами. Такую смесь сухого воздуха с водяными парами принято называть влажным воздухом. Степень влажности оценивается относительной влажностью φ , представляющей собой отношение массы водяного пара, содержащегося в единице объема воздуха γ_n , к плотности насыщенного пара при температуре смеси,

$$\varphi = (\gamma_n / \gamma_n) \cdot 100\% \quad (1)$$

Обозначим P_n – парциальное давление водяного пара и P_n – парциальное давление сухого воздуха, тогда в соответствии с законом Дальтона давление влажного атмосферного воздуха

$$B = P_n + P_n \quad (2)$$

При данных давлении и температуре существует такое состояние, при котором воздух содержит максимально возможное количество водяного пара. Воздух в таком состоянии называется насыщенным. Относительная влажность вместе с тем характеризует степень насыщения воздуха. Если считать водяной пар, содержащийся в воздухе, идеальным газом, то из сопоставления уравнений состояния получим:

$$P_n = RT\gamma_n \quad (3)$$

$$P_n = RT\gamma_n$$

$$\text{С учетом получаем } P_n / P_n = \gamma_n / \gamma_n = \varphi, \quad (4)$$

где P_n – давление насыщенного пара при температуре смеси.

Из (3) следует, что относительная влажность воздуха может быть

приближенно выражена отношением парциальных давлений. Приближенность зависимости (3) обусловлена отклонением уравнений состояния для водяного пара и влажного воздуха от условий, выраженных зависимостями (2), справедливых для идеального газа, а также различием газовых постоянных сухого воздуха $R_{\text{в}}$ и водяного пара $R_{\text{п}}$: $R_{\text{в}} \approx 292 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; $R_{\text{п}} \approx 470 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$. Газовая постоянная влажного воздуха в зависимости от величины относительной влажности определяется по соотношению:

$$R'_e = \frac{292}{1 - 0,377\phi(p_{\text{п}} / B)} \quad (5)$$

Из (5) следует, что с ростом влажности при неизменных температуре и давления увеличивается газовая постоянная воздуха, а так как плотность воздуха обратно пропорциональна газовой постоянной, то с увеличением влажности уменьшается масса воздуха, поступающего в цилиндры двигателя.

Увеличение относительной влажности сопровождается ростом парциального давления водяных паров P_{H_2O} , газовой постоянной $R_{\text{в}}$ влажного воздуха, удельной теплоемкости C_p и влагосодержания $d = G_{\text{п}}/G_{\text{в}}$, где $G_{\text{п}}$ – масса водяных паров во влажном воздухе, а $G_{\text{в}}$ – масса сухого воздуха. Одновременно уменьшаются: парциальное давление кислорода P_{O_2} , плотность воздуха $\gamma_{\text{п}}$ и показатель адиабаты k .

Таким образом, влияние влажности не ограничивается количественным изменением массы воздуха. Изменяются также все основные параметры воздуха, в том числе и относительное содержание кислорода.

Экспериментальные исследования, выполненные на двигателях, дают противоречивые результаты, не позволяющие сделать определенные выводы относительно сущности и степени влияния влажности. Не установлен и сам механизм воздействия влажности. Ряд исследователей полагает, что водяные пары, попадая в камеру сгорания, снижают температуру рабочей смеси. Оказывая тем самым влияние на индикаторные и эффективные показатели двигателя. Так, например, А. С. Соколик сводил эффект воздействия влажности только

к охлаждению топливно - воздушной смеси и этим объяснял влияние влажности на процесс сгорания. То, что влажность влияет на показатели процесса сгорания, установлено бесспорно. Экспериментально получено зависимость повышения влажности воздуха на увеличение периода задержки самовоспламенения и скорости нарастания давления. Однако, при этом не исследовалась природа воздействия влажности и причины изменения процесса сгорания.

Опыты Засса и Бринкергофля на дизелях в определенной мере согласуются с мнением А. С. Соколика, хотя и не могут считаться исчерпывающим доказательством единственного проявления влияния влажности. Бринкергофль обнаружил, что добавки воды дают заметный выигрыш в мощности и экономичности только в неудачно сконструированных двигателях, у которых имеются чрезвычайно нагретые участки камеры сгорания. На этом основании Засс объяснил положительное влияние повышенной влажности на работу калоризаторных двигателей охлаждением раскаленных поверхностей головки.

Антидетонационный эффект регистрируется с таким количеством воды, которое достаточно для заметного охлаждения стенок цилиндра. Введение в камеру сгорания небольших количеств воды не позволило уменьшить детонацию, а потому трудно предполагать возможность другого проявления эффекта влажности, кроме охлаждающего действия.

Существует гипотеза, согласно которой вода оказывает не только охлаждающее действие, но и непосредственно участвует в процессе сгорания как химический реагент, претерпевая в цилиндре двигателя химические превращения. Наиболее убедительным аргументом в пользу такого вывода явился результат использования тяжело кислородной воды, содержащей изотоп кислорода с атомной массой 18 вместо 16 в обычной воде и в воздухе. Тяжело кислородная вода вводилась в цилиндр двигателя вместе с бензином. Анализ выпускных газов показал, что до 45% тяжелого изотопа кислорода оказалось в соединении не с водородом, а с углеродом в виде CO_2 . такой результат указывал на то, что вода в процессе химических превращений диссоциировала, после чего атомы кислорода соединялись не с

водородом, а с углеродом. В обоснование утверждения о непосредственном участии воды в химических реакциях. Эффект гашения детонации достигается в том случае, когда вместо воды в цилиндр двигателя вводился водяной пар, т.е. когда исключалось влияние теплоты парообразования, а также полученное в опытах повышение октанового числа данного топлива с увеличением влажности воздуха.

Вместе с тем, при введении в цилиндр двигателя водяного пара вместо воды, не обнаруживался антидетонационный эффект, который можно было бы отнести за счет чисто химического воздействия, и на этом основании сделан вывод о согласованности результатов опытов с теоретическим заключением. По данным исследования, если в смеси $\text{CO} + \text{CO}_2$ содержится некоторое количество влаги или атомарного водорода, химическая реакция развивается с большой скоростью как гомогенная с разветвленной цепью. Примесь воды или водорода обеспечивает образование радикалов типа OH , являющихся возбудителями и начальными звеньями цепных превращений.

При горении сухой смеси $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ 25% всей энергии выделялось в виде инфракрасного излучения, а скорость реакции была чрезвычайно мала. После добавки к смеси 3-4% воды энергия инфракрасного излучения составляла всего 1%, а скорость реакции заметно возрастала. Эти данные позволяют сделать два вывода.

1. В определенных условиях сгорания вода не только тормозит реакцию, охлаждая реагирующую смесь. Но, наоборот, ускоряет ее, воздействуя как катализатор, что согласуется со взглядами и опытами многих ученых.

2. Энергия, выделяющаяся при сгорании, не всегда проявляется в виде теплоты, воздействующей на разогрев смеси. В некоторых случаях выделяется энергия электронов, перешедших на другие энергетические уровни, как, например, энергия инфракрасного излучения. Эта энергия может передаваться молекулам при их столкновениях или может излучаться в пространство. Независимо от характера передачи энергии. Конечный эффект сказывается на флегматизацию реакции. Незначительные же добавки воды резко меняют соотношение между количествами тепловой энергии и энергии инфракрасного

излучения, результатом чего является резкое ускорение реакции.

Практический интерес представляет определение характера и степени влияния влажности на мощность и экономичность двигателя. Разнородность двигателей по конструктивным особенностям и условиям осуществления рабочего процесса не позволила получить полной сходимости результатов исследований влияния влажности.

Исследовалось влияние влажности на дизеле 6ЧН 15/18. Влажность воздуха перед впускными органами изменялась в широких пределах. На режиме $G_T = \text{const}$ и $n = \text{const}$ в указанных пределах изменения влажности зарегистрировано снижение температуры выпускных газов на 5-7°C, максимального давления в цилиндре на 3-3,5% и эффективной мощности на 1,5-2,0%. Примерно на такую же величину повысился удельный расход топлива. Приведенные данные указывают на незначительность влияния влажности, что в данном случае можно объяснить относительно высоким коэффициентом избытка воздуха на номинальном режиме и вследствие этого малой чувствительностью таких дизелей к изменению атмосферных условий, в том числе и слабым реагированием на изменение влажности воздуха.

Известные по литературным источникам данные, устанавливающие незначительность влияния влажности относятся, как правило, к мало форсированным двигателям с большими избытками воздуха на номинальном режиме. О влиянии влажности можно судить по результатам исследования, проведенного на дизелях 6ЧН 18/22 и 6ЧН 15/18. В результате впрыска воды во впускную систему дизелей на режиме $N_e = \text{const}$ и $n = \text{const}$ получено увеличение τ_p , p_c , p_z и $\Delta p / \Delta \varphi$. Температуры поршня и выпускных газов снизились, что явилось результатом охлаждающего действия влаги.

При впрыске воды до компрессора происходит испарение воды в компрессоре и в цилиндре двигателя, исключается воздействие теплоты парообразования, что снижает охлаждающее воздействие на детали двигателя. Впрыск воды, как и естественное повышение влажности воздуха, влияет на работу турбокомпрессора.

При неизменной температуре атмосферного воздуха работа сжатия влажного воздуха возрастает вследствие увеличения газовой по-

стоянной.

При испытаниях дизеля 12ДН 23/30 в случае подачи во впускную систему распыленной воды в количестве 1,5% от расхода воздуха температура воздуха после компрессора уменьшалась на 45°C. А давление – на 4%. Несмотря на некоторое уменьшение частоты вращения ротора турбокомпрессора, его производительность повысилась на 3%.

Исследования, проведенные на дизеле 6ЧН 12/14, показали снижение удельного расхода топлива на 11 г/(кВт·ч) при увеличении влажности за счет впрыска воды во впускную систему в количестве 2-2,2% от расхода топлива. Температура выпускных газов и теплоотвод в охлаждающую воду при этом снижались соответственно на 10-14% и 5-8%. Температура воздуха за компрессором снижалась на 30-40°C. Впрыск воды в данном случае использовался в качестве способа охлаждения наддувочного воздуха с целью повышения его плотности перед впускными органами двигателя. Это в определенной мере компенсировало уменьшение плотности заряда за счет увеличения влажности и явилось причиной возрастания τ_p , p_z и $\Delta p/\Delta \varphi$ по мере увеличения количества впрыскиваемой воды. При впрыске воды приращения мощности двигателя оказалось более значительным, чем увеличение расхода воздуха, что обусловило снижение коэффициента избытка воздуха. Характерно, что индикаторной к.п.д. хотя и снизился, но в меньшей мере, чем при таком же повышении мощности за счет охлаждения воздуха в холодильнике рекуперативного типа без впрыска воды. Более высокая экономичность двигателя с испарительным охлаждением воздуха является следствием снижения температуры наполнения и сжатия и повышения параметров, характеризующих динамику процесса сгорания. Аналогичные результаты получены при работе дизеля типа Ч 17,5/24 на топливо –водяных эмульсиях. Данные этих испытаний интересны еще и тем, что они в определенной мере согласуются с представлениями о механизме воздействия воды. Полученное повышение экономичности за счет использования топлива –водяных эмульсий, содержащих до 35% воды, связывается с каталитическим воздействием на скорость сгорания. Так же как и при впрыске воды в воздушный коллектор,

в данном случае возрастали период задержки самовоспламенения и скорость нарастания давления по сравнению с использованием безводного топлива, но общая продолжительность сгорания уменьшилась при этом на 10-12°. Полученный выигрыш в экономичности вряд ли можно отнести только на счет каталитического воздействия воды, так как на ускорение сгорания влияло также улучшение смесеобразования в результате микровзрывов оболочек капель эмульсии парами воды. Из приведенных данных очевидно различие результатов воздействия естественной влажности атмосферного воздуха и впрыска воды, используемой для охлаждения рабочей смеси. Увеличение влажности атмосферного воздуха приводят к уменьшению плотности воздушного заряда, массы кислорода в заряде, росту относительного содержания инертных газов и теплоемкости воздуха. Все это отрицательно сказывается на индикаторных показателях двигателя и приводит к уменьшению мощности, т. е. к результату, противоположному случаю применения испарительного охлаждения при впрыске воды до или после компрессора. Приведем некоторые экспериментальные данные влияния влажности атмосферного воздуха на эффективную мощность. По данным фирмы «Национал», при увеличении относительной влажности от 40 до 100% мощность четырехтактных дизелей снижается всего на 2%. Влияние относительной влажности на мощность двухтактных дизелей фирмы «Непир» приводится в зависимости от температуры воздуха. Так, при повышении влажности от 50 до 100% эффективная мощность снижается: $t_o=20^\circ\text{C}$ на 2%, при $t_o=40^\circ\text{C}$ на 4%, при $t_o=50^\circ\text{C}$ на 6%, т.е. по мере повышения t_o возрастает удельное влияние влажности, хотя абсолютная величина снижения мощности невелика, в особенности при нормальной и низкой температурах воздуха.