

УДК 621.436

*А.А. Прохоренко, канд. техн. наук, В.А. Пылев, д-р техн. наук,
С.А. Кравченко, канд. техн. наук, В.В. Шпаковский, канд. техн. наук*

ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ МЕХАНИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ГАЗОВОМ ДВИГАТЕЛЕ НА ПРОЦЕСС ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДЕТОНАЦИИ

Детонация в цилиндре газового двигателя достаточно сложный, мало изученный процесс. Однако известно, что существует два основных фактора, оказывающих влияние на возникновение детонации – это метановое число (МЧ) топлива и уровень давления в цилиндре во время сгорания.

Увеличение МЧ снижает склонность к возникновению детонации в двигателе, однако его величина непосредственно связана с химическим составом горючего газа, либо смеси газов, используемых в качестве моторного топлива. Влияние изменения МЧ смеси газов, а также связанные с этим резервы снижения склонности к детонации двигателей, работающих на шахтном газе рассмотрены в [1].

Уровень давления в цилиндре во время сгорания топлива можно охарактеризовать величиной максимального давления цикла p_z . То есть, для уменьшения склонности двигателя к детонации необходимо стремиться к снижению p_z . Этого можно достичь в результате:

1. Влияния на характер протекания процесса сгорания, а именно изменением качества смеси, наполнения цилиндра и др.

2. Снижения давления конца сжатия p_c .

Первое направление, например, описано в [2]. Показано, что существует зона бездетонационной работы газового двигателя для определенных значений коэффициента избытка воздуха газовой смеси. Важно отметить, что данное направление требует дальнейших достаточно глубоких исследований влияния на процесс детонации особенностей реальной эксплуатации двигателей, в том числе изменения качественного и количественного состава газового

топлива.

Целью представленной работы является исследование резервов повышения детонационной стойкости газового двигателя в соответствии со вторым направлением – путем снижения давления сжатия.

На величину p_c прямопропорционально влияют степень сжатия ε и давление наддува p_s .

Уменьшение степени сжатия для снижения вероятности возникновения детонации однозначно приводит к ухудшению индикаторных показателей двигателя, исходя из известной зависимости для теоретического термодинамического цикла с подводом теплоты при постоянном объеме:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}.$$

Следовательно, это мероприятие вызовет не только необходимость увеличения расхода топлива для сохранения мощности двигателя, но и организации увеличенного теплоотвода от элементов камеры сгорания с целью сохранения их ресурса.

Величину требуемого давления наддува в общем случае можно представить функцией [3]:

$$p_s = f(p_e, \eta_e, \eta_v, T_s),$$

где p_e – среднее эффективное давление цикла, η_e – эффективный КПД, η_v – коэффициент наполнения, T_s – температура рабочей смеси на впуске.

При этом, параметры p_e , η_v , T_s имеют прямую связь с величиной давления наддува, а η_e – обратную.

Рассмотрим их влияние.

Среднее эффективное давление цикла является фактором, однозначно определяющим мощность двигателя при неизменной частоте вращения колен-

чатого вала, поэтому при выполнении исследования принято p_e -const.

В газовом двигателе осуществляется количественное регулирование мощности, следовательно, коэффициент наполнения η_v также не может оказывать независимого влияния на p_s без снижения мощности двигателя.

Температура рабочей смеси на впуске T_s ограничена величиной 40°C исходя из возможности конденсации воды и тяжелых углеводородов, находящихся в газовом топливе.

Следовательно, для возможного снижения величины давления наддува p_s , а значит, и давления в цилиндре в процессе сгорания, необходимо увеличивать эффективный КПД двигателя η_e , и таким образом оказывать влияние на процесс возникновения детонации.

Поскольку

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m,$$

где η_i – индикаторный КПД двигателя,

η_m – механический КПД,

то при сохранении уровня индикаторного КПД величина η_e двигателя однозначно определяется значением η_m .

В свою очередь

$$\eta_m = 1 - \frac{P_{мд} - P_{н.х.}}{P_e},$$

где $P_{мд}$ – среднее давление потерь в механизмах двигателя, $P_{н.х.}$ – среднее давление насосных потерь.

Из приведенной зависимости видно, что при уменьшении $P_{мд}$ механический КПД двигателя увеличивается. При этом следует отметить, что вследствие принятого в исследовании условия p_e -const, изменение величины потерь в механизмах двигателя окажет влияние на значения среднего давления насосных потерь и среднего индикаторного давления.

Таким образом, имеется прямая связь между механическими потерями в двигателе и уровнем давления в цилиндре во время сгорания топлива,

влияющим на возникновение детонации.

Значимость этого утверждения проиллюстрирована на рис.1. и рис. 2. На указанных рисунках приведены зависимости максимального давления цикла и эффективного КПД двигателя от величины механических потерь, полученные расчетным путем для различных значений степени сжатия. Для расчетного анализа выбран газовый двигатель 20ЧН19/22 фирмы GE Jenbacher, который имеет следующие параметры: $\eta_e = 0,406$, $p_e = 2$ МПа. $\varepsilon = 11$, $P_{мд} = 0,21$ МПа, $p_z = 18$ МПа,

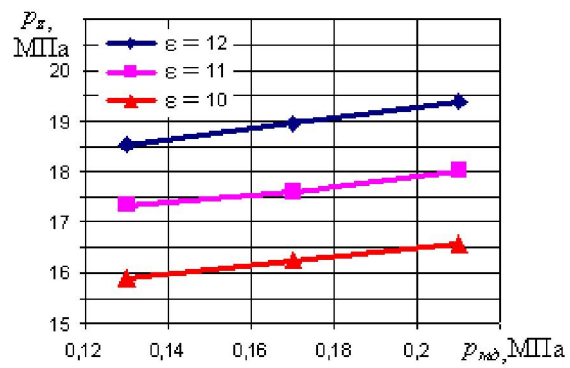


Рис. 1. Зависимость максимального давления цикла от величины механических потерь в двигателе при p_e -const

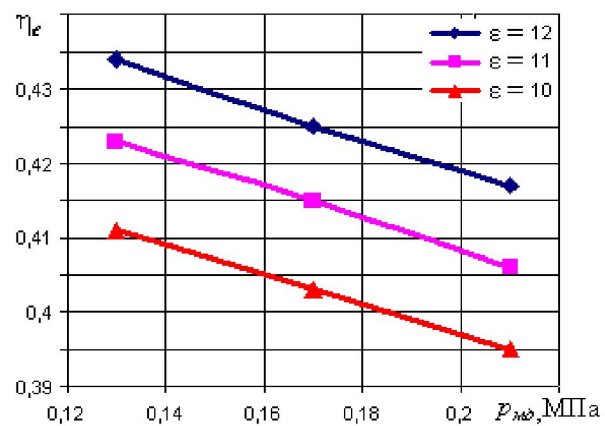


Рис. 2. Зависимость эффективного КПД двигателя от величины механических потерь при p_e -const

Как видно из рисунков, уменьшение механических потерь газового двигателя путем снижения среднего давления в механизмах двигателя с $P_{мд} = 0,21$ МПа до $P_{мд} = 0,13$ МПа ведёт к снижению мак-

симального давления цикла p_z до 17,3 МПа. Важно, что при этом улучшается экономичность работы двигателя – η_e возрастает до 0,423 (на 4,1 %). Также, из рисунков видно, что при уменьшении степени сжатия эффект снижения p_z достигается в большей степени (например, при $\epsilon = 10$ величина p_z составит 16,6 МПа), однако, при этом значительно ухудшается экономичность работы двигателя – η_e падает до 0,395 (на 2,7 %).

Известно, что около 70% механических потерь в двигателе приходится на пару поршень – гильза цилиндра, поэтому уменьшение потерь на трение в паре методом нанесения на боковой поверхности поршня корундового слоя [4] является одним из путей их снижения.

Таким образом, в результате проведенного исследования установлено, что существует возможность путем уменьшения механических потерь в газовом двигателе снизить склонность к возникновению в нем детонации без изменения свойств топлива, и, что важно, улучшить при этом экономичность

работы двигателя и снизить тепловые нагрузки на детали камеры сгорания.

Список литературы:

1. Пылев В.А., Кравченко С.А., Заславский Е.Г., Прохоренко А.А., Шпаковский В.В. Шахтный газ – моторное топливо для двигателей внутреннего сгорания // Двигатели внутреннего сгорания. – 2007. – № 1. – С.10-15..
2. Karim G., Li H. Knock in Gas Fueled S.I. Engines. ICAT 2004 - International Conferences on Automotive Technologies Future Automotive Technologies on Powertrain and Vehicle Istanbul/Turkey.
3. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей / Под. ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – М.: Машиностроение, 1983. – 375 с.
4. Шпаковский В.В., Марченко А.П., Парсаданов И.В., Феоктистов С.А., Масли С.М., Осейчук В.В. Повышение ресурса тепловозных дизелей применением гальвано-плазменной обработки рабочих поверхностей поршней // Двигатели внутреннего сгорания. – 2007. – № 1. – С. -.98-101

УДК 66.045.1:621.438

А.Н. Ганжа, канд. техн. наук, Н.А. Марченко, канд. техн. наук

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛЯХ СТАЦИОНАРНЫХ ГТУ

Введение

Одним из путей повышения эффективности циклов газотурбинных установок (ГТУ) является применение промежуточного охлаждения воздуха в специальных теплообменных аппаратах – воздухоохладителях. При этом снижаются затраты мощности на привод компрессора, которую можно полезно использовать, (например, на привод ротора электрогенератора). Охлаждающей средой может быть ат-

мосферный воздух, циркуляционная или сетевая вода и пр. При охлаждении атмосферным воздухом и циркуляционной водой теплота, отведенная от сжимаемой среды, в основном бесполезно теряется (сбрасывается) непосредственно в атмосферу или через системы оборотного охлаждения. Наиболее рационально отводить теплоту от охлаждаемого воздуха посредством нагрева сетевой воды, и далее использовать ее на технологические или бытовые нуж-