

Белоусов Евгений Викторович, к.т.н., доцент, ewbelousov67@gmail.com
Савчук Владимир Петрович, к.т.н., доцент, ewbelousov67@gmail.com
Грицук Игорь Валерьевич, д.т.н., профессор, gritsuk_iv@ukr.net
Херсонская государственная морская академия

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ НА ОРГАНИЗАЦИЮ ВНУТРЕННЕГО СМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ В ГАЗОДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

Ужесточение экологических норм и рост цен на нефтяные топлива заставили производителей двигателей внутреннего сгорания направить свои усилия на разработку двигателей работающих на более экологичных и более дешевых газовых топливах (ГТ). Не остались в стороне от этой тенденции и производители судовых малооборотных дизелей (МОД) которые на базе уже существующих моделей наладили выпуск газодизельных двигателей работающих на природном газе. Ряд конструктивных особенностей двухтактных МОД заставил разработчиков искать новые подходы в организации смесеобразования в таких двигателях, связанных с подачей газового топлива непосредственно в рабочий цилиндр под повышенным давлением. На сегодня остается открытым вопрос – на каком участке такта сжатия рациональнее всего подавать ГТ в цилиндр. Очевидным является только то, что, чем позже это делать, тем под более высоким давлением ГТ необходимо подводить к газоподающим органам. На сегодня реализовано два варианта внутреннего смесеобразования в МОД – под низким давлением (1,6 МПа) когда ГТ поступает в рабочий цилиндр сразу после закрытия органов газораспределения (двигатели фирмы Wärtsilä) или непосредственно перед приходом поршня в ВМТ под высоким давлением (20 МПа) (двигатели фирмы MAN) [1–5]. Каждый из реализованных подходов к организации смесеобразования имеет свои преимущества и недостатки, которые подробно рассмотрены были ранее в работе [5]. Каждый из разработчиков, очевидно преследуя коммерческие интересы, акцентировал внимание на достоинствах систем реализованных им в своих двигателях, упуская важный аспект – энергетические затраты на подготовку (сжатие) топлива перед подачей его в цилиндры. В опубликованных на сегодня работах [1-4] в основном приводится качественная оценка таких затрат, что усложняет оценку расходов связанных с переоборудованием и дальнейшей эксплуатацией газодизельных МОД. В данной работе авторами была предпринята попытка выполнить количественную оценку энергетических затрат на сжатие ГТ до давления необходимого для обеспечения эффективного смесеобразования на разных участках процесса сжатия.

Для анализа возможности смесеобразования на различных участках процесса сжатия авторами была разработана расчетная модель позволяющая получить значение массовых расходов ГТ через газовый клапан заданного сечения. Основной особенностью модели является необходимость учитывать протекание смесеобразования в условиях меняющегося в процессе сжатия противодействия. В качестве примера далее приведены результаты моделирования процессов смесеобразования в судовом малооборотном газодизельном

двигателе RT-flex50DF. В результате моделирования было исследовано девять вариантов подачи ГТ в процессе сжатия. Для обеспечения надежного поступления ГТ в рабочий цилиндр давление перед газовым клапаном принималось на $\approx 20\%$ выше максимального давления в цилиндре на момент прекращения подачи.

Из рис. 1 видно, что с увеличением давления перед газоподающим клапаном, затраты на сжатие ГТ возрастают с 2,5% от мощности цилиндра при давлении 1,1 МПа до 9,7% при давлении 20 МПа. При этом время открытия клапана сокращается на порядок с 0,066 до 0,0064 с, что повышает требования к его быстродействию.

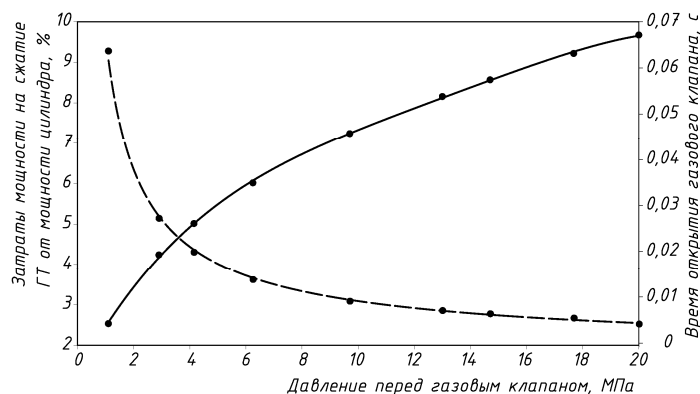


Рис. 1. Относительные затраты мощности на сжатие ГТ перед подачей его в цилиндр двигателя: (—) на такте сжатия и время открытия газового клапана как функция давления перед ним (---)

С увеличением давления перед газоподающим клапаном газодизельного двигателя с внутренним смесеобразованием, затраты на предварительное сжатие ГТ сильно зависят от способа подачи газа в цилиндр. Для рассмотренного случая затраты на сжатие ГТ при его подаче в конце такта сжатия могут в 3,9 раза превышать аналогичные затраты при его подаче в начале такта сжатия и доходить до 10% от мощности цилиндра, что безусловно, необходимо учитывать при анализе полного энергетического баланса силовой установки.

Литература

1. Rolsted, H. MAN B&W 2-stroke Marine Engine Leading today's Environmental challenges. Korea: MAN Diesel & Turbo SE, 2010. – 86 p.
2. ME-GI – Dual Fuel Done Right. MAN Diesel, ME-GI, Sname NY, 2013. – 73 p.
3. ME-GI Dual Fuel MAN B&W Engines A Technical, Operational and Cost-effective Solution for Ships Fuelled by Gas. Denmark, Copenhagen: MAN Diesel & Turbo, 2012. – 36 p.
4. Wettstein, R. The Wärtsilä low-speed, low-pressure dual-fuel engine. AJOUR Conference, Odense, 27/28 Nov, 2014 – 31 p.
5. Белоусов, Е.В. Анализ современных подходов к проблеме создания судовых малооборотных газодизельных двигателей [Текст] / Е.В. Белоусов, В.П. Савчук, Т.П. Белоусова // Двигатели внутреннего сгорания. Всеукраинский научно-технический журнал. – Харьков: изд. НТУ«ХПИ» – № 1. 2016 – С 81-88.