

Белоусов Евгений Викторович, к.т.н., доцент, Херсонская государственная морская академия, ewbelousov67@gmail.com

Рыбальченко Николай Евгеньевич, Херсонская государственная морская академия

Самарин Александр Евгеньевич, к.т.н., доцент, Херсонская государственная морская академия, samarin162@gmail.com

Вербовский Валерий Степанович, Институт Газа НАН Украины

## **РЕГУЛИРОВАНИЕ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ ПОРШЕННЫХ МАЛООБОРОТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ СТЕПЕНИ СЖАТИЯ**

Возможность изменять параметры работы в широком диапазоне нагрузочно-скоростных режимов является одним из самых существенных преимуществ ДВС, в основе управления которыми в настоящее время лежит два основных принципа: качественное и количественное регулирование.

С целью обоснования выбора наиболее рационального способа регулирования твердотопливных поршневых двигателей (ТТД) [1] было выполнено численное исследование, направленное на определение характера изменения параметров термодинамических циклов ТТД в зависимости от способа регулирования [2] двигателей использующих твердые топлива (ТТ).

Особенности протекания рабочего процесса в малооборотных ТТД позволяют реализовать в них принципиально новый метод регулирования, а именно, путем изменения действительной степени сжатия.

В большинстве современных малооборотных двигателей нового поколения (серия ME фирмы MAN Diesel SE; серий RT-flex и X фирмы Wärtsilä, серия UEC Eco-Engine фирмы Mitsubishi) управление выпускным клапаном осуществляется с помощью гидравлического сервопривода с электронным управлением. На рис. 1 показан пример такого повода, реализованного в двигателях серии ME-C фирмы MAN Diesel [3].

Отсутствие жесткой связи между валом двигателя и приводом клапана позволяет открывать и закрывать клапан по любому алгоритму, заложенному в программе управляющего модуля. Увеличивая время открытия клапана, можно управлять массовым зарядом цилиндра. Так как в ТТД в конце сжатия не обязательно иметь высокую температуру, необходимую для активации процесса горения, управляя наполнением цилиндра, можно регулировать двигатель в широких пределах нагрузочно-скоростных режимов.

Это предположение подтверждают результаты моделирования, приведенные в табл. 1 и показанные на рис. 2. Из представленных данных видно, что мощность снижается прямо пропорционально увеличению угла задержки закрытия клапана. При этом снижение давления происходит гораздо интенсивнее, чем температуры, что способствует росту эффективности. При увеличении угла задержки с 46 до 106 ° п.к.в., мощность снижается в 2,4 раза, а расход условного топлива уменьшается на 7,0 кг/(кВт×ч).

Такое регулирование является управляемым циклом Миллера, при

котором увеличение угла задержки закрытия выпускного клапана ведет к повышению эффективности рабочего процесса. Его можно отнести к разновидности количественного регулирования, поскольку происходит изменение массы заряда за счет вытеснения его части в выпускной ресивер двигателя на такте сжатия.

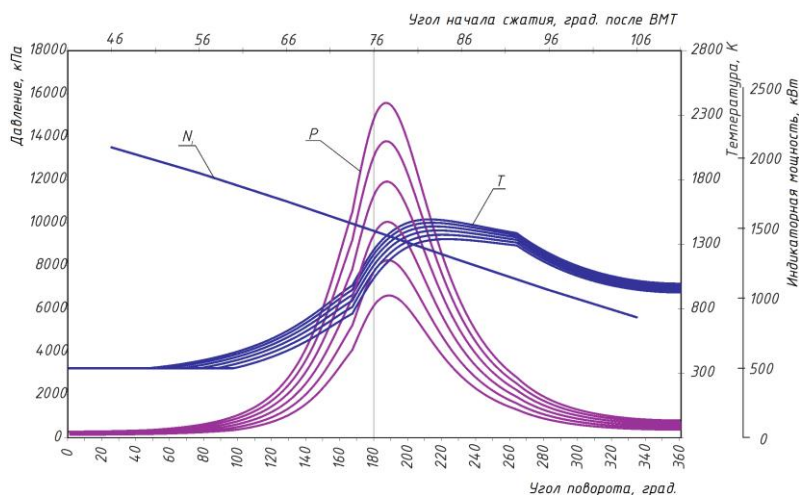
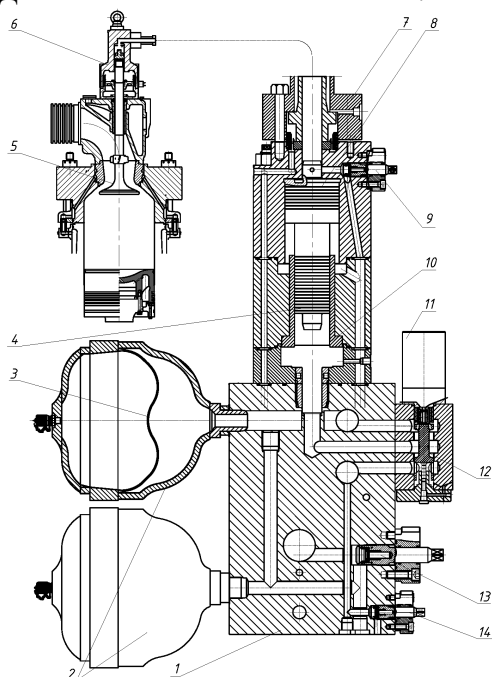


Рисунок 2. Характер изменения давления и мощности при регулировании ТППД путем изменения длительности сжатия

Рисунок 1. Гидравлический сервопривод выпускного клапана двигателей типа ME фирмы MAN Diesel: 1 – корпус гидропривода; 2 – газовые аккумуляторы; 3 – полимерная диафрагма; 4 – гидравлический поршень; 5 – выпускной клапан; 6 – актуатор повода; 7 – соединительный фланец; 8 – гидравлический поршень; 9 – клапан ограничения давления; 10 – втулка гидроцилиндра; 11 – управляющий электромагнитный клапан; 12 – золотник управления; 13 – клапан ограничения управляющего давления; 14 – клапан аварийного сброса давления

Таблица 1 – Регулировка ТППД путем изменения длительности сжатия

Параметр	Угол начала сжатия, град. после НМТ						
	46	56	66	76	86	96	106
Действительная степень сжатия	11,78	10,65	9,43	8,19	6,96	5,79	4,7
Кол. ТТ, сгоревшего за цикл, кг	0,057	0,052	0,046	0,04	0,034	0,028	0,02
Работа за цикл, кДж	1185,2	1080,4	964,9	843,5	721,2	602,5	491,
Инд. КПД	0,592	0,598	0,603	0,609	0,615	0,62	0,62
Часовой расход ТТ, кг	361,4	326,3	288,6	249,8	211,7	175,4	142,
Уд. расход теплоты, кДж/(кВт×ч)	6082	6025	5966	5908	5854	5807	576
Уд. инд. расход у.т., кг/(кВт×ч)	0,143	0,142	0,14	0,139	0,138	5965,9	0,13
Среднее инд. давление, МПа	1,75	1,59	1,42	1,24	1,06	0,89	0,7
Индикаторная мощность, кВт	2074	1891	1688	1476	1262	1054	86
Температура цикла max, °С	1218,1	1193,4	1164,5	1133,1	1100,1	1066,2	1032,
Температура в конце расшир., °С	721,0	710,0	697,7	683,8	668,8	652,8	636,

Давление цикла max, МПа	15,57	13,79	11,91	10,04	8,25	6,61	5,1
Давление в конце расшир., МПа	0,80	0,72	0,63	0,54	0,46	0,37	0,3
Уд. образование CO <sub>2</sub> , кг/(кВт×ч)	0,565	0,56	0,554	0,549	0,544	0,539	0,53

## Литература

1. Белоусов Е.В. Создание и совершенствование твердотопливных поршневых двигателей внутреннего сгорания. / Белоусов Е.В. – Херсон: ОАО ХГТ, 2006. – 451 с.
2. Белоусов Е.В. Выбор оптимального способа регулирования твердотопливного поршневого двигателя с принудительной продувкой слоя. / Белоусов Е.В.; Зб. наук. праць НУК ім. адм. Макарова. – Миколаїв: НУК, 2009.– № 6 (429). – С. 100-104.
3. MAN B&W S60ME-C8.2-GI IMO Tier II. Project Guide. MAN Diesel & Turbo, Denmark, Copenhagen SV. 2014. – 378 p.

Бобрицький Сергій Владиславович, к.т.н., доцент каф. М і ПМ, Український державний університет залізничного транспорту, [s.bobritskiy@gmail.com](mailto:s.bobritskiy@gmail.com)  
 Аулін Дмитро Олександрович, к.т.н., старший викладач каф. ЕРРС Український державний університет залізничного транспорту, [dimmo@ex.ua](mailto:dimmo@ex.ua)  
 Анацький Олександр Олександрович старший викладач каф. ЕРРС Український державний університет залізничного транспорту, [anatsky@kart.edu.ua](mailto:anatsky@kart.edu.ua)  
 Онищенко Андрій Володимирович, асистент каф. [«Теплотехніка, теплові двигуни та енергетичний менеджмент» \(ТТД\)](#) Український державний університет залізничного транспорту, [onyshchenko@kart.edu.ua](mailto:onyshchenko@kart.edu.ua)

## ДОЦІЛЬНІСТЬ РОЗРОБКИ ПРИСТРОЮ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОЇ ДЕКОМПРЕСІЇ ЦИЛІНДРІВ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ

Аналіз сучасних науково-дослідних робіт показує, що досягнення високих економічних та екологічних показників сучасних дизелів неможливо без вдосконалення параметрів і конструкції системи пуску. Основним напрямком розвитку системи пуску сучасних дизелів є здійснення гнучкого мікропроцесорного управління, для того щоб забезпечувалась реалізація перехідних процесів дизеля по заданому закону з заздалегідь заданим темпом, більша швидкодія з вибором оптимального алгоритму.

Для економії ресурсів, зменшення негативних екологічних явищ при слабкій акумуляторній батареї, щоб уникнути негативних впливів пускових пікових струмів і продовження терміну служби акумуляторних батарей та досягнення надійного пуску дизельних двигунів, рекомендується пристрій для автоматичної декомпресії циліндрів.

Декомпресійний механізм за рахунок сполучення камери згоряння з атмосферою дозволяє знизити опір провороту колінчастого вала пусковою системою. При цьому пускова система дозволяє розігнати колінчастий вал двигуна до пускової частоти обертання. Після цього декомпресійний механізм