

УДК 621.43

ИЗНОС ДЕТАЛЕЙ ЦИЛИНДРО-ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ДВИГАТЕЛЯ С СИСТЕМОЙ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ В ЭНЕРГОУСТАНОВКАХ

А.В. Разуваев, Д.А. Костин, И.О. Кудашева, М.С. Губатенко

Описывается способ эффективного применения автономных энергетических комплексов на базе двигателей внутреннего сгорания путем применения систем высокотемпературного охлаждения двигателей. Применение этих систем способствует повышению показателей эффективности ДВС, а также снижению износа деталей цилиндрико-поршневой группы двигателя. Описываемые в статье исследования базируются на экспериментальных данных по реальному двигателю 6 ЧН 21/21.

Ключевые слова: энергетическая установка; двигатель внутреннего сгорания; система высокотемпературного охлаждения; цилиндрико-поршневая группа.

ЖОГОРКУ ТЕМПЕРАТУРАДАГЫ МУЗДАТУУЧУ СИСТЕМАСЫ БАР ЭНЕРГИЯ ЖАБДУУЛАРЫНДА ЦИЛИНДРИК-ПОРШЕНДИК ТОПТОГУ КЫЙМЫЛДАТКЫЧТЫН БӨЛҮКТӨРҮНҮН КЕРЕКТЕН ЧЫГЫШЫ

А.В. Разуваев, Д.А. Костин, И.О. Кудашева, М.С. Губатенко

Бул макалада кыймылдаткычты жогорку температурада муздатуучу системаны колдонуу аркылуу ичтен күйүүчү кыймылдаткычтардын базасында автономдуу энергетикалык комплекстерди натыйжалуу пайдалануу ыкмасы сүрөттөлгөн. Бул системаларды колдонуу ичтен күйүүчү кыймылдаткычтардын көрсөткүчтөрүнүн натыйжалуулугун жогорулатууга мүмкүндүк берет, ошондой эле цилиндрико-поршендик топтугу кыймылдаткычтын бөлүктөрүнүн эскиришин төмөндөтөт. Макалада сүрөттөлгөн изилдөөлөр 6 ЧН 21/21 реалдуу кыймылдаткычы боюнча эксперименталдык маалыматтарга таянып ишке ашырылды.

Түйүндүү сөздөр: энергетикалык жабдуу; ичтен күйүүчү кыймылдаткыч; жогорку температурада муздатуучу система; цилиндрико-поршендик топ.

WEARING OF DETAILS OF CYLINDER-PISTON ENGINE GROUP WITH HIGH-TEMPERATURE COOLING SYSTEM IN POWER PLANTS

A. V. Razuvaev, D. A. Kostin, I. O. Kudasheva, M. S. Gubatenko

The authors describe a method for the efficient use of autonomous energy complexes based on internal combustion engines through the use of high-temperature engine cooling systems. The use of these systems helps to increase the efficiency of the internal combustion engine, as well as reduce the wear of parts of the cylinder-piston group of the engine. The studies described in the article are based on experimental data on a real 6 ЧН 21/21 engine.

Keywords: power plant; internal combustion engine; high-temperature cooling system; cylinder-piston group.

На сегодняшний день одним из наиболее перспективных средств малой энергетики является применение когенерационных энергетических установок на базе двигателей внутреннего сгорания (ДВС), обеспечивающих электро- и теплоснабжение объектов различного назначения.

Внедрение эффективных автономных энергетических комплексов на базе поршневых ДВС требует увеличения их агрегатной мощности. Это обстоятельство влечет за собой увеличение габаритных показателей радиаторных установок, что создает проблемы размещения их на объекте, особенно это касается энергоустановок

Таблица 1 – Износ поршневых колец при работе с ВТО и без ВТО

Температура воды, °С		-	75–80		105–115	
Общее время работы, час		0	250		500	
Износ компрессионных колец в граммах	Номер кольца	Вес	Вес	Износ	Вес	Износ
	1	96,91	95,85	1,06	95,42	0,43
	2	96,36	95,8	0,56	95,65	0,15
Износ маслосъемных колец в граммах	3	126,52	126,31	0,21	126,08	0,23
	1	85,8	85,26	0,54	-	-
	2	90,11	89,34	0,77	88,91	0,43

в блок-контейнере или на транспортных средствах [1].

Решению этой проблемы может способствовать применение систем высокотемпературного охлаждения (ВТО) ДВС, в которых температура охлаждающей жидкости на выходе превышает 373К (100 °С) [1].

Применение систем ВТО ДВС позволяет повысить индикаторные показатели ДВС на частичных нагрузках за счет повышения температурного уровня деталей камеры сгорания, и снижения необоснованно больших коэффициентов избытка воздуха, увеличить механический КПД ДВС во всем диапазоне нагрузок за счет снижения вязкости масла двигателя. Также происходит изменение составляющих теплового баланса ДВС, в котором с выпускными газами повышается отвод теплоты и при этом происходит уменьшение величины отвода теплоты с охлаждающей жидкостью, что дает возможность уменьшить размеры, а соответственно вес и стоимость радиаторов. В результате снижается износ и кислотная коррозия деталей цилиндрико-поршневой группы (ЦПГ) двигателей, что в свою очередь допускает возможность использовать для сжигания более сернистое топливо [1].

Для подтверждения эффективности применения режима ВТО можно привести данные отчета по испытанию полноразмерного дизеля 6ЧН 21/21, производства АО “Волжский дизель имени Маминих” [2]. Для получения экспериментальных данных о величине износа деталей ЦПГ с системой ВТО проводился микрометраж (количественная оценка износа деталей по разности между первоначальными и конечными размерами сопряженных деталей) поршня, втулки, а также взвешивание поршневых и маслосъемных колец. В процессе испытаний характер износа оценивался по третьему препарирован-

ному цилиндру и поршню. Износ поршневых колец определялся по потере веса. В таблице 1 приведены данные по износу поршневых колец при работе с ВТО и без ВТО.

Данные результаты можно обосновать тем, что при работе двигателя на режиме ВТО происходит следующее:

- повышение механического КПД ДВС во всем диапазоне нагрузок за счет уменьшения вязкости более нагретого масла на стенках цилиндра;
- перераспределение составляющих теплового баланса ДВС в направлении роста величины потерь тепла с выпускными газами и уменьшения величины потерь тепла с охлаждающей водой;
- стабилизация и выравнивание на всех режимах работы температурных полей деталей ЦПГ, что, несмотря на повышение их температуры в целом, ведет к снижению термических напряжений в этих деталях.

После 500 часов работы двигателя износ компрессионных колец на первом цилиндре составил: 1,46 г, 0,61 г, 0,37 г соответственно для 1, 2, 3 кольца.

На рисунке 1 приведена схема обмера втулок цилиндров.

Из приведенных данных следует, что наиболее интенсивный износ наблюдается у первого компрессионного кольца, и на каждые 100 часов работы двигателя составляет ~0,42 г при $T_{cool} = 348–353K$ (75–80 °С) и ~0,17 г при $T_{cool} = 378–388K$ (105–115 °С). Для сравнения на дизеле 8ЧН 26/26, производства Коломенского машиностроительного завода, износ 1-го кольца составил 0,15 г при $T_{cool} = 363–368K$ (90–95 °С).

В таблице 2 приведены данные по износу втулок цилиндров после испытаний с ВТО и без ВТО.

Таблица 2 – Обмер втулок цилиндров дизеля 6ЧН 21/21

Номер цилиндра	Время работы (в часах)	Сечение втулки (см. рис. 1)											
		I-I				II-II				III-III			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	0	210,05	210,13	210,12	210,11	210,06	210,07	210,07	210,07	210,05	210,05	210,03	210,05
	500	210,13	210,18	210,12	210,20	210,07	210,11	210,10	210,08	-	-	-	-
Износ	Без ВТО	0,08	0,05	0	0,09	0,01	0,04	0,03	0,01	-	-	-	-
3*	0	210,05	210,03	210,04	210,04	210,04	210,03	210,03	210,03	210,02	210,02	210,03	210,01
	250	210,05	210,03	210,04	210,04	210,04	210,03	210,03	210,03	210,02	210,02	210,03	210,01
	500	210,01	210,07	210,08	210,09	210,09	210,07	210,09	210,08	210,04	210,06	210,05	210,05
2	0	210,06	210,07	210,10	210,10	210,08	210,10	210,10	210,13	210,09	210,02	210,05	210,09
	500	210,10	210,11	210,12	210,13	210,11	210,13	210,13	210,18	-	-	-	-
Износ	С ВТО	0,04	0,04	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	-	-	-	-

* препарированный поршень.

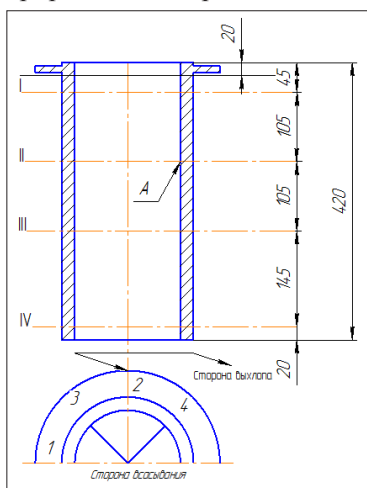


Рисунок 1 – Эскиз втулки цилиндра дизеля 6ЧН 21/21 с зонами обмера размеров.

Овальность на поверхности А не более 0,035 мм

При оценке износа поршневых колец и гильз цилиндров с нормальным и высокотемпературным режимом охлаждения, необходимо отметить следующее:

1. С температурой охлаждающей воды $T_{cool} = 348-353K$ (75–80 °С) двигатель отработал 250 час при температуре окружающего воздуха $T_o = 293-298K$ (20–25 °С), а с температурой охлаждающей воды $T_{cool} = 378-388K$

(105–115 °С) двигатель отработал около 250 час, из них примерно 100 часов при температуре окружающего воздуха $T_o = 293-303K$ (20–30 °С) и 150 часов при $T_o = 313-333K$ (40–60 °С).

2. Наблюдается достаточно наглядная тенденция меньшего износа втулок цилиндров при работе дизеля с ВТО, хотя наработка двигателя относительно не большая.

На основании анализа представленных данных можно сделать следующие выводы:

1. Система ВТО, конечно, имеет проблемные вопросы, которые требуют проработки технических решений при ее реализации на конкретном двигателе.
2. Применение режима ВТО, особенно в зоне малых и средних нагрузок работы энергетической установки, повышает ее эксплуатационную экономичность [2, 3].
3. Представленные данные анализа о снижении износа деталей ЦПГ при работе на ВТО дают основания считать, что применение ВТО на энергетических установках различного назначения, позволит продлить их срок службы и снизить эксплуатационные затраты топлива, а это один из актуальных сегодня вопросов при применении энергоустановок с ДВС.

Литература

1. *Разуваев А.В.* Свойства материалов, сдерживающих применение форсированных ДВС в энергетических комплексах / А.В. Разуваев, Е.Н. Слободина // XII межд. научн-техн. конф. “Динамика систем, механизмов и машин”. Омск, 13–15 ноября 2018 г. Том 6. № 3. С. 160–164.
2. Технический отчет И–87–84. ВНИТИ. Коломна, 1984. 292 с.
3. *Разуваев А.В.* Повышение эффективности энергетических установок / А.В. Разуваев, Е.А. Разуваева, Е.А. Соколова // Вестник Саратовского гос. технич. ун-та. 2010. № 3. С. 150–159.
4. *Разуваев А.В.* Оптимизация температурного режима системы охлаждения энергетической установки / А.В. Разуваев, Е.А. Соколова / 6-й Саратовский салон изобретений, инноваций и инвестиций. 2011, Март. С. 130–131.