



УДК 621.1.016

**DESIGN OF A PULSE COOLING SYSTEM FOR A DIESEL GENERATOR
FUNCTIONING WITH BIOETHANOL****ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИМПУЛЬСНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ
ДВИГАТЕЛЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА, РАБОТАЮЩЕГО
НА БИОЭТАНОЛЕ****Vazhanov A.G. / Бажанов А.Г.***c.ph.-m.s., as.prof. / к.ф.-м.н., доц.***Jintao J./ Цзиньтао Ц.***undergraduate of the department of thermal power systems / магистрант кафедры
теплоэнергетических систем**Mordovian State University, Saransk, Bolshevistskaya, 68, 430005**Мордовский государственный университет, Саранск, Большевикская, 68, 430005*

Аннотация В работе был разработан способ организации импульсной подачи теплоносителя в системе жидкостного охлаждения двигателя дизельного генератора; разработан способ утилизации тепла уходящих газов и утилизации тепла охлаждающей жидкости двигателя дизель-генератора; рассчитаны термодинамические параметры в узловых точках цикла Дизеля, в котором рабочим телом является биоэтанол; вычислен КПД цикла Дизеля на биоэтаноле; исследованы факторы, влияющие на КПД цикла.

Ключевые слова: дизель-генератор, ударный узел, утилизатор тепла уходящих газов, утилизатор тепла охлаждающей жидкости, коэффициент полезного действия двигателя.

Введение.

Один из главных приоритетов современной энергетики направлен на развитие малой региональной энергетики в зонах децентрализованного энергоснабжения. Поэтому в энергетической отрасли важную роль играют дизель-генераторные электростанции, которые своей экономичностью, производительностью и удобством работы уже успели завоевать заслуженное признание на рынке [1].

Экспериментальная модель и расчет.

В работе разработана тепловая схема источника теплоснабжения на базе дизель-генераторной установки с использованием биоэтанола, а также схема организации импульсного режима течения теплоносителя в системе охлаждения двигателя [2, 3].

Тепловая схема источников теплоснабжения на базе дизель-генераторной установки состоит из двух теплообменников УТА и УТГ (рис.1).

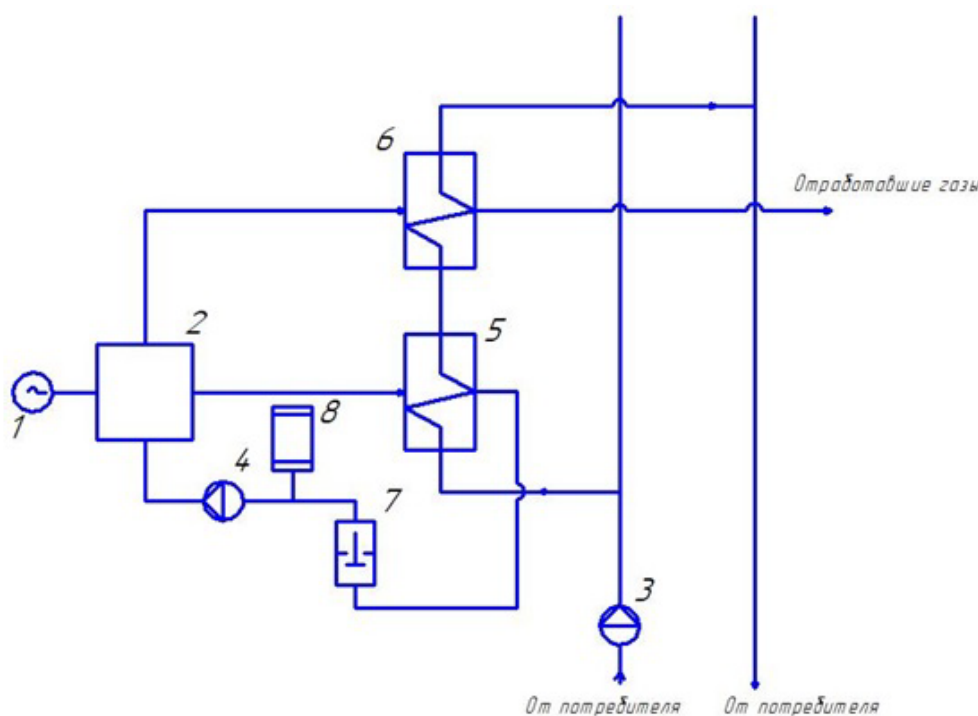
Первый теплообменник – утилизатор тепла двигателей (УТА) передает тепло от рубашки охлаждения двигателя теплоносителю в контуре потребителя. Утилизатор представляет собой теплообменник пластинчатого или кожухотрубного типа, работающий по схеме «антифриз/антифриз» либо «вода/антифриз» [4, 5].

Во втором теплообменнике – утилизаторе тепла дымовых газов (УТГ) тепло передается от выхлопных газов двигателя теплоносителю в контур потребителя. Температура уходящих дымовых газов на выходе из двигателя составляет, как правило, 450-550°C, температура газов на выходе из УТГ составляет 120–180°C. Данное понижение температуры позволяет осуществить



нагрев воды потребителя до 80-150 °С. УТГ – кожухотрубный теплообменник, работающий по схеме либо «антифриз/дымовые газы», либо «вода/дымовые газы».

Теплофикационная обратная вода от части потребителей с температурой 70°С подается в теплообменник охлаждающей жидкости двигателей (УТА) и нагревается до 80°С, затем уже нагретая вода поступает в теплообменники выхлопных газов (УТГ) дизель-генераторных агрегатов и нагревается до 95°С (рис. 1)



1 – генератор; 2 – дизель-генераторный двигатель; 3 – сетевой насос; 4 – циркуляционный насос; 5 – теплоутилизатор охлаждающей жидкости (УТА); 6 – теплоутилизатор газов (УТГ); 7 – ударный узел; 8 – расширительный бак.

Рис.1 – Схема организации импульсного режима течения теплоносителя в системе охлаждения дизель-генераторной установки

В схему охлаждения двигателя дизель-генератора включается однопоточный ударный узел, ударный клапан которого выполнен в виде шара 1 (рис. 2).

Ударный узел работает следующим образом. В исходном положении, когда течение среды через клапан 1 отсутствует, он удерживается конусообразной поверхностью перфорированного ограничителя хода 6, при этом проходное сечение клапана полностью открыто, а на шар 1 действует сила тяжести F_T и сила противодействия со стороны ограничителя хода $F_{пр}$ которая исчезает при всплытии клапана под действием рабочей среды [3].

Работа клапана возможна в абсолютно любом положении, если конструкцию снабдить пружиной, возвращающей клапан его в исходное положение.

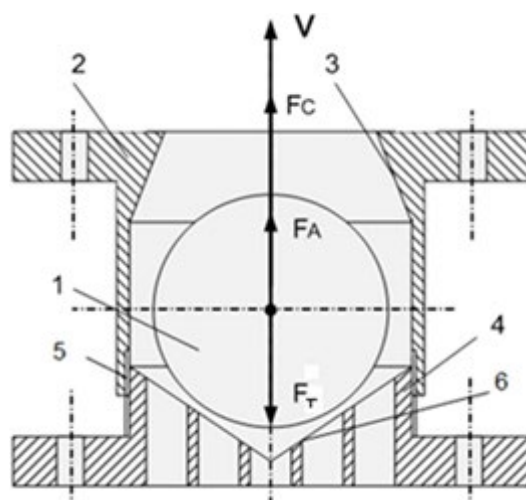


Рис. 2 – Ударный клапан с неподвижным штоком

Импульсный режим течения теплоносителя в системе жидкостного охлаждения двигателя позволяет:

- обеспечить интенсификацию теплообмена в контуре двигателя внутреннего сгорания [4, 5];
- предупредить, а в некоторых случаях полностью исключить образование отложений на поверхностях теплообмена двигателя внутреннего сгорания [6, 7].

Далее проведен расчет дизель-генератора, работающего на биоэтаноле:

- a) 1-2 - адиабатическое сжатие;
- b) 2-3 - подвод теплоты на изобаре;
- d) 3-4 - адиабатическое расширение;
- e) 4-1 - отвод теплоты на изохоре.

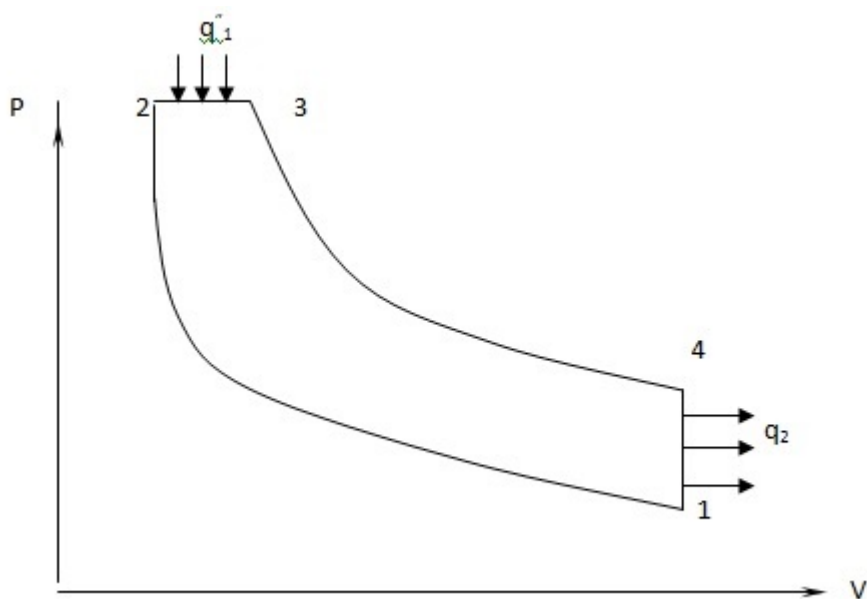


Рис. 3 – Цикл Дизеля на биоэтаноле



Определены:

1.1 основные газовые константы для биоэтанола;

1.2 величины давления, удельного объема, температуры и энтропии во всех точках цикла;

1.3 для каждого из процессов, рассчитаны, изменение внутренней энергии и энтальпии, величины теплоемкости, теплоты и работы процесса;

1.4 рассчитаны характеристики цикла, в целом: сумма подведенной отведенной теплоты, среднего давления и КПД цикла (тепловая эффективность).

Исследовано влияние степени сжатия, степени увеличения давления и степени предварительного (изобарного) расширения на термодинамическую эффективность цикла.

Полученные результаты представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1.

Структура компонентов рабочей среды,

Структура компонентов рабочей среды, %					ε	Λ	ρ
CO ₂	CO	NO ₂	N ₂	O ₂	18.5	1.0	2
1.85	1.65	21.0	75	-			

Таблица 2.

Характеристики процессов цикла.

	Процесс цикла			
	1-2	2-3	3-4	4-1
$C, \text{кДж} / (\text{кг} \cdot \text{К})$	0	1.189	0	0.871
$\Delta U, \text{кДж/кг}$	483.405	738.608	- 821	- 400.66
$\Delta i, \text{кДж/кг}$	659.895	1008.272	- 1121.227	- 546.94
$q, \text{кДж/кг}$	0	1008.272	0	- 400.66
$l, \text{кДж/кг}$	- 482.807	267.507	820.337	0

Далее были рассчитаны характеристики цикла, представленные в таблице 3.

Таблица 3.

Характеристики цикла.

Характеристики цикла	q_1 кДж/кг	q_2 кДж/кг	q_0 кДж/кг	l_p кДж/кг	l_c кДж/кг	l_0 кДж/кг	η_t	p_t Па
Результаты вычисления	1008.272	-400.6	607.6	1087	-482	605.0	0.60	689.1

Влияние степени изобарного расширения на тепловую эффективность цикла представлены в табл. 4.

В результате установлено, что термический КПД двигателя на биоэтаноле увеличивается по мере увеличения степени сжатия ε .

Получено, что нагрузка при заданных значениях C_v и T_2 пропорциональна степени повышения давления λ и не зависит от степени сжатия ε . Это свидетельствует о том, что термический КПД при изменении нагрузки не меняется.



Таблица 4.

**Анализ влияния степени изобарного расширения на тепловую
эффективность цикла.**

Характеристики цикла	Постоянные параметры																	
	Λ		ρ		ε		λ		ε		ρ							
	1.0		1.7		13.5		1.0		13.5		1.7							
Характеристики цикла	Переменные параметры и их величины																	
	ε ₁	ε ₂	ε ₃	ε ₄	ε ₅	ε ₆	ρ ₁	ρ ₂	ρ ₃	ρ ₄	ρ ₅	ρ ₆	λ ₁	λ ₂	λ ₃	λ ₄	λ ₅	λ ₆
	13.875	15.725	17.575	19.425	21.275	23.125	1.0	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	1.125	1.275	1.425	1.075	1.725	1.875
η _t , %	57.6	59.5	61.2	62.6	63.8	64.9	64.3	63.3	62.4	61.0	60.6	59.7	61.3	61.6	61.8	62.0	62.1	62.2

Установлено, что термический КПД рассматриваемого цикла увеличивается при возрастании степени сжатия ε и уменьшается при возрастании степени предварительного расширения ρ .

При увеличении нагрузки двигателя, то есть при увеличении количества подведенной теплоты, увеличивается степень предварительного расширения ρ и не изменяется степень сжатия. Следовательно, по мере увеличения нагрузки двигателя термический КПД цикла при постоянном давлении уменьшается.

Заключение и выводы

По результатам работы можно сформулировать следующие выводы:

- разработан способ организации импульсного режима движения теплоносителя в системе жидкостного охлаждения двигателя дизельного генератора
- разработан способ утилизации тепла уходящих газов и утилизации тепла охлаждающей жидкости двигателя дизель-генератора
- рассчитаны термодинамические параметры в узловых точках цикла Дизеля, в котором рабочим телом является биоэтанол;
- вычислен КПД цикла Дизеля на биоэтаноле;
- исследованы факторы, влияющие на КПД такого цикла.

Литература

- 1 Захаров Л.А. Использование тепла в сельском хозяйстве. / Л.А. Захаров. - М.: Ухо, 2000. - С. 24–26.
2. Левцев А.П., Ванин А.Г. Проектирование теплоснабжения предприятий. Издательство Мордовского университета. Саранск 2002. - 65 с.
3. Левцев А.П., Макеев А.П., Макеев П.Ф. Обзор и анализ основных конструкций ударных узлов для создания гидроудара. - Саранск: Изд-во Мазлов. ун-та, 2017.
4. Гагарин В.Г., Желдоков Д.Ю., Козлов В.В. Методика расчета энергетической эффективности систем вентиляции жилых и общественных зданий / ФГБОУ В НИУ МГС. Москва, 2018. - 79 с.



5. Бухмиров В.В., Ракутина Д.В., Солнышкова Ю.С. Тепловой расчет рекуперативного теплообменного аппарата ВПО / ФГБОУ «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина».- Иваново, 2013. - 124 с.

6. Сканави А. Я. Отопление: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению «Строительство» по специальности 290700 / А.Я. Сканави, Л.М. Махов. - М.: АСБ, 2002. - 576 с.

7. Филиппов, В. Теплообмен в химическом машиностроении. Теория. Основы проектирования: учеб. грант / В.В. Филиппов. - Самара: Самар. штат. техн. ун-т, 2014. - 197 с.

Abstract In this work, a method was developed for organizing a pulsed supply of a coolant in a liquid cooling system of a diesel generator engine; a method has been developed for utilizing the heat of exhaust gases and utilizing the heat of the engine coolant of a diesel generator; the thermodynamic parameters were calculated at the nodal points of the Diesel cycle, in which the working fluid is bioethanol; calculated the efficiency of the Diesel cycle on bioethanol; the factors influencing the efficiency of the cycle are investigated.

Key words: diesel generator, shock unit, exhaust gas heat recovery unit, coolant heat recovery unit, engine efficiency.

Статья отправлена: 22.09.2021 г.

© Бажанов А.Г.