

ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНАЯ УСТАНОВКА С УТИЛИЗАЦИЕЙ СБРОСОВОЙ ТЕПЛОТЫ ПОРШНЕВОГО ДВС

DIESEL-GENERATOR PLANT WITH THE RECOVERY OF WASTE HEAT OF THE PISTON ENGINE

Р.Р. ГИМАЗЕТДИНОВ
А.А. МАЛОЗЁМОВ, д.т.н.
В.С. КУКИС, д.т.н.

Южно-Уральский государственный университет,
 Челябинск, Россия, idem37@mail.ru

R.R. GIMAZETDINOV
A.A. MALOZEMOV, DSc in Engineering
V.S. KUKIS, DSc in Engineering

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia, idem37@mail.ru

Предметом исследования являлась система утилизации сбросовой теплоты дизеля мини-ТЭЦ, которая может быть использована в качестве стационарного основного, резервного или дополнительного источника электрической и тепловой энергии. Объектом исследования служила система утилизации сбросовой теплоты дизеля Д 180 и мини-ТЭЦ на базе дизель-генераторной установки ДГУ-100С производства ОАО «ЧТЗ». Цель работы заключалась в экспериментальной оценке эффективности использования системы утилизации сбросовой теплоты дизеля. В состав системы утилизации входили: оригинальный теплообменник для утилизации сбросовой теплоты системы охлаждения дизеля, сбросовой теплоты системы смазки, сердцевина которого выполнены в общем корпусе, а также теплообменник для утилизации сбросовой теплоты отработавших газов дизеля (котел подогревателя ПЖД-600). В статье приведены компоновка мини-ТЭЦ с системой утилизации сбросовой теплоты, устройство оригинального теплообменника и схема мини-ТЭЦ с системой утилизации сбросовой теплоты. Описан принцип работы предложенной системы. По сравнению с известными конструкциями, в предлагаемой когенерационной энергетической установке отсутствует необходимость раздельного регулирования температуры охлаждающей жидкости и смазочного масла на входе в поршневой двигатель внутреннего сгорания и необходимость использования дополнительного жидкостно-масляного теплообменника или охладителя масла при работе когенерационной установки без тепловой нагрузки. В совокупности это обеспечило уменьшение сложности, материалоемкости и габаритных размеров системы утилизации и когенерационной энергетической установки в целом. Абсолютный экономический эффект от использования системы утилизации сбросовой теплоты составляет 240...300 тыс. руб. за моторесурс, удельный – 22...28 руб./ч. Срок окупаемости системы утилизации сбросовой теплоты – менее года. Полученные результаты убедительно свидетельствуют об экономической целесообразности реализации предложенной системы утилизации сбросовой теплоты дизеля Д 180 мини-ТЭЦ на базе ДГУ-100С.

Ключевые слова: дизель, сбросовая теплота, малая энергетика, когенерационная энергетическая установка, отработавшие газы.

The subject of the investigation was the waste heat recovery system of a small-scale heat electropower station that can be used as stationary and primary, reserve or additional source of electrical and thermal energy. The object of the investigation was the waste heat recovery system of the diesel engine D 180 and the small-scale heat electropower station on the basis of the diesel generator plant DGU-100C produced by JSC «ChTZ». The aim of the investigation was an experimental estimation of the efficient use of the diesel engine's waste heat recovery system. The recovery system was consisted of an original heat exchanger for the recovery of the waste heat of the diesel engine's cooling system, the waste heat of the lubricating system, the centers of which is made in a common housing, and the heat exchanger for the recovery of the exhaust gases waste heat from the diesel engine (pre-heater boiler PZD-600). The article presents the small-scale heat electropower station's arrangement with the waste heat recovery system, the original heat exchanger arrangement and a scheme of the small-scale heat electropower station with the waste heat recovery system. The principle of operation of the proposed system is described. In comparison with the known constructions, in the proposed cogeneration power plant there is no need to separately regulate the temperature of the cooling liquid and the lubricating oil at the inlet to the piston internal combustion engine and the necessity to use an additional liquid-oil heat exchanger or oil cooler in the operation of the cogeneration plant without thermal load. Collectively, it was ensured a reduction of the complexity, material consumption and overall dimensions of the recovery system and the cogeneration power plant in general. The absolute economic effect from the using of the waste heat recovery system is 240...300 thousand rubles for the engine life, specific – 22...28 rubles/h. The payback period of the waste heat recovery system is less than a year. The obtained results convincingly indicate the economic feasibility of implementing the proposed system of waste heat recovery of the diesel engine D 180 of a small-scale heat electropower station based on the DGU-100S.

Keywords: diesel engine, waste heat, distributed generation, cogeneration power plant, exhaust gases.

Введение

Малая энергетика России обеспечивает условия жизни и деятельности более 20 млн граждан, а также многие виды добывающей промышленности на 70 % ее территории [1, 2]. Основой малой электроэнергетики являются около 50000 энергоустановок на базе двигателей внутреннего сгорания (ДВС), из которых около 47000 – дизельные. Суммарная мощность этих установок составляет 17 млн кВт, а выработка электроэнергии – около 50 млрд кВт·ч в год. Расход топлива этими энергоустановками составляет около 6 млн т у.т. [3, 4]

В энергетическом балансе дизелей, чаще всего являющихся первичными двигателями энергоустановок малой мощности, существенное место занимают «сбросовые» потери теплоты, выделившейся при сгорании топлива в цилиндрах, через смазочную систему, систему охлаждения и с отработавшими газами, которые, в зависимости от режима работы установки, составляют от 55 до 100 % от энергии, вводимой с топливом [5, 6]. Сказанное свидетельствует о том, что чрезвычайно важно, чтобы была организована утилизация сбросовой теплоты первичными двигателями средств малой энергетики. Этот путь является одним из решений задачи повышения эффективности энергетических установок [7, 8, 9].

Цель исследования

Целью исследования, результаты которого приведены в настоящей статье, являлась оценка эффективности использования системы утилизации сбросовой теплоты (СУСТ) дизеля мини-ТЭЦ, которая может быть использована в качестве стационарного основного, резервного или дополнительного источника электрической и тепловой энергии.

Материалы, методы исследования и обсуждение результатов

Исследования проводились экспериментальным методом. Объектом исследования являлась СУСТ дизеля 4ЧН15,0/20,5 (Д 180) и мини-ТЭЦ на базе дизель-генераторной установки ДГУ-100С [10].

На рис. 1 показана компоновка мини-ТЭЦ с СУСТ, на рис. 2 – теплообменник СУСТ, а на рис. 3 – схема мини-ТЭЦ с системой утилизации сбросовой теплоты.

Мини-ТЭЦ с СУСТ работает следующим образом. Поршневой двигатель внутреннего

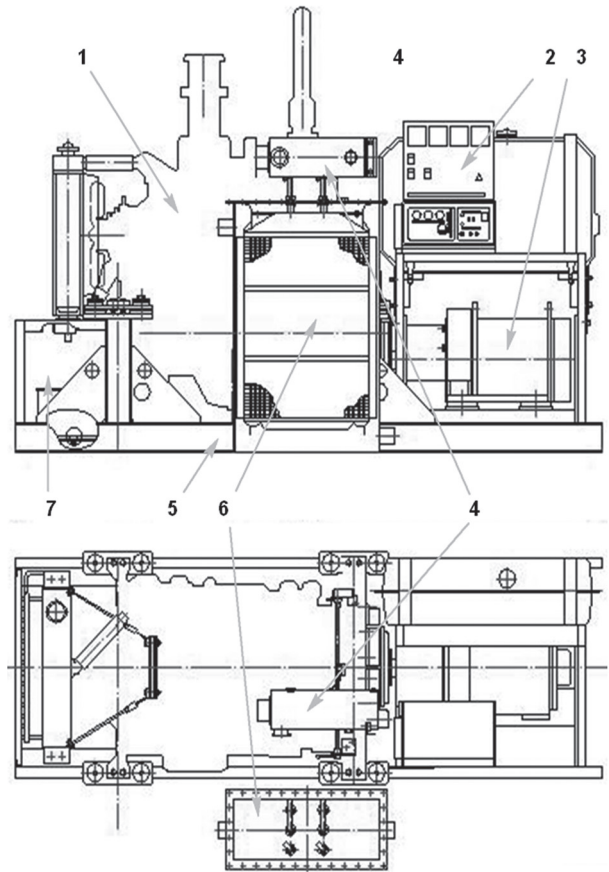


Рис. 1. Компоновка мини-ТЭЦ с системой утилизации сбросовой теплоты:

- 1 – поршневой двигатель внутреннего сгорания;
- 2 – шкаф управления; 3 – генератор;
- 4 – теплообменник отработавших газов; 5 – рама;
- 6 – теплообменник охлаждающей жидкости и смазочного масла; 7 – аккумуляторные батареи

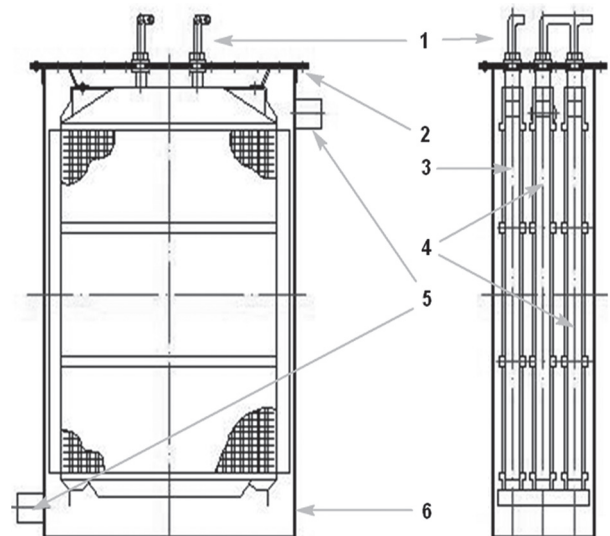


Рис. 2. Теплообменник 6 (см. рис. 1):

- 1 – патрубки внутреннего контура; 2 – крышка;
- 3 – сердцевина контура системы охлаждения;
- 4 – сердцевина контура системы смазки; 5 – патрубки

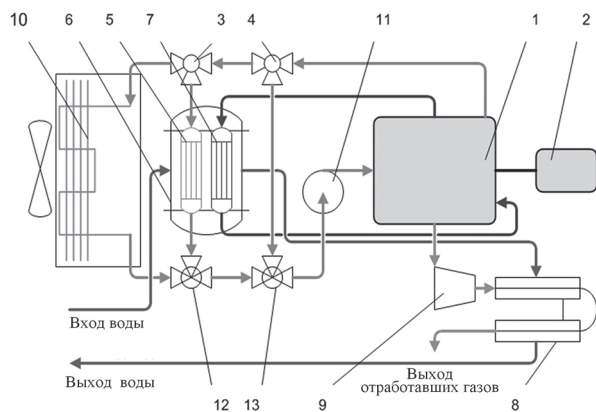


Рис. 3. Схема мини-ТЭЦ с системой утилизации сбросовой теплоты:

- 1 – поршневой двигатель внутреннего сгорания;
- 2 – генератор; 3, 4 – термостаты; 5, 7 – сердцевины теплообменника 6; 6, 8 – теплообменники;
- 9 – газовая турбина; 10 – радиатор;
- 11 – жидкостный насос; 12, 13 – тройники

сгорания 1 вращает вал генератора 2, который вырабатывает электрическую энергию, передаваемую потребителю.

Охлаждающая жидкость прокачивается насосом 11 через систему охлаждения двигателя и внутренний контур системы утилизации. Если температура охлаждающей жидкости ниже, чем установленная регулировками термостата 4 (например, сразу после запуска двигателя), то она направляется из термостата 4 в тройник 13 и рубашку охлаждения двигателя 1. Если температура охлаждающей жидкости выше, чем установленная регулировками термостата 4, но ниже, чем установленная регулировками термостата 3, то она направляется из термостата 3 через сердцевину 5 теплообменника 6 системы утилизации и далее через тройники 12 и 13 в рубашку охлаждения двигателя 1.

Если температура охлаждающей жидкости выше, чем установленная регулировками термостата 3 (например, при отсутствии тепловой нагрузки), то она направляется из термостата 3 в радиатор 10 и далее через тройники 12 и 13 в рубашку охлаждения двигателя 1.

Смазочное масло прокачивается насосом системы смазки двигателя 1 через сердцевину 7 теплообменника 6 системы утилизации сбросовой теплоты. Благодаря тому, что сердцевинны 5 и 7 размещены в общем корпусе, через который протекает вода внешнего контура системы утилизации, температура смазочного масла поддерживается близкой к температуре охлаждающей жидкости, и нет необходимости в устройствах для ее дополнительного регулирования.

Вода внешнего контура системы утилизации сбросовой теплоты, поступающая от потребителя тепловой энергии, проходит через теплообменник 6, нагреваясь от тепла, передаваемого от охлаждающей жидкости – через сердцевину 5 и от смазочного масла через сердцевину 7. Далее вода проходит через теплообменник 8 и нагревается от тепла отработавших газов, после чего поступает к потребителю тепловой энергии.

Результаты испытаний (проведенных в соответствии с требованиями [11]) приведены в табл. 1.

Минимальный расход воды через второй контур СУСТ, из условия неперевышения температуры воды на выходе 105 °С, составляет 4000 кг/ч (что может быть обеспечено применением труб диаметром не менее 2½”).

Серийная система термостатирования дизеля Д 180 обеспечивает автоматическое поддержание температуры масла и охлаждающей жидкости в допустимых пределах.

Таблица 1

Характеристика системы утилизации сбросовой теплоты дизеля Д180

Параметры	Электрическая мощность, % от номинальной				
	0	25	50	75	100
Температура воды на выходе из СУСТ, °С	74,1	76,5	79,2	82,1	85,0
Количество теплоты, снимаемое СУСТ, кВт	36,1	45,8	60,9	76,7	95,9
Суммарная полезная мощность мини-ТЭЦ (тепловая + электрическая), кВт	36,1	70,6	112	153	195
КПД СУСТ, %	62,9	57,8	57,0	53,6	50,3
КПД СУСТ и дизеля, %	69,9	72,1	73,7	71,9	69,5
КПД мини-ТЭЦ, %	62,9	66,6	69,0	67,8	66,0

Абсолютный экономический эффект от использования СУСТ – 240...300 тыс. руб. за моторесурс, удельный – 22...28 руб./ч. Срок окупаемости СУСТ – менее года. Получаемого на номинальном режиме тепла достаточно для отопления 4-этажного здания площадью застройки 16×16 м.

По сравнению с известными конструкциями, в предлагаемой когенерационной энергетической установке отсутствует необходимость раздельного регулирования температуры охлаждающей жидкости и смазочного масла на входе в поршневой ДВС и необходимость использования дополнительного жидкостно-масляного теплообменника или охладителя масла при работе когенерационной установки без тепловой нагрузки. В совокупности это влечет уменьшение сложности, материалоемкости и габаритных размеров системы утилизации и когенерационной энергетической установки в целом.

Заключение

Результаты проведенного исследования подтвердили эффективность предлагаемого технического решения и убедительно свидетельствуют об экономической целесообразности реализации системы утилизации сбросовой теплоты дизеля Д 180 мини-ТЭЦ на базе ДГУ-100С.

Литература

1. Малозёмов А.А., Ильковский К.К., Редько И.Я. Дизельные электроагрегаты – база малой энергетики // Малая энергетика. М.: 2004. С. 14–18.
2. Бондарь В.Н., Малозёмов А.А. Совершенствование энергоустановок с поршневыми ДВС. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. 199 с.
3. Антошкин А.С., Балашов А.А., Валуцкий Н.И., Лихачев А.С., Матиевский Д.Д. Средства малой энергетики с поршневыми двигателями внутреннего сгорания / под ред. Д.Д. Матиевского. Барнаул: Изд-во «Агентство рекламных технологий», 2008. 368 с.
4. Логвиненко В.В., Червяков Ю.С., Матиевский Д.Д., Кисляк С.М. Техничко-экономические показатели мини-ТЭЦ на базе когенерационных установок ОАО ХК «Барнаултрансмаш» // Промышленная энергетика. 1999. № 10. С.15–17.
5. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей / под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. М.: Машиностроение, 1983. 372 с.
6. Двигатели внутреннего сгорания. Кн.1. Теория рабочих процессов / под ред. В.Н. Луканина. М.: Высшая школа, 2005. 368 с.
7. Ливинский А.П., Казаринов Л.С., Осипов И.С., Галанов В.Ф., Белавкин И.В. Стратегия энергосбережения: региональный подход / под ред. П.П. Ливинского // Челябинск: Областной фонд энергосбережения, 1996. 170 с.
8. Байкалов С.П., Логвиненко В.В., Матиевский Д.Д. Роль и место когенерационных установок в концепции развития энергетики Алтайского края // Двигателестроение. 1998. № 4. С. 6–7.
9. Алешков О.А. Анализ тенденций развития малой и нетрадиционной энергетики // Научный вестник ЧВВАКИУ. 2007. Вып. 19. Челябинск: ЧВВАКИУ. С. 143–148.
10. Малозёмов А.А., Казанцев М.А. Мини-ТЭЦ на базе электростанции ДГУ-100С // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2001. № 9. С. 17–18.
11. ГОСТ 26658-85. Электроагрегаты и передвижные электростанции с двигателями внутреннего сгорания. Методы испытаний. М.: Изд-во стандартов, 1985. 39 с.

References

1. Malozemov A.A., P'kovskiy K.K., Red'ko I.Ya. Diesel electric generating units – base of the small-scale power engineering. Malaya energetika. 2004, pp. 14–18 (in Russ.).
2. Bondar' V.N., Malozemov A.A. Sovershenstvovanie energoustanovok s porshnevymi DVS [Improvement of power plants with piston engines]. Chelyabinsk: Izd-vo YuUrGU Publ., 2007. 199 p.
3. Antoshkin A.S., Balashov A.A., Valuyskiy N.I., Likhachev A.S., Matievskiy D.D. Sredstva maloy energetiki s porshnevymi dvigatelyami vnutrennego sgoraniya [Facilities of the small-scale power engineering with the piston internal combustion engines]. Pod red. D.D. Matievskogo. Barnaul: Izd-vo «Agentstvo reklamnykh tekhnologiy» Publ., 2008. 368 p.
4. Logvinenko V.V., Chervyakov Yu.S., Matievskiy D.D., Kislyak S.M. Technical and economic indicators of the small-scale heat electropower station on the basis of cogeneration units of JSC HC «Barnaultransmash». Promyshlennaya energetika. 1999. No 10, pp. 15–17 (in Russ.).
5. Dvigateli vnutrennego sgoraniya: Teoriya porshnevykh i kombinirovannykh dvigateley [Internal combustion engines: Theory of piston and combined engines]. Pod red. A.S. Orlina, M.G. Kruglova. Moscow: Mashinostroenie Publ., 1983. 372 p.

6. Dvigateli vnutrennego sgoraniya. Kn.1. Teoriya rabochikh protsessov [Internal combustion engines. Book 1. Theory of work processes]. Pod red. V.N. Lukanina. Moscow: Vysshaya shkola Publ., 2005. 368 p.
7. Livinskiy A.P., Kazarinov L.S., Osipov I.S. Galanov V.F., Belavkin I.V. Strategiya energosberezheniya: regional'nyy podkhod [Energy saving strategy: a regional approach]. Pod red. P.P. Livinskogo. Chelyabinsk: Oblastnoy fond energosberezheniya Publ., 1996. 170 p.
8. Baykalov S.P., Logvinenko V.V., Matievskiy D.D. Role and position of cogeneration plants in the concept of energy development of the Altai Krai. Dvigatelsestroenie. 1998. No 4, pp. 6–7 (in Russ.).
9. Aleshkov O.A. Analysis of trends in the development of small-scale and non-conventional energy. Nauchnyy vestnik ChVVAKIU. 2007. Vyp. 19, pp. 143–148 (in Russ.).
10. Malozemov A.A., Kazantsev M.A. The small-scale heat electropower station on the basis of the DGU-100S power station. Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny. 2001. No 9, pp. 17–18 (in Russ.).
11. GOST 26658-85. Electrical units and mobile power stations with internal combustion engines. Test methods.. Moscow: Izd-vo standartov Publ., 1985. 39 p.