

Турбوماшины и поршневые двигатели

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТВОДИМОЙ ТЕПЛОТЫ ОТ ДВС. ЧАСТЬ 1. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ЯМЗ-238

- **Попов Е.В.**, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск, Россия

POSSIBILITIES OF USING HEAT REMOVED FROM INTERNAL COMBUSTION ENGINES. PART 1. RESULTS OF CALCULATION OF THE COOLING SYSTEM OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE YAMZ-238

- **Popov E.V.**, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

Одним из наиболее распространенных и востребованных двигателей в России является ЯМЗ-238, который используется в большом количестве сельскохозяйственной, строительной и транспортной техники. Однако, с учетом современных требований к эффективности и надежности, возникает необходимость в исследовании новых режимов работы данного двигателя, в частности, в режиме когенерации. Когенерация, или совместное производство тепла и электроэнергии, представляет собой перспективное направление, позволяющее значительно повысить общий коэффициент полезного действия (КПД) системы, что особенно актуально в условиях растущих цен на энергоносители и необходимости снижения выбросов углекислого газа. Когенерационные установки распространены в промышленности для условий автономной работы по производству теплоты и электроэнергии, обычно используются стационарные газопоршневые установки (ГПУ). Однако, в виду фактора импортозамещения, следует рассмотреть и варианты использования сбросного тепла от двигателей внутреннего сгорания отечественного производства, например, ЯМЗ-238, режимы работы которого хорошо изучены исследователями в области двигателестроения.

Ключевые слова: двигатель, сбросная теплота, использование теплоты, когенерация.

One of the most common and popular engines in Russia is the YaMZ-238, which is used in a large number of agricultural, construction and transport equipment. However, given modern requirements for efficiency and reliability, there is a need to study new operating modes of this engine, in particular, in the cogeneration mode. Cogeneration, or joint production of heat and electricity, is a promising area that allows you to significantly increase the overall efficiency of the system, which is especially important in the context of rising energy prices and the need to reduce carbon dioxide emissions. Cogeneration units are common in industry for autonomous operation for the production of heat and electricity, usually using stationary gas piston units (GPU). However, in view of the import substitution factor, it is necessary to consider options for using waste heat from domestically produced internal combustion engines, for example, the YaMZ-238, the operating modes of which have been well studied by researchers in the field of engine building.

Key words: engine, waste heat, heat use, cogeneration.

Введение

Система охлаждения двигателя внутреннего сгорания представляет собой совокупность устройств, обеспечивающих принудительный отвод теплоты от нагретых деталей и передающих ее окружающей среде с целью поддержания оптимального теплового состояния двигателя [1, 2].

К системе охлаждения предъявляют следующие требования: предупреждение перегрева или переохлаждения двигателя на всех режимах его работы в различных рельефных и климатических условиях работы мобильных машин; сравнительно небольшие затраты мощности на охлаждение; компактность и малая масса; эксплуатационная надежность; малая материалоемкость и себестоимость [3, 4].

Исходные данные для расчета

Ориентируясь на прототип Д-244 принимаем охлаждение дизеля жидкостное с принудительной циркуляцией охлаждающей жидкости от центробежного насоса, объединенного в один агрегат с вентилятором. Валик насоса и вентилятор приводятся во вращение от шкива коленчатого вала дизеля с помощью клинкового ремня. Для регулирования температуры в системе охлаждения установлен термостат ТС – 109 с твердым наполнителем [5].

Расчет системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания ЯМЗ-238

Определяем количество теплоты $Q_{жс}$ (кДж/с), отводимой через систему охлаждения двигателя при его работе на режиме номинальной мощности:

$$Q_{жс} = \frac{q_{жс} \cdot H_u \cdot G_T}{3600}, \quad (1)$$

где $q_{жс} = Q_{жс}/Q_0$ – относительная теплоотдача в охлаждающую жидкость, обычно $q_{жс}$ для дизелей лежит в пределах 0,16...0,36 от теплоты сгорания топлива, принимаем среднее значение $q_{жс} = 0,26$, таким образом:

$$Q_{жс} = \frac{0,26 \cdot 10,9 \cdot 42500}{3600} = 33,46 \text{ кДж/с.} \quad (2)$$

Расчетное количество теплоты с учетом изменения коэффициента теплоотдачи из-за засорения наружной поверхности решетки радиатора и отложения накипи внутри $Q_{жс}$ (кДж/с):

$$Q_{жр} = Q_{жс} \cdot 1,1, \quad (2)$$

$$Q_{жр} = 33,46 \cdot 1,1 = 36,8 \text{ кДж/с.}$$

Количество теплоты, отводимой от двигателя охлаждающей жидкостью ($Q_{жр}$), принимается равным количеству теплоты, передаваемой охлаждающему воздуху ($Q_{возд}$): $Q_{возд} = 36,8 \text{ кДж/с.}$

Расход воздуха ($\text{м}^3/\text{с}$), проходящего через радиатор:

$$V_{возд} = \frac{Q_{возд}}{c_{pв} \cdot \rho_{в} \cdot \Delta t_{в}} = 1,30 \text{ м}^3/\text{с} \quad (3)$$

Циркуляционный расход (л/с) охлаждающей жидкости, проходящей через радиатор:

$$V_{жс} = \frac{Q_{жс}}{c_{pж} \cdot \rho_{ж} \cdot \Delta t_{жс}} = 0,88 \text{ л/с.} \quad (4)$$

Оптимальное значение температуры $t_{жс}$ вх, характеризующей температурный режим жидкостного охлаждения, принимается в интервале 80...95 °С. Принимаем $t_{жс \text{ вх}} = 92 \text{ °С}$, $\Delta t_{жс} = 10 \text{ °С}$, тогда средняя температура жидкости в радиаторе:

$$t_{жс \text{ ср}} = \frac{t_{жс \text{ вх}} - \Delta t_{жс}}{2} = 87 \text{ °С} \quad (5)$$

Средняя температура воздуха, проходящего через радиатор, при условии, что $t_{возд \text{ вх}} = 40 \text{ °С}$:

$$t_{в \text{ ср}} = \frac{t_{возд \text{ вх}} + \Delta t_{в}}{2} = 52,5 \text{ °С.} \quad (6)$$

Необходимая площадь (м^2) поверхности охлаждения радиатора:

$$F = \frac{Q_{жр} \cdot 10^3}{k \cdot (t_{жс \text{ ср}} - t_{в \text{ ср}})} = 11,85 \text{ м}^2. \quad (7)$$

Выводы

Система охлаждения представляет собой важный элемент, обеспечивающий надежную работу двигателя внутреннего сгорания. Для дизеля ЯМЗ-238 выбран жидкостный метод охлаждения с принудительной циркуляцией, что позволяет эффективно отводить тепло от его деталей. При расчете радиатора были учтены параметры относительной теплоотдачи, теплопередачи, расхода охлаждающей жидкости и воздуха. Максимальные значения температуры жидкости и воздухоудные характеристики обеспечивают оптимальную эффективность охлаждения.

В ходе расчетов получено значение площади поверхности охлаждения радиатора $F=11,85 \text{ м}^2$.

Список литературы

1. Хрипченко, М. С. Интеллектуальная система охлаждения двигателя внутреннего сгорания / М. С. Хрипченко, М. А. Лебедева // Воронежский научно-технический Вестник. – 2017. – Т. 2, № 2(20). – С. 103-109. – EDN YTPJAR.

2. Интенсификация теплообмена в полях массовых сил, градиента давления, пульсаций скорости и импульсных струй / А. В. Ильинков, А. В. Щукин, В. В. Такмовцев [и др.] // Теплоэнергетика. – 2020. – № 1. – С. 44-52. – DOI 10.1134/S0040363620010026. – EDN IIDMIP.

3. Исследование плотности антифризов для силовых агрегатов различными методами / А. Н. Кувшинов, О. А. Кувшинова, А. В. Фильченков, И. П. Павкина // Сельский механизатор. – 2023. – № 6. – С. 32-35. – DOI 10.47336/0131-7393-2023-6-32-33-34-35. – EDN ZUUTUG.

4. Петров, А. П. Аспекты компоновок вентиляторных установок систем охлаждения двигателя внутреннего сгорания и кондиционирования воздуха в автомобиле / А. П. Петров, С. Н. Банников // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2018. – № 12(705). – С. 45-57. – DOI 10.18698/0536-1044-2018-12-45-57. – EDN YSFVED.

Сведения об авторе

Попов Евгений Владимирович – магистрант кафедры «Промышленная теплоэнергетика», ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», evgen-23@inbox.ru.

Дата поступления рукописи: 11.06.2025

5. Терехов, А. С. Аэродинамические свойства вентиляторных установок различных конструктивных решений / А. С. Терехов, А. П. Петров // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2012. – № 3. – С. 11. – EDN PBDWHV.

References

1. Khripchenko, M. S. Intelligent cooling system of an internal combustion engine / M. S. Khripchenko, M. A. Lebedeva // Voronezh Scientific and Technical Bulletin. - 2017. - Vol. 2, No. 2(20). - Pp. 103-109. - EDN YTPJAR.

2. Intensification of heat transfer in the fields of mass forces, pressure gradient, velocity pulsations and impact jets / A. V. Ilyinkov, A. V. Shchukin, V. V. Takmvtsev [et al.] // Thermal Power Engineering. - 2020. - No. 1. - Pp. 44-52. - DOI 10.1134/S0040363620010026. - EDN IIDMIP.

3. Study of the density of antifreezes for power units by various methods / A. N. Kuvshinov, O. A. Kuvshinova, A. V. Filchenkov, I. P. Pavkina // Rural mechanic. - 2023. - No. 6. - P. 32-35. - DOI 10.47336/0131-7393-2023-6-32-33-34-35. - EDN ZUUTUG.

4. Petrov, A. P. Aspects of the layout of fan units of internal combustion engine cooling systems and air conditioning in a car / A. P. Petrov, S. N. Bannikov // News of higher educational institutions. Mechanical engineering. - 2018. - No. 12 (705). - P. 45-57. – DOI 10.18698/0536-1044-2018-12-45-57. – EDN YSFVED.

5. Terekhov, A. S. Aerodynamic properties of fan units of various design solutions / A. S. Terekhov, A. P. Petrov // Science and education: scientific publication of Bauman Moscow State Technical University. – 2012. – No. 3. – P. 11. – EDN PBDWHV.

Дата принятия рукописи: 16.06.2025