

К вопросу о энергоэффективности циркуляционных насосов для настенных конвекционных газовых котлов

Рецензия эксперта на статью получена 11.09.2020 [Expert review on the article received on September 11, 2020].

В последние годы всё больше внимания уделяется вопросам энергетической эффективности инженерного оборудования, используемого потребителем в индивидуальном жилищном строительстве. Одними из таких устройств являются циркуляционные насосы малой мощности, применяемые в автономных закрытых циркуляционных контурах настенных газовых котлов.

Для оценки насоса с точки зрения энергетической эффективности существуют Регламент Еврокомиссии [1] и национальный стандарт Российской Федерации [2], где указаны правила маркировки циркуляционных насосов. Введено понятие «индекса энергетической эффективности» (Energy Efficiency Index, IEE), характеризующего класс энергетической эффективности. В Евросоюзе, начиная с 2015 года, в новой технике разрешено использование циркуляционных насосов только высшей категории энергоэффективности — класса А. Государственным органам Европейского союза предписано не допускать на его территорию циркуляционные насосы с более низким классом энергоэффективности и периодически проверять существующие системы на соблюдение указанной директивы.

Вопрос ответственности правильной маркировки и изображения уровней энергетической эффективности на самом изделии и на его упаковке лежит целиком на производителе насосного оборудования. Однако для бытового инженерного оборудования, в отличие от профессионального, нет жёстких требований в предоставлении технических характеристик. Допускается округление напорно-расходных характеристик, указанных в технических паспортах на изделия и других сопроводительных материалах, по значениям до 20 % [3, стр. 4]. К сожалению, это приводит к тому, что из маркетинговых соображений графики изменения параметров бытовых циркуляционных насосов на упаковках и в документации носят

завышенный характер. Вопросы энергетической эффективности поднимаются часто, но даже у лидирующих компаний в каталогах не представлены графики изменения коэффициента полезного действия (КПД) циркуляционных насосов малой мощности. Что касается циркуляционных насосов малой мощности (до 2,5 кВт), то для моторов с «мокрым» ротором и асинхронным электродвигателем с постоянной скоростью вращения все они, согласно [4], отнесены к классу энергоэффективности D.

Для оценки насоса с точки зрения энергетической эффективности существуют Регламент Еврокомиссии [1] и национальный стандарт РФ [2], где указаны правила маркировки циркуляционных насосов. Введено понятие индекса энергоэффективности (Energy Efficiency Index, IEE), характеризующего класс энергетической эффективности

Предметом и темой исследования является определение реальных данных показателей энергетической эффективности циркуляционных насосов с асинхронным мотором и постоянной скоростью вращения ротора, применяемых в настенных газовых котлах малой мощности для автономных систем отопления и горячего водоснабжения индивидуальных хозяйств.

Данные о реальной эффективности циркуляционных насосов в специализированной литературе представлены мало. В «Насосной азбуке WILLO» для насосов с «мокрым» ротором мощностью менее 100 Вт [5, стр. 23] указано, что коэффициент полезного действия асинхронных циркуляционных насосов с «мокрым» ротором и фиксированной частотой вращения составляет «по ориентировочным данным, приблизительно от 5 до 25 %».

УДК 621.65.03. Научные специальности: 05.07.06, 05.23.03.

К вопросу о энергоэффективности циркуляционных насосов для настенных конвекционных газовых котлов

А. Л. Торопов, к.т.н., профессор РАЕ, изобретатель СССР, рационализатор РФ, генеральный директор ООО «Инженерный Центр «Апрель» (г. Москва)

В статье рассмотрены вопросы энергоэффективности циркуляционных насосов малой мощности с асинхронным электродвигателем постоянной скорости вращения, применяемые в настенных газовых котлах. Определены значения коэффициентов полезного действия и их зависимости от значений напряжения питающей электросети. Представлены сравнения характеристик эффективности работы насосов с «мокрым» и «сухим» ротором.

Ключевые слова: энергетическая эффективность, циркуляционный насос, коэффициент полезного действия, КПД, «мокрый» ротор, «сухой» ротор.

UDC 621.65.03. Numbers of scientific specialty: 05.07.06, 05.23.03.

To the question of energy efficiency of circulation pumps for wall-mounted convection gas boilers

A. L. Toropov, PhD, Professor of Russian Academy of Natural History, Inventor of the USSR, Rationalizer of the Russian Federation, general director of the "April" Engineering Center", LLC (Moscow city)

The article considers the issues of energy efficiency of low-power circulation pumps with an asynchronous electric motor of constant rotation speed, used in wall-mounted gas boilers. The values of efficiency and their dependence on the voltage values of the supply network are determined. Comparisons of the performance characteristics of wet-rotor and dry-rotor pumps are presented.

Key words: energy efficiency, circulation pump, efficiency, "wet rotor", "dry rotor".

В секторе бытовых циркуляционных насосов в последние годы наблюдается жесточайшая конкуренция. В Китае построены и успешно работают полностью автоматизированные заводы по производству достаточно качественных бытовых циркуляционных насосов годовым выпуском несколько миллионов штук в год.

Но в Поднебесной много и мелких заводов, выпускающих продукцию сомнительного качества. Внешне она абсолютно не отличается ни от насосов известных брендов, ни от продукции китайских заводов, выпускающих технику достойного качества, причём маркировка классов IEE и технические характеристики, указанные на упаковке и в технических паспортах, также не отличаются, поскольку в большинстве случаев они носят маркетинговый характер.

Погоня за снижением себестоимости бытовых циркуляционных насосов привела к тому, что, по нашим исследованиям и пробным закупкам, доля циркуляционных насосов данного типа с намоткой статора алюминиевой проволокой составляет в эконо-секторе более 60 %, в то время как до 2007 года алюминиевая проволока для намотки статора практически не использовалась. Замеры реальных технических характеристик, указанных на упаковке бытовых циркуляционных насосов, показали, что они отличаются от реальных до 25–30 %.

Между тем именно напорно-расходная характеристика является необходимым параметром для расчёта и правильного подбора циркуляционного насоса для систем отопления и других систем с циркуляционными контурами. Без неё невозможно правильно определить расчётную точку гидравлической системы. В технической литературе слабо изучен вопрос изменения эффективности циркуляционных насосов в зависимости от напряжения, которое в рамках установленных стандартов предоставления услуг населению может меняться в диапазоне от 200 до 240 В однофазной сети, а наличие стабилизаторов напряжения, как обязательной составной части настенных газовых котлов, нормативными документами не предусмотрено.

Цель данного исследования — определение реальных значений КПД бытовых циркуляционных насосов с «мокрым» и «сухим» типами ротора с постоянной скоростью вращения, применяемых в настенных газовых конвекционных котлах с атмосферной горелкой. Ставилась задача оценить степень влияния напряжения электрической сети на показатели эффективности циркуляционных насосов.



Испытывались циркуляционные насосы разных компаний с «мокрым» ротором, с асинхронным мотором переменного тока постоянной скорости вращения (трёхступенчатое регулирование скорости вращения) — образец №1 и образец №2. Образец №3 циркуляционный насос с «сухим» ротором и магнитной муфтой без воздушного вентиляторного охлаждения. Все насосы выполнены с медной обмоткой статора.

Испытания проводились в течение часа при стабилизированном напряжении $220 \text{ В} \pm 1 \%$, частотой переменного тока 50 Гц, а также при давлении в циркуляционном контуре, равном 2 бара, и температуре теплоносителя 40°C . В течение времени испытаний проводилось по три замера всех параметров. Испытания выполнены для трёх скоростей вращения ротора по методике [3].

В качестве образцов выбраны циркуляционные насосы, встроенные в настенные конвекционные газовые котлы и являющиеся частью системы контура отопления индивидуального дома. Поскольку крыльчатки, корпус электромотора, ро-

тор, статор и другие основные элементы данных насосов аналогичны с насосами циркуляционных контуров отопления, вентиляции, кондиционирования, не встроенных в теплогенерирующий агрегат, то результаты тестирования можно распространить на весь класс циркуляционных насосов с «мокрым» ротором и асинхронным двигателем. Замеры выполнены на трёх скоростях вращения ротора, по три испытания для каждого случая. Результаты представлены как средние значения по трём испытаниям.

Отдельно рассматривались изменения характеристик эффективности при пониженном и повышенном напряжении питающей сети от 180 до 240 В. Исследования полного КПД образца №3 можно проводить в рамках сравнения энергетической эффективности насосов настенных котлов, но нельзя распространять на циркуляционные насосы с «сухим» ротором для других систем. Однако проведённый анализ значений КПД образца №3 можно рассценивать как верхнюю оценку значений КПД, поскольку в стандартных конструкциях моторов с «сухим» ротором охлаждающий вентилятор расположен непосредственно на валу ротора и отнимает часть энергии на создание воздушного потока. Все полученные значения КПД и выводы относятся к циркуляционным насосам с крыльчатками диаметром до 70 мм — это наиболее распространённые в мире насосы.

Описание конструкции и работы встроенных циркуляционных насосов малой мощности с асинхронным электродвигателем представлено в работе [6]. Рассмотрены преимущества и недостатки встроенных в настенные котлы насосов с «мокрым» и «сухим» ротором.

Крыльчатки, корпус электромотора, ротор, статор и другие основные элементы данных насосов аналогичны с насосами циркуляционных контуров отопления, вентиляции, кондиционирования, не встроенных в теплогенерирующий агрегат, поэтому результаты тестирования можно распространить на весь класс циркуляционных насосов с «мокрым» ротором и асинхронным двигателем

Необходимо отметить, что насос-образец №3 — с «сухим» ротором, в отличие от образцов №1 и №2, которые выполнены в варианте «мокрого» ротора. Однако образец №3 — особенный, у него нет вентилятора воздушного охлаждения, как в типовых конструкциях линейных циркуляционных насосов данного типа.

Это обусловлено тем, что в настенных газовых котлах рядом с циркуляционным насосом с «сухим» ротором расположен вентилятор камеры сгорания, подающий воздух в атмосферную горелку котла. Камера сгорания котла — «закрытого типа», и воздух в неё попадает от воздуховода приточного воздуха. Этот воздух постоянно подсасывается вентилятором горелки и обдувает циркуляционный насос с «сухим» ротором, охлаждая его.

На рис.1 представлены графики изменения КПД циркуляционных насосов с моторами асинхронного типа с постоянной скоростью вращения на первой, второй и третьей скоростях. Для образца №3 представлена одна кривая изменения КПД, поскольку данный мотор с «сухим» ротором имеет одну скорость вращения.

Среди испытанных насосов наивысшие значения КПД у циркуляционного насоса (образец №3) с ротором «сухого» типа. Максимальное значение равно 22,2%. Среди насосов с «мокрым» ротором наибольший КПД, равный 20,25% на третьей скорости вращения, — у образца №2. У образца №1 самый низкий из тестируемых максимальный КПД, равный 17%. На второй и первой скоростях вращения ротора значения максимальных КПД равны: образец №2 — 14% и 7,8%, а образец №1 — 8,5% и 4,5%.

На рис. 2 представлены графики зависимости максимального полного КПД

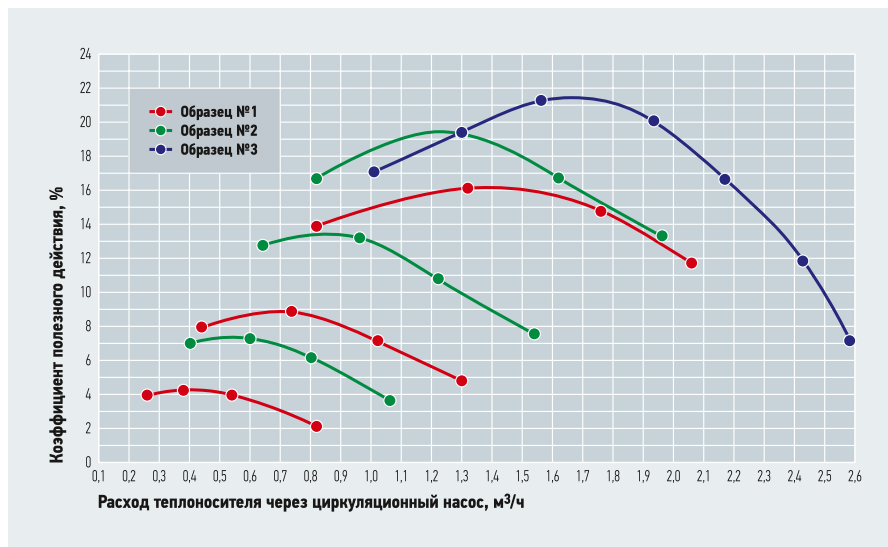


Рис. 1. Графики изменения полного КПД циркуляционных насосов (образцы №1, №2 и №3 для первой, второй и третьей скоростей вращения асинхронных моторов переменного тока)

циркуляционных насосов для максимальной скорости вращения в зависимости от величины питающего напряжения переменного тока. Из рис. 2 видно, что для образца №3 с «сухим» ротором наибольший КПД при значении напряжения 220 В, у образца №1 — при 210 В и у образца №2 — при 240 В. В диапазоне изменения напряжения питающей сети 200–240 В изменение значения максимального КПД составляет у образцов №1 — 2%, у образца №2 — 14%, у образца №3 — 18%.

Лучшие показатели КПД у циркуляционного насоса с «сухим» ротором (образец №3), но эти значения отличаются от максимального значения КПД с «мокрым» ротором (образец №2) всего на 5%. Однако, если рассматривать значения КПД для напряжения 220 В, то эта разница увеличивается до 11%.

Результаты исследования могут быть применены при проектировании и расчёте энергетической эффективности автономных систем отопления и под-

готовки горячей воды индивидуальных домохозяйств.

Заключение

1. Испытания, проведённые на гидравлическом стенде, показали следующие значения максимального полного КПД циркуляционных насосов с «мокрым» ротором при напряжении 220 В при третьей, второй и первой скоростях вращения ротора для крыльчаток с диаметром до 70 мм: образец №1 — 17%, 8,5% и 4,5%; образец №2 — 20,25%, 14% и 7,8%. У образца №3 с «сухим» ротором и магнитной муфтой максимальный КПД составил 22,2%.
2. Изменение максимального значения КПД при изменении напряжения электрической сети в диапазоне 200–240 В составляет около 10%.
3. Внутри рабочего диапазона, равного 20% изменения расхода циркуляции относительно точки максимального КПД, изменение значения КПД рассматриваемых насосов составляет 10–12%.

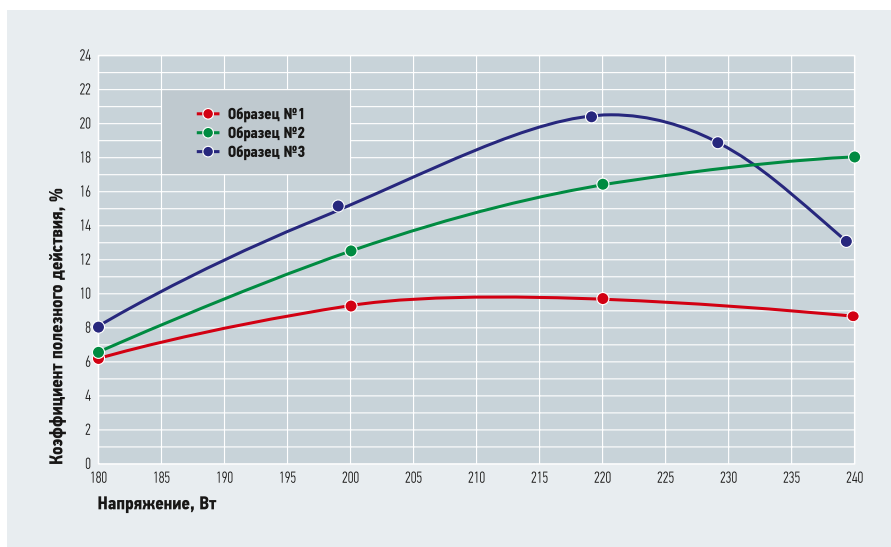


Рис. 2. Графики изменения максимального полного КПД циркуляционных насосов (образцы №1, №2 и №3 на максимальной скорости вращения роторов электромоторов асинхронного типа)

1. European Commission Regulation (EC) [Электр. текст]. EUR-Lex, European Union Law Database. Режим доступа: eur-lex.europa.eu. Дата обращения: 02.02.2020.
 2. ГОСТ Р 56477-2015. Энергетическая эффективность. Насосы автономные бесшумные циркуляционные. Информирование потребителей об энергетической эффективности циркуляционных насосов / ВНИИНМАШ. — М.: Стандартинформ, 2015. 11 с.
 3. ГОСТ EN 16297-1-2014. Межгосударственный стандарт. Энергетическая эффективность насосов циркуляционные герметичные. Ч. 1: Общие требования и методики для проведения испытаний и расчёта индекса энергетической эффективности (ИЭЭ). — М.: Стандартинформ, 2015. 29 с.
 4. Energy Efficiency of Circulators. The European regulation for circulators [Электр. текст]. The European Association of Pump Manufacturers. Режим доступа: europa-pump.net. Дата обращения: 02.05.2019.
 5. Насосная азбука Wilo [Электр. текст]. WILO SE. Режим доступа: wilo.com/ru. Дата обращения: 02.02.2020.
 6. Торопов А.Л. Комбинированные тепловые телосистемы. Ч. 3: Циркуляционные насосы для децентрализованных систем отопления и горячего водоснабжения. Учебное пособие. — М.: ИД Академии естествознания, 2019. 54 с.
- References — see page 78.

To the question of energy efficiency of circulation pumps for wall-mounted convection gas boilers. Pp. 32–34.

Alexey L. Toropov, PhD, Professor of Russian Academy of Natural History, Inventor of the USSR, Rationalizer of the Russian Federation, General Director of "April" Engineering Center", LLC (Moscow city)

1. European Commission Regulation (EC). EUR-Lex, European Union Law Database. Web-source: eur-lex.europa.eu. Acces data: February 2, 2020.
2. GOST R 56477–2015 [State Industry Standard of Russia No. 56477–2015]. *Jenergeticheskaja jeffektivnost'. Nasosy avtonomnye bessal'nikovye cirkuljacionnye. Informirovanie potrebitelej ob jenergeticheskoj jeffektivnosti cirkuljacionnyh nasosov* [Energy efficiency. Autonomous non-sealed circulation pumps. Informing consumers about the energy efficiency of circulation pumps]. VNIINMASH [All-Russian Scientific Research Institute for Standardization and Certification in Mechanical Engineering]. Moscow. Standartinform [Russian Scientific-Technical Information Centre for Standardization, Metrology and Conformity Assessment ("Standartinform" Publishers)]. 2015. 11 p. [In Russian]
3. GOST EN 16297–1–2014 [State Industry Standard of Russia (harmonized with the EN) No. 16297–1–2014]. *Mezhhgosudarstvennyj standart. Jenergeticheskaja jeffektivnost' nasosy cirkuljacionnye germetichnye. Ch. 1: Obshhie trebovanija i metodiki dlja provedenija ispytanij i rascheta indeksa jenergeticheskoj jeffektivnosti (Ije)* [Interstate standard. Energy efficiency hermetic circulation pumps. Part 1: General requirements and procedures for testing and calculating the Energy Index Efficiency (IEE)]. Moscow. Standartinform [Russian Scientific-Technical Information Centre for Standardization, Metrology and Conformity Assessment ("Standartinform" Publishers)]. 2015. 29 p. [In Russian]
4. Energy Efficiency of Circulators. The European regulation for circulators. The European Association of Pump Manufacturers. Web-source: europump.net. Acces data: May 2, 2019.
5. *Nasosnaja azbuka Wilo* [The pumping alphabet of Wilo]. WILLO SE. Web-source: wilo.com/ru. Acces data: February 2, 2020. [In Russian]
6. Toropov A.L. *Kombinirovannye teplovye geliosistemy. Ch. 3: Cirkuljacionnye nasosy dlja decentralizovannyh sistem otopenija i gorjachego vodosnabzhenija. Uchebnoe posobie* [Combined thermal solar systems. Part 3: Circulation pumps for decentralized heating and hot water supply systems. A tutorial]. Moscow. ID Akademii estestvoznanija [Publishing House of the Academy of Natural History]. 2019. 54 p. [In Russian]