

УДК 697.326

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-4-120-126

*П.А. АРТАМОНОВ, А.А. ПАРШИНА,  
Тюменский индустриальный университет*

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КОТЛОВОГО КОНТУРА КОТЕЛЬНОЙ**

Рассмотрены две принципиальные схемы организации циркуляции теплоносителя в котловом контуре с разными техническими решениями по расположению котлового насоса.

При оценке эффективности рассматриваемых схем проведен анализ по следующим основополагающим параметрам: металлоемкость системы, потребляемая электрическая мощность оборудования котельной, электропотребление примененного оборудования, первоначальные капитальные затраты, планируемые эксплуатационные затраты на обслуживание котельной в процессе работы.

Для решения поставленной задачи было подобрано основное оборудование котельной, разработаны трехмерные модели для двух предложенных вариантов схем с учетом соблюдения транспортных габаритов блок-боксов котельной.

Произведена оценка технико-экономических показателей при различных требуемых мощностях. Получен вывод о возможности применения каждой из рассмотренных схем в зависимости от установленной мощности блочно-модульной котельной.

**Ключевые слова:** котельная; котловой контур; циркуляционный насос; энергоэффективность.

**Для цитирования:** Артамонов П.А., Паршина А.А. Повышение энергоэффективности котлового контура котельной // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 4. С. 120–126. DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-4-120-126

*P.A. ARTAMONOV, A.A. PARSHINA,  
Industrial University of Tyumen*

## **ENERGY EFFICIENCY IMPROVEMENT OF HYDRAULIC CIRCUIT OF BOILER PLANT**

The paper considers two scenarios of the coolant circulation in the hydraulic circuit with different location of the circulating pump. The following parameters are analyzed to estimate the effectiveness of the proposed scenarios: steel intensity of the system, electrical power consumption of the boiler plant, power consumption of the equipment, initial capital costs, costs of the boiler maintenance during its operation. The main equipment of the boiler plant is selected, three-dimensional models are developed for the two scenarios taking into account the shipping dimensions of block-boxes of the boiler plant. The technical and economic indicators at different required capacities are assessed. It is shown that each of the proposed scenarios can be used depending on the specified capacity of block-boxes of the boiler plant.

**Keywords:** boiler plant; hydraulic circuit; circulating pump; energy efficiency.

**For citation:** Artamonov P.A., Parshina A.A. Povyshenie energoeffektivnosti kotlovogo kontura kotel'noi [Energy efficiency improvement of hydraulic circuit of boiler plant]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2021. V. 23. No. 4. Pp. 120–126. DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-4-120-126

Энергосбережение является актуальной проблемой развития энергетики России. В течение последних десятилетий выработка энергоресурсов и энергетика в целом, с применением комплекса программ по энергосбережению, внесла большой вклад в развитие экономики России (60–65 % экономического роста). Внедрение новых технологий и комплекса мер в энергосбережение сократило показатель, характеризующий расход энергии на единицу продукции, на 19 % в мире, а в индустриальных странах – на 22–26 % [1].

Энергетическая эффективность является важным показателем качества работы котельной установки, отражающим ее экономическую привлекательность в процессе эксплуатации объекта. Одним из важных этапов проектирования является выбор принципиальной схемы работы котельной. В настоящей статье будут рассмотрены технические решения по установке котлового насоса в принципиальных схемах в котельных малой мощности, работающих по независимой схеме теплоснабжения.

Рассмотрим два варианта установки насосного оборудования котлового контура на примере газовой водогрейной котельной с установленной мощностью 10 МВт. В ходе технико-экономического обоснования было определено, что для покрытия требуемой тепловой нагрузки с учетом установки резервного оборудования наиболее оптимальным вариантом является установка четырех водогрейных котлов мощностью 3500 кВт. В рассматриваемых расчетных моделях были приняты котлы производства ЗАО «ОмЗИТ» ТМ «Лаварт». Принципиальные схемы работы приведены на рис. 1.

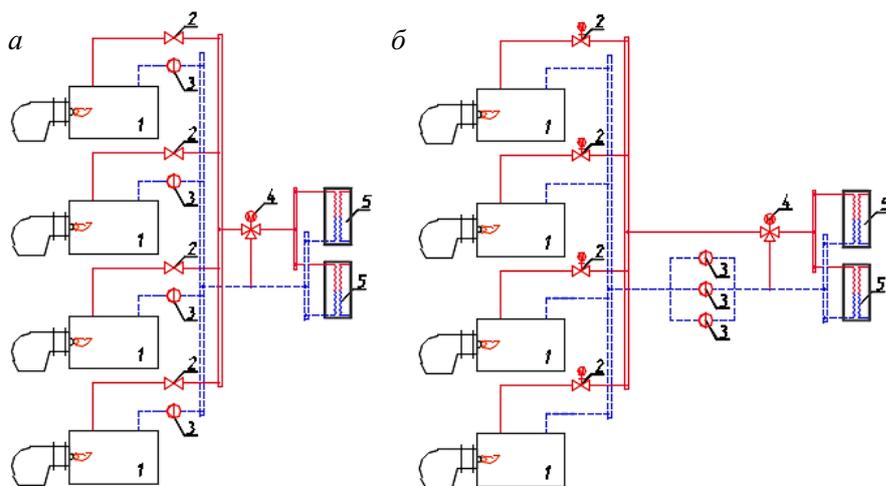


Рис. 1. Принципиальные схемы организации котлового контура:

а – первый вариант: 1 – водогрейный жаротрубный котел, установленной мощностью 3500 кВт; 2 – кран шаровой; 3 – циркуляционный насос; 4 – трехходовой клапан; 5 – теплообменный аппарат; б – второй вариант: 1 – водогрейный жаротрубный котел, установленной мощностью 3500 кВт; 2 – задвижка с электроприводом; 3 – циркуляционный насос; 4 – трехходовой клапан; 5 – теплообменный аппарат

Первый вариант представляет собой контур с установкой котлового насоса непосредственно у котла. При данном расположении каждый насос

связан с котлом и включается только при выходе котла в работу. Данная схема наиболее распространена из-за простоты управления работой котловых насосов (рис. 1, а).

Второй вариант котлового контура представляет собой контур с группой насосного оборудования, установленного на обратном трубопроводе. При данной схеме на подающем трубопроводе котла устанавливается запорная арматура с электроприводом для предотвращения циркуляции через неработающий котел. Такой вариант организации контура наиболее надежен с точки зрения эксплуатации объекта ввиду отсутствия жесткой связи между котлом и насосом (рис. 1, б).

В обоих вариантах схем температура в подающем трубопроводе составляет 105 °С, в обратном – 80 °С. Управление работой котлов производится посредством трехходового клапана и датчика температуры, установленного за пределами котельной. Отпуск тепла осуществляется по установленному потребителем температурному графику, котлы работают в каскадном режиме.

Для дальнейшего анализа выбранных вариантов были рассчитаны значения расхода теплоносителя, диаметры трубопроводов, выполнен гидравлический расчет, подобрано насосное оборудование. Полученные данные сведены в табл. 1. Данные о потерях давления в контуре были рассчитаны согласно [2, 3]. Значение расхода определяется по уравнению

$$G_{\text{уч}} = \frac{0,86 \cdot Q(n-1)}{\Delta t}, \quad (1)$$

где  $Q$  – установленная мощность котельной, кВт;  $n$  – количество котлов;  $\Delta t$  – разность температур между подающим и обратным трубопроводом, °С.

Таблица 1

Варианты	Требуемый расход для одного насоса, м <sup>3</sup> /ч	Марка насоса
Вариант 1	120,4	BL 80/275-7,5/4
Вариант 2	361,2	BL 150/230-18,5/4

По предложенным принципиальным схемам и полученным расчетным данным были разработаны трехмерные модели котлового контура с учетом транспортных габаритов блок-боксов. Трехмерные модели двух вариантов представлены на рис. 2.

На основании полученных данных произведем сравнительный анализ вариантов организации котлового контура по таким параметрам, как металлоемкость, электрическая мощность, годовое электропотребление, капитальные затраты. Результаты сравнения сведены в табл. 2.

Из полученных результатов видно, что меньшие капитальные затраты первого варианта компенсируются с точки зрения преимуществ меньшим электропотреблением второго варианта. Для данной требуемой мощности необходимо рассматривать также и другие факторы выбора принципиальной схемы, такие как уровень автоматизации проектируемой котельной, возможность применения частотного регулирования с целью снижения электропотребления.

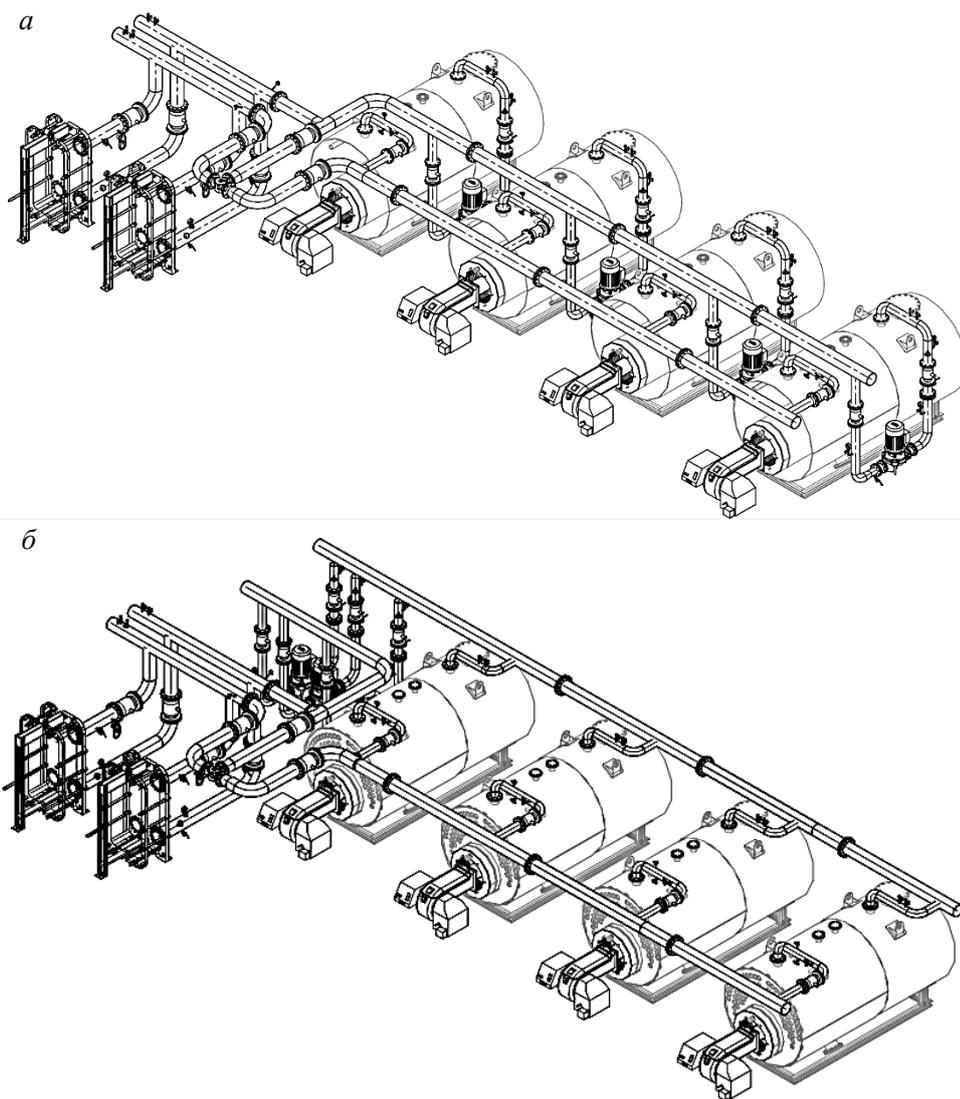


Рис. 2. Трехмерные модели котлового контура

Таблица 2

Варианты	Потребляемая электрическая мощность оборудования, кВт·ч	Электропотребление в год, кВт·ч/г.	Металлоемкость обвязки котлового контура, кг	Капитальные затраты*, тыс. руб
Вариант 1	48,15	181 591	1650	15 649, 6
Вариант 2	44,79	168 919	2750	15 656, 6

\* Приведенные капитальные затраты складываются из стоимости основного оборудования котельной: котлы, газовые горелки, насосы котлового контура.

Для получения более релевантной картины рассмотрим иные варианты мощностей котельных: с требуемой тепловой нагрузкой потребителей 5, 15 и 20 МВт. Результаты подбора оборудования и анализа вариантов представлены на рис. 3 и в табл. 3 и 4 соответственно.

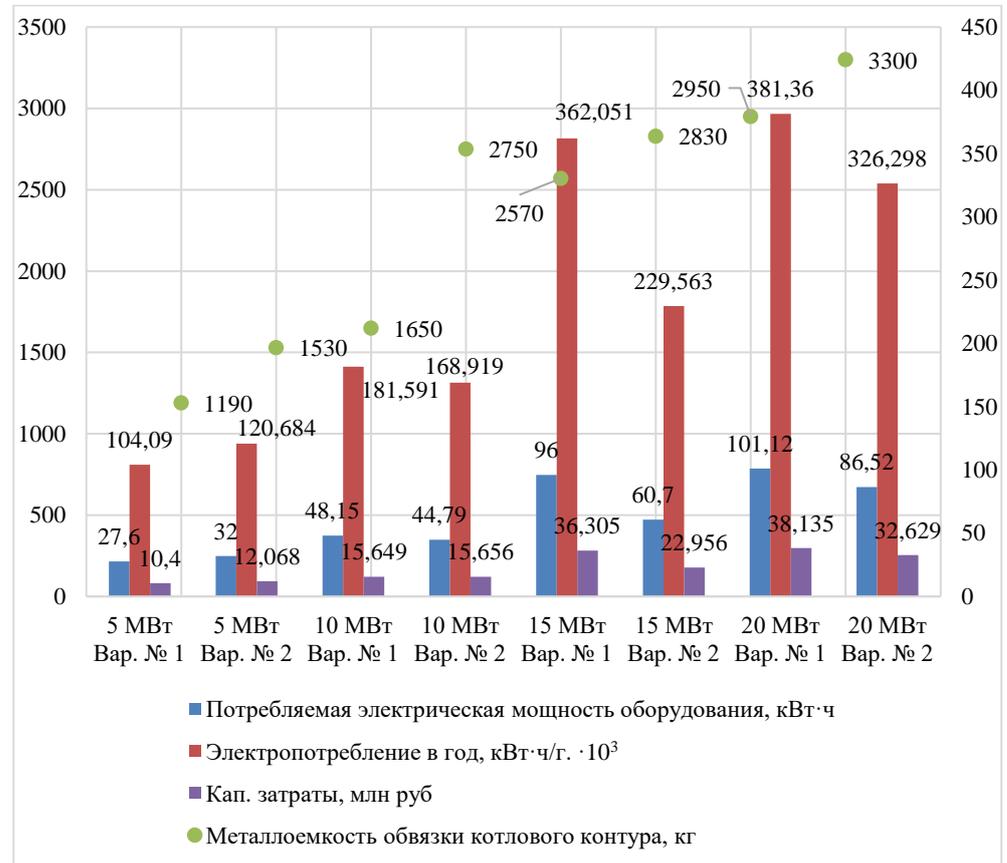


Рис. 3. Сравнительная диаграмма рассматриваемых вариантов

Таблица 3

Варианты	Котел	Горелка	Насос
Суммарная тепловая нагрузка потребителей 5 МВт			
Вариант 1	Lavart 2500M –	Cib Unigas R93A –	Wilo BL 80/275-7,5/4 – 3 шт.
Вариант 2	3 шт.	3 шт.	Wilo BL 80/145-11/2 – 2 шт.
Суммарная тепловая нагрузка потребителей 15 МВт			
Вариант 1	Lavart 5000M –	Cib Unigas R520A –	Wilo BL 80/145-11/2 – 4 шт.
Вариант 2	4 шт.	4 шт.	Wilo BL 150/230-18,5/4 – 2 шт.
Суммарная тепловая нагрузка потребителей 20 МВт			
Вариант 1	Lavart 5000M –	Cib Unigas R520A –	Wilo IL 100/145-11/2 – 5 шт.
Вариант 2	5 шт.	5 шт.	Wilo IL 125/145-15/2 – 3 шт.

Таблица 4

Варианты	Потребляемая электрическая мощность оборудования, кВт·ч	Электропотребление в год, кВт·ч/г.	Металлоемкость обвязки котлового контура, кг	Кап. затраты, тыс. руб.
Суммарная тепловая нагрузка потребителей 5 МВт				
Вариант 1	27,6	104 090	1190	10 408,9
Вариант 2	32	120 684	1530	12 068,2
Суммарная тепловая нагрузка потребителей 15 МВт				
Вариант 1	96	362 051	2570	36 305,5
Вариант 2	60,7	229 563	2830	22 956,7
Суммарная тепловая нагрузка потребителей 20 МВт				
Вариант 1	101,12	381 360	2950	38 135,9
Вариант 2	86,52	326 298	3300	32 629,8

### Выводы

Из полученных данных можем сделать следующий вывод: установка насосов котлового контура непосредственно у котла наиболее рациональна при сравнительно малых тепловых нагрузках потребителей – до 10 МВт. Такой вариант обвязки удобен не только с экономической точки зрения, но и с точки зрения расположения оборудования в стесненных условиях. К тому же организация схемы с установкой насосного оборудования у котла упрощает и удешевляет схему с точки зрения автоматизации.

Для котельных с требуемой мощностью свыше 10 МВт рационально рассмотреть второй вариант организации котлового контура с расположением группы насосов на коллекторе обратного трубопровода котлового контура.

Увеличение единичной мощности котла непосредственно влияет на характеристики подбираемого насоса: его расход, электрическую мощность, что, в свою очередь, увеличивает затраты на обслуживание проектируемой котельной и влияет на диаметры применяемых в контуре трубопроводов.

К тому же, ввиду габаритов котлов большой мощности (5 МВт и более), обустройство первой схемы в условиях сохранения требуемых габаритов блок-бокса и минимальной ширины прохода в соответствии с СП 89.13330.2016 «Котельные установки. Актуализированная редакция СНиП II-35-76» является сложноосуществимым.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Макаров А.А., Митрова Т.А., Кулагин В.А. Долгосрочный прогноз развития энергетики мира и России // Экономический журнал ВШЭ. 2012. № 2. С. 172–204.
2. Альтикуль А.Д., Киселев П.Г. Гидравлика и аэродинамика (основы механики жидкости). Москва : Изд-во литературы по строительству, 1965. 273 с.
3. Богословский В.Н., Крупнов Б.А., Сканиви А.Н. и др. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 частях. Ч. 1. Отопление / под ред. И.Г. Старовойтова, Ю.И. Шиллера. 4-е изд., перераб. и доп. Москва : Стройиздат, 1990. 344 с.

## REFERENCES

1. *Makarov A.A., Mitrova T.A., Kulagin V.A.* Dolgosrochnyi prognoz razvitiya energetiki mira i Rossii [Long-term forecast of the energy sector development in Russia and worldwide]. *Ekonomicheskii zhurnal VShE*. 2012. No. 2. Pp. 172–204. (rus)
2. *Al'tshul' A.D., Kiselev P.G.* Gidravlika i aerodinamika (osnovy mekhaniki zhidkosti) [Hydraulics and aerodynamics (basics of fluid mechanics)]. Moscow: Stroiizdat, 1965. 273 p. (rus)
3. *Bogoslovskii V.N., Krupnov B.A., Skanavi A.N. et al.* Vnutrennie sanitarno-tehnicheskie ustroistva [Internal sanitary installations]. In 3 Pts. Pt. 1. Otoplenie [Heating system]. I.G. Staroverov and Yu.I. Shiller, Eds., Moscow: Stroiizdat, 1990. 344 p. (rus)

**Сведения об авторах**

*Артамонов Павел Александрович*, канд. техн. наук, доцент, Тюменский индустриальный университет, 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38, artamonovpa@tyuiu.ru.

*Паришина Алина Андреевна*, магистрант, Тюменский индустриальный университет, 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38, parshinaa.a@yandex.ru

**Authors Details**

*Pavel A. Artamonov*, PhD, A/Professor, Industrial University of Tyumen, 38, Volodarskii Str., 625000, Tyumen, Russia, artamonovpa@tyuiu.ru

*Alina A. Parshina*, Graduate Student, Industrial University of Tyumen, 38, Volodarskii Str., 625000, Tyumen, Russia, parshinaa.a@yandex.ru