

Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение

УДК 697.34: 62–52

DOI: 10.14529/build200306

ОБ ОДНОМ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ВЫБОРА КОЛИЧЕСТВА И МОЩНОСТИ КОТЛОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

С.В. Панферов

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Введение. Проблема энергосбережения в жилищно-коммунальной сфере является актуальнейшей проблемой настоящего времени, ее решение возможно в том числе и за счет рационального выбора технического состава котельной установки, поэтому рассмотрение вопросов проектирования котельных является важной задачей. **Цель исследования.** Рассмотреть задачу выбора количества и мощности котлов для проектируемого источника теплоснабжения. **Материалы и методы.** Проанализированы известные в литературе способы решения данной проблемы. Указано, что поставленная задача является весьма сложной прежде всего из-за ее многокритериальности и что в литературе по ее решению имеются рекомендации в основном качественного характера. **Результаты.** Предложена новая формализованная методика расчета, включающая три варианта решения этой задачи. Установлено, что количество котлов в котельной во всех трех вариантах расчета совсем не зависит от расчетной тепловой нагрузки, а определяется только расчетной и допустимой температурами внутреннего воздуха, а также расчетной и средней за отопительный период температурами наружного воздуха. Больше количество котлов получается при расчете по первому варианту, а меньше – при расчете по третьему варианту, поэтому первый вариант является предпочтительным в том смысле, что при его реализации вполне возможен номинальный или близкий к номинальному режим работы котлов в течение всего отопительного периода. Достигается это за счет изменения числа включенных в работу котлов. Второй вариант решения задачи предусматривает установку в котельной двух типов котлов, в двух других вариантах котлы однотипные. Примечательно, что номинальная мощность котлов, рассчитанных по первому варианту, равна номинальной мощности котлов, рассчитанных по второму варианту для условий работы при средней наружной температуре отопительного периода. Номинальная мощность дополнительного котла для второго варианта равна номинальной мощности котлов для третьего варианта расчета. **Заключение.** Разработанная методика позволяет упорядочить процедуру выбора возможных вариантов технического состава котельной, сокращает число таких возможных вариантов, что в последующем при экономическом анализе, а также и в целом при проектировании способствует уменьшению объема вычислительной работы. Методика апробирована на конкретном примере и рекомендуется для использования при решении проектных задач.

Ключевые слова: котельная установка, выбор количества и мощности котлов, номинальный режим работы, отопительный период, тепловая нагрузка, температура внутреннего и наружного воздуха.

Постановка задачи. Одним из важнейших мероприятий по повышению эффективности использования топливно-энергетических ресурсов в жилищно-коммунальной сфере является правильный выбор количества и мощности котлов для проектируемого источника теплоснабжения. Эта проблема представляет собой сложную, многокритериальную, а потому и неоднозначно решаемую задачу. Как известно [1–4] количество и мощность котлов, устанавливаемых в котельной, рекомендуется определять на основании технико-экономических расчетов, причем в первую очередь

по требуемой тепловой производительности всей котельной установки. При этом необходимо обязательно учитывать то обстоятельство, что экономичная работа котлов зависит от их нагрузки и наблюдается при номинальном паспортном значении. Поэтому мощность и количество котлов следует выбирать таким образом, чтобы в отопительный период котлы имели нагрузки, достаточно близкие к номинальным. К месту заметим, что именно по этой же причине СНиПом [1] рекомендуется рационализировать еще и летний режим работы котлов.

Решается задача оптимизации режима работы котлов, во-первых, за счет рационального подбора количества и мощности котлов, а во-вторых, и за счет изменения в процессе эксплуатации количества включенных в работу агрегатов. При этом также понятно, что из соображений надежности теплоснабжения в котельных должна предусматриваться установка не менее двух котлов, исключением здесь являются производственные котельные второй категории, в которых допускается установка только одного котла [1–4].

При решении задачи выбора следует также учитывать хорошо известный научной общественности опыт эксплуатации промышленных объектов – чем больше установленная мощность агрегата, тем выгоднее при прочих равных условиях его технико-экономические показатели (в частности, меньше себестоимость единицы выпускаемой продукции, в данном случае – Гкалории). Кстати, если задачу решать только по такому критерию, то в котельной, очевидно, следует устанавливать только один котлоагрегат, что весьма неразумно с точки зрения других критериев, в частности маловероятно, что такой котел удастся эксплуатировать в течение всего отопительного периода в номинальном режиме.

Понятно также, что чем больше котлов установлено в котельной, тем меньше их установленная мощность и тем точнее в условиях меняющейся тепловой нагрузки удастся соблюдать требования о том, чтобы их режим работы был бы номинальным. Однако если учитывать сказанное в предыдущем абзаце, то, наоборот, нужно уменьшать количество котлов в котельной и повышать вследствие этого их установленную мощность. Отметим, что именно по этой причине в работе [4, с. 13] указано, что «...при малоколеблющейся тепловой нагрузке предпочтение следует отдавать котельным агрегатам с большей единичной производительностью».

Таким образом, поставленная задача является весьма сложной прежде всего из-за ее многокритериальности, да к тому же, как показывает анализ, в литературных источниках имеются рекомендации в основном качественного характера, никаких формализованных процедур ее решения нет. В данной работе предлагается некоторая формализованная процедура, которая, как нам представляется, способствует упрощению и облегчению решения задачи выбора возможных вариантов технического состава котельной, это позволит сократить количество вариантов, рассматриваемых при последующем технико-экономическом анализе.

Первый вариант решения задачи. Если предпочтение отдается критерию максимальной экономичности включенных в работу котлов, то в этом случае может быть предложен следующий алгоритм решения задачи.

Понятно, что теплопроизводительность котельной установки должна быть достаточной для покрытия ее расчетной тепловой нагрузки. Известно [5, 6], что расчетная тепловая нагрузка может быть определена по следующей формуле:

$$Q^p = q_v \cdot \alpha \cdot V \cdot (t_b^p - t_n^p), \quad (1)$$

где q_v – удельная тепловая характеристика, V – наружный объем отапливаемых зданий, α – поправочный коэффициент, который принимается в зависимости от зоны строительства, t_b^p, t_n^p – расчетные температуры внутреннего и наружного воздуха.

Если считать, что при аварии в условиях расчетной температуры наружного воздуха температура внутреннего воздуха помещений может снизиться до некоторого допустимого значения, то необходимая для этого теплопроизводительность котельной может быть найдена по следующей формуле:

$$Q^d = q_v \cdot \alpha \cdot V \cdot (t_b^d - t_n^d), \quad (2)$$

где t_b^d – допустимая температура внутреннего воздуха. Если требовать только то, чтобы на внутренних поверхностях ограждающих конструкций не выпадал конденсат, то эта температура должна быть равна 12 °С [7–10].

Из формул (1) и (2) следует, что

$$\frac{Q^d}{Q^p} = \frac{(t_b^d - t_n^d)}{(t_b^p - t_n^p)}. \quad (3)$$

Поскольку наиболее вероятен выход из строя только одного котла, то разность между производительностями, вычисленными по формулам (1) и (2), и должна быть равна номинальной мощности одного котла Q_k^h :

$$Q_k^h = q_v \cdot \alpha \cdot V \cdot (t_b^p - t_n^p) - q_v \cdot \alpha \cdot V \cdot (t_b^d - t_n^d) = q_v \cdot \alpha \cdot V (t_b^p - t_n^d). \quad (4)$$

Для всей территории РФ величины t_b^p и t_b^d можно считать примерно одинаковыми, поэтому из формулы (4) следует, что рациональная номинальная мощность одного котла Q_k^h определяется только удельной тепловой характеристикой q_v и наружным объемом всех отапливаемых зданий V . Отметим, что это достаточно интересный и новый результат, из него следует, что погодные условия региона (расчетная температура наружного воздуха t_n^p) напрямую никак не влияют на Q_k^h , здесь влияние опосредованное – через q_v , если при проектировании теплозащитные свойства зданий выбирались по градусо-суткам отопительного периода региона.

Заметим, что с учетом формулы (3) формулу (4) можно переписать следующим образом:

$$Q_k^h = Q^p - Q^d = Q^p \left[1 - \frac{(t_b^d - t_n^d)}{(t_b^p - t_n^p)} \right] = Q^p \frac{(t_b^p - t_b^d)}{(t_b^p - t_n^p)}. \quad (5)$$

Необходимое количество котлов для источника теплоснабжения, как это нетрудно видеть, можно вычислить по следующей формуле:

$$n = Q^p / Q_k^h = (t_b^p - t_n^p) / (t_b^p - t_b^d). \quad (6)$$

t_n^p и t_n^d можно считать примерно одинаковыми для любых регионов РФ, поэтому из формулы (4) следует, что рациональное количество котлов зависит только от расчетной температуры наружного воздуха t_n^p . Анализ формулы (6) показывает, что чем ниже расчетная температура наружного воздуха, тем большее количество котлов должна содержать котельная установка.

Второй вариант решения задачи. Результат, представленный формулой (6), получен для случая, когда считается, что преобладающей наружной температурой является t_n^p , что, конечно, маловероятно. Поэтому есть смысл пересчитать задачу для средней температуры отопительного периода t_n^o . Если это сделаем, то получим следующую формулу для вычисления количества котлов, необходимых для работы в условиях средней температуры наружного воздуха:

$$n_o = (t_b^p - t_n^o) / (t_b^p - t_b^d). \quad (7)$$

Понятно, что в этом случае потребное количество котлов будет меньше, чем при расчете для предыдущих условий, однако, что весьма примечательно, номинальная мощность одного котла для этих условий Q_{ko}^h будет равна прежнему значению. В самом деле,

$$Q_{ko}^h = q_v \cdot \alpha \cdot V \cdot (t_b^p - t_n^o) - q_v \cdot \alpha \cdot V \cdot (t_b^d - t_n^o) = q_v \cdot \alpha \cdot V (t_b^p - t_b^d). \quad (8)$$

Однако для покрытия расчетной тепловой нагрузки в целом потребуются еще один котел, и, очевидно, его мощность должна быть равной следующему значению:

$$Q_{kd}^h = q_v \cdot \alpha \cdot V \cdot (t_b^p - t_n^p) - q_v \cdot \alpha \cdot V \cdot (t_b^p - t_n^o) = q_v \cdot \alpha \cdot V (t_n^o - t_n^p). \quad (9)$$

Таким образом, при данном варианте решения задачи для котельной установки потребуются два типа котлов – n_o с номинальной мощностью $Q_{ko}^h = q_v \cdot \alpha \cdot V (t_b^p - t_b^d)$ и один дополнительный котел с мощностью $Q_{kd}^h = q_v \cdot \alpha \cdot V (t_n^o - t_n^p)$. При этом нетрудно видеть, что $Q_{kd}^h > Q_{ko}^h$.

Мощность дополнительного котла будет составлять от расчетной тепловой нагрузки следующую долю:

$$\gamma = (t_n^o - t_n^p) / (t_b^p - t_n^p). \quad (10)$$

Понятно, что доля всех остальных котлов будет равна $(1 - \gamma)$.

Третий вариант решения задачи. Если за номинальную мощность одного котла принять значение Q_{kd}^h , т. е. если считать, что при аварийном выходе из строя одного котла суммарная мощность всех остальных работающих будет достаточна для покрытия тепловой нагрузки, рассчитанной по средней температуре наружного воздуха в отопительный период, и устанавливать в котельной только однотипные котлы с такой мощностью, то необходимое число котлов, очевидно, будет равно

$$n_3 = (t_b^p - t_n^p) / (t_n^o - t_n^p). \quad (11)$$

Пример. Задачу выбора количества и мощности котлов рассмотрим применительно к следующим условиям. Необходимо спроектировать котельную для жилого поселка вблизи города Челябинска с расчетной тепловой нагрузкой в 1,7 Гкал/ч. Расчетную температуру внутреннего воздуха в отопительный период принимаем равной 21 °С, расчетная температура наружного воздуха в данном случае равна –34 °С, а средняя температура наружного воздуха в отопительный период –6,5 °С [11]. Тогда для данных условий необходимое количество котлов по первому варианту должно быть равно $n = (t_b^p - t_n^p) / (t_b^p - t_b^d) = (21 - (-34)) / (21 - 12) = 6,111 \approx 6$, при этом номинальная мощность одного котла должна быть равна $Q_k^h = Q^p / n = 1,7 / 6 = 0,28 \approx 0,3$ Гкал/ч.

По второму варианту количество котлов, необходимых для работы в условиях средней за отопительный период температуры наружного воздуха, будет равно $n_o = (t_b^p - t_n^o) / (t_b^p - t_b^d) = (21 - (-6,5)) / (21 - 12) \approx 3$. Однако заметим, что в данном случае необходим еще один дополнительный котел, при этом его мощность должна быть равна

$$Q^p \cdot \gamma = Q^p \cdot \frac{t_n^o - t_n^p}{t_b^p - t_n^p} = 1,7 \cdot \frac{-6,5 - (-34)}{21 - (-34)} = 0,85 \text{ Гкал/ч.}$$

Мощность каждого из трех других котлов должна быть равна $Q^p \cdot (1 - \gamma) / 3 = 0,85 / 3 \approx 0,3$ Гкал/ч.

По третьему варианту количество необходимых котлов будет равно $n_3 = (t_b^p - t_n^p) / (t_n^o - t_n^p) = (21 - (-34)) / (-6,5 - (-34)) = 2$. Понятно, что их номинальная мощность должна быть равна 0,85 Гкал/ч.

В таблице указаны типы подобранных котлов и их характеристики для трех рассчитанных вариантов, а также и та температура внутреннего воздуха, которая будет в отапливаемых зданиях при длительном аварийном отключении одного из котлов в условиях расчетной температуры наружного воздуха –34 °С. Для второго варианта указаны две такие температуры – одна для случая выхода из строя котла НР-18, а другая – котла КВа-1000.

Подбор котлов для источника теплоснабжения

Вариант	Тип котла	Номинальная мощность котла, $\frac{\text{Гкал}}{\text{ч}}$	Количество котлов	Тепловая производительность котельной, $\frac{\text{Гкал}}{\text{ч}}$	$t_{\text{в}}^{\text{ф}}$ при выходе из строя одного из котлов, °С
1	НР-18	0,3	6	1,8	14,5
2	НР-18	0,3	3	1,76	13,2
	КВа-1000	0,86	1		-4,8
3	КВа-1000	0,86	2	1,72	-6,1

Фактическая температура внутреннего воздуха $t_{\text{в}}^{\text{ф}}$ в отапливаемых зданиях при выходе из строя одного из котлов вычислялась для условий расчетной температуры наружного воздуха по следующей формуле:

$$t_{\text{в}}^{\text{ф}} = t_{\text{н}}^{\text{р}} + \frac{Q^{\text{ф}}}{Q^{\text{р}}} (t_{\text{в}}^{\text{р}} - t_{\text{н}}^{\text{р}}), \quad (12)$$

где $Q^{\text{ф}}$ – фактическая теплопроизводительность котельной в аварийной ситуации.

Понятно, что данные варианты технического состава котельной нужно дополнить экономическим расчетом, но, тем не менее, как видно из таблицы, вариант 3 вряд ли приемлем из-за недопустимо низкой температуры $t_{\text{в}}^{\text{ф}}$. Однако при этом нужно иметь в виду, что такая температура установится только по прошествии нескольких суток, так как постоянные времена зданий по данным [6, с. 43] составляют от 54 до 140 часов, а длительность переходного процесса равна примерно 3 постоянным времени. Поэтому если быстрое устранение аварийной ситуации возможно, то при экономическом расчете следует рассмотреть и этот вариант. Конечно, при таком анализе можно учитывать также и данные работ [12–14], в частности, в работе [12] указано, что снижение тепловой нагрузки на 40 % от расчетной для данной температуры наружного воздуха приводит к снижению температуры в зданиях лишь на 1,5–2 °С за период времени в 6 ч.

При рассмотрении варианта 2, как нам представляется, разумно учитывать следующие обстоятельства. Если считать выход из строя любого из 4 котлов равновероятным событием, то, пользуясь классическим определением вероятности, можно заключить, что вероятность выхода из строя котла КВа-1000 равна 1/4, а НР-18 – 3/4, а поэтому вероятность получить при аварии $t_{\text{н}}^{\text{ф}} = -4,8$ °С в три раза меньше, чем $t_{\text{н}}^{\text{ф}} = 13,2$ °С. Вследствие этого вариант 2 в этом отношении может считаться вполне конкурентоспособным с вариантом 1.

В целом из вышеприведенных соотношений следует, что количество котлов в котельной совсем не зависит от расчетной тепловой нагрузки, а определяется только $t_{\text{в}}^{\text{р}}$, $t_{\text{в}}^{\text{д}}$, $t_{\text{н}}^{\text{р}}$, $t_{\text{н}}^{\text{о}}$ – расчетной и допустимой температурами внутреннего воздуха, а также расчетной и средней за отопительный пе-

риод температурами наружного воздуха. Кроме того, большее количество котлов получается при расчете по 1-му варианту, а меньшее – при расчете по 3-му варианту, поэтому понятно, что 1-й вариант является самым экономичным в том смысле, что вполне возможен номинальный или близкий к номинальному режим работы котлов в течение всего отопительного периода.

Выводы

Предложена новая формализованная методика выбора мощности и количества котлов для проектируемого источника теплоснабжения. Методика апробирована на конкретном примере и рекомендуется для использования при решении проектных задач.

Литература

1. *Строительные нормы и правила. СНиП II-35-76 «Котельные установки».* – М.: ГУЛ ЦПП Госстроя России, 1997. – 49 с.
2. Санников, Д.И. *К вопросу выбора количества котлов для проектируемой котельной установки / Д.И. Санников // Портал по теплоснабжению, РосТепло.ру.* – www.rosteplo.ru.
3. Карауш, С.А. *Теплогенерирующие установки систем теплоснабжения: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению «Строительство» / С.А. Карауш, А.Н. Хуторной.* – Томск: Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2003. – 161 с.
4. Гусев, Ю.Л. *Основы проектирования котельных установок / Ю.Л. Гусев – М.: Стройиздат, 1973. – 248 с.*
5. Соколов, Е.Я. *Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов / Е.Я. Соколов – 7-е изд., стер.* – М.: Изд-во МЭИ, 2001. – 472 с.
6. Зингер, Н.М. *Повышение эффективности работы тепловых пунктов / Н.М. Зингер, В.Г. Бестолченко, А.А. Жидков.* – М.: Стройиздат, 1990. – 188 с.
7. Панферов, В.И. *Автоматизированный контроль и анализ теплового режима здания химического факультета ЮУрГУ / В.И. Панферов, С.В. Панферов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика».* – 2010. – Вып. 13. – № 14(190). – С. 29–35.
8. Сканави, А.Н. *Отопление / А.Н. Сканави, Л.М. Махов – М.: АВМ, 2008. – 562 с.*

9. Яушовец, Р. Гидравлика – сердце водяного отопления: пер. с нем. / Р. Яушовец. – Вена: Изд-во Герц Арматурен ГмбХ, 2005. – 199 с.

10. Тиатор, И. Отопительные системы / И. Тиатор; пер. с нем. – М.: Изд-во ТЕХНОСФЕРА ЕВРОКЛИМАТ, 2006. – 271 с.

11. Панферов, В.И. Теплофизические расчеты ограждающих конструкций зданий и сооружений: учебное пособие / В.И. Панферов, Н.Т. Магнитова, Е.К. Дорошенко. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – 68 с.

12. Допустимые пределы корректировки

отопительной нагрузки при оптимизации режимов работы теплоисточников / П.И. Дячек, В.А. Седнин, А.Э. Захаревич, И.В. Шкляр // Энергетика. Изв. вузов и энерг. объединений СНГ. – 2014. – № 1. – С. 34 – 42.

13. Petitjean, R. Total hydronic balancing: A handbook for design and troubleshooting of hydronic HVAC systems / R. Petitjean. – Gothenburg: TA AB, 1994. – 530 p.

14. Teekaram, A. Variable-flow water systems. Design, installation and commissioning guidance / A. Teekaram, A. Palmer – BSRIA, 16/2002. – 81 p.

Панферов Сергей Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры градостроительства, инженерных сетей и систем, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), panferovsv@susu.ru

Поступила в редакцию 20 мая 2020 г.

DOI: 10.14529/build200306

ON ONE SOLUTION OF THE TASK FOR SELECTING THE QUANTITY AND POWER OF BOILERS IN DESIGNING A BOILER PLANT

S. V. Panferov, panferovsv@susu.ru

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

Introduction. The problem of energy saving in the housing and communal services sector is the most urgent problem of the present time; its solution is possible, including through a rational choice of the technical composition of the boiler plant. Therefore, consideration of the boiler design issues is an important task. **Objective.** Consider the task of choosing the number and capacity of boilers for the designed heat supply source. **Materials and methods.** The methods for solving this problem, which are available in the literature, are analyzed. It is indicated that the task is very difficult, primarily because of its multicriteria, and that in the literature on its solution there are recommendations mainly of a qualitative nature. **Results.** A new formalized calculation method is proposed, which includes three options for solving this problem. It is established that the number of boilers in the boiler room in all three calculation options does not at all depend on the calculated heat load, but is determined only by the calculated and permissible internal air temperatures, as well as by the calculated and average outdoor temperatures for the heating period. A larger number of boilers is obtained when calculating according to the first option, and a smaller number when calculating according to the third option; therefore, the first option is preferable in the sense that when it is implemented, it is possible to have a nominal or close to nominal mode of operation of the boilers during the entire heating period. This is achieved by changing the number of boilers included in the operation. The second solution to the problem involves the installation of two types of boilers in the boiler room, and in the other two versions the boilers are of the same type. It is noteworthy that the rated power of the boilers calculated according to the first option is equal to the rated power of the boilers calculated according to the second option for operating conditions at an average outdoor temperature of the heating period. The rated power of the additional boiler for the second option is equal to the rated power of the boilers for the third calculation option. **Conclusion.** The developed technique allows to streamline the procedure for selecting possible options for the technical composition of a boiler room, reduces the number of such possible options, what subsequently (during the economic analysis, as well as, in general, when designing) helps to reduce the amount of computational work. The technique has been tested on a specific example and is recommended for use in solving design problems.

Keywords: boiler plant, selection of the number and capacity of boilers, nominal operation mode, heating period, heat load, temperature of internal and external air.

References

1. *Stroitel'nyye normy i pravila. SNiP II-35-76 "Kotel'nyye ustanovki"* [Building regulations. SNiP II-35-76 "Boiler installations"], Moscow, GUL TsPP Gosstroy of Russia Publ., 1997. 49 p.
2. Sannikov D. I. *K voprosu vybora kolichestva kotlov dlya proyektiruyemoy kotel'noy ustanovki* [On the Issue of Choosing the Number of Boilers for the Designed Boiler Plant]. Available at: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2921
3. Karaush S.A., Khutornoy A.N. *Teplogeneriruyushchiye ustanovki sistem teplosnabzheniya* [Heat-Generating Installations of Heat Supply Systems]. Tomsk, Tomskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitel'nyy universitet Publ., 2003. 161 p.
4. Gusev Yu.L. *Osnovy proyektirovaniya kotel'nykh ustanovok* [Basics of Designing Boiler Plants]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1973. 248 p.
5. Sokolov E.Ya. *Teplofikatsiya i teplovyye seti*. [District Heating and Heat Networks]. Moscow, 2001. 472 p.
6. Zinger N.M., Bestolchenko V.G., Zhidkov A.A. *Povysheniye effektivnosti raboty teplovykh punktov* [Improving the Efficiency of Heat Points]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1990. 188 p.
7. Panferov V.I., Panferov S.V. [Automated Control and Analysis of the Thermal Regime of the Building of the Chemical Faculty of SUSU]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Power Engineering*, 2010, iss. 13, no. 14(190), pp. 29–35. (in Russ.)
8. Skanavi A.N., Makhov L.M. *Otopleniye* [Heating]. Moscow, ASV Publ., 2008. 562 p.
9. Yaushovetts R. *Gidravlika – serdtse vodyanogo otopleniya* [Hydraulics – the Heart of Water Heating]. Vena, Herz Armaturen GmbH, 2005. 199 p.
10. Tiator I. *Otopitel'nyye sistemy* [Heating Systems]. Moscow, TEKHNOFERA EVROKLIMAT Publ., 2006. 271 p.
11. Panferov V.I., Magnitova N.T., Doroshenko E.K. *Teplofizicheskiye raschety ograzhdayushchikh konstruktivnykh zdaniy i sooruzheniy: uchebnoye posobiye* [Thermophysical Calculations of the Enclosing Structures of Buildings and Structures: a Training Manual]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2014. 68 p.
12. Dyachek P.I., Sednin V.A., Zakharevich A.E., Shklyar I.V. [Permissible Limits for Adjusting the Heating Load when Optimizing the Operating Modes of Heat Sources]. *Energetika, Izv. vuzov i energ. ob'yedineniy SNG*, 2014, no. 1, pp. 34–42. (in Russ.)
13. Petitjean R. *Total Hydronic Balancing: a Handbook for Design and Troubleshooting of Hydronic HVAC Systems*. Gothenburg, TA AB Publ., 1994. 530 p.
14. Teekaram A., Palmer A. [Variable-flow water systems. Design, Installation and Commissioning Guidance]. BSRIA Publ., 16/2002. 81 p.

Received 20 May 2020

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Панферов, С.В. Об одном решении задачи выбора количества и мощности котлов при проектировании котельной установки / С.В. Панферов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 41–46. DOI: 10.14529/build200306

FOR CITATION

Panferov S.V. On One Solution of the Task for Selecting the Quantity and Power of Boilers in Designing a Boiler Plant. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2020, vol. 20, no. 3, pp. 41–46. (in Russ.). DOI: 10.14529/build200306
