

УДК 621.182:658.264

С. И. МОНАХ, Д. В. ВЫБОРНОВ, А. О. ШАЦКОВ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА ИСТОЧНИКА ТЕПЛОТЫ ДЛЯ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Проанализированы проблемы выбора источника теплоты и предложена методика расчета его тепловой мощности для функционирующих объектов, на которых внедряется автономная система теплоснабжения.

автономная система теплоснабжения, источник теплоты, вид энергоносителя, теплогенератор, тепловая мощность

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Современная автономная система теплоснабжения – это интеллектуальная система, обеспечивающая комфортное отопление и горячее водоснабжение. Надежное функционирование всей системы в целом зависит от многих этапов: обоснованный и рациональный выбор типа автономной системы теплоснабжения, грамотное проектирование, подбор современного оборудования, профессиональный монтаж, квалифицированные пусконаладочные работы и своевременное квалифицированное обслуживание.

ЦЕЛЬ СТАТЬИ

Исследование проблем выбора источника теплоты для внедряемых автономных систем теплоснабжения и разработка методики расчета его тепловой мощности.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Одним из основных и трудных вопросов при проектировании современной автономной системы теплоснабжения является выбор энергоносителя для автономной системы теплоснабжения (АСТ). Из вышеприведенного анализа можно заключить, что выбор энергоносителей для современной автономной системы теплоснабжения достаточно широкий – газообразное топливо, сжиженный газ, жидкое топливо, различные виды твердого топлива, нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. От вида энергоносителя зависит тип генератора теплоты, тип отопительных приборов, системы автоматики и т. д. Кроме того, следует учитывать, что энергоноситель, экономичный и эффективный для системы отопления, не всегда является таковым для системы горячего водоснабжения.

Выбор энергоносителя в основном зависит от:

- 1) целесообразности применения в конкретной автономной системе (поквартирной, индивидуальной или децентрализованной);
- 2) доступности рассматриваемого энергоносителя для данного региона;
- 3) стоимости энергоносителя;
- 4) его теплотворной способности;
- 5) удобства в эксплуатации и стоимости самой эксплуатации;
- 6) экологических аспектов эксплуатации системы;
- 7) архитектурных особенностей здания, для которого разрабатывается АСТ.

Стоимость того или иного энергоносителя не только различна для различных регионов, но варьируется и для разных категорий потребителей.

Общей и потому полезной информацией для выбора вида АСТ будет информация о теплопродуктивности различных теплоносителей.

При расходе 1 кВт·час электроэнергии можно получить 3,6 МДж тепловой энергии при 100 % коэффициенте полезного действия теплогенератора.

Удельная теплота сгорания дизельного топлива – 42 МДж/кг (или 11,7 кВт·час). С учетом плотности (0,8 кг/литр) литр солярки дает 33,6 МДж/кг (или 9,3 кВт·час).

Удельная теплота сгорания пропанобутановой смеси сжиженного углеводородного газа (СУГ) – 115 МДж/м³ (31,9 кВт·час). Плотность газовой фазы – 2,5 кг/м³, или (с учетом плотности сжиженного газа 0,6 кг/литр), 4 литра/м³. 1 литр пропан-бутана дает около 29 МДж (8 кВт·час).

Среднее значение теплоты сгорания природного газа можно принять – 36 МДж/м³ (10 кВт·час).

Сжиженный газ в АСТ используется редко, но следует учитывать, что в настоящее время на топливном рынке существует тенденция снижения стоимости сжиженного газа в связи с постановлением правительства России о значительном сокращении объемов сжигания попутного газа при добыче нефти, а следовательно, увеличения объемов переработки попутного газа и увеличения, таким образом, объемов сжиженного газа на рынке.

Второй проблемой определяющей эффективность и надежность работы всей АСТ, является выбор генератора или генераторов теплоты (для бивалентных и комбинированных систем).

При всем многообразии теплогенерирующего оборудования на рынке Украины все-таки следует выделить наиболее широко представленные и внедряемые – электрические и газовые нагреватели.

Проблемным вопросом при уже определенном виде энергоносителя и определенном типе котла является выбор конкретного оборудования.

Теплогенератор для автономного теплоснабжения должен сопровождаться:

- 1) сертификатом соответствия (выдает государственный комитет по вопросам технического регулирования);
- 2) заключением санитарной экспертизы;
- 3) разрешением на эксплуатацию (выдает государственный комитет по надзору за охраной труда);
- 4) гарантийной книжкой (в книжке должен быть полный перечень сервисных служб).

Мощность источника (источников) теплоты АСТ – это первое, что будет определять эффективность работы системы. В особенности важно обоснованно определять мощность генератора теплоты для системы отопления уже функционирующего объекта теплопотребления. Отопительный котел избыточной мощности будет перерасходовать топливо, а недостаточная мощность «сердца» системы отопления не позволит получить нужную температуру в отапливаемых помещениях.

В настоящее время проектировщиками часто используется упрощенный расчет мощности котла ($W_{\text{котла}}$). В этом случае используется всего два параметра – отапливаемая площадь дома S (м²) и удельная мощность отопительного котла $W_{\text{удельная}}$ на 10 м². Так, для северных областей Украины рекомендуется принимать удельную мощность равной 1,5–2,0 кВт/10 м², для центральных областей – 1,2–1,5 кВт/10 м², для южных областей Украины – 0,7–0,9 кВт/10 м².

Далее расчет мощности отопительного котла для автономной системы отопления проводят по формуле:

$$W_{\text{котла}} = W_{\text{удельная}} \times S/10. \quad (1)$$

Такой упрощенный метод расчета мощности отопительного котла не учитывает целый ряд важных факторов, а именно: теплозащитные и теплоинерционные свойства наружных ограждающих конструкций; площадь остекления по фасадам конкретного здания; конструкцию заполнения световых и дверных проемов, ориентацию фасадов здания.

Поэтому целесообразна разработка методики определения мощности источника теплоты для автономной системы отопления, учитывающей приведенные выше факторы. Это в особенности актуально для уже построенных и функционирующих объектов, т. е. для тех объектов, которые «переводятся» на автономное теплоснабжение. Методика разработана на основании и с соблюдением действующей нормативной документации [1, 3].

Подбор мощности котла отопления производят исходя из значения удельных теплотерь отапливаемого объекта за отопительный период $q_{\text{дом}}$, кВт·час/м².

$$q_{\text{дом}} = Q_{\text{год}}/F_{\text{н}}, \quad (2)$$

где $Q_{\text{год}}$ – расход тепловой энергии на отопление здания на протяжении отопительного периода;
 F_h – отапливаемая площадь здания.

Расчет расхода тепловой энергии на отопление здания проводят по формуле:

$$Q_{\text{год}} = \beta_h \cdot [Q_k - (Q_{\text{внб}} + Q_s) \times v], \quad (3)$$

где β_h – коэффициент, учитывающий дополнительные теплотребования системой отопления, что связано с дискретностью отопительного потока и дополнительными тепловыми потерями через части стен дома, на которых установлены радиаторы отопления, тепловые потери трубопроводов, которые проходят через неотапливаемые помещения. Расчет системы автономного отопления проводят, принимая при этом $\beta_h = 1,11$;

$Q_{\text{внб}}$ – бытовые теплопоступления на протяжении отопительного периода;

v – коэффициент, учитывающий способность стен здания аккумулировать или отдавать тепло при периодическом отоплении дома. Для расчета системы автономного отопления современного частного дома, построенного с соблюдением норм термических сопротивлений наружных ограждающих конструкций [1], рекомендуется принимать $v = 0,8$. Однако следует помнить, что этот коэффициент во многом зависит от теплоинерционных свойств наружных ограждающих конструкций и для автономного отопления квартиры, например в крупнопанельном многоэтажном здании, будет значительно ниже и может быть принят: $v = 0,3 \div 0,5$;

Q_k – общие тепловые потери здания (дома, квартиры). Расчет Q_k проводят по формуле:

$$Q_k = \chi_1 \times K_{\text{дом}} \times D_d \times F_{\Sigma}, \quad (4)$$

где $\chi_1 = 0,024$ – размерный коэффициент;

F_{Σ} – внутренняя общая отапливаемая площадь стен, пола и потолка, м^2 ;

D_d – количество градусо-суток отопительного периода, которое определяется по температурной зоне строительства.

Температурная зона строительства определяется по приложению В [1].

$K_{\text{дом}}$ – усредненный коэффициент теплопередачи наружных ограждений дома, который рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{дом}} = k_{\Sigma\text{пр}} + k_{\text{инф}}, \quad (5)$$

где $k_{\Sigma\text{пр}}$ – приведенный коэффициент теплопередачи теплоизоляционной оболочки здания, который рассчитывается по формуле:

$$k_{\Sigma\text{пр}} = \xi \times (F_{\text{нч}}/R_{\Sigma\text{пр нч}} + F_{\text{сч}}/R_{\Sigma\text{пр сч}} + F_{\text{д}}/R_{\Sigma\text{пр д}} + F_{\text{пк}}/R_{\Sigma\text{пр пк}} + F_{\text{ц}}/R_{\Sigma\text{пр ц}}) / F_{\Sigma}, \quad (6)$$

где ξ – коэффициент, учитывающий дополнительные тепловые потери, связанные с ориентацией здания относительно сторон света, наличием угловых помещений, поступлением холодного воздуха через вход в дом. Для частных жилых домов, имеющих наружные стены, ориентированные по четырем направлениям сторон горизонта возможно принять: $\xi = 1,13$; в других случаях его необходимо принимать руководствуясь нормативной литературой [3].

$F_{\text{нч}}$, $F_{\text{сч}}$, $F_{\text{д}}$, $F_{\text{пк}}$, $F_{\text{ц}}$ – площадь соответственно стен (непрозрачных частей), светопрозрачных частей (окон, фонарей), наружных дверей и ворот, перекрытий (чердачных перекрытий), цокольных перекрытий;

$k_{\text{инф}}$ – условный коэффициент теплопередачи наружных ограждающих конструкций, учитывающий тепловые потери за счет инфильтрации и вентиляции, который рассчитывается по формуле:

$$k_{\text{инф}} = \chi_2 \times c \times v_v \times V_h \times \eta \times \gamma_3 / F_{\Sigma}, \quad (7)$$

где $\chi_2 = 0,278$ – размерный коэффициент;

$c = 1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ – удельная теплоемкость воздуха;

$v_v = 0,85$ – коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждений;

V_h – отапливаемый объем здания;

η – коэффициент влияния встречного теплового потока в ограждающих конструкциях.

η принимается 0,7 – для стыков панелей стен, а также многостворочных окон здания; 0,8 – для двустворочных окон и балконных дверей; 1,0 – для одностворочных окон и балконных дверей; при этом коэффициент η рекомендуется принимать по наибольшему значению, единым по всему зданию;

γ_3 – средняя плотность воздуха, которая определяется для здания с учетом инфильтрации и вентиляции, кг/м³.

Средняя плотность воздуха для жилых помещений при расчете отопления определяется как:

$$\gamma_3 = 353 / [273 + 0,5 \times (t_b + t_{опз})], \quad (8)$$

где t_b – расчетная температура внутреннего воздуха помещения здания, корректируется в зависимости от расчетной влажности внутреннего воздуха по таблице 1.

Таблица 1 – Расчетные значения температуры и влажности воздуха для отапливаемых помещений

Назначение здания	Расчетная температура внутреннего воздуха t_b , °C	Расчетное значение относительной влажности ϕ_b , %
Жилой дом	20	55
Общественное или административное здание	20	50–60
Лечебные и детские учебные заведения	21	50
Дошкольные заведения	22	50

$t_{опз}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период.

Q_s – тепловые поступления через окна от солнечной радиации на протяжении отопительного периода для четырех фасадов дома, которые ориентированы по четырем сторонам света – север (С), восток (В), юг (Ю) и запад (З).

Тепловые поступления через окна можно рассчитать по формуле:

$$Q_s = \xi_b \times \epsilon_b \times (F_C \cdot I_C + F_B \cdot I_B + F_{Ю} \cdot I_{Ю} + F_З \cdot I_З) + \xi_{зл} \times \epsilon_{зл} \times F_{спф} \times I_r, \quad (9)$$

где $\xi_b, \xi_{зл}$ – коэффициенты, учитывающие затенение светового проема относительно окон и зенитных фонарей непрозрачными элементами заполнения, которые принимаются соответственно табл. 2;

$\epsilon_b, \epsilon_{зл}$ – коэффициенты относительного проникновения солнечной радиации для светопрозрачных заполнений окон и зенитных фонарей, которые принимаются по паспортным данным соответствующих светопрозрачных конструкций или по табл. 2. Мансардные окна с углом наклона к горизонту 45 градусов и больше надо считать как вертикальные окна, а с углом меньше 45 градусов – как зенитные фонари;

$F_C, F_B, F_{Ю}, F_З$ – площадь светопрозрачных фасадов здания, которые соответственно ориентированы по четырем сторонам света;

$F_{спф}$ – площадь световых зенитных фонарей здания;

$I_C, I_B, I_{Ю}, I_З$ – средняя величина солнечной радиации за отопительный период, которая направлена на вертикальную поверхность при условии облачности, которая соответственно ориентирована по четырем фасадам дома (для промежуточных ориентиров фасада дома, которые отличаются от направлений на С, В, Ю, З, величину солнечной радиации следует определять интерполяцией);

$I_C, I_B, I_{Ю}, I_З$ – определяются по климатологическим справочным данным [2].

I_r – средняя величина солнечной радиации за отопительный период, направленная на горизонтальную поверхность при условии облачности [2].

При выборе автономного источника теплоты для вновь проектируемого объекта расчет его мощности следует начинать с расчета теплопотерь всех отапливаемых помещений в установленном нормативными документами [1, 3] порядке. Затем произвести расчет требуемой тепловой мощности на обеспечение объекта горячим водоснабжением. И тепловая мощность источника теплоты определится как сумма тепловых нагрузок на системы отопления и горячего водоснабжения.

Таблица 2 – Значение коэффициентов затенения светового проема и относительного проникновения солнечной радиации, соответственно окон и зенитных фонарей

Заполнение светового проема	Коэффициенты $\xi_{\text{в}} i \xi_{\text{з.л.}}$; $\epsilon_{\text{в}} i \epsilon_{\text{з.л.}}$			
	при деревянных или ПВХ переплетах		при алюминиевых переплетах	
	$\xi_{\text{в}} i \xi_{\text{з.л.}}$	$\epsilon_{\text{в}} i \epsilon_{\text{з.л.}}$	$\xi_{\text{в}} i \xi_{\text{з.л.}}$	$\epsilon_{\text{в}} i \epsilon_{\text{з.л.}}$
Двойное стекло с селективным i -покрытием на внутреннем стекле:				
– однокамерные стеклопакеты в одинарном переплете;	0,80	0,54	0,80	0,54
– двойное остекление в спаренных переплетах;	0,75	0,65	0,70	0,65
– двойное остекление в разделенных переплетах	0,65	0,60	0,60	0,60
Тройное остекление из обычного стекла в отдельных спаренных переплетах	0,50	0,70	0,50	0,70
Однокамерные стеклопакеты и одинарное остекление в разных переплетах	0,60	0,63	0,60	0,63
Однокамерный стеклопакет с селективным покрытием и одинарное остекление в разных переплетах	0,60	0,58	0,60	0,58
Двухкамерный стеклопакет с селективным покрытием на внутреннем стекле и в одинарном переплете	0,8	0,48	0,8	0,4

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ДБН В.2.6-31:2006. Теплова ізоляція будівель [Текст]. – На заміну СНиП II-3-79 ; чинні від 2007-04-01. – К. : Мінбуд України, 2006. – 64 с. – (Державні будівельні норми).
- ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія [Текст]. – Скасовує СНиП 2.01.01-82 і таблицю 2 ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 ; чинний від 1 листопада 2011 року. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 136 с. – (Держ-стандарт України).
- ДБН В.2.5-20-2001. Газоснабження [Текст]. – Взамен СНиП 2.04.08-87, СНиП 3.05.02-88 ; введ. 2001-08-01. – К. : Госстрой Украины, 2001. – 287 с. – (Национальный стандарт Украины).
- СНиП II-35-76. Нормы проектирования. Котельные установки [Текст]. – Взамен СНиП II-Г.9.65, СН 350-66 ; дата введения 1978-01-01. – М. : Стройиздат, 1977. – 49 с. – (Государственные строительные нормы и правила).
- Соснин, Ю. П. Отопление и горячее водоснабжение индивидуального дома [Текст] : [Справ. пособие] / Ю. П. Соснин, Е. Н. Бухаркин. – М. : Стройиздат, 1991. – 384 с. : ил.
- Монах, С. И. Классификация современных систем теплоснабжения [Текст] / С. И. Монах, А. А. Олексюк, С. Н. Шакура // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури : Збірник наукових праць. – Макіївка, 2005. – Вип. 2005-2(50) : Інженерні системи та техногенна безпека у будівництві. – С. 158–164.
- Монах, С. И. Розрахунково-аналітичні дослідження загального коефіцієнта ефективності існуючих систем опалення залежно від ступеня їхньої централізації [Текст] / С. И. Монах, Д. А. Гармаш // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури : Збірник наукових праць. – Макіївка, 2009. – Вип. 2009-2(76) : Інженерні системи та техногенна безпека у будівництві. – С. 106–114.

Получено 02.10.2013

С. І. МОНАХ, Д. В. ВИБОРНОВ, А. О. ШАЦКОВ
ПРОБЛЕМИ ВИБОРУ ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОТИ ДЛЯ АВТОНОМНОЇ
СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Проаналізовані проблеми вибору джерела теплоти й запропонована методика розрахунків його теплової потужності для функціонуючих об'єктів, на яких впроваджується автономна система теплопостачання.
автономна система теплопостачання, джерело теплоти, вид енергоносія, теплогенератор, теплова потужність

SVETLANA MONAH, DMITRY VYBORNOV, ARTEM SHACKOV
PROBLEMS OF WARMTH SOURCE CHOICE FOR THE AUTONOMOUS HEAT
SYSTEM

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The problems of warmth source choice have been analyzed. The method of calculation of its thermal power has been suggested for functioning objects on which the autonomous heat system is inculcated on.

autonomous system of heat supply, source of warmth, type of power medium, boiler, thermal power

Монах Світлана Ігорівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергоощадження в системах теплопостачання при впровадженні теплонасосних та когенераційних технологій виробництва енергоносіїв.

Выборнов Дмитрий Володимирович – аспірант кафедри теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергоощадження в системах теплопостачання та гарячого водопостачання з використанням теплонасосних технологій.

Шацков Артем Олегович – аспірант кафедри теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергоощадження в автономних системах теплопостачання.

Монах Светлана Игоревна – кандидат технических наук, доцент кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергосбережение в системах теплоснабжения при внедрении теплонасосных и когенерационных технологий производства энергоносителей.

Выборнов Дмитрий Владимирович – аспирант кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергосбережение в системах теплоснабжения и горячего водоснабжения с использованием теплонасосных технологий.

Шацков Артем Олегович – аспирант кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергосбережение в автономных системах теплоснабжения.

Monakh Svetlana – PhD (Eng.), an Associate Professor, Heating Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: heat saving in heat supply systems with introduction of heat pump and cogeneration technologies of energy carry production.

Vybornov Dmitry – a post-graduate student, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: energy saving in heat and hot water supply systems with use of heat pump techniques.

Shatskov Artem – a post-graduate student, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: heat saving in systems of autonomous heat supply.