

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт

Теплотехника и гидрогазодинамика

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 В.А. Кулагин

подпись инициалы, фамилия

« ____ » _____ 2016г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

140100.62- Промышленная теплоэнергетика

Проект системы отопления отдельно стоящего здания в г. Томске

Пояснительная записка

Руководитель  27.06.16 ст.преподаватель Л. Я. Жадаева
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник  29.06.16 А.В. Савенко
подпись, дата инициалы, фамилия

Нормаконтролер  27.06.16 Л.Я. Жадаева
подпись, дата инициалы, фамилия

Красноярск 2016г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Тепловой баланс помещения.....	4
2 Теплотехнический расчет наружных ограждений.....	5
2.1 Требуемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций.....	5
2.2 Конструкция наружных ограждений.....	6
2.3 Фактическое сопротивление теплопередаче.....	6
2.4 Тепловая инерция ограждений.....	6
2.5 Коэффициенты теплопередачи ограждений.....	7
2.6 Определение тепловых потерь помещениями.....	8
2.7 Добавочные теплотери через ограждения.....	9
2.8 Расход теплоты на нагрев инфильтрационного наружного воздуха.....	10
3 Расчет отопительных приборов.....	23
4 Гидравлический расчет.....	25
5 Оборудование автономной системы.....	29
5.1 Котел.....	29
5.2 Радиаторы.....	30
5.3 Расширительный бак.....	30
5.4 Насос.....	32
6 Экономический расчет проектируемой котельной.....	34
6.1 Техничко-экономические показатели котельной.....	38
6.2 Расчет себестоимости тепловой энергии.....	46
6.3 Калькуляция себестоимости тепловой энергии.....	49
6.4 Приведенные затраты.....	50
Приложение А. Результаты теплотехнических расчетов наружных ограждений.....	52
Заключение.....	54
Список использованных источников.....	55

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время наблюдается рост строительства индивидуальных жилых домов коттеджного типа. Многие горожане мечтают иметь свой собственный домик, вдали от города, где бы они могли проводить свободное время подальше от городского шума и смога. Но расставаясь с городом, человек не стремится отказаться от всех благ цивилизации. Загородный дом должен быть оборудован по последнему слову техники, а из крана течь горячая вода...

В данном случае источник тепла может находиться в самом доме, что существенно снизит потери и освободит от сооружения теплотрасс.

Коттеджные дома в основном не подключены к системе центрального теплоснабжения. Поэтому они проектируются на использование автономной системы, питающей один дом.

Отсюда следует, что целью данного проекта является решение проблемы отопления, т.е. обеспечение комфорта, экономии топлива и тд.

1 Тепловой баланс помещения

Система отопления предназначены для создания в помещениях зданий температурной обстановки, соответствующей комфортной для человека и отвечающей требованиям технологического процесса.

Выделяемая человеческим организмом теплота должна быть отдана окружающей среде так, чтобы человек не испытывал при этом ощущений холода или перегрева. Наряду с затратами на испарение с поверхности кожи и легких, теплота отдается с поверхности тела посредством конвекции и излучением. Интенсивность теплоотдачи конвекцией в основном определяется температурой и подвижностью окружающего воздуха, а посредством лучеиспускания – температурой поверхностей ограждений, обращенных в помещении.

Температурная обстановка в помещении зависит от тепловой мощности системы отопления, а также от расположения обогревающих устройств, теплозащитных свойств наружных ограждений, интенсивности других источников поступления и потерь теплоты. В холодное время года помещение теряет теплоту через наружные ограждения. Кроме того, теплота расходуется на нагрев наружного воздуха, который проникает в помещение через не плотности ограждений, а также на нагрев материалов, транспортных средств, изделий, одежды, которые холодными попадают с улицы в помещение.

В установившемся режиме потери равны поступлениям теплоты. Теплота поступает в помещение от технологического оборудования, источников искусственного освещения, от нагретых материалов, изделий, в результате прямого попадания через оконные проемы солнечных лучей, от людей.

Учет всех перечисленных источников поступления и потерь теплоты необходим при сведении тепловых балансов помещений здания. В гражданских зданиях теплота поступает в основном от системы отопления, а определяющей статьей расхода теплоты являются теплопотери через наружные ограждения.

2 Теплотехнический расчет наружных ограждений

2.1 Требуемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций

Ограждающие конструкции здания должны иметь регламентируемые нормами сопротивления теплопередаче. Эта величина определяется толщиной принятого в конструкции ограждения теплоизоляционного слоя, выбор которой и определение коэффициента теплопередачи K и является основной целью теплотехнического расчета.

При расчете ограждающих конструкций жилых зданий относительную влажность воздуха принимаем 55%. Влажностный режим помещений жилого дома нормальный. Зона влажности для данного района строительства сухая.

Условия эксплуатации ограждающих конструкций – А.

Требуемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$:

$$R_o^{mp} = \frac{(t_g - t_n)}{\alpha_g \cdot \Delta t_n} \cdot n, \quad (1)$$

где t_g – расчетная температура внутреннего воздуха, принимаемая согласно ГОСТ 12.1.005-88 и нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений;

t_n – расчетная зимняя температура наружного воздуха, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, принимается по СНиП 2.01.01-82;

Δt_n – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающих конструкций, принимается по СНиП II-3;

n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху, по СНиП II-3;

α_n – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, по СНиП II-3.

Результаты расчета сопротивления сводятся в таблицу А.2.

2.2 Конструкция наружных ограждений

Конструкция наружной стены:

- 1) Кирпич керамический пустотный плотностью 1300 кг/м³ на цементно-песчанном растворе
- 2) Пенопласт ПХВ-1 (ТУ 6-05-1179-75)

Конструкция чердачного перекрытия:

- 1) Деревянный пол
- 2) Утеплитель в 4 слоя «IZOVER» 610-КЛ-34-50
- 3) Плита перекрытия

Толщины слоев и некоторые характеристики материалов сводятся в таблицу А.1.

2.3 Фактическое сопротивление теплопередаче

Фактическое сопротивление теплопередаче, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$:

$$R_o^\phi = R_e + R_1 + \dots + R_n + R_n = \frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_n}, \quad (2)$$

где R_1, \dots, R_n – сопротивление теплопередаче отдельных слоев ограждения, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$;

R_e, R_n – сопротивление теплоперехода соответственно от воздуха помещения к внутренней поверхности ограждения и от наружной поверхности ограждения к наружному воздуху, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$;

$\delta_1, \dots, \delta_n$ – толщины отдельных слоев конструкции ограждения, м;

α_n – коэффициент теплоперехода от внешней поверхности ограждения к окружающему воздуху, $Вт/м^2 \cdot ^\circ C$, принимаемый по СНиП II-3-79* для наружных стен 23 $Вт/м^2 \cdot ^\circ C$, для чердачного перекрытия 12 $Вт/м^2 \cdot ^\circ C$.

Результаты расчета фактического сопротивления теплопередаче сводятся в таблицу А.2.

2.4 Тепловая инерция ограждений

Определяем степень инерционности ограждения. Это необходимо для выбора температуры наружно воздуха. Степень инерционности обуславливается коэффициентом тепловой инерции D , который рассчитывается по выражению:

$$D = R_1 \cdot s_1 + R_2 \cdot s_2 + \dots + R_n \cdot s_n , \quad (3)$$

где R_1, R_2, \dots, R_n – термические сопротивления отдельных слоев ограждающей конструкции, $m^2 \cdot ^\circ C / Bt$, определяемый формуле (4);

s_1, s_2, \dots, s_n – расчетные коэффициенты теплоусвоения материала отдельных слоев ограждающей конструкции, $Bt / m^2 \cdot ^\circ C$, принимаемый по СНиП II-3.

$$R = \frac{\delta}{\lambda} , \quad (4)$$

где R – термическое сопротивление слоя многослойной ограждающей конструкции, $m^2 \cdot ^\circ C / Bt$;

δ – толщина слоя, м;

λ – расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя,

$Bt / m^2 \cdot ^\circ C$, принимаемый по СНиП II-3-79*.

Ограждения в зависимости от D считаются: при $1,5 < D < 4$ – малой инерционности, $4 < D < 7$ – средней инерционности, $D > 7$ – большой инерционности. Ранее принятые значения степени инерционности совпадают с рассчитанными.

Результаты расчета тепловой инерции ограждений сводятся в таблицу А.2.

2.5 Коэффициенты теплопередачи ограждений

Коэффициент теплопередачи, $Bt / m^2 \cdot ^\circ C$:

$$K = \frac{1}{R_o^{\phi}}, \quad (5)$$

Результаты расчетов фактического сопротивления теплопередачи и коэффициентов теплопередачи сведены в таблицу А.1 и таблицу 1.

Таблица 1 – коэффициенты теплопередач наружных ограждений

Наименование	Сокращение	К, Вт
Наружная стена	Н.С.	0,297
Чердачное перекрытие	П.т.	0,203
Окна	О.	2
Наружные двери	Д.Н.	2,32

2.6 Определение тепловых потерь помещениями

Основное назначение системы отопления – компенсация теплотерь здания с целью поддержания в обогреваемых помещениях расчетное температурной обстановки. При определении тепловой нагрузки отопительной системы учитывают теплотери через ограждения здания, теплотери на нагревание инфильтрующегося воздуха, а также тепlopоступления от внутренних источников (бытовые тепlopоступления от жителей, электропотребляющего оборудования, кухонных плит и др.).

Теплотери Q через каждый вид ограждения, Вт:

$$Q = F \cdot K \cdot (t_g - t_{нpo}) \cdot n \cdot P, \quad (6)$$

где F – расчетная площадь ограждения, м²;

t_g – расчетная температура внутреннего воздуха, принимаемая согласно ГОСТ 12.1.005-88 и нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений;

$t_{нpo}$ – температура наружного воздуха для расчета теплотерь, по СНиП 2.04.05-91;

n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху, принимается по СНиП II-3-79*;

P – множитель, учитывающий дополнительные теплотери, определяемый из выражения:

$$P = 1 + \frac{\sum p}{100}, \quad (7)$$

где $\sum p$ – сумма дополнительных потерь теплоты через ограждения, принимаемая в процентах к основным тепловым потерям.

Расчеты теплотери сводятся в таблицу А.3.

2.7 Добавочные теплотери через ограждения

Дополнительные потери теплоты учитывают добавками к основным теплотерям. Величина добавок и условное их деление по определяющим факторам следующие:

- 1) Добавка на ориентацию по сторонам горизонта делается на все наружные вертикальные и наклонные ограждения. Величины добавок берутся в соответствии со схемой распределения добавок в долях к основным теплотерям на ориентацию наружных ограждения по сторонам горизонта (рисунок 1)

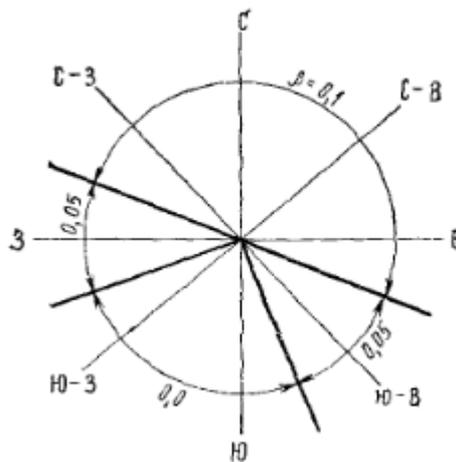


Рисунок 1 Ориентация наружных ограждений по сторонам горизонта

- 2) для горизонтально расположенных ограждений добавка в размере 0,05 вводится только для необогреваемых полов первого этажа над холодными подпольями зданий в местностях с расчетной температурой наружного воздуха минус 40 °С и ниже;
- 3) добавка на врывание холодного воздуха через наружные двери (не оборудованные воздушными завесами) при их кратковременном открывании при высоте здания H , м.

Для тройных дверей с двумя тамбурами добавка принимается в размере $\beta = 0,2 \cdot H$, для двойных дверей с тамбурами - $\beta = 0,27 \cdot H$, для двойных дверей без тамбура $\beta = 0,34 \cdot H$, для одинарных дверей $\beta = 0,22 \cdot H$.

2.8 Расход теплоты на нагрев инфильтрационного наружного воздуха

Количество наружного воздуха, поступающего в помещение в результате инфильтрации, зависит от конструктивно-планировочного решения здания, направления и скорости ветра, температуры воздуха, герметичности конструкций и особенно длины и вида притворов открывающихся окон, фонарей, дверей и тд.

Общий процесс обмена воздухом между помещениями и с наружным воздухом, который происходит под действием естественных сил и работы искусственных побудителей движения воздуха, называют воздушным режимом здания. Воздухообмен происходит через все воздухопроницаемые элементы (притворы, стыки, вентиляционные каналы и тд.) под действием разности давления.

Количество теплоты, потребное для нагревания инфильтрационного воздуха, $Q_{инф}$, определяется из выражения, Вт:

$$Q_{инф} = Q_в - Q_б, \quad (8)$$

где $Q_в$ – общее количество теплоты, затрачиваемое для нагревания вентиляционного воздуха, Вт;

$Q_б$ – бытовые тепловыделения.

Количество теплоты $Q_в$ определяется, для жилых комнат, по формуле:

$$Q_в = \varphi \cdot (t_в - t_{нро}) \cdot F_{П}, \quad (9)$$

где φ – коэффициент, принимаемый для жилых комнат зданий равным единице;

F_{II} – площадь пола жилой комнаты, м^2 .

Количество теплоты $Q_{\text{в}}$ для кухонь:

$$Q_{\text{в}} = 0,34 \cdot (V_{\text{min}} - 3 \cdot \sum F_{II}) \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{про}}), \quad (10)$$

где V_{min} – минимальный воздухообмен, равный для однокомнатной квартиры $110 \text{ м}^3/\text{ч}$; двухкомнатной - $125 \text{ м}^3/\text{ч}$; трехкомнатной - $140 \text{ м}^3/\text{ч}$;

$\sum F_{II}$ – суммарная площадь жилых комнат, м^2 .

Суммарные теплотери отпливаемого помещения $Q_{\text{ном}}$, Вт, определяются с учетом $Q_{\text{инф}}$. $Q_{\text{инф}}$ может принимать и отрицательное значение. Это означает, что теплопоступления с избытком компенсируют нагрев поступающего для вентиляции воздуха.

Результаты расчета расхода теплоты на нагрев инфильтрационного наружного воздуха сводятся в таблицу 2.

Таблица 2- Тепловые потери ограждающих элементов здания

№ п/п.	Наименование помещения и его температура, °С	Характеристика ограждения				Коэффициент термического сопротивления, R, м ² · °С/Вт	Расчетная разность температур, °С	Основные теплопотери через ограждения, Вт	Добавочные теплопотери			Коэффициент добавочных теплопотерь	Теплопотери через ограждения, Вт
		Наименование	Ориентация по сторонам света	Размер, м	Площадь, м ²				На стороны света	На ветер	Прочие		
0-1	(Цокольный этаж) Лестница	Пл.1з	-	2 × 2,49	4,98	2,15	60	137,45	-	-	-	1	137,5
	20	Пл.2з	-	0,77 × 2,49	1,92	4,3	60	26,496	-	-	-	1	26,5
		Н.С.	Ю	2,49 × 2,8	6,972	3,364	60	124,241	0	10	10	1,2	149,1
		Всего											313,1
0-2	Холл	Пл.2з	-	3,43 × 2,49	8,54	4,3	60	117,852	-	-	-	1	117,8
	20	Всего											117,8
0-3	Кладовая	Пл.1з	-	3,43 × 2,49 – 0,048	5,04	2,15	60	139,104	-	-	-	1	139,1
	20	Пл.2з	-	0,12 × 0,4	0,048	4,3	60	0,662	-	-	-	1	0,662

Продолжение таблицы 2

№ п/п.	Наименование помещения и его температура, °С	Характеристика ограждения				Коэффициент термического сопротивления, R, м ² · °С/Вт	Расчетная разность температур, °С	Основные теплопотери через ограждения, Вт	Добавочные теплопотери			Коэффициент добавочных теплопотерь	Теплопотери через ограждения, Вт
		Наименование	Ориентация по сторонам света	Размер, м	Площадь, м ²				На стороны света	На ветер	Прочие		
		Н.С.	Ю	2,4 × 2,8	6,72	3,364	60	119,75	0	10	10	1,2	143,7
		Н.С.	В	2,12 × 2,8	5,936	3,364	60	105,75	10	10	10	1,3	137,5
		Всего											420,9
0-4	Мастерская	Пл.1з	-	2 × 3,67	7,34	2,15	60	202,584	-	-	-	1	202,6
	20	Пл.2з	-	3,67 × 0,4	1,468	4,3	60	20,258	-	-	-	1	20,3
		О.	В	1,32 × 0,5	0,66	0,5	60	79,2	10	10	10	1,3	102,9
		Н.С.	В	3,67 × 2,8 – 0,66	9,616	3,364	60	171,357	10	10	10	1,3	222,8
		Всего											548,6
0-5	Комната отдыха	Пл.1з	-	5,14 × 2,28 – 0,88	10,84	2,15	60	299,184	-	-	-	1	299,2
	20	Пл.2з	-	3,14 × 0,28	0,88	4,3	60	12,144	-	-	-	1	12,14

Продолжение таблицы 2

№ п/п.	Наименование помещения и его температура, °С	Характеристика ограждения				Коэффициент термического сопротивления, R, м ² · °С/Вт	Расчетная разность температур, °С	Основные теплопотери через ограждения, Вт	Добавочные теплопотери			Коэффициент добавочных теплопотерь	Теплопотери через ограждения, Вт
		Наименование	Ориентация по сторонам света	Размер, м	Площадь, м ²				На стороны света	На ветер	Прочие		
		О.	С	1,16 × 0,5	0,58	0,5	60	69,6	10	10	10	1,3	90,48
		Н.С.	С	5,14 × 2,8 – 0,58	13,81	3,364	60	246,094	10	10	10	1,3	319,9
		Н.С.	В	2,28 × 2,8	6,384	3,364	60	113,763	10	10	10	1,3	147,9
		Всего											869,6
0-6	Тренажерная	Пл.1з	-	2,45 × 6,12 – 1,94	13,05	2,15	60	360,18	-	-	-	1	360,2
	20	Пл.2з	-	4,12 × 0,47	1,94	4,3	60	26,772	-	-	-	1	26,77
		О.	3	1,06 × 0,5	0,53	0,5	60	63,6	5	10	10	1,25	79,5
		Н.С.	3	6,12 × 2,8 – 0,53	16,61	3,364	60	295,99	5	10	10	1,25	369,9
		Н.С.	С	2,45 × 2,8	6,86	3,364	60	122,245	10	10	10	1,3	158,9

Продолжение таблицы 2

№ п/п.	Наименование помещения и его температура, °С	Характеристика ограждения				Коэффициент термического сопротивления, R, м ² · °С/Вт	Расчетная разность температур, °С	Основные теплопотери через ограждения, Вт	Добавочные теплопотери			Коэффициент добавочных теплопотерь	Теплопотери через ограждения, Вт
		Наименование	Ориентация по сторонам света	Размер, м	Площадь, м ²				На стороны света	На ветер	Прочие		
		Всего											995,3
0-7	Котельная	Пл.1з	-	2,45 × 2,12 – 0,06	5,134	2,15	60	141,698	-	-	-	1	141,7
	20	Пл.2з	-	0,47 × 0,12	0,06	4,3	60	0,828	-	-	-	1	0,828
		Н.С.	З	2,12 × 2,8	5,936	3,364	60	105,75	5	10	10	1,25	132,2
		Н.С.	Ю	2,45 × 2,8	6,86	3,364	60	122,245	0	10	10	1,2	146,7
		Всего											421,4
1-1	(Первый этаж) Тамбур	Д.Н.	Ю	0,84 × 1,95	1,638	0,43	60	228,01	0	10	10	1,2	273,6
	20	Н.С.	Ю	2,37 × 2,8 – 1,638	4,998	3,364	60	89,064	0	10	10	1,2	106,9
		Н.С.	В	1,22 × 2,8	3,416	3,364	60	60,873	10	10	10	1,3	79,13

Продолжение таблицы 2

№ п/п.	Наименование помещения и его температура, °С	Характеристика ограждения				Коэффициент термического сопротивления, R, м ² · °С/Вт	Расчетная разность температур, °С	Основные теплопотери через ограждения, Вт	Добавочные теплопотери			Коэффициент добавочных теплопотерь	Теплопотери через ограждения, Вт
		Наименование	Ориентация по сторонам света	Размер, м	Площадь, м ²				На стороны света	На ветер	Прочие		
		Всего											459,6
1-2	Холл-прихожая	О.	В	1,47 × 1,16	1,71	0,5	60	205,2	10	10	10	1,3	266,8
	20	Н.С.	В	2,2 × 2,8 – 1,71	4,45	3,364	60	79,299	10	10	10	1,3	103,1
		Всего											369,9
1-3	Лестница	О.	Ю	0,92 × 1,47	1,35	0,5	60	162	0	10	10	1,2	194,4
	20	Н.С.	Ю	2,53 × 2,8 – 1,35	5,734	3,364	60	102,18	0	10	10	1,2	122,6
		Всего											317
1-5	Гостиная	О.1	С	1,08 × 1,47	1,59	0,5	60	190,8	10	10	10	1,3	248,1
	20	О.2	С	1,16 × 1,47	1,71	0,5	60	205,2	10	10	10	1,3	266,8

Продолжение таблицы 2

№ п/п.	Наименование помещения и его температура, °С	Характеристика ограждения				Коэффициент термического сопротивления, R, м ² · °С/Вт	Расчетная разность температур, °С	Основные теплопотери через ограждения, Вт	Добавочные теплопотери			Коэффициент добавочных теплопотерь	Теплопотери через ограждения, Вт
		Наименование	Ориентация по сторонам света	Размер, м	Площадь, м ²				На стороны света	На ветер	Прочие		
		О.3	В	1,16 × 1,47	1,71	0,5	60	205,2	10	10	10	1,3	266,8
		Н.С.	С	5,14 × 2,8 – 3,3	11,09	3,364	60	197,624	10	10	10	1,3	256,9
		Н.С.	В	4,89 × 2,8 – 1,71	11,98	3,364	60	213,484	10	10	10	1,3	277,5
		Всего											1316
1-6	Кухня	О.1	3	1,08 × 1,47	1,59	0,5	60	190,8	5	10	10	1,25	238,5
		О.2	3	0,67 × 1,47	0,98	0,5	60	117,6	5	10	10	1,25	147
		О.3	С	1,16 × 1,47	1,71	0,5	60	205,2	10	10	10	1,3	266,8
		Н.С.	3	4,49 × 2,8 – 2,57	10,00	3,364	60	178,2	5	10	10	1,25	222,7

Продолжение таблица 2

№ п/п.	Наименование помещения и его температура, °С	Характеристика ограждения				Коэффициент термического сопротивления, R, м ² · °С/Вт	Расчетная разность температур, °С	Основные теплопотери через ограждения, Вт	Добавочные теплопотери			Коэффициент добавочных теплопотерь	Теплопотери через ограждения, Вт
		Наименование	Ориентация по сторонам света	Размер, м	Площадь, м ²				На стороны света	На ветер	Прочие		
		Н.С.	С	2,45 × 2,8 – 1,71	5,15	3,364	60	91,773	10	10	10	1,3	119,3
		Всего											994,3
1-7	Санузел	О.	3	0,67 × 1,47	0,98	0,5	60	117,6	5	10	10	1,25	147
	20	Н.С.	3	1,47 × 2,8 – 0,98	3,136	3,364	60	55,884	5	10	10	1,25	69,8
		Всего											216,8
1-8	Техпомещени е	О.	Ю	1,16 × 1,47	1,71	0,5	60	205,2	0	10	10	1,2	246,2
	20	Н.С.	Ю	2,45 × 2,8 – 1,71	5,15	3,364	60	91,773	0	10	10	1,2	110,1
		Н.С.	3	2,12 × 2,8	5,936	3,364	60	105,78	5	10	10	1,25	132,2

Продолжение таблицы 2

№ п/п.	Наименование помещения и его температура, °С	Характеристика ограждения				Коэффициент термического сопротивления, R, м ² · °С/Вт	Расчетная разность температур, °С	Основные теплопотери через ограждения, Вт	Добавочные теплопотери			Коэффициент добавочных теплопотерь	Теплопотери через ограждения, Вт
		Наименование	Ориентация по сторонам света	Размер, м	Площадь, м ²				На стороны света	На ветер	Прочие		
		Всего											488,5
2-1	(Второй этаж) Лестница	О.	Ю	0,92 × 1,47	1,35	0,5	60	162	0	10	10	1,2	194,4
	20	Н.С.	Ю	2,53 × 2,8 – 1,35	5,734	3,364	60	102,18	0	10	10	1,2	122,6
		П.т.	-	2,53 × 2,53	6,4	4,92	60	77,95	-	-	-	1	77,95
		Всего											394,9
2-2	Холл	П.т.	-	2,53 × 2,19	5,54	4,92	60	67,48	-	-	-	1	67,48
	20	Всего											67,48
2-3	Спальня	О.1	С	1,08 × 1,47	1,59	0,5	60	190,8	10	10	10	1,3	248,1
	20	О.2	С	1,16 × 1,47	1,71	0,5	60	205,2	10	10	10	1,3	266,8

Продолжение таблицы 2

№ п/п.	Наименование помещения и его температура, °С	Характеристика ограждения				Коэффициент термического сопротивления, R, м ² · °С/Вт	Расчетная разность температур, °С	Основные теплопотери через ограждения, Вт	Добавочные теплопотери			Коэффициент добавочных теплопотерь	Теплопотери через ограждения, Вт
		Наименование	Ориентация по сторонам света	Размер, м	Площадь, м ²				На стороны света	На ветер	Прочие		
		Н.С.	С	5,14 × 2,8 – 3,3	11,09	3,364	60	197,6	10	10	10	1,3	256,9
		Н.С.	В	3,59 × 2,8	10,05	3,364	60	179,1	10	10	10	1,3	232,8
		П.т.	-	5,14 × 3,59	18,45	4,92	60	224,7	-	-	-	1	224,7
		Всего											1229
2-4	Спальня	О.1	3	1,08 × 1,47	1,59	0,5	60	190,8	5	10	10	1,25	248,1
	20	О.2	С	1,16 × 1,47	1,71	0,5	60	205,2	10	10	10	1,3	266,8
		Н.С.	3	4,98 × 2,8 – 1,59	12,35	3,364	60	220,1	5	10	10	1,25	275,1
		Н.С.	С	2,45 × 2,8 – 1,71	5,15	3,364	60	91,773	10	10	10	1,3	119,3

Продолжение таблицы 2

№ п/п.	Наименование помещения и его температура, °С	Характеристика ограждения				Коэффициент термического сопротивления, R, м ² · °С/Вт	Расчетная разность температур, °С	Основные теплопотери через ограждения, Вт	Добавочные теплопотери			Коэффициент добавочных теплопотерь	Теплопотери через ограждения, Вт
		Наименование	Ориентация по сторонам света	Размер, м	Площадь, м ²				На стороны света	На ветер	Прочие		
		П.т.	-	4,98 × 2,45	12,2	4,92	60	148,59	-	-	-	1	148,6
		Всего											1058
2-5	Детская	О.	В	1,32 × 1,47	1,94	0,5	60	232,8	10	10	10	1,3	302,6
	20	Д.Н.	Ю	0,84 × 1,95	1,638	0,43	60	228,01	0	10	10	1,2	273,6
		Н.С.	В	4,73 × 2,8 – 1,94	11,03	3,364	60	196,55	10	10	10	1,3	255,5
		Н.С.	Ю	2,53 × 2,8 – 1,638	5,45	3,364	60	97,119	0	10	10	1,2	116,5
		П.т.	-	4,73 × 2,53	11,97	4,92	60	145,79	-	-	-	1	145,8
		Всего											1094
2-6	Ванная	О.	Ю	1,16 × 1,47	1,71	0,5	60	205,2	0	10	10	1,2	266,8

Продолжение таблицы 2

№ п/п.	Наименование помещения и его температура, °С	Характеристика ограждения				Коэффициент термического сопротивления, R, м ² · °С/Вт	Расчетная разность температур, °С	Основные теплопотери через ограждения, Вт	Добавочные теплопотери			Коэффициент добавочных теплопотерь	Теплопотери через ограждения, Вт
		Наименование	Ориентация по сторонам света	Размер, м	Площадь, м ²				На стороны света	На ветер	Прочие		
	20	Н.С.	Ю	2,45 × 2,8 – 1,71	5,15	3,364	60	91,773	0	10	10	1,2	110,1
		Н.С.	З	3,34 × 2,8	9,35	3,364	60	166,62	5	10	10	1,25	208,3
		П.т.	-	3,34 × 2,45	8,183	4,92	60	99,67	-	-	-	1	99,67
		Всего											684,9

3 Расчет отопительных приборов

Отопительный прибор должен компенсировать дефицит теплоты в помещении. Использование приборов той или иной конструкции и их установка в различных местах помещения не должны приводить к заметному перепаду теплоты. Показателем, учитывающим эти свойства, является отопительный эффект прибора, который показывает отношение количества затрачиваемой прибором теплоты для создания в помещении заданных тепловых значений к расчетным потерям теплоты помещением.

Тепловой расчет отопительных приборов заключается в определении площади внешней нагревательной поверхности прибора, обеспечивающей необходимое теплопоступление в помещение. Для всех помещений дома принимаем алюминиевые радиаторы VOX R 500. Основные характеристики секции этого радиатора при $t = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ следующие:

- номинальный тепловой поток – 193 Вт
- вместимость – 0,46 л.
- масса – 1,45
- рабочее давление – до 1,6 МПа
- температура – до 110 $^{\circ}\text{C}$

Расчет отопительных приборов производится по следующей схеме:

- 1) вычерчивается расчетная схема стояка с указанием в каждом из приборов его тепловой мощности $Q_{\text{пр}}$, Вт;
- 2) выявляется по сумме тепловой мощности подключенных приборов тепловая нагрузка $Q_{\text{ст}}$, Вт;
- 3) определяется массовый расход воды в стояке $G_{\text{ст}}$ (для однотрубных систем), кг/ч,

$$G_{\text{ст}} = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{ст}}}{c \cdot (t_n - t_0)}, \quad (11)$$

где c – удельная теплоемкость воды, равная 4,19 кДж/(кг · $^{\circ}\text{C}$);

t_n, t_0 – температура воды в начале и конце стояка соответственно, $^{\circ}\text{C}$,

$t_n = 95\text{ }^{\circ}\text{C}, t_0 = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$;

$Q_{\text{ст}}$ – тепловая нагрузка стояка, Вт.

- 4) вычисляется средняя температура воды в каждом приборе стояка, для однотрубных стояков:

$$t_{np} = t_n - \frac{3,6}{G_{cm} \cdot c} \cdot \left(\sum Q + \frac{Q_{np}}{2 \cdot \alpha} \right), \quad (12)$$

где $\sum Q$ – суммарная тепловая мощность приборов, расположенных выше этажеузлов, Вт;

Q_{np} – тепловая мощность рассчитываемого прибора, Вт:

α – коэффициент затекания воды в прибор, принимаемый при двухстороннем подключении приборов равным 0,5, при одностороннем минус 1.

5) определяется тепловой поток отопительного прибора, Вт:

$$q_{np} = q_{ном} \cdot \left(\frac{\Delta t_{np}}{70} \right)^p \cdot \left(\frac{G_{np}}{360} \right)^m, \quad (13)$$

где $q_{ном}$ – номинальный тепловой поток прибора, полученный в результате тепловых испытаний различных типов отопительных приборов;

Δt_{np} – средняя разность температур теплоносителя в приборе и окружающего воздуха, °С;

G_{np} – расход теплоносителя через отопительный прибор;

p – экспериментальный показатель степени;

m – экспериментальный показатель степени.

б) определяется число секций радиаторов настенных, шт:

$$n = \frac{Q_{np}}{q_{np}} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3, \quad (14)$$

где β_1 – коэффициент, учитывающий направление движения теплоносителя в приборе (для схем: сверху-вниз $\beta_1 = 1$; снизу-вверх $\beta_1 = 1,2$; снизу-вниз $\beta_1 = 1,1$);

β_2 – коэффициент, учитывающий способ установки прибор: открытая установка $\beta_2 = 1$; наличие перед приборами сплошного крана, усиливающего естественную циркуляцию воздуха $\beta_2 = 0,9$; наличие декоративного укрытия $\beta_2 = 1,1$; при установке прибора в открытой нише или в два ряда по высоте $\beta_2 = 1,05$;

где h_l – удельная потеря давления по длине трубопровода, Па;

h_m – потеря давления на местное сопротивление, Па.

Потери давления по длине трубопровода, h_l , Па, можно определить по формуле:

$$h_l = \lambda \cdot \frac{L}{d_p} \cdot \frac{V^2 \cdot \rho}{2}, \quad (16)$$

где λ – коэффициент сопротивления по длине;

V – скорость течения теплоносителя, м/с;

d_p – расчетный диаметр трубы, м.

Коэффициент сопротивления по длине λ следует определять по формуле Альтшуля:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{K_{\text{Э}}}{d_p} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, \quad (17)$$

где $K_{\text{Э}}$ – коэффициент эквивалентной шероховатости, $1 \cdot 10^{-5}$ м.

Число Рейнольдса определяется по формуле:

$$Re = \frac{d_p \cdot V}{\nu_t}, \quad (18)$$

где ν_t – коэффициент кинематической вязкости теплоносителя, $\text{м}^2/\text{с}$.

Приведенные (внутренний) диаметр d_p определяется по формуле:

$$d_p = 0,5 \cdot (2 \cdot d_H + \Delta d_H - 4 \cdot S - 2 \cdot \Delta S), \quad (19)$$

где d_H – наружный диаметр трубы, м;

Δd_H – допуск на наружный диаметр трубы, м;

S – толщина стенки трубы, м;

ΔS – допуск на толщину стенки трубы, м.

Падение давления на преодоление местных сопротивлений, h_m , Па, может быть определено из зависимости:

$$h_m = \sum \zeta \cdot \frac{v^2 \cdot \rho}{2}, \quad (20)$$

где $\sum \zeta$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений на рассчитываемом участке трубопровода.

Результаты гидравлического расчета сводятся в таблицу 3.

Таблица 3 – Гидравлический расчет системы водяного отопления

№ участка	Внутренний диаметр d, м	Скорость V, м/с	λ	Длина участка, м	Потери давления на линейные сопротивления, $h_{л}$, Па	ζ	Потери давления в местных сопротивлениях, $h_{м}$, Па	Суммарные потери давления, ΔP , Па
1	0,027	0,3	0,027	13,181	576,42	2	87,46	663,88
2	0,027	0,3	0,027	2,315	101,237	2,3	100,581	201,818
3	0,027	0,3	0,027	3,077	134,56	4,3	188,043	322,603
4	0,027	0,3	0,027	3,033	132,636	4,3	188,043	320,679
5	0,027	0,3	0,027	2,442	106,791	2	87,46	194,251
6	0,027	0,3	0,027	2,302	100,669	2,3	100,581	201,25
7	0,027	0,3	0,027	3,005	131,412	4,3	188,043	319,455
8	0,027	0,3	0,027	3,825	167,271	2,3	100,581	267,852
9	0,027	0,3	0,027	5,134	224,515	1	43,731	268,246
10	0,027	0,3	0,027	2,302	100,669	4,45	194,603	295,272
11	0,027	0,3	0,027	3,005	131,412	8,6	376,087	507,499
12	0,027	0,3	0,027	2,966	129,706	6,45	282,065	411,771
13	0,027	0,3	0,027	7600	332,356	2	87,462	419,818
14	0,027	0,3	0,027	3,203	140,07	2,3	100,581	240,651
15	0,027	0,3	0,027	3,008	131,543	6,45	282,065	413,608
16	0,027	0,3	0,027	3,033	132,636	6,45	282,065	414,701
17	0,027	0,3	0,027	4,502	196,877	2	87,462	284,339
18	0,027	0,3	0,027	3,385	148,029	2,3	100,581	248,61
19	0,027	0,3	0,027	2,946	128,832	4,3	188,043	316,875
20	0,027	0,3	0,027	3,024	132,243	4,3	188,043	320,286
21	0,027	0,3	0,027	3,496	152,884	1	43,731	196,615
22	0,027	0,3	0,027	3,825	167,271	2,3	100,581	267,852
23	0,027	0,3	0,027	2,946	128,832	4,3	188,043	316,875
24	0,027	0,3	0,027	1,908	83,439	2,3	100,581	184,02
25	0,027	0,3	0,027	30,264	1323	8	349,848	1673
Общие потери , Па								9272

5 Оборудование автономной системы

5.1 Котел

Чтобы покрыть тепловые потери, составляющие 14943 Вт, выбираем настенный газовый котел “Haier Falco L1P20-F21(T)”.

Управление работой котла осуществляется с помощью встроенного микропроцессора, осуществляющего автоматическую диагностику и модуляцию мощности горения пламени. Котлы разработаны немецкими инженерами для систем поквартирного отопления и водоснабжения и максимально адаптированы к эксплуатации в России.

Не требовательны к качеству воды и устойчиво работают при минимальном давлении газа. Медный теплообменник позволяет котлу долго служить своим хозяевам, а многочисленные датчики безопасности обеспечивают стабильную и бесперебойную работу.



Рисунок 3- Haier Falco L1P20-F21(T)

Технические характеристики:

- высота 750 мм;
- глубина 320 мм;
- ширина 403 мм;
- КПД 92 %.

В качестве резервного котла выбираем электродкотел отопительный, СКАТ 18 KR.

5.2 Радиаторы

Для всех помещений дома принимаем алюминиевые радиаторы VOX R 500.

Основные характеристики секции этого радиатора при $t = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ следующие:

- номинальный тепловой поток – 193 Вт;
- вместимость – 0,46 л;
- масса – 1,45 кг;
- рабочее давление – до 1,6 МПа;
- температура – до 110 $^\circ\text{C}$.

Радиаторы такого типа позволяют легко и без существенных затрат регулировать температурный режим. В короткий промежуток времени достигается идеальная температура в каждом помещении в соответствии с индивидуальными потребностями человека и обеспечивается экономия энергетических ресурсов.

Кроме того, небольшой вес алюминия позволяет быстро и точно выполнить монтажные работы.

5.3 Расширительный бак

Мембранный расширительный бак предназначен для компенсации теплового расширения воды в системе отопления.

Для расчета рабочего объема мембранного расширительного бака необходимо определить суммарный объем системы отопления сложением водяных объемов котла, отопительных приборов, трубопроводов.

Объем расширительного бака:

$$V = \frac{V_0 \cdot E}{D}, \quad (21)$$

где V_0 – суммарный объем системы (котел, радиаторы, трубы), л.

$$V_{\text{котл}} = 0,066 \text{ м}^3 ;$$

$$V_{\text{рад}} = 0,038 \text{ м}^3 ;$$

$$V_{mp} = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot l}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,027^2 \cdot 122,3}{4} = 0,07 \text{ м}^3 .$$

$$V_0 = 0,066 + 0,038 + 0,07 = 0,174 \text{ м}^3 = 174 \text{ л};$$

E – коэффициент расширения жидкости, %. Для водяных систем с максимальной температурой 90 °С равен 4%;

D – эффективность мембранного расширительного бака. Определяется по формуле:

$$D = \frac{P_V - P_S}{P_S + 1}, \quad (22)$$

где P_V – максимальное рабочее давление системы отопления, для коттеджей равно 2,5 бар;

P_S – давление зарядки мембранного расширительного бака, равно статическому давлению системы отопления, $P_S = 0,5$ бар.

$$D = \frac{2,5 - 0,5}{2,5 + 1} = 0,57$$

$$V = \frac{174 \cdot 0,04}{0,57} = 12,2 \text{ л}.$$

Принимаем по каталогу расширительный бак Reflex NG 18.



Емкость: 18 литров.

5.4 Насос

Насос установлен на обратном трубопроводе, по СП 41-101-95- напор выбирают в зависимости от давления в тепловой сети и требуемого давления в системе отопления с запасом в 2-3 м. Исходя из гидравлического расчета системы отопления, потери давления теплоносителя составляют $\Delta P = 9272 \text{ Па} = 1 \text{ м}$. Принимая запас в 3 метра, имеем напор циркуляционного насоса равный 4 м.

Подачу насоса вычисляем по формуле:

$$G = 1,1 \cdot G_0 \cdot (1 + \mu), \quad (23)$$

$$\mu = \frac{\tau_1 - \tau_{o1}}{\tau_{o1} - \tau_2}, \quad (24)$$

$$G_0 = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{max}}}{(\tau_1 - \tau_2) \cdot c}, \quad (25)$$

где Q_{max} – максимальный тепловой поток на отопления, Вт;

c – удельная теплоемкость воды, Дж/(кг · К);

τ_1 – температура воды в подающем трубопроводе равная 95 °С при расчетной температуре наружного воздуха для проектируемого отопления $t_0 = -40 \text{ °С}$;

τ_{o1} – температура воды в подающем трубопроводе системы отопления равная 95 °С;

τ_2 – температура воды в обратном трубопроводе равная 70 °С.

$$\mu = \frac{95 - 95}{95 - 70} = 0.$$

$$G_0 = \frac{3,6 \cdot 14934}{(95 - 70) \cdot 4190} = 0,513 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

$$G = 1,1 \cdot 0,513 \cdot (1 + 0) = 0,564 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Исходя из полученных данным выбираем циркуляционный насос ALPHA2 32-40 180.

Напор $H_{max} = 4 \text{ м};$

Подача $G_{max} = 2,4 \text{ м}^3/\text{ч}.$

6 Экономический расчет проектируемой котельной

Целью экономического расчета проектируемого коттеджа является определение себестоимости 1 Гкал отпускаемой теплоты. Произведен расчет технико-экономических показателей.

Смета расходов по оборудованию системы отопления и индивидуальной котельной коттеджа с твердотопливным котлом представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Оборудование и материалы котельной с твердотопливным котлом в ценах на 2016 год

Материалы и оборудование	Параметры	Ед. измер.	Кол-во	Цена,руб.	Стоимость руб.
Водопровод, ГВС					
Трубопровод из полипропиленовых труб	$D_y 32$	м	40	37,70	1508
Кран шаровый		шт	24	1720	41280
Фильтр сетчатый	$D_y 32$	шт	1	62,10	62,10
Манометр		шт	1	150	150
Обратный клапан		шт	1	675	675
Канализация					
Трубы полипропиленовые канализационные	$\emptyset 100$	м	15	54,00	810
Ревизия	$\emptyset 50$	шт	1	88	88
Отопление					
Трубопровод из стальных водопроводных оцинкованных труб (ГОСТ 3262-75)	$D_y 35$	м	70	60,50	11550
“VOX R-500” 3 секции		шт	7	1740	12180
“VOX R-500” 4 секции		шт	7	2320	16247
“VOX R-500” 5 секции		шт	2	2900	5800
“VOX R-500” 7 секции		шт	1	4060	4060
“VOX R-500” 8 секции		шт	1	4640	4640
“VOX R-500” 9 секции		шт	1	5220	5220
Кран Маевского		шт	19	93,00	1767
Кран шаровый Minkor	$D_y 32$	шт	68	101,00	6868

Продолжение таблицы 4

Материалы и оборудование	Параметры	Ед. измер.	Кол-во	Цена,руб.	Стоимость руб.
Теплоноситель (вода)		м ³	0,174	34,14	5,94
ИТП					
Котел твердотопливный Бобер 20 DLO	20 кВт	шт	1	64200	64200
Котел электрический СКАТ 18 KR	18 кВт	шт	1	43800	43800
Группа безопасности Stiebel eltron SV EX1/2	3 бара	шт	2	900	1800
Прочее					
Мембранные расширительный бак Reflex NG 18	18 л	шт	1	2517	2517
Циркуляционный насос ALPHA2 32-40 180		шт	1	7200	14200
Итого стоимость оборудования и материалов					239422,1
Стоимость монтажных работ, 50%					239422,1
Итого					478844,2

Цены взяты с сайтов:

<http://leroymerlin.ru>;

https://www.protherm.ru/klientam/produkcija-protherm/dlo-772.ru_ru.html - твердотопливный котел;

<http://www.teplostyle.ru/global-vox-r-500/> - радиаторы;

<http://www.ampika.ru/oborudovanie.html?id=10681&gclid=CNT3sbfhgsc0CFeX7cgodBoYE8A> – циркуляционный насос

<http://www.rusklimat.ru/catalog/flash-tanks-and-hydraulic-accumulators/> - расширительный бак

Смета расходов по оборудованию системы отопления и индивидуальной котельной коттеджа с газовым котлом представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Оборудование и материалы котельной с газовым котлом в ценах на 2016 год

Материалы и оборудование	Параметры	Ед. измер.	Кол-во	Цена,руб.	Стоимость руб.
Водопровод, ГВС					
Трубопровод из полипропиленовых труб	$D_y 32$	м	40	37,70	1508
Кран шаровый		шт	24	1720	41280
Фильтр сетчатый	$D_y 32$	шт	1	62,10	62,10
Манометр		шт	1	150	150
Обратный клапан		шт	1	675	675
Канализация					
Трубы полипропиленовые канализационные	$\emptyset 100$	м	15	54,00	810
Ревизия	$\emptyset 50$	шт	1	88	88
Отопление					
Трубопровод из стальных водопроводных оцинкованных труб (ГОСТ 3262-75)	$D_y 35$	м	70	60,50	11550
“VOX R-500” 3 секции		шт	7	1740	12180
“VOX R-500” 4 секции		шт	7	2320	16247
“VOX R-500” 5 секции		шт	2	2900	5800
“VOX R-500” 7 секции		шт	1	4060	4060
“VOX R-500” 8 секции		шт	1	4640	4640
“VOX R-500” 9 секции		шт	1	5220	5220
Кран Маевского		шт	19	93,00	1767
Кран шаровый Minkor	$D_y 32$	шт	68	101,00	6868

Продолжение таблицы 5

Материалы и оборудование	Параметры	Ед. измер.	Кол-во	Цена,руб.	Стоимость руб.
Теплоноситель (вода)		м ³	0,174	34,14	5,94
ИТП					
Котел газовый Haier Falco L1P20- F21(T)	18 кВт	шт	1	35000	35000
Котел электрический СКАТ 18 KR	18 кВт	шт	1	43800	43800
Группа безопасности Stiebel eltron SV EX1/2	3 бара	шт	2	900	1800
Прочее					
Мембранные расширительный бак Reflex NG 18	18 л	шт	1	2517	2517
Циркуляционный насос ALPHA2 32-40 180		шт	1	7200	14200
Итого стоимость оборудования и материалов					210222,1
Стоимость монтажных работ, 50%					210222,1
Итого					420444,2

Цены взяты с сайтов:

https://haieronline.ru/catalog/gas_boilers/haier_falco_11p20-f21/ -
газовый котле.

6.1 Техничко-экономические показатели котельной

Местонахождения котельной: г. Томск.

Источник теплоты: твердое топливо (уголь) или природный газ, электроэнергия.

Основной котел: твердотопливный или газовый.

Резервный котел: электрический

Твердотопливный котел: Бобер 20 DLO.

Газовый котел: Haier Falco L1P20-F21(T).

Электрический котел: СКАТ 18 KR.

Система теплоснабжения: закрытая.

Для определения основного типа котла проводим сравнительный расчет.

Результаты расчета сведены в таблицу 6.

Таблица 6- Техничко-экономические показатели котельной

Показатель	Формула расчета			Расчет	Результат расчета
	Условное обозначение	Единица измерения	Исходные данные		
Показатели мощности котельной, структуры и объема отпуска тепловой энергии					
1 Установленная мощность котельной					
1.1 по твердо-топливному котлу	$Q_y^{тв} = Q_{ном}^{тв} \cdot M_{тв}$,	ГДж/ч		$0,072 \cdot 1 =$	0,072
	где $Q_{ном}^{тв}$ – номинальная производительность твердоотопливного котла	ГДж/ч	0,072		
	$M_{тв}$ – количество установленных твердоотопливных котлов	Ед.	1		
1.2 по газовому котлу	$Q_y^{газ} = Q_{ном}^{газ} \cdot M_{газ}$,	ГДж/ч		$0,065 \cdot 1 =$	0,065
	где $Q_{ном}^{газ}$ – номинальная производительность газового котла	ГДж/ч	0,065		
	$M_{газ}$ – количество установленных газовых котлов котлов	Ед.	1		
2 Годовой отпуск тепла	$Q_o^{год} = 24 \cdot P_o \cdot Q_o^{max} \cdot \frac{t_{вн} - t_o^{cp}}{t_{вн} - t_{po}} \cdot 10^{-3}$,	тыс. ГДж		$24 \cdot 236 \cdot 0,054 \cdot \frac{20 - (-8,4)}{20 - (-40)}$ $\cdot 10^{-3}$	0,145
2.1 на отопление	где P_o – продолжительность отопительного сезона	Сут.	236		
	$t_{вн}$ – расчетная температура воздуха внутри помещений	°С	20		

Продолжение таблицы 6

Показатель	Формула расчета			Расчет	Результат расчета
	Условное обозначение	Единица измерения	Исходные данные		
Показатели мощности котельной, структуры и объема отпуска тепловой энергии					
	t_o^{cp} – средняя температура наружного воздуха за отопительный период	°С	-8,4		
	Q_o^{max} – максимальный расход теплоты на отопление	ГДж/ч	0,054		
3 Годовая выработка тепла	$Q_{выр}^{год} = \left(1 + \frac{K_{сн}}{100}\right) \cdot Q_o^{год} \cdot \left(1 + \frac{K_n}{100}\right)$,	тыс. ГДж		$0,145 \cdot \left(1 + \frac{2}{100}\right) =$	0,148
	где $K_{сн}$ – коэффициент, учитывающий расход тепла на собственные нужды котельной	%	0		
	K_n – коэффициент, учитывающий потери тепла в котельной	%	2		
4 Число часов использования установленной мощности					
4.1 по твердо-топливному котлу	$h_y = \frac{Q_{выр}^{год}}{Q_y^{те}}$	ч		$\frac{0,148 \cdot 10^3}{0,072} =$	2056
4.2 по газово-му котлу	$h_y = \frac{Q_{выр}^{год}}{Q_y^{газ}}$	ч		$\frac{0,148 \cdot 10^3}{0,065} =$	2277

Продолжение таблицы 6

Показатель	Формула расчета			Расчет	Результат расчета
	Условное обозначение	Единица измерения	Исходные данные		
Показатели расхода природных ресурсов					
5 Удельный расход топлива на ед.теплоты					
5.1 условного					
5.1.1 по твердотопливному котлу	$b_y = \frac{1000}{7 \cdot \eta_k^{cp.в}}$	кг/ГДж		$\frac{1000}{7 \cdot 0,708 \cdot 4,19} =$	48,156
	где $\eta_k^{cp.в}$ – средневзвешенные КПД твердотопливного котла	%	70,8		
5.1.2 по газовому котлу	$b_y = \frac{1000}{7 \cdot \eta_k^{cp.в}}$	м ³ /ГДж		$\frac{1000}{7 \cdot 0,92 \cdot 4,19} =$	37,06
	где $\eta_k^{cp.в}$ – средневзвешенные КПД газового котла	%	92		
5.2 натурального					
5.2.1 по твердотопливному котлу	$b_n = \frac{b_y \cdot 7000}{Q_n^p}$	кг/ГДж		$\frac{48,156 \cdot 7000}{5400} =$	62,42
	где Q_n^p – теплотворная способность каменного угля	ккал/кг	5400		
5.2.2 по газовому котлу	$b_n = \frac{b_y \cdot 7000}{Q_n^p}$	м ³ /ГДж		$\frac{37,06 \cdot 7000}{8350} =$	31,068

Продолжение таблицы 6

Показатель	Формула расчета			Расчет	Результат расчета
	Условное обозначение	Единица измерения	Исходные данные		
Показатели расхода природных ресурсов					
6 Годовой расход топлива					
6.1 условного					
6.1.1 по твердотопливному котлу	$B_{y.zod} = b_y \cdot Q_{выр}^{zod} \cdot \left(1 + \frac{K_{nm}}{100}\right),$	т		$48,156 \cdot 0,148 \cdot \left(1 + \frac{2}{100}\right)$	7,27
	где K_{nm} – потери твердого топлива при транспортировке	%	2		
6.1.2 по газовому котлу	$B_{y.zod} = b_y \cdot Q_{выр}^{zod}$			$37,06 \cdot 0,148 =$	5,48
6.2 натурального					
6.2.1 по твердотопливному котлу	$B_{н.zod} = B_{y.zod} \cdot \frac{7000}{Q_n^p}$	т		$7,27 \cdot \frac{7000}{5400} =$	9,42
6.2.2 по газовому котлу	$B_{н.zod} = B_{y.zod} \cdot \frac{7000}{Q_n^p}$			$5,48 \cdot \frac{7000}{8350} =$	4,594
7 Уд.расход топлива на ед. отпущ.тепл					
7.1 условного					
7.1.1 по твердотопливному	$b_{y.отп} = \frac{B_{y.zod}}{Q_o^{zod}}$	кг/ГДж		$\frac{7,27}{0,145} =$	50,138

Продолжение таблицы 6

Показатель	Формула расчета			Расчет	Результат расчета
	Условное обозначение	Единица измерения	Исходные данные		
Показатели расхода природных ресурсов					
7.1.2 по газовому котлу	$b_{y.omn} = \frac{B_{y.zod}}{Q_o^{zod}}$	м ³ /ГДж		$\frac{5,48}{0,145} =$	37,793
7.2 натурального					
7.2.1 по твердотопливному котлу	$b_{n.omn} = \frac{B_{n.zod}}{Q_o^{zod}}$	кг/ГДж		$\frac{9,42}{0,145} =$	64,96
7.2.2 по газовому котлу	$b_{n.omn} = \frac{B_{n.zod}}{Q_o^{zod}}$	м ³ /ГДж		$\frac{4,594}{0,145} =$	31,682
8 Годовой расход эл.энергии на собств. нужды котельной	$\mathcal{E}_{zod}^{en} = N_y \cdot h_k \cdot K_{эл},$	тыс. кВт · ч		$0,045 \cdot 8400 \cdot 0,75 =$	0,283
	где N_y – установленная мощность токоприемников (насос)	кВт	0,045		

Результаты расчета технико-экономических показателей проектируемой котельной с твердотопливным котлом сводим в табл.7. В нее же записываем данные по расчету себестоимости.

Таблица 7 – Техничко-экономические показатели котельной с твердотопливным котлом

№ п/п	Показатель	Условное обознач.	Единица измерения	Значение показателя
1	Местонахождение			г. Томск
2	Состав основного оборудования			
2.1	котлы паровые			
2.2	котлы водогрейные			Бобер 20 DLO
3	Система теплоснабжения			
3.1	открытая			
3.2	закрытая			+
4	Топливо			Каменный уголь
4.1	Качество топлива			
4.1.1	теплотворная способность	Q_n^p	ккал/кг	5400
5	Цена топлива http://tomsk.flagma.ru/ugol-kamenny-marka-dostavka-g-tomsku-o1799388.html	C_m	руб/тнт	2500
6	Установленная производительность котельной	Q_y	ГДж/ч	0,072
7	Годовой отпуск тепла	$Q_o^{год}$	тыс. ГДж	0,145
8	Годовая выработка тепла	$Q_{выр}^{год}$	тыс. ГДж	0,148
9	Годовое число часов	h_y	ч	2056
10	Годовой расход топлива			
10.1	натурального	$B_{н,год}$	т	9,42
10.2	условного	$B_{у,год}$	т	7,27
11	Годовой расход эл. энергии	$\mathcal{E}_{год}^{эл}$	тыс. кВт · ч	0,283
13	Тариф на эл.энергию http://energybase.ru/tariff/tomsk/2016	$C_{э/э}$	руб/кВтч	2,93

Продолжение таблицы 7.

№ п/п	Показатель	Условное обознач.	Единица измерения	Значение показателя
14	Тариф на воду http://www.vodokanal.tomsk.ru/tarif_naseleniye.html	C_6	руб/м ³	34,14

Результаты расчета технико-экономических показателей проектируемой котельной с газовым котлом сводим в табл.8. В нее же записываем данные по расчету себестоимости.

Таблица 8 – Технико-экономические показатели котельной с газовым котлом

№ п/п	Показатель	Условное обознач.	Единица измерения	Значение показателя
1	Местонахождение			г. Томск
2	Состав основного оборудования			
2.1	котлы паровые			
2.2	котлы водогрейные			Haier Falco L1P20-F21(T).
3	Система теплоснабжения			
3.1	открытая			
3.2	закрытая			+
4	Топливо			Природный газ
4.1	Качество топлива			
4.1.1	теплотворная способность	Q_H^p	ккал/кг	8350
5	Цена топлива http://energybase.ru/tariff/tomsk/2016	C_m	руб. за 1000 м ³	4580
6	Установленная производительность котельной	Q_y	ГДж/ч	0,065
7	Годовой отпуск тепла	$Q_o^{год}$	тыс. ГДж	0,145
8	Годовая выработка тепла	$Q_{выр}^{год}$	тыс. ГДж	0,148
9	Годовое число часов	h_y	ч	2277

Продолжены таблицы 8

№ п/п	Показатель	Условное обознач.	Единица измерения	Значение показателя
10	Годовой расход топлива			
10.1	натурального	$B_{н.год}$		4,594
10.2	условного	$B_{у.год}$		5,48
11	Годовой расход эл. энергии	$\mathcal{E}_{год}^{CH}$	тыс. кВт · ч	0,283
13	Тариф на эл.энергию http://energybase.ru/tariff/tomsk/2016	$C_{э/э}$	руб/кВтч	2,93
14	Тариф на воду http://www.vodokanal.tomsk.ru/tarif_na_seleniye.html	$C_в$	руб/м ³	34,14

6.2 Расчет себестоимости тепловой энергии

Себестоимость тепловой энергии представляет собой стоимостную оценку используемых в процессе её производства топлива, воды, электроэнергии, материалов, основных фондом, трудовых ресурсов и других затрат на её производство.

Расчет себестоимости представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Расчет проектной себестоимости тепла

Показатель	Формула расчета			Расчет	Результат расчета
	Условное обозначение	Единица измерения	Исходные данные		
1 Затраты на топливо					
1.1 по твердотопливному котлу	$C_m = B_{н.год} \cdot C_m$,	млн.руб/ /год		$9,42 \cdot 2500 \cdot 10^{-6} =$	0,023
	где C_T – цена топлива	руб/тнт	2500		
1.2 по газовому котлу	$C_m = B_{н.год} \cdot C_m$,			$4,69 \cdot 4580 \cdot 10^{-6} =$	0,021
	где C_m – цена топлива	руб. за 1000 м ³	4580		
2 Затраты на эл. энергию для собств. нужд котельной	$C_{Э}^{сн} = Э_{год}^{сн} \cdot C_{э/э}$,	млн.руб/ /год		$0,283 \cdot 2,93 \cdot 10^{-3} =$	0,0008
	где $C_{э/э}$ – цена 1 кВт/ч	руб/кВтч	2,93		
3 Амортизационные отчисления для тв. котла	$C_a = \frac{H_a^{об}}{100} \cdot K$,	млн.руб/ /год		$\frac{10}{100} \cdot 0,479 =$	0,048
	где K – сметная стоимость отопления	млн.руб	0,479		
	$H_a^{об}$ – норма амортизации по оборуд.	%	10		

Продолжение таблицы 9

Показатель	Формула расчета			Расчет	Результат расчета
	Условное обозначение	Единица измерения	Исходные данные		
4 Амортизационные отчисления для газового котла	$C_a = \frac{H_a^{об}}{100} \cdot K$,			$\frac{10}{100} \cdot 0,42 =$	0,042
	где K – сметная стоимость отопления	млн.руб	0,420		
Итого себестоимость					
по твердо-топливному котлу	$C = C_m + C_{\mathcal{O}}^{CH} + C_a$	млн.руб/ /год		$0,023 + 0,0008 + 0,048 =$	0,0718
по газовому котлу	$C = C_m + C_{\mathcal{O}}^{CH} + C_a$	млн.руб/ /год		$0,021 + 0,0008 + 0,042 =$	0,0638

Тарифы:

- природный газ: <http://energybase.ru/tariff/tomsk/2016>
- каменный уголь: <http://tomsk.flagma.ru/ugol-kamenny-marka-dostavka-g-tomsku-o1799388.html>
- электроэнергия: <http://energybase.ru/tariff/tomsk/2016>
- вода: http://www.vodokanal.tomsk.ru/tarif_naseleniye.html

6.3 Калькуляция себестоимости тепловой энергии

Объем отпуска тепловой энергии: 0,145 тыс. ГДж

Расчетный период 2016 год

Калькуляция себестоимости тепловой энергии при использовании твердотопливного котла представлена в таблице 10.

Таблица 10- Калькуляция себестоимости тепловой энергии при использовании твердотопливного котла

Статья	Сумма затрат на общий объем, млн.руб/год	Затраты на единицу, руб/Гкал	Структура %
1 Материальные затраты - всего			
В том числе:			
1.1 Топливо	0,023	664,62	32,03
1.2 Эл.энергия	0,0008	23,12	1,17
1.3 Амортизация	0,048	1387,23	66,8
Итого полная себестоимость	0,0718	2074,77	100

Калькуляция себестоимости тепловой энергии при использовании газового котла представлена в таблице 11.

Таблица 11- Калькуляция себестоимости тепловой энергии при использовании газового котла

Статья	Сумма затрат на общий объем, млн.руб/год	Затраты на единицу, руб/Гкал	Структура %
1 Материальные затраты - всего			
В том числе:			
1.1 Топливо	0,021	606,83	32,9
1.2 Эл.энергия	0,0008	23,12	1,3
1.3 Амортизация	0,042	1213,65	65,8
Итого полная себестоимость	0,0638	1843,6	100

6.4 Приведенные затраты

Находим критерий эффективности по формуле:

$$Z = I + E_H \cdot K, \quad (26)$$

где I – сумма годовых издержек, тыс.руб/год;

K – капиталовложения, тыс.руб;

E_H – коэффициент экономической эффективности ($E_H = 0,1$ руб/год/руб).

Для твердотопливного котла:

$$Z_1 = 71,8 + 0,1 \cdot 478,844 = 119,68 \text{ тыс. руб/год.}$$

Для газового котла:

$$Z_2 = 63,8 + 0,1 \cdot 420,444 = 105,84 \text{ тыс. руб/год}$$

$$\frac{119,68-105,84}{119,68} \cdot 100\% = 11,56 \%$$

Вывод: так как величины Z_1 и Z_2 отличаются более, чем на 10%, делаем вывод, что газовый котел экономически более выгоден, чем твердотопливный.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

Таблица 1 – Характеристики наружных ограждений

Наименование	λ_1	λ_2	λ_3	δ_1	δ_2	δ_3	R_o^ϕ	K
Наружная стена	0,58	0,064		0,5	0,15		3,364	0,297
Чердачное перекрытие	1,9	0,042	0,2	0,3	0,2	0,02	4,92	0,203
Окна							0,5	2
Наружные двери							0,43	2,32

Таблица 2 – Сопротивления и коэффициенты теплопередачи ограждений

	t_B	t_H	n	α_B	Δt_n	R_o^{TP}	D	R_o^ϕ	K
Н.С.	20	-40	1	8,7	4	1,72	8,8	3,364	0,297
П.т.	20	-42	0,75	8,7	2	2,67	7,23	4,92	0,203

Таблица 3

Название помещения	Ограждение				Δt	n	К	$Q_{осн}$	$Q_{доп}$		Р	$Q_{инф}$	$Q_{пол}$
	Наз	h	l	F					Ориент	Нар. дв.			
2-3 Спальня 20 °С	О.1	1,47	1,08	1,59	60	1	2	190,8	10	-	1,1	1107,2	2336,2
	О.2	1,47	1,16	1,71	60	1	2	205,2	10	-	1,1		
	Н.С	2,8	5,14	11,09	60	1	0,297	197,6	10	-	1,1		
	Н.С	2,8	3,59	10,05	60	1	0,297	179,1	10	-	1,1		
	П.т.			18,45	60	0,9	0,203	224,7	-	-	1,0		
2-4 Спальня 20 °С	О.1	1,47	1,08	1,59	60	1	2	190,8	5	-	1,05	732,1	1790,1
	О.2	1,47	1,16	1,71	60	1	2	205,2	10	-	1,1		
	Н.С	2,8	4,98	12,35	60	1	0,297	220,1	5	-	1,05		
	Н.С	2,8	2,45	5,15	60	1	0,297	91,77	10	-	1,1		
	П.т.			12,2	60	0,9	0,203	148,6	-	-	1,0		
2-5 Детская 20 °С	О.	1,47	1,32	1,94	60	1	2	232,8	10	-	1,1	718,1	1812,1
	Д.Н	1,95	0,84	1,638	60	1	2,32	228,0	0	10	1,1		
	Н.С	2,8	4,73	11,03	60	1	0,297	196,5	10	-	1,1		
	Н.С	2,8	2,53	5,45	60	1	0,297	97,12	0	-	1,0		
	П.т.			11,97	60	0,9	0,203	145,8	-	-	1,0		
Итого												14934	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе разработана автономная система отопления. В первую очередь был проведен расчет теплопотерь через ограждающие конструкции, который включал в себя:

- расчет сопротивления теплопередачи ограждающих конструкций
- теплопотери через каждый вид ограждения;
- расчет теплопотерь через пол и стены в подвале по зонам.

Общие потери составили 14934 Вт.

Для выбранной системы отопления проведен гидравлический расчет, на основании которого выбраны циркуляционные насосы.

Для компенсации теплопотерь через ограждающие конструкции запроектированные алюминиевые радиаторы “VOX R-500”

Источниками тепла являются два котла: газовый и электрический. Газовый котел, Haier Falco L1P20-F21(T), является рабочим, а электрический, СКАТ 18 KR, резервным. Газовый котел выбирался на основании технико-экономического расчета.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1) Богословский В.Н., Сканави А.Н.. Отопление: Учеб. для вузов. – М.: Стройиздат, 1991. – 735 с.: ил.
- 2) СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. Госстрой Россия – М.: Стройиздат, 2004. -29 с.
- 3) СНиП П-3-79*. Строительная теплотехника. – М.: Издательство стандартов, 1995. – 43с.
- 4) СНиП 2.04.05-91*. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М.: Издательство стандартов, 1997. – 75 с.

