

## 10. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 10.1 Расчёт технологических показателей котельной

Задачей дипломного проекта является реконструкция котельной теплоэнергетического комплекса промывочно-пропарочной станции Барбаров Мозырского района. Реконструкция включает в себя замену существующих газовых паровых котлоагрегатов 3хДКВР-6,5-13, выработавших свой ресурс, на 3 паровых котла VIESSMANN Vitomax 200-HS. Основным видом топлива для проектируемой котельной является смесевое топливо, приготавливаемое на производстве.

Расчёт установленной мощности котельной, МВт:

$$Q_{\text{уст}} = (D_{\text{ном}}^{\text{ПК}} \cdot (h_{\text{п}} - h_{\text{пв}}) + D_{\text{пр}} \cdot (h_{\text{кв}} - h_{\text{пв}})) \cdot n \cdot 10^{-3} + Q_{\text{вк}} \cdot n_{\text{вк}}, \quad (10.1)$$

где  $D_{\text{ном}}^{\text{ПК}}$  – номинальная паропроизводительность одного котла, кг/с; ;  $n$  – число установленных котлов;  $D_{\text{пр}} = 0,01 \cdot p_{\text{пр}} \cdot D_{\text{ном}}^{\text{ПК}}$  – расход воды на непрерывную продувку, т/ч;  $h_{\text{п}}$  – энтальпия пара на выходе из котла,  $h_{\text{п}} = 2788,900$  кДж/кг;  $h_{\text{пв}}$  – энтальпия питательной воды,  $h_{\text{пв}} = 426,900$  кДж/кг;  $h_{\text{кв}}$  – энтальпия котловой воды,  $h_{\text{кв}} = 693,000$  кДж/кг.

– до реконструкции:

$$D_{\text{ном}}^{\text{ПК}}(\text{ДКВР-6,5}) = 1,806 \text{ кг/с}; n_{(\text{ДКВР-6,5})} = 3 \text{ шт.}$$

$$Q_{\text{уст}} = (1,806 \cdot (2788,900 - 426,900) + 0,01 \cdot 3 \cdot 1,806 \cdot (693,000 - 426,900)) \times 3 \cdot 10^{-3} = 12,837 \text{ МВт} = 11,038 \text{ Гкал/ч.}$$

– после реконструкции:

$$D_{\text{ном}}^{\text{ПК}}(\text{Vitomax 200-HS}) = 1,667 \text{ кг/с}; n_{(\text{Vitomax 200-HS})} = 3 \text{ шт.}$$

$$Q_{\text{уст}} = (1,667 \cdot (2788,900 - 426,900) + 0,01 \cdot 3 \cdot 1,667 \cdot (693,000 - 426,900)) \times 3 \cdot 10^{-3} = 11,850 \text{ МВт} = 10,189 \text{ Гкал/ч.}$$

					ДП 1-43 01 07.22.51с.10			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разработ.	Лапташ А.В.				Экономическая часть	Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Кидун Н.М.					У		15
Консульт.	Полозова А.А.					ГГТУ им. П.О. Сухого, ПТЭиЭ		
Н. контр.	Никулина Т.Н.							
Зав. каф.	Макеева Е.Н.							

Годовой отпуск теплоты на отопление, ГДж/год:

$$Q_o^{\text{год}} = 24 \cdot 0,0036 \cdot Q_o^{\text{ср}} \cdot n_o, \quad (10.2)$$

где  $n_o$  – продолжительность отопительного периода, сут.,  $n_o=189$  суток для Мозырь;  $Q_o^{\text{ср}}$  – средний расход теплоты на отопление за отопительный период, МВт.

$$Q_o^{\text{ср}} = Q_o \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_o^{\text{ср}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{ро}}}. \quad (10.3)$$

Так как в задании на проектирование дан суммарный расход тепла на отопление и вентиляцию (0,941 МВт), принимается, что расход тепла на отопление  $Q_o=0,659$  МВт, на вентиляцию –  $Q_v=0,282$  МВт;  $t_{\text{вн}}$  – расчетная температура воздуха внутри зданий, принимается в соответствии со СНиП 11-35-76,  $t_{\text{вн}}=18$  °С;  $t_o^{\text{ср}}$  – средняя за отопительный период температура наружного воздуха, в соответствии с [1]  $t_o^{\text{ср}}=-0,7$  °С;  $t_{\text{ро}}$  – расчетная температура наружного воздуха для отопления, в соответствии с [1],  $t_{\text{ро}}=-22$  °С.

Тогда:

$$Q_o^{\text{ср}} = 0,659 \cdot \frac{18 - (-0,7)}{18 - (-22)} = 0,308 \text{ МВт};$$

$$Q_o^{\text{год}} = 24 \cdot 0,0036 \cdot 0,308 \cdot 10^3 \cdot 189 = 5028,574 \text{ ГДж/год} = 1201,054 \text{ Гкал/ч.}$$

Годовой отпуск теплоты на вентиляцию, ГДж/год:

$$Q_v^{\text{год}} = Z \cdot 0,0036 \cdot Q_v^{\text{ср}} \cdot n_o, \quad (10.4)$$

где  $Q_v^{\text{ср}}$  – средний расход теплоты на вентиляцию за отопительный период, кВт;

$$Q_v^{\text{ср}} = Q_v \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_o^{\text{ср}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{рв}}} \quad (10.5)$$

$$Q_v^{\text{ср}} = 0,282 \cdot \frac{18 - (-0,7)}{18 - (-5,6)} = 0,224 \text{ МВт.}$$

$Z$  – усреднённое за отопительный период число часов работы в сутки системы вентиляции по [2]; при отсутствии данных принимается равным 16 часов согласно СНиП 2.04.07-86 «Тепловые сети».

$$Q_{\text{в}}^{\text{год}} = 16 \cdot 0,0036 \cdot 0,224 \cdot 10^3 \cdot 189 = 2435,145 \text{ ГДж/год} = 581,624 \text{ Гкал/ч.}$$

Годовой отпуск теплоты на горячее водоснабжение, ГДж/год:

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{год}} = 24 \cdot 0,0036 \cdot Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср}} \cdot n_o + 24 \cdot 0,0036 \cdot Q_{\text{ГВСл}}^{\text{ср}} \cdot (350 - n_o), \quad (10.6)$$

где  $Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср}}$  – средний расход теплоты на горячее водоснабжение за отопительный период, МВт; из задания на проектирование  $Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср}} = 0,091$  МВт;  $Q_{\text{ГВСл}}^{\text{ср}}$  – средний расход теплоты на горячее водоснабжение за летний период, МВт; из задания на проектирование  $Q_{\text{ГВСл}}^{\text{ср}} = 0,073$  МВт; 350 – число суток в году работы системы горячего водоснабжения.

$$\begin{aligned} Q_{\text{ГВС}}^{\text{год}} &= 24 \cdot 0,0036 \cdot 0,091 \cdot 10^3 \cdot 189 + 24 \cdot 0,0036 \cdot 0,073 \cdot 10^3 \cdot (350 - 189) = \\ &= 2501,453 \text{ ГДж/год} = 597,462 \text{ Гкал/ч.} \end{aligned}$$

Годовой отпуск теплоты на технологические нужды, ГДж/год:

$$Q_{\text{т}}^{\text{год}} = (D_{\text{т}} \cdot (h_{\text{п}} - h_{\text{пв}}) - D_{\text{т}} \cdot \frac{\beta}{100} \cdot h_{\text{к}}) \cdot n_{\text{т}} \cdot k_{\text{н}} \cdot 10^{-3}, \quad (10.7)$$

где  $D_{\text{т}}$  – расход редуцированного пара на технологические нужды при максимальном режиме, из задания на проектирование,  $D_{\text{т}} = 13,400$  т/ч;  $h_{\text{к}}$  – энтальпия возвращаемого конденсата,  $h_{\text{к}} = 335,000$  кДж/кг;  $\beta$  – возврат конденсата технологическими потребителями, 50%;  $n_{\text{т}}$  – годовое число часов использования пара потребителями, при непрерывном режиме работы равно 8760 часов [2, стр.249];  $k_{\text{н}}$  – коэффициент неравномерности суточного графика по пару:  $k_{\text{н}} = 0,8$  [2, стр.249].

$$\begin{aligned} Q_{\text{т}}^{\text{год}} &= ((13,400 \cdot (2788,900 - 426,900) - 13,400 \cdot \frac{50}{100} \cdot 335,000)) \cdot 8760 \cdot 0,8 \times \\ &\times 10^{-3} = 206079,350 \text{ ГДж/год} = 49221,2 \text{ Гкал/год.} \end{aligned}$$

Годовой отпуск тепла от котельной, ГДж/год:

$$Q_{\text{отп}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{о}}^{\text{год}} + Q_{\text{в}}^{\text{год}} + Q_{\text{ГВ}}^{\text{год}} + Q_{\text{т}}^{\text{год}}}{1 - k_{\text{пот.т.с.}}}, \quad (10.8)$$

где  $k_{\text{пот.т.с.}}$  – коэффициент потерь тепла в тепловых сетях.

$$Q_{\text{отп}}^{\text{год}} = \frac{5028,574 + 2435,145 + 2501,453 + 206079,350}{1 - 0,03} =$$

$$= 222726,311 \text{ ГДж/год} = 53197,3 \text{ Гкал/год.}$$

Годовая выработка теплоты котельной, ГДж/год:

$$Q_{\text{выр}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{отп}}^{\text{год}}}{1 - k_{\text{с.н.}}} = \frac{222726,311}{1 - 0,1} = 247473,679 \text{ ГДж/год} =$$

$$= 59108,1 \text{ Гкал/год.} \quad (10.9)$$

где  $k_{\text{с.н.}}$  – коэффициент потерь тепла на собственные нужды.

Число часов использования установленной мощности котельной в год, ч/год (зависит от категории надежности котельной, режима работы котельных агрегатов и выработанной теплоты котельной):

– до реконструкции:

$$h_{\text{уст}} = \frac{Q_{\text{выр}}^{\text{год}}}{Q_{\text{уст}}} = \frac{59108,1}{11,038} = 5354,873 \text{ ч/год.} \quad (10.10)$$

– после реконструкции:

$$h_{\text{уст}} = \frac{Q_{\text{выр}}^{\text{год}}}{Q_{\text{уст}}} = \frac{59108,1}{10,189} = 5801,112 \text{ ч/год.}$$

Удельный расход условного топлива на 1 Гкал отпущенной теплоты:

$$\eta_{\text{вк}}^{\text{брутто}} = \frac{\eta_{\text{вк}}^{\text{нетто}}}{(1 - k_{\text{с.н.}})},$$

$$b_{\text{отп}}^y = \frac{142,86 \cdot 100}{\eta_{\text{вк}}^{\text{нетто}}}, \quad (10.11)$$

$$b_{\text{выр}}^y = \frac{142,86 \cdot 100}{\eta_{\text{вк}}^{\text{брутто}}} = \frac{142,86 \cdot 100}{\eta_{\text{вк}}^{\text{нетто}}} \cdot (1 - k_{\text{с.н.}}) = b_{\text{отп}}^y \cdot (1 - k_{\text{с.н.}}).$$

– до реконструкции:

$$\eta_{\text{ДКВР-6,5-13}}^{\text{нетто}} = 84 \% \text{ (по паспорту).}$$

$$b_{\text{отп(ДКВР-6,5-13)}}^y = \frac{142,86 \cdot 100}{84} = 170,071 \text{ кг у.т./Гкал.}$$

$$b_{\text{выр}}^y = \frac{170,071}{(1 - 0,1)} = 188,968 \text{ кг у.т./Гкал.}$$

– после реконструкции:

$$\eta_{\text{Vitomax 200-HS}}^{\text{нетто}} = 90,400 \% \text{ (по паспорту).}$$

$$b_{\text{отп(Vitomax 200-HS)}}^y = \frac{142,86 \cdot 100}{90,400} = 158,031 \text{ кг у.т./Гкал.}$$

$$b_{\text{выр(Vitomax 200-HS)}}^y = \frac{158,031}{(1-0,1)} = 175,590 \text{ кг у.т./Гкал.}$$

Годовой расход топлива котельной на отпуск теплоты:

- условного, т у.т./год:

– до реконструкции:

$$B_{\text{год}}^y = b_{\text{выр}}^y \cdot Q_{\text{выр}}^{\text{год}} \cdot 10^{-3}. \quad (10.12)$$

$$B_{\text{год}}^y = 188,968 \cdot 59108,1 \cdot 10^{-3} = 10052,594 \text{ т у.т./год.}$$

– после реконструкции:

$$B_{\text{год}}^y = 175,590 \cdot 59108,1 \cdot 10^{-3} = 10378,785 \text{ т у.т./год.}$$

- натурального, тыс.м<sup>3</sup>/год (т н.т./год):

– до реконструкции:

$$B_{\text{год}}^{\text{н}} = B_{\text{год}}^y \cdot \frac{7000}{Q_{\text{н}}^{\text{р}}}. \quad (10.13)$$

$$B_{\text{год}}^{\text{н}} = 10052,594 \cdot \frac{7000}{8002} = 8793,822 \text{ тыс.м}^3/\text{год.}$$

– после реконструкции:

$$B_{\text{год}}^{\text{н}} = 10378,785 \cdot \frac{7000}{7640,000} = 9509,358 \text{ т н.т./год.}$$

Годовой расход электроэнергии на собственные нужды котельной, кВт·ч/год:

$$W_{\text{год}}^{\text{сн}} = P_{\text{сум}} \cdot h_{\text{кот}}, \quad (10.14)$$

где  $h_{\text{кот}}$  – число часов работы оборудования в году, ч/год;  $P_{\text{сум}}$  – суммарная мощность однотипного оборудования:

$$P_{\text{сум}} = P_{\text{ном}} \cdot n \cdot K_{\text{и}}, \quad (10.15)$$

где  $P_{уст}$  – номинальная мощность оборудования, кВт;  $h_{кот}$  – число часов работы оборудования в году;  $K_{и}$  – коэффициент использования установленной электрической мощности.

Удельный расход электрической энергии на собственные нужды котельной определяем по формуле, кВт·ч/Гкал:

$$w_{эл} = \frac{W_{год}^{сн}}{Q_{отп}} \quad (10.16)$$

Таблица 10.1 – Годовой расход электроэнергии

Наименование оборудования	Кол-во, шт.	$P_{ном}$ , кВт	$K_{и}$	$P_{сум}$ , кВт	Время работы, ч/год	Потребление электроэнергии, кВт·ч/год
Насос сетевой воды	2	4	0,7	5,6	8400	47040
Насос подачи воды	1	1	0,8	0,8	8400	6720
Насос печного бытового топлива	1	0,45	0,8	0,36	8400	3024
Насос питательный	6	2,2	0,5	6,6	8400	55440
Насосная станция	2	3	0,8	4,8	8400	40320
Насос подачи воды на обратный осмос	1	0,75	0,75	0,562	8400	4725
Потери (3 %)	6351,03					
Итого с учетом потерь	218052,03					
Отпуск теплоты, Гкал/год	53197,265					
Удельный расход электроэнергии на отпуск теплоты, кВт·ч/Гкал	4,099					

Годовой расход воды котельной, т/год:

$$G_{св}^{год} = 24 \cdot n_o \cdot G_{св}^3 + 24 \cdot (350 - n_o) \cdot G_{св}^л, \quad (10.17)$$

где  $G_{св}^3$ ,  $G_{св}^л$  – расход сырой воды на ХВО для зимнего и летнего режимов, из расчёта тепловой схемы  $G_{св}^3 = 0,304$  т/ч,  $G_{св}^л = 0,041$  т/ч.

$$G_{св}^{год} = 24 \cdot 189 \cdot 0,304 + 24 \cdot (350 - 189) \cdot 0,041 = 24735,168 \text{ т/год.}$$

Удельный расход сырой воды на 1 Гкал отпущенного тепла, т/Гкал:

$$G_{св} = \frac{G_{св}^{год}}{Q_{отп}} = \frac{24735,168}{53197,3} = 0,465 \text{ т/Гкал.} \quad (10.18)$$

## 10.2 Расчёт экономических показателей котельной

Расчёт топливной составляющей затрат, руб./год:

$$И_T = B_{\text{год}}^H \cdot \Pi_T, \quad (10.19)$$

где  $\Pi_T$  – текущая цена природного газа, руб./м<sup>3</sup>:

$$\Pi_T = \Pi_6 \cdot \frac{Q_{\text{н.н.т.}}^P}{Q_{\text{н.т.}}^P} \cdot \frac{K_{\text{тек}}}{K_{\text{баз}}}, \quad (10.20)$$

где  $\Pi_6$  – базовая цена топлива, при теплоте сгорания  $Q_{\text{н.т.}}^P = 7900$  ккал/кг и курсе доллара США  $K_{\text{баз}} = 2,5789$  руб./\$:  $\Pi_6 = 679,070$  руб./тыс.м<sup>3</sup> – в соответствии с постановлением Министерства антимонопольного регулирования и торговли от 22.01.2021 № 5;  $K_{\text{тек}}$  – текущий курс доллара США,  $K_{\text{тек}} = 2,5164$  руб./\$ на 18.01.2022 г.;  $\Pi_{\text{ТМС}}$  – цена за тонну топлива ТМС по данным предприятия.

$$\Pi_{\text{ТМС}} = 556,90 \text{ руб./т н.т.}$$

$$\Pi_{\text{газ}} = 679,070 \cdot \frac{8002}{7900} \cdot \frac{2,5164}{2,5789} = 671,168 \text{ руб./тыс.м}^3.$$

– до реконструкции:

$$И_T = 8793,822 \cdot 671,168 \cdot 10^{-3} = 5902,131 \text{ тыс.руб./год.}$$

– после реконструкции:

$$И_T = 9509,358 \cdot 556,90 \cdot 10^{-3} = 5295,76 \text{ тыс.руб./год.}$$

Годовые затраты на электроэнергию, тыс.руб./год (стоимость электроэнергии определяем по двухставочному тарифу):

$$И_Э = \left( \frac{a \cdot 12}{T_{\text{max}}} + b \right) \cdot \left( 0,31 + 0,69 \cdot \frac{K_{\text{тек}}}{K_{\text{баз}}} \right) \cdot W_{\text{год}}^{\text{сн}}, \quad (10.21)$$

где  $T_{\text{max}}$  – число часов использования предприятием максимальной нагрузки,  $T_{\text{max}} = 7500$  ч для непрерывного режима работы;  $a$  – основная ставка тарифа – стоимость 1 кВт максимальной мощности,  $a = 26,71339$  руб./кВт·мес.;  $b$  – дополнительная ставка тарифа – стоимость 1 кВт максимальной мощности,  $b = 0,22591$  руб./кВт·мес.;  $K_{\text{тек}}$  – текущий курс доллара США,  $K_{\text{тек}} = 2,5164$  руб./\$ на 18.01.2022 г.

					ДП 1-43 01 07.22.51с.10	Лист
Изм	Лист	№ док-м.	Подпись	Дата		

$$И_3 = \left( \frac{26,71339 \cdot 12}{7500} + 0,22591 \right) \cdot \left( 0,31 + 0,69 \cdot \frac{2,5164}{2,5789} \right) \cdot 0,855 \cdot 10^{-3} =$$

$$= 57,600 \text{ тыс.руб./год.}$$

Годовые затраты на использованную воду, тыс.руб./год:

$$И_В = G_{св}^{год} \cdot Ц_В = 24735,168 \cdot 1,161 \cdot 10^{-3} = 28,72 \text{ тыс.руб./год.} \quad (10.22)$$

где  $Ц_В = 1,161 \text{ руб./м}^3$  – стоимость 1  $\text{м}^3$  воды, устанавливаемая КПУП «Гомельский водоканал» [7].

Расчёт капитальных затрат на сооружение котельной, тыс. руб.:

– стоимость существующей котельной, тыс. руб.:

$$K_{\text{кот}}^{\text{до рек}} = K_{\text{об}}^{\text{старое}} + K_{\text{зд}} + K_{\text{монт}} = 771,007 + 444,812 + 266,887 = 1482,706 \text{ тыс.руб.}$$

где  $K_{\text{зд}}$  – стоимость зданий и сооружений, (рассчитывается исходя из структуры капитальных вложений, тыс. руб.;  $K_{\text{монт}}$  – стоимость монтажных работ,

$$K_{\text{зд}} = K_{\text{об}}^{\text{старое}} \cdot 30/52 = 771,007 \cdot 30/52 = 444,812 \text{ тыс.руб.};$$

$$K_{\text{монт}} = K_{\text{об}}^{\text{старое}} \cdot 18/52 = 771,007 \cdot 18/52 = 266,887 \text{ тыс.руб.}$$

Таблица 10.2 – Вид устанавливаемого оборудования и его стоимость

Наименование оборудования	Ед. изм	Кол.	Цена без НДС за ед., бел. руб.	Стоимость, бел.руб.	Примечание
Vitomax 200-HS	шт.	3	171694,4	618099,99	<a href="https://www.viessmann.ru/">https://www.viessmann.ru/</a>
Wilo VeroLine IP E 40/160-4/2	шт.	2	10809,2	25942,09	<a href="http://www.rimos.ru">http://www.rimos.ru</a>
Grundfos CRE 10-6K	шт.	6	8044,327	57919,15	<a href="http://www.rimos.ru">http://www.rimos.ru</a>
RED 2M	шт.	2	7877,73	18906,55	<a href="http://www.rimos.ru">http://www.rimos.ru</a>
ТТАИБр 50/1950	шт.	2	29113,35	69872,04	<a href="http://www.rimos.ru">http://www.rimos.ru</a>
ТТАИБ Псв 65/1050	шт.	2	25688,25	61651,8	<a href="https://www.oookedr.by/">https://www.oookedr.by/</a>
ТТАИБр св 25/2400	шт.	1	26715,78	32058,94	<a href="https://www.oookedr.by/">https://www.oookedr.by/</a>
Установка ХВО	шт.	1	10778,79	12934,54	<a href="http://hvo.by/">http://hvo.by/</a>
Арматура, трубопроводы	–	–	15000	18000	–
Другое вспомогательное оборудование	–	–	50000	60000	–
Итого:	975,385 тыс.руб.				



– стоимость котельной после реконструкции:

Стоимость оборудования принимаем по реальным ценам с учетом стоимости вспомогательного оборудования, транспортных расходов, строительно-монтажных работ (СМР), зданий и сооружений по формуле [2]:

$$K_{\text{кот}}^{\text{после рек}} = K_{\text{кот}}^{\text{до рек}} - K_{\text{об}}^{\text{старое}} + K_{\text{об+смр}}^{\text{новое}}, \quad (10.23)$$

где  $K_{\text{об+смр}}^{\text{новое}}$  – стоимость нового основного и вспомогательного оборудования с учетом СМР:

$$K_{\text{об+смр}}^{\text{новое}} = K_{\text{об}}^{\text{новое}} + K_{\text{монт}} + K_{\text{демонт}} + K_{\text{пнр}} + K_{\text{проект}} = 975,385 + 337,633 + 101,290 + 29,262 + 33,763 = 1477,333 \text{ тыс. руб.}$$

$$K_{\text{кот}}^{\text{после рек}} = 1482,706 - 771,007 + 1477,333 = 2189,032 \text{ тыс.руб.}$$

Таблица 10.3 – Капиталовложения в реконструкцию котельной

Статьи стоимости котельной, тыс. руб.	Капиталовложения в реконструкцию
Стоимость основного и вспомогательного оборудования, $K_{\text{об}}^{\text{новое}}$ , тыс. руб.	975,385
Стоимость монтажных работ, $K_{\text{монт}}$ , тыс. руб.	337,633
Стоимость зданий и сооружений, $K_{\text{зд}}$ , тыс. руб.	0,000
Стоимость демонтажных работ, $K_{\text{демонт}}$ , тыс. руб.	101,290
Стоимость металла с демонтажа старых котлоагрегатов, $K_{\text{мет}}$ , тыс.руб.	10,000
Стоимость проектных работ (10 % от $K_{\text{монт}}$ ), $K_{\text{проект}}$ , тыс.руб.	33,763
Стоимость пуско-наладочных работ (3–5 % от $K_{\text{об}}$ ), $K_{\text{пнр}}$ , тыс.руб.	29,262
Итого, $K$ , тыс. руб.	1404,308

Затраты на реконструкцию:

$$K_{\text{рек}} = K_{\text{об}}^{\text{новое}} + K_{\text{монт}} + K_{\text{демонт}} - K_{\text{мет}},$$

где  $K_{\text{об}}^{\text{новое}}$  – стоимость нового основного и вспомогательного оборудования, тыс. руб.;  $K_{\text{монт}}$  – стоимость монтажных работ:

$$K_{\text{монт}} = K_{\text{об}}^{\text{новое}} \cdot 18/52 = 975,385 \cdot 18/52 = 337,633 \text{ тыс. руб.};$$

$K_{\text{мет}}$  – стоимость металла с демонтажа старых котлоагрегатов  $K_{\text{мет}} = 10,000$  тыс. руб.;  $K_{\text{демонт}}$  – стоимость демонтажных работ (составляет 30% от монтажа):

$$K_{\text{демонт}} = 0,3 \cdot K_{\text{монт}} = 0,3 \cdot 337,633 = 101,290 \text{ тыс. руб.}$$

$$K_{\text{рек}} = 975,385 + 337,633 + 101,290 - 10,000 = 1404,308 \text{ тыс.руб.}$$

Амортизационные отчисления определяются в соответствии с нормами амортизации, тыс.руб./год [2]:

$$I_{\text{ам}} = N_{\text{ам.ср}} \cdot K_{\text{кот}}, \quad (10.24)$$

где  $N_{\text{ам.ср}}$  – средняя норма амортизации, %;  $K_{\text{кот}}$  – стоимость котельной.

$$N_{\text{ам.ср}} = \alpha_{\text{стр}} \cdot N_{\text{ам1}} + \alpha_{\text{об}} \cdot N_{\text{ам2}}, \quad (10.25)$$

где  $N_{\text{ам1}} = 0,035$  – норма амортизации по зданиям и сооружениям;  $N_{\text{ам2}} = 0,08$  – норма амортизации по оборудованию;  $\alpha_{\text{стр}}$ ,  $\alpha_{\text{об}}$  – доля стоимости общих строительных работ и оборудования с монтажом в общей стоимости котельной.

– до реконструкции:

$$N_{\text{ам.ср}} = 0,035 \cdot 0,28 + 0,08 \cdot 0,72 = 0,067 \text{ },$$

$$I_{\text{ам}} = N_{\text{ам.ср}} \cdot K_{\text{кот}}^{\text{до рек}} = 0,067 \cdot 1482,706 = 99,934 \text{ тыс.руб./год.}$$

– после реконструкции:

$$N_{\text{ам.ср}} = 0,035 \cdot 0,28 + 0,08 \cdot 0,72 = 0,067 \text{ },$$

$$I_{\text{ам}} = N_{\text{ам.ср}} \cdot K_{\text{кот}}^{\text{после рек}} = 0,067 \cdot 2189,032 = 147,541 \text{ тыс.руб./год.}$$

Затраты на ремонтно-эксплуатационное обслуживание [2], тыс.руб./год:

$$I_{\text{рзо}} = K_{\text{зд}} \cdot N_{\text{рзд}} + (K_{\text{об}} + K_{\text{во}} + K_{\text{монт}}) \cdot N_{\text{роб}}, \quad (10.26)$$

где  $N_{\text{рзд}}$  – норма отчислений на ремонтно-эксплуатационное обслуживание зданий, значение которой можно принять 0,01;  $N_{\text{роб}}$  – норма отчислений на ремонтно-эксплуатационное обслуживание оборудования, значение которой можно принять 0,04.

– до реконструкции:

$$I_{\text{рзо}} = K_{\text{зд}} \cdot N_{\text{рзд}} + (K_{\text{об}}^{\text{старое}} + K_{\text{монт}}) \cdot N_{\text{роб}} = 444,812 \cdot 0,01 + (771,007 + 266,887) \times \\ \times 0,04 = 45,964 \text{ тыс.руб./год.}$$

– после реконструкции:

$$I_{\text{рзо}} = K_{\text{зд}} \cdot N_{\text{рзд}} + K_{\text{об+смп}}^{\text{новое}} \cdot N_{\text{роб}} = 444,812 \cdot 0,01 + 1477,333 \cdot 0,04 = 63,541 \text{ тыс.руб./год.}$$

					ДП 1-43 01 07.22.51с.10	Лист
Изм	Лист	№ докцм.	Подпись	Дата		

Годовой фонд заработной платы обслуживающего персонала котельной [2], тыс. руб./год:

$$И_{зп} = Ч_{кот} \cdot T_{ст}^1 \cdot k_{тар}^{ср} \cdot k_{твр} \cdot 12 \cdot k_{пр.доп}, \quad (10.27)$$

где  $Ч_{кот}$  – численность производственного персонала котельной, чел. (таблица 10.4);  $T_{ст}^1 = 150$  – месячная тарифная ставка первого разряда, руб./мес.;  $k_{тар}^{ср}$  – средний тарифный коэффициент, значение которого рассчитывается исходя из среднего тарифного разряда работающих, определяемого по штатному расписанию котельной;  $k_{твр} = 1,2$  – коэффициент повышения тарифных ставок по технологическим видам работ [18];  $k_{пр.доп} = 1,8$  – коэффициент, учитывающий премиальные начисления и доплаты (премия – 0,3, контракт – 0,2, стаж – 0,2, условия работы – 0,05, мастерство – 0,05); 12 – число месяцев в году.

Таблица 10.4 – Штатное расписание

№	Наименование	Разряд	Тарифный коэффициент
1	2	3	4
Руководители:			
1	Начальник котельной	18	4,26
2	Мастер	16	3,72
Рабочие:			
3	Оператор	4	1,57
4	Оператор	4	1,57
5	Оператор	4	1,57
6	Оператор	4	1,57
7	Аппаратчик ХВО	6	1,9
8	Аппаратчик ХВО	6	1,9
9	Техник-теплотехник	6	1,9
10	Слесарь КИПиА	6	1,9
11	Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования	5	1,73
12	Машинист насосных установок	5	1,73
13	Уборщик помещений	2	1,6
ИТОГО: 13 чел.			
Средний тарифный коэффициент: 2,071			

– до и после реконструкции:

$$И_{зп} = 13 \cdot 150 \cdot 2,071 \cdot 1,2 \cdot 12 \cdot 1,8 \cdot 10^{-3} = 104,665 \text{ тыс. руб./год.}$$

Средняя заработная плата, руб./мес.:

$$Cp3п = \frac{I_{3п}}{Ч_{кот} \cdot 12}, \quad (10.28)$$

$$Cp3п = \frac{104,665 \cdot 10^3}{13 \cdot 12} = 670,929 \text{ руб./мес.}$$

Отчисления на социальные нужды [2], тыс. руб/год:

$$I_{соц.н} = I_{3п} \cdot (n_{с.с} + n_{с.н.с}), \quad (10.29)$$

где  $n_{с.с.} = 34\%$  – ставка тарифа на социальные нужды;  $n_{с.н.с.} = 0,6\%$  – отчисление на обязательное страхование от несчастных случаев.

– до реконструкции:

$$I_{соц.н} = 104,665 \cdot (34 + 0,6) / 100 = 36,214 \text{ тыс.руб./год.}$$

– после реконструкции:

$$I_{соц.н} = 104,665 \cdot (34 + 0,6) / 100 = 36,214 \text{ тыс.руб./год.}$$

Затраты на общекотельные и прочие нужды [2], тыс.руб./год:

$$I_{пр} = I_{уп} \cdot N_{пр}, \quad (10.30)$$

где  $N_{пр}$  – норма прочих (накладных) расходов,  $N_{пр} = 0,2$ .

Условно постоянные расходы [2], тыс.руб./год:

$$I_{уп} = I_{ам} + I_{соц.н} + I_{3п} + I_{рзо}, \quad (10.31)$$

– до реконструкции:

$$I_{уп} = 99,934 + 36,214 + 104,665 + 45,964 = 286,777 \text{ тыс.руб./год.}$$

$$I_{пр} = 0,2 \cdot 286,777 = 57,355 \text{ тыс.руб./год.}$$

– после реконструкции:

$$I_{уп} = 147,541 + 36,214 + 104,665 + 63,541 = 351,961 \text{ тыс.руб./год.}$$

$$I_{пр} = 0,2 \cdot 351,961 = 70,392 \text{ тыс. руб./год.}$$

Годовые эксплуатационные расходы котельной [2], тыс. руб./год:

$$I_{кот} = I_{т} + I_{в} + I_{эл} + I_{ам} + I_{рзо} + I_{3п} + I_{соц.н.} + I_{пр}. \quad (10.32)$$

– до реконструкции:

$$I_{кот} = 5902,131 + 28,72 + 57,600 + 99,934 + 45,964 + 104,665 + 36,214 + 57,355 = 6332,581 \text{ тыс.руб./год.}$$

– после реконструкции:

$$I_{\text{кот}} = 5295,76 + 28,72 + 57,600 + 147,541 + 63,541 + 104,665 + 36,214 + 70,392 = 5804,433 \text{ тыс.руб./год.}$$

Себестоимость отпускаемой теплоты, руб./Гкал:

– до реконструкции:

$$S_q^{\text{сущ}} = \frac{I_{\text{кот}}}{Q_{\text{отп}}^{\text{год}}} = \frac{6332,581 \cdot 10^3}{53197,3} = 119,040 \text{ руб./Гкал} = 28,451 \text{ руб./ГДж.} \quad (10.33)$$

– после реконструкции:

$$S_q = \frac{I_{\text{кот}}}{Q_{\text{отп}}^{\text{год}}} = \frac{5804,433 \cdot 10^3}{53197,3} = 109,111 \text{ руб./Гкал} = 26,078 \text{ руб./ГДж.}$$

Топливная составляющая себестоимости, руб./Гкал:

– до реконструкции:

$$S_t^{\text{сущ}} = \frac{I_t}{Q_{\text{отп}}^{\text{год}}} = \frac{5902,131 \cdot 10^3}{53197,3} = 110,948 \text{ руб./Гкал} = 26,517 \text{ руб./ГДж.} \quad (10.34)$$

– после реконструкции:

$$S_t = \frac{I_t}{Q_{\text{отп}}^{\text{год}}} = \frac{5295,76 \cdot 10^3}{53197,3} = 99,550 \text{ руб./Гкал} = 23,793 \text{ руб./ГДж.}$$

Срок окупаемости, лет:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{рек}}}{(S_q^{\text{сущ}} - S_q) \cdot Q_{\text{отп}}^{\text{год}}} = \frac{1404,308 \cdot 10^3}{(119,040 - 109,111) \cdot 53197,3} = 2,659 \text{ лет.} \quad (10.35)$$

Структура годовых расходов представлена в таблице 10.5.

Таблица 10.5 – Структура годовых расходов

№ п/п	Наименование элементов и статей затрат	Условное обозначение	Значение, тыс.руб./год	Структура, %	Значение, тыс.руб./год	Структура, %
			До реконструкции		После реконструкции	
1	Материальные затраты: в т.ч.:		5988,449	94,566	5382,079	92,724
1.1	–топливо	И <sub>т</sub>	5902,131	93,203	5295,76	91,237
1.2	– вода	И <sub>в</sub>	28,72	0,453	28,72	0,495
1.3	–электроэнергия	И <sub>эл</sub>	57,600	0,910	57,600	0,992
2	Амортизационные отчисления	И <sub>ам</sub>	99,934	1,578	147,541	2,542
3	Затраты на ремонтно-эксплуатационное обслуживание	И <sub>рзо</sub>	45,964	0,726	63,541	1,095
4	Затраты на заработную плату	И <sub>зп</sub>	104,665	1,653	104,665	1,803
5	Отчисления на социальные нужды	И <sub>соц.н</sub>	36,214	0,572	36,214	0,624
6	Прочие затраты	И <sub>пр</sub>	57,355	0,906	70,392	1,213
	Итого:	И <sub>кот</sub>	6332,581	100	5804,433	100

Основные технико-экономические показатели котельной заносим в таблицу 10.6.

Таблица 10.6 – Основные технико-экономические показатели котельной

№	Наименование	Единицы измерения	Обозначение	Значение	
				До реконструкции	После реконструкции
1	2	3	4	6	7
1	Марка и количество установленных котлов	–	–	3хДКВР-6,5-13	3×Vitomax 200-HS
2	Установленная мощность	МВт Гкал/ч	$Q_{уст}$	12,837 11,038	11,850 10,189
3	Годовая выработка тепла	Гкал/год ГДж/год	$Q_{выр}^{год}$	59108,1 247473,679	59108,1 247473,679
4	Годовой отпуск тепла	Гкал/год ГДж/год	$Q_{отп}^{год}$	53197,3 222726,311	53197,3 222726,311
5	Число часов использования установленной мощности	ч/год	$h_{уст}$	5354,873	5801,112
6	Годовой расход топлива:	т у.т./год	$B_{год}^у$	10052,594	10378,785
	– условного	тыс.м <sup>3</sup> /год	$B_{год}^н$	8793,822	–
	– натурального (пр.газ)	т н.т./год	$B_{год}^н$	–	9509,358
7	Годовой расход сырой воды	т/год	$G_{св}^{год}$	24735,168	24735,168
8	Годовой расход электроэнергии	тыс.кВт·ч/год	$W_{год}^{сн}$	218,052	218,052
9	Численность персонала	чел.	Ч	13	13
10	Стоимость котельной	тыс.руб.	К <sub>кот</sub>	1482,706	2189,032

Окончание таблица 10.6

1	2	3	4	6	7
11	Капитальные вложения в реконструкцию	тыс.руб.	$K_{рек}$	—	1404,308
12	Годовые эксплуатационные расходы котельной	тыс.руб./год	$I_{кот}$	6332,581	5804,43
13	Удельный расход топлива на 1 Гкал отпущенной теплоты	кг у.т./Гкал	$b_{отп}$	188,968	175,590
14	Удельный расход электрической энергии на собственные нужды котельной	кВт·ч/Гкал	$w_{эл}$	4,099	4,099
15	Удельный расход сырой воды на 1 Гкал отпущенной теплоты	т/Гкал	$\bar{G}_{св}$	0,465	0,465
16	Себестоимость отпускаемой теплоты	руб./Гкал	$S_q$	119,040	109,111
17	Топливная составляющая себестоимости	руб./Гкал	$S_T$	110,948	99,550
18	Срок окупаемости	лет	$T_{ок}$	2,659	

Вывод: простой срок окупаемости соответствует нормам, приведенным в методике департамента по энергоэффективности, а именно простой срок окупаемости не превышает 10 лет. Исходя из этого можно сделать вывод, что реконструкция котельной с использованием собственного печного топлива является рациональным и энергоэффективным мероприятием.