

тепло от работающего двигателя с помощью теплообменников и котлов-утилизаторов, а также получить тепловую энергию необходимых параметров:

- горячая вода, стандартный температурный график 90/70 °С (водогрейные теплообменники и котлы-утилизаторы). При необходимости параметры можно повысить с помощью пиковых котлов;
- насыщенный пар стандартных параметров (паровые котлы-утилизаторы). При необходимости пар можно сделать перегретым при помощи пароперегревателей.

Наибольшее распространение получили водогрейные системы утилизации тепла когенерационных установок – это наиболее простые и оптимальные решения, основанные на использовании пластинчатых теплообменников и котлов-утилизаторов (КУ), нагревающих сетевую воду.

Помимо режима когенерации с одновременной выработкой двух энергоресурсов на газопоршневой установке можно с помощью специально установленного оборудования организовать режим *тригенерации* – одновременной выработки трех энергоресурсов – электроэнергии, тепла и холода.

Тригенерационные установки являются очень выгодным оборудованием в сфере малой распределенной генерации, так как позволяют использовать утилизированное с газопоршневых установок тепло не только зимой в целях отопления, но и летом для кондиционирования помещений или охлаждения в технологических нуждах. Тем самым повышается общий КПД установки, которая в таких условиях может использоваться круглый год, сохраняя высокую эффективность.

Для целей тригенерации используются абсорбционные бромисто-литиевые холодильные установки (АБХМ), предназначенные для отбора и удаления избыточного тепла от тепловых агрегатов и поддержания заданного оптимального температурного и теплового режимов. В качестве абсорбента в них используются различные растворы. Часть тепла, утилизируемого от ГПУ, подается в АБХМ для генерации холода. Холод может использоваться как для охлаждения воды, так и в системах кондиционирования, или на технологические нужды.

Литература

1. Режим доступа: <http://www.turbine-diesel.ru>. – Дата доступа: 14.03.2021.
2. Режим доступа: <https://www.wartsila.com>. – Дата доступа: 14.03.2021.
3. Официальный сайт 9-й Международной выставки «Нефть и газ» MIOGE/2017 / Каталог. – М., 26–29 июля 2007 г. – Режим доступа: <http://www.mioge.ru>.

РЕКУПЕРАЦИЯ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛА В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ ЗДАНИЙ

О. А. Кныш

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Н. А. Вальченко

Объектом исследования являются теплоутилизационные установки системы вентиляции.

Цель работы – обоснование энергосбережения в системе приточно-вытяжной вентиляции здания за счет рекуперации тепловой энергии вентиляционных выбросов.

Произведена оценка эффективности применения теплоутилизационного устройства в системе вентиляции зданий, в результате которого рекуперативный тепло-

утилизатор обеспечивает нагрев приточного атмосферного воздуха до требуемой температуры без использования калорифера.

Расчетные показатели вытяжной системы даны в табл. 1.

Таблица 1

Расчетные показатели вытяжной системы

Параметр	Оборудование	
	Тепло-утилизационная установка	Тепло-насосная установка
Температура вытяжного воздуха:		
начальная, °С	24	24
конечная, °С	8	4
Плотность воздуха, кг/м ³ при 24 °С	1,189	1,189
Расход воздуха, кг/ч	17027,7	17027,7
Теплоемкость воздуха, кДж/кг °С	1,0407	1,0407
Часовой расход тепла, Q , кДж/ч	283531,1	354413,9
Расход тепла, Q , кВт	78,8	98,8
Часовой расход тепла, Q , Гкал/ч	0,1	0,1
Число часов работы в сутки, ч/сут	14	14
Суточный расход тепла, Q , Гкал/сут	0,95	1,18
Число часов работы в месяц, ч/мес.	280	280
Общее количество сэкономленной тепловой энергии, ΔQ , кВт	14,8	

Тепловая мощность теплоутилизатора для каждого i -го часа его работы, Гкал/ч:

$$Q_{i,m,y} = 0,24 \cdot \varepsilon_{tot} (t_{i,l} - t_{i,bxt}) c L_{i,bxt} \cdot 10^{-6} =$$

$$= 0,24 \cdot 0,6(18 - (-24)) \cdot 4,19(14142,61 - 10656,56)10^{-6} = 0,088,$$

где $L_{i,bxt} = L_i - L_{i,r}$ – расход наружного воздуха для каждого i -го часа работы системы, м³/ч; ε_{tot} – тепловая эффективность теплоутилизатора, принимается равной для роторных регенеративных теплоутилизаторов 0,6–0,7.

Общее количество сэкономленной тепловой энергии, полезно возвращаемое теплоутилизатором в течение года:

$$\Delta Q = 14,8 \text{ кВт} = 57,44 \text{ Гкал/год.}$$

При использовании теплоутилизатора возрастают потери давления в системе вентиляции по тракту приточного и удаляемого воздуха. Вызванные этим дополнительные затраты электрической энергии равны, тыс. кВт · ч:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta P \frac{L_{cp.in}}{3600 \cdot \eta_{в,y}} z \cdot 10^{-6} = 400 \frac{10656,56}{3600 \cdot 0,95} 188 \cdot 24 \cdot 10^{-6} = 5,62.$$

Экономия топлива в результате внедрения энергосберегающего мероприятия составит, т у. т.:

$$\begin{aligned}\Delta B_{\text{т}} &= \Delta Q \cdot b_{\text{т.э}} \left(1 + \frac{k_{\text{пот}}^{\text{т.э}}}{100} \right) - \Delta \mathcal{E} \cdot b_{\text{э.э}} \left(1 + \frac{k_{\text{пот}}^{\text{т.э}}}{100} \right) = \\ &= 57,44 \cdot 0,1665 \left(1 + \frac{9,37}{100} \right) - 5,62 \cdot 0,287 \left(1 + \frac{7,69}{100} \right) = 8,72.\end{aligned}$$

Приведем расчет срока окупаемости внедрения мероприятия. Капитальные вложения, связанные с внедрением теплоутилизатора, по сравнению с установками без него определяются по укрупненным показателям, исходя из следующих предпосылок:

- стоимость оборудования и материалов, $C_{\text{об}}$, определяется проектно-сметной документацией и уточняется по результатам тендерных торгов на его поставку, р.;
- стоимость проектных работ принимается равной 5–10 % от стоимости строительно-монтажных работ (СМР), $C_{\text{с.-м.р}}$, р.;
- стоимость СМР – 25–30 % от стоимости оборудования и материалов, р.;
- стоимость пуско-наладочных работ – 3–5 % от стоимости оборудования и материалов, р.

Определим капиталовложения в мероприятие, р.:

$$\Delta K = C_{\text{об}} \cdot 0,1 + C_{\text{с.-м.р}} \cdot 0,3 + C_{\text{об}} \cdot 0,05 = 17500 + 1750 + 5250 + 875 = 25375.$$

Рассчитаем статический срока окупаемости мероприятия:

$$Cp_{\text{ок}} = \frac{\Delta K}{\Delta B_{\text{т}} \cdot C_{\text{топл}}} = \frac{25375}{8,72 \cdot 215 \cdot 2,35} = 5,76 \text{ лет.}$$

Представим динамический срок окупаемости мероприятия.

Определение чистой приведенной стоимости представлено в табл. 2.

Таблица 2

Определение чистой приведенной стоимости

t , год	Поток наличности, P_t , рублей	Дисконтный множитель, $dt = (1+r)^{-t}$	Дисконтированный поток наличности, D_{ct} , р.	Чистая интегральная дисконтированная стоимость, ЧДС, р.
0	-25375	1	-25375	-25375
1	4405,78	0,9280742	4088,89	-21286
2	4405,78	0,8613218	3794,79	-17491
3	4405,78	0,7993706	3521,85	-13969
4	4405,78	0,7418753	3268,54	-10701
5	4405,78	0,6885153	3033,45	-7667
6	4405,78	0,6389933	2815,26	-4852
7	4405,78	0,5930333	2612,77	-2239
8	4405,78	0,5503789	2424,85	185,41
9	4405,78	0,5107925	2250,44	2435,8
10	4405,78	0,4740533	2088,58	4524,4

Динамический срок окупаемости рассчитывается следующим образом:

$$T_{\text{ок.ст}} = t - \frac{\text{ЧДС}_t}{\text{ЧДС}_{t+1} - \text{ЧДС}_t} = 7 - \frac{-2239}{185,41 - (-2239)} = 7,92 \text{ лет.}$$

Аналогично производится расчет для теплового насоса.

Результаты расчета представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты расчета

Параметр	Оборудование	
	Тепло-утилизационная установка	Тепло-насосная установка
Тепловая мощность, $Q_{i.t.y}$, Гкал/ч	0,088	0,085
Общее количество сэкономленной тепловой энергии, ΔQ , Гкал/год	57,44	57,44
Затраты электрической энергии, $\Delta Э$, тыс. кВт · ч	5,62	8,58
Экономия топлива в результате внедрения энергосберегающего мероприятия, ΔB_t , т у. т.	8,72	7,81
Капиталовложения в мероприятие, ΔK , р.	25375	26187
Статический срок окупаемости мероприятия, $\Delta C p_{\text{ок}}$, лет	5,76	6,64
Динамический срок окупаемости мероприятия, $T_{\text{ок.ст}}$, лет	7,92	9,69

Как следует из табл. 3, сравниваемое оборудование является энергоэффективным и экономически эффективным. Однако теплоутилизационная установка в результате внедрения экономит топлива в 1,12 раз больше, а сроки окупаемости – в 1,2 быстрее, чем у теплонасосной установки.

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ГОМЕЛЯ

А. А. Шкробот

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Е. Н. Макеева

В современном мире вода – один из важнейших факторов, определяющих размещение производственных сил, а очень часто и средство производства.

Водные объекты, располагающиеся на территории Гомеля и Гомельской области, являются основными источниками воды в промышленной деятельности населения.

Цель данной работы – изучение состояния воды в гомельских городских и областных водоисточниках и влияния исходных показателей качества воды на выбор схемы химводоочистки. В соответствии с целью исследования в работе решались следующие задачи: опытным путем осуществить мониторинг состояния воды в весенний, летний, осенний и зимний периоды времени в р. Сож, Днепр, Припять; про-