

**ГОССТРОЙ СССР**

**Центральный научно-исследовательский и проектно-  
экспериментальный институт промышленных зданий  
и сооружений  
(ЦНИИпромзданий)**

**РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА ПРИ  
ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ**

**Москва - 1986**

Рекомендованы к изданию Главстройпроектом.

Рекомендации по определению экономической эффективности систем обеспечения микроклимата при использовании вторичных энергоресурсов / ЦНИИпромзданий Госстроя СССР. - М.: ЦНИИпромзданий, 1986. - 50 с.

Представлена последовательность расчета технико-экономических показателей систем микроклимата с использованием тепловых вторичных энергетических ресурсов, некоторые справочные материалы и укрупненные показатели. Приведены формулы для определения экономии теплоты и топлива, дополнительных затрат электроэнергии, капитальных вложений, эксплуатационных и приведенных затрат, экономической эффективности и срока окупаемости.

Табл. 16, ил. 2.

Для инженеров-проектировщиков и научных работников-специалистов по вентиляции и кондиционированию воздуха.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящие Рекомендации предназначены для определения технико-экономической эффективности использования тепловых вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) в системах микроклимата.

Использование в системах вентиляции, воздушного отопления и кондиционирования воздуха теплоты ВЭР и вентиляционных выбросов приводит к увеличению капиталовложений по сравнению с традиционным решением за счет необходимости введения теплоутилизационного оборудования, а также к повышению затрат электроэнергии для транспортировки потоков через это оборудование. Рост указанных затрат должен компенсироваться сокращением потребления теплоты на подогрев приточного потока.

Приведенные показатели технико-экономической эффективности систем микроклимата с теплоутилизаторами позволяют как анализировать работу указанных систем с целью выявления путей их совершенствования, так и проводить сопоставительные расчеты и проработки при проектировании действующих и реконструируемых промышленных объектов.

Перечень показателей в дальнейшем может видоизменяться, а также пополняться новыми. При наличии соответствующих данных о системе микроклимата с традиционным решением-подогревом приточного воздуха от внешнего теплоносителя (базовый вариант) - ряд показателей не подлежит расчету. Формулы и пункты, где определяются эти показатели, отмечены знаком \*.

Рекомендации составлены сотрудниками ЦНИИ промышленных зданий: кандидатами техн.наук А.Г.Авицкиным, А.Г.Ташчиной, М.А.Барским, И.Г.Староверовым ( лаборатория комплексного использования энергоресурсов в системах микроклимата), канд.экон.наук Э.А.Наргизяном, инж. З.П.Хромовой (отдел экономики ограждающих конструкций) под руководством и при участии д-ра техн. наук, проф. В.И.Прохорова на основе разработок ЦНИИ промышленных зданий и ГПИ Сантехпроект (С.М.Финкельштейн, Л.А.Степанов, А.А.Понтрягина, Т.И.Садовская, Е.Н.Арцебашев, К.А.Смирнова).

Условные обозначения

- $t$  - температура, °С  
 $L$  - объемный расход воздуха, м<sup>3</sup>/ч  
 $G$  - весовой расход теплоносителя, кг/ч  
 $\rho$  - плотность, кг/м<sup>3</sup>  
 $c_p$  - теплоемкость, кДж/(кг·град)  
 $\tau$  - продолжительность работы системы, ч  
 $E_t$  - коэффициент теплотехнической эффективности теплоутилизатора  
 $Q$  - расход теплоты, кДж/ч (ккал/ч)  
 $\Sigma Q$  - годовое потребление теплоты, ГДж/год (Гкал/год)  
 $\Delta Q$  - годовая экономия теплоты системой с теплоутилизатором, ГДж/год (Гкал/год)  
 $N$  - затраты электрической мощности, кВт  
 $\Sigma N$  - суммарные затраты электрической мощности системой, кВт  
 $\Delta N$  - дополнительные затраты электрической мощности системой с теплоутилизатором, кВт  
 $\Sigma \mathcal{E}$  - годовое потребление электроэнергии системой, кВт.ч/год  
 $\Delta \mathcal{E}$  - дополнительное потребление электроэнергии системой с теплоутилизатором, кВт.ч/год  
 $b_t, b_{\mathcal{E}}$  - удельный расход топлива на выработку единицы энергоносителя, т усл.топлива/ГДж, т усл.топлива/тыс.кВт.ч  
 $\Delta B$  - затраты, экономия топлива системой, т усл.топлива/год  
 $S$  - производственная площадь, м<sup>2</sup>  
 $K$  - капитальные затраты, руб  
 $\Delta K$  - дополнительные капитальные затраты, руб  
 $И$  - эксплуатационные затраты, руб/год  
 $\Delta И$  - разность эксплуатационных затрат, руб/год  
 $\mathcal{E}$  - экономический эффект, руб/год  
 $T_{ок}$  - срок окупаемости, год  
 $З$  - приведенные затраты, руб/год  
 $E_n$  - нормативный коэффициент эффективности, 1/год  
 $M$  - металлоемкость системы, кг

- $\bar{M}$  - удельная металлоемкость системы, кг/(тыс.м<sup>3</sup>/ч)  
 $F$  - поверхность теплообмена, м<sup>2</sup>  
 $n$  - число рядов труб  
 $W$  - отношение тепловых эквивалентов циркуляционного теплоносителя и приточного потока  
 $l$  - длина воздухопроводов, трубопроводов, м  
 $\eta$  - коэффициент полезного действия

### И н д е к с ы

- |  |                               |
|--|-------------------------------|
| о - отопительный   | перед - передача              |
| н - наружный   | дв - двигатель                |
| п - приточный  | ут - утилизация теплоты       |
| у - удаляемый  | ту - теплоутилизатор          |
| т - теплота  | об - оборудование             |
| к - котельная  | вн - воздухонагреватель       |
| э - электроэнергия   |                               |
| баз - базовый вариант  | ном - номинальный             |
| 1 - на входе в аппарат   | то - техническое обслуживание |
| 2 - на выходе из аппарата  | тр - текущий ремонт           |
| догр - догрев  | кр - капитальный ремонт       |
| в - воздушный, аэродинамический  | р - реновация                 |
| доп - дополнительный   | б - бак                       |
| вент - вентилятор  | сист - система                |
|  | вв - воздухопроводы           |
| $i$ - значение параметра, соответствующего температуре наружного воздуха |                               |
| $W$ - промежуточный (жидкостной) теплоноситель, гидравлический           |                               |

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Рекомендации по оценке экономической эффективности использования теплоты ВЭР, включая вентиляционные выбросы, разработаны на основе существующих методов определения сравнительной экономической эффективности, используемых при выборе и

принятии проектных решений в строительстве. Основные положения этих методов даны в Инструкции по определению экономической эффективности использования в строительстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений, СН 509-78 (М.: Стройиздат, 1979), Инструкции по определению экономической эффективности нового оборудования для кондиционирования воздуха и вентиляции (М.: ЦНИТЭСтроймаш, 1979). В Рекомендациях учтены специфические особенности режимов работы систем микроклимата, оборудованных теплоутилизаторами.

**1.2.** Рекомендации могут быть использованы

– на заключительной стадии проектирования после разработки чертежей и составления сметно-финансового расчета (СФР) для определения экономического эффекта и приведенных затрат на систему;

– для ориентировочной оценки экономической целесообразности утилизации теплоты ВЭР, при подборе типов и типоразмеров теплоутилизаторов, оценке компоновочных и схемных решений и т.п.

**1.3.** Экономическая эффективность проектных решений при использовании теплоты ВЭР для нагрева приточного воздуха систем вентиляции, воздушного отопления и кондиционирования воздуха оценивается в сравнении с базовым вариантом, для которого принято традиционное решение системы микроклимата без утилизации теплоты ВЭР. С базовым вариантом целесообразно сравнивать не менее двух систем, основанных на утилизаторах различного типа.

**1.4.** Определение величин капитальных и эксплуатационных затрат осуществляется на основании сметно-финансового расчета. Использование укрупненных показателей допускается только для оценочных расчетов, включая оценку затрат на базовый вариант.

**1.5.** Для проведения оценки технико-экономической эффективности использования тепловых ВЭР необходима следующая совокупность исходных данных.

**1 группа.** Климатические условия географического пункта работы системы:

$t_o$  - расчетная зимняя температура наружного воздуха, °С (брать по параметрам Б, указанным в п. 7.8 СНиП II-33-75<sup>X</sup>);

$\Pi_o$  - продолжительность периода работы системы с подогревом приточного воздуха, дни;

$\bar{t}_n$  - средняя температура наружного воздуха в период работы системы с подогревом приточного воздуха, °С;

$\tau_n$  - средняя продолжительность наружных температур воздуха, ч.

Примечания. 1. Величины  $\tau_n$  определяются из "Пособия по строительной климатологии (к СНиП 2.01.01-82)" (М.: Стройиздат, 1986).

2. Для отсутствующих в Пособии географических пунктов величины  $\tau_n$  могут приниматься из "Справочника по климату СССР" (Л.: Гидрометеиздат, 1968).

2 группа. Технологические параметры работы системы микроклимата:

$L_n$  - объемный расход приточного воздуха, м<sup>3</sup>/ч;

$L_{рец}$  - объемный расход рециркуляционного воздуха, м<sup>3</sup>/ч;

$\Pi_{нед}$  - число дней работы в неделю;

$\Pi_{см}$  - число смен работы;

$t_n$  - температура приточного воздуха, °С, при:

$t_o, \bar{t}_n, t_n^{max}$  ( $t_n^{max}$  - температура наружного воздуха, при которой прекращается потребление теплоты, кроме специально оговоренных случаев,  $t_n^{max} = 8$  °С).

3 группа. Сведения о внешних источниках теплоты и электроснабжения:

источник теплоснабжения (котельная, ТЭЦ);

вид топлива (газ, мазут, уголь);

$\eta_k, \eta_э$  - КПД источников соответственно тепло- и электроснабжения или  $v_t, v_э$  - удельные расходы топлива на получение единицы теплоты, т усл.топл./ГДж, и электроэнергии, т усл.топл./тыс.кВт·ч;

$c_b, c_t, c_э$  - стоимость единицы топлива, руб/т усл.топл., теплоты, руб/ГДж, и электроэнергии, коп/кВт·ч.

Примечание. При двухставочном тарифе задаются ставки основной ( $\alpha$ ) и дополнительной ( $\beta$ ) платы.

4 группа. Характеристики тепловых ВЭР:

$L_y$  - расход удаляемого потока, м<sup>3</sup>/ч;

$\rho_y$  - плотность с указанием фазового состояния, кг/м<sup>3</sup>;

$t_y$  - температурный потенциал, °С.

Для газообразных энергоносителей:

$d_y$  - влажность удаляемого потока, г/кг.

Для технологических ВЭР:

$t_{пред}$  - предельная температура охлаждения энергоносителя ВЭР, °С.

5 группа. Сведения о теплоутилизационном оборудовании и о системе микроклимата в целом для всех эксплуатационных режимов работы:

типы и марки теплоутилизаторов, которые можно использовать в системе микроклимата с учетом санитарно-гигиенических требований к воздуху в помещении, оговоренных в разд. 7 СНиП II-33-75<sup>х</sup>;

температурные границы работы теплоутилизаторов, обуславливающие следующие режимы их работы: сухой, с частичной конденсацией, влажный и с обмерзанием;

метод предотвращения обмерзания (образования наледи) канала удаляемого потока;

объемные расходы воздуха в приточном и вытяжном каналах теплоутилизатора;

эффективность теплообмена теплоутилизатора, аэродинамические и гидравлические потери давления приточных, вытяжных и циркуляционных сетей систем, включая аэродинамические сопротивления теплоутилизаторов при различных режимах их работы, с учетом метода предотвращения обмерзания теплоутилизатора, а также на основе компоновочных решений всей системы в целом;

температура наружного воздуха, при которой образуется наледь в канале удаляемого потока;

технические характеристики остального оборудования системы микроклимата;

стоимость оборудования, его технического обслуживания, текущего и капитального ремонтов, стоимость и

характеристика занимаемой производственной площади, нормы отчислений на реновацию и величина нормативного коэффициента эффективности капиталовложений;

масса системы в целом и ее габариты;

сведения о технических и стоимостных характеристиках базового варианта — системы микроклимата без теплоутилизации (определяются по данным аналогичных проектов, разработанных ранее для рассматриваемого производства).

**Примечание.** Если в исходных данных отсутствуют сведения о базовом варианте, то при проведении расчетов используются формулы и пункты, отмеченные знаком \*.

**1.6.** Варианты проектных решений систем микроклимата, включая базовый, должны обеспечивать одинаковый санитарно-гигиенический эффект в помещениях, обслуживаемых этими системами, и быть сопоставимыми по ценам и другим стоимостным показателям.

**1.7.** Рекомендации содержат методы определения: энергетических показателей, капитальных затрат, годовых эксплуатационных затрат, сравнительной экономической эффективности, срока окупаемости дополнительных капитальных вложений и приведенных затрат на систему микроклимата с теплоутилизатором, дополнительных показателей эффективности.

## **2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ**

**2.1.** К энергетическим показателям относятся: экономия теплоты, затраты теплоты на подогрев приточного воздуха, дополнительное и суммарное потребление электроэнергии, экономия топлива системой при использовании тепловых ВЭР.

### Расчет экономии теплоты

**2.2.** Годовая потребность теплоты, идущей на полный подогрев приточного потока от наружной температуры до требуемой температуры приточного воздуха в помещении, в базовом варианте — системе без теплоутилизатора

$$\Sigma Q_{\text{отс}} = \tau_{\text{год}} L_n \rho_v c_{p,v} (t_n - \bar{t}_n). \quad (1)$$

Среднюю за отопительный период температуру наружного воздуха при одно- или двухсменном режиме работы следует принимать на один градус выше, чем указано в главе СНиП II-33-75<sup>х</sup>.

Продолжительность работы системы в году с подогревом приточного воздуха

$$\tau_{\text{год}} = \lambda_0 24 \omega, \quad (2)$$

где  $\omega = \frac{\lambda_{\text{нед}}}{7} \frac{\lambda_{\text{см}}}{3}$  — коэффициент, учитывающий еженедельную и ежедневную продолжительности работы системы.

2.3. Часовой расход теплоты на догрев приточного потока воздуха от температуры после теплоутилизатора до температуры приточного воздуха

$$Q_{\text{догр}} = L_n \rho_v c_{p,v} (t_n - t_{n2}); \quad (3)$$

а) при отсутствии предварительного подогрева

$$t_{n2} = Et \frac{L_{\text{min}}}{L_n} (t_v - t_n) + t_n; \quad (4)$$

б) при наличии предварительного подогрева до температуры

$$t_{n2} = Et \frac{L_{\text{min}}}{L_n} (t_v - t_{n1}) + t_{n1}. \quad (5)$$

2.4. Дополнительный расход теплоты на догрев приточного воздуха в период снижения эффективности теплоутилизатора вследствие образования наледи в вытяжном канале зависит от выбранного метода предотвращения нарушения работоспособности теплоутилизатора:

1) Вызван недостаточной эффективностью теплоутилизатора.

а) при периодическом отключении и оттаивании теплоутилизатора (применяется в режиме работы системы, допускающем образование наледи на теплообменной поверхности вытяжного канала)  $Q_{\text{гон.горр}} = 0$ ;

б) при предварительном подогреве приточного воздуха до температуры, обеспечивающей режим без образования наледи,

$$Q_{\text{гон.горр}} = L_n \rho_B C_{p,B} (t_{n1} - t_n); \quad (8)$$

в) при подогреве промежуточного теплоносителя

$$Q_{\text{гон.горр}} = G_W C_{p,W} (t_{W2} - t_{W1}); \quad (7)$$

г) при догреве приточного воздуха при байпасировании приточного воздуха и промежуточного теплоносителя, увеличении расхода промежуточного теплоносителя и изменении частоты вращения насадки регенератора дополнительный расход теплоты учитывается формулой (3).

2.5. Годовое потребление теплоты, идущей на догрев приточного воздуха в системе с теплоутилизатором,

$$\sum Q_{\text{горр}} = \omega \sum_{t_n^{\min}}^{t_n^{\max}} (Q_{\text{горр},i} \tau_{n,i} + Q_{\text{гон.горр},i} \tau_{n,i}), \quad (8)$$

где  $t_n^{\min} = t_0$ ;  $t_n^{\max}$  — максимальное значение температуры наружного воздуха, при которой прекращается подогрев приточного воздуха, °C;  $\tau_n$  — средняя продолжительность наружных температур в период работы системы с подогревом приточного воздуха, ч.

Примечание. Расчет  $\sum Q_{\text{горр}}$  по  $\bar{t}_n$  недопустим, так как приводит к снижению эффекта от применения теплоутилизации.

2.6. Годовая экономия теплоты системой с теплоутилизатором

$$\Delta Q = \sum Q_{\text{баз}} - \sum Q_{\text{горр}}. \quad (8)$$

2.7. На стадии анализа при выборе проектных решений следует учитывать возможность уменьшения ве-

личины использования ВЭР и годовой экономии теплоты с целью сокращения капитальных затрат за счет изменения коэффициента эффективности  $E_t$  при применении меньших типоразмеров оборудования, меньшей величины теплообменной поверхности, байпасирования и рециркуляции нагреваемой среды (приточного воздуха, промежуточного теплоносителя) или энергоносителя ВЭР.

### Расчет потребления электроэнергии

2.8. Затраты электрической энергии на привод приточного и вытяжного вентиляторов рассчитываются по формулам:

$$N_n = \frac{L_n \Sigma \Delta p_n}{3600 \eta_{\text{вент}}^n \eta_{\text{перед}}^n 10^3} ; \quad (10)$$

$$N_y = \frac{L_y \Sigma \Delta p_y}{3600 \eta_{\text{вент}}^y \eta_{\text{перед}}^y 10^3} , \quad (11)$$

где  $\Sigma \Delta p_n$  и  $\Sigma \Delta p_y$  – величины аэродинамических сопротивлений соответственно в приточном и удаляемом потоках воздуха, включающие сопротивления в теплоутилизаторе, приточных и вытяжных устройствах, калориферах догрева и предварительного подогрева, воздуховодах и т.д.

2.9. Электрическая мощность, необходимая для работы оборудования утилизации теплоты,  $N_{\text{эв}}^{\text{вт}}$  включает в зависимости от типа теплоутилизатора мощность двигателя соответственно для: вращения регенеративного теплообменника  $N_{\text{врт}}^{\text{вт}}$ , перекачки промежуточного  $N_{\text{вт}}^{\text{вт}}$  и внешнего  $N_{\text{вт}}^{\text{вт}}$  теплоносителя и т.п.

Величина  $N_{\text{вт}}^{\text{вт}}$  рассчитывается по формуле

$$N_{\text{вт}}^{\text{вт}} = \frac{G_w \Delta p_w^{\text{вт}}}{\rho_w 3600 \eta_w^{\text{вт}} \eta_{\text{перед}}^{\text{вт}} 10^3} . \quad (12)$$

Для многоконтурных систем утилизации теплоты жидких теплоносителей величина  $N_w^{yt}$  определяется суммированием затрат мощности на каждый контур.

2.10. Суммарные затраты электрической мощности на систему с теплоутилизатором

$$\Sigma N = N_n + N_y + N_{g\beta}^{yt} \quad (13)$$

Определение величин  $N_n$ ,  $N_y$  и  $N_{g\beta}^{yt}$  - см. пп. 2.8 и 2.9.

2.11. Дополнительные затраты электрической мощности в оборудовании, предназначенном для утилизации теплоты (по отношению к базовому варианту),

$$\Delta N = \begin{cases} * N_n^{yt} + N_y^{yt} + N_{\beta\beta}^{yt} + N_{g\beta}^{yt} ; \\ \Sigma N - \Sigma N_{\beta\alpha\beta}, \end{cases} \quad (14)$$

где  $N_n^{yt}$ ,  $N_y^{yt}$  - затраты электрической мощности на преодоление аэродинамических сопротивлений соответственно в приточном и вытяжном каналах теплоутилизатора;  $N_{\beta\beta}^{yt}$  - затраты электрической мощности в сети воздухопроводов - обвязке теплоутилизатора;  $N_{g\beta}^{yt}$  - см. п. 2.8.

Определение величин  $N_n^{yt}$ ,  $N_y^{yt}$  и  $N_{\beta\beta}^{yt}$  проводится аналогично определению величин  $N_n$  и  $N_y$  (см. формулы 10 и 11).

Величина  $\Sigma N_{\beta\alpha\beta}$  - см. исходные данные, 5 группа.

2.12. Значения величин  $L_n$  и  $L_y$ , входящих в формулы (10) и (11), принимаются по данным проекта. Величина  $G_w$  определяется по данным расчета в пределах (0,7... 2,5);  $L_n$ ,  $\Sigma \Delta r_n$ ,  $\Sigma \Delta r_y$  и  $\Delta r_w^{yt}$  принимаются по расчету.

Значения КПД берутся по данным каталогов на оборудование.

Для ориентировочных расчетов значения аэродинамических ( $\Delta r_n^{yt}$  и  $\Delta r_y^{yt}$ ) и гидравлических ( $\Delta r_w^{yt}$ ) сопротивлений теплоутилизаторов принимаются по табл. 1.

Таблица 1. Величины аэродинамических ( $\Delta p_n^{yt}$  и  $\Delta p_y^{yt}$ ) и гидравлических ( $\Delta p_w^{yt}$ ) сопротивлений теплоутилизаторов, кПа, КПД вентиляторов ( $\eta_{вент}$ ), насосов ( $\eta_w$ ) и передачи ( $\eta_{перед}$ )

Тип аппарата, машины	Обозначение	Величина
Регенераторы и поверхностные рекуператоры	$\Delta p_n^{yt}, \Delta p_y^{yt}$	0,2-0,3
Контактный теплообменник		0,3-0,5
Поверхностно-контактные (орошаемые) теплообменники		0,5-1,5
Водоводяные и водовоздушные теплообменники (со стороны прохода жидкости)	$\Delta p_w^{yt}$	100-200
КПД приточных и вытяжных вентиляторов	$\eta_{вент}^n, \eta_{вент}^y$	0,7
КПД насосов для промежуточного теплоносителя	$\eta_w$	0,6

Примечания: 1. Величины  $\Delta p_n^{yt}$  и  $\Delta p_y^{yt}$  даны без учета сопротивлений дополнительных сетей воздуховодов.

2. КПД передачи рекомендуется принимать равным  $\eta_{перед} = 0,98$ .

Там же приведены величины КПД вентиляторов ( $\eta_{вент}$ ), насосов ( $\eta_w$ ) и передачи ( $\eta_{перед}$ ). Величина  $\Delta p_{сст}^{yt} \approx (1 \dots 2) \Delta p_n^{yt}$ .

2.13.\* Затраты электрической мощности в базовом варианте на заключительной стадии проектирования

$$\sum N_{баз} = \sum N - \Delta N ; \quad (15)$$

на стадии ориентированной оценки для систем общеобменной вентиляции величину  $\sum N_{\text{боз}}$  допускается определять через удельные затраты

$$\sum \bar{N}_{\text{боз}} = 0,7 (1 + 10^3/L). \quad (16)$$

2.14. Годовое потребление электроэнергии для варианта системы с теплоутилизатором

$$\sum \mathcal{E} = \tau_{\text{гог}} \sum N. \quad (17)$$

Расчет аналогичной величины для базового варианта  $\sum \mathcal{E}_{\text{боз}}$  проводится по формуле (17) подставлением затрат электрической мощности  $\sum N_{\text{боз}}$ , рассчитанных в п. 2.13.

2.15. Дополнительное потребление электроэнергии, приходящееся на устройства системы теплоутилизации,

$$\Delta \mathcal{E} = \tau_{\text{гог}} \Delta N. \quad (18)$$

#### Расчет экономии топлива

2.16. Годовая экономия топлива, обеспечиваемая утилизацией теплоты ВЭР, рассчитывается на основании данных о годовой экономии теплоты с учетом характеристик источников теплоснабжения и замещаемого топлива по формуле

$$\Delta B_T = b_T \Delta Q, \quad (19)$$

где  $b_T = 0,0342 / \eta_k$ , т усл.топл./ГДж (0,143 /  $\eta_k$  т усл.топл./Гкал).

В зависимости от конкретных условий энергоснабжения предприятия в качестве энергетических установок могут рассматриваться промышленные котельные и котельные ТЭЦ. Среднее по стране значение удельного расхода условного топлива на получение теплоты составляет  $b_T = 0,0412$  т усл.топл./ГДж (0,173 т усл.топл./Гкал).

Для ориентировочных расчетов КПД котельных и парогенераторов ТЭЦ представлены в табл. 2.

Таблица 2. Ориентировочные значения  $\eta_k$

Тип котельной	Твердое топливо	Жидкое и газообразное топливо
Котельные и парогенераторы ТЭЦ	0,82-0,88	0,88-0,92
Районные и крупные промышленные котельные	0,75-0,8	0,8-0,85
Местные котельные	0,5-0,55	0,6-0,7

2.17. Затраты топлива на выработку дополнительной электроэнергии для получения экономии теплоты

$$\Delta B_{\text{э}} = b_{\text{э}} \Delta \mathcal{E}, \quad (20)$$

где  $b_{\text{э}} = 0,123 / \eta_{\text{э}}$ , т усл.топл./тыс.кВт.ч.

Средний по стране удельный расход условного топлива на выработку электроэнергии составляет

$$b_{\text{э}} = 0,328 \text{ т усл.топл./тыс.кВт.ч.}$$

Ориентировочные значения удельных расходов различных видов топлива на выработку электроэнергии даны в табл. 3.

Таблица 3. Ориентировочные значения  $b_{\text{э}}$

Вид топлива	$b_{\text{э}}$
Твердое	0,325 - 0,343
Газообразное	0,308 - 0,330
Жидкое	0,313 - 0,335

2.18. Экономия топлива системой вентиляции с теплоутилизатором

$$\Delta B = \Delta B_{\text{т}} - \Delta B_{\text{э}}. \quad (21)$$

Условие  $\Delta B > 0$  является необходимым для получения экономического эффекта.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАПИТАЛЬНЫХ ЗАТРАТ

3.1. При проектировании систем микроклимата с использованием ВЭР следует учитывать следующие виды капитальных вложений:

$$K = K_{ту} + K_{об} + K_s, \quad (22)$$

где  $K_{ту}$  – затраты на теплоутилизационное оборудование;  $K_{об}$  – затраты на материалы и оборудование систем микроклимата, включая средства управления;  $K_s$  – затраты на производственную площадь для размещения оборудования системы микроклимата, включая теплоутилизационное.

3.2. Перечисленные выше капитальные вложения по всем видам затрат определяются как сметная стоимость строительства (расчетно-балансовая стоимость), включающая затраты потребителя на приобретение, транспортировку, хранение, монтаж, пуск и регулировку оборудования и других элементов систем и накладные расходы.

Сопряженные капитальные вложения в производство оборудования и материалов систем утилизации теплоты при оценке экономической эффективности проектных решений не учитываются.

3.3. Капитальные затраты на теплоутилизационное оборудование  $K_{ту}$  (теплообменники разных типов, передающие теплоту энергоносителей ВЭР энергоносителям систем микроклимата: горячей воде систем отопления, приточному воздуху систем вентиляции и кондиционирования) определяются на основании СФР.

Стоимость теплоутилизаторов  $K_{ту}$ , выпускаемых Минстройдормашем, приведена в табл. 4.

3.4. Капитальные затраты на оборудование и материалы системы микроклимата  $K_{об}$  включают затраты на приточные и вытяжные устройства, воздуховоды (трубопроводы), строительные работы и средства управления.

$K_{об}$  определяется на основании СФР.

3.5. Капитальные затраты на производственные площади, занимаемые теплоутилизационным и вентиляционным оборудованием, определяются по формуле

Таблица 4. Стоимость теплоутилизаторов (по данным ПО "Союзкондиционер")

Теплоутилизатор	Марка	Оптовая цена, руб.	Номинальная производи-тельность, тыс.м <sup>3</sup> /ч
Вращающийся ре-генеративный	ТП10-Э2РГ.01	1720	10
	ТП16-Э2РГ.01	2416	16
	ТП25-Э2РГ.01	3457	25
Пластинчатый ре-cuperативный	ТП05-Т2РК.01	1000	5
	ТП10-Т2РК.01	2000	10
На базе тепловых трубок	ТП2,5-Т1РК.02	613	2,5
	ТП10-Т1РК.02	3000	10
С промежуточным теплоносителем	ТП05-Т1РК.03	82	5
	ТП05-Т1РК.04	101	5
	ТП16-Т1РК.03	206	16
	ТП16-Т1РК.04	264	16
	ТП25-Т1РК.03	300	25
	ТП25-Т1РК.04	393	25

$$K_s = 0,75c_s k_s, \quad (23)$$

где 0,7 - коэффициент, учитывающий возможность полезного использования площади;  $k_s$  - коэффициент, учитывающий тип производственной площади, на которой располагается оборудование системы микроклимата.

При размещении оборудования на основных производственных площадях  $k_s = 1,0$ ; в помещениях технических этажей, венткамер, тепловых пунктах, на вспомогательных производственных площадях (склады и т.п.), в подвалах и т.п.  $k_s = 0,7$ ; в межферменном пространстве, на кронштейнах или подвесках без устройства специальных площадок для обслуживания, вне зданий и на покрытиях зданий без утепленных укрытий  $k_s = 0,3$ ; на существующих производственных площадях  $k_s = 0$ .

Величина производственной площади  $S$  определяется по данным проекта с учетом проходов для обслуживания (согласно п. 4.211 СНиП II-33-75<sup>х</sup>).

Стоимость 1 м<sup>2</sup> производственных площадей  $C_s$  промышленных зданий принимается по табл. 5.

Таблица 5. Средняя стоимость 1 м<sup>2</sup> площади промышленных зданий, руб. (в ценах на 1984 г.)

Вид отрасли	$C_s$
Черная металлургия	220
Цветная металлургия	215
Химическая промышленность	195
Машиностроение	155
Деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность	135
Промстройматериалов	155
Легкая промышленность	110
Пищевая, медицинская и микробиология	120
Полиграфическая и местная промышленность	225
Строительство	155

Примечание. Если не указана отрасль, в которой эксплуатируется оборудование, стоимость 1 м<sup>2</sup> производственной площади рекомендуется принимать равной 155 руб.

3.6. Дополнительные капитальные затраты  $\Delta K$ , связанные с использованием средств утилизации теплоты, определяются либо суммированием капитальных затрат на теплоутилизационное оборудование  $K_{ту}$ , дополнительное оборудование  $K_{доп}$  и дополнительные производственные площади  $\Delta K_s$ , либо как разность капитальных затрат в варианте с теплоутилизацией и базовом варианте  $\Delta K = \begin{cases} *K_{ту} + K_{доп} + \Delta K_s ; \\ K - K_{баз} . \end{cases}$  (24)

Таблица 6. Укрупненные показатели капитальных затрат на теплоутилизационное оборудование  $K_{\Gamma}$

Оборудование	Расчетные зависимости для определения капитальных затрат, руб.	Область применения
Вращающиеся регенеративные теплоутилизаторы ТП-Э2 РГ	$650+140L_{ном}$	$L_{ном} = 10-80$ тыс.м <sup>3</sup> /ч
Рекуперативные теплоутилизаторы пластинчатые типа ТП-Т2 РК	$250+200L_{ном}$	$L_{ном} = 5-20$ тыс.м <sup>3</sup> /ч (при $L_{ном} = 25$ тыс.м <sup>3</sup> /ч - предположительно)
То же, трубчатые типа ТКТ	$250+120L_{ном}$	$L_{ном} = 5-80$ тыс.м <sup>3</sup> /ч
Теплоутилизаторы на базе термосифонов типа ТП-Т1 РК	$340L_{ном}$	$L_{ном} = 2,5-10$ тыс.м <sup>3</sup> /ч
Теплоутилизаторы для систем с промежуточным теплоносителем типа ТП-Т1 РК	$5,5L_{ном} \eta$	$L_{ном} = 5-250$ тыс.м <sup>3</sup> /ч для каждого потока воздуха при массовой скорости во фронтальном сечении 3,33 кг/(м <sup>2</sup> .с)
Теплообменники водоводяные, одно-, двух-, трех- и четырехсекционные	40F	

Таблица 7. Укрупненные показатели капитальных затрат на дополнительное оборудование систем утилизации теплоты  $K_{доп}$

Оборудование	Расчетные зависимости для определения капитальных затрат, руб.	Область применения
1	2	3
Дополнительное вентоборудование (без вентагрегата) и обвязка при использовании регенеративных и рекуперативных теплоутилизаторов	$500 + 5 L_{ном}$	$L_{ном} = 10-125 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$
То же, при использовании теплоутилизаторов с промежуточным теплоносителем и термосифонов	$170 + 2 L_{ном}$	$L_{ном} = 10-125 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$
Дополнительный вентагрегат	$200 + 12 L_{ном}$	$L_{ном} = 10-200 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$
Насосные установки для систем с промежуточным теплоносителем, включая обвязку и водо-водяной теплообменник	$300 + 35 L_{нв}$ или $30 + 10 L_{ном} \bar{W}$	$L_{нв} = 2-80 \text{ м}^3/\text{ч}$ $L_{ном} = 10-240 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$ $\bar{W} = 0,1-1,0$
Баки металлические для воды или антифриза	$100 + 40 V_{б}$ или $100 + 10 L_{ном} \bar{W}$	$L_{ном} = 10-240 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$ $\bar{W} = 0,1-1,0$ $V_{б} = 1-2,5 \text{ м}^3$
Антифриз (раствор хлористого кальция с ингибиторами коррозии)	$40 V_{сист}$ или $10 L_{ном} \bar{W}$	$V_{сист} = 2-30 \text{ м}^3$ $L_{ном} = 10-240 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$ $\bar{W} = 0,1-10$

1	2	3
Фильтры для воздуха сухие, рулонные и т.п.	20 $L_{ном}$	$L_{ном} = 10-240$ тыс.м <sup>3</sup> /ч
Трубопроводы для воды и промежуточного теплоносителя	0,02 $L_w^{0,5}$	$L_w = 2-80$ м <sup>3</sup> /ч
	или 0,5 $L_{ном}^{0,5}$	$L_{ном} = 10-240$ тыс.м <sup>3</sup> /ч
Воздуховоды:		
- из кровельной стали	8,2 $L^{0,275}$	} $L = 10-80$ тыс.м <sup>3</sup> /ч ( $L = 60-100$ тыс.м <sup>3</sup> /ч)
	(0,45 $L^{0,8}$ )	
- из кровельной оцинкованной стали	8,7 $L^{0,275}$	
	(0,50 $L^{0,8}$ )	
- из листовой стали	8,0 $L^{0,275}$	
	(0,60 $L^{0,8}$ )	
Приборы и средства автоматического управления	200 $L^{0,1}$	

Примечание. Зависимости, характеризующие капитальные затраты на воздуховоды для систем производительностью 60-100 тыс.м<sup>3</sup>/ч, даны в скобках.

Таблица 8. Укрупненные значения площадей, занимаемых теплоутилизационным и дополнительным оборудованием,  $\Delta S$

Оборудование	Расчетные зависимости для определения величины площади, м <sup>2</sup>	Область применения
1	2	3
Теплоутилизаторы регенеративные вращающиеся типа ТП-Э2 РГ, включая дополнительное вентиляционное оборудование (кроме вентилятора) и обвязку	$12 + 0,15 L_{ном}$	$L_{ном} = 10-80 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$
Теплоутилизаторы рекуперативные пластинчатые типа ТП-Г2 РК, включая дополнительное вентиляционное оборудование (кроме вентилятора) и обвязку	$4 + 0,8 L_{ном}$	$L_{ном} = 5-20 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$
То же, трубчатые типа ТКТ	$6 + 0,25 L_{ном}$	$L_{ном} = 5-80 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$
Теплоутилизаторы на базе термосифонов типа ТП-Т1 РК	$3 + 0,6 L_{ном}$	$L_{ном} = 2,5-10 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$
Теплоутилизаторы для систем с промежуточным теплоносителем при числе рядов труб по ходу воздуха $n$	$0,038 L_{ном}^{0,5} n$	$L_{ном} = 10-240 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$ по каждому потоку воздуха

1	2	3
Площадь, занимаемая дополнительным вентиляционным оборудованием (кроме вентагрегата) и обвязкой вытяжных установок с теплоутилизаторами систем с промежуточным теплоносителем	$9 + 0,15 L_{ном}$	$L_{ном} = 10-125 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$ (учитывается только для вытяжных установок)
То же, с вентагрегатом	$11 + 0,4 L_{ном}$	$L_{ном} = 10-125 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$
Дополнительный вентагрегат радиальный	$2 + 0,25 L_{ном}$	$L_{ном} = 10-125 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$
То же, осевой	$1 + 0,1 L_{ном}$	$L_{ном} = 10-125 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$
Насосная для воды и систем с промежуточным теплоносителем	$6 + 0,15 L_w$ или $6 + 0,0435 L_{ном}$	$L_w = 2-80 \text{ м}^3/\text{ч}$ $L_{ном} = 10-240 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$

3.7.\* Капитальные затраты на теплоутилизационное оборудование  $K_{ту}$  определяются на заключительной стадии проектирования (см. п. 3.3), а на стадии ориентировочных оценок – по укрупненным капитальным затратам, представленным в табл.6, в зависимости от номинального расхода воздуха через теплоутилизатор  $L_{ном}$  (для системы с промежуточным теплоносителем в зависимости еще от поверхности теплообмена  $F$  и числа рядов труб  $n$ ).

3.8.\* Капитальные затраты на дополнительное оборудование  $K_{доп}$  систем микроклимата состоят из затрат на:

дополнительное вентиляционное оборудование (вентиляторы, клапаны, фильтры, секции обслуживания и т.п.), необходимое для комплектации и монтажа систем утилизации теплоты;

дополнительное насосное оборудование, необходимое для двух- и многоконтурных систем утилизации теплоты ВЭР с использованием промежуточных теплоносителей; антифриз и дополнительные баки для приготовления раствора антифриза, используемого как промежуточный теплоноситель;

дополнительные воздуховоды и трубопроводы для средств утилизации теплоты;

приборы, материалы и монтаж средств автоматического управления.

На заключительной стадии проектирования величина  $K_{доп}$  определяется по проектным данным.

Для оценочных расчетов допускается использование укрупненных показателей капитальных затрат  $K_{доп}$ , представленных в табл. 7.

3.9. Капитальные затраты на дополнительные производственные площади рассчитываются по формуле

$$\Delta K_s = \begin{cases} *0,7 \Delta S c_s k_s & ; \\ K_s - K_{s, баз} & , \end{cases} \quad (25)$$

где  $\Delta S$  – дополнительные производственные площади, занимаемые теплоутилизационным и дополнительным оборудованием,  $m^2$ .

Определение остальных величин, входящих в формулу (25), приведено в п. 3.5 либо дано в исходных данных.

На заключительных стадиях величина  $\Delta S$  определяется по данным проекта. Укрупненные значения величин  $\Delta S$  представлены в табл.8.

3.10. Для проведения ориентировочных расчетов можно использовать удельные укрупненные показатели капитальных затрат на теплоутилизаторы  $\bar{K}_{ту}$ , дополнительное оборудование  $\bar{K}_{доп}$  и производственные площади  $\Delta K_s$ . Величины  $\bar{K}_{ту}$ ,  $\bar{K}_{доп}$  и  $\Delta K_s$  приведены в табл.9.

Примечание. Аппроксимирующие уравнения, представленные в табл.8-9, даны в зависимости от  $L_{ном}$ , выраженного в тыс.м<sup>3</sup>/ч.

3.11.\* Капитальные затраты в базовый вариант  
- на заключительной стадии проектирования

$$K_{\delta 03} = K - \Delta K ; \quad (26)$$

- на стадии ориентировочных расчетов для систем общеобменной вентиляции величину  $K_{\delta 03}$  допускается определять через удельные капитальные затраты

$$\bar{K}_{\delta 03} = 0,2 (1 + 10^3/L) . \quad (27)$$

3.12.\* Капитальные затраты на производственную площадь в базовом варианте

- для заключительной стадии проектирования

$$K_{s, \delta 03} = K_s - \Delta K_s ; \quad (28)$$

- для оценочных расчетов величину  $K_{s, \delta 03}$  допускается принимать в размере  $\sim 40 \dots 50 \%$   $K_{\delta 03}$  общих капитальных затрат в базовом варианте.

3.13. В тех случаях, когда при использовании тепловых ВЭР в приточных системах вентиляции и кондиционирования воздуха полностью исключается необходимость в воздухонагревателях, работающих от тепловой сети, общая сумма дополнительных капитальных затрат должна быть уменьшена на величину сметной стоимости воздухонагревателей, определяемую по данным проекта или по укрупненным показателям по формуле

$$K_{вн} \approx 7 L_{ном} \cdot 10^{-3} . \quad (29)$$

Таблица 9. Удельные укрупненные показатели капитальных затрат на теплоутилизаторы, дополнительное оборудование и производственные площади

Тип оборудования	Эффективность теплообмена	Удельные капитальные затраты, руб/(м <sup>3</sup> /ч)		
		теплоутилизаторы $\bar{K}_{ту}$	дополнительное оборудование, включая средства управления $\bar{K}_{доп}$	строительные площади $\Delta \bar{K}_s$
1	2	3	4	5

Теплоутилизаторы:

регенеративные ТП-Э2 РГ	0,72	0,21	0,08	0,09
рекуперативные ТП-Т2 РК	0,68	0,21	0,08	0,09
трубчатые ТКТ	0,4	0,15	0,08	0,06
термосифоны с промежуточным теплоносителем	0,6	0,34	0,04	0,10
	0,55	0,14	0,1 (0,13)	0,1
	0,45	0,10	0,1 (0,13)	0,1
	0,35	0,07	0,1 (0,13)	0,1

Продолжение табл. 9

1	2	3	4	5
Вентагрегаты	-	-	0,03	0,03
Фильтры	-	-	0,02	0,015

Примечания: 1. Для систем производительностью более 10 тыс. м<sup>3</sup>/ч удельные показатели рекомендуется принимать с коэффициентом  $\Psi = 0,5 (1 + 10^4/L_{ном})$ .

2. При размещении оборудования на основных производственных площадях затраты на строительные площади следует принимать с коэффициентом 1,5. При размещении оборудования в межферменном пространстве и вне зданий затраты на строительные площади принимать с коэффициентом 0,5. Величины  $\Delta K_s$  рассчитаны исходя из  $C_s = 100$  руб/м<sup>2</sup>.

3. В скобках приведены удельные показатели при использовании антифриза в качестве промежуточного теплоносителя.

#### 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОДОВЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ

4.1. Затраты на теплоту для системы с теплоутилизатором

$$И_T = C_T \sum Q_{\text{гепр}} , \quad (30)$$

где  $C_T$  - стоимость теплоты, руб/ГДж (руб/Гкал).

Величина  $C_T$  определяется по стоимостным показателям на теплоту, представленным в табл. 10.

Таблица 10. Стоимость топлива и теплоты по основным экономическим зонам страны на перспективу

Экономические зоны	Оценки котельно-печного топлива, руб/т усл.топл.		Оценки тепловой энергии, руб/ГДж
	уголь	газ	
Европейская часть СССР	50	60	3,58
Урал	43	52	3,34
Казахстан	41	50	3,34
Средняя Азия	42	51	3,58
Западная Сибирь	35	43	3,10
Восточная Сибирь	20	-	2,63
Дальний Восток	60	72	5,01

Расчет аналогичной величины для базового варианта  $И_{T, \text{баз}}$  проводится по формуле (30) подставлением затрат теплоты  $\sum Q_{\text{баз}}$ , определенных в п.2.2.

4.2. Экономия эксплуатационных затрат на теплоту (по отношению к базовому варианту)

$$\Delta И_T = C_T \Delta Q . \quad (31)$$

4.3. Затраты электрической энергии для системы с теплоутилизатором

$$И_Э = C_Э \sum Э . \quad (32)$$

Определение аналогичной величины для базового варианта  $I_{э, баз}$  проводится по формуле (32) представлением значения затрат годового потребления электрической энергии  $\Sigma Э_{баз}$ , рассчитанного в п. 2.14.

4.4. Дополнительные (по отношению к базовому варианту) затраты электрической энергии в системе с теплоутилизатором

$$\Delta I_{э} = C_{э} \Delta Z. \quad (33)$$

4.5. Стоимость электрической энергии  $C_{э}$  следует принимать по замыкающим затратам; допускается принимать  $C_{э}$  по тарифам на электроэнергию:

а) при двухставочном тарифе стоимость электроэнергии определяется по формуле

$$C_{э} = 1,2a/\tau_{год} + b \cdot 10^{-2}, \quad (34)$$

где  $a$  – ставка основной годовой платы за установленную мощность, руб/(кВт.год);  $b$  – ставка дополнительной платы за потребляемую электроэнергию, коп/кВт.ч.

Примеры двухставочных тарифов на электроэнергию приведены в табл. 11.

Таблица 11. Примеры двухставочных тарифов

Энергосистема	С т а в к а	
	$a$ , руб/кВт.год	$b$ , коп/кВт.ч
Мосэнерго	38	1,0
Свердловскэнерго	38	0,9
Иркутскэнерго	30	0,25
Кузбасэнерго	33	0,50
Киевэнерго	39	1,2
Молдглавэнерго	42	1,5

Примечание. Средний двухставочный тариф на электроэнергию для промышленных потребителей с заявленной мощностью более 750 кВ.А составляет 1,64 коп/кВт.ч, менее 750 кВ.А – 3,13 коп/кВт.ч.

б) при одноставочном тарифе для промышленных и приравненных к ним потребителей с общей присоединенной мощностью до 750 кВ.А  $C_{э} = 3$  коп/кВт.ч, для

Таблица 12. Удельные стоимости технического обслуживания, текущего и капитального ремонтов теплоутилизаторов

Теплоути- лизатор	Марка	$C_{\text{ТО}}$ , руб/ч	$C_{\text{ТР}}$ , руб/ч	$C_{\text{КР}}$ , руб/ч	$L$ , тыс.м <sup>3</sup> /ч
В Р Т	ТП.10-Э2РГ.01	0,0178	0,0228	0,0132	10
	ТП.16-Э2РГ.01	0,0285	0,0365	0,0212	16
	ТП.25-Э2РГ.01	0,0445	0,0570	0,0330	25
П Л	ТП.05-Т2РК.01	0,0015	0,0019	0,0010	5
	ТП.10-Т2РК.01	0,0025	0,0040	0,0020	10
Т Т	ТП.2,5-Т1РК.02	0,00867	0,00760	0,00317	2,5
	ТП.10-Т1РК.02	0,02000	0,02280	0,00950	10
Пр	ТП.05-Т1РК.03	0,00072	0,00182	-	5
	ТП.05-Т1РК.04	0,00301	0,00227	-	5
	ТП.16-Т1РК.03	0,00214	0,00546	-	16
	ТП.16-Т1РК.04	0,00342	0,00680	-	16
	ТП.25-Т1РК.03	0,00360	0,00910	-	25
	ТП.25-Т1РК.04	0,00565	0,01135	-	25

производственных сельскохозяйственных потребителей  
 $C_{э} = 1$  коп/кВт·ч.

4.6. Затраты на техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонты оборудования системы микроклимата определяются суммированием указанных затрат по всем  $k$ -м элементам оборудования

$$И_{то,тр,кр} = \sum_{i=1}^k (И_{то,тр,кр})_i = \sum_{i=1}^k (C_{то} + C_{тр} + C_{кр})_i T_{год} \quad (35)$$

Удельные стоимости  $C_{то}$ ,  $C_{тр}$  и  $C_{кр}$  для теплоутилизаторов даны в табл. 12, аналогичные величины для остального оборудования определяются по нормативным материалам, приведенным в "Инструкции по определению экономической эффективности нового оборудования для кондиционирования воздуха и вентиляции" (М.: ЦНИИТЭСтроймаш, 1978).

Для базового варианта  $И_{то,тр,кр}^{баз}$  вычисляется по формуле (35) подстановкой в нее значений удельных стоимостей  $C_{то}^{баз}$ ,  $C_{тр}^{баз}$  и  $C_{кр}^{баз}$  для оборудования базового варианта.

4.7. Дополнительные затраты на техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонты

$\Delta И_{то,тр,кр}$ , приходящиеся на оборудование для утилизации теплоты, определяются либо суммированием указанных затрат на это оборудование, либо как разность указанных видов затрат в варианте с теплоутилизацией и базовом варианте

$$\Delta И_{то,тр,кр} = \begin{cases} * \sum_{i=1}^{k_{ут}} (И_{то,тр,кр})_i^{ут} = \sum (C_{то}^{ут} + C_{тр}^{ут} + C_{кр}^{ут}) T_{год} \cdot i ; \\ И_{то,тр,кр} - И_{то,тр,кр}^{баз} \end{cases} \quad (36)$$

4.8.\* Затраты на техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонты в базовом варианте

на заключительной стадии проектирования

$$I_{то,тр,кр}^{баз} = I_{то,тр,кр} - \Delta I_{то,тр,кр} ; \quad (37)$$

на стадии оценочных расчетов для систем общеобменной вентиляции  $I_{то,тр,кр}^{баз}$  допускается принять в размере 5–15 % величины ( $K_{баз} - K_s, баз$ ) в зависимости от режима работы системы (числа смен).

4.9. Затраты на реновацию рассчитываются по формуле

$$I_p = (K - K_s) p + K_s p_s , \quad (38)$$

где  $p$  и  $p_s$  – размеры реновационных отчислений соответственно на оборудование систем вентиляции и на производственные площади, 1/год.

Величина  $p$  определяется по табл.14 исходя из среднего значения срока службы оборудования. Сроки службы оборудования даны в табл.13. Величина  $p$  в среднем равна 0,0874,  $p_s = 0,00883$  (при сроке службы здания 30 лет).

Таблица 13. Срок службы оборудования (по данным ВНИИ кондиционер)

Оборудование	Срок службы, год
Вентиляторы	8
Оборудование центральных секционных кондиционеров	10
Кондиционеры автономные	8
Кондиционеры неавтономные агрегатные	7
Воздухоохлаждающие агрегаты	7
Отопительные агрегаты	8
Калориферы	8
Фильтры	6
Клапаны	10
Теплоутилизаторы	8

Таблица 14. Нормы амортизационных отчислений на полное восстановление (реновацию) в зависимости от срока службы

Срок службы	Коэффициенты реновации $\rho$
1	1,0
2	0,4762
3	0,3021
4	0,2155
5	0,1638
6	0,1296
7	0,1054
8	0,0874
9	0,0736
10	0,0627

Примечание. Расчет величин  $\rho$  проводится по формуле  $\rho = E / [(1+E)^{T_c} - 1]$ , где  $E = 0,1$  - нормативный коэффициент приведения;  $T_c$  - срок службы с учетом морального износа, год.

Для расчета затрат на реновацию в базовом варианте  $И_{р, баз}$  в формулу (38) подставляются величины  $K_{баз}$  и  $K_{s, баз}$ , рассчитанные соответственно в пп. 3.11 и 3.12.

4.10. Дополнительные затраты на реновацию, приходящиеся на оборудование и производственные площади системы утилизации теплоты,

$$\Delta И_{р} = (\Delta K - \Delta K_s) \rho + \Delta K_s \rho_s. \quad (39)$$

4.11. На стадии анализа проектных решений дополнительные эксплуатационные затраты на техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонты, а также на реновацию теплоутилизационного оборудования допускается рассчитывать по формуле

$$\Delta И_{то, тр, кр} + \Delta И_{р} = (\Delta K - \Delta K_s) \alpha + \Delta K_s \alpha_s \quad (40)$$

или по формуле

$$\Delta И_{то, тр, кр} + \Delta И_{р} = \Delta K \alpha_z, \quad (41)$$

где  $\alpha$  – доля отчислений от капитальных затрат на оборудование утилизации теплоты ( $K_{ту} + K_{гон}$ );

$\alpha_s$  – доля отчислений от капитальных затрат на дополнительные производственные площади ( $\Delta K_s$ );

$\alpha_z$  – доля отчислений от дополнительных капитальных затрат ( $\Delta K$ ).

Значения  $\alpha$  и  $\alpha_z$  принимаются в зависимости от режима работы системы и определяются по табл. 15.

Таблица 15. Суммарные доли затрат  $\alpha$  и  $\alpha_z$

Режим работы	$\alpha$	$\alpha_z$
Односменный	0,12	0,10
Двухсменный	0,15	0,12
Трёхсменный	0,20	0,16

Величина  $\alpha_s \approx 0,05$  для всех режимов работы.

4.12. Суммарные эксплуатационные затраты на систему с теплоутилизатором

$$И = И_T + И_э + И_{то,тр,кр} + И_p \quad (42)$$

в базовом варианте в формулу (42) подставляются величины, соответствующие базовому варианту (см. пп. 4.1, 4.3, 4.8 и 4.9).

4.13. Экономия эксплуатационных затрат

$$\Delta И = \Delta И_T - (\Delta И_э + \Delta И_{то,тр,кр} + \Delta И_p). \quad (43)$$

## 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ, СРОКА ОКУПАЕМОСТИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ КАПИТАЛЬНЫХ ЗАТРАТ И ПРИВЕДЕННЫХ ЗАТРАТ

5.1. Сравнительная экономическая эффективность

$$\mathcal{E} = \Delta И_T - (\Delta И_э + \Delta И_{то,тр,кр} + \Delta И_p + \Delta К_{Ен}). \quad (44)$$

Величина нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений  $E_H$  принимается в соответствии с действующими нормативами определения экономической эффективности. В настоящее время  $E_H=0,12$ .

5.2. Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений при использовании тепловых ВЭР

$$T_{ок} = \Delta K / \Delta И \quad . \quad (45)$$

Расчетный срок окупаемости дополнительных капитальных затрат не должен превышать нормативный, установленный для строительства – 8,33 года.

5.3. Величины  $\Delta$  и  $T_{ок}$  рассчитываются для всех вариантов проектных решений систем с утилизацией теплоты ВЭР.

5.4. Определение приведенных затрат на систему с утилизацией теплоты ВЭР

$$Z = И + K E_H \quad ; \quad (46)$$

на систему без утилизации теплоты (базовый вариант)  $Z_{баз}$  – в формулу (46) подставляются величины  $И_{баз}$  и  $K_{баз}$ , расчет которых приведен соответственно в пп. 4.12 и 3.11.

5.5. При оценке затрат на энергосбережение систем с использованием тепловых ВЭР (в частности, теплоты вентиляционных выбросов) стоимость последних принимается равной нулю. В приведенные затраты рассматриваемых систем с теплоутилизаторами включаются только затраты, связанные непосредственно с их сооружением и эксплуатацией.

5.6. Если ни один из рассматриваемых вариантов не обеспечивает положительного эффекта, то определяют, на какую величину отличаются приведенные затраты на систему с теплоутилизатором от приведенных затрат в базовом варианте.

При  $|\Delta / Z_{баз}| \cdot 100 \% \leq \delta$  выбирается вариант с теплоутилизатором, поскольку он дает экономию теплоты (на заключительной стадии проектирования  $\delta = 5 \%$ , для ориентировочных расчетов  $\delta = 10 \%$ ).

5.7. Варианты, не обеспечивающие положительного эффекта ( $\Delta < 0$  с учетом погрешности, опре-

деленной в п. 5.6 и  $T_{ок} > 8,33$ ), исключаются из дальнейшего рассмотрения.

5.8. Выбирается вариант с максимальным значением экономического эффекта  $\mathcal{E}_{max}$  или с минимальным сроком окупаемости  $T_{ок}^{min}$ .

5.9. Варианты считаются равноэкономичными, если  $\mathcal{E}$  отличается от  $\mathcal{E}_{min}$  не более, чем на величину  $\delta$ . В этом случае выбор оптимального варианта осуществляется по одному из дополнительных показателей.

## 6. РАСЧЕТ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

6.1. Дополнительные показатели эффективности включают натуральные и стоимостные показатели. К натуральным показателям относятся энергетические и массогабаритные характеристики. К стоимостным показателям относятся стоимости сезонного и затрачиваемого топлива.

6.2. Энергетический показатель оптимального варианта – максимальное значение годовой экономии теплоты системой с теплоутилизатором  $\Delta Q^{max}$ , которое выбирается по результатам расчетов по формуле (9).

6.3. Вариант с минимальными затратами производственных площадей на систему  $S_{min}$  выбирается по данным проекта (см. п. 3.5).

6.4. В качестве дополнительного показателя можно использовать величину

$$\Delta S = (S - S_{баз}) / \Delta Q, \quad (47)$$

которая показывает увеличение производственной площади системы с теплоутилизатором по сравнению с базовым вариантом на единицу сезонной теплоты.

Величина  $S_{баз}$  в формуле (47) определяется исходя из капитальных затрат на производственную площадь в базовом варианте (см. формулу 28), стоимости единицы производственной площади (см. табл. 5) и условий размещения вентиляционного оборудования (см. п. 3.5).

Из рассмотренных вариантов выбирается вариант с  $\Delta S_{min}$

6.5. Показатели  $S$  и  $\Delta S$  рекомендуется использовать в случае дефицита производственных площадей, например, при реконструкции предприятия.

6.6. Вариант систем с теплоутилизатором с минимальной металлоемкостью  $M_{min}$  определяется по данным проекта.

Для ориентировочных расчетов величина  $M$  вычисляется через удельную металлоемкость

$$\bar{M} = \mu (1 + 10^3/L), \quad (48)$$

где  $\mu$  - коэффициент, учитывающий удельную металлоемкость систем с различными типами теплоутилизаторов.

Величины  $\mu$  для систем вентиляции представлены в табл. 16. Для базового варианта  $\bar{M}_{баз} = 160$  кг/(тыс.м<sup>3</sup>/ч).

Таблица 16. Значения коэффициента  $\mu$ , учитывающего металлоемкость систем вентиляции (при размещении приточной установки на расстоянии  $\sim 20$  м от вытяжной)

Теплоутилизатор	$\mu$
ВРТ	200
Пл	230
ТТ	260
Пр	220

Примечание. При увеличении расстояния между приточной и вытяжной установкой до 80 м удельная металлоемкость  $\bar{M}$  растет соответственно: для систем с ВРТ на  $\sim 25$  %, для систем с Пл и ТТ - на  $\sim 20$  %, для систем с Пр - на  $\sim 10$  %.

6.7. Удельный показатель, характеризующий увеличение металлоемкости по отношению к количеству сэконо-  
мленной теплоты, равен  $\Delta M/\Delta Q$ , кг/(ГДж/год).

Выбирается вариант с минимальным значением  $(\Delta M/\Delta Q)_{min}$ .

6.8. Дополнительный стоимостной показатель - стоимость сэкономленного системой топлива -

$$\Delta C_{\text{в}} = c_{\text{в}} \Delta B, \quad (49)$$

где  $c_{\text{в}}$  - удельная стоимость топлива, руб/т усл.топл.

Величины  $c_{\text{в}}$  для различных районов страны определяются по табл.10. Выбирается вариант с максимальным значением  $\Delta C_{\text{в}}$ . Расчет величины  $\Delta B$  - см. п. 2.16-2.18.

6.9. Дополнительный стоимостной показатель - стоимость топлива, затрачиваемого системой -

$$C_{\text{в}} = c_{\text{в}} B, \quad (50)$$

где  $B$  - затраты топлива системой, т усл.топл./год.

$$B = b_{\text{т}} \sum Q_{\text{гор}} + b_{\text{э}} \sum \mathcal{E}. \quad (51)$$

Расчет величин  $\sum Q_{\text{гор}}$  см. п.2.5,  $\sum \mathcal{E}$  - п.2.14.

Удельные расходы топлива на выработку теплоты и электроэнергии см. соответственно в п.2.16 и 2.17.

### Пример расчета 1

Определить технико-экономическую эффективность использования теплоты вытяжного воздуха системы общеобменной вентиляции цеха механосборочного производства.

#### 1. Исходные данные

##### 1 группа

Город Москва,  $t_{\text{с}} = -28$  °С,  $\lambda_{\text{с}} = 213$  дней,  
 $\bar{t}_{\text{н}} = -3,6$  °С, средняя продолжительность температур  
 наружного воздуха приведена ниже.

$t_{\text{н}}, \text{°C}$	-25 и ниже	-25... -20	-20... -15	-15... -10	-10... -5	-5... 0	0...+5	+5...+8
$\tau_{\text{н}}, \text{ч}$	47	125	246	487	829	1299	1382	684

## 2 группа

$L_n = 30$  тыс.м<sup>3</sup>/ч;  $L_{pec} = 0$ ;  $L_{сп} = 2$ ;  $L_{мед} = 5$  дней;  
 $t_{прит} = 15$  °С = *idem*;  $t_n^{max} = 8$  °С.

## 3 группа

Источник теплоснабжения - ТЭЦ, вид топлива - твердое;  $\beta_T = 0,0413$  т усл.топл./ГДж (0,173 т усл.топл./Гкал);  $\beta_{\nu} = 0,328$  т усл.топл./тыс.кВт.ч;  $C_{\beta} = 50$  руб/т усл.топл.;  $C_T = 3,58$  руб/ГДж (15 руб/Гкал);  $C_{\nu} = 3$  коп/кВт.ч (одноставочный тариф).

## 4 группа

$L_y = 30$  тыс.м<sup>3</sup>/ч;  $\rho_y = 1,2$  кг/м<sup>3</sup> (воздух);  $t_y = 20$  °С.

## 5 группа

Вращающийся регенеративный теплообменник ТП25-Э2РГ.01 (ВРТ); теплообменник на базе тепловых трубок ТП10-Т1РК.02 - 3 шт. (ТТ); система с промежуточным теплоносителем ТП25-Т1.РК.03 (Пр) по 4 шт. на приточном и удаляемом потоках.

Схемы установок с теплоутилизаторами различных типов показаны на рис.1.

Режим работы теплоутилизаторов - сухой;  $t = -26... +15$  °С;  $L_n^{ту} = L_y^{ту} = 30$  тыс.м<sup>3</sup>/ч.

Технические характеристики теплоутилизаторов

Теплоутилизатор	$E_t$	$\Delta p_n$	$\Delta p_y$
ВРТ	0,72	220	220
ТТ	0,58	585	720
Пр	0,48	310	310

Суммарные аэродинамические потери давления приточных, вытяжных и циркуляционных сетей

Теплоутилизатор	$\Sigma \Delta p_n$	$\Sigma \Delta p_y$
ВРТ	1930	1740
ТТ	2284	2225
Пр	1860	1865

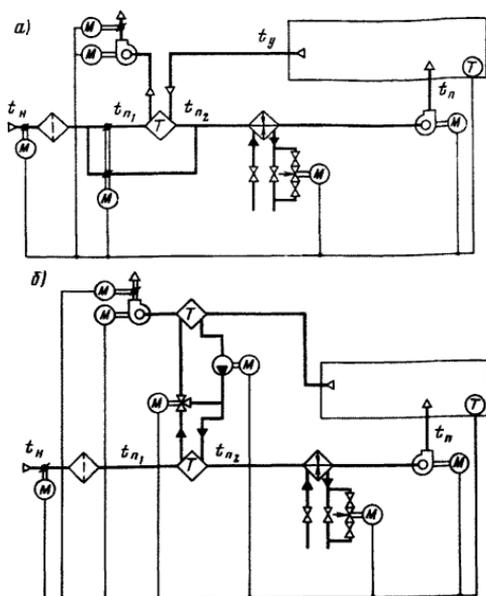


Рис.1. Схема установки с теплоутилизатором типа ВРТ или ТТ (а) и типа Пр (б)

Технические характеристики оборудования системы вентиляции: калорифер обогрева **КсК311-02ХЛЗ -**

$\Delta p_{кф}^{чт} = 174$  Па; насос в системе с промежуточным теплоносителем мощностью  **$N_{насос}^{Пр} = 8$  кВт.**

Данные, характеризующие компоновочные решения подобных систем, взяты по разработкам ГПИ Сантех - проект.

Конструктивное исполнение приточных установок выполнено на базе центральных кондиционеров КТЦ2.

Стоимости оборудования, его технического обслуживания, текущего и капитального ремонта и отчисления на реновацию принимаются по укрупненным показателям.

Стоимость производственной площади  $C_s = 155$  руб/м<sup>2</sup>; теплоутилизационное оборудование размещается на вспомогательных производственных площадях  $K_s = 0,7$ ; нормативный коэффициент эффективности капиталовложения  $E_n = 0,12$ .

Величины занимаемых производственных площадей и масса систем вентиляции принимаются по укрупненным показателям.

Сведения о базовом варианте - система с подогревом приточного воздуха от внешнего теплоносителя (схема установки без теплоутилизатора показана на рис.2): калорифер КсК 311-02ХЛЗ -  $\Delta P_{кф}^{баз} = 184$  Па, потребляемая мощность насоса  $N_{насос}^{баз} = 15$  кВт.

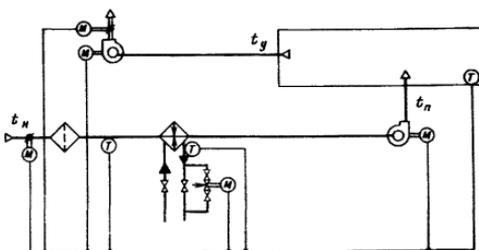


Рис.2. Схема установки без теплоутилизатора (базовый вариант)

Суммарные потери давления  $\Sigma \Delta P_{баз} = 2914$  Па.  
Потребляемая электрическая мощность  $N_{баз} = 35,4$  кВт.

Капиталовложения в базовом варианте  $K_{баз} = 10,8$  тыс.руб., из них затраты на оборудование  $K_{об, баз} = 6,5$  тыс.руб.

## 2. Определение энергетических показателей

а) Расчет экономии теплоты

$$\Sigma Q_{баз} = \tau_{гог} L_n \rho_v c_{p, в} (t_n - \bar{t}_n) =$$

$$= 1639,1 \text{ ГДж/год} \quad (391,2 \text{ Гкал/год}); \tau_{гог} = 2433 \text{ ч}$$

$$(\omega = 0,476).$$

$t_n, ^\circ\text{C}$	Теплоутилизатор					
	ВРТ		ТТ		Пр	
	$Q_{гор}$	$t_{н2}$	$Q_{гор}$	$t_{н2}$	$Q_{гор}$	$t_{н2}$
-25 и ниже	275,13	7,4	535,80	0,2	699,00	-4,3
-25...-20	249,79	8,1	495,98	1,3	649,82	-2,9
-20...-15	199,11	9,5	416,32	3,5	552,10	-0,2
-15...-10	148,43	10,9	336,67	5,7	454,33	2,4
-10...-5	97,74	12,3	257,03	7,9	356,60	5,1
-5...0	47,06	13,7	177,40	10,1	259,00	7,8
0...+5	-	-	97,74	12,3	161,10	10,5
+5...+8	-	-	-	-	82,90	12,7

Часовой расход теплоты на догрев приточного воздуха  $Q_{догр}$  и температура воздуха после теплоутилизатора  $t_{п2}$  в зависимости от температуры наружного воздуха  $t_n$  для выбранных типов теплоутилизаторов приведены выше.

Дополнительный расход теплоты на догрев приточного воздуха в случае образования наледи отсутствует, так как режим работы теплоутилизатора - сухой.

#### Годовое потребление и экономия теплоты

Количество теплоты	Т е п л о у т и л и з а т о р		
	ВРТ	ТТ	Пр
$\Sigma Q_{догр}$	148,75	444,14	657,83
$\Delta Q$	1490,35	1194,96	981,27

б) Расчет потребления электроэнергии

Затраты электрической мощности

Электрическая мощность	Т е п л о у т и л и з а т о р		
	ВРТ	ТТ	Пр
$N_n$	23,5	27,8	22,6
$N_y$	21,1	27,0	20,2
$N_{дог}^{ут}$	1,1	-	8,0
$\Sigma N$	45,7	54,8	50,8
$\Delta N$	10,3	19,4	15,4

Затраты электроэнергии

Затраты электроэнергии	Т е п л о у т и л и з а т о р		
	ВРТ	ТТ	Пр
$\Sigma \mathcal{E}$	$119,19 \cdot 10^3$	$133,33 \cdot 10^3$	$123,60 \cdot 10^3$
$\Delta \mathcal{E}$	$25,08 \cdot 10^3$	$47,20 \cdot 10^3$	$37,47 \cdot 10^3$

в) Расчет экономии топлива

Количество топлива	Т е п л о у т и л и з а т о р		
	ВРТ	ТТ	Пр
$\Delta$ Вт	61,55	49,35	40,52
$\Delta$ Вэ	8,22	5,48	12,38
$\Delta$ В	53,33	33,87	28,14

3. Определение капитальных затрат

Капитальные затраты	Т е п л о у т и л и з а т о р		
	ВРТ	ТТ	Пр
Кту	$4,15 \cdot 10^3$	$10,20 \cdot 10^3$	$3,30 \cdot 10^3$
Коб	$8,25 \cdot 10^3$	$7,63 \cdot 10^3$	$9,04 \cdot 10^3$
К <sub>с</sub>	$6,11 \cdot 10^3$	$6,36 \cdot 10^3$	$6,46 \cdot 10^3$
К	$18,51 \cdot 10^3$	$24,19 \cdot 10^3$	$18,80 \cdot 10^3$
Кдоп	$1,75 \cdot 10^3$	$1,13 \cdot 10^3$	$2,54 \cdot 10^3$
$\Delta$ К <sub>с</sub>	$1,81 \cdot 10^3$	$2,06 \cdot 10^3$	$2,16 \cdot 10^3$
$\Delta$ К	$7,71 \cdot 10^3$	$13,39 \cdot 10^3$	$8,00 \cdot 10^3$

#### 4. Определение годовых эксплуатационных затрат

Эксплуатационные затраты	Теплоутилизатор		
	ВРТ	ТТ	Пр
$I_T$	$0,53 \cdot 10^3$	$1,59 \cdot 10^3$	$2,36 \cdot 10^3$
$\Delta I_T$	$5,34 \cdot 10^3$	$4,28 \cdot 10^3$	$3,51 \cdot 10^3$
$I_\varepsilon$	$3,33 \cdot 10^3$	$4,00 \cdot 10^3$	$3,70 \cdot 10^3$
$\Delta I_\varepsilon$	$0,75 \cdot 10^3$	$1,42 \cdot 10^3$	$1,12 \cdot 10^3$
$I_{то,тр,кр}$	$1,01 \cdot 10^3$	$1,22 \cdot 10^3$	$0,90 \cdot 10^3$
$\Delta I_{то,тр,кр}$	$0,36 \cdot 10^3$	$0,57 \cdot 10^3$	$0,25 \cdot 10^3$
$I_R$	$1,14 \cdot 10^3$	$1,62 \cdot 10^3$	$1,14 \cdot 10^3$
$\Delta I_R$	$0,53 \cdot 10^3$	$1,01 \cdot 10^3$	$0,53 \cdot 10^3$
$I$	$6,01 \cdot 10^3$	$8,43 \cdot 10^3$	$8,11 \cdot 10^3$
$\Delta I$	$3,70 \cdot 10^3$	$1,28 \cdot 10^3$	$1,61 \cdot 10^3$

#### 5. Определение сравнительной экономической эффективности и срока окупаемости ( $Z_{баз} = 11,01 \cdot 10^3$ руб/год)

Экономические показатели	Теплоутилизатор		
	ВРТ	ТТ	Пр
$\varepsilon$	$2,78 \cdot 10^3$	$-0,32 \cdot 10^3$	$0,65 \cdot 10^3$
$T_{ок}$	2,1	10,5	5,6
$Z$	$8,23 \cdot 10^3$	$11,33 \cdot 10^3$	$10,36 \cdot 10^3$

Максимальный экономический эффект  $Z_{max} = 2,78$  тыс.руб/год и минимальный срок окупаемости  $T_{ок}^{min} = 2,1$  года обеспечивает система вентиляции с ВРТ, следовательно, вариант с ВРТ выбирается в качестве оптимального.

Примечание. Приведенные затраты по варианту с ТТ и базовому варианту различаются менее чем на  $\sim 5\%$ , следовательно, эти варианты равноэкономичны.

## Пример расчета 2

Определить технико-экономическую эффективность использования теплоты вытяжного воздуха систем общеобменной вентиляции заливочного отделения литейного цеха.

### 1. Исходные данные

1 и 4 группы – см. пример расчета 1.

2 группа – см. пример расчета 1,  
за исключением:  $\eta_{ст} = 3$ ,  $\eta_{ног} = 7$  дней.

3 группа – см. пример расчета 1, кроме стоимости электроэнергии;  $C_{э} = 1,85$  коп/кВт.ч (двухставочный тариф);  $a = 36$  руб/ (кВт.год),  $b = 1$  коп/кВт.ч.

5 группа – см. пример расчета 1, за исключением данных по ВРТ; теплоутилизационное оборудование размещается на имеющихся производственных площадях действующего предприятия ( $K_s = 0$ ).

### 2. Определение энергетических показателей

а) Расчет экономии теплоты

$$\Sigma Q_{баз} = 3442,1 \text{ ГДж/год (821,5 Гкал/год) (} \omega = 1 \text{)}.$$

Величины  $Q_{гор}$  и  $t_{п2}$  – см. пример расчета 1.

Годовое потребление и экономия теплоты

Количество теплоты	Теплоутилизатор	
	ТТ	Пр
$\Sigma Q_{гор}$	832,7	1381,4
$\Delta Q$	2508,4	2080,7

б) Расчет потребления электроэнергии

Затраты электрической мощности – см. пример расчета 1 за исключением данных по ВРТ.

Дополнительные годовые затраты электроэнергии

Затраты электроэнергии	Теплоутилизатор	
	ТТ	Пр
$\Sigma \mathcal{E}$	$280,14 \cdot 10^3$	$259,69 \cdot 10^3$
$\Delta \mathcal{E}$	$99,17 \cdot 10^3$	$78,72 \cdot 10^3$

в) Расчет экономии топлива

Количество топ- лива	Теплоутилизатор	
	ТТ	Пр
$\Delta B_t$	103,64	85,11
$\Delta B_e$	32,53	25,82
$\Delta B$	71,11	59,29

3. Определение капитальных затрат ( $\Delta K_s = 0$ ,  
 $K_{s, \text{баз}} = 4,30 \cdot 10^3$  руб)

Дополнительные капитальные затраты	Теплоутилизатор	
	ТТ	Пр
$K_{ту}$	$10,20 \cdot 10^3$	$3,30 \cdot 10^3$
$K_{об}$	$7,63 \cdot 10^3$	$9,04 \cdot 10^3$
$K_{доп}$	$1,13 \cdot 10^3$	$2,54 \cdot 10^3$
$K$	$22,13 \cdot 10^3$	$16,64 \cdot 10^3$
$\Delta K$	$11,33 \cdot 10^3$	$5,84 \cdot 10^3$

#### 4. Определение годовых эксплуатационных затрат

Эксплуатационные затраты	Теплоутилизатор	
	ГТ	Пр
$I_T$	$3,34 \cdot 10^3$	$4,96 \cdot 10^3$
$\Delta I_T$	$8,98 \cdot 10^3$	$7,38 \cdot 10^3$
$I_{\text{Э}}$	$5,18 \cdot 10^3$	$4,80 \cdot 10^3$
$\Delta I_{\text{Э}}$	$1,83 \cdot 10^3$	$1,46 \cdot 10^3$
$I_{\text{то,тр,кр}}$	$2,56 \cdot 10^3$	$1,89 \cdot 10^3$
$\Delta I_{\text{то,тр,кр}}$	$1,20 \cdot 10^3$	$0,52 \cdot 10^3$
$I_P$	$1,56 \cdot 10^3$	$1,08 \cdot 10^3$
$\Delta I_P$	$0,99 \cdot 10^3$	$0,51 \cdot 10^3$
$I$	$12,64 \cdot 10^3$	$12,72 \cdot 10^3$
$\Delta I$	$4,96 \cdot 10^3$	$4,89 \cdot 10^3$

#### 5. Определение сравнительной экономической эффективности и срока окупаемости ( $z_{\text{баз}} = 18,9 \cdot 10^3$ руб/год)

Экономические показатели	Теплоутилизатор	
	ГТ	Пр
$\text{Э}$	$3,60 \cdot 10^3$	$4,19 \cdot 10^3$
$T_{\text{ок}}$	2,3	1,2
$z$	$15,3 \cdot 10^3$	$14,71 \cdot 10^3$

Максимальный экономический эффект  $\text{Э}_{\text{max}} = 4,19$  тыс.руб/год и минимальный срок окупаемости  $T_{\text{ок}}^{\text{min}} = 1,2$  года обеспечивает система с промежуточным теплоносителем. Поскольку отличие в величине экономического эффекта у систем не превышает 5 %, то варианты считаются равноэкономичными и приводится расчет дополнительных показателей эффективности.

## 6. Расчет дополнительных показателей эффективности

Из дополнительных показателей рассчитываются величины  $\Delta Q, M, \Delta M/\Delta Q, \Delta C_{\text{в}}, \text{и } C_{\text{в}}$ .

Показатели  $S$  и  $\Delta S$  не рассматривались, так как в данном примере затраты на производственные площади отсутствуют.

Показатель	Теплоутилизатор	
	ТТ	Пр
$\Delta Q$	2509,4	2060,7
$M$	10370	8780
$\Delta M/\Delta Q$	2,22	1,83
$\Delta C_{\text{в}}$	$3,56 \cdot 10^3$	$2,96 \cdot 10^3$
$C_{\text{в}}$	$6,52 \cdot 10^3$	$7,11 \cdot 10^3$

Поскольку разность стоимостей сэкономленного и затрачиваемого топлива невелика ( $\sim 0,6$  тыс.руб/год), то выбор варианта целесообразно проводить по характеристикам металлоемкости. Показатели металлоемкости у системы с промежуточным теплоносителем лучше, чем у системы с тепловыми трубками. В качестве оптимального варианта выбирается система с промежуточным теплоносителем.

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

	Стр.
Предисловие.....	3
Условные обозначения.....	4
1. Общие положения.....	5
2. Определение энергетических показателей.....	9
Расчет экономии теплоты.....	9
Расчет потребления электроэнергии.....	12
Расчет экономии топлива.....	15
3. Определение капитальных затрат.....	17
4. Определение годовых эксплуатационных затрат...	29
5. Определение сравнительной экономической эффективности, срока окупаемости дополнительных затрат и приведенных затрат.....	35
6. Расчет дополнительных показателей эффективности.....	37
Пример расчета 1 .....	39
Пример расчета 2 .....	47

Рекомендации по определению экономической эффективности систем обеспечения микроклимата при использовании вторичных энергоресурсов

Редактор Л.Н. Кузьмина  
 Технический редактор П.И. Орехов  
 Корректор И.Н. Грачева

Л-53054. Сдано в набор 23.03.86. Подп. в печ. 10.06.86.  
 Формат 60x90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печ. л. 3,12. Уч.-изд. л. 3. Усл. кр.-  
 отт. 3,5. Тираж 1500 экз. Цена 25 коп. Заказ 805

ЦНИИпромзданий, 127238, Москва, Дмитровское шоссе, 46.  
 ПЭМ ВНИИИСа Госстроя СССР, 121471, Москва, Можайское шоссе, 25.