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

gost.e-ecolog.ru

УДК 628.882/.889.003.13

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.

© Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений (ЦНИИпромзданий), 1986

П Р Е Д И С Л О В И Е

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 ЦНИИпромзданий: кандидатами техн.наук А.Г.Аничкиным, А.Г.Тащиной, 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 ЦНИИпромзданий 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, ^{o}C

L – объемный расход воздуха, $м^3/ч$

G – весовой расход теплоносителя, кг/ч

ρ – плотность, $кг/м^3$

c_ρ – теплоемкость, кДж/(кг·град)

τ – продолжительность работы системы, ч

Et – коэффициент теплотехнической эффективности теплоутилизатора

Q – расход теплоты, кДж/ч (ккал/ч)

ΣQ – годовое потребление теплоты, ГДж/год (Гкал/год)

ΔQ – годовая экономия теплоты системой с теплоутилизатором, ГДж/год (Гкал/год)

N – затраты электрической мощности, кВт

ΣN – суммарные затраты электрической мощности системой, кВт

ΔN – дополнительные затраты электрической мощности системой с теплоутилизатором, кВт

$\Sigma Э$ – годовое потребление электроэнергии системой, кВт.ч/год

$\Delta Э$ – дополнительное потребление электроэнергии системой с теплоутилизатором, кВт.ч/год

$в_т, в_э$ – удельный расход топлива на выработку единицы энергоносителя, т усл.топлива/ГДж, т усл.топлива/тыс.кВт.ч

ΔB – затраты, экономия топлива системой, т усл.топлива/год

S – производственная площадь, $м^2$

K – капитальные затраты, руб

ΔK – дополнительные капитальные затраты, руб

$И$ – эксплуатационные затраты, руб/год

$\Delta И$ – разность эксплуатационных затрат, руб/год

$Э$ – экономический эффект, руб/год

$Т_{ок}$ – срок окупаемости, год

$З$ – приведенные затраты, руб/год

$E_н$ – нормативный коэффициент эффективности, $1/год$

$М$ – металлоемкость системы, кг

$\bar{M}$ – удельная металлоемкость системы, кг/(тыс.м^3/ч)

F – поверхность теплообмена, м^2

n – число рядов труб

$\bar{W}$ – отношение тепловых эквивалентов циркуляционного теплоносителя и приточного потока

ℓ – длина воздуховодов, трубопроводов, м

η – коэффициент полезного действия

Индексы

о – отопительный
н – наружный
п – приточный
у – удаляемый
т – теплота
к – котельная
э – электроэнергия
баз – базовый вариант
1 – на входе в аппарат
2 – на выходе из аппарата
догр – догрев
в – воздушный, аэродинамический
доп – дополнительный
вент – вентилятор
перед – передача
дв – двигатель
ут – утилизация теплоты
ту – теплоутилизатор
об – оборудование
вн – воздухонагреватель
ном – номинальный
то – техническое обслуживание
тр – текущий ремонт
кр – капитальный ремонт
р – реновация
б – бак
сист – система
вв – воздуховоды

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[x]);

n_o – продолжительность периода работы системы с подогревом приточного воздуха, дни;

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

$\tau_н$ – средняя продолжительность наружных температур воздуха, ч.

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

2. Для отсутствующих в Пособии географических пунктов величины $\tau_н$ могут приниматься из "Справочника по климату СССР" (Л.: Гидрометеоиздат, 1966).

2 группа. Технологические параметры работы системы микроклимата:

$L_п$ – объемный расход приточного воздуха, м^3/ч;

$L_{рец}$ – объемный расход рециркуляционного воздуха, м^3/ч;

$n_{нед}$ – число дней работы в неделю;

$n_{см}$ – число смен работы;

$t_п$ – температура приточного воздуха, °С, при:

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

3 группа. Сведения о внешних источниках теплоты и электроснабжения:

источник теплоснабжения (котельная, ТЭЦ);

вид топлива (газ, мазут, уголь);

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

$c_в, c_т, c_э$ – стоимость единицы топлива, руб/т усл.топл., теплоты, руб/ГДж, и электроэнергии, коп/кВт·ч.

Примечание. При двухставочном тарифе задаются ставки основной (a) и дополнительной (b) платы.

4 группа. Характеристики тепловых ВЭР:

L_y – расход удаляемого потока, $м^3/ч$;

ρ_y – плотность с указанием фазового состояния, $кг/м^3$;

t_y – температурный потенциал, ^oC.

Для газообразных энергоносителей:

d_y – влажность удаляемого потока, г/кг.

Для технологических ВЭР:

$t_{пред}$ – предельная температура охлаждения энергоносителя ВЭР, ^oC.

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*;

температурные границы работы теплоутилизаторов, обусловливающие 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 догрев 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

$$\Sigma Q_{без} = \tau_{год} L_п \rho_в c_{р,в} (t_п - \bar{t}_н) . \quad (1)$$

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*.

Продолжительность работы системы в году с подогревом приточного воздуха

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

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

2.3. Часовой расход теплоты на догрев приточного потока воздуха[1] от температуры после теплоутилизатора до температуры приточного воздуха

$$Q_{догр} = L_п \rho_в c_{р,в} (t_{п2} - t_{п1}) ; \quad (3)$$

а) при отсутствии предварительного подогрева

$$t_{п2} = Et \frac{L_{min}}{L_п} (t_в - t_н) + t_н ; \quad (4)$$

б) при наличии предварительного подогрева до температуры

$$t_{п2} = Et \frac{L_{min}}{L_п} (t_в - t_{п1}) + t_{п1} . \quad (5)$$

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) $Q_{доп.дегр}=0$;

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

$$Q_{доп.дегр}=L_{п}\rho_{в}c_{р,в}(t_{п1}-t_{н}); \qquad (6)$$

в) при подогреве промежуточного теплоносителя

$$Q_{доп.дегр}=G_{w}c_{р,w}(t_{w2}-t_{w1}); \qquad (7)$$

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,

$$\Sigma Q_{дегр}=\omega\sum_{i=t_{н}^{min}}^{t_{н}^{max}}(Q_{дегр,i}\tau_{н,i}+Q_{доп.дегр,i}\tau_{н,i}), \qquad (8)$$

где $t_{н}^{min}=t_{о}$; $t_{н}^{max}$ – максимальное значение температуры наружного воздуха, при которой прекращается подогрев приточного воздуха, °С; $\tau_{н}$ – средняя продолжительность наружных температур в период работы системы с подогревом приточного воздуха, ч.

Примечание. Расчет $\Sigma Q_{дегр}$ по $\bar{t}_{н}$ недопустим, так как приводит к снижению эффекта от применения теплоутилизации.

2.6. Годовая экономия теплоты системой с теплоутилизатором

$$\Delta Q=\Sigma Q_{баз}-\Sigma Q_{дегр}. \qquad (9)$$

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:

$$N_п = \frac{L_п \Sigma \Delta p_п}{3600 \eta^п_{вент} \eta^п_{перед} 10^3} ; \qquad (10)$$

$$N_у = \frac{L_у \Sigma \Delta p_у}{3600 \eta^у_{вент} \eta^у_{перед} 10^3} , \qquad (11)$$

где $\Sigma \Delta p_п$ и $\Sigma \Delta p_у$ – 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, $N^{ут}_{об}$ включает в зависимости от типа теплоутилизатора мощность двигателя соответственно для: вращения регенеративного теплообменника $N_{врт}$, перекачки промежуточного $N^{ут}_w$ и внешнего $N^{вн}_w$ теплоносителя и т.п.

Величина $N^{ут}_w$ рассчитывается по формуле

$$N^{ут}_w = \frac{G_w \Delta p^{ут}_w}{\rho_w 3600 \eta^{ут}_w \eta^{ут}_{перед} 10^3} . \qquad (12)$$

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

2.10. Суммарные затраты электрической мощности на систему с теплоутилизатором

$$\Sigma N = N_п + N_у + N_{дв}^{ут} \quad . \qquad (13)$$

Определение величин $N_п, N_у$ и $N_{дв}^{ут}$ – см. пп. 2.8 и 2.9.

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

$$\Delta N = \begin{cases} N_п^{ут} + N_у^{ут} + N_{вв}^{ут} + N_{дв}^{ут}; \\ \Sigma N - \Sigma N_{баз}, \end{cases} \qquad (14)$$

где $N_п^{ут}$, $N_у^{ут}$ – затраты электрической мощности на преодоление аэродинамических сопротивлений соответственно в приточном и вытяжном каналах теплоутилизатора; $N_{вв}^{ут}$ – затраты электрической мощности в сети воздуховодов – обвязке теплоутилизатора; $N_{дв}^{ут}$ – см. п. 2.9.

Определение величин $N_п^{ут}, N_у^{ут}$ и $N_{вв}^{ут}$ проводится аналогично определению величин $N_п$ и $N_у$ (см. формулы 10 и 11).

Величина $\Sigma N_{баз}$ – см. исходные данные, 5 группа.

2.12. Значения величин $L_п$ и $L_у$, входящих в формулы (10) и (11), принимаются по данным проекта. Величина G_w определяется по данным расчета в пределах (0,7 ... 2,5); $L_п$, $\Sigma \Delta p_п$, $\Sigma \Delta p_у$ и $\Delta p_w^{ут}$ принимаются по расчету.

Значения КПД берутся по данным каталогов на оборудование.

Для ориентировочных расчетов значения аэродинамических ($\Delta p_п^{ут}$ и $\Delta p_у^{ут}$) и гидравлических ($\Delta p_w^{ут}$) сопротивлений теплоутилизаторов принимаются по табл. 1.

Таблица 1. Величины аэродинамических ($\Delta p_{п}^{ут}$ и $\Delta p_{у}^{ут}$) и гидравлических ($\Delta p_{w}^{ут}$) сопротивлений теплоутилизаторов, кПа, КПД вентиляторов ($\eta_{вент}$), насосов (η_{w}) и передачи ($\eta_{перед}$)

Тип аппарата, машины	Обозначение	Величина
Регенераторы и поверхностные рекуператоры	$\Delta p_{п}^{ут}, \Delta p_{у}^{ут}$	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)	$\Delta p_{w}^{ут}$	100–200
КПД приточных и вытяжных вентиляторов	$\eta_{вент}^{п}, \eta_{вент}^{у}$	0,7
КПД насосов для промежуточного теплоносителя	η_{w}	0,6

Примечания: 1. Величины $\Delta p_{п}^{ут}$ и $\Delta p_{у}^{ут}$ 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 (η_{w}) и передачи ($\eta_{перед}$). Величина $\Delta p_{вв}^{ут} \simeq (1 \ldots 2)\Delta p_{п}^{ут}$.

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

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

на стадии ориентированной оценки для систем общеобменной вентиляции величину $\Sigma N_{баз}$ допускается определять через удельные затраты

$$\Sigma \bar{N}_{баз} = 0{,}7\ (1 + 10^3/L\ ). \qquad (16)$$

2.14. Годовое потребление электроэнергии для варианта системы с теплоутилизатором

$$\Sigma Э = \tau_{год}\, \Sigma N\ . \qquad (17)$$

Расчет аналогичной величины для базового варианта $\Sigma Э_{баз}$ проводится по формуле (17) подставлением затрат электрической мощности $\Sigma N_{баз}$, рассчитанных в п. **2.13.**

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

$$\Delta Э = \tau_{год}\, \Delta N\ . \qquad (18)$$

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

$$\Delta B_т = b_т\, \Delta Q\ , \qquad (19)$$

где $b_т$ = 0,0342/ $\eta_к$, т усл.топл./ГДж (0,143/ $\eta_к$ 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 $b_т$ = 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 $\eta_к$

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

$$\Delta B_э = b_э \Delta Э, \qquad (20)$$

где $b_э = 0{,}123 / \eta_э$, т усл.топл./тыс.кВт.ч.

Средний по стране удельный расход условного топлива на выработку электроэнергии составляет $b_э = 0{,}328$ т усл.топл./тыс.кВт.ч.

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

Таблица 3. Ориентировочные значения $b_э$

Вид топлива	$b_э$
Твердое	0,325 – 0,343
Газообразное	0,308 – 0,330
Жидкое	0,313 – 0,335

2.18. Экономия топлива системой вентиляции с теплоутилизатором

$$\Delta B = \Delta B_т - \Delta B_э. \qquad (21)$$

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:

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

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 производительность, тыс.$м^3$/ч
Вращающийся регенеративный	ТП10-Э2РГ.01	1720	10
	ТП16-Э2РГ.01	2416	16
	ТП25-Э2РГ.01	3457	25
Пластинчатый рекуперативный	ТП05-Т2РК.01	1000	5
	ТП10-Т2РК.01	2000	10
На базе тепловых трубок	ТП2,5-Т1РК.02	813	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	383	25

$$K_s = 0{,}75 c_s k_s , \qquad (23)$$

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*).

Стоимость 1 м^2 производственных площадей C_s промышленных зданий принимается по табл. 5.

Таблица 5. Средняя стоимость 1 м^2 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^2 производственной площади рекомендуется принимать равной 155 руб.

3.6. Дополнительные капитальные затраты ΔK, связанные с использованием средств утилизации теплоты, определяются либо суммированием капитальных затрат на теплоутилизационное оборудование $K_{ту}$, дополнительное оборудование $K_{доп}$ и дополнительные производственные площади ΔK_s, либо как разность капитальных затрат в варианте с теплоутилизацией и базовом варианте

$$\Delta K = \begin{cases} * K_{ту} + K_{доп} + \Delta K_s ; \\ K - K_{баз} . \end{cases} \qquad (24)$$

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

Оборудование	Расчетные зависимости для определения капитальных затрат, руб.	Область применения
Вращающиеся регенеративные теплоутилизаторы ТП-Э2 РТ	$650+140L_{ном}$	$L_{ном}$ =10-80 тыс.м^3/ч
Рекуперативные теплоутилизаторы пластинчатые типа ТП-Т2 РК	$250+200L_{ном}$	$L_{ном}$ =5-20 тыс.м^3/ч (при $L_{ном}$ =25 тыс.м^3/ч - предположительно)
То же, трубчатые типа ТКТ	$250+120L_{ном}$	$L_{ном}$ =5-60 тыс.м^3/ч
Теплоутилизаторы на базе термосифонов типа ТП-Т1 РК	$340L_{ном}$	$L_{ном}$ =2,5-10 тыс.м^3/ч
Теплоутилизаторы для систем с промежуточным теплоносителем типа ТП-Т1 РК	$5,5L_{ном}n$	$L_{ном}$ =5-250 тыс.м^3/ч для каждого потока воздуха при массовой скорости во фронтальном сечении 3,33 кг/(м^2.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 тыс.м^3/ч
То же, при использовании теплоутилизаторов с промежуточным теплоносителем и термосифонов	$170+2\,L_{ном}$	$L_{ном}$ =10–125 тыс.м^3/ч
Дополнительный вентагрегат	$200+12\,L_{ном}$	$L_{ном}$ =10–200 тыс.м^3/ч
Насосные установки для систем с промежуточным теплоносителем, включая обвязку и водо-водяной теплообменник	$300+35\,L_w$ или $30+10\,L_{ном}\bar{W}$	L_w= 2–80 м^3/ч $L_{ном}$=10–240 тыс.м^3/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 тыс.м^3/ч $\bar{W}$ = 0,1–1,0 $V_б$ = 1–2,5 м^3
Антифриз (раствор хлористого кальция с ингибиторами коррозии)	$40\,V_{сист}$ или $10\,L_{ном}\bar{W}$	$V_{сист}$ = 2–30 м^3 $L_{ном}$ = 10–240 тыс.м^3/ч $\bar{W}$ = 0,1–10

Продолжение табл. 7

1	2	3
Фильтры для воздуха сухие, рулонные и т.п.	$20\,L_{ном}$	$L_{ном}$ = 10–240 тыс.м^3/ч
Трубопроводы для воды и промежуточного теплоносителя	$0{,}02\,L_w^{\,0,5}\ell$	L_w = 2–80 м^3/ч
	или $0{,}5\,L_{ном}^{\,0,5}\ell$	$L_{ном}$ = 10–240 тыс.м^3/ч
Воздуховоды:		
– из кровельной стали	$6{,}2\,L^{0,275}\ell$	L = 10–60 тыс.м^3/ч (L = 60–100 тыс.м^3/ч)
	($0{,}45\,L^{0,9}\ell$)	
– из кровельной оцинкованной стали	$6{,}7\,L^{0,275}\ell$)	
	($0{,}50\,L^{0,9}\ell$)	
– из листовой стали	$8{,}0\,L^{0,275}\ell$	
	($0{,}60\,L^{0,9}\ell$)	
Приборы и средства автоматического управления	$200\,L^{0,1}$	

Примечание. Зависимости, характеризующие капитальные затраты на воздуховоды для систем производительностью 60–100 тыс.м^3/ч, даны в скобках.

Таблица 8. Укрупненные значения площадей, занимаемых теплоутилизационным и дополнительным оборудованием, ΔS

Оборудование	Расчетные зависимости для определения величины площади, $м^2$	Область применения
1	2	3
Теплоутилизаторы регенеративные вращающиеся типа ТП-Э2 РГ, включая дополнительное вентоборудование (кроме вентагрегата) и обвязку	$12 + 0{,}15 L_{ном}$	$L_{ном}$=10-80 тыс.$м^3$/ч
Теплоутилизаторы рекуперативные пластинчатые типа ТП-Т2 РК, включая дополнительное вентоборудование (кроме вентагрегата) и обвязку	$4 + 0{,}8 L_{ном}$	$L_{ном}$=5-20 тыс.$м^3$/ч
То же, трубчатые типа ТКТ	$6 + 0{,}25 L_{ном}$	$L_{ном}$=5-60 тыс.$м^3$/ч
Теплоутилизаторы на базе термосифонов типа ТП-Т1 РК	$3 + 0{,}6 L_{ном}$	$L_{ном}$=2,5-10 тыс.$м^3$/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 тыс.$м^3$/ч по каждому потоку воздуха

Продолжение табл. 8

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

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

где ΔS - дополнительные производственные площади, занимаемые теплоутилизационным и дополнительным оборудованием, м^2.

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

На заключительных стадиях величина ΔS определяется по данным проекта. Укрупненные значения величин ΔS представлены в табл.8.

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

Примечание. Аппроксимирующие уравнения, представленные в табл. 6–9, даны в зависимости от $L_{ном}$, выраженного в тыс.м^3/ч.

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

$$K_{баз} = K - \Delta K \; ; \qquad (26)$$

– на стадии ориентировочных расчетов для систем общеобменной вентиляции величину $K_{баз}$ допускается определять через удельные капитальные затраты

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

3.12.* Капитальные затраты на производственную площадь в базовом варианте
– для заключительной стадии проектирования

$$K_{S,баз} = K_S - \Delta K_S \; ; \qquad (28)$$

– для оценочных расчетов величину $K_{S,баз}$ допускается принимать в размере $\sim$ 40...50 % $K_{баз}$ 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

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

Таблица 8. Удельные укрупненные показатели капитальных затрат на теплоутилизаторы, дополнительное оборудование и производственные площади

Тип оборудования	Эффективность теплообмена	Удельные капитальные затраты, руб/($м^3/ч$)		
		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	0,6	0,34	0,04	0,10
с промежуточным теплоносителем	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.$м^3$/ч удельные показатели рекомендуется принимать с коэффициентом $\Psi = 0{,}5\ (1 + 10^4/L_{нач})$.

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 ΔK_S рассчитаны исходя из $C_S = 100$ руб/$м^2$.

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

$$И_т = c_т \Sigma Q_{отр} , \qquad (30)$$

где $c_т$ – стоимость теплоты, руб/ГДж (руб/Гкал).

Величина $c_т$ 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 $И_{т,баз}$ проводится по формуле (30) подстановлением затрат теплоты $\Sigma Q_{баз}$, определенных в п.2.2.

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

$$\Delta И_т = c_т \Delta Q . \qquad (31)$$

4.3. Затраты электрической энергии для системы с теплоутилизатором

$$И_э = c_э \Sigma Э . \qquad (32)$$

Определение аналогичной величины для базового варианта $И_{э,баз}$ 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

$$\Delta И_э = C_э \Delta Э. \qquad (33)$$

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

$$C_э = 1{,}2\alpha/\tau_{год} + \beta\, 10^{-2}, \qquad (34)$$

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

Примеры двухставочных тарифов на электроэнергию приведены в табл. 11.

Таблица 11. Примеры двухставочных тарифов

Энергосистема	Ставка	
	α, руб/кВт.год	β, коп/кВт.ч
Мосэнерго	36	1,0
Свердловскэнерго	36	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

Теплоутилизатор	Марка	$C_{то}$, руб/ч	$C_{тр}$, руб/ч	$C_{кр}$, руб/ч	L, тыс.м^3/ч
ВРТ	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
ПЛ	ТП.05-Т2РК.01	0,0015	0,0019	0,0010	5
	ТП.10-Т2РК.01	0,0025	0,0040	0,0020	10
ТТ	ТП.2,5-Т1РК.02	0,00667	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

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

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 $И^{баз}_{то,тр,кр}$ вычисляется по формуле (35) подстановкой в нее значений удельных стоимостей $C^{баз}_{то}$, $C^{баз}_{тр}$ и $C^{баз}_{кр}$ 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

$$\Delta И_{то,тр,кр} = \begin{cases} \sum_{i=1}^{k_{ут}} (И^{ут}_{то,тр,кр})_i = \sum (C^{ут}_{то} + C^{ут}_{тр} + C^{ут}_{кр}) \tau_{год.i} ; \\ И_{то,тр,кр} - И^{баз}_{то,тр,кр} . \end{cases} \quad (36)$$

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

на заключительной стадии проектирования

$$И^{без}_{то,тр,кр} = И_{то,тр,кр} - \Delta И_{то,тр,кр} \; ; \qquad (37)$$

на стадии оценочных расчетов для систем общеобменной вентиляции $И^{без}_{то,тр,кр}$ допускается принимать в размере 5–15 % величины ($К_{без} - К_{s,без}$) в зависимости от режима работы системы (числа смен).

4.9. Затраты на реновацию рассчитываются по формуле

$$И_р = (К - К_s)\rho + К_s \rho_s \; , \qquad (38)$$

где ρ и ρ_s – размеры реновационных отчислений соответственно на оборудование систем вентиляции и на производственные площади, 1/год.

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

Таблица 13. Срок службы оборудования (по данным ВНИИкондиционер)

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 ρ
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 ρ 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 $И_{\rho,баз}$ 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,

$$\Delta И_\rho = (\Delta K - \Delta K_s)\rho + \Delta K_s \rho_s . \qquad (39)$$

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

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

или по формуле

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

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

α_s – доля отчислений от капитальных затрат на дополнительные производственные площади (ΔK_s);

α_Σ – доля отчислений от дополнительных капитальных затрат (ΔK).

Значения α и α_Σ принимаются в зависимости от режима работы системы и определяются по табл. 15.

Таблица 15. Суммарные доли затрат α и α_Σ

Режим работы	α	α_Σ
Односменный	0,12	0,10
Двухсменный	0,15	0,12
Трехсменный	0,20	0,16

Величина $\alpha_s \simeq 0{,}05$ для всех режимов работы.

4.12. Суммарные эксплуатационные затраты на систему с теплоутилизатором

$$И = И_т + И_э + И_{то,тр,кр} + И_р \qquad (42)$$

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

$$\Delta И = \Delta И_т - (\Delta И_э + \Delta И_{то,тр,кр} + \Delta И_р). \qquad (43)$$

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

5.1. Сравнительная экономическая эффективность

$$Э = \Delta И_т - (\Delta И_э + \Delta И_{то,тр,кр} + \Delta И_р + \Delta K E_н). \qquad (44)$$

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

5.2. Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений при использовании тепловых ВЭР

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

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

5.3. Величины Э 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

$$З = И + KE_н \; ; \qquad (46)$$

на систему без утилизации теплоты (базовый вариант) $З_{баз}$ – 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 $\left| Э / З_{баз} \right| \cdot 100\ \% \leq \delta$ выбирается вариант с теплоутилизатором, поскольку он дает экономию теплоты (на заключительной стадии проектирования δ = 5 %, для ориентировочных расчетов δ = 10 %).

5.7. Варианты, не обеспечивающие положительного эффекта ($Э < 0$ 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 $Э_{max}$ или с минимальным сроком окупаемости $T_{ок}^{min}$.

5.9. Варианты считаются равноэкономичными, если $З$ отличается от $З_{min}$ не более, чем на величину δ. 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 сэкономленного и затрачиваемого топлива.

6.2. Энергетический показатель оптимального варианта – максимальное значение годовой экономии теплоты системой с теплоутилизатором ΔQ^{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

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

которая показывает увеличение производственной площади системы с теплоутилизатором по сравнению с базовым вариантом на единицу сэкономленной 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 ΔS_{min}.

6.5. Показатели S и ΔS 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

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

где μ – коэффициент, учитывающий удельную металлоемкость систем с различными типами теплоутилизаторов.

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

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

Теплоутилизатор	μ
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 сэкономленной 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 –

$$\Delta C_в = c_в \Delta B, \qquad (49)$$

где $c_в$ – удельная стоимость топлива, руб/т усл.топл.

Величины $C_в$ для различных районов страны определяются по табл.10. Выбирается вариант с максимальным значением $\Delta C_в$. Расчет величины ΔB – см. п. 2.16–2.18.

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

$$C_в = c_в B, \qquad (50)$$

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

$$B = в_т \Sigma Q_{догр} + в_э \Sigma Э. \qquad (51)$$

Расчет величин $\Sigma Q_{догр}$ см. п.2.5, $\Sigma Э$ – 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, $t_о$ = –26 °С, $n_о$ =213 дней, $\bar{t}_н$ = –3,6 °С, средняя продолжительность температур наружного воздуха приведена ниже.

$t_н$,°С	–25 и ниже	–25... –20	–20... –15	–15... –10	–10... –5	–5... 0	0...+5	+5...+8
$\tau_н$,ч	47	125	246	487	829	1299	1382	684

2 группа

$L_п$ = 30 тыс.м^3/ч; $L_{рец}$ = 0; $n_{сп}$=2; $n_{нед}$=5 дней;
$t_{прит}$= 15 °С = *idem*; $t_н^{max}$ = 8 °С.

3 группа

Источник теплоснабжения – ТЭЦ, вид топлива – твердое; $в_т$ =0,0413 т усл.топл./ГДж (0,173 т усл. топл./Гкал); $в_э$ = 0,328 т усл.топл./тыс.кВт.ч; $С_в$ =50 руб/т усл.топл.; $С_т$ =3,58 руб/ГДж (15 руб/Гкал); $С_э$ = 3 коп/кВт.ч (одноставочный тариф).

4 группа

$L_у$ = 30 тыс.м^3/ч; $\rho_у$=1,2 кг/м^3(воздух); $t_у$ =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; $L_п^{ТУ} = L_у^{ТУ}$ = 30 тыс.м^3/ч.

Технические характеристики теплоутилизаторов

Теплоутилизатор	Et	$\Delta\rho_п$	$\Delta\rho_у$
ВРТ	0,72	220	220
ТТ	0,56	585	720
Пр	0,46	310	310

Суммарные аэродинамические потери давления приточных, вытяжных и циркуляционных сетей

Теплоутилизатор	$\Sigma\Delta\rho_п$	$\Sigma\Delta\rho_у$
ВРТ	1830	1740
ТТ	2284	2225
Пр	1860	1665

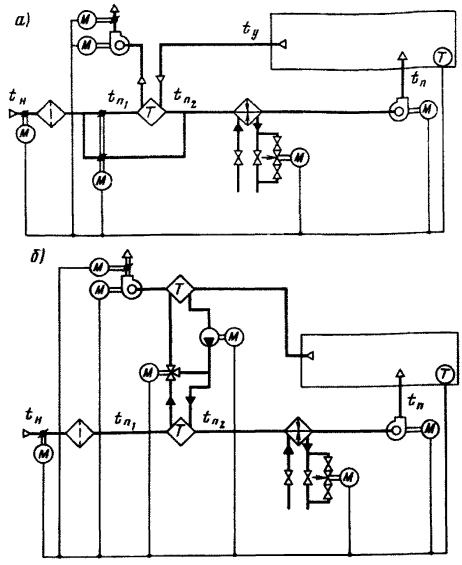


Рис.1. Схема установки с теплоутилизатором типа ВРТ или ТТ (а) и типа Пр (б)

Технические характеристики оборудования системы вентиляции: калорифер догрева **КсК311-02ХЛ3** – $\Delta p^{ут}_{кф}$ = 174 Па; насос в системе с промежуточным теплоносителем мощностью $N^{Пр}_{насос}$ = 8 кВт.

Данные, характеризующие компоновочные решения подобных систем, взяты по разработкам ГПИ Сантехпроект.

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^2; теплоутилизационное оборудование размещается на вспомогательных производственных площадях K_s =0,7; нормативный коэффициент эффективности капиталовложений Ен = 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 – $\Delta p^{баз}_{кф}$ = 184 Па, потребляемая мощность насоса $N^{баз}_{насос}$ = 15 кВт.

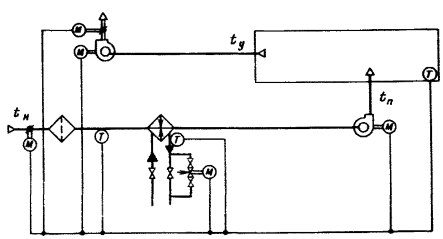


Рис.2. Схема установки без теплоутилизатора (базовый вариант)

Суммарные потери давлен..я $\Sigma\Delta p_{баз}$ =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

$$\Sigma Q_{баз} = \tau_{год} L_п \rho_в c_{р,в} (t_п - \bar{t}_н) =$$

= 1639,1 ГДж/год (391,2 Гкал/год); $\tau_{год}$ =2433 ч (ω = 0,476).

$t_н$, °C	Теплоутилизатор					
	ВРТ		ТТ		Пр	
	$Q_{загр}$	$t_{пг}$	$Q_{загр}$	$t_{пг}$	$Q_{загр}$	$t_{пг}$
–25 и ниже	275,13	7,4	535,80	0,2	699,00	–4,3
–25...–20	249,79	8,1	495,96	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 $t_н$ 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	Теплоутилизатор		
	ВРТ	ТТ	Пр
$\Sigma Q_{догр}$	148,75	444,14	657,83
ΔQ	1490,35	1194,96	981,27

б) Расчет потребления электроэнергии

Затраты электрической мощности

Электрическая мощность	Теплоутилизатор		
	ВРТ	ТТ	Пр
$N_п$	23,5	27,8	22,6
$N_у$	21,1	27,0	20,2
$N^{ут}_{доб}$	1,1	–	8,0
ΣN	45,7	54,8	50,8
ΔN	10,3	19,4	15,4

Затраты электроэнергии

Затраты электроэнергии	Теплоутилизатор		
	ВРТ	ТТ	Пр
$\Sigma Э$	$119,19 \cdot 10^3$	$133,33 \cdot 10^3$	$123,60 \cdot 10^3$
$\Delta Э$	$25,06 \cdot 10^3$	$47,20 \cdot 10^3$	$37,47 \cdot 10^3$

в) Расчет экономии топлива

Количество топлива	Теплоутилизатор		
	ВРТ	ТТ	Пр
Δ Вт	61,55	49,35	40,52
Δ Вэ	8,22	5,48	12,38
Δ В	53,33	33,87	28,14

3. Определение капитальных затрат

Капитальные затраты	Теплоутилизатор		
	ВРТ	ТТ	Пр
Кту	$4,15.10^3$	$10,20.10^3$	$3,30.10^3$
К об	$8,25.10^3$	$7,63.10^3$	$9,04.10^3$
K_s	$6,11.10^3$	$6,36.10^3$	$6,46.10^3$
К	$18,51.10^3$	$24,19.10^3$	$18,80.10^3$
Кдоп	$1,75.10^3$	$1,13.10^3$	$2,54.10^3$
Δ K_s	$1,81.10^3$	$2,06.10^3$	$2,16.10^3$
Δ К	$7,71.10^3$	$13,39.10^3$	$8,00.10^3$

4. Определение годовых эксплуатационных затрат

Эксплуатационные затраты	Теплоутилизатор		
	ВРТ	ТТ	Пр
$И_т$	$0,53.10^3$	$1,59.10^3$	$2,36.10^3$
$\Delta И_т$	$5,34.10^3$	$4,28.10^3$	$3,51.10^3$
$И_э$	$3,33.10^3$	$4,00.10^3$	$3,70.10^3$
$\Delta И_э$	$0,75.10^3$	$1,42.10^3$	$1,12.10^3$
$И_{то,тр,кр}$	$1,01.10^3$	$1,22.10^3$	$0,90.10^3$
$\Delta И_{то,тр,кр}$	$0,36.10^3$	$0,57.10^3$	$0,25.10^3$
$И_р$	$1,14.10^3$	$1,62.10^3$	$1,14.10^3$
$\Delta И_р$	$0,53.10^3$	$1,01.10^3$	$0,53.10^3$
$И$	$6,01.10^3$	$8,43.10^3$	$8,11.10^3$
$\Delta И$	$3,70.10^3$	$1,28.10^3$	$1,61.10^3$

5. Определение сравнительной экономической эффективности и срока окупаемости
($З_{баз} = 11,01.10^3$ руб/год)

Экономические показатели	Теплоутилизатор		
	ВРТ	ТТ	Пр
Э	$2,78.10^3$	$-0,32.10^3$	$0,65.10^3$
$Т_{ок}$	2,1	10,5	5,0
З	$8,23.10^3$	$11,33.10^3$	$10,36.10^3$

Максимальный экономический эффект $Э_{max}$ = 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 ~ 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: $n_{см}$ =3, $n_{нед}$ =7 дней.

3 группа – см. пример расчета 1, кроме стоимости электроэнергии; $C_э$ =1,85 коп/кВт.ч (двухставочный тариф); α =36 руб/(кВт.год), β = 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 ГДж/год (821,5 Гкал/год) (ω = 1).

Величины $Q_{загр}$ и $t_{п_2}$ – см. пример расчета 1.

Годовое потребление и экономия теплоты

Количество теплоты	Теплоутилизатор	
	ТТ	Пр
$\Sigma Q_{загр}$	932,7	1381,4
ΔQ	2509,4	2060,7

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
$\Sigma Э$	$280,14.10^3$	$259,69.10^3$
$\Delta Э$	$99,17.10^3$	$78,72.10^3$

в) Расчет экономии топлива

Количество топлива	Теплоутилизатор	
	ТТ	Пр
Δ Вт	103,64	85,11
Δ Вэ	32,53	25,82
Δ В	71,11	59,29

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

Дополнительные капитальные затраты	Теплоутилизатор	
	ТТ	Пр
Кту	$10,20.10^3$	$3,30.10^3$
Коб	$7,63.10^3$	$9,04.10^3$
Кдоп	$1,13.10^3$	$2,54.10^3$
К	$22,13.10^3$	$16,64.10^3$
Δ К	$11,33.10^3$	$5,84.10^3$

4. Определение годовых эксплуатационных затрат

Эксплуатационные затраты	Теплоутилизатор	
	ТТ	Пр
$И_т$	$3,34.10^3$	$4,96.10^3$
$\Delta И_т$	$8,98.10^3$	$7,38.10^3$
$И_э$	$5,18.10^3$	$4,80.10^3$
$\Delta И_э$	$1,83.10^3$	$1,46.10^3$
$И_{то,тр,кр}$	$2,56.10^3$	$1,89.10^3$
$\Delta И_{то,тр,кр}$	$1,20.10^3$	$0,52.10^3$
$И_р$	$1,56.10^3$	$1,08.10^3$
$\Delta И_р$	$0,99.10^3$	$0,51.10^3$
$И$	$12,64.10^3$	$12,72.10^3$
$\Delta И$	$4,96.10^3$	$4,89.10^3$

5. Определение сравнительной экономической эффективности и срока окупаемости ($З_{баз} = 18,9.10^3$ руб/год)

Экономические показатели	Теплоутилизатор	
	ТТ	Пр
Э	$3,60.10^3$	$4,19.10^3$
$Т_{ок}$	2,3	1,2
З	$15,3.10^3$	$14,71.10^3$

Максимальный экономический эффект $Э_{max}$ = 4,19 тыс.руб/год и минимальный срок окупаемости $T_{ок}^{min}$ = 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 $\Delta Q, M, \Delta M/\Delta Q, \Delta C_в$, и $C_в$.
Показатели S и ΔS не рассматривались, так как в данном примере затраты на производственные площади отсутствуют.

Показатель	Теплоутилизатор	
	ТТ	Пр
ΔQ	2509,4	2060,7
M	10370	8780
$\Delta M/\Delta Q$	2,22	1,93
$\Delta C_в$	$3,56.10^3$	$2,96.10^3$
$C_в$	$6,52.10^3$	$7,11.10^3$

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.

СОДЕРЖАНИЕ

	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 1/16. Печ. л. 3,12. Уч.-изд. л. 3. Усл. кр.-отт. 3,5. Тираж 1500 экз. Цена 25 коп. Заказ 505

ЦНИИТЭпромстрой, 127238, Москва, Дмитровское шоссе, 46.
НИИ Сантехники Госстроя СССР, 121471, Москва, Можайское шоссе, 25.

gost.e-ecolog.ru