НИИСФ Госстроя СССР

Руководство

по определению экономически оптимального сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий различного назначения

Москва 1981

gost.e-ecolog.ru

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНОЙ ФИЗИКИ (НИИСФ) ГОССТРОЯ СССР

Руководство

по определению экономически оптимального сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий различного назначения



Москва Стройиздат 1981

УДК 697.11 : 536.2

Рекомендовано к изданию решением научно-технического совета НИИСФ.

Руководство по определению экономически оптимального сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий различного назначения/Н.-и. ин-т строит. физики Госстроя СССР. — М.: Стройиздат, 1981. — 31 с.

Руководство разработано к главе СНиП II-3-79 «Строительная теплотехника. Нормы проектирования», пп. 2.14 и 2.15.

Содержит основные методические положения и нормативы, позволяющие рассчитать экономически целесообразное термическое сопротивление теплоизоляционного слоя (утеплителя) многослойной и однородной (однослойной) конструкции; толщину однослойной конструкции или толщину теплоизоляционного слоя (утеплителя) многослойной ограждающей конструкции; приведенные затраты для вариантов ограждающей конструкции с различным сопротивлением теплопередаче.

Для инженерно-технических работников проектных и научно-исследовательских организаций, занятых разработкой, проектированием и внедрением различных ограждающих конструкций жилых, общественных, промышленных и сельскохозяйственных зданий.

Руководство разработано НИИСФ Госстроя СССР — канд. экон. наук *В. А. Варежкин,* инж. *Д. Д. Шемякин,* инж. *И. И. Кобалия,* инж. *З. И. Филиппова;* ЦНИИЭПсельстрой — кандидаты техн. наук *Л. Н. Ануфриев, А. А. Рунов,* инж. *В. А. Бениц;* НИИ строительства Госстроя ЭССР — канд. техн. наук *Э. В. Йыгиоя;* Дальневосточного Промстройниипроекта — канд. экон. наук *Т. Д. Кирпота;* Всесоюзного проектного и научно-исследовательского института типового и экспериментального проектирования тепличных комбинатов, агропромышленных комплексов и предприятий по переработке и хранению сельскохозяйственной продукции (Гипронисельпром) — инж. *Ю. А. Кантерин.*

Табл. 8.

Р $\frac{30213-437}{047(01)-81}$ Инструкт.-нормат. II вып. — 41—80.3202000000

© Стройиздат, 1981

ВВЕДЕНИЕ

В практике строительного проектирования возникают некоторые трудности приложения расчетных соотношений СНиП II-3-79 по определению экономически оптимального * сопротивления теплопередаче. Данное руководство имеет цель практическими примерами проиллюстрировать последовательность выполнения расчета.

В целях оперативного повышения уровня тепловой защиты проектируемых зданий Госстрой СССР признал возможным в определенных условиях упростить экономический расчет путем введения к величинам требуемого сопротивления теплопередаче следующих минимально повышающих коэффициентов:

для наружных стен жилых зданий:

из кирпича и однослойных легкобетонных панелей	1,1
из автоклавного ячеистого бетона	1,3
из трехслойных железобетонных панелей с ребрами из керамзитобетона	1,3
то же, с гибкими связями	1,5
из многослойных панелей на основе древесины и эффективным утеплителем малоэтажных зданий	2,0
то же, многоэтажных	1,5
из местных материалов	1,1
для покрытий жилых малоэтажных зданий	1,3

для наружных стен производственных сельскохозяйственных и складских зданий:

из однослойных легкобетонных панелей	1,1
из однослойных панелей из ячеистого бетона	1,3
из трехслойных железобетонных панелей с ребрами из керамзитобетона	1,5
то же, с гибкими связями	1,7
из металлических панелей типа «Сэндвич» полистовой сборки с утеплителем из минеральной ваты	2
	1,5

для покрытий производственных зданий:

по железобетонным плитам с утеплителем из легких бетонов	1,3
то же, с утеплителем из минеральной ваты	1,5
по профилированному металлическому настилу с утеплителем из пенополистирола	2
то же, с утеплителем из минеральной ваты	1,5

Во всех случаях из двух величин экономически целесообразного сопротивления теплопередаче должна приниматься наибольшая.

---

* В дальнейшем экономически оптимальное сопротивление теплопередаче именовать экономически целесообразным.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящее Руководство распространяется на расчет экономически целесообразного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций (стен, чердачных и цокольных перекрытий и покрытий) жилых, общественных, отапливаемых промышленных и сельскохозяйственных (животноводческих, птицеводческих и хранения сочной сельскохозяйственной продукции) зданий.

1.2. Руководство предназначено для выбора экономически целесообразного решения ограждающей конструкции зданий при разработке индивидуальных проектов и привязке типовых проектов зданий к местным условиям.

1.3. Экономически целесообразное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции отапливаемого здания соответствует варианту конструктивного решения с наименьшими приведенными затратами.

Примечание. При определении приведенных затрат допускается единовременные затраты определять без учета накладных расходов.

1.4. При определении единовременных затрат по ограждающей конструкции учитывается стоимость изготовления конструкции, ее транспортировки и возведения. Эти затраты определяются с использованием действующих в рассматриваемом районе строительства нормативов для расчета сметной стоимости.

1.5. В тех случаях, когда изменение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции вызывает необходимость изменения затрат в смежных элементах (например, на несущие конструкции), в составе единовременных затрат необходимо учесть это изменение.

Примечание. Единовременные затраты при разработке типовых проектов определяются для условий, установленных действующими инструкциями для определения сметной стоимости строительства в типовых проектах.

1.6. В случае отсутствия прейскурантных цен на материалы и конструкции и сметных нормативов для отдельных вариантов конструктивных решений соответствующие показатели определяются расчетным путем методами прямого калькулирования.

1.7. При определении ежегодных затрат на возмещение теплопотерь через ограждающую конструкцию учитываются климатические условия района строительства, принимаемые на основе действующих норм строительной климатологии и геофизики, а также стоимость тепловой энергии, определяемая по действующему прейскуранту или по себестоимости на основе расчетных калькуляций на тепловую энергию.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ВЫБОРУ ЭКОНОМИЧЕСКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

2.1. Экономически целесообразное термическое сопротивление теплоизоляционного слоя (утеплителя) $R_{ут}^{эк}$, м²·ч·°С/ккал, многослойной конструкции, а также однородной (однослойной) ограждающей конструкции следует определять по формуле

$$R_{ут}^{эк} = \sqrt{\frac{n_{ут}\,(t_в - t_{от.пер})\,m Z_{от.пер}\,C_т\,l_т}{E_{н.п}\,\lambda_{ут}\,C_{ут}}}, \qquad (1)$$

где $n_{ут}$ — коэффициент, учитывающий отношение термического сопротивления утеплителя (или однородной конструкции) к сопротивлению теплопередаче, определяется расчетом. Для однородной (однослойной) конструкции, а также для многослойной конструкции с обшивками из металла, асбестоцемента, фанеры и пластмасс может приниматься равным 0,85;

$t_в$ — расчетная температура внутреннего воздуха, °С; принимаемая по ГОСТ 12.1.005—76 и нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений;

$t_{от.пер}$ — средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С, принимаемая в соответствии с главой СНиП по строительной климатологии и геофизике с учетом требований нормативных документов по проектированию отдельных видов зданий и сооружений;

m — коэффициент, учитывающий дополнительно потери тепла на инфильтрацию наружного воздуха и принимаемый равным 1,05;

$Z_{от.пер}$ — продолжительность отопительного периода, ч/год, принимаемая в соответствии с главой СНиП по строительной климатологии и геофизике с учетом требований нормативных документов по проектированию отдельных видов зданий и сооружений;

$C_т$ — стоимость тепловой энергии, руб/ккал, определяемая по действующему прейскуранту или по себестоимости на основе расчетных калькуляций на тепловую энергию;

$E_{н.п}$ — норматив для приведения разновременных затрат, 1/год, принимаемый в размере 0,08;

$l_т$ — коэффициент, учитывающий изменение стоимости тепловой энергии на перспективу. Принимается в зависимости от назначения здания в соответствии с табл. 2 СНиП II-3-79:

1,3 — для зданий, указанных в пп. 1,2 и 3;

1,2 — для зданий, указанных в пп. 4 и 5;

1 — для зданий, указанных в пп. 6, 7 и 8;

$\lambda_{ут}$ — расчетный коэффициент теплопроводности материала теплоизоляционного слоя многослойной ограждающей конструкции или однородной (однослойной) ограждающей конструкции, ккал/(м·ч·°С), принимаемый по прил. 3 СНиП II-3-79;

$C_{ут}$ — оптовая цена материала теплоизоляционного слоя многослойной конструкции или оптовая цена однородной (однослойной) ограждающей конструкции (определяется при толщине конструкции, соответствующей $R_0^{тр}$), руб/м³.

Примечание. Стоимость тепловой энергии $C_т$ для объектов, получающих тепловую энергию от собственных источников, определяется по формуле (8).

2.2. Экономически целесообразное сопротивление теплопередаче $R_0^{эк}$, м²·ч·°С/ккал, многослойной или однослойной ограждающей конструкции предварительно определяется по формуле

$$R_0^{эк} = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{1}{\alpha_н} + R_{ут}^{эк} + \Sigma R_{к.с}, \qquad (2)$$

где $\alpha_в$ и $\alpha_н$ — коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхностей ограждающей конструкции, ккал/(м²·ч·°С), принимаемые по СНиП II-3-79, табл. 4 и 6;

$R_{ут}^{эк}$ — то же, что в формуле (1);

$\Sigma R_{к.с}$ — сумма термических сопротивлений конструктивных слоев, м²·ч·°С/ккал, многослойной ограждающей конструкции, определяемых по формуле (3) СНиП II-3-79.

2.3. Толщина теплоизоляционного слоя (утеплителя) многослойной ограждающей конструкции $\delta_{ут}$, м, а также толщина однородной (однослойной) конструкции предварительно определяется по формуле

$$\delta_{ут} = R_{ут}^{эк} \lambda_{ут}, \qquad (3)$$

где $R_{ут}^{эк}$ и $\lambda_{ут}$ — то же, что в формуле (1).

2.4. Приведенное термическое сопротивление $R_к^{пр}$, м²·ч·°С/ккал, ограждающей конструкции определяется в соответствии с п. 2.8 СНиП II-3-79. Сопротивление теплопередаче R_0, м²·ч·°С/ккал, ограждающей конструкции определяется по формуле

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_в} + R_к^{пр} + \frac{1}{\alpha_н}. \qquad (4)$$

2.5. Экономически целесообразное сопротивление теплопередаче $R_0^{эк}$, м²·ч·°С/ккал, ограждающей конструкции следует принимать исходя из условия обеспечения наименьших приведенных затрат $П$, руб/м², определяемых расчетом для вариантов ограждающей конструкции с различными сопротивлениями теплопередаче R_0 по формуле

$$П = C_д + \frac{(t_в - t_{от.пер})\, m Z_{от.пер}\, C_т\, l_т}{E_{н.п}\, R_0}, \qquad (5)$$

где $C_д$ — единовременные затраты (себестоимость строительно-монтажных работ), руб/м², определяемые по действующим для конкретного района нормативам

для расчета сметной стоимости строительства (сметным нормам, ценникам, расценкам);

$t_в$, $t_{от.пер}$, m, $Z_{от.пер}$, $C_т$, $l_т$, $E_{н.п}$ — то же, что в формуле (1);

R_0 — сопротивление теплопередаче, м².ч.°С/ккал, ограждающей конструкции, принимаемое для вариантов расчета равным или близким величине сопротивления теплопередаче, определенной по формуле (4).

Примечания: 1. При ступенчатом изменении $t_в$ (например, при перерывах в отоплении) значение этой величины определяется специальным расчетом.

2. Для основных типов животноводческих и птицеводческих зданий значения $t_в$ и $t_н^г$ приведены в табл. 1, длительность $Z_{от.пер}$ и средняя температура наружного воздуха в отопительный период $t_{от.пер}$ определяется по табл. 2.

3. При привязке животноводческого или птицеводческого здания к конкретным условиям строительства значение граничной температуры наружного воздуха $t_н^г$ (начала или окончания отопительного периода, см. табл. 1) допускается определять из уравнения теплового баланса соответствующего здания.

4. В зданиях для хранения картофеля и корнеплодов в расчетах средней температуры наружного воздуха в отопительный период $t_{от.пер}$ и длительности отопительного периода $Z_{от.пер}$ (табл. 1, 2) граничную температуру наружного воздуха следует определять по формуле

$$t_н^г = t_в - \frac{3{,}2\Sigma F_{пр}}{\frac{F_с}{R_с} + \frac{F_п}{R_п}}, \qquad (6)$$

где 3,2 — осредненный для насыпи картофеля и корнеплодов тепловой поток, ккал/(м².ч), поступающий в помещение их хранения;

$F_с$, $F_п$ — соответственно, м², площади поверхностей наружных стен и покрытий;

$\Sigma F_{пр}$ — сумма площадей поверхностей насыпи продукции, м², находящихся в теплообмене с воздухом хранилища, включая поверхности стенок закромов в проездах, проходах и прослойках у наружных стен;

$R_с$ и $R_п$ — сопротивление теплопередаче, м².ч.°С/ккал, соответственно наружных стен и покрытия.

2.6. Рассматриваемые варианты экономически целесообразного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции должны соответствовать действующему ряду унифицированных толщин однородной (однослойной) ограждающей конструкции или слоев теплоизоляционного материала (утеплителя).

2.7. Единовременные затраты на создание ограждающей конструкции $C_д$, руб/м², определяются по формуле

$$C_д = (C_м + C_{тр})\,K + C_{монт}, \qquad (7)$$

где $C_м$ — отпускная цена на ограждающую конструкцию, руб/м²;

$C_{тр}$ — стоимость транспортирования ограждающей конструкции (с учетом стоимости погрузочно-разгрузочных работ, тары, упаковки и реквизита), руб/м²;

K — коэффициент, учитывающий заготовительно-складские расходы, принимаемый по действующим нормативам;

$C_{монт}$ — стоимость монтажа (возведения) ограждающей конструкции, руб/м².

Примечания: 1. При определении приведенных затрат по формуле (5) единовременные затраты $C_д$ допускается определять без учета накладных расходов.

2. Единовременные затраты $C_д$ при разработке типовых проектов следует определять для условий, установленных действующими инструкциями для определения сметной стоимости строительства в типовых проектах.

2.8. Стоимость обеспечения тепловой энергией рассматривается в двух случаях:

а) при ориентации на потребление тепловой энергии от энергосистем Минэнерго СССР величина $C_т$, руб/Гкал, определяется по действующему прейскуранту;

б) при ориентации на потребление тепловой энергии от прочих источников теплоснабжения величина $C_т$, руб/Гкал, рассчитывается по формуле

$$C_т = S_т + E_н K_т, \qquad (8)$$

где $S_т$ — себестоимость производства тепловой энергии, руб/Гкал, по рассматриваемому источнику теплоснабжения;

$K_т$ — удельные капитальные вложения, руб. год/Гкал, в источник теплоснабжения, принимаемые по табл. 3 или по технико-экономическим показателям системы теплоснабжения зданий;

$E_н$ — нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений, 1/год.

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИ ОПТИМАЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

3.1. По формуле (1) СНиП II-3-79 определяется требуемое сопротивление теплопередаче $R_0^{тр}$, м².ч.°С/ккал, ограждающей конструкции.

3.2. По формуле (1) настоящего Руководства определяется экономически целесообразное термическое сопротивление теплоизоляционного слоя (утеплителя) $R_{ут}^{эк}$, м².ч.°С/ккал, многослойной ограждающей конструкции, а также однородной (однослойной) конструкции с учетом формулы (8).

3.3. По формуле (2) Руководства определяется предварительное экономически целесообразное сопротивление теплопередаче $R_o^{эк}$, м².ч.°С/ккал, многослойной или однослойной ограждающей конструкции.

3.4. По формуле (3) рассчитывается предварительная толщина теплоизоляционного слоя (утеплителя) многослойной ограждающей конструкции $\delta_{ут}$, м, а также толщина однородной (однослойной) конструкции.

3.5. В соответствии с п. 2.4 Руководства определяется сопротивление теплопередаче для вариантов ограждающей конструкции.

3.6. По формуле (7) рассчитываются единовременные затраты на создание ограждающей конструкции $C_д$, руб/м².

3.7. По формуле (5) определяются приведенные затраты $П$, руб/м², для ряда вариантов ограждающей конструкции с различным сопротивлением теплопередаче.

Таблица 1

Расчетные сочетания нормируемых параметров внутреннего воздуха животноводческих и птицеводческих зданий и температур наружного воздуха, при которых следует начинать (заканчивать) снабжение этих зданий техническим теплом

Наименование	Группа животных	Параметры внутреннего воздуха		Граничная температура наружного воздуха (начало, окончание) отопительного периода $t^{г}_{н}$
		$t_в$	$\varphi_в$	
Свинарники-маточники	Свиноматки тяжелосупоросные с подсосными поросятами	20	70	5
	Свиноматки холостые и легкосупоросные	16	75	0
	Поросята-отъемыши и ремонтный молодняк	20	70	5
Свинарники-откормочники	Поросята до 100 кг	16	75	—4
Коровники беспривязного содержания	Коровы на глубокой подстилке	3	85	—15
	Молодняк	3	85	—10
Коровники привязного и боксового содержания	Коровы дойные	10	75	—5
	Телята до 100 кг	10	75	0
	Телята 100—200 кг	10	75	—2
Птичники напольного содержания	Куры-несушки яичных пород	16	70	0
	Куры маточного стада	16	70	5
	Молодняк кур яичного направления 60-дневного возраста	16	70	5
	Бройлеры до 30 дней	22	60	12
	Бройлеры от 31 до 60 дней	18	60	8
Птичники клеточного содержания	Молодняк кур до 30 дней	22	60	8
	Молодняк кур от 31 до 60 дней	18	60	5
	Куры-несушки промстада	16	60	0

Примечание. Параметры внутреннего воздуха приняты согласно действующим нормам технологического проектирования до их изменений и дополнений.

3.8. Полученные по формуле (5) значения приведенных затрат $П$, руб/м^2, сопоставляются и выбирается вариант с наименьшими приведенными затратами, которому и соответствует экономически оптимальное сопротивление теплопередаче.

ПРИМЕР 1.
РАСЧЕТ НАРУЖНЫХ СТЕН ЖИЛОГО ЗДАНИЯ

А. Исходные данные

1. Ограждающая конструкция — наружная стена жилого здания из трехслойных железобетонных панелей, с толщиной внутреннего и наружного слоя соответственно 10 и 7 см и средним слоем из минераловатных плит объемной массой $\gamma=150$ кг/м^3, $\lambda=0{,}058$ ккал/(м·ч·°С).

2. Район строительства — г. Новосибирск.

3. Зона влажности района строительства — сухая.

4. Расчетная температура внутреннего воздуха $t_в=18°$ С.

5. Величины теплотехнических показателей и коэффициентов в формулах: $t_н=-42°$ С (по СНиП II-А.6-72, табл. 1, гр. 19); $n=1$ (СНиП II-3-79, табл. 3, п. 1); $\Delta t^н=6°$ С (СНиП II-3-79, табл. 2, п. 1); $\alpha_в=7{,}5$ и $\alpha_н=20$ (по СНиП II-3-79, табл. 4, п. 1 и табл. 6, п. 1); $m=1{,}05$; $t_{от.пер.}=-9{,}1°$ С (по СНиП II-А.6-72, табл. 1, гр. 22); $Z_{от.пер.}=5448$ ч (227 суток по СНиП II-А.6-72, табл. 1, гр. 21); $C_т=8\cdot10^{-6}$ руб/ккал (по Прейскуранту № 09-01. Тарифы на тепловую энергию, отпускаемую потребителям); $n_{ут}=0{,}85$; $l_т=1{,}3$; $E_{н.п.}=0{,}08$ 1/год (СН 423-71); $C_{ут}=65{,}5$ руб/м^3 (по табл. 4 Руководства).

Б. Порядок расчета

1. Требуемое сопротивление теплопередаче по формуле (1) СНиП II-3-79

$$R_0^{тр}=\frac{n(t_в-t_н)}{\Delta t^н \alpha_в}=\frac{1(18+42)}{6\cdot7{,}5}=1{,}33 \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot°\text{С/ккал}.$$

2. Экономически целесообразное термическое сопротивление теплоизоляционного слоя (утеплителя) по формуле (1)

$$R_{ут}^{эк}=\sqrt{\frac{n_{ут}(t_в-t_{от.пер})\,mZ_{от.пер}\,C_т\,l_т}{E_{н.п}\,\lambda_{ут}\,C_{ут}}}=$$

$$=\sqrt{\frac{0{,}85(18+9{,}1)\,1{,}05\cdot5448\cdot8\cdot10^{-6}\cdot1{,}3}{0{,}08\cdot0{,}058\cdot65{,}5}}=2{,}13 \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot°\text{С/ккал}.$$

3. Экономически целесообразное сопротивление теплопередаче конструкции по формуле (2)

$$R_0^{эк}=\frac{1}{\alpha_в}+\frac{1}{\alpha_н}+R_{ут}^{эк}+\Sigma R_{к.с}=\frac{1}{7{,}5}+\frac{1}{20}+2{,}13+$$

$$+\frac{0{,}17}{1{,}65}=2{,}41 \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot°\text{С/ккал}.$$

Таблица 2

Длительность $Z_{от.пер}$ и средняя температура $t_{от.пер}$ отопительного периода при различных граничных температурах наружного воздуха

№ п. п.	Наименование географических пунктов	Расчетная температура (пятидневки), °С	Длительность $Z_{от. пер.}$, ч/год (числитель), и средняя температура $t_{от. пер.}$, °С (знаменатель), отопительного периода при граничной температуре $t_н^г$, °С, наружного воздуха						
			+8	0	−5	−10	−15	−20	−25
1	Сковородино (Амурская область)	−39	5904 / −13,7	4680 / −19,3	3990 / −22,2	3452 / −24,7	2961 / −26,8	2332 / −29,3	1667 / −32,3
2	Котлас (Архангельская область)	−33	5688 / −5,5	4080 / −9,4	2680 / −13,4	1612 / −17,3	896 / −21,3	454 / −25,7	218 / −29,7
3	Мезень (Архангельская область)	−36	6456 / −5,5	4776 / −8,9	2753 / −13,7	1649 / −17,8	941 / −21,6	508 / −25,6	231 / −30,1
4	Онега (Архангельская область)	−31	5952 / −4,2	4176 / −7,5	2068 / −12,2	1094 / −16,4	556 / −20,1	232 / −24,5	88 / −28,5
5	Астрахань	−22	4128 / −1,6	2688 / −6,7	1340 / −11,2	644 / −15,7	315 / −19,5	132 / −23,2	37 / −26,5
6	Стерлитамак (Башкирская АССР)	−36	5040 / −7,1	3864 / −10,1	2467 / −13,7	1585 / −17,7	1075 / −21,3	576 / −25,0	250 / −28,8
7	Бодайбо (Иркутская область)	−47	6168 / −13,9	4704 / −20,5	3909 / −23,8	3394 / −26,4	2915 / −28,7	2428 / −31,1	1834 / −34,2

Продолжение табл. 2

№ п. п.	Наименование географических пунктов	Расчетная температура (пятидневки), °С	Длительность $Z_{от. пер.}$, ч/год (числитель), и средняя температура $t_{от. пер.}$, °С (знаменатель), отопительного периода при граничной температуре наружного воздуха $t_н^г$, °С						
			+8	0	—5	—10	—15	—20	—25
8	Воркута (Коми АССР)	—41	7176 / —9,9	5760 / —12,2	4146 / —16,3	3075 / —19,6	2094 / —23,2	1312 / —27,0	752 / —30,5
9	Шадринск (Курганская область)	—34	5132 / —7,4	4032 / —11,4	2965 / —14,8	2149 / —17,8	1499 / —21,0	791 / —24,0	365 / —26,5
10	Ленинград	—25	5256 / —2,2	3432 / —5,7	1635 / —10,4	772 / —14,5	306 / —18,7	94 / —23,1	26 / —26,3
11	Липецк	—26	4776 / —5,9	3384 / —7,8	2052 / —11,8	1172 / —15,5	568 / —19,2	215 / —23,1	53 / 27,6
12	Москва	—25	4920 / —3,2	3648 / —7,1	1842 / —11,9	974 / —15,9	456 / —19,8	193 / —22,6	54 / —28,6
13	Мурманск	—28	6744 / —3,2	3488 / —6,8	2130 / —11,5	1037 / —15,8	501 / —19,4	161 / —22,2	43 / —27,3
14	Чердынь (Пермская область)	—35	5832 / —6,8	4320 / —10,8	3268 / —13,7	2177 / —17,2	1271 / —21,0	619 / —25,1	273 / —29,2

15	Псков	—26	5088 —2,0	3336 —6,3	1559 —10,7	748 —14,9	316 —19,2	124 —22,9	30 —26,9
16	Балашов (Саратовская область)	—27	4776 —4,6	3576 —8,8	2296 —12,7	1398 —16,5	790 —20,3	363 —23,9	122 —27,8
17	Ирбит (Свердловская область)	—33	5304 —7,0	3984 —12,6	3050 —16,0	2311 —19,2	1506 —22,8	929 —26,5	506 —30,2
18	Смоленск	—27	5040 —2,7	3480 —7,0	1957 —11,0	1034 —14,7	433 —18,7	132 —26,7	28 —27,0
19	Березово (Тюменская область)	—41	6360 —9,0	4992 —14,0	3767 —18,0	2968 —21,1	2212 —24,1	1506 —27,5	914 —31,3
20	Николаевск-на-Амуре (Хабаровский край)	—35	5904 —9,8	4320 —16,0	3674 —18,4	3069 —20,6	2425 —23,0	1698 —25,5	928 —29,9
21	Грозный (Чечено-Ингушская АССР)	—16	3936 0,4	1992 —4,9	768 —10,6	352 —15,0	165 —18,6	54 —22,7	12 —26,2
22	Порецкое (Чувашская АССР)	—31	3064 —5,0	3720 —8,9	2499 —12,4	1501 —16,2	769 —20,3	346 —24,6	139 —28,5
23	Чебоксары	—32	5208 —5,4	3840 —9,1	2650 —12,4	1633 —15,8	798 —20,0	323 —24,6	129 —28,5
24	Усть-Мая	—54	6096 —18,8	4968 —26,9	4400 —30,2	3885 —33,2	3484 —35,6	3163 —37,5	2834 —39,3

Продолжение табл. 2

№ п. п.	Наименование географических пунктов	Расчетная температура (пятидневки), °С	Длительность $Z_{от. пер.}$, ч/год (числитель), и средняя температура $t_{от. пер.}$, °С (знаменатель), отопительного периода при граничной температуре $t_н^г$, °С, наружного воздуха						
			+8	0	—5	—10	—15	—20	—25
25	Винница	—21	4536 —1,1	2712 —5,5	1223 —10,1	556 —14,2	198 —18,3	56 —22,6	15 —27,4
26	Жданов (Донецкая область)	—23	4248 —0,8	2568 —5,0	1028 —10,6	486 —15,0	219 —18,8	75 —22,5	15 —26,4
27	Запорожье	—23	4200 —0,7	2640 —3,9	911 —10,5	433 —14,6	187 —18,3	53 —22,1	10 —26,1
28	Киев	—21	4488 —1,1	2832 —5,0	1215 —10,0	546 —15,8	191 —17,8	41 —22,3	6 —27,0
29	Ялта (Крымская область)	—6	3024 5,2	494 —2,0	78 —6,7	6 —10,8	— —	— —	— —
30	Ровно	—21	4584 —0,5	2592 —4,6	1030 —9,9	439 —14,1	150 —18,7	52 —22,6	11 —27,5
31	Минск	—25	4872 —1,2	3216 —5,4	1436 —10,5	691 —14,4	257 —18,8	78 —23,5	23 —27,7
32	Нукус (Узбекская ССР)	—19	3792 —1,4	2496 —6,7	1345 —11,0	727 —14,6	315 —18,3	93 —21,9	9 —25,6

33	Наманган (Узбекская ССР)	—15	3144 1,2	1488 —4,1	549 —8,7	180 —12,9	43 —17,2	7,5 —20,9	— —
34	Ташкент	—15	3120 2,4	984 —6,0	512 —9,4	195 —13,5	16,5 —17,1	5,5 —20,5	— —
35	Алма-Ата	—25	3984 —2,1	2976 —8,9	1892 —13,0	1161 —16,9	660 —20,7	328 —24,6	137 —28,6
36	Душанбе	—14	2688 3,6	843 —2,9	202 —8,8	71 —12,4	14 —16,2	— —	— —
37	Ленинабад (Таджикская ССР)	—13	3120 2,6	864 —5,5	417 —8,6	126 —12,6	25 —15,8	— —	— —
38	Ереван	—19	2736 —0,9	1920 —4,3	725 —9,3	867 —13,5	80 —17,6	19 —20,9	— —
39	Ашхабад	—11	2664 3,9	900 —3,5	210 —8,1	71 —12,5	11 —17,3	2 —20,0	— —
40	Таллин	—21	5304 —0,8	3216 —4,3	1219 —9,5	503 —13,5	152 —17,3	24 —21,6	2 —25

Примечания: 1. Для пунктов, отсутствующих в табл. 2, следует использовать данные ближайшего по климатическим параметрам географического пункта, либо данные климатических справочников или станций местной гидрометеослужбы.

2. Для промежуточных значений граничной температуры $t_н^г$ величины $Z_{от.пер}$ и $t_{от.пер}$ допускается принимать по интерполяции.

Таблица 3

Удельные капитальные вложения в источник теплоснабжения ($K_т$)

№ п. п.	Вид источника теплоснабжения и тип котлов	Вид топлива	Производительность агрегата, Гкал/ч	Удельные капитальные вложения, руб. год/Гкал
I	**Котельные**			
	Чугунные котлы	Уголь	1,8	1,83
	«Универсал-6»	Газ	2,2	1,14
	ДКВР-10	Уголь	6,5	2,4
		Газ	8,5	1,26
		Мазут	8,5	1,26
	ДКВР-20	Уголь	12,1	1,94
		Газ	15,9	1,03
	ДКВР-35	Уголь	21	1,83
		Газ	27,1	1,03
	ТПВМ-50	Газ	50	0,57
	ПТВМ-100	Газ	100	0,46
	ТВГМ-30	Газ	30	0,57
	ПТВП-10	Уголь	100	1,26
II	**ТЭЦ мощностью, мВт:**			
	100			2,74
	150			2,51
	200			2,28
	300			1,94
	400			1,48

4. Толщина теплоизоляционного слоя (утеплителя) по формуле (3)

$$\delta_{ут} = R_{ут}^{эк} \lambda_{ут} = 2{,}13 \cdot 0{,}058 = 0{,}13 \text{ м}.$$

5. Для расчета принимается трехслойная панель стены жилого дома размером 6,0×2,9 м с конструктивными внутренним и наружным слоями толщиной соответственно 10 и 7 см из тяжелого бетона объемной массой 2500 кг/м³, с теплопроводностью λ=1,65 ккал/(м·ч·°С). Утеплитель из минераловатных плит толщиной 13 см, объемной массой γ=150 кг/м³ и теплопроводностью λ=0,058 ккал/(м·ч·°С). В стыках панелей толщиной 300 мм термовкладыш из минераловатных плит толщиной 50 мм, снаружи стык зачеканен гернитовым шнуром с теплопроводностью λ=0,08 ккал/(м·ч·°С) и цементным раствором. Внутренняя полость стыка замоноличена бетоном теплопроводностью, равной λ = 1,65 ккал/(м·ч·°С). Ширина железобетонных ребер в панелях составляет 40 мм.

6. Приведенное термическое сопротивление стены определяется в соответствии с п.2.8 СНиП II-3-79:

а) при условном разрезании стенового ограждения плоскостями, параллельными направлению теплового потока, по формуле (6)

$$R_a = \frac{F_1 + F_2 + \cdots + F_n}{\frac{F_1}{R_1} + \frac{F_2}{R_2} + \cdots + \frac{F_n}{R_n}} = \frac{15{,}32 + 0{,}68 + 1{,}42}{\frac{15{,}32}{2{,}34} + \frac{0{,}68}{0{,}18} + \frac{1{,}42}{1{,}01}} =$$

$$= \frac{17{,}42}{11{,}74} = 1{,}48 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot {}^\circ\text{С/ккал},$$

где F_1 — площадь участков стены с утеплителем, равная:

$$5{,}76 \cdot 2{,}66 = 15{,}32 \text{ м}^2;$$

F_2 — площадь участков ребер стены, равная:

$$0{,}040 \cdot 2\,(5{,}8 + 2{,}7) = 0{,}68 \text{ м}^2;$$

F_3 — площадь участков стыков панелей с термовкладышем, равная:

$$0{,}08 \cdot 2\,(6 + 2{,}9) = 1{,}42 \text{ м}^2;$$

R_1 — термическое сопротивление участков стены с утеплителем

$$R_1 = \frac{\delta_{1\text{ж.б}} + \delta_{2\text{ж.б}}}{\lambda_{\text{ж.б}}} + \frac{\delta_{\text{ут}}}{\lambda_{\text{ут}}} = \frac{0{,}07 + 0{,}1}{1{,}65} +$$

$$+ \frac{0{,}13}{0{,}058} = 2{,}34 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot {}^\circ\text{С/ккал};$$

R_2 — термическое сопротивление участков ребер стены

$$R_2 = \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ж.б}}} = \frac{0{,}3}{1{,}65} = 0{,}18 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot {}^\circ\text{С/ккал};$$

R_3 — термическое сопротивление участков стыков панелей с термовкладышем

$$R_3 = \frac{\delta_{\text{ст}} - \delta_{\text{терм}}}{\lambda_{\text{ж.б}}} + \frac{\delta_{\text{терм}}}{\lambda_{\text{терм}}} = \frac{0{,}3 - 0{,}05}{1{,}65} + \frac{0{,}05}{0{,}058} =$$

$$= 1{,}01 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot {}^\circ\text{С/ккал};$$

б) при условном разрезании стенового ограждения плоскостями, перпендикулярными направлению теплового потока, термическое сопротивление двух однородных железобетонных слоев по формуле (3) СНиП II-3-79.

$$R' = \frac{\delta_{1\text{ж.б}} + \delta_{2\text{ж.б}}}{\lambda_{\text{ж.б}}} = \frac{0{,}07 + 0{,}1}{1{,}65} = 0{,}103 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot {}^\circ\text{С/ккал};$$

термическое сопротивление неоднородного внутреннего слоя по формуле (3) СНиП II-3-79

$$R'' = \frac{F_1 + F_2 + F_3}{\frac{F_1}{R_1} + \frac{F_2}{R_2} + \frac{F_3}{R_3}} = \frac{15{,}32 + 0{,}68 + 1{,}42}{\frac{15{,}32}{2{,}24} + \frac{0{,}68}{0{,}08} + \frac{1{,}42}{0{,}86}} = \frac{17{,}42}{16{,}99} =$$

$$= 1{,}03 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot {}^\circ\text{С/ккал}.$$

где F_1, F_2 и F_3 — то же, что и в пункте «а»,

R_1 — термическое сопротивление утеплителя по формуле

(3) СНиП II-3-79

$$R_1 = \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} = \frac{0{,}13}{0{,}058} = 2{,}24 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot {}^\circ\text{С/ккал};$$

R_2 — термическое сопротивление участков ребер стены по формуле (3) СНиП II-3-79

$$R_2 = \frac{\delta_{ж.б}}{\lambda_{ж.б}} = \frac{0{,}13}{1{,}65} = 0{,}08 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot {}^\circ\text{С/ккал};$$

R_3 — термическое сопротивление участков стыков панели с термовкладышем по формуле (3) СНиП II-3-79

$$R_3 = \frac{\delta_{терм}}{\lambda_{терм}} = \frac{0{,}05}{0{,}058} = 0{,}86 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot {}^\circ\text{С/ккал}.$$

Термическое сопротивление $R_б$ по формуле (5) СНиП II-3-79

$$R_б = R' + R'' = 0{,}103 + 1{,}03 = 1{,}13 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot {}^\circ\text{С/ккал}.$$

Приведенное термическое сопротивление стенового ограждения по формуле (7) СНиП II-3-79

$$R_к^{пр} = \frac{R_а + 2R_б}{3} = \frac{1{,}48 + 2 \cdot 1{,}13}{3} = 1{,}25 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot {}^\circ\text{С/ккал}.$$

7. Сопротивление теплопередаче R_0 стенового ограждения по формуле (4) СНиП II-3-79

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_в} + R_к^{пр} + \frac{1}{\alpha_н} = \frac{1}{7{,}5} + 1{,}25 + \frac{1}{20} = 1{,}43 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot {}^\circ\text{С/ккал}.$$

Аналогично определяются сопротивления теплопередаче стен с утеплителем толщиной 12 и 14 см.

8. Единовременные затраты $С_д$, руб/м², входящие в формулу (5), определяются

$$С_д = (21{,}19 + 1{,}14)\, 1{,}02 + 2{,}16 = 24{,}94 \text{ руб/м}^2,$$

где 21,19 руб/м² — оптовая цена конструкции (Прейскурант № 06-08 «Оптовые цены на железобетонные изделия», п. 9-662);

1,14 руб/м² — транспортные расходы (Ценник № 3 сметных цен на перевозки грузов для строительства);

1,02 — коэффициент, учитывающий заготовительно-складские расходы к сметной стоимости материалов, изделий и конструкций франко-приобъектный склад;

2,16 руб/м² — стоимость монтажа панелей (Сборник № 11 Единых районных единичных расценок на строительные работы. Расценки № 11-429, 11-446, 11-447, 11-450).

9. Приведенные затраты $П$, руб/м², по формуле (5)

$$П = C_д + \frac{m(t_в - t_{от.пер}) Z_{от.пер} C_т i_т}{E_{н.п} R_о} =$$

$$= 24{,}94 + \frac{1{,}05(18 + 9{,}1)\,5448 \cdot 8 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}3}{0{,}08 \cdot 1{,}43} = 30{,}23 \text{ руб/м}^2.$$

Аналогично определяются приведенные затраты для панельных стен 12 и 14 см (данные расчета приведены в таблице).

10. Итоговые данные экономического расчета приведены в следующей таблице.

$\delta_{ут}$	$R_о$	$C_д$	$П$
12	1,36	24,29	39,09
13	1,43	24,94	39,04
14	1,50	25,59	39,09

По результатам итоговых данных экономического расчета принимается панель с утеплителем толщиной 13 см.

ПРИМЕР 2.
РАСЧЕТ НАРУЖНЫХ СТЕН ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ

А. Исходные данные

1. Ограждающая конструкция — наружная стена производственного здания из панелей с внешними стальными листами и утеплителем из пенополиуретана объемной массой $\gamma = 50$ кг/м³.

2. Пункт строительства — г. Томск.

3. Влажностный режим помещений — нормальный.

4. Расчетная температура внутреннего воздуха $t_в = 18°$ С.

5. Величины теплотехнических показателей и коэффициентов в формулах: $t_н = -55°$ С (по СНиП II-А.6-72, табл. 1, гр. 15); $n = 1$ (по СНиП II-3-79, табл. 3, п. 1); $\Delta t^н = 8°$ С (по СНиП II-3-79, табл. 2, п. 5); $\alpha_в = 7{,}5$ и $\alpha_н = 20$ (по СНиП II-3-79, табл. 4, п. 1 и табл. 6, п. 1); $m = 1{,}05$; $t_{от.пер} = -8{,}8°$ С (по СНиП II-А.6-72, табл. 1, гр. 22); $Z_{от.пер} = 5616$ ч (234 суток по СНиП II-А.6-72, табл. 1, гр. 21); $C_т = 8 \cdot 10^{-6}$ руб/ккал (по Прейскуранту № 09-01); $n_{ут} = 0{,}85$; $i_т = 1{,}2$; $E_{н.п} = 0{,}08$ 1/год (СН 423-71); $\lambda_{ут} = 0{,}035$ ккал/(м×ч·°С) (по СНиП II-3-79, прил. 3, п. 148); $C_{ут} = 183$ руб/м³ (по табл. 4 Руководства).

Б. Порядок расчета

1. Требуемое сопротивление теплопередаче по формуле (1) СНиП II-3-79

$$R_0^{тр} = \frac{n(t_в - t_н)}{\Delta t^н \alpha_в} = \frac{1(18 + 55)}{8 \cdot 7{,}5} = 1{,}22 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{С}°/\text{ккал}.$$

2. Экономически целесообразное термическое сопротивление теплоизоляционного слоя (утеплителя) по формуле (1) Руководства

$$R_{ут}^{эк} = \sqrt{\frac{n_{ут}(t_в - t_{от.пер})\, m\, Z_{от.пер}\, C_т\, l_т}{E_{н.п}\, \lambda_{ут}\, C_{ут}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{0{,}85\,(18+8{,}8)\,1{,}05\cdot 5616\cdot 8\cdot 10^{-6}\cdot 1{,}2}{0{,}08\cdot 0{,}035\cdot 183}} =$$

$$= 1{,}59\ м^2\cdot ч\cdot °C/ккал.$$

3. Экономически целесообразное сопротивление теплопередаче конструкции по формуле (2)

$$R_0^{эк} = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{1}{\alpha_н} + R_{ут}^{эк} + \Sigma R_{к.с} = \frac{1}{7{,}5} + \frac{1}{20} + 1{,}59 + 2\frac{0{,}001}{190} =$$

$$= 1{,}77\ м^2\cdot ч\cdot °C/ккал.$$

4. Толщина теплоизоляционного слоя (утеплителя) по формуле (3)

$$\delta_{ут} = R_{ут}^{эк}\, \lambda_{ут} = 1{,}59\cdot 0{,}035 = 0{,}056\ м.$$

5. Принимается для расчета многослойная панель размером 3,6·1,0·0,06 м (площадью 3,6 м²) с наружными стальными листами и утеплителем из пенополиуретана.

Коэффициент приведения, рассчитанный по температурным полям, равен 0,99.

Сопротивление теплопередаче R_0 панелей стены равно:

$$R_0 = \left(0{,}183 + \frac{0{,}06}{0{,}035} + 2\frac{0{,}001}{190}\right) 0{,}9 = 1{,}9\cdot 0{,}9 = 1{,}88\ м^2\cdot ч\cdot °C/ккал.$$

Аналогично определяются сопротивления теплопередаче панельных стен с утеплителем толщиной 4 и 8 см.

6. Единовременные затраты $C_д$, руб/м², входящие в формулу (5), определяются:

а) стоимость конструкции — 15,7 руб/м² (временные оптовые цены Челябинского завода);

б) транспортные расходы — 0,31 руб/м² (железнодорожные перевозки — 2200 км и автомобильные — 200 км по Ценнику № 3 сметных цен на перевозки грузов для строительства);

в) коэффициент, учитывающий заготовительно-складские расходы к сметной стоимости материалов, изделий и конструкций франко-приобъектный склад — 1,0075;

г) стоимость монтажа панелей — 2,68 руб/м² (Сборник № 11 Единых районных единичных расценок на строительные работы. Расценки 11-392, 11-472, 11-449 и 11-450).

Следовательно,

$$C_д = (15{,}7 + 0{,}31)\, 1{,}0075 + 2{,}68 = 18{,}81\ руб/м^2.$$

Аналогично определяются единовременные затраты для панелей с утеплителем толщиной 4 и 8 см (данные расчета приведены в таблице).

7. Приведенные затраты $П$, руб/м², по формуле (5)

$$П = C_д + \frac{m(t_в - t_{от.пер})Z_{от.пер}\,C_т\,l_т}{E_{н.п}\,R_о} =$$

$$= 18{,}81 + \frac{1{,}05\,(18 + 8{,}8)\,5616 \cdot 8 \cdot 1{,}2 \cdot 10^{-6}}{0{,}08 \cdot 1{,}88} = 28{,}92 \text{ руб/м}^2.$$

Аналогично определяются приведенные затраты $П$ для стеновых панелей с утеплителем толщиной 4 и 8 см (данные расчета приведены в таблице).

Итоговые данные экономического расчета приведены в таблице.

$\delta_{ут}$	$R_о$	$C_д$	$П$
4	1,31	15,99	30,50
6	1,88	18,81	28,92
8	2,44	21,63	29,42

По результатам итоговых данных экономического расчета принимается панель с утеплителем толщиной 6 см.

ПРИМЕР 3

РАСЧЕТ НАРУЖНЫХ СТЕН КОРОВНИКА

А. Исходные данные

1. Ограждающая конструкция — наружная стена коровника из панелей на деревянном каркасе с асбестоцементными обшивками толщиной по 10 мм и утеплителем из полужестких минераловатных плит объемной массой $\gamma = 100$ кг/м³ (серия I-832-I, вып. 1) с вентилируемой воздушной прослойкой под наружной асбестоцементной обшивкой.

2. Пункт строительства — Дмитровский район Московской области.

3. Влажностный режим помещений — влажный.

4. Расчетная температура и относительная влажность внутреннего воздуха $t_в = 10°$ С; $\varphi_в = 75\%$ (ОНТП 1-77).

5. Величины теплотехнических показателей и коэффициентов в формулах: $t_н = -32°$ С (средняя температура наиболее холодных суток по СНиП II-А.6-72, табл. 1, гр. 19); $n = 1$ (СНиП II-3-79, табл. 3, п. 1); $\Delta t^н = t_в - t_р = 10 - 5{,}8 = 4{,}2°$ С (по СНиП II-3-79, табл. 2, п. 6); $\alpha_в = 7{,}5$ ккал/(м²·ч·°С) (СНиП II-99-77, п. 2.17, при удельном заполнении помещения животными не более 80 кг живого веса на 1 м² пола); $\alpha_н = 20$ ккал/(м²·ч·°С) (СНиП II-3-79, табл. 6, п. 1); $m = 1{,}05$; $t_н^р = -5°$ С (табл. 1); $C_т = 16{,}51$ руб/Гкал (отопление от котельной с четырьмя водонагревательными котлами «Универсал-6м»), $Z_{от.пер} = 1842$ ч/год и $t_{от.пер} = -11{,}9°$ С (табл. 2 настоящего Руководства, п. 12); $n_{ут} = 0{,}85$; $l_т = 1$; $E_н = 0{,}12$ и $E_{н.п} = 0{,}08$ 1/год (СН 423-71); $\lambda_{ут} = 0{,}06$ ккал/(м·ч·°С) (СНиП II-3-79, прил. 3, п. 135); $C_{ут} = 51$ руб/м³ (по табл. 4 Руководства).

Б. Порядок расчета

1. Требуемое сопротивление теплопередаче по формуле (1) СНиП II-3-79:

$$R_0^{тр} = \frac{n(t_в - t_н)}{\Delta t^н \alpha_в} = \frac{1(10+32)}{4{,}2 \cdot 7{,}5} = 1{,}33 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot °\text{С/ккал}.$$

2. Экономически целесообразное термическое сопротивление утеплителя по формуле (1)

$$R_{ут}^{эк} = \sqrt{\frac{m(t_в - t_{от.пер}) n_{ут} Z_{от.пер} C_т l_т}{E_{н.п} \lambda_{ут} C_{ут}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{1{,}05(10+11{,}9)\,0{,}85 \cdot 1842 \cdot 16{,}51 \cdot 10^{-6} \cdot 1}{0{,}08 \cdot 0{,}06 \cdot 51}} =$$

$$= 1{,}55 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot °\text{С/ккал}.$$

3. Стоимость тепловой энергии при потреблении ее от внутрифермской котельной по формуле (8)

$$C_т = S_т + E_н K_т = 15{,}44 + 0{,}12 \cdot 8{,}94 = 16{,}51 \text{ руб/Гкал}.$$

4. Экономически целесообразное сопротивление теплопередаче конструкции по формуле (2)

$$R_0^{эк} = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{1}{\alpha_н} + R_{ут}^{эк} + \Sigma R_{к.с} = \frac{1}{7{,}5} + \frac{1}{20} + 1{,}55 + \frac{0{,}02}{0{,}45} =$$

$$= 1{,}78 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot °\text{С/ккал}.$$

5. Толщина конструкции по формуле (3)

$$\delta_{ут} = R_{ут}^{эк} \lambda_{ут} = 1{,}55 \cdot 0{,}06 = 0{,}093 \text{ м}.$$

6. Расчет производится для многослойной вентилируемой стеновой панели, имеющей размер 3,0×1,5 м (площадью 4,5 м²), с внутренним и наружным слоями из плоских асбестоцементных листов толщиной по 0,01 м, с утеплителем из полужестких минераловатных плит толщиной 0,1 м, с вентилируемой воздушной прослойкой толщиной 0,05 м с наружной стороны утеплителя и деревянным каркасом.

Бруски сечением 0,05×0,13 м расположены по контуру панели и по ее продольной оси. Между брусками каркаса и наружной асбестоцементной обшивкой установлены деревянные бобышки толщиной 0,02 м для обеспечения вентиляции воздушной прослойки. Термическое сопротивление панели определяется между плоскостью ее внутренней поверхности и плоскостью наружной поверхности утеплителя (до вентилируемой воздушной прослойки).

7. Приведенное термическое сопротивление стеновой панели определяется в соответствии с п. 2.8 главы СНиП II-3-79

$$R_к^{пр} = \frac{F_1 + F_2}{\frac{F_1}{R_1} + \frac{F_2}{R_2}} = \frac{3{,}915 + 0{,}585}{\frac{3{,}915}{1{,}71} + \frac{0{,}585}{0{,}711}} = 1{,}45 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot °\text{С/ккал},$$

где F_1 — площадь внутренней поверхности участков стеновой панели, в пределах которых имеется утеплитель, равная:

$$4{,}5 - F_2 = 4{,}5 - 0{,}585 = 3{,}915 \text{ м}^2;$$

F_2 — площадь внутренней поверхности участков стеновой панели, в пределах которых расположены бруски каркаса, равная: $0{,}05(2 \cdot 1{,}5 + 3 \cdot 2{,}9) = 0{,}585$ м²;

R_1 — термическое сопротивление участков стеновой панели, имеющих площадь F_1:

$$R_1 = 2\frac{\delta_{\text{асб}}}{\lambda_{\text{асб}}} + \frac{\delta_{\text{ут}}}{\lambda_{\text{ут}}} = 2\frac{0{,}01}{0{,}45} + \frac{0{,}1}{0{,}06} = 1{,}71 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot {}^\circ\text{C/ккал};$$

R_2 — термическое сопротивление участков стеновой панели, имеющих площадь F_2:

$$R_2 = 2\frac{\delta_{\text{асб}}}{\lambda_{\text{асб}}} + \frac{\delta_{\text{дер}}}{\lambda_{\text{дер}}} = 2\frac{0{,}01}{0{,}45} + \frac{0{,}1}{0{,}15} = 0{,}711 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot {}^\circ\text{C/ккал}.$$

8. Сопротивление теплопередаче R_0 стеновой панели по формуле (4) главы СНиП II-3-79

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + R_{\text{к}}^{\text{пр}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} = \frac{1}{7{,}5} + 1{,}45 + \frac{1}{20} = 1{,}63 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot {}^\circ\text{C/ккал}.$$

Аналогично определяются сопротивления теплопередаче стеновых панелей с утеплителем толщиной 8 и 12 см (результаты расчета приведены в таблице).

8. Единовременные затраты $C_{\text{д}}$, руб/м², входящие в формулу (5), определяются

$$C_{\text{д}} = (13{,}13 + 0{,}3)\,1{,}02 + 4{,}12 = 17{,}82 \text{ руб/м}^2,$$

где 13,13 руб/м² — оптовая цена конструкции (Прейскурант № 06-19, «Оптовые цены на облегченные асбестоцементные и другие конструкции для строительства»);

0,3 руб/м² — транспортные расходы (Ценник № 3 сметных цен на перевозку грузов для строительства, при перевозке автомобильным транспортом на расстояние 60 км);

1,02 — коэффициент, учитывающий заготовительно-складские расходы к сметной стоимости материалов, изделий и конструкций франко-приобъектный склад;

4,12 руб/м² — стоимость монтажа панелей (Сборник № 18 Единых районных единичных расценок на строительные работы. Конструкции из асбестоцемента и пластмасс. Расценка № 18-6).

Аналогично определяются единовременные затраты для стеновых панелей с утеплителем толщиной 8 и 12 см.

9. Приведенные затраты $П$, руб/м², по формуле (5)

$$П = C_{\text{д}} + \frac{m\,(t_{\text{в}} - t_{\text{от.пер}})\,Z_{\text{от.пер}}\,C_{\text{т}}\,l_{\text{т}}}{E_{\text{н.п}}\,R_0} =$$

$$= 15{,}65 + \frac{1{,}05\,(10 + 11{,}9)\,1842 \cdot 16{,}51 \cdot 10^{-6} \cdot 1}{0{,}08 \cdot 1{,}63} = 23{,}2 \text{ руб/м}^2.$$

Аналогично определяются приведенные затраты $П$ для стеновых панелей с утеплителем толщиной 8 и 12 см.

10. Итоговые результаты экономического расчета приведены в таблице.

$\delta_{ут}$	$R_о$	$C_д$	$П$
8	1,35	16,83	23,33
10	1,63	17,82	23,2
12	1,91	18,82	23,42

По результатам экономического расчета принимается стеновая панель с утеплителем толщиной 10 см, имеющая наименьшие приведенные затраты и удовлетворяющая зоогигиеническим требованиям по обеспечению нормируемого температурного перепада на внутренней поверхности.

ПРИМЕР 4

РАСЧЕТ НАРУЖНЫХ СТЕН КАРТОФЕЛЕХРАНИЛИЩА

А. Исходные данные

1. Ограждающая конструкция — наружная стена картофелехранилища из керамзитобетонных панелей с утеплителем из минераловатных плит объемной массой $\gamma=300$ кг/м^3.

2. Пункт строительства — г. Орел.

3. Влажностный режим помещения — влажный.

4. Расчетная температура внутреннего воздуха $t_в=2°$ С.

5. Величины теплотехнических показателей и коэффициентов в формулах: $t_н=-27{,}5°$ С (СНиП II-А.6-72, табл. 1, гр. 18 и 19); $n=1$ (СНиП II-3-79, табл. 3, п. 1); $\Delta t^н=3°$ С и $\alpha_в=3{,}4$ ккал/(м^2××ч·°С) (Нормы технологического проектирования зданий и сооружений для хранения и обработки картофеля и овощей); $\alpha_н=$ $=20$ ккал/(м^2·ч·°С) (СНиП II-3-79, табл. 6, п. 1); $C_т=12\times$ $\times10^{-6}$ руб/ккал (Прейскурант № 09-01); $E_{н.п}=0{,}08$ 1/год (СН 423-71); $\lambda_{ут}=0{,}08$ ккал/(м·ч·°С) (СНиП II-3-79, прил. 3); $C_{ут}=$ $=86{,}5$ руб/м^3 (Ценник № 1, ч. 1); $l_т=1$; $n_{ут}=0{,}85$.

Площади поверхностей наружных стен $F_о=500$ м^2, покрытия $F_п=1750$ м^2, сумма площадей поверхностей насыпи продукции, находящихся в теплообмене с воздухом хранилища, включая поверхности стенок закромов в проездах, проходах, в прослойках у наружных стен $\Sigma F_{пр}=2300$ м^2.

Б. Порядок расчета

1. Требуемое сопротивление теплопередаче по формуле (1) СНиП II-3-79

$$R_о^{тр}=\frac{n(t_в-t_н)}{\Delta t^н\alpha_в}=\frac{1(2+27{,}5)}{3\cdot3{,}4}=2{,}89\ м^2\cdot ч\cdot °С/ккал.$$

2. Экономически целесообразное термическое сопротивление утеплителя по формуле (1)

$$R_{ут}^{эк} = \sqrt{\frac{n_{ут}(t_в - t_{от.пер})\, mZ_{от.пер}\, C_т\, l_т}{E_{н.п}\, \lambda_{ут}\, C_{ут}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{0{,}85\,(2+13{,}6)\cdot 1{,}05\cdot 1608\cdot 12\cdot 10^{-6}\cdot 1}{0{,}08\cdot 0{,}08\cdot 86{,}5}} =$$

$$= 0{,}69\ м^2\cdot ч\cdot °C/ккал.$$

3. Экономически целесообразное сопротивление теплопередаче конструкции по формуле (2)

$$R_0^{эк} = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{1}{\alpha_н} + R_{ут}^{эк} + \Sigma R_{к.с} = \frac{1}{3{,}4} + \frac{1}{20} + 0{,}69 + \frac{0{,}2}{0{,}3} =$$

$$= 1{,}7\ м^2\cdot ч\cdot °C/ккал.$$

4. Толщина слоя утеплителя по формуле (3)

$$\delta_{ут} = R_{ут}^{эк}\, \lambda_{ут} = 0{,}69\cdot 0{,}08 = 0{,}055\ м.$$

5. Принимаем для расчета двухслойную панель размером 6×1,2 м (площадью 7,2 м²) со слоем керамзитобетона толщиной 0,2 м, коэффициентом теплопроводности 0,3 ккал/(м·ч·°С) и утеплителем толщиной 0,06 м. При этом

$$R_0 = \frac{1}{3{,}4} + \frac{1}{20} + \frac{0{,}06}{0{,}08} + \frac{0{,}2}{0{,}3} = 1{,}76\ м^2\cdot ч\cdot °C/ккал.$$

6. Граничная температура наружного воздуха по формуле (6)

$$t_н^г = t_в - \frac{3{,}2\Sigma F_{пр}}{\frac{F_с}{R_с} + \frac{F_п}{R_п}} = 2 - \frac{3{,}2\cdot 2300}{\frac{500}{1{,}73} + \frac{1750}{3{,}28}} = -7°\,C.$$

7. Продолжительность отопительного периода и средняя температура наружного воздуха за отопительный период по табл. 2

$$Z_{от.пер} = 1608\ ч\ (67\ сут),\quad t_{от.пер} = -13{,}6°\,C.$$

8. В соответствии с п. 2.1 СНиП II-3-79 толщина утеплителя рассчитывается по $R_0^{тр}$.

Таблица 4

Рекомендуемые для расчета экономически целесообразного сопротивления теплопередаче средние значения коэффициентов теплопроводности и стоимостей некоторых теплоизоляционных материалов в утепляющем слое ограждающей конструкции

№ п.п.	Наименование материалов	Объемная масса γ, кг/м³	Коэффициент теплопроводности λ, ккал/м·ч·°С	Стоимость $C_{ут}$, руб/м³
1	Пенополиуретан	40÷80	0,03÷0,04	150÷200
2	Пенополистирол	40÷100	0,04÷0,05	60÷100
3	Минераловатные плиты	100÷300	0,05÷0,08	50÷70
4	Пеностекло	200÷400	0,08÷0,12	35÷45
5	Пенобетон	300÷400	0,11÷0,13	35÷45
6	Фибролит	300÷400	0,12÷0,14	30÷40
7	Керамзитобетон	500÷600	0,20÷0,22	30÷40

Таблица 5

Рекомендуемые для расчета экономически целесообразного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций тарифы на тепловую энергию и климатические показатели

Территориальный район ценообразования	Поясное деление	Энергосистема	Тариф на тепловую энергию $C_т \cdot 10^{-6}$ руб/ккал	Расчетные зимние температуры наружного воздуха, °С			Отопительный период	
				$t_{н,min}$	$t_{н,I}$	$t_{н,б}$	$t_{от.пер}$, °С	$Z_{от.пер}$, ч/год
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	II (IV)	Ленэнерго	11,00	—36	—28	—25	—2,2	5256
	I(III)	Мосэнерго	11,00	—40	—32	—25	—3,2	4920
	VIII	Орелэнерго	12,00	—39	—30	—25	—3,3	4968
	IV	Ярэнерго	9,00	—46	—35	—31	—4,5	5328
2	III	Белэнерго	9,00	—39	—30	—25	—1,2*	4872*
	II	Латэнерго	13,50	—35	—25	—30	—0,6**	4920**
3	IV	Днепроэнерго	13,50	—34	—26	—24	—1,0	4200
	V	Харьковэнерго	12,00	—36	—28	—23	—2,1	4536

Продолжение табл. 5

Территориальный район ценообразования	Поясное деление	Энергосистема	Тариф на тепловую энергию $C_т \cdot 10^{-6}$ руб/ккал	Расчетные зимние температуры наружного воздуха, °С			Отопительный период	
				$t_{н.min}$	$t_{н.1}$	$t_{н.5}$	$t_{от.пер}$, °С	$Z_{от.пер}$, ч/год
1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	V	Горэнерго	8,00	—41	—33	—30	—4,7	5232
	VI	Кировэнерго	10,00	—45	—35	—31	—5,8	5544
	IX	Саратовэнерго	8,00	—41	—34	—25	—5,0	4752
5	IV	Воронежэнерго	9,00	—38	—30	—25	—3,4	4776
	IX	Тамбовэнерго	10,00	—39	—32	—27	—4,2	4848
6	VIII	Ростовэнерго	11,50	—33	—27	—22	—1,1	4200
	V	Краснодарэнерго	6,00	—36	—23	—19	+1,5	3648
7	IX	Архэнерго	13,00	—45	—36	—32	—4,7	6024
9	IV	Челябэнерго	8,70	—45	—35	—29	—7,3	5232
	VI	Свердловскэнерго	6,00	—43	—38	—31	—6,4	5472
19	VIII	Новосибирскэнерго	8,00	—50	—42	—39	—9,1	5448
	X	Томскэнерго	8,00	—55	—44	—40	—8,8	5616

* Температура и продолжительность по г. Минску.
** Температура и продолжительность по г. Риге

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	3
1. Общие положения	4
2. Методические положения по выбору экономически целесообразного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций	5
3. Последовательность определения экономически оптимального сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций	8
4. **Пример 1.** Расчет наружных стен жилого здания	10
5. **Пример 2.** Расчет наружных стен производственного здания	19
6. **Пример 3.** Расчет наружных стен коровника	21
7. **Пример 4.** Расчет наружных стен картофелехранилища	24

НИИСФ ГОССТРОЯ СССР

Руководство
по определению экономически оптимального сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий различного назначения

Редакция инструктивно-нормативной литературы
Зав. редакцией Г. А. Жигачева
Редактор О. Г. Дриньяк
Мл. редактор Л. М. Климова
Технический редактор М. В. Павлова
Корректор Г. А. Кравченко

Сдано в набор 26.04.81. Подписано в печать 07.05.81. Т-06485. Формат 84×108$^{1}/_{32}$. Бумага типографская № 2. Гарнитура «Литературная». Печать высокая. Усл. печ. л. 1,68. Уч.-изд. л. 1,74. Тираж 20 000 экз. Изд. № XII-8313. Заказ 645. Цена 10 коп.

Стройиздат
101442, Москва, Каляевская, 23а

Владимирская типография «Союзполиграфпрома»
при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7

gost.e-ecolog.ru