

© Сибирский Федеральный Университет
Энергетический паспорт здания жилого дома
по ул. Первокурсника, 37 в г. Красноярске.

Цель работы: Составить энергетический паспорт реконструируемого жилого дома.

Описание объекта: Конструктивное решение здания – каркасное, выполненное по серии ИИ-04. Несущие элементы – колонны сечением 400x400 мм. Наружные стены: 1 и 2 этажи – кирпичная кладка с внутренним утеплением из пенополистирола $\rho = 40 \text{ кг/м}^3$, 3 и вышерасположенные этажи – однослойные навесные керамзитобетонные панели толщиной 350мм. Стены подвала выполнены из тяжелого бетона толщиной 400мм. Перекрытия – многпустотные плиты толщиной 220мм. Покрытие – совмещенное. Светопрозрачные ограждения – двухкамерные стеклопакеты в ПВХ переплетах толщиной 58мм.

1. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ ЗДАНИЯ

Общая информация

Дата заполнения (число, м-ц, год)	15.12.06
Адрес здания	г. Красноярск, ул. Первокурсника 37
Разработчик проекта	ОАО “НАШИ-ВАШИМ” Красноярский край
Адрес и телефон разработчика	г. Красноярск, ул. Первокурсника, 3
Шифр проекта	73-АР

Расчетные условия

№ п. п.	Наименование расчетных параметров	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
1	Расчетная температура внутреннего воздуха	t_{int}	°С	21
2	Расчетная температура наружного воздуха	t_{ext}	°С	-40
3	Расчетная температура теплого чердака	t_c	°С	-
4	Расчетная температура техподполья	t_c	°С	20
5	Продолжительность отопительного периода	z_{ht}	сут	234
6	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	t_{ht}	°С	-7,1
7	Градусо-сутки отопительного периода	D_d	°С·сут	6575

№ п. п.	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормативное значение показателя	Расчетное (проектное) значение показателя	Фактическое значение показателя
1	2	3	4	5	6
18	Коэффициент остекленности фасада здания	f	-	0,20	
19	Показатель компактности здания	k_e^{des}	-	0,20	
Теплоэнергетические показатели					
<i>Теплотехнические показатели</i>					
20	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждений: стен (всего) - 1 и 2 этажи (кирпич) - 3-10 этажи (панель) - лестничная клетка (кирпич 640 мм) - ниже уровня земли окон и балконных дверей витражей фонарей входных дверей и ворот покрытий (совмещенных) чердачных перекрытий (холодных чердаков) перекрытий теплых чердаков (включая покрытие) перекрытий над техподпольями перекрытий над неотапливаемыми подвалами или подпольями перекрытий над проездами и под эркерами пола по грунту	$R_o^r, \text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ $F_w, \text{м}^2$ $F_{w1}, \text{м}^2$ $F_{w2}, \text{м}^2$ $F_{w3}, \text{м}^2$ $F_{w4}, \text{м}^2$ R_F R_F R_F R_{ed} R_c R_c R_c R_f R_f R_f R_f	- - - 0,62 - - 1,2 5,37 - - - - - - - - -	2,62 2,91 2,55 1,10 4,59 0,54 - - 1,2 6,45 - - - - - - 10,41	
21	Приведенный коэффициент теплопередачи здания	$K_m^{tr}, \text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	-	0,50	
22	Кратность воздухообмена здания за отопительный период Кратность воздухообмена здания при испытании (при 50 Па)	$n_a, \text{ч}^{-1}$ $n_{50}, \text{ч}^{-1}$	- -	1 -	
23	Условный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплопотери за счет инфильтрации и вентиляции	$K_m^{inf}, \text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	-	0,93	
24	Общий коэффициент теплопередачи здания	$K_m, \text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	-	1,43	
<i>Энергетические показатели</i>					
25	Общие теплопотери через ограждающую оболочку здания за отопительный период	$Q_h, \text{ГДж}$	-	8023,0	
26	Удельные бытовые	$q_{int}, \text{Вт} / \text{м}^2$	-	17	

№ п. п.	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормативное значение показателя	Расчетное (проектное) значение показателя	Фактическое значение показателя
1	2	3	4	5	6
	тепловыделения в здании				
27	Бытовые теплопоступления в здание за отопительный период	Q_{int} , ГДж	-	2161,5	
28	Теплопоступления в здание от солнечной радиации за отопительный период	Q_s , ГДж	-	711,8	
29	Потребность в тепловой энергии на отопление здания за отопительный период	Q_h^v , ГДж	-	6862,9	

Коэффициенты

№ п. п.	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормативное значение показателя	Фактическое значение показателя
30	Расчетный коэффициент энергетической эффективности системы централизованного теплоснабжения здания от источника теплоты	ε_0^{des}	0,5	
31	Расчетный коэффициент энергетической эффективности поквартирных и автономных систем теплоснабжения здания от источника теплоты	ε_{dec}	-	
32	Коэффициент эффективности авторегулирования	ζ	0,7	
33	Коэффициент учета встречного теплового потока	k	1	
34	Коэффициент учета дополнительного теплопотребления	β_h	1,07	

Комплексные показатели

35	Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания	q_h^{des} , кДж/(м ² ·°С·сут)	74,8	
36	Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление здания	q_h^{req} , кДж/(м ² ·°С·сут)	72	
37	Класс энергетической эффективности	Нормальный	+3,7%	
38	Соответствует ли проект здания нормативному требованию		Да	
39	Дорабатывать ли проект здания		Нет	

Указания по повышению энергетической эффективности

40	Рекомендуем: Нет рекомендаций	
41	Паспорт заполнен	09.09.2009 г.
	Организация	ФГОУ ВПО "СФУ" Лаборатория СФ

Адрес и телефон	г. Красноярск, пр. Свободный, 82, стр. 1, оф. 505
Ответственный исполнитель	тел./факс 8 (391) 252-78-66 Михеев Д.А.

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

При расчете наружных стеновых ограждений утепленных изнутри в целях обеспечения санитарно-гигиенических норм в части повышения температуры внутренней поверхности ограждения выше температуры точки росы и повышения уровня тепловой защиты здания в целом необходимо провести ряд технических мероприятий.

Для стен, выполненных из керамзитобетонных панелей толщину утеплителя принять не менее следующих значений:

- утепление наружных стен произвести плитами **“ПЕНОПЛЭКС” тип 35** толщиной 50мм;
- утепление внутренних откосов произвести плитами **“ПЕНОПЛЭКС” тип 35** толщиной 40мм;
- утепление наружных откосов произвести с обрамлением наружной стороны светопрозрачного проема на 350мм по контуру. Толщину теплоизоляции принять равной 40мм и выполнить из плит **“ПЕНОПЛЭКС” тип 35**;
- произвести контурное утепление колонн крайних рядов по всему периметру здания теплоизоляционным слоем толщиной 40мм из плит **“ПЕНОПЛЭКС” тип 35**;
- произвести контурное утепление ригелей, примыкающих к угловым колоннам, плитами **“ПЕНОПЛЭКС” тип 35** толщиной 40мм.

Для стен, выполненных из кирпича, раскладку теплоизоляционного слоя предусмотреть аналогично как для керамзитобетонных панелей.

Для исключения возможности накопления влаги в наружных стеновых ограждениях в процессе эксплуатации необходимо предусмотреть пароизоляционный слой. В качестве пароизоляции рекомендуется принять материал **“ПЕНОФОЛ” тип С-3**, позволяющий повысить сопротивление

© Сибирский Федеральный Университет
теплопередаче стенового ограждения и обеспечить эффективную защиту от
накопления влаги в толще ограждения.

3. РАСЧЕТЫ

3.1. Расчеты приведенного сопротивления теплопередаче наружных ограждений

3.1.1. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче наружного стенового ограждения (выше уровня земли)

Расчет стеновых конструкций производился с учетом теплотерь через откосы оконных проемов с учетом заполнений проемов светопрозрачными конструкциями на сертифицированной программе “TEMPER-3D”. Сертификат соответствия № РОСС RU.СП15.Н00107. М., 2007.

Расчет выполнен для климатических условий г. Красноярска.

Результаты расчетов представлены в таблице 3.1 и приложении.

Таблица 3.1

Фрагмент наружной стеновой конструкции	Сопротивление теплопередаче, м ² ·°С/Вт		Коэффициент теплотехнической однородности, г	Минимальная температура внутренней поверхности, °С	Примеч. (см. прил. I)
	условное, R _w ^{con}	приведенное, R _w ^r			
Блоки “А” и “Б” (панельная стена)					
с колонной	3,00	2,47	0,82	16,4	рис. 1
без колонны		2,58	0,86	16,5	рис. 2
Блоки “А” и “Б” (кирпичная стена)					
с колонной	5,77	2,42	0,42	13,0	рис. 3
без колонны		3,20	0,56	16,4	рис. 4

Сопротивление теплопередачи лестничной клетки:

$$R = 1/23 + 0,64/0,7 + 0,02/0,76 + 1/8,7 = 1,1 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт.}$$

3.1.2. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче наружного стенового ограждения (ниже уровня земли)

Стены отапливаемого подвала, контактирующие с грунтом, выполнены из тяжелого бетона толщиной 400мм. С наружной стороны произведено дополнительное утепление из плит “Пеноплэкс” тип 35 толщиной 50мм. Термическое сопротивление стенового ограждения составляет:

$$R = 0,4/1,74 + 0,05/0,029 = 1,95 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

$$\text{Термическое сопротивление пола по грунту: } R = 0,54 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

Для определения приведенного сопротивления теплопередаче стен и пола подвала, контактирующих с грунтом, разбиваем их на зоны шириной 2м, начиная от верха наружных стен, контактирующих с грунтом. Площади зон и сопротивления теплопередаче разбитых на зоны конструкций представлены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Номер зоны	Сопротивление грунта R_{oj} , $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	Стены		Пол	
		Площадь, A_{wi} , м^2	Сопротивление R_{wj} , $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	Площадь, A_{fi} , м^2	Сопротивление R_{fi} , $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$
I	2,1	492,3	4,05	0	-
II	4,3	246,2	6,25	176,5	4,84
III	8,6	0	-	363,9	9,14
IV	14,2	0	-	862,8	14,74

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, контактирующих с грунтом:

$$\text{- стен} \quad R_w^r = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{R_i}} = \frac{738,51}{492,34/4,05 + 246,17/6,25} = 4,59 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт};$$

$$\text{- пола} \quad R_f^r = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{R_i}} = \frac{1403,2}{176,5/4,85 + 363,9/9,14 + 862,8/14,74} = 10,41 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

Приведенное сопротивление теплопередаче наружных стеновых ограждений, расположенных как выше, так и ниже уровня земли составит:

$$R_w^r = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{R_i}} = \frac{5738,9}{783,0 / 2,91 + 4012,4 / 2,55 + 205,0 / 1,10 + 738,5 / 4,59} = 2,62 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт};$$

По приведенному сопротивлению теплопередаче (показатель “а”) наружные стеновые ограждения не удовлетворяют требованиям СНиП 23-02-2003, т.к. ниже нормативного $R_w^{\text{req}} = 3,7 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$. Однако, согласно п. 5.13 СНиП 23-02-2003 при расчете по показателю “в” (удельный расход тепловой энергии на отопление здания) допускается уменьшение сопротивления теплопередаче для стеновых ограждений до величины $R_{\text{min}} = R_w^{\text{req}} \cdot 0,63$, т.е. минимальное сопротивление теплопередаче стенового ограждения должно составлять $2,33 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$. Таким образом, приведенное сопротивление теплопередаче наружных стеновых ограждений отвечает нормативным требованиям.

3.1.3. Приведенное сопротивление теплопередаче светопрозрачных ограждений

Приведенное сопротивление теплопередаче светопрозрачных ограждений, установленных на объекте, по результатам проведенных лабораторных испытаний составляет $R_F^r = 0,54 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$.

3.1.4. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче совмещенного покрытия

Расчетная схема совмещенного покрытия представлена на рис.



Рис. Совмещенное покрытие

Сопротивление теплопередаче совмещенного покрытия составит:

$$R_c^r = 1/23 + 0,06/0,76 + 0,05/0,17 + 0,07/0,076 + 0,2/0,041 + 0,22/1,74 + 1/8,7 = 6,45 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}.$$

3.2. Расчеты удельного расхода тепловой энергии на отопление

Расчет выполнен согласно Приложению Г СНиП 23-02-2003 [1].

Удельный расход тепловой энергии на отопление зданий определяется по формуле:

$$q_h^y = 10^3 \cdot Q_h^y / (A_h \cdot D_d) \quad (\text{Г.1})$$

Потребность в тепловой энергии (МДж) на отопление здания в течение отопительного периода определяется по формуле:

$$Q_h^y = [Q_h - (Q_{\text{int}} + Q_s) \cdot v \cdot \zeta] \beta_h \quad (\text{Г.2})$$

Общие теплопотери здания через ограждающие конструкции за отопительный период:

$$Q_h = 0,0864 \cdot K_m \cdot D_d \cdot A_e^{\text{sum}} \quad (\text{Г.3})$$

Общий коэффициент теплопередачи

$$K_m = K_m^{\text{tr}} + K_m^{\text{inf}} \quad (\text{Г.4})$$

Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи

$$K_m^{\text{tr}} = (A_w/R_w + A_F/R_F + A_{\text{ed}}/R_{\text{ed}} + A_c/R_c + A_f/R_f) / A_e^{\text{sum}} = 0,50 \quad (\text{Г.5})$$

Условный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплотери за счет инфильтрации и вентиляции:

$$K_m^{\text{inf}} = 0,28 \cdot c \cdot n_a \cdot V_1 \cdot \rho_a^{\text{ht}} \cdot k / A_e^{\text{sum}}, \quad (\text{Г.6})$$

где c - удельная теплоемкость воздуха, равная $1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$;

V_1 – объем удаляемого воздуха $8185,4 \cdot 3 = 24556,2 \text{ м}^3$ – для блока “А”;

V_1 – $3517,9 \cdot 3 = 10553,7 \text{ м}^3$ – для блока “Б”.

$k = 1$ - коэффициент учета встречного потока воздуха через окна.

Средняя плотность наружного воздуха вычисляется по формуле:

$$\rho_a^{\text{ht}} = 353 / (273 + t_{\text{ht}}), \quad (\text{Г.7})$$

где t_{ht} – средняя температура наружного воздуха за отопительный период;

Подставляя числовые значения в формулу (Г.7), найдем:

$$\rho_a^{\text{ht}} = 353 / (273 - 7,1) = 1,33 \text{ кг/ м}^3.$$

По формуле (Г.6) получим:

$$K_m^{\text{inf}} = 0,93 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Общий коэффициент теплопередачи по формуле (Г.4):

$$K_m = 1,43 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Общие теплотери здания за отопительный период определим по формуле (Г.3):

$$Q_h = 8023 \text{ ГДж}$$

Бытовые теплопоступления в течение отопительного периода

$$Q_{\text{int}} = 0,0864 \cdot q_{\text{int}} \cdot z_{\text{ht}} \cdot A_1, \quad (\text{Г.10})$$

где q_{int} – величина бытовых теплопоступлений на 1 м^2 жилой площади,

z_{ht} – продолжительность отопительного периода, сут;

A_1 – площадь жилых помещений и кухонь, м^2 .

Удельные бытовые тепловыделения для встроенных помещений спортивного назначения и видеозалов не учтены в связи с отсутствием в проекте данных, необходимых для расчета.

Бытовые теплопоступления по формуле (Г.10) составят:

$$Q_{\text{int}} = 2161,5 \text{ ГДж}$$

Теплопоступления через окна от солнечной радиации

$$Q_s = \tau_F \cdot k_F \cdot (A_{F1} \cdot I_1 + A_{F2} \cdot I_2 + A_{F3} \cdot I_3 + A_{F4} \cdot I_4), \quad (\text{Г.11})$$

где τ_F – коэффициент, учитывающий затенение светового проема;

k_F – коэффициент проникания солнечной радиации;

$A_{F1}, A_{F2}, A_{F3}, A_{F4}$ – площади остекления различной ориентации;

I_1, I_2, I_3, I_4 – величины солнечной радиации на вертикальные поверхности различной ориентации.

Коэффициенты $\tau_F = 0,8$ и $k_F = 0,74$ приняты согласно Приложению Л Свода правил СП 23-101-2004 [2].

Величины солнечной радиации на вертикальные поверхности различной ориентации приняты согласно Приложению В СП 23-101-2004 [2].

Подставляя числовые значения в формулу (Г.11), найдем:

$$Q_s = 711,8 \text{ ГДж}$$

В формуле (Г.2):

ν – коэффициент, учитывающий способность ограждающих конструкций аккумулировать или отдавать тепло;

ζ – коэффициент эффективности авторегулирования;

β_h – коэффициент, учитывающий дополнительное теплотребление системы отопления.

Подставляя числовые значения коэффициентов $\nu = 0,8$, $\zeta = 0,7$ и $\beta_h = 1,07$ в формулу (Г.2), вычислим потребность в тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода:

$$Q_h^y = 6862,9 \text{ ГДж}$$

Удельное энергопотребление по формуле (Г.1):

$$q_h^{\text{des}} = 74,8 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С} \cdot \text{сут})$$

Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление жилых зданий высотой 10 этажей равно $72 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С} \cdot \text{сут})$ [1].

Класс энергетической эффективности анализируемого жилого дома соответствует «С» нормальному

Заключение:

Показатель “в” пункта 5.1 СНиП 23-02-2003 выполняется.

ПРИЛОЖЕНИЕ

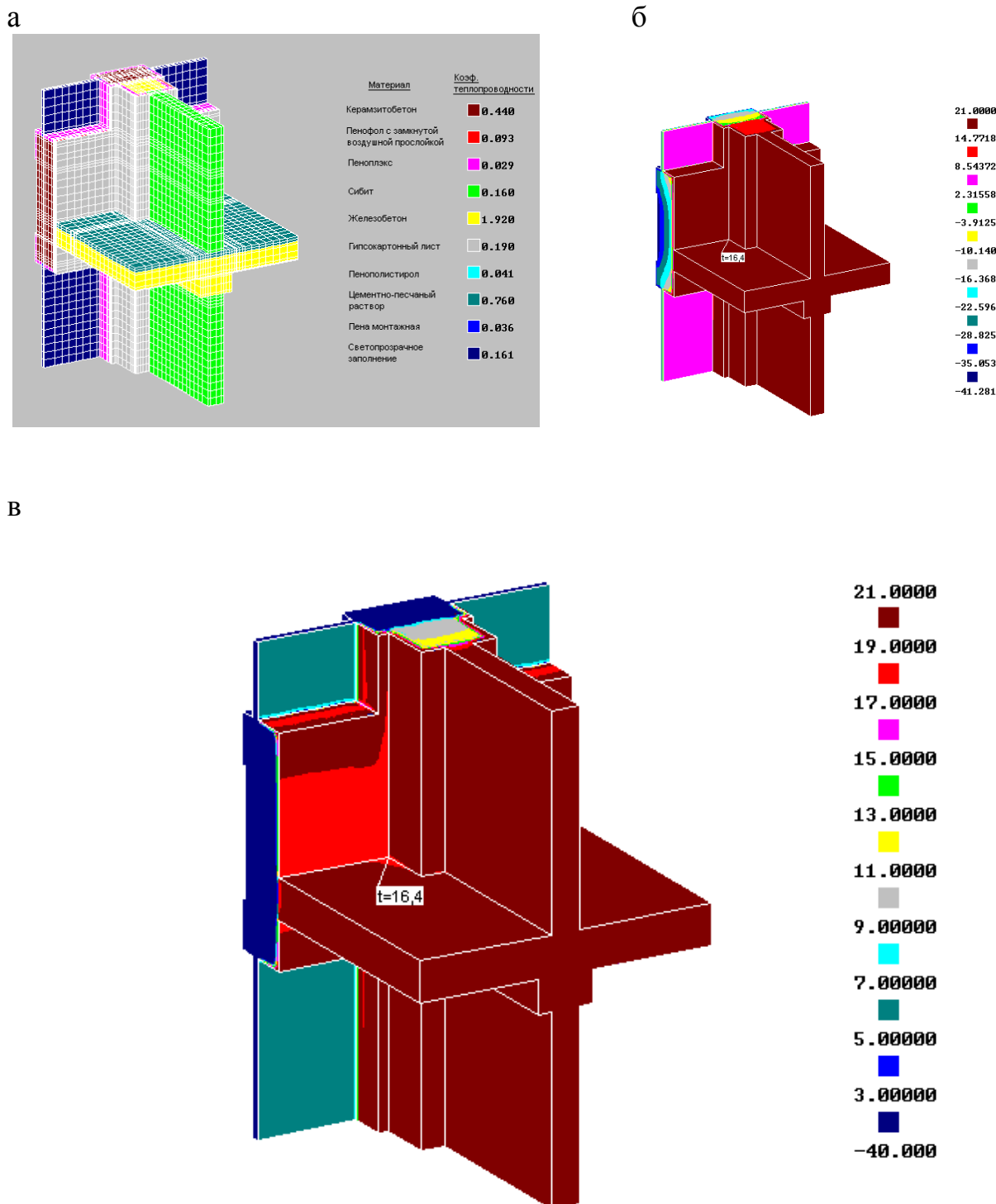


Рис. 1. Распределение температурных полей по внутренним поверхностям фрагмента стенового ограждения с колонной. Навесная панель, утепленная изнутри плитами “Пеноплекс” тип 35: а – характеристики материалов; б – температурные поля с шагом 6°C ; в – температурные поля с шагом 2°C

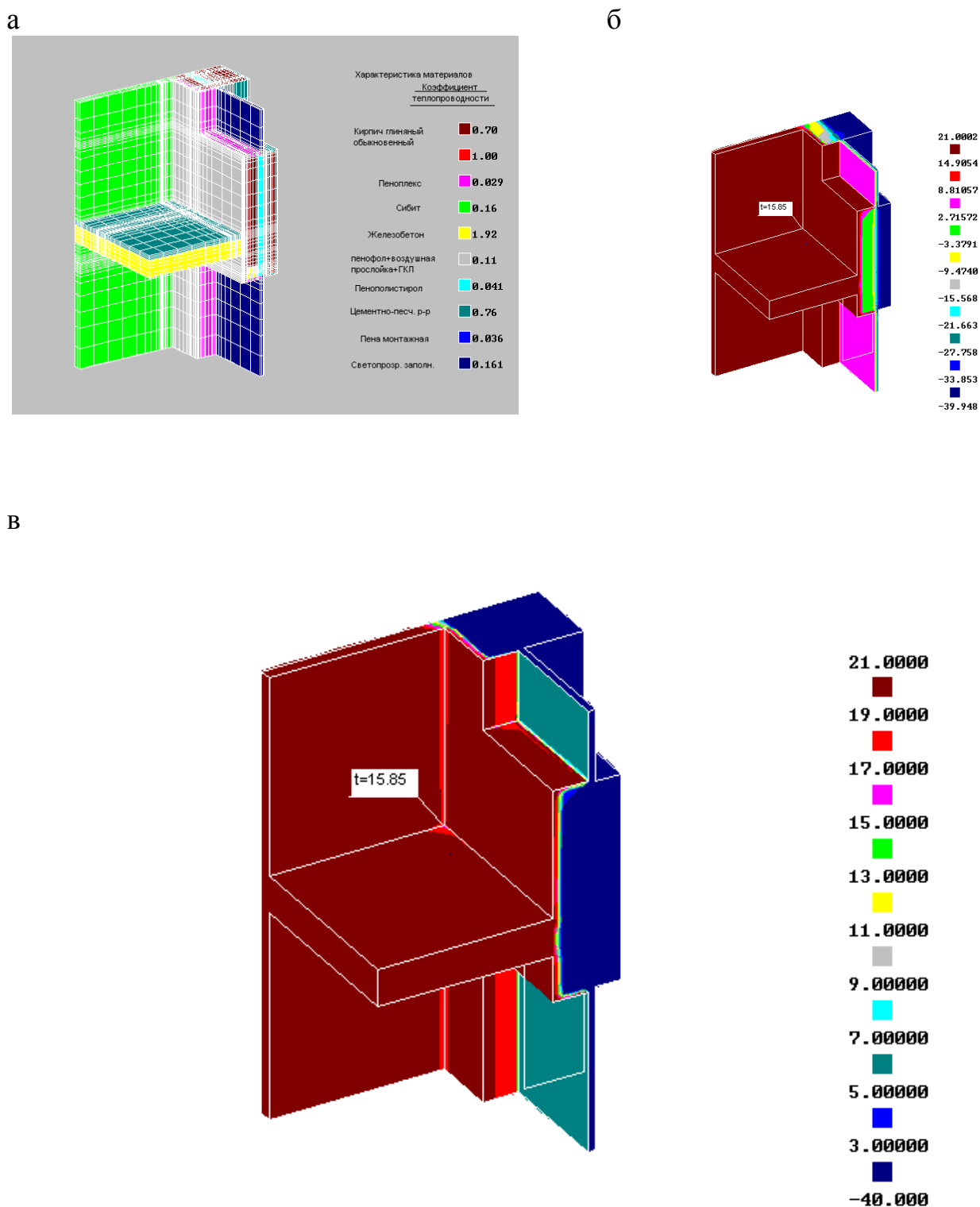


Рис. 2. Распределение температурных полей по внутренним поверхностям фрагмента стенового ограждения без колонны. Кирпичная стена, утепленная изнутри плитами “Пеноплекс” тип 35: а – характеристики материалов; б – температурные поля с шагом 6°C; в – температурные поля с шагом 2°C