НИИСФ Госстроя СССР

Руководство

по расчету влажностного режима ограждающих конструкций зданий



Москва 1984

gost.e-ecolog.ru

Научно-исследовательский институт
строительной физики (НИИСФ)
Госстроя СССР

РУКОВОДСТВО
по расчету влажностного режима ограждающих конструкций зданий

Москва Стройиздат 1984

УДК 69.022.691:539.217.2+697.137.2

Рекомендовано к изданию решением секции Научно-технического совета НИИСФ Госстроя СССР

Руководство по расчету влажностного режима ограждающих конструкций зданий/Н.-и. ин-т строительной физики Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1984. – 168 с.

Описаны две методики расчета на ЭВМ влажностного состояния ограждающих конструкций зданий. Приведены математические модели процесса влагопереноса, программы для ЭВМ на алгоритмическом языке Фортран-4, инструкции по подготовке данных для проведения расчетов по этим программам, примеры расчетов. Даны таблицы теплотехнических характеристик некоторых строительных материалов.

Для научных работников и инженеров-проектировщиков.

Табл. 13, ил. 27.

Р 3202000000 – 723
047 (01) – 84 Инструкт.-нормат. II вып. – 56–83

© Стройиздат, 1984

ПРЕДИСЛОВИЕ

Экономия топливно-энергетических ресурсов имеет важное народнохозяйственное значение. В нашей стране, так же как в промышленно развитых странах мира, на отопление и вентиляцию зданий различного назначения расходуется до 30% всех топливно-энергетических ресурсов. Потери тепла зданиями в значительной степени определяются теплозащитными качествами ограждающих конструкций, которые в свою очередь существенно зависят от влажностного состояния материалов конструкций. Повышенная влажность материала наружных стен и покрытий приводит к снижению их теплозащитных качеств и увеличению теплопотерь. Кроме того, переувлажнение ограждений может привести к отслоению облицовочных слоев, их разрушению и сокращению сроков службы. Поэтому в процессе проектирования ограждающих конструкций зданий наиболее важным является вопрос прогнозирования температурно-влажностного состояния в эксплуатационных условиях.

Процесс нестационарного тепловлагопереноса, механизм перемещения влаги в материалах ограждающих конструкций зданий обусловлены сложностью комплекса явлений, а изучение их является чрезвычайно трудной проблемой.

Изучению физических основ взаимодействия влаги с материалами различной физико-химической природы и тепломассопереноса в дисперсных средах посвящены фундаментальные работы П.А. Ребиндера и А.В. Лыкова.

Развитием их исследований применительно к строительным материалам ограждающих конструкций зданий явились работы таких ученых, как Р.Е. Брилинг, К.Ф. Фокин, Ф.В. Ушков, О.Е. Власов, В.Н. Богословский, А.У. Франчук и др.

Сложность математического описания процессов влагопереноса в ограждающих конструкциях, обусловленная сложностью самого физического явления (переменность граничных условий, многослойность ограждений, резко выраженная неизотермичность и нестационарность, изменение агрегатного состояния влаги, нелинейность расчетных характеристик и т.д.), приводит к громоздкости расчетов, поэтому использование созданных методов весьма затруднительно без применения ЭВМ.

Разработаны программы для расчетов на ЭВМ влажностного режима ограждающих конструкций зданий. С учетом современных представлений о физических процессах влагопереноса разрабатываются, а также предложены новые и усовершенствованы существующие методики определения расчетных характеристик строительных материалов при положительных и отрицательных температурах. Исследованы и получены численные значения расчетных влажностных характеристик для наиболее распространенных строительных материалов. Исследуется фазовый состав влаги в строительных материалах. Совершенствуются программы расчетов на ЭВМ влажностного режима ограждающих конструкций.

В настоящем Руководстве изложены два метода расчета влажностного режима ограждающих конструкций:

многофакторный метод расчета;

усовершенствованный метод последовательного увлажнения.

В обоих методах уравнения тепловлагопереноса решаются численно конечно-разностным способом. Расчеты проводятся на ЭВМ по разработанным программам.

Использование первого, достаточно сложного метода расчета влажностного состояния материалов ограждающих конструкций дает возможность определять двухмерные влажностные поля, например, в зоне стеновых соединений панелей, влажностное состояние материалов ограждений с вентилируемыми прослойками. Кроме того, при расчете учитывается количество замерзшей влаги в порах материала. Экспериментальные методики

определения характеристик влагопереноса материалов, требующихся для проведения расчетов по этому методу, в настоящее время не достаточно разработаны. Поэтому расчетные характеристики строительных материалов приняты на основании соответствующей обработки имеющихся данных и в последующем будут уточнены и откорректированы.

Усовершенствованный метод последовательного увлажнения апробирован и дает возможность с достаточной для практики точностью исследовать влажностное состояние материалов конструкций. Кроме того, он позволяет учитывать слои пароизоляции, расположенные внутри ограждения, а также зависимости характеристик влагопереноса материалов от их влажности. Программа для ЭВМ разработана только для решения одномерных задач по распределению влажности в ограждении. Однако этим методом принципиально возможно рассчитывать двухмерные влажностные поля. Исходные данные, необходимые для расчетов, имеют четко определенный физический смысл. Накоплено значительное количество экспериментальных влажностных характеристик строительных материалов, обобщение которых позволило составить таблицы расчетных характеристик, представленных в приложении. Большое внимание при составлении программы для ЭВМ было уделено удобству задания исходных данных.

Расчет влажностного состояния реальных конструктивных решений стен и покрытий производится с учетом условий эксплуатации зданий. В примерах расчета приводится последовательность выполнения операций подготовки исходных данных в соответствии со структурой разработанных программ. Применение многофакторного метода рассмотрено в разделах 9–11, в разделах 12, 13 показано использование метода последовательного увлажнения.

Настоящее Руководство является первой попыткой разработки инженерного метода решения задачи тепловлагопереноса с учетом влияния различных факторов. НИИ строительной физики заранее выражает благодарность специалистам и организациям, которые будут использовать настоящее Руководство, сделают замечания и внесут предложения по его улучшению.

Работа выполнена в НИИСФ Госстроя СССР (кандидаты техн. наук В.И. Лукьянов, В.Р. Хлевчук, инженеры В.Г. Гагарин, В.А. Могутов).

Ответственный редактор канд. техн. наук В.Р. Хлевчук.

1. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОВЛАГОПЕРЕНОСА В ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ ЗДАНИЙ

1.1. Нестационарный тепловлагоперенос в материалах ограждающих конструкций в многофакторном методе включает совместный перенос тепла и влаги. Теплоперенос через ограждающую конструкцию обусловлен теплопроводностью за счет градиента температур, фильтрацией воздуха через поры материала, источниками тепла за счет фазовых переходов влаги.

Процесс влагопередачи в виде пара и жидкости через ограждающую конструкцию обусловлен диффузией водяного пара, фильтрацией влажного воздуха, а также перемещением влаги в жидкой фазе влагопроводностью при градиенте влагосодержания материалов и термовлагопроводностью при градиенте температур.

Математически задачи определения влажностного состояния ограждающих конструкций зданий описываются системой дифференциальных уравнений в частных производных.

1.2. Температурное поле ограждающей конструкции определяется из решения дифференциального уравнения:

$$\left(c_0\gamma + 10c_в u_в + 10c_л u_л + 10\chi r_з \frac{\beta_u - b}{t^2}\right)\frac{\partial t}{\partial \tau} = div\left(\lambda(u,t)\nabla t + i(u)c_p t \nabla P_A\right) + r_1 div\left[D(u)\nabla(E\varphi(u_в) + \frac{E\varphi(u_в)}{P_A} i(u)\nabla P_A\right] + \chi r_з \left(1 - \alpha + \frac{\beta}{t}\right)\frac{\partial u}{\partial \tau} \quad (1)$$

$\chi = 1$ при $t < t_з$; $\chi = 0$ при $t \geqslant t_з$.

1.3. Влажностное состояние ограждения определяется из следующего уравнения:

$$10\frac{\partial u}{\partial \tau} = div\left[10K(u_в,t)\nabla u_в + K_t(u_в,t)\nabla t + D(u)\nabla\left(E\varphi(u_в)\right) + \frac{E\varphi(u_в)}{P_A} i(u)\nabla P_A\right] \quad (2)$$

где t – температура, °С

$t_з$ – температура начала замерзания воды в строительном материале, °С;

$\lambda(u,t)$ – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м·°С)

γ – плотность материала в сухом состоянии, кг/м^3;

$u = u_в + u_л$ – полное влагосодержание материала, % по объему;

$u_в$ – количество влаги в материале в жидкой фазе, % по объему;

$u_л$ – содержание льда, % по объему;

c_0 – удельная теплоемкость материала в сухом состоянии, кДж/(кг·°С);

$c_в$ – удельная теплоемкость воды, кДж/(кг·°С);

$c_л$ – удельная теплоемкость льда, кДж/(кг·°С);

τ – время, с;

$K(u_в,t)$ – коэффициент влагопроводности, м^2/с;

$K_t(u_в,t)$ – коэффициент термовлагопроводности, кг/(м·с·°С);

E – парциальное давление насыщенного водяного пара, гПа;

$\varphi(u_\beta)$ – относительная влажность воздуха в порах материала;
$D(u)$ – коэффициент диффузии водяного пара в порах материала, кг/(м·Па·с);
$i(u)$ – коэффициент фильтрации воздуха через поры материала, кг/(Па·м·с);
P_A – давление воздуха в порах материала, гПа;
c_p – удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг·°С);
r_1 – удельная теплота парообразования, кДж/кг;
r_3 – удельная теплота фазового перехода воды-льда, кДж/кг;

$div\,\vec{A} = \frac{\partial}{\partial x} A_x + \frac{\partial}{\partial y} A_y + \frac{\partial}{\partial z} A_z$ – дифференциальный оператор "дивергенция";

$\vec{A}$ – произвольный вектор;

$\nabla B = \vec{i}\,\frac{\partial B}{\partial x} + j\,\frac{\partial B}{\partial y} + k\,\frac{\partial B}{\partial z}$ – дифференциальный оператор "набла";

B – произвольная скалярная функция.

Температура начала замерзания (t_3) и количество льда ($u_л$) определяются из эмпирического соотношения

$$u_л = u - u_\beta = u - \left[\alpha u - a - \frac{\beta u - b}{t}\right]. \qquad (3)$$

Эмпирические коэффициенты в формуле (3) приведены в прил. 1.

1.4. Условия сопряжения на границе различных материалов принимаются в виде:

$$t|_{x-0} = t|_{x+0}\ ; \qquad (4)$$

$$\eta(u_{1,\beta}) \cdot u_{1,\beta}|_{x-0} = u_{2,\beta}|_{x+0}\ , \qquad (5)$$

где $u_{1,\beta}$ – влагосодержание одного материала, % по объему;
$u_{2,\beta}$ – влагосодержание другого (контактирующегося с первым) материала, % по объему.

Функции $\eta(u_{1,\beta})$ приведены в приложении 2.

1.5. Граничные условия на поверхности ограждающих конструкций приняты в виде:

$$(\vec{q} \cdot \vec{n}) = \alpha_t (t_\beta - t_n); \qquad (6)$$

$$(\vec{j} \cdot \vec{n}) = \alpha_m (P_\beta - P_n), \qquad (7)$$

где $\vec{n}$ – единичный вектор внешней нормали к поверхности конструкции;
t_β – температура воздуха, °С;
t_n – температура поверхности ограждающей конструкции, °С;
P_β – парциальное давление водяного пара в воздухе, гПа;
P_n – парциальное давление водяного пара воздуха на поверхности ограждающей конструкции, гПа;
α_t – коэффициент теплоотдачи поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м^2·°С);
α_m – коэффициент влагообмена поверхности ограждающей конструкции с воздухом, кг/(м^2·Па·с);
$\vec{q}$ – поток тепла, Вт/м^2;
$\vec{j}$ – поток влаги, кг/(м^2·с).

Примечание.

Влажностное состояние ограждения с вентилируемой воздушной прослойкой вычисляется с использованием соотношений, приведенных в прил. 2.

2. ФОРМУЛИРОВКА ПРОЦЕССА ВЛАГОПЕРЕНОСА ПРИ РАСЧЕТЕ МЕТОДОМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО УВЛАЖНЕНИЯ

2.1. При решении инженерных задач по оценке влажностного режима ограждающих конструкций расчет в соответствии с системой уравнений (1), (2) и учетом всех факторов не всегда возможен.

Влияние фазовых превращений влаги на общий тепловлагоперенос в ограждающих конструкциях изучено недостаточно полно, при этом следует иметь в виду, что периодическое замерзание и оттаивание влаги происходит в наружном слое ограждения в достаточно крупных порах материала. Как правило, наружные стены современных зданий, за исключением стыков панелей, воздухонепроницаемы, поэтому фильтрацией влажного воздуха через ограждение можно пренебречь. В общем процессе влагопереноса влияние термовлагопроводности при существующих в ограждающих конструкциях градиентах температур незначительно. Поэтому в большинстве случаев для гражданских и промышленных зданий с нормальным и влажным режимами эксплуатации, возводимых в районах вне экстремальных климатических условий, можно не учитывать вышеуказанные факторы и решать практические задачи по упрощенной методике. Если пренебречь фильтрацией воздуха, теплотой фазовых превращений и термовлагопроводностью, математическая постановка задачи по оценке влажностного состояния ограждающих конструкций значительно упрощается.

2.2. Температурное поле для одномерной исследуемой области определяется следующим уравнением:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left[\lambda(\omega)\frac{\partial t}{\partial x}\right]=0. \tag{8}$$

2.3. Влажностное состояние определяется из соотношения

$$10\gamma\frac{\partial \omega}{\partial \tau}=\frac{\partial}{\partial x}\left[\beta(\omega)\frac{\partial \omega}{\partial x}+\mu\frac{\partial\left(E\cdot\varphi(\omega)\right)}{\partial x}\right]; \tag{9}$$

$$\omega=\frac{1000}{\gamma}u, \tag{10}$$

где ω – влагосодержание материала, % по массе;

μ – коэффициент паропроницания строительного материала, г/(м·ч·Па);

$\beta(\omega)$ – коэффициент влагопроводности строительного материала, г/(м·ч·%);

$\varphi(\omega)$ – относительная влажность воздуха, являющаяся функцией сорбционного влагосодержания.

Уравнение (8) характеризует стационарное распределение температуры для определенного временного интервала (9).

В левой части уравнения (9) записано изменение влагосодержания рассматриваемого элемента объема конструкции, первое слагаемое правой части этого уравнения характеризует изменение потока влаги в жидкой фазе, причем в области сорбционного влагосодержания коэффициент влагопроводности принимается равным нулю, второе слагаемое – изменение потока влаги в парообразной фазе.

Граничные условия при решении уравнения аналогичны соотношению (6), для одномерной задачи они имеют вид:

у наружной поверхности

$$\lambda\frac{\partial t}{\partial x}=\alpha_н\left(t_{нп}-t_н\right); \tag{11}$$

у внутренней поверхности

$$-\lambda\frac{\partial t}{\partial x}=\alpha_в\left(t_{вп}-t_в\right), \tag{12}$$

где λ – коэффициент теплопроводности материалов, Вт/(м·°С);

$\alpha_н, \alpha_в$ – коэффициенты теплоотдачи наружной и внутренней поверхностей ограждающей конструкции, Вт/(м^2·°С);

$t_{нп}, t_{вп}$ – температуры наружной и внутренней поверхностей ограждающей конструкции, °С;

$t_н, t_в$ – температуры воздуха у наружной и внутренней поверхностей ограждающей конструкции, °С.

2.4. Для сорбционной области уравнения (2) может быть преобразовано в следующее уравнение:

$$\frac{\gamma \xi_0}{E_t} \frac{\partial e}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\mu \frac{\partial e}{\partial x}\right), \qquad (13)$$

где e – упругость водяных паров в порах материала, Па;

E – максимальная упругость водяных паров, Па;

γ – плотность материала, кг/м^3;

ξ_0 – удельная относительная пароемкость, г/кг;

μ – коэффициент паропроницаемости, г/(м·ч·Па);

z – временная координата, ч;

x – пространственная координата, м.

Удельная относительная пароемкость зависит от относительной влажности воздуха в порах материала и определяется дифференцированием изотермы сорбции

$$\xi_0 = 1000 \frac{\partial \omega}{\partial \varphi}, \qquad (14)$$

где φ – относительная влажность воздуха в порах материала, %;

ω – весовая сорбционная влажность материала, %.

2.5. Поток влаги, выходящий из конструкции через наружную поверхность на момент времени z, определяется выражением

$$j_н(z) = \frac{1}{R_{нп}}\left(e_{нп}(z) - e_н(z)\right), \qquad (15)$$

где $R_{нп}$ – сопротивление паропроницанию наружной поверхности ограждающей конструкции, м^2·ч·Па/г;

$e_{нп}(z)$ – упругость водяных паров в порах материала у наружной поверхности ограждающей конструкции на момент времени z, Па;

$e_н(z)$ – упругость водяных паров в воздухе у наружной поверхности ограждающей конструкции на момент времени z, Па.

Поток влаги, выходящий из конструкции через внутреннюю поверхность на момент времени z, определяется выражением

$$j_в(z) = \frac{1}{R_{вп}}\left(e_{вп}(z) - e_в(z)\right), \qquad (16)$$

где $R_{вп}$ – сопротивление паропроницанию внутренней поверхности ограждающей конструкции, м^2·ч·Па/г;

$e_{вп}(z)$ – упругость водяных паров в порах материала у внутренней поверхности ограждающей конструкции на момент времени z, Па;

$e_в(z)$ – упругость водяных паров в воздухе у внутренней поверхности ограждающей конструкции на момент времени z, Па.

2.6. Поток влаги, проходящий через пароизоляционный слой на момент времени z, определяется выражением

$$j(z) = \frac{1}{R_п}\left(e_1(z) - e_2(z)\right), \qquad (17)$$

где $R_п$ – сопротивление пароизоляции пароизоляционного слоя, м^2·ч·Па/г;

$e_1(z), e_2(z)$ – упругость водяных паров в порах материала по разные стороны пароизоляционного слоя на момент времени z, Па.

2.7. В зоне сорбции на стыке двух материалов принимается непрерывность упругости водяных паров в порах материалов и непрерывность потока парообразной влаги.

Для многослойных конструкций условия сопряжения на границе слоев материалов имеют следующий вид:

для сорбционной области влагосодержаний

$$\varphi_1(\omega_1)|_{x-0} = \varphi_2(\omega_2)|_{x+0}; \qquad (18)$$

для сверхсорбционной зоны скорости накопления жидкой влаги в соприкасающихся материалах пропорциональны среднесуточным скоростям капиллярного всасывания

$$\frac{1}{C_1}\frac{\partial(\gamma_1\omega_1)}{\partial z}\Big|_{x-0} = \frac{1}{C_2}\frac{\partial(\gamma_2\omega_2)}{\partial z}\Big|_{x+0}, \qquad (19)$$

где C_1, C_2 – среднесуточные скорости капиллярного всасывания, соответственно, первого и второго материала.

Примечание. Может быть принято, что конденсационная влага на стыке двух материалов распределяется как равновесная, в этом случае принимается, что в первом приближении скорости накопления жидкой влаги в соприкасающихся материалах пропорциональны изменениям равновесных сорбционных влажностей при изменении относительной влажности воздуха со 100% до 90%, т.е.

$$\frac{\partial(\gamma_1\omega_1)}{\partial z} : \frac{\partial(\gamma_2\omega_2)}{\partial z} = \frac{\gamma_1(\omega_1^{100} - \omega_1^{90})}{\gamma_2(\omega_2^{100} - \omega_2^{90})}.$$

В пп. 2.1–2.7 метод последовательного увлажнения для краткости сформулирован для одномерной области, однако он может использоваться для оценки влажностного состояния двухмерной области.

3. АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ ПРИ ОБЩЕЙ ПОСТАНОВКЕ ЗАДАЧИ ТЕПЛОВЛАГОПЕРЕНОСА

3.1. Для системы дифференциальных уравнений (1), (2) составлена система сеточных уравнений с использованием явно-неявной схемы представления. Ошибка конечно-разностной аппроксимации решения системы дифференциальных уравнений (1), (2) имеет порядок $0(\Delta\tau + h^n_{max})$, причем $1 < n \leq 2$. Ниже приведена неявная форма представления уравнений (1), (2) для двух пространственных координат:

$$t_{ij,k+1} = \left[1 + \frac{\Delta\tau}{Q_1}\left(A^1_{i+\frac{1}{2},j} + A^1_{i,j-\frac{1}{2}} + A^1_{i,j+\frac{1}{2}} + A^1_{i,j-\frac{1}{2}}\right)\right]^{-1} \times$$

$$\times\left\{t_{i,j,k} + \frac{\Delta\tau}{Q_1}\left[A_{i+\frac{1}{2},j}\, t_{i+1,j} + A_{i-\frac{1}{2},j}\, t_{(i-1,j)} + A_{i,j+\frac{1}{2}}\, t_{i,j+1} + \right.\right.$$

$$+ A_{i,j-\frac{1}{2}}\, t_{i,j-1} + B_{i+\frac{1}{2},j}(E\varphi)_{i+1,j} + B_{i-\frac{1}{2},j}(E\varphi)_{i-1,j} + B_{i,j+\frac{1}{2}} \times \qquad (20)$$

$$\times(E\varphi)_{i,j+1} + B_{i,j-\frac{1}{2}}(E\varphi)_{i,j-1} - \left(B^1_{i+\frac{1}{2},j} + B^1_{i-\frac{1}{2},j} + B^1_{i,j+\frac{1}{2}} + B^1_{i,j-\frac{1}{2}}\right)\times$$

$$\left.\left.\times(E\varphi)_{i,j}\right]_{k+1} + \chi\frac{Q_3}{Q_1}(u_{i,j,k+1} - u_{i,j,k})\right\},$$

$$u_{i,k+1} = \left[1 + \frac{\Delta\tau}{Q_2}\left(C_{i+\frac{1}{2},j} + C_{i-\frac{1}{2},j} + C_{i,j+\frac{1}{2}} + C_{i,j-\frac{1}{2}}\right)\right]^{-1}\left\{u_{i,j,k} + \right.$$

$$+\frac{\Delta\tau}{Q_2}\left[C_{i+\frac{1}{2},j}(u_\beta)_{i+1,j} + C_{i-\frac{1}{2},j}(u_\beta)_{i-1,j} + C_{i,j+\frac{1}{2}}(u_\beta)_{i,j+1} + \right.$$

$$\left.+ C_{i,j-\frac{1}{2}}(u_\beta)_{i,j-1} + F_{i+\frac{1}{2},j}(E\varphi)_{i+1,j} + F_{i-\frac{1}{2},j}(E\varphi)_{i-1,j} + F_{i,j+\frac{1}{2}} \times\right.$$

$$\times(E\varphi)_{i,j+1} + F_{i,j-\frac{1}{2}}\ (E\varphi)_{i,j-1} - (F^{1}_{i+\frac{1}{2},j} + F'_{i-\frac{1}{2},j} + F'_{i,j+\frac{1}{2}} +$$

$$+ F^{1}_{i,j-\frac{1}{2}})(E\varphi)_{i,j} + G_{i+\frac{1}{2},j}\, t_{i+1,j} + G_{i-\frac{1}{2},j}\, t_{i-1,j} +$$

$$+ G_{i,j+\frac{1}{2}}\, t_{i,j+1} + G_{i,j-\frac{1}{2}}\, t_{i,j-1} - (G_{i+\frac{1}{2},j} + G_{i-\frac{1}{2},j} + G_{i,j+\frac{1}{2}} - G_{i,j-\frac{1}{2}}) \times$$

$$\times t_{i,j} + (C_{i+\frac{1}{2},j} + C_{i-\frac{1}{2},j} + C_{i,j+\frac{1}{2}} + C_{i,j-\frac{1}{2}})(u_{\pi i,j})\Big]_{k+1}\Big\}, \qquad (21)$$

$\Delta\tau$ – временной интервал

$$Q_2 = 2{,}5\left[\eta_1 h_1 h_j + \eta_2 h_i h_{j+1} + \eta_3 h_{i+1} h_{j+1} + \eta_4 h_{i+1} h_j\right]; \qquad (22)$$

$$Q_1 = 0{,}25\left\{\left[10\eta_1 (c_\pi u_\pi + c_\beta u_\beta + \varkappa_1 c_{0_1}\gamma_1 + \frac{\beta_1\eta_1 u - b_1}{t^2_{i,j,k}}\right] h_i h_j +\right.$$

$$+\left[10\eta_2 (c_\pi u_\pi + c_\beta u_\beta + \varkappa_2 c_{0_2}\gamma_2 + \frac{\beta_2\eta_2 u - b_2}{t^2_{i,j,k}}\right] h_{i+1} h_{j+1} +$$

$$+\left[10\eta_3 (c_\pi u_\pi + c u_\beta + \varkappa_3 c_{0_3}\gamma_3 + \frac{\beta_3\eta_3 u - b_3}{t_{i,j,k}}\right] h_i h_{j+1} +$$

$$\left.+\left[10\eta_4 (c_\pi u_\pi + c_\beta u_\beta) + \varkappa_4 c_{0_4}\gamma_4 + \frac{\beta_4\eta_4 u - b_4}{t_{i,j,k}}\right] h_{i+1} h_j\right\}; \qquad (23)$$

$$A_{i\pm\frac{1}{2},j} = \left[\frac{\lambda u}{h_{i+\frac{1}{0}}} \pm \frac{1}{2}\, i(u) c_p \Delta P_A\right]_{i\pm\frac{1}{2}j} \frac{h_{j+1} + h_j}{2};$$

$$A_{i,j\pm\frac{1}{2}} = \left[\frac{\lambda u}{h_{j+\frac{1}{0}}} \pm \frac{1}{2}\, i(u) c_p \Delta P_A\right]_{i,j\pm\frac{1}{2}} \frac{h_{i+1} + h_i}{2}. \qquad (24)$$

В формуле (24) приведены значения четырех коэффициентов с переменными индексами $A_{i+\frac{1}{2},j}; A_{i-\frac{1}{2},j}; A_{i,j+\frac{1}{2}}; A_{i,j-\frac{1}{2}}$. Первая пара коэффициентов отличается от второй только индексами, поэтому в дальнейшем написание второй пары коэффициентов будет опущено, вторую пару можно получить из первой по аналогии с формулой (24)

$$A'_{i+\frac{1}{2},j} = \left[\frac{\lambda(u)}{h_{i+\frac{1}{0}}} \mp \frac{1}{2}\, i(u) c_p \Delta P_A\right]_{i\pm\frac{1}{2},j} \frac{h_{j+1} + h_j}{2}; \qquad (25)$$

$$F_{i\pm\frac{1}{2},j} = \left[\frac{D(u)}{h_{i+\frac{1}{0}}} \pm \frac{1}{2}\,\frac{i(u)}{P_A}\,\Delta\right]_{i\pm\frac{1}{2},j} \frac{h_{j+1} + h_j}{2}; \qquad (26)$$

$$F^{1}_{i\pm\frac{1}{2},j} = \left[\frac{D(u)}{h_{i+\frac{1}{0}}} \mp \frac{1}{2}\,\frac{i(u)}{P_A}\,\Delta P_A\right]_{i\pm\frac{1}{2},j} \frac{h_{j+1} + h_j}{2}; \qquad (27)$$

$$B_{i\pm\frac{1}{2},j} = r_1 F_{i\pm\frac{1}{2},j}, \quad B^{1}_{i-\frac{1}{2},j} = r_1 F^{1}_{i\pm\frac{1}{2},j}; \qquad (28)$$

$$C_{i,j\pm\frac{1}{2}} = 10\,\frac{K(u_\beta)_{i,j\pm\frac{1}{2}}}{h_{j+\frac{1}{0}}}\;\frac{h_i\eta_{i+3}+h_{i+1}\eta_3+Q}{2}\;; \qquad (29)$$

$$G_{i\pm\frac{1}{2},j} = \frac{K_t(u_\beta)_{i\pm\frac{1}{2},j}}{h_{i+\frac{1}{0}}}\;\frac{h_j+h_{j+1}}{2}\;, \qquad (30)$$

$$Q_3 = \frac{r_3}{4}\Big[\Big(1-\alpha_1+\frac{\beta_1}{t_{i,j,k}}\Big)\chi_1\eta_1 h_i h_j + \Big(1-\alpha_2+\frac{\beta_2}{t_{i,j,k}}\Big)\chi_2\eta_2 h_i h_{j+1} +$$
$$+\Big(1-\alpha_3+\frac{\beta_3}{t_{i,j,k}}\Big)\chi_3\eta_3 h_{i+1}h_{j+1} + \Big(1-\alpha_4+\frac{\beta_4}{t_{i,j,k}}\Big)\chi_4\eta_4 h_{i+1}h_j\Big]. \qquad (31)$$

В формулах (22), (23), (29) и (31) подстрочные индексы 1, 2, 3, 4 имеют смысл номеров строительных материалов, которые могут стыковаться в точке с координатами (x_i , y_i). На рис. 1 представлена схема расчетной ячейки прямоугольной сетки разбиения.

Явная форма системы уравнений (1), (2) реализуется аналогично.

3.2. Программа написана на алгоритмическом языке "*FORTRAN* 1У". Оперативная память, занимаемая программой в6 время счета, не превышает 130 кбайт. Машинное время, необходимое для подготовки к счету (с учетом времени трансляции программы), не превышает 10 мин. Время счета (для ЭВМ, работающей со скоростью 10^5 операций в секунду) одномерной задачи по определению температурно-влажностного состояния керамзитобетонной панели (12 узловых точек сетки разбиения) здания, эксплуатируемого в течение трех лет (шаг во времени – 1 сут) имеет порядок 8 мин.

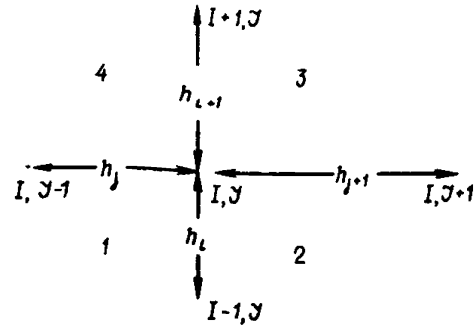

Рис. 1. Схема расположения сеточных узлов для расчета температуры ($t_{i,j}$) и влагосодержания ($u_{i,j}$) для плоского варианта задачи

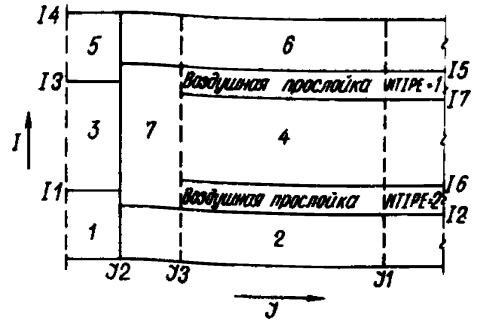

Рис. 2. Схематическое представление исследуемой области для трехслойной панели в области вертикального стыка

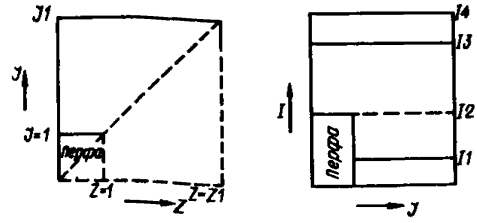

Рис. 3. Схематическое представление исследуемой области для трехслойной панели с перфами (трехмерная область). MAS = 3, NT1PE=3.

Листинг программы, написанный на языке " FORTRAN IУ", приведен в прил. 3. На рис. 2, 3 приведены схематические представления типов ограждающих конструкций, рассматриваемых в представленной программе расчета.

4. ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ В МЕТОДЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО УВЛАЖНЕНИЯ

4.1. Уравнения (9) и (13) с учетом условий (15) – (19) решаются в конечных разностях по явной схеме. Для этого ограждающая конструкция разбивается на N расчетных слоев. Задаются начальные условия. Решения уравнений (9) и (13) находятся поэтапно для последовательных значений времени с расчетным временным шагом ΔZ_p. Расчетный временной шаг не должен превышать максимально допустимого временного шага ΔZ_{max} и выбирается для каждого этапа расчета из ряда разрешенных временных шагов. Максимально допустимый временной шаг зависит от разбивки ограждающей конструкции на расчетные слои, теплотехнических характеристик материалов конструкции, температурного и влажностного состояния ограждающей конструкции.

4.2. Расчеты по программе проводятся согласно нижеприведенному алгоритму:

а) Ввод исходных данных, формирование ряда разрешенных временных шагов;

б) Печать исходных данных;

с) Текущее значение времени $Z_т$ полагается равным времени начала расчета $Z_н$;

d) Определяется расчетный временной шаг ΔZ_p;

е) Фиксируется влажностное состояние ограждающей конструкции на момент времени $Z_т$;

f) Рассчитывается изменение влажностного состояния конструкции за время расчетного периода.

g) Проверяется расчетный временной шаг ΔZ_p. Если он оказался больше максимально допустимого временного шага, вычисленного на конец расчетного периода, то расчет повторяется с измененным временным шагом. В противном случае выполняется п. *h*.

h) Печатается полученное распределение влажности по сечению конструкции.

i) Текущее значение времени $Z_т$ увеличивается на величину времени расчетного периода Z_{pn}.

j) Проверяется текущее значение времени $Z_т$. Если оно меньше значения времени окончания расчета $Z_к$, то продолжить расчет с п. *d*. В противном случае перейти к п. *k*.

k) Окончание расчета.

4.3. Программа расчета написана на языке " FORTRAN IУ". Программа имеет блочную структуру и состоит из 14 программных модулей. Текст программы приведен в прил. 4.

5. ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ВЛАЖНОСТНОГО СОСТОЯНИЯ ОГРАЖДЕНИЙ ПРИ ОБЩЕЙ ПОСТАНОВКЕ ЗАДАЧИ ТЕПЛОВЛАГОПЕРЕНОСА

5.1. Для расчета тепловлажностного состояния ограждающих конструкций по уравнениям (1) и (2) необходимо задать следующие характеристики строительных материалов:

$K(u,t)$ – коэффициент влагопроводности, м^2/с;

$K_t(u,t)$ – коэффициент термовлагопроводности, кг/(м·с);

Таблица 1

Влажностные показатели материалов

Наименование материала	Плотность, кг/м^3	Коэффициент влагопроводности*, $\frac{u, \%}{K \cdot 10^5, \text{ м}^2/\text{сут}}$	Коэффициент термовлагопроводности, $\frac{u, \%}{K_t \cdot 10^5, \text{ кг}/(\text{м}\cdot\text{сут}\cdot{}^\circ\text{C})}$	Равновесная влажность, %
Керамзитобетон	1000	$\frac{6}{0}$ $\frac{12}{0{,}13}$ $\frac{30}{3}$	$\frac{4{,}8}{0}$ $\frac{6}{0{,}006}$ $\frac{12}{0{,}013}$ $\frac{18}{0{,}045}$ $\frac{28}{0}$	0 6 12 18 24 30
Бетон	2400	$\frac{3}{0}$ $\frac{6}{0{,}5}$ $\frac{9}{1}$ $\frac{12}{1{,}5}$ $\frac{15}{2}$	$\frac{3}{0{,}02}$ $\frac{6}{0{,}04}$ $\frac{9}{0{,}045}$ $\frac{12}{0{,}02}$ $\frac{15}{0}$	0 2,7 5,6 8 9,5 11
Раствор цементно-песчаный	1800	$\frac{1{,}5}{0}$ $\frac{4}{1}$ $\frac{20}{5}$	$\frac{3{,}2}{0}$ $\frac{4}{0{,}02}$ $\frac{8}{0{,}04}$ $\frac{12}{0{,}45}$ $\frac{18{,}6}{0}$	4 8 11 13,6 16
Кирпич глиняный	1800	$\frac{1{,}5}{0}$ $\frac{2}{2}$ $\frac{4}{5{,}5}$ $\frac{10}{9}$	$\frac{1{,}6}{0}$ $\frac{2}{0{,}02}$ $\frac{4}{0{,}04}$ $\frac{6}{0{,}045}$ $\frac{9{,}3}{0}$	4 8,8 10,8 13,4 15,8
Минеральная вата	300	0	0	0 0,4 1,2 2 2,5 3
Пенополистирол	30	0	0	– – – – – –

*Получены расчетным путем на основании обработки данных, опубликованных А.У. Франчуком.

$D(u)$ – коэффициент диффузии водяного пара, кг/(м·Па·с);
$\lambda(u,t)$ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К);
$i(u)$ – коэффициент воздухопроницаемости, кг/(м·Па·с);
$\eta(u)$ – условия сопряжения на границах материалов в ограждающей конструкции.

Численные значения коэффициентов тепло и влагопереноса приведены в табл. 1.

Коэффициент диффузии водяного пара – $D(u)$, кг/(м·Па·с) для минераловатных изделий и пенопластов принимается равным коэффициенту паропроницаемости – μ; для других материалов коэффициент диффузии принимается равным 0,4–0,7 величины μ. Численные значения коэффициентов μ принимаются по прил. 3 СНиП П-3-79.

Коэффициент теплопроводности λ (u, t) Вт/(м·К) принимается по прил. 3 СНиП П-3-79.

Коэффициент воздухопроницаемости i (u) кг/(м·Па·с) для конструкций индустриального изготовления принимается равным нулю.

Влагосодержание материалов на границе сопряжения задается по отношению к влагосодержанию керамзитобетона.

5.2. Расчет производится с учетом условий эксплуатации – температуры и относительной влажности внутреннего воздуха помещений и климатических условий района строительства (температура наружного воздуха и упругость водяного пара наружного воздуха). Температура и упругость водяного пара наружного воздуха принимается по СНиП II-А.6-72.

Коэффициенты теплоотдачи наружной и внутренней поверхности ограждающей конструкции принимаются по СНиП II-3-79.

6. ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ВЛАЖНОСТНОГО СОСТОЯНИЯ ОГРАЖДЕНИЙ МЕТОДОМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО УВЛАЖНЕНИЯ

6.1. Перед проведением расчета следует подготовить необходимые исходные данные, которые подразделяются на характеристики граничных условий, характеристики материалов конструкций, характеристики расчетной схемы ограждающей конструкции.

6.2. Характеристиками граничных условий являются:

температуры внутреннего $t_в$ и наружного $t_н$ воздуха, переменные в течение года;

относительные влажности внутреннего $\varphi_в$ и наружного $\varphi_н$ воздуха, переменные в течение года;

коэффициенты теплоотдачи внутренней $\alpha_в$ и наружной $\alpha_н$ поверхностей ограждения, переменные в течение года.

Числовые значения этих величин необходимо иметь на начало каждого месяца, изменение их в течение месяца принято линейным. Значение температур и относительных влажностей воздуха, а также коэффициентов теплообмена можно задавать в зависимости от решаемой задачи, из данных натурных наблюдений или из нормативных документов.

6.3. Для каждого материала, применяемого в конструкции, необходимо иметь следующие характеристики:

изотерма сорбции материала;

удельная относительная пароемкость в зависимости от относительной влажности воздуха в порах материала;

коэффициент паропроницаемости в зависимости от весовой влажности материала;

коэффициент влагопроводности в зависимости от весовой влажности материала при температуре 15 °С;

среднесуточная скорость капиллярного всасывания в зависимости от весовой влажности материала;

коэффициент теплопроводности в зависимости от весовой влажности материала;

плотность материала в сухом состоянии.

Изотерма сорбции должна быть определена одиннадцатью значениями весовой влажности материала, соответствующими величинам относительной влажности воздуха в порах материала равным 0%, 10%, 20%, 30% и т.д. 100%.

Значения удельной относительной пароемкости должны быть определены для тех же значений относительной влажности воздуха в порах материала, что и сорбционные влажности материала, однако эту зависимость можно не задавать, так как в программе предусмотрено получение ее численным дифференцированием изотермы сорбции.

Коэффициенты паропроницаемости, влагопроводности, теплопроводности, а также среднесуточная скорость капиллярного всасывания могут быть заданы как постоянными, так и переменными, зависящими от весовой влажности материала; в последнем случае зависимости этих характеристик должны быть представлены не более чем десятью точками.

Значения сорбционных влажностей и коэффициентов влагопроводности строительных материалов принимаются из прил. 5 или по данным экспериментов. Значения среднесуточных скоростей капиллярного всасывания – из прил. 6 или по данным экспериментов. Остальные характеристики материалов следует принимать по СНиП II-3-79.

В программе предусмотрено, что конструкция может содержать не более чем 10 различных материалов.

Примечание. Если принято, что конденсационная влага на стыке двух материалов распределяется как равновесная, то вместо среднесуточной скорости капиллярного всасывания следует задать величину $\gamma \cdot (\omega^{100} - \omega^{90})$.

6.4. Для проведения расчета составляется расчетная схема, которая определяется следующими характеристиками:

шаги разбивки на расчетные слои;

сопротивления паропроницанию наружной и внутренней поверхностей ограждающей конструкции, а также пароизоляционных слоев;

начальная влажность материалов конструкции;

расчетный временной шаг;

время расчетного периода;

время начала и окончания расчета.

Ограждающая конструкция разбивается расчетными плоскостями на расчетные слои, число которых не должно превышать тридцати. При этом необходимо, чтобы границы сопряжения различных материалов в конструкции, а также пароизоляционные слои совпадали с расчетными плоскостями и чтобы каждый однородный слой материала в конструкции делился не менее чем на три расчетных слоя.

Сопротивления паропроницанию наружной и внутренней поверхностей ограждающей конструкции следует принимать равными 133000 (м^2·ч·Па)/г (0,1 (м^2·ч·мм рт. ст.)/г) и 266000 (м·ч·Па)/г (0,2 (м^2·ч·мм рт. ст.)/г) соответственно. При наличии отделки поверхностей следует к указанным величинам прибавить величину сопротивления паропроницанию отделки (прил. 7). При этом предполагается, что влагоемкость отделки равна нулю, и она не учитывается как слой материала. Пароизоляционный слой учитывается только величиной сопротивления паропроницанию (см. прил. 7).

Начальная влажность материалов ограждающей конструкции должна быть задана для каждой расчетной плоскости. При этом необходимо соблюдать для зоны сорбции непрерывность изменения по сечению конструкции относительной влажности воздуха в порах материалов, а для сверхсорбционной зоны в плоскости сопряжения двух материалов – выполнение условия

$$\frac{\omega_1^н - \omega_1^{100}}{\omega_1^н - \omega_2^{100}} = \frac{C_1 \Delta x_2 \gamma_2}{C_2 \Delta x_1 \gamma_1}, \qquad (32)$$

где $\omega_1^н, \omega_2^н$ – начальные весовые влажности соприкающихся материалов в плоскости их сопряжения;

$\omega_1^{100}, \omega_2^{100}$ – максимальные сорбционные весовые влажности соприкасающихся материалов;

C_1, C_2 – среднесуточные скорости капиллярного всасывания соприкасающихся материалов;

$\Delta x_1, \Delta x_2$ – расчетные шаги, примыкающие к плоскости сопряжения материалов;

γ_1, γ_2 – плотности соприкасающихся материалов.

Указанные условия для начальных значений влажности материалов конструкции допускается не соблюдать только в плоскостях, где задана пароизоляция.

Расчет допускается проводить как с постоянным, так и с переменным расчетным временным шагом.

При расчете с постоянным временным шагом необходимо выбрать его таким, чтобы в течение всего периода расчета он не превышал максимального временного шага, определяемого по формулам:

для зоны сорбции

$$\Delta Z_{max} = \min_i \left\{ \frac{1}{2} \frac{\Delta x_i^2 \gamma_i \xi_{gi}}{\mu_i E_i} \right\}; \qquad (33)$$

для сверхсорбционной зоны

$$\Delta Z_{max} = \min_i \left\{ \frac{1}{2} \frac{\Delta x_i^2 \gamma_i \cdot 10}{\mu_i + \beta_i} \right\}. \qquad (34)$$

В этих формулах индекс i относится к i-му расчетному слою. Машинное время, необходимое для проведения такого расчета, можно приближенно определить по формуле

$$T_{маш} \approx 1{,}9 \frac{n \cdot k}{\Delta Z_p}, (мин), \qquad (35)$$

где n – число расчетных слоев;

k – число расчетных годовых циклов;

ΔZ_p – расчетный временной шаг, ч.

При расчете с переменным временным шагом необходимо задать базовый временной шаг $\Delta Z_б$ и две константы m_1 и m_g, необходимые для формирования ряда разрешенных временных шагов, который имеет следующий вид:

$$\frac{\Delta Z_б}{2^{m_1}}; \frac{\Delta Z_б}{2^{m_1-1}}; \cdots; \frac{\Delta Z_б}{2}; \Delta Z_б; 2\Delta Z_б; \ldots m_g \Delta Z_б.$$

На основании проведенных расчетов рекомендуется выбирать базовый временной шаг, равный примерно половине от временного шага, вычисленного по формулам (33) и (34); m_1 выбирать таким, чтобы минимальный временной шаг из ряда разрешенных временных шагов был больше чем 0,05 ч; m_g выбирать таким, чтобы максимальный временной шаг из ряда разрешенных временных шагов был не больше чем 120 ч. Расчет с переменным временным шагом предпочтительнее, так как требует меньше машинного времени.

Время расчетного периода – промежуток времени, через который выбирается новый расчетный временной шаг и печатаются результаты расчета. Это время должно быть не более чем 30 сут.

Временем начала расчета может быть любой день года, в зависимости от решаемой задачи.

Время окончания расчета – количество годовых циклов, в течение которых будет проводиться расчет.

7. ОПИСАНИЕ КОНСТАНТ И МАССИВОВ ЧИСЕЛ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ТЕПЛОВЛАГОПЕРЕНОСА

7.1. Ниже приведены наименования констант и массивов чисел, вводимых в машину в качестве исходных данных:

NTIPE может принимать значения 0, 1, 2, 3 и имеет смысл типа конструкции: 0 – воздушная прослойка отсутствует, 1 – воздушная прослойка расположена с внутренней стороны, 2 – воздушная прослойка расположена с наружной стороны, 3 – в ограждении имеется перфорация;

MAS может быть равен 1, 2, 3, причем *MAS* = 1 означает, что задача является одномерной, *MAS* = 2 означает, что задача – двухмерная, *MAS* = 3 означает, что задача трехмерная. Для *MAS* = 3 *NTIPE* может принимать только одно значение, равное 3, для *MAS*≤2 *NTIPE* может быть равно любому из оставшихся значений, т.е. 0, 1, 2.

7.2. Параметры *NC*, *NO* и *RST* имеют следующий смысл: для холодильников *NC* = 1, для остальных типов зданий *NC* = 0.

При расчете влажностного состояния ограждающей конструкции, не содержащей воздушной прослойки /*NTIPE* = 0/ или при рассмотрении горизонтального сечения стеновых панелей с воздушной прослойкой, т.е. при задании температуры и абсолютной влажности воздуха в воздушной прослойке с помощью массивов *TV* и *PV* (см. п. 7.13), следует задать *NO* = 1. При исследовании вертикального сечения стеновых панелей с воздушной прослойкой или стен с перфами /(*MAS* = 3/ *NO* = *Ø**.

Если парогидроизоляционный слой находится внутри исследуемой конструкции, между внутренним слоем бетона, цементно-песчаного раствора и др. и утеплителем, *RST* должен иметь конечное значение, равное сопротивлению паропроницания этого слоя (в $м^2 \cdot$ сут · гПа/кг), в противном случае *RST* = 0 (обязательно).

7.3. Для осуществления расчета на исследуемую область необходимо нанести сетку. Сетка должна быть нанесена таким образом, чтобы наибольшие значения параметров сетки не выходили за их предельные значения, установленные в программе *J4* = 19, *J1* = 9, *Z1* = 5.

Кроме того, некоторые линии, соединяющие узловые точки сетки, должны совпадать с границами раздела соприкасающихся материалов (*I1*, *I2*, ..., *J1*, *J2*). Крайние узловые точки, изменение нумерации которых идет по переменному индексу *I*, должны лежать на поверхностях ограждающей конструкции, *I* = 1 для наружной поверхности, *I* = *I4* для внутренней поверхности. Изменение переменного индекса *J* начинается с *1* и оканчивается *J1*. Изменение переменного индекса *Z* происходит в пределах (*1* ÷ *Z1*).

Для исследуемой области с *MAS* = 3, *J1* должно равняться *Z1*. Если *MAS* меньше 3, то *Z1* = *1*, если *MAS* = 1, то *J1* = 1.

Для исследуемой области, изображенной на рис. 2, параметры *I6* и *I7* указывают границы воздушных прослоек. Если отсутствует внутренняя прослойка, то *I7* = *I5*, если отсутствует наружная прослойка, то *I6* = 0.

Для *MAS* = *1* (одномерная задача) параметры *I1*, *I3*, *J2*, *J3* должны быть заданы следующим образом: *I1* = *I3* = *J2* = *J3* = 0. Для *MAS* = 3 параметры *I5*, *I6*, *I7*, *J2*, *J3* задаются также: *I5* = *I6* = *I7* = *J2* = *J3* = 0; *I2* есть параметр, характеризующий глубину залегания перфы.

---

* В обозначениях идентификаторов, как например, *O*, *O* – буква, в правой части равенства под *O* следует понимать цифру 0, иногда для отличия цифра 0 будет обозначаться *Ø*.

Для всех исследуемых областей цифрами обозначены номера строительных материалов. Если свойства материалов одинаковые, то, как будет показано ниже, характеристики материалов будут одинаковыми.

SLM – есть длина воздушной прослойки при рассмотрении вертикального сечения панелей с воздушной прослойкой (MAS =2). Если MAS = 3, SLM равна длине перфы и соответствует глубине залегания перфы.

SLB – есть ширина воздушной прослойки для вертикального сечения наружной стены (MAS =2). Если MAS = 3, SLB имеет смысл ширины перфы.

7.4. Параметр K есть номер временного шага. В начале счета следует задавать K = 1. Если в процессе счета произошел сбой, то счет можно продолжить с момента последней выдачи на печать правильных результатов, в этом случае K будет на единицу меньше соответствующего номера временного шага (если сбой произошел после 367 временного шага, то K = 366).

Параметр $NUM5$ определяет номер месяца в порядке следования исходных климатологических данных исследуемого района. В начале счета $NUM5$= 2. Для продолжения счета следует учесть, что численное значение $NUM5$ на единицу больше номера месяца, начиная с которого идет дальнейший счет. Константа KP характеризует номер временного шага, соответствующий начальному номеру печати. Рекомендуется задавать KP = = K + 1.

Константы NWR , KWR , MWR необходимы при решении двух- или трехмерных задач, когда вероятность сбоя увеличивается. Если необходимо вывести промежуточные результаты расчета на перфокарты, то MWR= 1, KWR должно быть равно номеру временного шага, для которого следует вывести результаты на перфокарты, NWR должно быть равно числу временных шагов, после осуществления которых вывод на перфокарты повторяется. Если вывод на перфокарты не нужен, то рекомендуется сделать MWR= 0.

Константа KE соответствует номеру, при котором заканчивается счет. Для определения KE необходимо воспользоваться формулой:

$$KE = 2 + n \cdot 365, \tag{36}$$

где n – число лет эксплуатации зданий до наступления установившегося квазистационарного влажностного состояния, повторяющегося из года в год.

7.5. Тепловлажностные характеристики материалов задаются в виде таблиц, получаемых из графического представления (см. табл. 1), причем табличные значения должны быть указаны для относительных влагосодержаний: 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0. Параметр $VS1$ =UM /5 является шагом влагосодержания, с которым задаются характеристики материала, представленные в указанных таблицах.

Шаг VS 2 необходим для задания сорбционных характеристик основного строительного материала. Параметр VS 2 определяется делением максимально сорбционного влагосодержания OM для 0 °С на 5.

7.6. Введение параметра $EP1$ повышает точность решения задачи в начальный момент времени. Его следует задать равным $EP1$ = 0,75 $VS2$.

7.7. Движение жидкой фазы начинается со значения влагосодержания соответствующего, например, относительной влажности воздуха φ = 60%, но могут быть и другие значения. Поэтому вводится ограничение снизу на перемещение жидкой фазы с помощью параметра $EP3$. Он определяется следующим образом: допустим, что движение влаги начинается с экспериментально установленной величины a = 2% по объему (если данных нет, следует взять влагосодержание a , соответствующее φ = 60%), тогда $EP3 = a/VS1$.

7.8. Параметр $R1$ является теплотой фазовых превращений вода ⇄ пар, причем $R1$ = 590 ккал/кг;

$R3$ – удельная теплота фазовых превращений вода $\rightleftharpoons$ лед, причем $R3 = 80$ ккал/кг;

UM – максимальное водопоглощение, % по объему;

OM – максимально сорбционное влагосодержание при $T = 273$ К, % по объему;

OMM – параметр, по значению равный $OMM = \frac{OM}{5}$.

7.9. Параметр $DE1$ имеет смысл величины временного шага, выраженной в сутках.

$DE2$ – термический коэффициент, учитывающий влияние температуры на сорбционное влагосодержание. Поскольку температура в ограждающей конструкции изменяется в достаточно узком интервале температур, можно принять линейную зависимость изменения сорбционного влагосодержания от изменения температуры. Величина термического коэффициента была принята $DE2 = 0{,}01$, но может быть задано и другое значение.

7.10. Параметры $TI1$, $P1$ есть соответственно температура и парциальное давление водяного пара воздуха в помещении. $TI2$, $P2$ – температура и парциальное давление водяного пара воздуха внутренней воздушной прослойки.

7.11. Параметр CWA является теплоемкостью воды, принятой равной $CWA = 1$ ккал/(кг·°С).

$CICE$ – теплоемкость льда, принятая $CICE = 0{,}5$ ккал/(кг·°С).

7.12. Параметры CPA и DPR необходимы для описания учета влияния фильтрации воздуха через ограждающие конструкции на ее влажностное состояние. Если давление воздуха измеряется в гектопаскалях, то $DPR = 0{,}001$, $CPA = 245$. Если влиянием фильтрации можно пренебречь, то $DPR = 0$.

7.13. Константа NJ и массивы чисел KMO, TR, PR, TV и PV необходимы для задания средних значений температуры и парциального давления водяного пара наружного воздуха, наружной воздушной прослойки. Контакта NJ показывает, какое количество чисел входит в указанные массивы $KMO = PV$, причем NJ не может превыть 150. Константе NJ можно придать смысл количества месяцев, на протяжении которых необходимо задавать значения среднемесячных температур и влажностей воздуха. Значения, соответствующие NJ-му месяцу, должны быть равны соответствующим значениям рассматриваемого месяца. Для следующих месяцев $NJ + 1$, $NJ + 2$ и т.д. среднемесячные значения температур и влажностей воздуха средствами программы повторяются.

Последовательность чисел в массиве KMO представляет последовательность количества дней в месяце на протяжении NJ месяцев. Первый месяц определяется выбором начала эксплуатации здания. Рекомендуется выбирать июль.

Массив TR содержит последовательность температур наружного воздуха. Массив PR – последовательность парциальных давлений водяного пара наружного воздуха. Массивы TV и PV – соответственно, последовательность температур и парциальных давлений водяного пара воздуха в наружной прослойке. Если в массиве KMO первым указан июль, то первыми числами массивов TR, PR, TV и PV должны быть соответствующие значения указанных параметров для июля.

7.14. Массивы AL и AM содержат по шесть чисел. Первое число массива AL есть коэффициент теплоотдачи наружной поверхности. Второе число этого массива есть коэффициент теплоотдачи либо для перфы, либо для воздушной прослойки в зависимости от типа исследуемой конструкции. Третье число массива есть коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности. Оставшиеся три числа – нули.

Массив AM содержит массообменные коэффициенты. Последовательность чисел массива AM такая же, как и в массиве AL.

7.15. Массивы чисел SNA и SMA описывают сорбционные свойства основного строительного материала. Как указывалось выше, сорбционное влагосодержание делится на 5 интервалов, для каждого из которых зада-

ются свои коэффициенты SNA и SMA в соответствии с нулевой изотермой сорбции. Локальная относительная влажность воздуха в капиллярно-пористом пространстве определяется с помощью системы пяти линеаризованных уравнений:

$$\varphi = (SMA)_i + (SNA)_i \cdot u_\beta , \qquad (37)$$

где i – целое число, изменяющееся в пределах (0 + 5), и равно

$$i = (u_\beta / VS2)_{целое}.$$

Если $(u_\beta/VS2) \geqslant 5$, то $\varphi = 1$.

7.16. Массивы чисел $ALFA$, $BETA$, AFR, BFR служат для хранения информации о фазовом равновесии (вода + лед) в капиллярно-пористом пространстве строительного материала. В каждом массиве по шесть чисел. Первое число каждого массива соответствует первой области, второе – второй области (см. рис. 2, 3) и т.д. Смысл чисел указанных массивов следует из соотношения (3):

$$(u_\beta)_j = (ALFA)_j \cdot u_j - (AFR)_j - \frac{(BETA)_j u_j - (BFR)_j}{t}, \qquad (38)$$

где j – номер области;

u_j – влагосодержание строительного материала j-й области, % по объему;

$(u_\beta)_j$ – количество незамерзшей воды для соответствующего строительного материала, % по объему.

7.17. Смысл индексов I, J, Z следует из рассмотрения рис. 4 и 5, наложение расчетной сетки на исследуемую область необходимо осуществлять в соответствии с требованиями п. 7.3. Распределение, показанное на рис. 5, приводит к следующим значениям параметров фрагмента ограждающей конструкции:

$I1 = 3$, $I2 = 4$, $I6 = 6$, $J2 = 3$, $J3 = 5$. Ось I направлена от наружной поверхности к внутренней, ось J направлена от стыка в глубь панели. Для двухмерной задачи $Z1 = 1$. Шаги вдоль оси I задаются следующим образом: шаг $h_1^I = 0$ всегда, шаг с индексом $(I4 + 1)$, т.е. последний шаг также всегда равен нулю, например, $I4 = 13$, $h_{14}^I = 0$. Остальные шаги в пределах $h_2^I \div h_{13}^I$, принимают значения, вытекающие из сеточного разбиения. Воздушная прослойка должна иметь хотя бы одну линию, как показано на рис. 3.

Шаги вдоль оси J задаются следующим образом: если стык нешироки, т.е. не превышает 4 см, то ширина стыка делится пополам, и $h_1^J = h_2^J = h/2$.

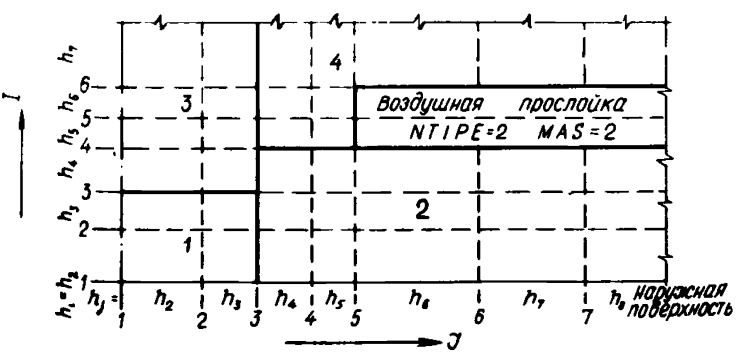

Рис. 4. Фрагмент исследуемой области, представленной на рис. 2

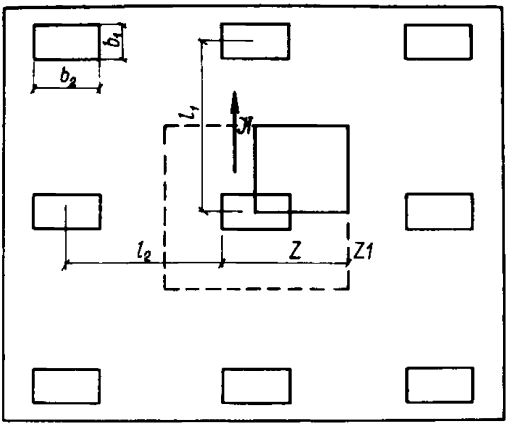

Рис. 5. Фрагмент наружной поверхности стены с перфами

Остальные шаги выбираются в соответствии с разбивкой, причем с увеличением номера J величина шага должна увеличиваться так, чтобы ширина слоя с областями 2,4 на порядок превышала полуширину стыка. В этом случае влияние стыка будет несущественным для линии $J1$. Предпоследний и последний шаги должны быть равны, например, $J1=8$, тогда $h_8^J = h_9^J$.

Шаги вдоль оси Z для двухмерной задачи равны $h_1^Z = h_2^Z$, каждый из которых может принимать наибольшее значение из имеющихся шагов вдоль осей I и J.

Для трехмерной задачи ($NTIPE=3$, $MAS=3$) шаги вдоль J и Z задаются одинаково. Здесь рассматриваются перфы прямоугольного (или квадратного) сечения, если она имеет другую конфигурацию, то необходимо осуществить переход к прямоугольному сечению так, чтобы площади сечений были одинаковыми. Геометрические размеры сечения, содержащего оси J, Z, могут быть определены с помощью рис. 5. На этом рисунке показан произвольный выбор расстояний между перфами в направлении J (l_1) и в направлении Z (l_2). Жирной линией обведена исследуемая область. Шаги $h_1^J = h_2^J = b_1/2$; шаги $h_1^Z = h_2^Z = l_2/2$. Желательно совпадение параметров $J1_{J1}$ и $Z1$. Шаги с увеличением номера должны увеличиваться, причем $\sum_{k=2}^{J1} h_k^J = l_1/2$, $\sum_{k=2}^{Z1} h_k^Z = l_2/2$. Последний и предпоследний шаги вдоль J должны быть равны. То же и для оси Z.

7.18. Начальные условия описываются массивами чисел $TE1$, $TE2$, $u1$, $u2$, uuN. Массивы $TE1$ и $TE2$ содержат начальные значения температур. Если в качестве начального момента времени рассматривается июль, то массивы чисел $TE1$ и $TE2$ могут совпадать. То же самое можно сказать о равенстве массивов чисел $u1$, $u2$, uuN, представляющих начальные значения полных влагосодержаний ($u1$, $u2$) и жидкой фазы (uuN).

7.19. Тепловлажностные физические характеристики строительных материалов определяются с помощью массивов чисел DD, DS, TK, WK, ETA, $LA1$, $LA2$, FIL, CT, GA, GB. Все массивы, кроме CT, GA и GB, двухмерные. Каждая ограждающая конструкция с $MAS = 3$ может содержать максимум 3 материала. Для каждого строительного материала в двухмерных массивах задается шесть значений каждой характеристики. Реперные значения влажностей, для которых нужно знать значения тепловлажностных характеристик, определяются по пункту 7.5, причем реперная влажность неосновного строительного материала определяется умножением влажности основного строительного материала на соответствующее значение " ETA ". Если $MAS=2$, количество областей равно 7, для каждой из которых необходимо записать шесть значений рассматриваемой физической характеристики. Для одинаковых строительных материалов значения характеристик повторяются. Для одномерных массивов CT, GA и GB задаются по одному значению соответствующей характеристики.

Массив DD включает в себя коэффициенты диффузии водяного пара в капиллярно-пористом пространстве строительных материалов для вла-

госодержаний, не превышающих максимально сорбционное влагосодержание *OM*.

Массив *DS* описывает коэффициенты диффузии водяного пара для влагосодержаний, превышающих максимально сорбционное влагосодержание. Массив *TK* описывает коэффициенты термовлагопроводности строительных материалов. Массив *WK* содержит коэффициенты влагопроводности строительных материалов. Коэффициенты, описывающие условия сопряжения на границе соприкосновения различных материалов, представлены массивом *ETA*. Один из строительных материалов взят в качестве основного, для него этот коэффициент равен 1 для всех значений влагосодержания Для остальных строительных материалов значения этого коэффициента необходимо определить. Коэффициенты сопряжения, зависящие от влагосодержания и определяемые с помощью соотношения (1.5), отображаются массивом *ETA*. *u1* – влагосодержание основного строительного материала (см. формулу 1.5).

Массивы *LA1* и *LA2* описывают коэффициенты теплопроводности строительных материалов, соответственно, в области положительных и отрицательных температур.

Массивы чисел *FIL* включают в себя коэффициенты воздухопроницаемости строительных материалов, умноженные на градиент давления воздуха в исследуемой ограждающей конструкции.

Массив чисел *CT* есть совокупность теплоемкостей сухих строительных материалов.

Массив чисел *GA* есть совокупность плоскостей сухих строительных материалов.

Массив чисел *GB* отображает градиенты влажности в реперных точках, начиная с которых осуществляется движение жидкой фазы в основном строительном материале.

Подготовка исходных данных к расчету

7.20. При подготовке исходных данных необходимо иметь в виду, что время во всех величинах должно быть выражено в сутках. Если размерная величина включает единицу массы, то желательно выразить ее в килограммах (кг), единицу тепла – в ккал, единицу длины – в м. Влагосодержание должно быть выражено в объемных %.

Прежде всего на исследуемую ограждающую конструкцию наносится сетка в соответствии с рис. 2 или рис. 3. Если осуществляется расчет одномерной задачи, то следует учесть, что параметры *J2* и *J3* должны быть равны 0, а *J1* = 1. Все остальное делается в соответствии с рис. 2. Если отсутствует воздушная прослойка, то *NTIPE* = 0. При нанесении сетки необходимо учесть положения, отмеченные в пп. 7.1–7.3.

Ниже описывается группа констант и параметров, объединенных одним списком (*LIST1*), причем следует иметь в виду, что целые константы (начальные буквы *I*, *J*, *K*, *M*, *N*, *Z*) обозначаются целым числом (разделительная точка не ставится), а остальные константы и параметры обязательно должны включать точку (0 исключается).

Пример записи *LIST1*:

```
&LIST1
I1=2,I2=3,I3=11,I4=12,I5=11,I6=5,I7=11,J1=6,J2=2,J3=2,Z1=1,
K=1,NUM5=2,KP=2,MWR=0,NWR=550,KWR=600,KE=1097,NC=0,NO=Ф,
MAS=2,NTIPE=2,VS1=3.4,VS2=1.,EP1=.5,EP3=.5,R1=590.,R3=80.,
UM=20.,OM=5.,OMM=1.,DE1=1.,DE2=.01,TI1=21.,TI2=20.,P1=9.2,P2=9.,
CWA=1.,CICE=.5,CPA=245.,DPR= .001,SW3=.0542
&END
```

Числа отделяются друг от друга разделительным знаком, в данном случае запятой. После последнего числа запятая не ставится. На каждой карте перфорацию необходимо начинать с колонки 2 (это условие является обязательным). До предела заполнять карту не обязательно. Наименования (&LIST1) и (&END) перфорируются на отдельных картах начиная со 2-й колонки без пробелов.

7.21. Константа NJ и массивы KMO, TR, PR, TV и PV объединяются списком LIST4, смысл этих массивов описан в п. 7.13. Массив KMO-массив целых чисел. Представление списка LIST4 показано на примере климатических условий Москвы, причем начало соответствует июлю:

```
&LIST4
NJ=13, KMO=31,31,30,31,30,31,31,28,31,30,31,30,31,
TR=19.3,17.4,11.7,5.,-1,6,-6.9,-9.4,-8.5,-3,6,4.9,12.9,17.,19.3,
PR=11.1,10.7,7.9,5.3,3.7,2.8,2.2,2.4,3.,4.7,6.7,9.3,11.1,
TV=19.3,18.,12.8,6.5,0,-4.9,-7.,-6.5,-2.,6.,13.,17.6,19.3,
PV=11.2,10.8,8,8.2,6.,4.5,3.2,2.5,2.7,3.4,5.5,7.3,9.5,11.2
&END
```

Здесь также перфорацию каждой карты необходимо начинать со 2-й колонки.

7.22. Массивы ALFA, BETA, AFR, BFR объединяются списком LIST8. Пример задания этих массивов согласуется с указаниями п. 16:

```
&LIST8
ALFA=.5,.6,.7,.8,.9,1., BETA=.61,.65,.7,.75,.8,.85,
AFR=-.79,-.77,-.75,-.73,-.71,-.69, BFR=.57,.59,.61,.65,.69,.74
&END
```

Условия начала перфорации аналогичные. Для сокращения перфорации одинаковых, следующих друг за другом чисел, можно воспользоваться следующей формой представления: в случае 5 одинаковых чисел со значением 2.1 вместо 5 соответствующих чисел можно отперфорировать — 5*2.1. Такая форма представления очень удобна при отображении физических характеристик и начальных данных. Примеры этого представления будут показаны ниже.

7.23. Дальше по порядку следования исходных данных осуществляется ввод массивов AL, AM, SNA, SMA, смысл которых описан в п.п. 7.14, 7.15. Эти массивы объединены списком LIST9:

```
&LIST9
AL=480.,115.,180.,3*0, AM=.4,11,.2,3*0,
SNA=.114,.08,.045,2*.04, SMA=-.03,.27,.35,.56,2*.6
&END
```

7.24. Далее следует информация о шагах вдоль осей I, J, Z. Количество шагов вдоль I равно (I4 + 1), которое не должно превышать 20, количество шагов вдоль оси J равно (J1 + 1), но не более 10, количество шагов вдоль Z равно (Z1 + 1), но не более 6. При введении информации о шагах необходимо учесть указания пункта 17. Поскольку NTIPE = 2, имеется воздушная прослойка, пусть ширина b его равна b = 0,02 м. В соответствии с указаниями пункта 17 и параметрами конструкции объединенные массивы шагов DX, DY, DZ списком LIST2 могут быть показаны на следующем примере:

```
&LIST2
DX=0,2*.02,2*.01, 7*.04,.05,0,
DY=2*.01,.02,.04,.1,2*.5, DZ=2*.5
&END
```

7.25. Далее идет список LIST3, объединяющий все тепло-влажностные физические характеристики строительных материалов, составляющих рассматриваемую ограждающую конструкцию. Массивы DD, DS, TK, WK удобнее задавать в формате E, остальные массивы чисел ETA, LA1, LA2,

FIL, CT, *GA*, *GB* удобнее задавать в формате *F*. Описание содержания указанных массивов сделано в п.7.19. Сначала заданы шесть значений коэффициента в области 1, затем в области 2 и т.д. Ниже приведен пример задания массивов *DD*, *DS*, TK, *WK*, ETA, *LA1*, *LA2*, *FTL*, CT, *GA*, *GB*, объединенных списком *LIST3*

```
&LIST3
DD=6*.4E-04,6*.4E-04,6*.3E-03,6*.5E-03,6*.4E-04,6*.4E-04,6*0,
DS=2*.4E-04,.3E-04,.2E-04,.1E-04,0,2*.4E-04,.3E-04.2E-04,.1E-04,0,
3*.3E-03,.2E-03,.1E-03,0,3*.5E-03,.4E-03,.2E-03,.5E-04,
2*.4E-04,.3E-04,.2E-04,.1E-04,0,2*.4E-04,.3E-04.2E-04,.1E-04,7*0,
TK=0,.2E-04,2*.4E-04,.2E-04,2*0,.2E-04,2*.4E-04,.2E-04,2*0,
.2E-04,2*.4E-04,.2E-04,2*0,.2E-04,2*.4E-04,.2E-04,2*0,
.2E-04,2*.4E-04,.2E-04,2*0,.2E-04,2*.4E-04,.2E-04,7*0,
WK=0,.1E-04,.4E-04,.8E-04,.12E-03,.16E-03,0,.1E-04,.4E-04,.8E-04,.12E-03,
.16E-03,0,.2E-04,.5E-04,.9E-04,.14E-03,.19E-03,0,.2E-04,.5E-04,.9E-04,
.14E-03,.19E-03,0,.1E-04,.4E-04,.8E-04,.12E-03,.16E-03,.1E-04,.4E-04,
.8E-04,.12E-03,.18E-03,
ETA=6*1.,6*1,1.5,4*1.9,1.2,1.8,4*2.1,1.2,6*1.,6*0,
LA1=2*12.,13.,14.,15.,16.,2*12.5,13.8,15.1,16.4,17.4,2*6.,7.,8.1,9.2,
10.3,2*6.2,7.2,8.3,9.4,10.5,2*12.,13.,14.,15,16.,2*12.5,13.8,15.1,16.4,17.4,6*0,
LA2=2*12.,13.3,14.6,15.9,17.2,2*12.5,14.,15.5,17.,18.52*6.,7.2,8.4,9.6,10.8,
2*6.2,7.4,8.8,10.2,11.6,2*12.,13.3,14.6,15.9,17.2,2*12.5,14.,15.5,17.,18.5,6*0,
FIL=3*.05,.03,.01,7*0,3*.05,.03,.01,7*0,3*.05,.03,.01,13*0,
CT=2*.18,.2,.21,2*.18, GA=2*2000.,800.,600.,2*2000.,
GB=20.,15.,4*10.
&END
```

Перфорирование карт начинается со 2-й колонки. При записи физических характеристик следует учесть следующее положение: если влияние какого-либо фактора не учитывается по какой-либо причине, то соответствующие физические характеристики должны быть равны 0. Например, влияние фильтрации воздуха на влажностное состояние не учитывается, числа массива *FTL* для всех строительных материалов при любом значении влагосодержания равны нулю, и в списке *LIST3* этот массив должен быть записан

FTL=42*0.

7.26. Далее следует карта, с помощью которой осуществляется вывод информации о номере варианта. На этой карте, начиная с 1-й колонки, отображается следующая информация: *VARIANT* 01. Здесь 01 номер варианта. Если номер варианта 12, то необходимо отперфорировать информацию *VARIANT 12*

7.27. Далее следуют массивы начальных условий: значений температуры *TE1* и *TE2*, объединенные списком *LIST5*. Начальные условия должны быть записаны в следующей последовательности: сначала изменяется индекс *I*, затем *J* и наконец *Z*. Итак, первое число массива *TE1* есть температура в точке с координатами *I*=1, *J*=1, *Z*=1, второе число — с координатами *I*=2, *J*=1, *Z*=1, третье — с координатами *I*=3, *J*=1, *Z*=1 и т.д. Для рассматриваемого примера двенадцатое число — с координатами *I*=12, *J*=1, *Z*=1, затем следует семь нулей, двадцатое число — с координатами *I*=1, *J*=2, *Z*=1, затем *I*=2, *J*=2, *Z*=1 и т.д. Аналогично заполняется массив *TE2*. Ниже приведен пример описания массивов *TE1*, *TE2*. Температура для рассматриваемого примера была задана приблизительно:

```
&LIST5
TE1=19.3,19.4,19.5,19.6,19.7,19.8,19.9,20.,20.1,20.2,20.3,20.5,7*0,
    19.3,19.4,19.5,19.6,19.7,19.8,19.9,20.,20.1,20.2,20.3,20.5,7*0,
    4*19.3,19.65,19.8,19.95,20.1,20.25,20.4,20.6,7*0,
    4*19.3,19.65,19.8,19.95,20.1,20.25,20.4,20.6,7*0,
    4*19.3,19.65,19.8,19.95,20.1,20.25,20.4,20.6,7*0,
    4*19.3,19.65,19.8,19.95,20.1,20.25,20.4,20.6,7*0,
TE2=19.3,19.4,19.5,19.6,19.7,19.8,19.9,20.,20.1,20.2,20.3,20.5,7*0,
. . . . . .
```

Ниже следует такое же расположение, как и в массиве *TE1*, после последнего числа запятая не нужна, а оканчивается эта группа данных обозначением (*& END*). Все карты перфорируются начиная со второй колонки.

7.28. Список *LIST6* включает в себя массивы начальных значений полного влагосодержания *u1* и *u2*. Последовательность записи начальных данных этих массивов аналогична последовательности записи данных массивов *TE1*, *TE2*.

Ниже приведен пример записи начальных данных полного влагосодержания:

```
&LIST6
 u1=3.8,10*9.,2.,7*0,3.8,10*9.,2.,7*0,3*3.8,11.2,7*9.,2.,7*0,
 3*3.8,11.2,7*9.,2.,7*0,3*3.8,11.2,7*9.,2.,7*0,3*3.8,11.2,7*9.,2.,
 u2=3.8,10*9.,2.,7*0,3.8,10*9.,2.,7*0,3*3.8,11.2,7*9.,2.,7*0,
 3*3.8,11.2,7*9.,2.,7*0,3*3.8,11.2,7*9.,2.,7*0,3*3.8,11.2,7*9.,2.
&END
```

7.29. Начальные значения количества жидкой фазы, размещенные в массиве *uuN*, который помещен в *LIST7*, имеют те же значения, что и для полного влагосодержания, так как начальное значение температуры во всех точках ограждающей конструкции выше 0 °С. Пример записи *LIST7* приведен ниже:

```
&LIST7
 uuN=3.8,10*9.,2.,7*0,3.8,10*9.,2.,7*0,3*3.8,11.2,7*9.,2.,7*0,
 3*3.8,11.2,7*9.,2.,7*0,3*3.8,11.2,7*9.,2.,7*0,3*3.8,11.2,7*9.,2.
&END
```

Порядок следования информации, отперфорированной на картах, должен соответствовать порядку следования описания подготовки исходных данных, описанному выше.

7.30. Для проведения расчета влажностного состояния ограждающей конструкции по предлагаемой программе для системы *DOC ACBT* (с помощью ЭВМ "М-4030") в программе *BPLUWT* следует заменить операторы *NR=1, NW=3* на операторы: *NR=5, NW=6*.

Обработка результатов расчета

Форма представления результатов расчета одинакова с формой записи начальных значений температуры и влагосодержания. Сначала печатаются исходные данные, а затем результаты расчета.

Первым печатается число, соответствующее временному шагу, затем печатается массив чисел, содержание которого расшифровывается следующим образом:

7.31. Первая строка массива – распределение температуры по толщине стены, вторая строка – распределение полного влагосодержания по толщине стены, третья строка – распределение жидкой фазы по толщине стены. Разность полного влагосодержания и жидкой фазы – есть количество льда. Следует обратить внимание на то, что влагосодержание в любой фазе дано в % по объему.

7.32. Если $MAS < 2$, т.е. исследуемая область является одномерной или двухмерной, то первые три строки относятся к $J=1$. Для одномерной области представления результатов расчета на этом временном шаге заканчивается. Для двухмерной области ($MAS=2$) печать результатов продолжается; следующие три строки, содержание которых эквивалентно содержанию предыдущих строк, относятся к $J=2$. Количество строк в этом случае равно $(J*J1)$.

7.33. Если исследуется трехмерная область, то группировка строк осуществляется в следующей последовательности: первые три строки для $J=1$, $Z=1$, вторые три строки для $J=2$, $Z=1$ и т.д. до $J=2$, $Z=J$, затем три строки для $J=3$, $Z=1$ и т.д. до $J=3$, $Z=J$, затем $J=4$, $Z=1$ и т.д. до $J=4$, $Z=J$, последние три строки будут иметь следующие индексные значения $J=J1$, $Z=J$. В результате количество напечатанных строк для временного слоя К равно

$$3\cdot(Z1)\,\frac{2(J1)-(Z1)+1}{2}.$$

Печать полей температур и влагосодержаний заканчивается строкой, содержащей значения параметров: $DIF3$, $SW1$, $SW2$, $DIF1$, $DIF2$, $SW3$. Параметр $DIF3$ введен для контроля счета. Чем меньше по абсолютной величине этот параметр, тем точнее выполняется расчет влажностного состояния ограждающей конструкции. $SW1$ равен количеству воды, выраженному в кг и содержащемуся в исследуемом фрагменте наружной стены в рассматриваемый момент времени. $SW2$ означает значение влагосодержания для этого элемента. $DIF1$ и $DIF2$ количество воды (кг), испаряющейся с поверхностей соответственно фрагмента наружной стены и воздушной прослойки в ней. Параметр $SW3$ – есть объем исследуемого фрагмента.

7.34. Влагосодержание материала, приведенное в напечатанном массиве, является приведенной (относительной) величиной. Для того чтобы получить фактическое влагосодержание ($u_{факт}$) рассматриваемого строительного материала, необходимо умножить приведенное (относительное) $u_{пр}$ влагосодержание на соответствующее значение массива ETA^i для этого (i) строительного материала. Соответствующее значение массива $u^i_{факт}$ определяется с помощью формулы

$$u^i_{факт}=u_{пр}\left\{ETA^{i\left(\frac{u_{пр}}{VS1}+1\right)}_{цел}\left[\left(\frac{u_{пр}}{VS1}+1\right)_{цел}-\frac{u_{пр}}{VS1}\right]+ETA^{i\left(\frac{u_{пр}}{VS1}+2\right)}_{цел}\times\right. \qquad (39)$$

$$\left.\times\left[\left(\frac{u_{пр}}{VS1}+1\right)-\left(\frac{u_{пр}}{VS1}\right)_{цел}\right]\right\}$$

$ETA^{i\left(\frac{u_{пр}}{VS1}+1\right)}$ – есть значение $ETA(i)$ строительного материала в реперной точке $\left(\frac{u_{пр}}{VS1}+1\right)_{цел}$, причем в последней величине необходимо взять только целую часть. Если $ETA^{i\left(\frac{u_{пр}}{VS1}+1\right)}_{цел}=ETA^{i\left(\frac{u_{пр}}{VS1}+2\right)}_{цел}$, то $u_{факт}=u_{пр}\cdot ETA^{i\left(\frac{u_{пр}}{VS1}+1\right)}_{цел}$.

На границе соприкосновения двух материалов необходимо определить два значения $u_{факт}$: одно значение для материала, расположенного слева, другое значение для материала, расположенного справа. Если в точке (узловой точке) соприкасаются три (четыре) материала, то необходимо найти три (четыре) значения $u_{факт}$.

7.35. Определенные значения $u_{факт}$ необходимо сравнить с величиной допустимого влагосодержания соответствующего строительного материала. Если в какой-либо точке $u_{факт}$ превышает значение допустимого влагосодержания, то расчет влажностного состояния целесообразно повторить, внеся необходимые изменения в конструкции наружного ограждения.

8. ПОДГОТОВКА ДАННЫХ ДЛЯ РАСЧЕТА НА ЭВМ МЕТОДОМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО УВЛАЖНЕНИЯ

8.1. Для ввода в ЭВМ исходные данные набиваются на перфокартах, из которых составляется колода с исходными данными. Последней перфокартой в этой колоде должна быть пустая перфокарта, порядок остальных перфокарт произвольный. Колода с исходными данными может содержать перфокарту с текстовой информацией, причем на этой перфокарте не допускается набивка числовой информации. Числа, набиваемые на перфокарте, должны разделяться между собой не менее чем одним пробелом. На каждой перфокарте должны быть набиты четыре (в некоторых случаях меньше) неотрицательных числа целого типа i_1, i_2, i_3, i_4, которые являются метками набитой на перфокарте информации, остальные числа на этой перфокарте должны быть вещественного типа и набиты с десятичной точкой. Метки разрешается набивать как в начале перфокарты, так и в конце ее и даже между числами вещественного типа, однако необходимо сохранить порядок меток между собой. Первая метка может принимать значения от 1 до 25 и однозначно определяет вид информации, набитой на данной перфокарте.

Числовую информацию следует готовить для набивки на перфокарты в соответствии с табл. 2. При наличии в колоде с исходными данными двух и более перфокарт с одинаковыми метками воспринимается последняя из этих перфокарт (см. пример 12 перфокарты № 1 и № 31 или №30 и № 33, или № 2 и № 3).

В связи с тем, что действующие нормативные документы, например, СНиП II-3-79, составлены с использованием только технической системы единиц измерения физических величин, исходные данные вводятся в ЭВМ в указанной системе единиц.

8.2. Перфокарты с исходными данными, вводимые в ЭВМ, распечатываются в виде строк таблицы, озаглавленной "*CARD LISTING*". Информация, набитая на перфокартах с неверными метками, при расчете не учитывается и соответствующая строка в таблице подчеркивается.

8.3. Исходные данные, необходимые для расчета, распечатываются после заголовка "*DATE LISTING*". Затем производится проверка этих данных и при обнаружении ошибок печатается сообщение об ошибках и расчет не производится. Возможные сообщения об ошибках сведены в табл. 3.

8.4. После заголовка "*RESULTS*" печатаются результаты расчета. Они печатаются через отрезки времени, равные заданному времени расчетного периода. Каждая выдача на печать описывает влажностное состояние ограждающей конструкции на текущий момент времени. В первой строке печатается значение текущего момента времени *Z* в сут, расчетный временной шаг *DZ*, с которым рассчитывался влажностный режим конструкции за данный расчетный период в час, масса влаги, содержащейся в 1 м^2 конструкции *MW* в кг, температуры воздуха по разные стороны ограждения *T1* и *T2* в °С, относительные влажности воздуха по разные стороны ограждения *F1* и *F2* в %.

На второй и третьей строках печаются соответственно значения относительной влажности воздуха в порах материалов и значения весовой влажности материалов. Эти значения печатаются для каждой расчетной плоскости дважды и характеризуют влажностное состояние материалов слева и справа от нее. Если число расчетных плоскостей более десяти, то печать продолжается на четвертой и пятой строках, если более 18, то на шестой и седьмой, если более 27, то на восьмой и девятой строках.

Годовые циклы отделяются друг от друга печатью года эксплуатации и названием варианта расчета.

По окончании расчета печатается: "THE *CALCULATION IS FINISHED*".

Таблица 2

Подготовка числовой информации для набивки на перфокарты

Значение метки i_1	Наименование информации, набиваемой на данной перфокарте	Обозначение в тексте	Единицы измерения	Обозначение в тексте программы	Способы задания информации	Примечание
1	Температура воздуха по первую сторону ограждения	$t_в$ или $t_н$	°С	Массив вещественных переменных T1	а) $i_2=0$, $i_3\neq 0$, $i_4\neq 0$ – элементы массива не равны между собой и, начиная с элемента номером i_3, кончая элементом с номером (i_3+i_4-1), принимают последовательно значения, равные числам вещественного типа, набитым на перфокарте; i_4 – количество элементов массива, вводимых с данной перфокарты; б) $i_2=1$, $i_3=0$, $i_4=0$ – все 12 элементов массива полагаются равными первому, набитому на перфокарте числу вещественного типа	
2	Температура воздуха по вторую сторону ограждения	$t_н$ или $t_в$	°С	Массив вещественных переменных T2	Аналогично строке 1	
3	Относительная влажность воздуха по первую сторону ограждения	$\varphi_в$ или $\varphi_н$	%	Массив вещественных переменных F1	То же	
4	Относительная влажность воздуха по вторую сторону ограждения	$\varphi_н$ или $\varphi_в$	%	Массив вещественных переменных F2	»	
5	Коэффициент теплоотдачи первой поверхности ограждения	$\alpha_в$ или $\alpha_н$	$\frac{\text{ккал}}{(\text{м}^2\cdot\text{ч}\cdot{}^\circ\text{С})}$	Массив вещественных переменных A1	»	
6	Коэффициент теплоотдачи второй поверхности ограждения	$\alpha_н$ или $\alpha_в$	$\frac{\text{ккал}}{(\text{м}^2\cdot\text{ч}\cdot{}^\circ\text{С})}$	Массив вещественных переменных A2	»	
7	Изотерма сорбции	ω	%	Массив вещественных переменных S0	i_2 – номер материала, для которого задается изотерма сорбции; i_3 – номер точки, начиная с которой задается изотерма сорбции; i_4 – число точек изотермы сорбции, которые задаются на данной перфокарте	
8	Удельная относительная пароемкость	ξ_0	г/кг	Массив вещественных переменных VS	Аналогично строке 7	Допускается эту зависимость не задавать, в этом случае при выполнении программы она вычисляется табличным дифференцированием изотермы сорбции данного материала
9	Коэффициент паропроницаемости	μ	г/(м·ч мм рт. ст.)	Массив вещественных переменных VP	i_2 – номер материала; i_3 – число точек задания этого коэффициента	Должно соблюдаться соответствие между этой перфокартой и соответствующей перфокартой 10

Продолжение табл. 2

Значение метки i_1	Наименование информации, набиваемой на данной перфокарте	Обозначение в тексте	Единицы измерения	Обозначение в тексте программы	Способы задания информации	Примечание
10	Весовая влажность для задания коэффициента паропроницаемости	ω	%	Массив вещественных переменных *SV*	Аналогично строке 9	Эта перфокарта отсутствует, если коэффициент μ принят постоянным
11	Коэффициент влагопроводности	β	г/(м·ч·%)	Массив вещественных переменных *TM*	То же	Должно соблюдаться соответствие между этой перфокартой и соответствующей перфокартой 12
12	Весовая влажность для задания коэффициента влагопроводности	ω	%	Массив вещественных переменных *ST*	„	Эта перфокарта отсутствует, если коэффициент β принят постоянным
13	Среднесуточная скорость капиллярного всасывания	C	см/мин	Массив вещественных переменных *VK*	„	Должно соблюдаться соответствие между этой перфокартой и соответствующей перфокартой 14
14	Весовая влажность для задания среднесуточной скорости капиллярного всасывания	ω	%	Массив вещественных переменных *SK*	„	Эта перфокарта отсутствует, если среднесуточная скорость капиллярного всасывания принята постоянной
15	Коэффициент теплопроводности	λ	$\frac{\text{ккал}}{(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot {}^\circ\text{C})}$	Массив вещественных переменных *HT*	„	Должно соблюдаться соответствие между этой перфокартой и соответствующей перфокартой 16
16	Влажность весовая для задания коэффициента теплопроводности	ω	%	Массив вещественных переменных *SH*	„	Эта перфокарта отсутствует, если коэффициент принят постоянным
17	Плотность	γ	кг/м^3	Вещественная переменная *G*	i_2 – номер материала	Перфокарты, описанные в строках 7–17, должны быть для каждого материала, имеющегося в конструкции
18	Номера материалов расчетных слоев	–	–	Массив переменных целого типа *MAT*	i_2 – число расчетных слоев с данным материалом; i_3 – номер первого расчетного слоя данного материала; i_4 – номер материала	Для расчетных слоев, для которых эта информация не задана, в процессе выполнения программы принимается материал с номером 1

Продолжение табл. 2

Значение метки i_1	Наименование информации, набиваемой на данной перфокарте	Обозначение в тексте	Единицы измерения	Обозначение в тексте программы	Способы задания информации	Примечание
19	Шаги разбивки конструкции на расчетные слои	Δx	м	Массив вещественных переменных	а) $i_2=1$, $i_3\neq0$, $i_4\neq0$ – элементы массива не равны между собой и, начиная с элемента с номером i_3, кончая элементом с номером (i_3+i_4-1), принимают значения, равные числам вещественного типа, набитым на перфокарте, i_4 – количество элементов массива, вводимых с данной перфокарты; б) $i_2=0$, $i_3\neq0$, $i_4\neq0$ – элементы массива, заполняемые с данной перфокарты, равны между собой и равны первому набитому на перфокарте числу вещественного типа; заполняются элементы массива начиная с элемента с номером i_3 и кончая элементом с номером (i_3+i_4-1)	
20	Величина, обратная сопротивлению паропроницанию	$1/R_п$	г/(м^2·ч·мм рт. ст)	Вещественная переменная *RP*	i_2 – номер расчетной плоскости с данным сопротивлением паропроницанию	
21	Начальная влажность материалов конструкции	$\varphi_н$ и $\omega_н$	% и % весовой влажности	Массивы вещественных переменных *FL, FR* и *SL, SR*	а) $i_2=1, i_3\neq0, i_4\neq0$ – элементы заполняемой части не равны между собой; б) $i_2=0, i_3\neq0$ $i_4\neq0$ – элементы заполняемой части массива равны между собой и равны первым двум	Для каждой расчетной плоскости следует набивать по два значения $\varphi_н$ – слева и справа
					или четырем числам вещественного типа, набитым на данной перфокарте; i_3 – номер расчетной плоскости, начиная с которой заносятся начальные влажности; i_4 – число расчетных плоскостей, для которых заносятся начальные влажности с данной перфокарты	от нее. Если хотя бы одно из них равно 100%, то следует набить еще два значения $\omega_н$ – слева и справа от плоскости
22	Базовый временной шаг и константы, определяющие ряд разрешенных временных шагов	$\Delta Z_б$ m_l, m_g	ч –	Переменная вещественного типа Переменные целого типа *ML* и *MG*	*ML* полагается равной i_2; *MG* полагается равной i_3	Если $m_l = m_g = 1$, то расчет происходит с постоянным временным шагом. Эта перфокарта может отсутствовать, тогда в процессе выполнения программы принимается $\Delta Z_б$ = = 12 ч, m_l = 8, m_g = 10
23	Время расчетного периода	$Z_{рп}$	сут	Переменная вещественного типа *ZPP*	–	Эта перфокарта может отсутствовать, в этом случае в процессе выполнения программы принимается $Z_{рп}$ = = 30 сут

Продолжение табл. 2

Значение метки i_1	Наименование информации, набиваемой на данной перфокарте	Обозначение в тексте	Единицы измерения	Обозначение в тексте программы	Способы задания информации	Примечание
24	Время начала расчета	Z_H	сут	Переменная вещественного типа ZB	–	Эта перфокарта может отсутствовать, в этом случае в процессе выполнения программы принимается $Z_H = 0$
25	Время окончания расчета	Z_K	сут или год	Переменная вещественного типа ZE	$i_2 = 0$ – величина ZE задается в годах; $i_2 = 1$ – величина ZE задается в сут	Эта перфокарта может отсутствовать, в этом случае в процессе выполнения программы принимается Z_K равным 5 годам

Таблица 3

Возможные сообщения об ошибках во введенных исходных данных

№ п.п.	Сообщение об ошибке	Печатаемые параметры	Расшифровка сообщения
1	LOOK LAYER	J, H	Расчетный шаг (H) J-го слоя задан меньшим или равным нулю
2	LOOK MATERIAL	J G	Плотность (G) J-го материала задана меньшей или равной нулю.
3	То же	I J, W	J-е значение сорбционной влажности (W) I-го материала меньше нуля, либо меньше (J-1)-го значения
4	"	I J, WV, MU	J-е значение коэффициента паропроницаемости (MU) I-го материала меньше или равно нулю, либо J-ое значение весовой влажности (WV) меньше или равно (J-1)-му значению.
5	"	I J, WT	J-е значение весовой влажности (WT) для зависимости коэффициента влагопроводности от влажности I-го материала, меньше или равно (J-1)-го значения
6	То же	I J, WK	J-е значение весовой влажности (WK) для зависимости среднесуточной скорости капиллярного всасывания от влажности I-го материала, меньше или равно (J-1)-го значения
7	"	I J, WH	J-е значение коэффициента теплопроводности (WH) 1-го материала меньше или равно нулю, либо J-е значение весовой влажности меньше или равно (J-1)-му значению
8	LOOK BOUNDARY CONDITIONS	–	Относительные влажности воздуха по первую или по вторую сторону ограждения заданы отрицательными значениями либо коэффициенты теплоотдачи по первую или по вторую стороны ограждения заданы отрицательными или нулевыми значениями

9. СТЕНА ИЗ ТРЕХСЛОЙНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПАНЕЛЕЙ НА ГИБКИХ СВЯЗЯХ С УТЕПЛИТЕЛЕМ ИЗ МИНЕРАЛОВАТНЫХ ПЛИТ

9.1. Определить влажностное состояние трехслойной железобетонной панели на гибких связях с утеплителем из минераловатных плит и вертикального стыка этих панелей по проекту серии для помещений с влажным режимом в климатических условиях Архангельска.

9.2. Температура внутреннего воздуха в помещении принимается постоянной и равна $t_в = 25$ °С при относительной влажности его $\varphi = 80\%$ (абсолютная влажность $P_в = 25{,}5$ гПа).

9.3. В качестве исследуемой ограждающей конструкции принята железобетонная панель толщиной 0,25 м: наружный железобетонный ($\gamma = 2400$ кг/м^3) слой – 0,05 м, слой утеплителя из минеральной ваты ($\gamma = 300$ кг/м^3) – 0,1 м, внутренний железобетонный слой – 0,1 м. Вертикальный щелевой стык панели заделан цементно-песчаным раствором ($\gamma = 1800$ кг/м^3).

Ограждающая конструкция разбивается на восемь расчетных слоев; наружный железобетонный слой разбивается на два слоя толщиной по 0,025 м, внутренний на два слоя толщиной по 0,05 м, слой утеплителя из минераловатных плит на четыре слоя толщиной по 0,025 м. В поперечном направлении (к направлению теплового потока) конструкция разбивается на пять сечении; первое сечение по оси стыка, второе в месте контакта стыка с телом панели, остальные отстоят друг от друга соответственно на 0,015, 0,03, 0,05, 0,07 м. На рис. 6 представлена нанесенная расчетная сетка на горизонтальные сечения ограждающей конструкции в месте стыкования двух панелей на гибких связях.

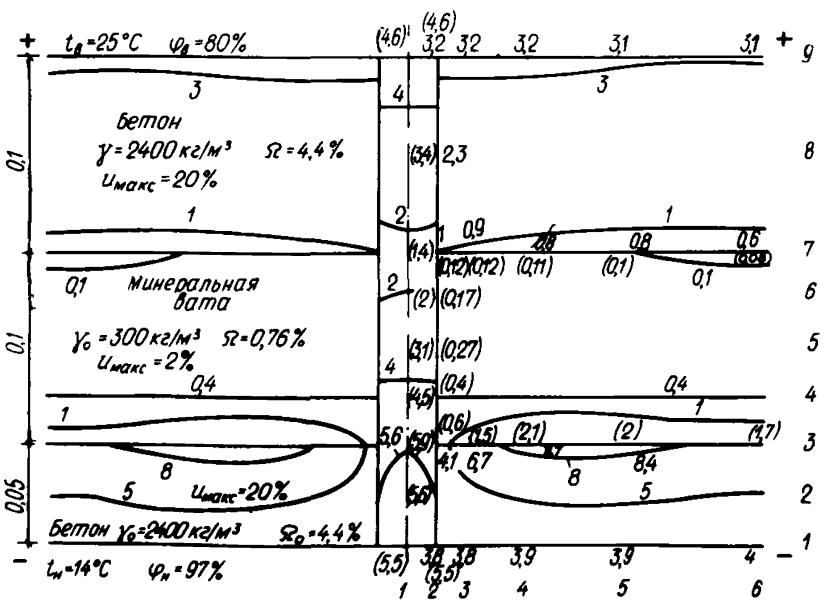

Рис. 6. Влажностное состояние трехслойной железобетонной панели (δ = 0,25 м) в октябре (третий год эксплуатации) в климатических условиях Архангельска

9.4. Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности $\alpha_{тв}$ = = 180 ккал/(м^2 · сут · К), коэффициент теплоотдачи наружной поверхности $\alpha_{тн}$ = 480 ккал/(м^2 · сут · К), коэффициент теплоотдачи поверхности воздушной прослойки может быть равен 0, так как воздушная прослойка отсутствует. Коэффициент массообмена соответствующих поверхностей с воздухом представлен следующим образом: $\alpha_{mв}$=0,15 кг/(м^2 · сут · гПа) для внутренней поверхности, $\alpha_{mн}$= 0,3 кг/(м^2 · сут · гПа) для наружной поверхности, $\alpha_{mп}$= 0 для воздушной прослойки.

9.5. Для рассматриваемого варианта ограждающей конструкции необходимые исходные данные представлены ниже:

```
1.&LIST1
2. I1=3,12=3,13=7,14=9,15=7,16=0,17=7,J1=6,J2=2,J3=2,Z1=1,MWR=1,
3. K=1,NUM5=2,KP=2,KWR=660,NWR=548,KE=3295,NC=0.
4. MAS=2,NTIPE=0,VS1=3,VS2=.88,EP1=.3,  EP3=.9,R1=590.,R3=80,
5. UM=20,0M=4.4,0MM=1.,DE1=.33333,DE2=.01,TI1=25,TI2=25,P1=16,P2=15.,
6. CICE=.5,CWA=1.,CPA=183.,DPR=0,SW3=.0563,ND=0,NCO=0
7. &END
8. &LIST4
9. NJ=13 KMO=31,31,30,31,30,31,31,28,31,30,31,30,31,
10. TR=15.6,13.7,8.1,1.4,-4.5,-9.8,-12.5,-12.,-8.,-.6,5.6,12.3,15.6,
11. PR=10.2,9.75,7.3,4.9,3.4,2.4,1.95,1.9,2.25,3.6,5.2,8.1,10.2,
12. TV=16.,14.,9.,2.5,-2.5,-7.3,-9.5,-9.5,-5.8,.6,6.6,13.,16.,
13. PV=10.3,10.,7.8,5.5,4.,2.8,2.,1.95,2.3,4.,5.6,8.3,10.3
14. &END
15. &LIST8
16. ALFA=.26,.33,.26,0.26,.33, BETA=1.19,-.075,1.19,0,1.19,-.075,
17. AFR=-3.85,-2.75,-3.85,-5,-3.85,-2.75,BFR=3.36,-2.42,3.36,-3,3.36,-2.42
18. &END
19. &LIST9
20. AL=480.,0,180.,AM=.4,0,.2,
21. SNA=.585,.239,.136,.171,2*.239,SMA=-.146,.1.28,.19,2*-.05
22. &END
23. &LIST3
24. DD=6*.12E-03,6*.4E-04,6*.12E-03,6*.13E-02,6*.12E-03,6*.4E-04,
25. DS=2*.12E-03,.1E-03,.6E-04,.2E-04,0,2*4E-04,.3E-04,.2E-04,.1E-04,0,
26. 2*.12E-03,.1E-03,.6E-04,.2E-04,0,3*.13E-02,.1E-03,2*.3E-03,
27. 2*.12E-03,.1E-03,.6E-04,.2E-04,0,2*.4E-04,.3E-04,.2E-04,.1E-04,0
28. TK=0,.2E-04,.4E-04,.45E-04,.2E-04,0,0,.2E-04,.4E-04,.45E-04,.2E-04,0,
29. 0,.2E-04,.4E-04,.45E-04,.2E-04,.8*0,.2E-04,.4E-04,.45E-04,.2E-04,0,
30. 0,.2E-04,.4E-04,.45E-04,.2E-04,0,
31. WK=0,.1E-04,.2E-04,.3E-04,.4E-04,.5E-04,0,0,.5E-05,.1E-04,.15E-04,.2E-04,
32. 0,.1E-04,.2E-04,.3E-04,.4E-04,.5E-04,.7*0,.1E-04,.2E-04,.3E-04,.4E-04,.5E-04,
33. 0,0,.5E-05,.1E-04,.15E-04,.2E-04,
```

```
34. ETA=1.5, 1.45, 4*1.4, 6*1., 1.5, 1.45, 4*1.4,
35. 2*.13, .213, .244, .258, .267, 1.5, 1.45, 4*1.4,
36. LA1=14.3, 15.7, 17., 18.2, 19.4, 20.6, 34.8, 37.7, 40.6, 43.5, 46.3, 49.2,
37. 14.3, 15.7, 17., 18.2, 19.4, 20.6, 1.73, 1.85, 1.97, 2.09, 2.21, 21, 2.33,
38. 14.3, 15.7, 17., 18.2, 19.4, 20.6, 34.8, 37.7, 40.6, 43.5, 46.3, 49.2,
39. LA2=14.3, 15.7, 18.5, 20.5, 22.5, 24.4, 34.8, 37.7, 42.1, 46.5, 50.9, 55.3,
40. 14.3, 15.7, 18.5, 20.5, 22.5, 24.4, 1.73, 1.85, 1.97, 2.09, 2.21, 2.33,
41. 14.3, 15.7, 18.5, 20.5, 22.5, 24.4, 34.8, 37.7, 42.1, 46.5, 50.9, 55.3,
42. FIL=36*0, CT=6*.2, GA=1800., 2400., 1800., 300., 1800., 2400.,
43. GB=20., 15., 4*10.,
44. &END
45. &LIST2
46. DX=06*.025, 2*05, 0, DY=3*015, .03, .05, 2*07, DZ=2*1.
47. &END
48. VARIANT 07
49. &LIST 5
50. TE1=16.38, 17.2, 17.98, 18.95, 20., 21., 21.98, 22.76, 23.66, 10*0,
51. 16.12, 16.7, 17.32, 18.6, 20.03, 21.46, 22.74, 23.36, 23.92, 10*0,
52. 16.05, 16.4, 16.75, 18.33, 20.03, 21.73, 23.31, 23.66, 24.02, 10*0,
53. 15.98, 16.15, 16.32, 18.16, 20.03, 21.9, 23.74, 23.93, 24.10, 10*0,
54. 15.93, 16.04, 16.14, 18.09, 20.03, 21.97, 23.92, 24.04, 24.16, 10*0,
55. 15.92, 16.02, 16.11, 18.07, 20.03, 21.99, 23.95, 24.06, 24.17,
56. TE2=16.38, 17.2, 17.98, 18.95, 20., 21., 21.98, 22.76, 23.66, 10*0,
57. 16.12, 16.7, 17.32, 18.6, 20.03, 21.46, 22.74, 23.36, 23.92, 10*0,
58. 16.05, 16.4, 16.75, 18.33, 20.03, 21.73, 23.31, 23.66, 24.02, 10*0,
59. 15.98, 16.15, 16.32, 18.16, 20.03, 21.9, 23.74, 23.93, 24.10, 10*0,
60. 15.93, 16.04, 16.14, 18.09, 20.03, 21.97, 23.92, 24.04, 24.16, 10*0,
61. 15.92, 16.02, 16.11, 18.07, 20.03, 21.99, 23.95, 24.06, 24.17
62. &END
63. &LIST 6
64. U1=2.8, 7*10., 3., 10*02.8, 7*10., 3., 10*0,
65. 2.8, 2*10., 3*7., 2*10., 2.9, 10*0, 2.7, 2*10., 3*7., 2*10., 2.9, 10*0,
66. 2.8, 2*10., 3*7., 2*10., 2.9, 10*0, 2.7, 2*10., 3*7., 2*10., 2.9, 10*0,
67. U2=2.8, 7*10., 3., 10*0, 2.8, 7*10., 3., 10*0,
68. 2.8, 2*10., 3*7., 2*10., 2.9, 10*0, 2.7, 2*10., 3*7., 2*10., 2.9, 10*0,
69. 2.8, 2*10., 3*7., 2*10., 2.9, 10*0, 2.7, 2*10., 3*7., 2*10., 2.9, 10*0
70. &END
71. &LIST 7
72. UUN=2.8, 7*10., 3., 10*0, 2.8, 7*10., 3., 10*0,
73. 2.8, 2*10., 3*7., 2*10., 2.9, 10*0, 2.7, 2*10., 3*7., 2*10., 2.9, 10*0,
74. 2.8, 2*10., 3*7., 2*10., 2.9, 10*0, 2.7, 2*10., 3*7., 2*10., 2.9, 10*0,
75. &END
```

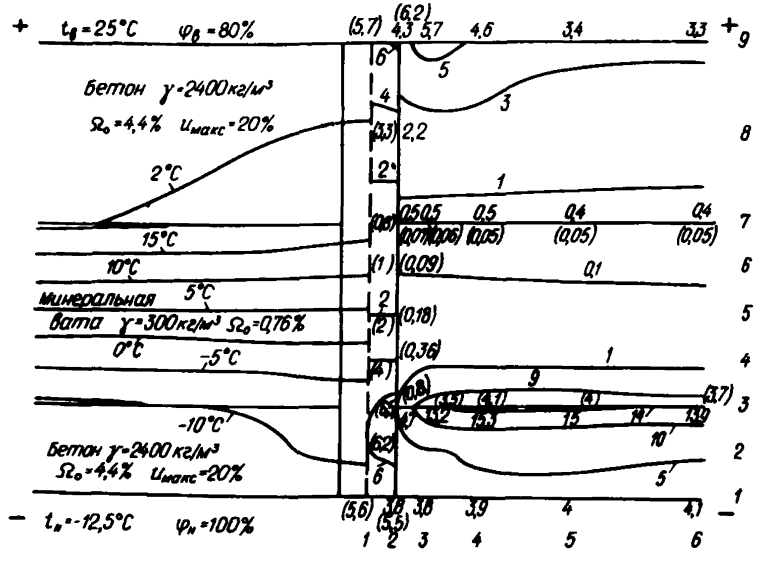

Рис. 7. Температурно-влажностное состояние трехслойной железобетонной панели ($\delta = 0{,}25$ м) в январе (третий год эксплуатации) в климатических условиях Архангельска

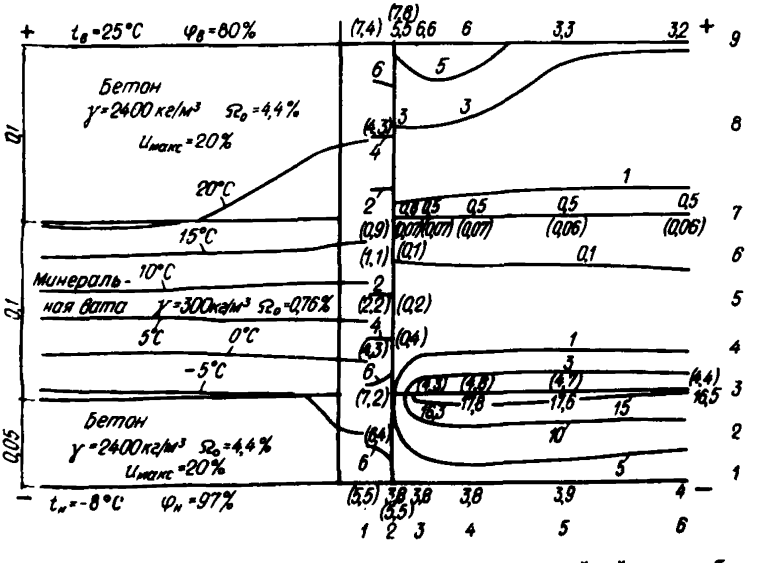

Рис. 8. Температурно-влажностное состояние трехслойной железобетонной панели ($\delta = 0{,}25$ м) в марте (третий год эксплуатации) в климатических условиях Архангельска

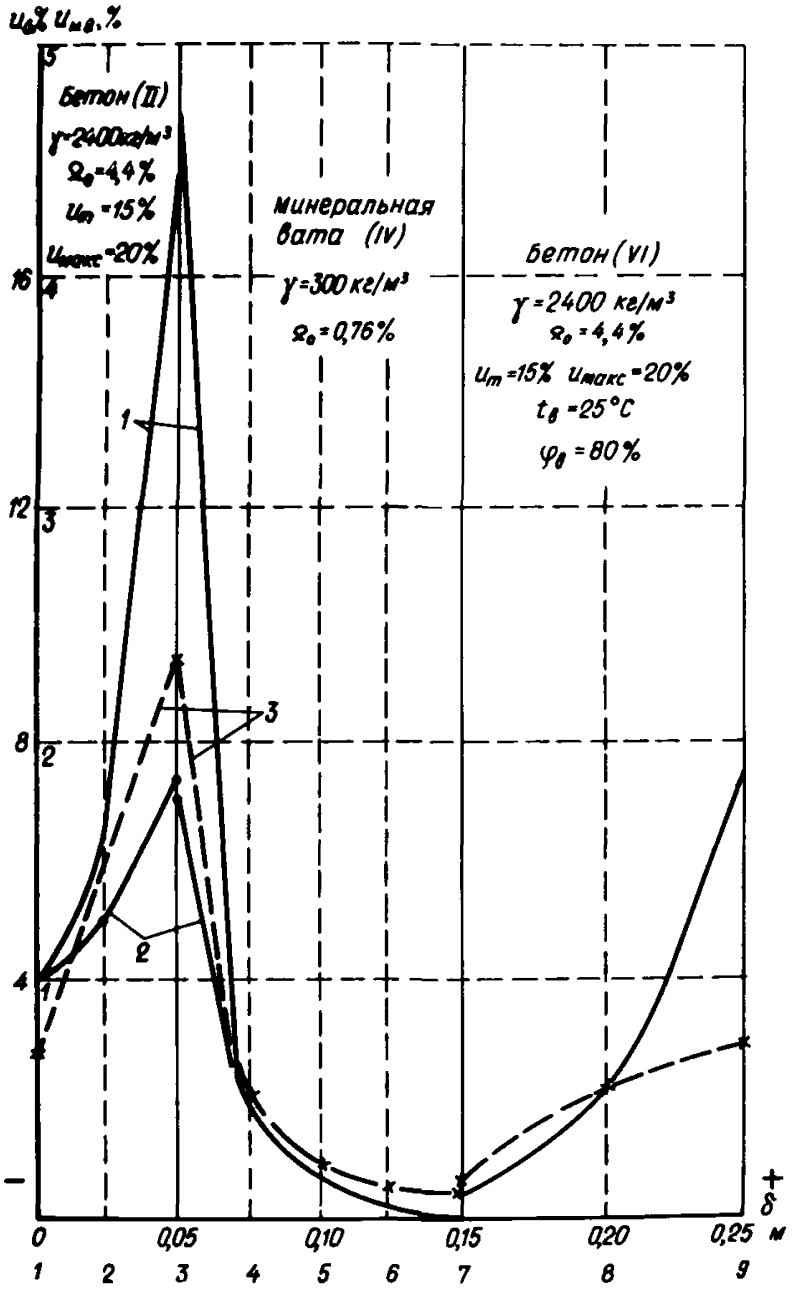

Рис. 9. Изменение влагосодержания по толщине трехслойной железобетонной панели в сечении $J = 4$

1 – полное влагосодержание в марте; *2* – полное влагосодержание в октябре; *3* – количество жидкой фазы в марте

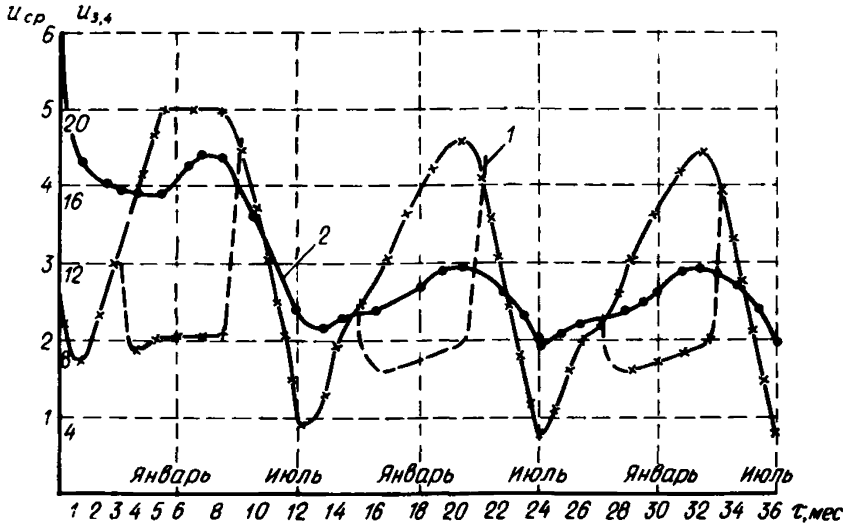

Рис. 10. Кинетика сушки и увлажнения трехслойной железобетонной панели ($\delta = 0{,}25$ м) со временем

1 – изменение влагосодержания в точке с координатами /3,4/; *2* – изменение среднего значения влагосодержания панели ———— полное влагосодержание; ——— количество жидкой фазы.

Шаг по времени для минеральной ваты ограничен сверху, для данной разбивки шаг $\Delta\tau$ по времени должен быть меньше 1/3 суток.

Результаты расчетов на ЭВМ влажностного состояния железобетонной панели с утеплителем из минераловатной плиты представлены соответственно на рис. 6–10.

На рис. 6, 7, 8 распределение влажностей по толщине конструкций представлены в форме изолиний (линий равных полных влагосодержаний в объемных процентах).

Распределение влажности (в объемных процентах) по толщине конструкции и в щелевом стыке панелей на третий год эксплуатации здания в октябре месяце представлено на рис. 6, соответственно на рис. 7 и 8 представлено распределение влажности в ограждающей конструкции на третий год эксплуатации здания в январе и марте, слева от оси симметрии на этом же рисунке представлено распределение температур в форме изотерм (линий равных температур).

Для более полного анализа влажностного состояния ограждающей конструкции на рис. 9 по сечению *4–4* (как наиболее неблагоприятное сечение с наибольшей влажностью) представлено распределение объемной влажности материала конструкции на третий год эксплуатации в октябре (кривая *2*) и в марте. При этом полное распределение влажности в марте месяце показано с учетом наличия влаги в жидком и замерзшем состоянии.

На рис. 10 представлено изменение влагосодержания ограждающей конструкции при эксплуатации ее в течение трех лет. При этом влажностное состояние ограждения на третий год эксплуатации практически вышло на квазистационарный режим, т.е. как изменение средней влажности панели (кривая *2*), так и максимальной влажности в режиме точек 3.4 (кривая *1*) ежегодно повторяется.

9.7. Анализируя результаты полученных данных, возможно сделать следующие выводы:

1. Влажностное состояние шелевого стыка, замоноличенного цементно-песчаным раствором, и материала панели благоприятное, так как систематического накопления влаги в ограждении по результатам расчетов не наблюдается (при толщине внутреннего железобетонного слоя панели, равной 10 см)*.

2. Влияние стыкового соединения можно оценить положительно, так как в зоне стыка происходит осушение теплоизоляции панели, однако это влияние практически не велико и распространяется практически лишь до сечения *5–5*, т.е. на 0,06 м вдоль панели от стыка.

3. Количество замерзшей влаги на границе теплоизоляции из минераловатной плиты и наружного фактурного железобетонного слоя панели (рис. 9 и 10) может достигнуть 55% влаги, имеющейся в этой зоне. Хотя вес замерзшей влаги в слое минераловатных плит и не велик, однако в наружном слое бетона влаги значительно больше, что будет способствовать постепенному нарушению структуры бетона и при длительной эксплуатации здания разрушению наружного фактурного слоя.

10. СТЕНА ИЗ ТРЕХСЛОЙНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПАНЕЛЕЙ С УТЕПЛИТЕЛЕМ ИЗ МИНЕРАЛОВАТНЫХ ПЛИТ И ВЕНТИЛИРУЕМОЙ ВОЗДУШНОЙ ПРОСЛОЙКОЙ

10.1. Определить влажностное состояние трехслойной железобетонной панели теплоизоляции из минераловатных плит и воздушной прослойки для помещений с влажным режимом в климатических условиях Архангельска.

10.2. Температура внутреннего воздуха в помещении принимается как и в примере 6.1 $t_в$ = 25 °С и $\varphi_в$ = 80%.

10.3. Конструкция панели общей толщиной 0,29 м принята следующей: наружный железобетонный слой – 0,05 м; воздушная прослойка толщиной – 0,04; минераловатные плиты – 0,10 м и внутренний железобетонный фактурный слой – 0,10 м.

Ограждающая конструкция разбивается на десять расчетных слоев; наружный железобетонный слой разбивается на два слоя толщиной соответственно 0,03 и 0,02 м; воздушная прослойка на два слоя толщиной по 0,02 м; слой утеплителя из минераловатных плит на четыре слоя по 0,025 м и внутренний железобетонный фактурный слой на два слоя по 0,05 м. В поперечном направлении (к направлению теплового потока) конструкция разбивается как и в примере 9 на шесть сечений: первое по оси стыка, второе на границе стыка с панелью; остальные сечения по телу панели соответственно через 0,015; 0,03; 0,05 и 0,07 м. На рис. 11 представлена нанесенная расчетная сетка на горизонтальное сечение ограждающей конструкции в местах стыкования двух панелей.

10.4. Подготовка исходных данных аналогична подготовке исходных данных предыдущего примера. Исходные данные этого варианта необходимо дополнить тепловлажностными параметрами воздушной прослойки и условиями тепло- и влагообмена на поверхности воздушной прослойки.

Параметры конструкции I 1, I 2 и I 3 остаются без изменения, параметр I 6=5, остальные параметры, характеризующие изменение по оси I, увеличиваются на 2. Вдоль оси J изменений нет. Итак, I 1=3, I 2=3, I 3=7, I 4=11, I 5=9, I 6=5, I 7=9 (равенство I 7 и I 5 говорит об отсутствии внутренней воздушной прослойки), J 1=6, J 2=3, J 3=2. На рис. 11 узловые точки сетки обозначены точками, на том же рисунке отмечены номера узлов разбиений в направлении осей I и J.

---

*Расчет проводился без учета фильтрации воздуха через стык.

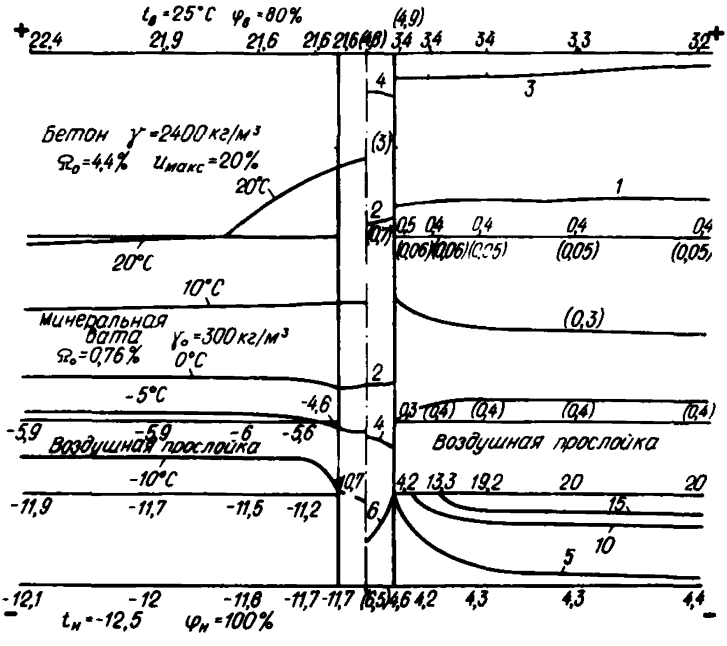

Рис. 11. Температурно-влажностное состояние трехслойной железобетонной панели (δ = 0,29 м) с воздушной прослойкой в январе (третий год эксплуатации), Архангельск

10.5. Коэффициенты теплоотдачи и массообмена поверхности воздушной прослойки, отсутствующие в примере 1, имеют следующие значения: $\alpha_{t,п}$= 115 ккал/ (м^2· сут ·°С), $\alpha_{m.п}$= 0,083 кг/ (м^2· сут· гПа).

Для рассматриваемого варианта ограждающей конструкции значения температуры и влажности воздуха прослойки несколько выше значений температуры и влажности наружного воздуха, причем превышение этих значений в зимнее время увеличивается, а в летнее сводится к минимуму.

10.6. Изменения в исходных данных, закладываемых в машину, могут быть представлены следующим образом:

```
2. I1=3, I2=3, I3=7, I4=11, I5=9, I6=5, I7=9, J1=6, J2=2, J3=2, Z1=1,
5. MAS=2, NTIPE=2, VS1=3, VS2=.88, EP1=.3, EP3=.5, R1=590., R3=80.,
13. TV=16., 14., 9., 2.5, -2.5, -7.3, -9.5, -9.5, -5.8, .6, 6.6, 13., 16.,
14. PV=13.7, 13.3, 10.4, 7.3, 5.3, 3.7, 2.66, 2.6, 3.06, 6., 11.1, 13.7,
21. AL=480., 115., 180., AM=.3, .083, .15,
48. DX=0, .03, 3*.02, 4*.025, 2*.05, 0,
```

На рис. 11 приведено температурно-влажностное состояние рассматриваемой ограждающей конструкции, соответствующее январю.

На рис. 12 приведено температурно-влажностное состояние рассматриваемой панели для февраля. В этот момент в панели накапливается наибольшее количество воды. Характер распределения влагосодержания материала в исследуемой области для февраля аналогичен характеру распределения влагосодержания для января.

На рис. 13 приведена кривая кинетики сушки рассматриваемой железобетонной панели с воздушной прослойкой и без воздушной прослойки.

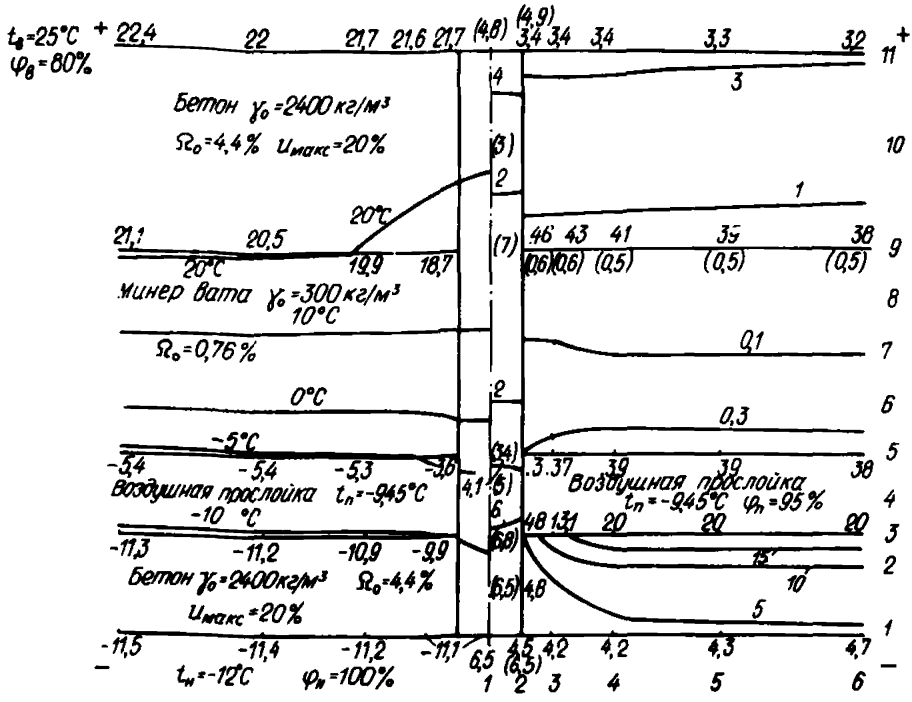

Рис. 12. Температурно-влажностное состояние трехслойной железобетонной панели (δ = 0,29 м) с воздушной прослойкой в феврале (третий год эксплуатации), Архангельск

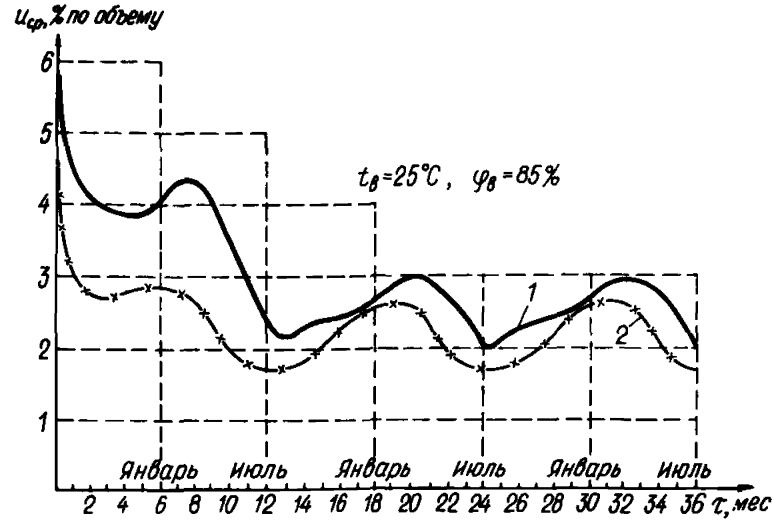

Рис. 13. Кинетика сушки и увлажнения трехслойной железобетонной панели (δ = 0,29 м), г. Архангельск

1 — изменение среднего значения влагосодержания панели без воздушной прослойки; *2* — изменение среднего значения влагосодержания панели с воздушной прослойкой

Среднее значение влагосодержания панели без воздушной прослойки изменяется в диапазоне от 2% (июль) до 2,9% по объему (март). Изменение среднего значения влагосодержания панели с воздушной прослойкой осуществляется в диапазоне влагосодержаний от 1,7% (июль) до 2,65% по объему (февраль). Установление квазистационарного режима влагообмена рассматриваемой панели с воздухом, т.е. режима, в котором влажностное состояние периодически через год повторяется, наступает достаточно быстро. Для принятого начального распределения влагосодержания этот период наступает через 6 месяцев эксплуатации панели с воздушной прослойкой и через год эксплуатации панели без воздушной прослойки.

Изменение влагосодержания железобетонной панели практически следует за изменением средней влажности наружного воздуха и воздуха воздушной прослойки.

10.8. Таким образом, предлагаемый способ расчета влажностного режима конструкций позволяет оценивать влажностное состояние двухмерной ограждающей конструкции как по толщине панели, так и в области стыкового соединения, позволяет примерно оценивать количество влаги, находящейся в материале стен в замерзшем состоянии, что дает возможность подойти к оценке стойкости слоев ограждения во времени. Кроме того, имеется возможность оценить осушающее воздействие воздушной прослойки в конструкции стены.

11. СТЕНА ИЗ ОДНОСЛОЙНЫХ КЕРАМЗИТОБЕТОННЫХ ПАНЕЛЕЙ

11.1. Определить влажностное состояние стен, собранных из керамзитобетонных панелей плотностью $\gamma = 1000$ кг/м^3, промышленного здания при температуре $t_в = 25$ °С и влажности $\rho_в = 27$ гПа ($\varphi_в = 85\%$) воздуха в помещении, эксплуатируемого в климатических условиях Москвы.

11.2. Для климатических условий Москвы толщина панели равна 0,32 м; 0,02 м – наружный фактурный слой из цементно-песчаного раствора ($\gamma = 1800$ кг/м^3); 0,28 м – керамзитобетонный слой; 0,02 м – внутренний фактурный слой из цементно-песчаного раствора. В качестве основного материала выбираем керамзитобетон. Климатологические данные выбираются в соответствии с СНиП II-А.6-72 для Москвы. Среднемесячная абсолютная влажность наружного воздуха выше абсолютной влажности насыщенного водяного пара для соответствующих среднемесячных температур в январе и феврале месяцах (табл. 4 СНиП II-А.6-72). Поэтому в качестве среднемесячных абсолютных влажностей наружного воздуха в массиве *PR* для января и февраля взяты величины соответственно 2,72 гПа и 2,95 гПа, соответствующие давлению насыщенного водяного пара этих месяцев.

11.3. Шаг по времени $\Delta\tau$ (*DE1*) можно взять равным 1 сут. Большее значение шага по времени $\Delta\tau$ для керамзитобетонной панели не рекомендуется брать вследствие значительной потери точности в расчетах для летнего времени. Значение шага по времени $\Delta\tau$, меньшего 0,5 сут, также не рекомендуется из-за значительного увеличения затраты машинного времени.

11.4. В связи с тем, что рассматривается одномерная задача, ограждающая конструкция разбивается на одиннадцать расчетных слоев; внутренний и наружный фактурные слои по 0,02 м, слои, примыкающие к фактурным слоям, по 0,02 м, а затем слои керамзитобетона по 0,03 и 0,04 м.

11.5. Для рассматриваемого варианта ограждающей конструкции необходимые исходные данные представлены ниже:

```
1. &  LIST 1
2. I1=0,I2=1,I3=0,I4=12,I5=11,I6=0,I7=11,J1=1,J2=0,J3=0,Z1=1, MVR=0,
3. KP=2, KE=1097, MAS=1, NTIPE=0, VS1=6, VS2=2., EP1=1., EP3=.8, R1=590., R3=80.,
4. UM=32., OM=10., OMM=1., DE1=1., DE2=.01, T11=25., T12=25., P1=20.3, P2=15.,
5. CWA=1, CICE=.5, CPA=183., DPR=0, SW3=.08
```

```
6. &END
7. &LIST4
8. NJ=13, KMO=31, 31, 30, 31, 30, 31, 31, 28, 31, 30, 31, 30, 31,
9. TR=19.3, 17.4, 11.7, 5., -16, -6.9, -9.4, -8.5, -3.6, 4.9, 12.9, 17., 19.3,
10. PR=11.1, 10.7, 7.9, 5.3, 3.7, 2.8, 2.2, 2.4, 3., 4.7, 6.7, 9.3, 11.1,
11. TV=130*0, PV=130*0
12. &END
13. &LIST8
14. ALFA=0,.26,0,.13,0,.26, BETA=0,1.19,0,1.76,0,1.19,
15. AFR=0,-3.85,0,-4.45,0,-3.85, BFR=0,3.36,0,.93,0,3.36.
16. &END
17. &LIST 9
18. AL=480., 0, 180., AM=.4,0,.2,
19. SNA=.114,.040,.06,.10,2*.20, SMA=-.03,.12,.04,-.2,2*-1.
20. &END
21. &LIST3
22. DD=6*0,6*.12E-03,6*0,6*.17E-03,6*0,6*.12E-03,
23. DS=6*0,2*.12E-03,.1E-03,.6E-04,.....1E-04,0,6*0,
24. 2*.17E-03,.13E-03,8E-04,.3E-04,7*02*.12E-03,.1E-03,.6E-04,.1E-04,0,
25. TK=7*0,.2E-04,.4E-04,.45E-04,.2E-04,8*0,.2E-04,.4E-04,.45E-04,
26. 2E-04,8*0,.2E-04,.4E-04,.45E-04,.2E-04,0,
27. WK=7*0,.1E-04,.2E-04,3E-04,4E-04,.5E-04,7*0,.6E-06,.1E-05,
28. .1E-04,.2E-04,.3E-04,7*0,.1E-04,.2E-04,.3E-04,.4E-04,.5E-04,
29. ETA=6*0,3*.67,.61,.57,.53,6*0,6*1.,6*0,3*.67,.61,.57,.53,
30. LA1=6*0,14.3,15.7,17.,18.2,19.4,20.6,6*0,4.8,5.4,6.7,8.3,9.4,10.6,
31. 6*0,14.3,15.7,17.,18.2,19.4,20.6,
32. LA2=6*0,14.3,15.7,18.5,20.5,22.5,24.4,6*0,4.8,5.4,11.5,15.2,
33. 18.7,19.4,6*0,14.3,15.7,18.5,20.5,22.5,24.4,
34. FIL=36*0, CT=6*.2, GA=0,1800.,0,1000.,0,1800., GB=20.,15.,4*10.
35. &END
36. &LIST2
37. DX=0,3*.02,2*.03,4*.04,2*.02,0, DY=2*.5, DZ=2*.5.
38. &END
39. VARIANT 01
40. &LIST 5
41. TE1=19.51,19.61,19.91,20.35,20.94,21.53,22.12,22.71,23.3,23.89,24.33,24.43,
42. TE2=19.51,19.61,19.91,20.35,20.94,21.53,22.12,22.71,23.3,23.89,24.33,24.43.
43. &END
44. &LIST6
45. U1=6.6,10*12.,6.5, U2=6.6,10*12.,6.5
46. &END
47. LIST 7
```

48. UUN = 6.6,10 * 12:,6.5
49. &. END

Результаты расчетов влажностного состояния керамзитобетонной панели представлены на рис. 14–16.

Анализ влажностного режима материала керамзитобетонных стен в течение пятилетнего срока их эксплуатации показывает, что при таких условиях внутреннего температурно-влажностного режима ($t_в$ = = 25 °С и $\varphi_в$ = 85%) происходит систематическое накопление влаги в ограждении. При этом хотя в летние периоды и происходит некоторое снижение влажности материала по слоям конструкции (рис. 16), однако в целом происходит систематическое накопление влаги.

11.7. Поскольку влажностное состояние исследуемой керамзитобетонной панели является неудовлетворительным, необходимо предусмотреть защитные мероприятия от ее переувлажнения. В качестве защитного мероприятия была предусмотрена облицовка керамической плиткой на полимерцементном растворе внутренней поверхности керамзитобетонной па-

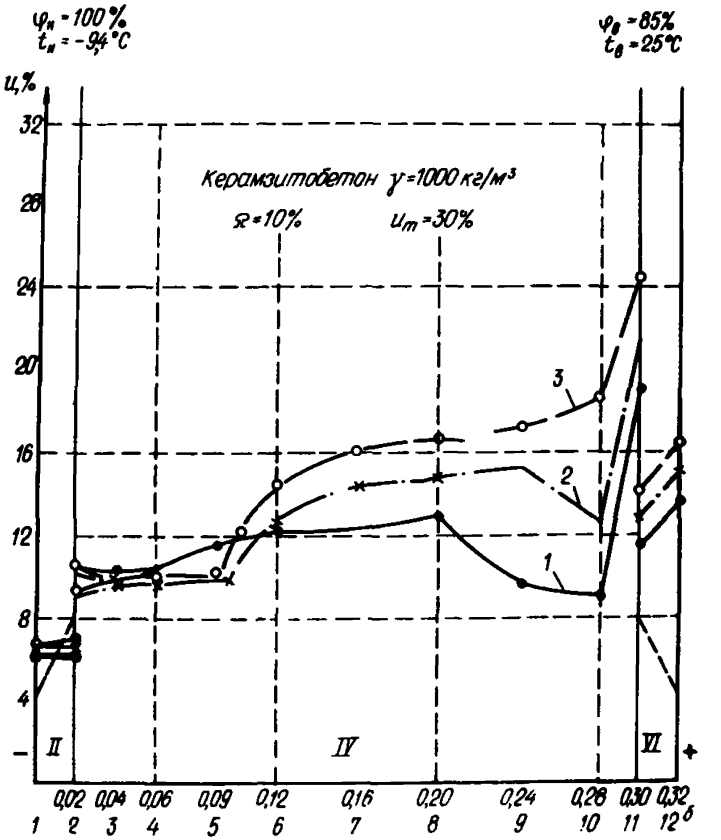

Рис. 14. Влажностное состояние керамзитобетонной панели (δ = 0,32 м) в январе, Москва

II, У1 – цементно-песчаный раствор; 1У – керамзитобетон; *1* – первый год эксплуатации; *2* – то же, третий; *3* – то же, пятый

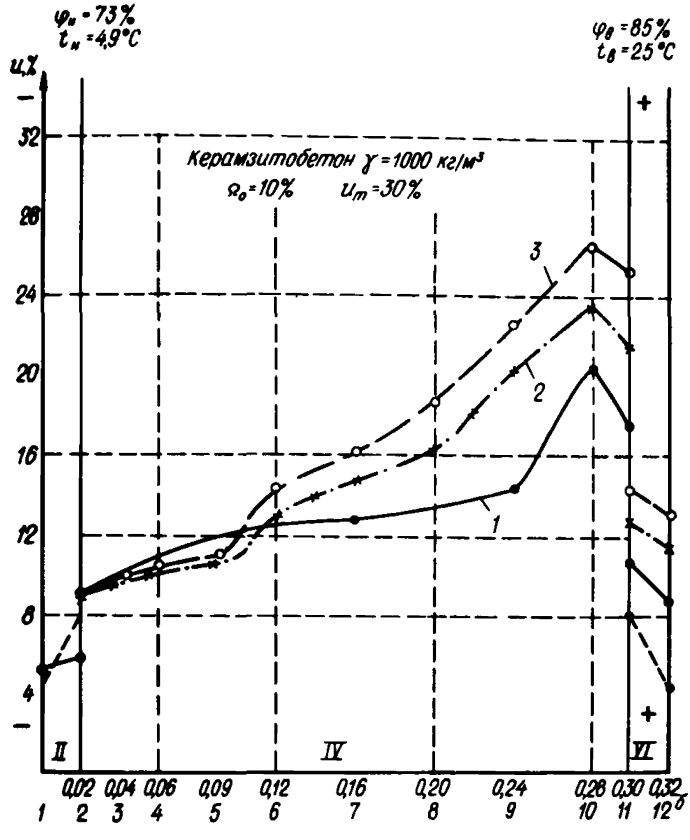

Рис. 15. Влажностное состояние керамзитобетонной (δ = = 0,32 м) в апреле, г. Москва
II, У1 — цементно-песчаный раствор; 1У — керамзитобетон; *1* — первый год эксплуатации; *2* — то же, третий; *3* — то же, пятый

нели, что позволило создать дополнительный слой пароизоляции в пределах $R_п$ = 11 м²·ч·мм рт. ст /г. ($R_п$ = 14,9 (м²·ч·гПа/г), Возможно дополнительный слой пароизоляции в пределах $R_п$ = 11 (м²·ч·мм рт.ст /г создать за счет применения мастик, красок, пленок и т.п. С учетом влияния сопротивления пароизоляции коэффициент влагообмена внутренней поверхности ограждающей конструкции с омывающим ее воздухом будет иметь следующее значение (для системы единиц, используемой в расчетах по рассматриваемой методике):

$$\left.\begin{aligned} \frac{1}{\alpha'_{mв}} &= R_п + \frac{1}{\alpha_{m,в}} = 620 + \frac{1}{0{,}15}; \\ \alpha'_{m,в} &= 1{,}6\cdot10^{-3}\ кг/(м^2\cdot сут\cdot гПа), \end{aligned}\right\} \qquad (40)$$

где $\alpha'_{m,в}, \alpha_{m,в}$ — коэффициенты влагообмена внутренней поверхности ограждающей конструкции, соответственно с пароизоляцией и без пароизоляции, кг/(м²·сут·гПа).

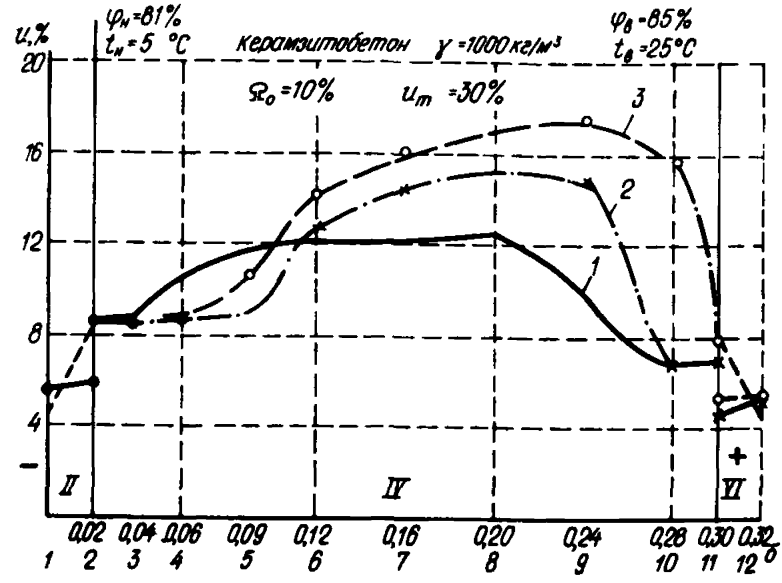

Рис. 16. Влажностное состояние керамзитобетонной панели (δ = 0,32 м) в октябре, Москва
II, УI — цементно-песчаный раствор; 1У — керамзитобетон: *1* — первый год эксплуатации; *2* — то же, третий; *3* — то же, пятый

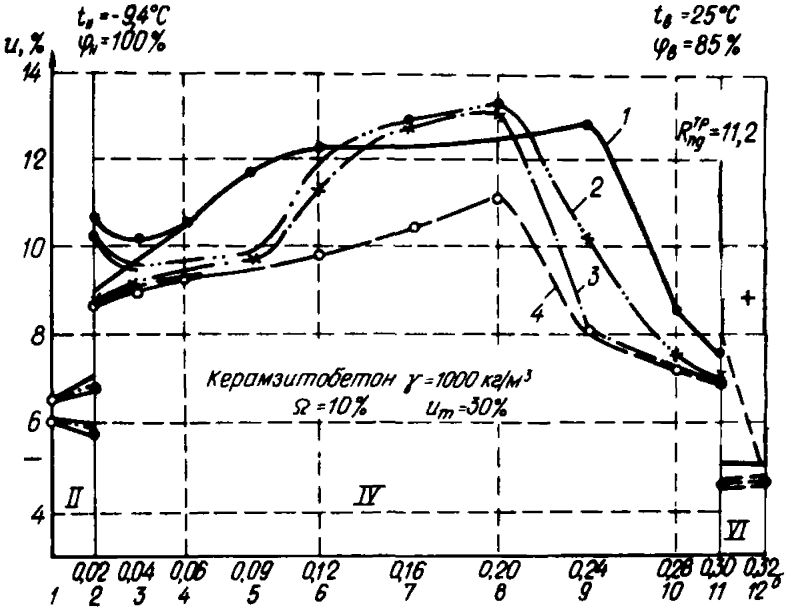

Рис. 17. Влажностное состояние керамзитобетонной панели (δ = 0,32 м) с защитным пароизоляционным слоем ($R_п$ = 11,2) в январе, Москва
II, УI — цементно-песчаный раствор; 1У — керамзитобетон: *1* — первый год эксплуатации; *2* — то же, второй; *3* — то же, третий; *4* — то же, пятый

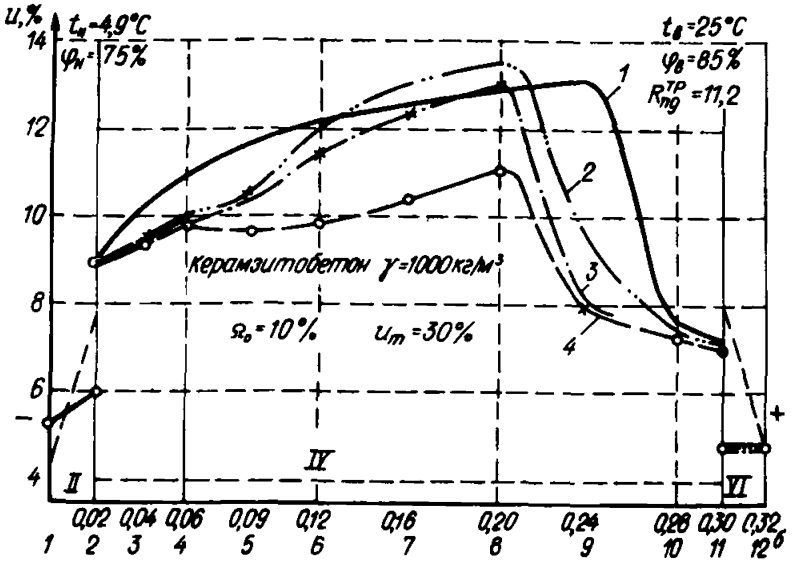

Рис. 18. Влажностное состояние керамзитобетонной панели (δ = 0,32 м) с защитным пароизоляционным слоем ($R_п$ = = 11,2) в апреле, Москва

II, УI – цементно-песчаный раствор; IУ – керамзитобеон; *1* – первый год эксплуатации; *2* – то же, второй; *3* – то же, третий; *4* – то же, пятый

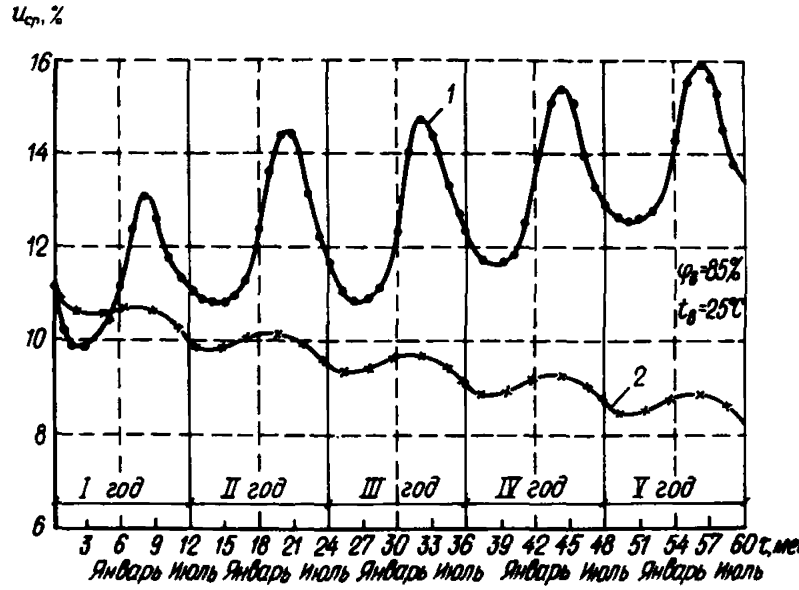

Рис. 19. Кинетика увлажнения керамзитобетонной панели (δ = = 0,32 м) в климатических условиях, Москва

1 – без защитного пароизоляционного слоя; *2* – с пароизоляционным слоем ($R_п$ = 11,2)

11.8. Расчет влажностного состояния керамзитобетонной панели с нанесенной пароизоляцией был выполнен как для одномерной задачи аналогично примеру, приведенному выше.

Результаты расчетов влажностного состояния материала наружных керамзитобетонных панелей с внутренним пароизоляционным слоем приведены на рис. 17 и 18.

Распределение влажности по слоям конструкции за пятилетний период эксплуатации ограждения в московских климатических условиях при $t_в = 25$ °С и $\varphi_в = 85\%$ показывает, что происходит медленное систематическое уменьшение влажности ограждения.

На рис. 19 приведено изменение общего влагосодержания материала панелей из керамзитобетона как при наличии дополнительной пароизоляции, так и без нее.

11.9. Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы:

1. Предложенным методом возможно определять влажностное состояние при решении одномерной задачи.

2. Для условий Москвы при $t_в = 25$ °С и $\varphi_в = 85\%$ керамзитобетонные панели ($\gamma = 1000$ кг/м^3) без дополнительной пароизоляции применять нецелесообразно, так как происходит систематическое накопление влаги.

Создание дополнительного пароизоляционного слоя (в пределах $R_п = 11$ (м$^2 \cdot$ ч $\cdot$ мм рт. ст./г) на внутренней поверхности керамзитобетонной панели ($\gamma = 1000$ кг/м^3) позволит обеспечить благоприятный влажностный режим и возможность их применять для указанных выше условий. Внутреннюю поверхность керамзитобетонных панелей облицевать керамической плиткой на полимерцементном растворе (общая толщина дополнительного слоя составит 6 мм), что позволит создать дополнительный слой пароизоляции $R_п = 14{,}9$ м$^2 \cdot$ ч $\cdot$ гПа/г (11,2 м$^2 \cdot$ ч $\cdot$ мм рт. ст /г.).

12. СТЕНА ИЗ ТРЕХСЛОЙНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПАНЕЛЕЙ С УТЕПЛИТЕЛЕМ ИЗ ПЕНОПОЛИСТИРОЛА (ПСБ-С)

12.1. Рассчитать методом последовательного увлажнения влажностный режим трехслойной железобетонной панели с утеплителем ПСБ-С для цехов предприятий целлюлозно-бумажной промышленности в климатических условиях г. Слюдянки Иркутской области. Толщина внутреннего слоя железобетона – 100 мм, наружного – 50 мм, толщина слоя утеплителя – 50 мм.

12.2. Данные, необходимые для проведения расчета, готовятся в соответствии с п. 6 и сведены в табл. 4. На перфокарте № 1 набивается текстовая информация. Характеристики граничных условий готовятся в соответствии с п. 6.2.

Температура внутреннего воздуха принимается постоянной и равной нормируемой температуре воздуха цехов предприятий целлюлозно-бумажной промышленности $t_в = 28$ °С; это значение набито на перфокарте № 9.

Температура наружного воздуха принимается переменной в течение года; значения среднемесячных температур берутся из главы СНиП II-А.6-72, эти значения изображены в виде ступеней на рис. 20, затем строится изменение температуры в течение года в виде непрерывной ломаной линии, ординаты точек излома представляют температуры на начало соответствующего месяца, они набиты на перфокарте № 3.

Относительная влажность внутреннего воздуха принимается постоянной и равной нормируемой относительной влажности воздуха цехов предприятий целлюлозно-бумажной промышленности $\varphi_в = 65\%$; это значение набито на перфокарте № 4.

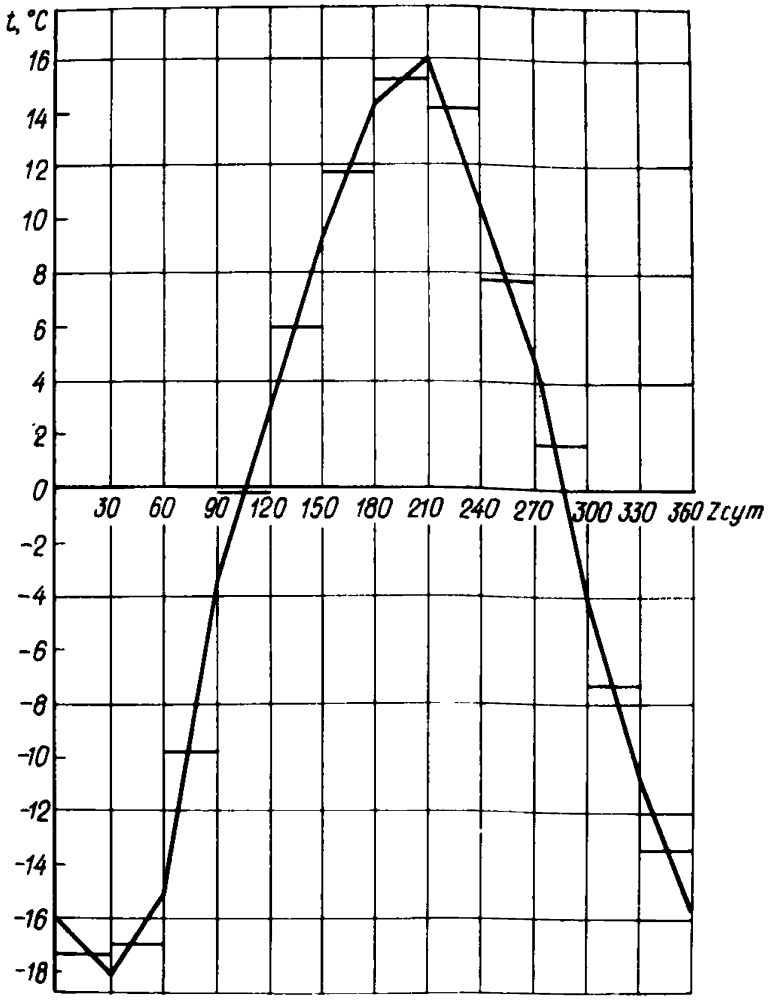

Рис. 20. Изменение температуры воздуха в г. Слюдянка Иркутской обл. (среднемесячные значения по данным СНиП)

Относительная влажность наружного воздуха принимается переменной в течение года; значения среднемесячных относительных влажностей берутся из главы СНиП II-А.6-72; построение изменения в течение года относительной влажности воздуха аналогично построению изменения температуры и изображено на рис. 21; значения относительных влажностей наружного воздуха набиты на перфокарте № 5.

12.3. Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения принимается постоянным, в соответствии со СНиП II-3-79 он равен 7,5 ккал/(м^2·ч·°С); это значение набито на перфокарте № 6.

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения принимается постоянным, в соответствии со СНиП II-3-79 он равен 20 ккал/(м^2·ч·°С); это значение набито на перфокарте № 7.

12.4. В данной ограждающей конструкции используются два материала: первый – железобетон; второй – ПСБ-С. Характеристики материалов конструкции готовятся в соответствии с п. 6.3.

Изотерма сорбции железобетона принимается согласно строке 1 табл. 7 прил. 5; набита на перфокарте № 8.

Удельная относительная пароемкость железобетона не задается. Коэффициент паропроницаемости железобетона принимается постоянным и согласно СНиП II-3-79 равным 0,004 г/(м · ч · мм рт. ст.); это значение набито на перфокарте № 9. Коэффициент влагопроводности железобетона принимается переменным, зависящим от весовой влажности материала и берется из строки 1 табл. 7 прил. 5; значения этого коэффициента набиты на перфокарте № 10, соответствующие значения весовой влажности набиты на перфокарте № 11.

Среднесуточная скорость капиллярного всасывания железобетона принимается постоянной и в соответствии со строкой 1 табл. 8 прил. 6, равной 0,00024 см/мин, это значение набито на перфокарте № 12.

Коэффициент теплопроводности железобетона принимается переменным, зависящим от весовой влажности материала, берется в соответствии со СНиП II-3-79; значения этого коэффициента набиты на перфокарте № 13, соответствующие значения весовой влажности набиты на перфокарте № 14; плотность железобетона принимается равной 2500 кг/м^3, согласно СНиП II-3-79; эта величина набита на перфокарте № 15.

Изотерма сорбции ПСБ-С принимается согласно строке 33 табл. 7 прил. 5; набита на перфокарте № 16.

Удельная относительная пароемкость ПСБ-С не задается. Коэффициент паропроницаемости ПСБ-С принимается постоянным и согласно СНиП II-3-79 равным 0,006 г/(м · ч · мм рт. ст.); это значение набито на перфокарте № 17. Коэффициент влагопроводности ПСБ-С принимается переменным, зависящим от весовой влажности материала и берется из строки 33 табл. 7 прил. 5; значения этого коэффицента набиты на перфокарте № 18, соответствующие значения весовой влажности набиты на перфокарте № 19.

Среднесуточная скорость капиллярного всасывания ПСБ-С принимается постоянной и в соответствии со строкой 19 табл. 8 прил. 6, равной 0,000013 см/мин; это значение набито на перфокарте № 20.

Коэффициент теплопроводности ПСБ-С принимается переменным, зависящим от весовой влажности материала, берется в соответствии со СНиП II-3-79; значения этого коэффициента набиты на перфокарте № 21, соответствующие значения весовой влажности набиты на перфокарте № 22.

Плотность ПСБ-С принимается равной 40 кг/м^3 согласно СНиП II-3-79, эта величина набита на перфокарте № 23.

Характеристики расчетной схемы ограждающей конструкции готовятся в соответствии с п. 6.4.

12.5. Ограждающая конструкция разбивается на восемь расчетных слоев девятью расчетными плоскостями, толщины расчетных слоев принимаются одинаковыми и равными 0,025 м, т.е. внутренний слой железобетона разбивается на четыре расчетных слоя, наружный – на два и слой утеплителя – на два; номер материала (второй) пятого и шестого расчетных слоев задан перфокартой № 24, шаги разбиения на расчетные слои набиты на перфокарте № 25.

Сопротивление паропроницанию внутренней поверхности принимается равным 0,2 (м^2 · ч · мм рт. ст.)/г, наружной 0,1 (м^2 · ч · мм рт. ст)/г, величины, обратные им, заданы на перфокартах № 26 и № 27 соответственно.

Начальная весовая влажность материалов конструкции принимается для железобетона – 1%, для ПСБ-С – 2%, это соответствует относительной влажности воздуха в порах материалов 90%; начальная влажность материалов конструкции задана перфокартой № 28. Временной шаг не задается, так как расчет проводится с переменным временным шагом с Δz_δ = = 12 ч и константами $m_t = 8$, $m_g = 10$. Время расчетного периода не задается, так как принимается равным 30 сут. Время начала расчета не задается, так как принимается равным 0 суток. Время окончания расчета принимается равным 3 года и набито на перфокарте № 29.



Рис. 21. Изменение относительной влажности воздуха в г. Слюдянка Иркутской обл. (среднемесячные значения по данным СНиП)

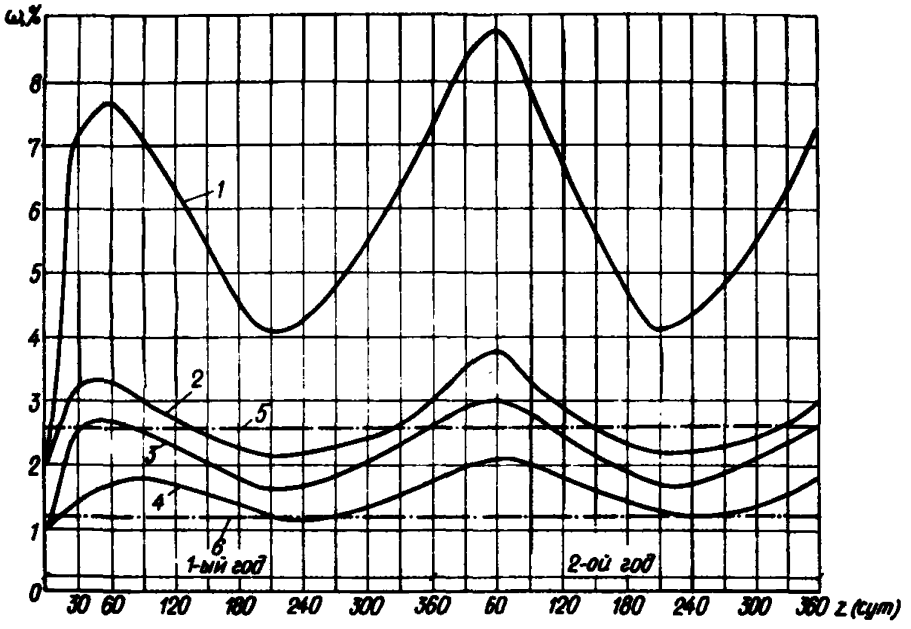

Рис. 22. Изменение весовой влажности в материалах трехслойной ограждающей конструкции в течение двух лет эксплуатации
1 – максимальная влажность ПСБ-С; *2* – средняя влажность слоя ПСБ-С; *3* – максимальная влажность наружного слоя железобетона; *4* – средняя влажность наружного слоя железобетона; *5* – максимальная сорбционная влажность ПСБ-С ω – 2,6%; *6* – максимальная сорбционная влажность железобетона ω – 1,2%

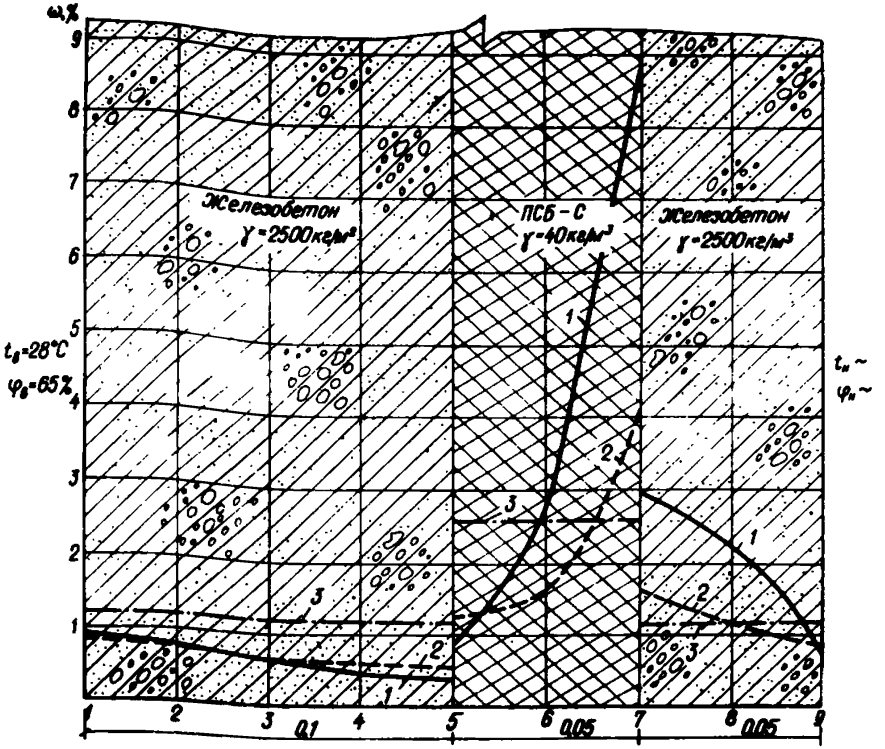

Рис. 23. Распределение весовой влажности по толщине конструкции: *1* — в феврале; *2* — в июле; *3* — максимальная сорбционная влажность материалов

12.6. Исходные данные набиваются на перфокарты в соответствии с п. 8.1. Последняя перфокарта № 30 в колоде с исходными данными пустая.

Расчет данного примера на ЭВМ М-4030 потребовал 42 мин машинного времени. Результаты расчета приведены на рис. 22, 23, а более полные данные в табл. 10 прил. 8.

12.7. Проведенный расчет позволяет сделать следующие выводы, характеризующие влажностный режим данной ограждающей конструкции:

1. Процесс влагонакопления и сушки становится квазистационарным на второй год эксплуатации здания при условии, что начальная влажность материалов конструкции ниже максимальной сорбционной.

2. Накопление влаги в конструкции происходит с августа по февраль, сушка — с марта по июль. Максимальная влажность в конструкции достигается в феврале, минимальная — в июле.

3. Влажность внутреннего слоя железобетона изменяется незначительно и не превосходит 1%.

4. Максимальное значение средней весовой влажности слоя утеплителя составляет 3,8%. Максимальная весовая влажность утеплителя достигает 8,8%. Обе эти величины меньше, чем расчетная весовая влажность пенополистирола при условиях эксплуатации Б, равная 10% и СНиП II-3-79.

5. Приращение средней весовой влажности утеплителя за период влагонакопления составляет 1,6%, это меньше, чем предельно допустимое приращение расчетной весовой влажности пенополистирола за период влагонакопления, равное 25% по СНиП II-3-79.

6. Влажностное состояние утеплителя ПСБ-С является удовлетворительным, так как не вызывает потери теплоизоляционных свойств и уменьшения долговечности.

7. Максимальное значение средней весовой влажности железобетона наружного слоя составляет 2,1%. Максимальная весовая влажность этого слоя достигает 3%. Эти величины не превосходят расчетную весовую влажность железобетона при условиях эксплуатации Б, равную 3% по СНиП II-3-79.

8. Приращение средней весовой влажности железобетона наружного слоя за период влагонакопления составляет 0,9%, это меньше, чем предельно допустимое приращение расчетной весовой влажности железобетона за период влагонакопления, равное 2% по СНиП II-3-79.

9. Влажностное состояние железобетона наружного слоя является удовлетворительным, так как не вызывает уменьшения его долговечности.

10. Влажностное состояние ограждающей конструкции характеризуется как удовлетворительное.

13. СОВМЕЩЕННОЕ НЕВЕНТИЛИРУЕМОЕ ПОКРЫТИЕ С УТЕПЛИТЕЛЕМ ИЗ ЖЕСТКИХ МИНЕРАЛОВАТНЫХ ПЛИТ

13.1. Рассчитать методом последовательного увлажнения влажностный режим совмещенного невентилируемого покрытия коровника с круглогодичным содержанием животных в климатических условиях г. Дмитрова Московской области.

13.2. Покрытие состоит из ребристой железобетонной плиты толщиной 0,03 м, жестких минераловатных плит толщиной 0,1 м, рулонного ковра из трех слоев рубероида на битумной мастике.

Данные, необходимые для проведения расчета, готовятся аналогично примеру 12 в соответствии с п. 6 и сведены в табл. 5.

13.3. Нормируемая температура внутреннего воздуха коровника составляет $t_в = 10$ °С, при расчете принимается, что температура внутреннего воздуха при $t_н \leq 10$°С равна 10°С, а при $t_н > 10$°С равна температуре наружного воздуха. На рис. 24 ступенями изображены наружные температуры, ломаной – изменение температуры внутреннего воздуха. Значения температуры внутреннего воздуха задаются перфокартами № 2 и 3.

При расчете учитывается солнечная радиация. Для этого строится изменение в течение года условной температуры наружного воздуха $t_н^{усл}$ определенной по формуле

$$t_н^{усл} = t_н + \frac{\rho J}{\alpha_н}, \qquad (41)$$

ρ – коэффициент поглощения солнечной радиации, принимаемый согласно СНиП II-3-79, для рубероида $\rho = 0{,}9$;

J – суммарная солнечная радиация, ккал/(м^2·ч), определяемая по главе СНиП II-А.6-72.

На рис. 25 изменение $t_н^{усл}$ изображено ломаной линией, среднемесячные значения изображены ступенями. Значения температур наружного воздуха задаются перфокартой № 4.

Нормируемая относительная влажность внутреннего воздуха для коровника составляет 75%. Это значение набито на перфокарте № 5.

Относительные влажности наружного воздуха необходимо скорректировать так, чтобы соблюдалось равенство абсолютных влажностей воздуха. Это необходимо сделать, так как температура наружного воздуха принимается равной $t_н^{усл}$. Корректировка происходит из условия неизменности абсолютной влажности воздуха

$$\varphi_н E_{t_н} = \varphi_н^{усл} E_{t_н^{усл}}. \qquad (42)$$

Таблица 4

Набивка информации на перфокарты

№ перфокарты	Набиваемая информация															
1	Пример 1.1.А															
2	1	1	28.													
3	2	0	1	12	−16.	−18.	−15.	−3.5	3.	9.3	14.4	16.	10.6	5.	−4.	−10.8
4	3	1	65.													
5	4	0	1	12	76.	76.	76.	69.	63.	63.	75.	81.5	78.	75.	69.	69.
6	5	1	7.5													
7	6	1	20.													
8	7	1	2	10	0.15	0.3	0.4	0.45	0.55	0.7	0.8	0.9	1.	1.2		
9	9	1	1	0.004												
10	11	1	3	0.	0.038	0.19										
11	12	1	3	1.2	2.	10.										
12	13	1	1	0.00024												
13	15	1	3	1.45	1.65	1.75										
14	16	1	3	0.	2.	3.										
15	17	1	2500.													
16	7	2	2	10	0.2	0.3	0.7	1.	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.6		
17	9	2	1	0.006												
18	11	2	3	0.	0.005	0.021										
19	12	2	3	2.6	5.	50.										
20	13	2	1	0.000013												
21	15	2	3	0.033	0.035	0.04										
22	16	2	3	0.	2.	10.										
23	17	2	40.													
24	18	2	5	2												
25	19	0	1	8	0.025											
26	20	1	5.													
27	20	9	10.													
28	21	0	1	9	90.	90.										
29	25	3														

Таблица 5

Набивка информации на перфокарты

№ перфокарты	Набиваемая информация															
1	Пример 1.2.А															
2	1	1	10.													
3	1	0	6	3	12.	18.4	16.4									
4	2	0	1	12	−9.2	−11.	−6.	13.	26.	36.	40.	40.	28.	15.	4.	−4.
5	3	1	75.													
6	4	0	1	12	86.	84.	80.	27.	17.	17.	17.	23.	33.	44.	57.	88.
7	5	1	7.5													
8	6	1	20.													
9	7	1	2	10	0.15	0.3	0.4	0.45	0.55	0.7	0.8	0.9	1.	1.2		
10	9	1	1	0.004												
11	11	1	3	0.	0.038	0.19										
12	12	1	3	1.2	2.	10.										
13	13	1	1	0.00024												
14	15	1	3	1.45	1.65	1.75										
15	16	1	3	0.	2.	3.										
16	17	1	2500.													
17	7	2	2	10	0.1	0.17	0.2	0.25	0.3	0.4	0.55	0.7	1.1	1.9		
18	9	2	1	0.055												
19	11	2	3	0.	0.00006		0.0015									
20	12	2	3	1.9	2.	50.										
21	13	2	1	0.00008												
22	15	2	3	0.072	0.075	0.08										
23	16	2	3	0.	2.	5.										
24	17	2	300.													
25	18	3	3	2												
26	19	1	1	5	0.015	0.015	0.03	0.03	0.04							
27	20	1	5.													
28	20	6	0.032													
29	21	0	1	6	90.	90.										
30	25.	3.														
31	Пример 1.2.Б															
32	20	3	0.097													
33	25	2.														
34																

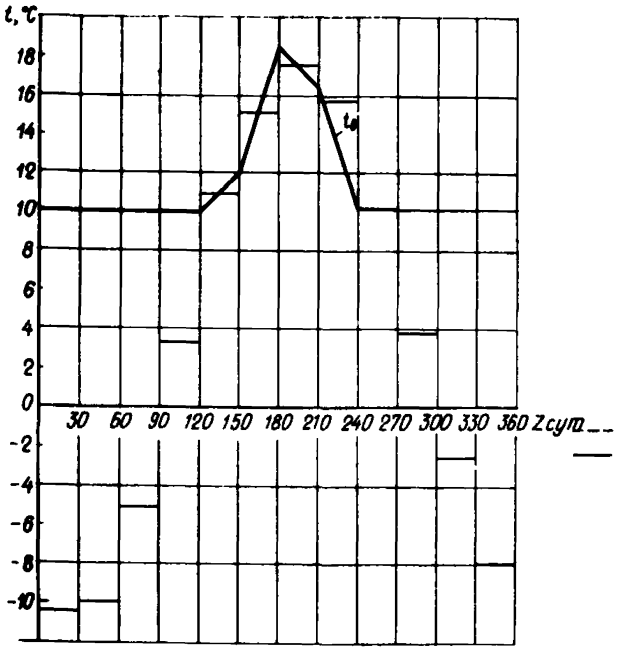

Рис. 24. Изменение температуры внутреннего воздуха в течение года в коровнике в климатических условиях г. Дмитрова Московской обл.

На рис. 26 ломаной линией изображено изменение $\varphi_н^{усл}$. Значения $\varphi_н^{усл}$ задаются перфокартой № 6.

13.4. Коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхностей покрытия принимаются постоянными и в соответствии со СНиП II-3-79 "Строительная теплотехника" равными $\alpha_в$ = 7,5 ккал/(м^2 · ч · °С) и $\alpha_н$ = 20 ккал/(м^2 · ч · °С). Эти значения набиты на перфокартах № 7 и 8.

13.5. В рассматриваемой ограждающей конструкции используются следующие материалы: железобетон (первый материал), минераловатные плиты (второй материал) и рулонный ковер, который учитывается только сопротивлением паропроницанию наружной поверхности ограждения.

Теплотехнические характеристики железобетона принимаются такими же, как в примере 12. Они набиты на перфокартах № 9 – № 16.

Теплотехнические характеристики минеральной ваты принимаются аналогично характеристикам железобетона и набиты на перфокартах № 17 – № 24.

13.6. Ограждающая конструкция разбивается на пять расчетных слоев: два слоя железобетона по 0,015 м и три слоя минеральной ваты – 0,03; 0,03 и 0,04 м; номер материала (второй) третьего, четвертого и пятого слоев задан перфокартой № 25, шаги разбиения – перфокартой № 26.

Сопротивление паропроницанию внутренней поверхности принимается равным 0,2 м^2 · ч · мм рт. ст/г, величина, обратная этому значению, набита на перфокарте № 27. Сопротивление паропроницанию наружной поверхности принимается согласно строке 25 табл. 8 прил. 7, равным 31,1 м^2 · ч · мм рт. ст/г; величина, обратная этому значению, набита на перфокарте № 28.

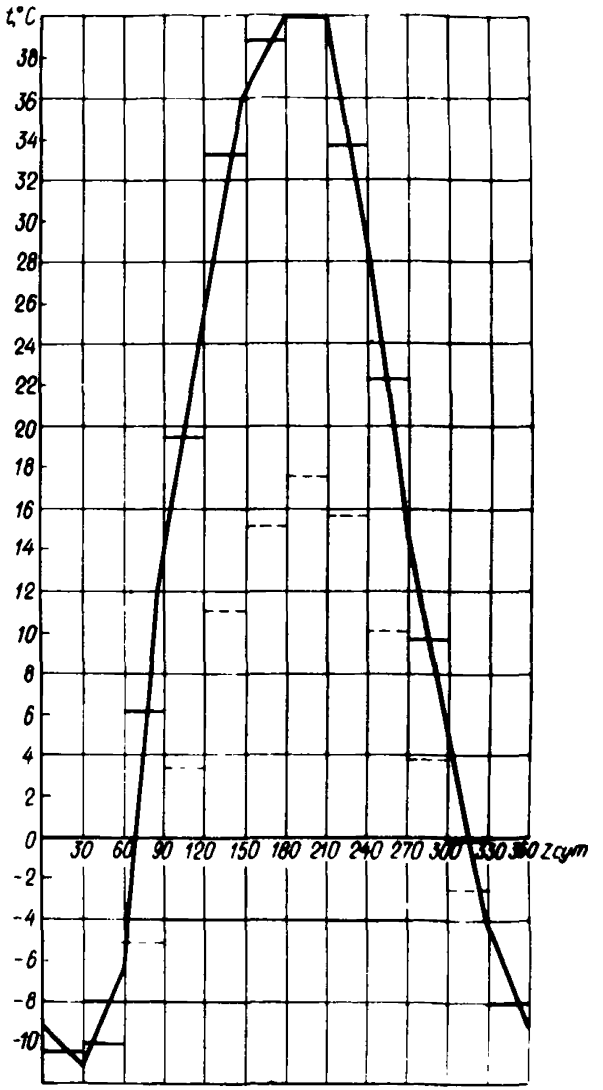

Рис. 25. Изменение в течение года условной температуры наружного воздуха для покрытия коровника в климатических условиях г. Дмитрова Московской обл.

Начальная весовая влажность железобетона принимается равной 1%, минеральной ваты — 1,1%, это соответствует относительной влажности воздуха в порах материалов $\varphi = 90\%$. Эти значения набиты на перфокарте № 29.

Временной шаг, время расчетного периода и время начала расчета не задается. Время окончания расчета принимается равным 3 годам и набито на перфокарте № 30.

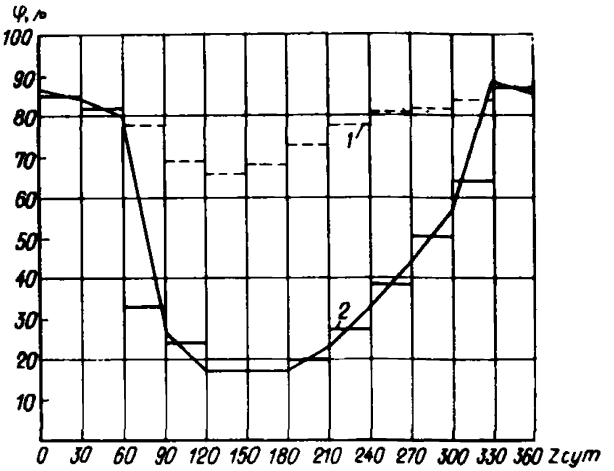

Рис. 26. Изменение в течение года условной относительной влажности наружного воздуха в климатических условиях г. Дмитрова Московской обл.
1 — среднемесячные значения $\varphi_н$ *2* — среднемесячные значения $\varphi_н^{усл}$

Последняя перфокарта № 31 в колоде с исходными данными пустая.

13.7. Расчет этого примера на ЭВМ М-4030 потребовал 1 ч 44 мин машинного времени. По результатам расчета составлена табл. 11 (прил. 8).

Для сравнения рассчитан влажностный режим ограждения конструкции с пароизоляционным слоем в третьей расчетной плоскости (рубероид, наклеенный на горячем битуме и покрытый сверху битумом, согласно строке 30 табл. 9 прил. 7 $R_п$ = 12,3 (м^2 · ч · мм рт. ст)/г. Влажностный режим этой ограждающей конструкции рассчитывается за 2 года эксплуатации. Соответствующие три перфокарты: № 31, 32, 33 добавляются в конец колоды, перфокарта № 34 пустая.

Расчет примера на ЭВМ М-4030 потребовал 1 ч 9 мин. По результатам расчета составлена табл. 12 прил. 8.

Для сравнения влажностных режимов ограждающих конструкций А и Б составлена табл. 13 прил. 8 и рис. 27.

13.8. Проведенные расчеты позволяют сделать следующие выводы:

1. Процесс влагонакопления и сушки становится квазистационарным на второй год эксплуатации здания, при условии, что начальная влажность материалов конструкции ниже максимальной сорбционной.

2. Накопление влаги в слое минеральной ваты происходит с сентября по февраль, сушка — с марта по апрель, в остальные месяцы влажностное состояние утеплителя неизменно. Накопление влаги в слое железобетона происходит в марте и апреле, сушка — в мае, в остальные месяцы влажностное состояние железобетона неизменно.

3. Максимальное значение средней весовой влажности минеральной ваты в конструкции А составляет 4,5%, в конструкции Б — 2,3%. Эти величины меньше, чем расчетная весовая влажность минеральной ваты при условиях эксплуатации Б, равная 5% по СНиП II-3-79.

4. Приращение средней весовой влажности минеральной ваты за период влагонакопления составляет для конструкции А 4,2%, для конструкции Б — 2,1%. Первая из этих величин больше, а вторая меньше, чем предельно допустимое приращение расчетной весовой влажности минеральной ваты за период влагонакопления, равное 3% по СНиП II-3-79.

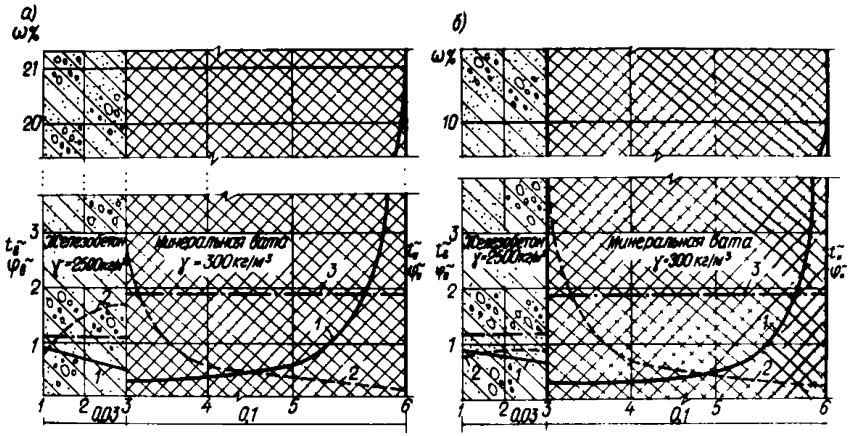

Рис. 27. Распределение весовой влажности по толщине покрытия коровника

а) без слоя пароизоляции; б) с пароизоляцией; *1* – в феврале; *2* – в апреле; *3* – максимальная сорбционная влажность

5. Максимальная весовая влажность минеральной ваты достигает для конструкции А – 20,8%, для конструкции Б – 9,8%. Эти значения соответствуют объемной влажности 6,2% и 2,9% и наблюдаются в слое, прилегающем к рулонному ковру.

6. Влажностное состояние минеральной ваты не вызывает потери теплозащитных свойств обеих конструкций. Однако в конструкции А в отдельные годы может достигаться в зимние месяцы большая влажность в слое утеплителя, примыкающем к рулонному ковру. В связи с этим конструкция Б предпочтительнее.

7. Максимальное значение средней весовой влажности железобетона составляет для конструкции А – 1,4%, для конструкции Б – 0,9%. Максимальная весовая влажность железобетона достигает для конструкции А – 1,7%, для конструкции Б – 0,9%. Все эти величины меньше, чем расчетная весовая влажность железобетона при условиях эксплуатации Б, равная 3% по СНиП II-3-79.

8. Приращение средней весовой влажности железобетона за период влагонакопления составляет для конструкции А – 0,7%, для конструкции Б – 0,2%. Эти величины меньше, чем предельно допустимое приращение расчетной весовой влажности железобетона за период влагонакопления, равное 2% по СНиП II-3-79.

9. Влажностное состояние железобетона является удовлетворительным.

10. Влажностное состояние ограждающих конструкций А и Б является удовлетворительным. Применение конструкции Б с более благоприятным влажностным режимом предпочтительнее.

Примечание. Расчеты по разделам 12 и 13 выполнены при участии инж. З.С. Канышкиной.

Приложение 1

ЧИСЛЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ЭМПИРИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ВОДЫ В МАТЕРИАЛЕ

Значения параметров α, β, a, b, характеризующих фазовый состав воды в строительном материале в области температур ниже температуры замерзания поровой воды (раствора) в этом материале, приведены в таблице. Для керамзитобетона, глиняного (красного) обыкновенного кирпича, цементно-песчаного раствора, тяжелого бетона приведены экспериментальные данные.* Для минеральной ваты и пенополистирола данные имеют предположительный характер.

Таблица 6

Параметры, характеризующие фазовый состав воды в строительном материале

Название материала	Параметры			
	a	b	α	β
Керамзитобетон	–4,45	0,93	0,13	1,76
Тяжелый бетон	–2,75	–2,42	0,33	–0,075
Цементно-песчаный раствор	–3,85	3,35	0,26	1,19
Глиняный (красный) обыкновенный кирпич	–0,24	–5,95	0,02	0,32
Минеральная вата и пенополистирол	–0,5	–0,3	0,0	0,0

*Экспериментальные данные фазового состава опубликованы в книге К.Ф. Фокина. – "Строительная теплотехника ограждающих частей зданий". М., Стройиздат, 1973.

Приложение 2

РАСЧЕТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ ДЛЯ УЧЕТА ВЛИЯНИЯ ВЕНТИЛИРУЕМОЙ ПРОСЛОЙКИ В ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ

Температура и парциальное давление водяного пара воздуха в вентилируемой прослойке определяется следующим образом:

$$C_p \rho V \frac{\partial t_в^n}{\partial \tau} = c_{p\rho} \omega \Delta t_в^n S_1 + \alpha_t^n (t_{в.п} + t_{н.п} - 2t_в^n) S_2 \; ; \qquad (43)$$

$$\frac{\mu_n V}{R} \frac{\partial}{\partial \tau} \left(\frac{P_в^n}{T_в^n} \right) = - \frac{\mu_n}{R} \omega \Delta \left(\frac{P_в^n}{T_в^n} \right) S_1 + \alpha_m^n \left(P_{в.п} + P_{н.п} - 2P_в^n \right) S_2 ; \qquad (44)$$

$$T_в^n = t_в^n + 273, \qquad (45)$$

где $t_в^n$ – локальная температура в воздушной прослойке, °С;

$P_в^n$ – локальное парциальное давление водяного пара в воздушной прослойке, гПа;

$t_{в.п}, t_{н.п}$ – локальная температура поверхностей, соответственно, внутренней и наружной стенок со стороны воздушной прослойки, °С;

$p_{в.п}, p_{н.п}$ – локальное парциальное давление водяного пара в порах поверхностей соответственно внутренней и наружной стенок со стороны воздушной прослойки, гПа;

V – объем рассматриваемого элемента воздушной прослойки, м^3;

S_1, S_2 – площади поверхностей рассматриваемого элемента воздушной прослойки соответственно поперек и вдоль ппрослойки, м^2;

ω – скорость движения воздуха в воздушной прослойке, м/с;

$\Delta t_в^n$ – разность температур по длине воздушной прослойки элемента объема, °С ; $\frac{p_в}{T_в^n}$

$\Delta \frac{p_в^n}{T_в^n}$ – разность величин ( ) по длине воздушной прослойки элемента объема, гПа/К;

$\mu_п$ – масса миломоля водяного пара, кг/кмоль;

R – универсальная газовая постоянная, кДж/ (кмоль · К) ;

ρ – плотность воздуха, кг/м^3.

Скорость $\vec{\omega}$ движения воздуха в воздушной прослойке может быть определена следующим образом (1) :

$$|\vec{\omega}| = \frac{1}{2}\sqrt{2gl\beta_т (T_{max} - T_{min})} \quad , \tag{46}$$

где $\beta_{вт}$ – коэффициент объемного расширения влажного воздуха, (К)$^{-1}$;

T_{max}, T_{min} – соответственно, максимальная и минимальная температуры воздуха в воздушной прослойке, К;

l – длина воздушной прослойки, м;

g – ускорение свободного падения тел для рассматриваемой местности, м/с^2.

Коэффициенты теплообмена α_t^n и массообмена α_m^n между поверхностью воздушной прослойки и воздухом в ней определяются с помощью эмпирических соотношений:

$$\alpha_t^n = \alpha_{t\,к}^n - \alpha_{t\,л}^n \tag{47}$$

$$\alpha_{t\,л}^n = 3{,}3\left[1 + 0{,}035\,(T_п - 273)\right] ; \tag{48}$$

$$\alpha_{t\,к}^n = 0{,}36\,\lambda_c \left[\frac{g\beta Pr\,(\Delta T_п)}{\nu^2 L}\right]^{1/4} ; \tag{49}$$

$$\alpha_m^n = \frac{\mu_п}{\mu_в} \cdot \frac{1}{c_p P_A}\, \alpha_{t\,к}^n \quad , \tag{50}$$

где $\alpha_{t\,к}^n, \alpha_{t\,л}^n$ – соответственно конвективная и лучистая составляющие коэффициента теплообмена в воздушной прослойке, Вт/ (м^2 · К) ;

$T_п$ – средняя температура поверхности воздушной прослойки, К;

$(\Delta T)_п$ – разность температур поверхностей воздушной прослойки, К;

λ_c – коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/ (м · К) ;

ν – коэффициент кинематической вязкости, м^2/с;

L – ширина воздушной прослойки, м;

Pr – критерий Прандтля;

$\mu_в$ – масса киломоля воздуха, кг/кмоль.

Текст программы расчёта влажностного состояния ограждающих конструкций многофакторным методом.

```
      PROGRAM BPLUWT
      IMPLICIT INTEGER(Z)
      DIMENSION KP1(6Ø)
      COMMON/XYZ/I,J,Z,I1,I2,I3,I4,I5,I6,I7,J1,J2,
     1  J3,Z1,MAS,NTIPE,KP,KE,KAP(8),NST,RST
      COMMON  T(8),V(8),VF(9)
      COMMON/CON/VS1,VS2,EP1,EP3,UM,OM,OMM,DE1,DE2,
     1  TI1,P1,CWA,CICE,CPA,DPR
      COMMON/EXT/NJ,TI2,TI3,TI4,P2,P3,P4,KMO(15Ø),
     1  TR(15Ø),PR(15Ø),TV(15Ø),PV(15Ø)
      COMMON/ACT/A1(6),A2(6),B1(6),B2(6),C(6),F1(6),
     1  F2(6),C(6)
      COMMON/IN/R(2Ø),PEI(2Ø),PEQ(2Ø)
      COMMON/FR/ALFA(7),BETA(7),AFR(7),BFR(7)
      COMMON/CEN/TW,VW,UNF,V9,T9,SQ1,SQ2,SQ3,LPE7,
     1  LPE8,LPE9,K,IVR1,IVR2
      COMMON/SOR/SNA(6),SMA(6),AL(6),AM(6)
      COMMON/ERR/MV,SW1,SW2,SW3,UL(2Ø)
      COMMON/KWR/MWR,KWR,NWR,NUM5
      COMMON/DIF/DIF1,DIF2,DIF3,DIF4,DIF5
      DEFINE FILE 8(8Ø,4ØØ,L,KB)
      NAMELIST/LIST1/I1,I2,I3,I4,I5,I6,I7,J1,J2,
     1  J3,Z1,K,NUM5,MAS,NTIPE,KP,KE,NO,NC,NCO,
     2  MWR,KWR,NWR,VS1,VS2,EP1,EP3,R1,R3,
     3  UM,OM,OMM,DE1,DE2,TI1,TI2,P1,P2,CWA,
     4  CICE,CPA,DPR,SW3,RST,SLB,SLM
     5  /LIST4/NJ,KMO,TR,PR,TV,PV/LIST8/ALFA,
     6  BETA,AFR,BFR/LIST9/AL,AM,SNA,SMA/LIST1Ø/KP1
      NR=1
      NW=3
```

```
      READ(NR,LIST1)
      READ(NR,LIST4)
      READ(NR,LIST8)
      READ(NR,LIST9)
      WRITE(NW,LIST1)
      WRITE(NW,LIST4)
      WRITE(NW,LIST8)
      WRITE(NW,LIST9)
      CALL BPCO1(NR,NW)
      LPE1=KMO(NUM5-1)+INT(K*DE1)
      SW1=0
      MV=0
      DIF1=0
      DIF2=0
      DIF4=0
      DIF5=0
      SW1=0
      CALL BPMM10(NR,NW)
      CALL BPMI10(NR,NW)
    6 IF(NO.EQ.1) GO TO 7
      IF(NTIPE.EQ.0) GO TO 7
      CALL BPMI4(SLB)
    7 CALL BPCABO(NO,LPE1,NUM5,ME,SLM)
      IF(NO.EQ.0) GO TO 8
      IF(ME.EQ.2) GO TO 26
    8 CALL BPMI1(ME,NCO)
      IF(ME.EQ.1) GO TO 9
      CALL BPMM8(SN1,SN2,SN3,X1,SLM)
      CALL BPWTP(NCO,NC,SN1,SN2,SN3,X1)
      IF(VW.LE.0) GO TO 26
      CALL BPCO2
      CALL BPMM9(VM1)
```

```
      IF(MAS.EQ.3) UNF=.25*UNF
       UNF=UNF/(10.*TW*VN1)
       GO TO 26
    9  STI=FLOAT(I)+.5
       NST=0
       SQ4=0
       SQ3=0
       DO I23 NUM1=1,4
I23    UL(NUM1)=0
       SQ1=0
       SQ2=0
       LPE7=0
       LPE8=0
       LPE9=0
       VW=V(4)
       TW=T(4)
       UNF=VF(4)
       M=1
       MET2=1
       MET3=1
       CALL BPMM1(STI,SN1,NUM1,NUM2,ME)
       IF(NST.EQ.0) GO TO I20
       VF(2)=V(1)
       VF(9)=0
I20    GO TO (I22,I2I),ME
C        CALCULATION POINT IN AIR
I2I    CALL BPPAIR(NC,NO,NCO,NUM1,NUM2,R1,SN1)
C        CALCULATION COEFICIENTS
I22    CALL BPCOEF(M,R3,SN4,SN8,ST7,ST8,ST17,ST18)
       GO TO (I0,I2,I4),MET3
 I0 IF(STI.LT.FLOAT(I)) GO TO II
```

```
      IF(LPE7.NE.0) GO TO I7
       NUM1=I+1
       NUM2=2
       CALL BPMM4(NUM1,SN1)
       GO TO I6
   II IF(LPE7.NE.0) GO TO I7
       NUM1=I
       NUM2=1
       CALL BPMM4(NUM1,SN1)
       GO TO I6
   I2 IF(LPE7.NE.0) GO TO I9
      IF(STJ.LT.FLOAT(J)) GO TO I3
       NUM1=J+1
       NUM2=4
       CALL BPMM5(NUM1,SN1)
       GO TO I6
   I3 IF(LPE7.NE.0) GO TO I9
       NUM1=J
       NUM2=3
       CALL BPMM5(NUM1,SN1)
       GO TO  I6
   I4 IF(STZ.LT.FLOAT(Z)) GO TO I5
       NUM1=Z+1
       NUM2=6
       CALL BPMM6(NUM1,SN1)
       GO TO I6
   I5  NUM1=2
       NUM2=5
       CALL BPMM6(NUM1,SN1)
C       CALCULATION FINISHED COEFICIENTS
   I6  CALL BPCOFI(NUM2,M,SN1,SN4,SN8,ST7,ST8,R1,SQ4,
     / ST17,ST18)
```

```
I26.          GO TO (I7,I9,2I),MET2
I27.     I7   LPE7=0
I28.          IF(STI.GT.FLOAT(I)) GO TO I8
I29.          IF(MAS.EQ.1) GO TO 22
I30.          STJ=FLOAT(J)+.5
I3I.          VW=V(6)
I32.          TW=T(6)
I33.          UNF=VF(6)
I34.          LPE9=1
I35.          MET2=2
I36.          MET3=2
I37.          CALL BPMM2(STJ,SN1,NUM1,NUM2,ME)
I38.          GO TO (I22,I2I),ME
I39.     I8   STI=STI-1.
I40.          VW=V(3)
I4I.          TW=T(3)
I42.          M=2
I43.          UNF=VF(3)
I44.          MET2=1
I45.          CALL BPMM1(STI,SN1,NUM1,NUM2,ME)
I46.          GO TO (I22,I2I),ME
I47.     I9   LPE7=0
I48.          IF(STJ.GT.FLOAT(J)) GO TO 20
I49.          IF(MAS.EQ.2) GO TO 22
I50.          STZ=FLOAT(Z)+.5
I5I.          VW=V(8)
I52.          TW=T(8)
I53.          UNF=VF(8)
I54.          LPE9=2
I55.          MET2=3
```

```
I56.          MET3=3
I57.          CALL BPMM3(STZ,ME)
I58.          GO TO I22
I59.     20   STJ=STJ-1.
I60.          VW=V(5)
I6I.          TW=T(5)
I62.          UNF=VF(5)
I63.          CALL BPMM2(STJ,SN1,NUM1,NUM2,ME)
I64.          GO TO (I22,I2I),ME
I65.     2I IF(STZ.LT.FLOAT(Z)) GO TO 22
I66.          LPE7=0
I67.          VW=V(7)
I68.          TW=T(7)
I69.          UNF=VF(7)
I70.          STZ=STZ-1.
I7I.          CALL BPMM3(STZ,ME)
I72.          GO TO I22
I73.     22   CALL BPCOR1(M,NUM1,SN6)
I74.          IF(M.EQ.1) GO TO 23
I75.          CALL BPMI5(TI5,P5)
I76.          CALL BPMM7(NUM1)
I77.          CALL BPCOR2(SN6,R1,TI5,P5)
I78.C      CALCULATION WATER CONTENT IN THE WALL
I79.     23   CALL BPWATE(SN1,SN4,SN8,SN9,STJ,SQ4)
I80.          NUM1=0
I8I.          IF(NST.EQ.1) GO TO 28
I82.          STZ=V(1)
I83.          STI=STZ-V9
I84.          GO TO 30
I85.     28   STZ=VF(1)
I86.          STI=STZ-UNF
```

```
I87.     30 IF(ABS(STI).LE.OMM) GO TO 24
I88.C      CALCULATION WATER CONTENT AT THE SURFACES
I89.        IF(SN8.NE.0) GO TO I24
I90.         R(2)=R(2)+SN4-STJ*SNA(5)
I9I.         SN8=STJ*SNA(5)/(1.-DE2*T(1))
I92.    I24  VW=R(2)/SN8
I93.         STJ=(DE1/SQ2)*ALOG(1.+SN8)
I94.         STI=0
I95.        IF(STJ.LE.IO.) STI=(STZ-VT)*EXP(-STJ)
I96.         VW=VW+STI
I97.        IF(NST.EQ.0) V9=VW
I98.        IF(NST.EQ.1) UNF=VW
I99.         NUM1=1
200.     24 IF(V9.LT.EP1) V9=EP1
20I.        IF(UNF.LT.EP1) UNF=EP1
202.        IF(V9.GT.UM) V9=UM
203.        IF(UNF.GT.UM) UNF=UM
204.        IF(NUM1.EQ.0) GO TO 25
205.        IF(NST.EQ.1) GO TO 25
206.         CALL BPSUTE(SN1,SN9)
207.     25  CALL BPUNFR(NST,SQ4)
208.         ME=1
209.        IF(MV.EQ.1) GO TO 26
2I0.         SW1=SW1+SQ2*V9
2II.        IF(NST.EQ.1) SW1=SW1+SQ4*UNF
2I2.        IF(DIF5.EQ.0) DIF4=DIF4+SQ2*(V9-V(1))
2I3.     26  CALL BPMI2(ME,NO)
2I4.C        CHOOSE NEW POINT FOR CALCULATION
2I5.         CALL BPNPO(M)
2I6.        IF(M.EQ.1) GO TO 29
2I7.         CALL BPBOU(ME)
```

LISTING PROGRAM BPLUWT

```
      IF(NO.EQ.0) GO TO 8
       GO TO (8,26),ME
   29  K=K+1
      IF((K+1).EQ.KP) MV=0
      IF(K.LT.KP) GO TO 27
       KP=KP+KP1
C       PRINT RESULTS
      CALL BPMI3
      SW1=0
      MV=1
   27 IF(K.LT.KE) GO TO 6
        STOP
        END
```

```
      SUBROUTINE BPPAIR(NC,NO,NCO,NU1,NU2,R1,SN1)
      IMPLICIT INTEGER(Z)
      COMMON /XYZ/ I,J,Z,I1,I2,I3,I4,I5,I6,I7,J1,
     / J2,J3,Z1,MAS,NTIPE,KP,KE,KAP(8),NST,RST
      COMMON    T(8),V(8),VF(9)
      COMMON /IN/ R(20),PEI(20),PEQ(20)
      COMMON /GEN/ TW,VW,UNF,V9,T9,SQ1,SQ2,SQ3,
     / LPE7,LPE8,LPE9,K,IVR1,IVR2
      COMMON /SOR/ SNA(6),SMA(6),AL(6),AM(6)
      COMMON /CON/ VS1,VS2,EP1,EP3,UM,OM,OMM,
     / DE1,DE2,TI1,P1,CMA,CICE,CPA,DPR
      COMMON /ACT/ A1(6),A2(6),B1(6),B2(6),C(6),
     / F1(6),F2(6),G(6)
      COMMON /EXT/ NJ,TI2,TI3,TI4,P2,P3,P4,KMO(150
     / ),TR(150),PR(150),TV(150),PV(150)
      NU4=NU1+2
      NU3=NU1+6
```

```
      LPE7=2
      LPE8=1
     IF(NU2.EQ.2) GO TO I28
     IF(NU2.EQ.0) GO TO I27
     IF(NC.EQ.1) GO TO I30
I24  SN2=AL(1)
      SN3=AM(1)
     IF(IVR1.EQ.0) GO TO I25
      T(NU4)=R(15)
      R(NU3)=R(16)
      GO TO I29
I25  T(NU4)=R(13)
      R(NU3)=R(14)
      GO TO I29
I27  SN2=AL(2)
      SN3=AM(2)
      LPE8=3
     IF(NC.EQ.0) GO TO I29
I22 IF(IVR1.EQ.0) GO TO I23
      T(NU4)=TI4
      R(NU3)=P4
      GO TO I29
I23  T(NU4)=TI3
      R(NU3)=P3
      GO TO I29
I28 IF(NC.EQ.1) GO TO I24
I30  SN2=AL(3)
      SN3=AM(3)
     IF(NCO.EQ.1.AND.NTIPE.EQ.0) GO TO I22
      T(NU4)=TI1
      R(NU3)=P1
```

```
49.   I29  F1(NU1)=SN1*SN3
50.        C(NU1)=0
51.        G(NU1)=0
52.        A1(NU1)=SN1*SN2
53.        B1(NU1)=R1*F1(NU1)
54.        F2(NU1)=F1(NU1)
55.        R(18)=F1(NU1)
56.        R(19)=R(NU3)
57.        A2(NU1)=A1(NU1)
58.        B2(NU1)=B1(NU1)
59.        RETURN
60.        END

 1.        SUBROUTINE BPMM1(STM,SNN1,NU1,NU2,ME)
 2.C   SUBR. BPMM1 ALLOWED TO OBTAIN STEPS X,Y,Z,
 3.C                        TO INPUT DATA OF STEPS
 4.C
 5.        IMPLICIT INTEGER(Z)
 6.        DIMENSION DX(20),DY(15),DZ(15)
 7.        COMMON /XYZ/ I,J,Z,I1,I2,I3,I4,I5,I6,I7,
 8.       / J1,J2,J3,Z1,MAS,NTIPE,KP,KE,KAP(8),NST,RST
 9.        COMMON /IN/ R(20),PEI(20),PEQ(20)
10.        NAMELIST/LIST2/DX,DY,DZ
11.        ME=1
12.        GO TO 32
13.C
14.        ENTRY BPMM10(NR,NW)
15.        READ(NR,LIST2)
16.        WRITE(NW,LIST2)
17.        RETURN
18.    32 IF(MAS.LT.3) GO TO 45
19.       IF(STM.GT.1.) GO TO 33
```

LISTING PROGRAM RFLUWT

```
      NU2=1
      GO TO 44
   33 IF(STM.LT.FLOAT(I2).AND.J.EQ.1) GO TO 34
      GO TO 35
   34 NU2=0
      GO TO 44
   35 IF(STM.GT.FLOAT(I1)) GO TO 38
      KAP(3)=1
      KAP(4)=1
      IF(J.GT.2) GO TO 37
      KAP(1)=0
      IF(Z.NE.1) GO TO 36
      KAP(2)=0
      RETURN
   36 KAP(2)=1
      RETURN
   37 KAP(1)=1
      KAP(2)=1
      RETURN
   38 IF(STM.GT.FLOAT(I3)) GO TO 41
      KAP(3)=2
      KAP(4)=2
      IF(J.EQ.2.AND.STM.LT.FLOAT(I2)) GO TO 39
      KAP(1)=2
  138 IF(I.EQ.I3.AND.RST.NE.0) RST=1
      KAP(2)=2
      RETURN
   39 KAP(1)=0
      IF(Z.EQ.1) GO TO 40
      KAP(2)=2
      RETURN
```

LISTING PROGRAM BFLUWT

```
      40  KAP(2)=0
          RETURN
      41 IF(STM.GT.FLOAT(I4)) GO TO 43
          DO  42  NU2=1,4
      42  KAP(NU2)=3
          GO TO 138
      43  NU1=2
          NU2=2
     143  SNN1=.25*(DY(J)+DY(J+1))*(DZ(Z)+DZ(Z+1))
          ME=2
          RETURN
      44  NU1=1
          ME=2
          SNN1=.25*(DY(J)+DY(J+1))*(DZ(Z)+DZ(Z+1))
          IF(J.NE.2) RETURN
          SNN1=SNN1-.25*DY(J)*DZ(Z)
          IF(Z.EQ.1) SNN1=SNN1-.25*DY(J)*DZ(Z+1)
          RETURN
C
C          ONE/TWO-DIMENSION SPACE
      45 IF(STM.GT.FLOAT(I4)) GO TO 43
          IF(STM.GT.1.) GO TO 245
          NU1=1
          NU2=1
          GO TO 143
     245 IF(MAS.LT.2) GO TO 54
          IF(J.GE.J2) GO TO 48
          IF(STM.GT.FLOAT(I1)) GO TO 46
          KAP(1)=1
          KAP(3)=1
          GO TO 59
```

LISTING PROGRAM BFLUWT

```
 82.    46 IF(STM.GT.FLOAT(I3)) GO TO 47
 83.       KAP(1)=3
 84.       KAP(3)=3
 85.       GO TO 59
 86.    47 KAP(1)=5
 87.       KAP(3)=5
 88.       GO TO 59
 89.    48 IF(J.GT.J2) GO TO 54
 90.       IF(STM.GT.FLOAT(I1)) GO TO 49
 91.       KAP(1)=1
 92.       GO TO 51
 93.    49 IF(STM.GT.FLOAT(I3)) GO TO 50
 94.       KAP(1)=3
 95.       GO TO 51
 96.    50 KAP(1)=5
 97.    51 IF(STM.GT.FLOAT(I2)) GO TO 52
 98.       KAP(3)=2
 99.       GO TO 59
100.    52 IF(STM.GT.FLOAT(I5)) GO TO 53
101.   152 KAP(3)=4
102.       IF(J.LT.J3) KAP(3)=7
103.       IF(NTIPE.EQ.0) GO TO 59
104.       IF(J.LT.J3) GO TO 59
105.       IF(STM.LT.FLOAT(I6)) KAP(3)=0
106.       IF(STM.GT.FLOAT(I7)) KAP(3)=0
107.       GO TO 59
108.    53 KAP(3)=6
109.       GO TO 59
110.    54 IF(STM.GT.FLOAT(I2)) GO TO 55
111.       KAP(1)=2
112.       KAP(3)=2
```

```
II3.          GO TO 59
II4.     55 IF(STM.GT.FLOAT(I5)) GO TO 58
II5.        IF(J.GT.J3) GO TO 56
II6.         KAP(1)=7
II7.         GO TO I52
II8.     56 IF(NTIPE.EQ.0) GO TO I55
II9.        IF(STM.LT.FLOAT(I6)) GO TO 57
I20.        IF(STM.GT.FLOAT(I7)) GO TO 57
I2I.    I55  KAP(1)=4
I22.         KAP(3)=4
I23.         GO TO 59
I24.     57  NU2=0
I25.         NU1=1
I26.        IF(I.EQ.I2.OR.I.EQ.I7) NU1=2
I27.         GO TO I43
I28.     58  KAP(1)=6
I29.         KAP(3)=6
I30.     59  KAP(2)=KAP(1)
I3I.         KAP(4)=KAP(3)
I32.        IF(RST.EQ.0) RETURN
I33.        IF(I.EQ.I5) RST=1
I34.         RETURN
I35.0
I36.         ENTRY RPMM2(STM,SNN1,NU1,NU2,ME)
I37.         ME=1
I38.        IF(MAS.LT.3) GO TO 73
I39.        IF(STM.LT.2..AND.I.LT.I2) GO TO 60
I40.         GO TO 63
I4I.     60 IF(Z.EQ.1) GO TO 72
I42.         KAP(1)=0
I43.         KAP(4)=0
```

```
      IF(I.NE.1) GO TO 6I
       KAP(3)=1
       KAP(2)=0
       RETURN
   6I IF(I.GE.I1) GO TO 62
       KAP(3)=1
       KAP(2)=1
       RETURN
   62  KAP(3)=2
       KAP(2)=2
      IF(I.EQ.I1) KAP(2)=1
       RETURN
   63 IF(STM.LT.2..AND.I.EQ.I2) GO TO 64
       GO TO 65
   64  KAP(1)=0
       KAP(2)=0
       KAP(3)=2
       KAP(4)=2
      IF(Z.EQ.2) KAP(2)=2
       RETURN
65 IF(I.GT.1) GO TO 66
      KAP(1)=0
      KAP(2)=0
      KAP(3)=1
      KAP(4)=1
      RETURN
   66 IF(I.GT.I1) GO TO 68
       DO  67  NU2=1,4
   67  KAP(NU2)=1
      IF(I.NE.I1) RETURN
       KAP(3)=2
```

```
      KAP(4)=2
      RETURN
   68 IF(I.GT.I3) GO TO 70
      DO  69  NU2=1,4
   69 KAP(NU2)=2
      IF(I.NE.I3) RETURN
      KAP(3)=3
      KAP(4)=3
      RETURN
   70 DO  7I  NU2=1,4
   7I KAP(NU2)=3
      IF(I.NE.I4) RETURN
      KAP(3)=0
      KAP(4)=0
      RETURN
   72 NU1=3
  I72 NU2=0
      SNN#=.25*(DZ(Z)+DZ(Z+1))*(DX(I)+DX(I+1))
      ME=2
      RETURN
C
C       TWO-DIMENSION SPACE
   73 IF(STM.GT.FLOAT(J2)) GO TO 77
      IF(I.GE.I1) GO TO 74
      KAP(1)=1
      KAP(4)=1
      IF(I.EQ.1) KAP(1)=0
      GO TO 88
   74 IF(I.GE.I3) GO TO 75
      KAP(1)=3
      KAP(4)=3
```

```
206.          IF(I.EQ.I1) KAP(I)=1
207.           GO TO 88
208.      75  KAP(1)=5
209.           KAP(4)=5
210.          IF(I.EQ.I3) GO TO 76
211.          IF(I.EQ.I4) KAP(4)=0
212.           GO TO 88
213.      76  KAP(1)=3
214.           GO TO 88
215.      77 IF(I.GE.I2) GO TO 78
216.           KAP(1)=2
217.           KAP(4)=2
218.          IF(I.EQ.1) KAP(1)=0
219.           GO TO 88
220.      78 IF(I.GT.I5) GO TO 86
221.          IF(STM.GT.FLOAT(J3)) GO TO 79
222.           KAP(1)=7
223.           KAP(4)=7
224.           GO TO 85
225.      79  KAP(1)=4
226.           KAP(4)=4
227.          IF(NTIPE.EQ.0) GO TO 85
228.          IF(I.LT.I7.AND.I.GT.I6) GO TO 85
229.          IF(NTIPE.EQ.2) GO TO 82
230.          IF((I-I7).EQ.1) GO TO 84
231.          IF(I.EQ.I7) GO TO 81
232.           KAP(1)=0
233.           KAP(4)=6
234.           GO TO 88
235.      81  KAP(4)=0
236.           GO TO 85
```

```
237.    82 IF((I-I2).EQ.1) GO TO 84
238.       IF(I.EQ.I2) GO TO 83
239.        KAP(1)=0
240.        GO TO 88
241.    83  KAP(1)=2
242.        KAP(4)=0
243.        GO TO 88
244.    84  NU1=4
245.        GO TO I72
246.    85 IF(I.EQ.I2) KAP(1)=2
247.       IF(I.EQ.I5) KAP(4)=6
248.        GO TO 88
249.    86  KAP(1)=6
250.        KAP(4)=6
251.       IF(I.EQ.I4) KAP(4)=0
252.    88  KAP(2)=KAP(1)
253.        KAP(3)=KAP(4)
254.        RETURN
255.
256.        ENTRY BPMM3(STM,ME)
257.        ME=1
258.       IF(I.GT.I2) GO TO 92
259.       IF(J.GT.2) GO TO 90
260.       IF(STM.GT.2.) GO TO 90
261.        KAP(1)=0
262.        KAP(3)=1
263.       IF(I.GE.I1) KAP(3)=2
264.        KAP(2)=0
265.       IF(J.EQ.1) GO TO 89
266.       IF(I.GT.1) KAP(2)=1
267.       IF(I.GT.I1) KAP(2)=2
```

```
      89 · KAP(4)=0
         IF(I.NE.I2) KAP(4)=2
          RETURN
      90 IF(I.GE.I1) GO TO 92
         DO  9I  NU2=1,4
      9I  KAP(NU2)=1
         IF(I.NE.1) RETURN
          KAP(1)=0
          KAP(2)=0
          RETURN
      92 IF(I.GE.I3) GO TO 293
         DO  292  NU2=1,4
     292  KAP(NU2)=2
         IF(I.NE.I1) RETURN
          KAP(1)=1
          KAP(2)=1
          RETURN
     293  DO  294  NU2=1,4
     294  KAP(NU2)=3
         IF(I.EQ.I4) GO TO 295
         IF(I.GT.I3) RETURN
          KAP(1)=2
          KAP(2)=2
          RETURN
     295  KAP(3)=0
          KAP(4)=0
          RETURN
          ENTRY BPM94(NU1,SNN1)
          SNN1=DX(NU1)
          R(1)=DY(J)*DZ(Z)
          R(2)=DY(J)*DZ(Z+1)
```

```
      R(3)=DY(J+1)*DZ(Z+1)
      R(4)=DY(J+1)*DZ(Z)
      RETURN
      ENTRY BPMM5(NU1,SNN1)
      SNN1=DY(NU1)
      R(1)=DX(I)*DZ(Z)
      R(2)=DX(I)*DZ(Z+1)
      R(3)=DX(I+1)*DZ(Z+1)
      R(4)=DX(I+1)*DZ(Z)
      RETURN
      ENTRY BPMM6(NU1,SNN1)
      SNN1=DZ(NU1)
      R(1)=DX(I)*DY(J)
      R(2)=DX(I)*DY(J+1)
      R(3)=DX(I+1)*DY(J+1)
      R(4)=DX(I+1)*DY(J)
      RETURN
      ENTRY BPMM7(NU1)
      IF(NU1.NE.0) GO TO 93
      R(3)=.5*(DY(J)*(DZ(Z)+DX(I))+DZ(Z)*DX(I))
      RETURN
   93 IF(NU1.NE.1) GO TO 94
      R(3)=.25*(DY(J)+DX(I))*(DZ(Z)+DZ(Z+1))
      RETURN
   94 IF(NU1.NE.2) GO TO I94
      R(3)=.25*(DY(J)+DZ(Z))*(DX(I)+DX(I+1))
      RETURN
  I94 IF(NU1.NE.3) GO TO I95
      R(3)=.5*(DX(I)+DY(J+1))*DZ(Z)
      RETURN
  I95 R(3)=.5*(DX(I+1)+DY(J+1))*DZ(Z)
```

```
330.          RETURN
331.          ENTRY BPMM8(SNN1,SNN2,SNN3,X1,SLM)
332.          SNN3=DZ(1)
333.         IF(MAS.EQ.3) GO TO 201
334.          SNN1=DX(I)+DX(I+1)
335.          SNN2=.5*(DY(J)+DY(J+1))
336.         IF(J.LE.(J3+3)) X1=0
337.          X1=X1+(DY(J-1)+DY(J))/SLM
338.          RETURN
339.    201   SNN1=DY(J)+DY(J+1)
340.          SNN2=.5*(DX(I)+DX(I+1))
341.          SNN3=2.*SNN3
342.         IF(I.LE.3) X1=0
343.          X1=X1+(DX(I-1)+DX(I))/SLM
344.          RETURN
345.          ENTRY BPMM9(VN1)
346.         IF(MAS.EQ.3) GO TO 204
347.          VN1=.5*SNN2*DX(I-1)*SNN3
348.         IF(LPE7.EQ.1) GO TO 203
349.          KAP(1)=2
350.          KAP(2)=2
351.         IF(NTIPE.EQ.2) RETURN
352.    202   KAP(1)=4
353.          KAP(2)=4
354.          RETURN
355.    203 IF(NTIPE.EQ.2) GO TO 202
356.          KAP(1)=6
357.          KAP(2)=6
358.          RETURN
359.    204   VN1=.5*SNN2*SNN3*DY(3)
360.          KAP(1)=1
```

LISTING PROGRAM BPLUWT

```
      KAP(2)=1
      IF(I.GE.I1) KAP(2)=2
      IF(I.GT.I1) KAP(1)=2
      RETURN
      END

      SUBROUTINE BPMI1(ME,NCO)
C     DATA OF TEMPERATURE AND WATER CONTENT
C
      IMPLICIT INTEGER(Z)
      DIMENSION TE1(19,14,8),TE2(19,14,8),U1(19,
     / 14,8),U2(19,14,8),UUN(19,14,8),SQ(3)
      COMMON /XYZ/ I,J,Z,I1,I2,I3,I4,I5,I6,I7,J1,
     / J2,J3,Z1,MAS,NTIPE,KP,KE,KAP(8),NST,RST
      COMMON      T(8),V(8),VP(9)
      COMMON /GEN/ TW,VW,UNF,V9,T9,SQ1,SQ2,SQ3,
     / LPE7,LPE8,LPE9,K,IVR1,IVR2
      COMMON /ERR/ MV,SW1,SW2,SW3,UL(20)
      COMMON /DIF/ DIF1,DIF2,DIF3,DIF4,DIF5
      COMMON /KWR/ MWR,KWR,NWR,NUM5
      NAMELIST/LIST5/TE1,TE2/LIST6/U1,U2/LIST7/UUN
      GO TO 98
      ENTRY BPMI10(NR,NW)
      READ 97,(SQ(I),I=1,3)
97    FORMAT(3A4)
      READ(NR,LIST5)
      READ(NR,LIST6)
      READ(NR,LIST7)
      GO TO III
98    T(1)=TE2(I,J,Z)
      T(2)=TE1(I,J,Z)
      V(1)=U2(I,J,Z)
```

```
27.          V(2)=U1(I,J,Z)
28.          VF(1)=UUN(I,J,Z)
29.          IF(I.EQ.1) GO TO 99
30.          T(3)=TE2(I-1,J,Z)
31.          V(3)=U2(I-1,J,Z)
32.          VF(3)=UUN(I-1,J,Z)
33.    99 IF(I.EQ.I4) GO TO I00
34.          T(4)=TE2(I+1,J,Z)
35.          V(4)=U2(I+1,J,Z)
36.          VF(4)=UUN(I+1,J,Z)
37.   I00 IF(MAS.EQ.1) GO TO II
38.          IF(J.EQ.2.AND.MAS.EQ.3) GO TO I06
39.          IF(J.EQ.1) GO TO I0I
40.          T(5)=TE2(I,J-1,Z)
41.          V(5)=U2(I,J-1,Z)
42.          VF(5)=UUN(I,J-1,Z)
43.   I0I IF(J.EQ.J1) GO TO I02
44.          T(6)=TE2(I,J+1,Z)
45.          V(6)=U2(I,J+1,Z)
46.          VF(6)=UUN(I,J+1,Z)
47.          GO TO I03
48.    94    NR=5
49.          GO TO 96
50.    95    NR=6
51.    96    T(NR)=T(1)
52.          V(NR)=V(1)
53.          VF(NR)=VF(1)
54.          RETURN
55.   I02 IF(NCO.EQ.1) GO TO 95
56.          T(6)=T(5)
57.          V(6)=V(5)
```

```
      VF(6)=VF(5)
103 IF(J.NE.1) GO TO 104
    IF(NCO.EQ.1) GO TO 94
      T(5)=T(6)
      V(5)=V(6)
      VF(5)=VF(6)
104 IF(MAS.EQ.2) GO TO 11
      T(8)=TE2(I,J,Z+1)
      V(8)=U2(I,J,Z+1)
      VF(8)=UUN(I,J,Z+1)
    IF(Z.NE.1) GO TO 105
      T(7)=T(8)
      V(7)=V(8)
      VF(7)= VF(8)
      GO TO 11
105  T(7)=TE2(I,J,Z-1)
      V(7)=U2(I,J,Z-1)
      VF(7)=UUN(I,J,Z-1)
      GO TO 11
106 IF(Z.NE.1) GO TO 107
      T(7)=TE2(I,J+1,Z)
      V(7)=U2(I,J+1,Z)
      VF(7)=UUN(I,J+1,Z)
      GO TO 108
107  T(7)=TE2(I,J,Z-1)
      V(7)=U2(I,J,Z-1)
      VF(7)=UUN(I,J,Z-1)
108  T(5)=T(7)
      V(5)=V(7)
      VF(5)=VF(7)
    IF(J.EQ.J1.OR.Z.EQ.1) GO TO 109
```

```
      T(6)=TE2(I,J+1,Z)
      V(6)=U2(I,J+1,Z)
      VF(6)=UUN(I,J+1,Z)
      GO TO 110
 109  T(6)=T(7)
      V(6)=V(7)
      VF(6)=VF(7)
 110  T(8)=T(6)
      V(8)=V(6)
      VF(8)=VF(6)
  11  IF(RST.EQ.0) RETURN
      IF((I-15).EQ.1) VF(3)=V(3)
      IF((15-I).EQ.1) V(4)=VF(4)
      RETURN
C
      ENTRY BPMI2(ME,NO)
      TE1(I,J,Z)=TE2(I,J,Z)
      U1(I,J,Z)=U2(I,J,Z)
      TE2(I,J,Z)=T9
      U2(I,J,Z)=V9
      UUN(I,J,Z)=UNF
      IF(ME.EQ.1) RETURN
      IF(NO.EQ.1) RETURN
      IF(VW.LE.0) RETURN
      IF(MAS.EQ.3) GO TO 12
      N1=I-1
      IF(LPE7.EQ.1) N1=I+1
      NR=J
      GO TO 13
  12  N1=I
      NR=J
```

```
I20.     I3  U2(~,NR,Z)=U2(N1,NR,Z)+UNF
I21.         RETURN
I22.C
I23.         ENTRY BPMI3
I24.         GO TO II3
I25.    III  PRINT II2,NTIPE
I26.         PRINT I27,(SQ(I),I=1,3)
I27.    I27  FORMAT(50X,3A4)
I28.    II2  FORMAT(10X,37HTEMPERATURE AND WATER CONTENT
              NTIPE= ,I3)
I29.    II3  PRINT II4,K
I30.    II4  FORMAT(/30X,3HK= ,I4)
I31.         DO  II5  J=1,J1
I32.         N1=J
I33.        IF(MAS.EQ.2) N1=Z1
I34.         DO  II5  Z=1,N1
I35.         PRINT I22,(TE2(I,J,Z),I=1,I4)
I36.    I22  FORMAT(/1X,19F6.2)
I37.         PRINT I23, (U2(I,J,Z),I=1,I4)
I38.         PRINT I23,(UUN(I,J,Z),I=1,I4)
I39.    I23  FORMAT(1X,19F6.2)
I40.    II5  CONTINUE
I41.        IF(DIF5.NE.0) DIF4=SW1-DIF5
I42.         SW2=SW1/(10.-SW3)
I43.         DIF3=DIF1+DIF2+DIF4
I44.         PRINT II6,DIF3,SW1,SW2,DIF1,DIF2,SW3
I45.    II6  FORMAT(/10F10.4)
I46.         DIF5=SW1
I47.         DIF1=0
I48.         DIF2=0
I49.         DIF4=0
I50.        IF(MWR.EQ.0) RETURN
```

```
I5I.        IF(K.LT.KWR) RETURN
I52.         KWR=KWR+NWR
I53.         KP=K
I54.         K=K-1
I55.         N1=9
I56.        IF(MAS.EQ.2) N1=J1
I57.         PUNCH I24,K,NUM5,KP,KWR
I58.   I24   FORMAT(2X,2HK=,I4,1H,,5HNUM5=,I2,1H,,3HKP=,
              I4,1H,,4HKWR=,I4,1H,)
I59.         PUNCH II7,(((TE1(I,J,Z),I=1,19),J=1,N1),
              Z=1,Z1)
I60.   II7   FORMAT(2X,4HTE1=,10(F6.2,1H,)/(1X,10(F6.2,
              1H,)))
I6I.         PUNCH II8,(((TE2(I,J,Z),I=1,19),J=1,N1),
              Z=1,Z1)
I62.   II8   FORMAT(2X,4HTE2=,10(F6.2,1H,)/(1X,10(F6.2,
              1H,)))
I63.         PUNCH II9,(((U1(I,J,Z),I=1,19),J=1,N1),
              Z=1,Z1)
I64.   II9   FORMAT(2X,3HU1=,12(F5.2,1H,)/(1X,12(F5.2,
              1H,)))
I65.         PUNCH I20,(((U2(I,J,Z),I=1,19),J=1,N1),
              Z=1,Z1)
I66.   I20   FORMAT(2X,3HU2=,12(F5.2,1H,)/(1X,12(F5.2,
              1H,)))
I67.         PUNCH I2I,(((UUN(I,J,Z),I=1,19),J=1,N1),
              Z=1,Z1)
I68.   I2I   FORMAT(2X,4HUUN=,12(F5.2,1H,)/(1X,12(F5.2,
              1H,)))
I69.         RETURN
I70.         ENTRY BPMI4(SLB)
```

```
I7I.        IF(MAS.EQ.3)GO TO 30I
I72.         I=I2+1
I73.        IF(NTIPE.EQ.1) I=I7+1
I74.         J=J3+1
I75.         S3=TE2(I,J1,1)
I76.         S4=TE2(I,J,1)
I77.         VW=U2(I,J,1)
I78.         V9=U2(I,J1,1)
I79.         GO TO 302
I80.   30I   S3=TE2(1,1,1)
I8I.         S4=TE2(I2,1,1)
I82.         V9=U2(1,1,1)
I83.         VW=U2(I2-1,1,1)
I84.   302   TW=S4-S3
I85.         SQ1=VW-V9
I86.         VW=0
I87.         V9=0
I88.        IF(MAS.EQ.3) GO TO 304
I89.         DO  303  N1=J,J1
I90.         VW=VW+TE2(I-1,N1,1)
I9I.         V9=V9+TE2(I+1,N1,1)
I92.   303   CONTINUE
I93.         S4=FLOAT(J1-J3)
I94.         T9=.5*(VW+V9)/S4
I95.         VW=I8.7*(ABS(VW-V9)/(S4*SLB))**.25
I96.         RETURN
I97.   304   VW=2.02/SLB
I98.         DO  305  N1=1,I2
I99.   305   V9=V9+TE2(N1,2,1)
200.         T9=(4.*V9+TE2(I2,1,1))/(FLOAT(4*I2)+1.)
20I.         RETURN
```

```
202.          ENTRY BPMI5(TI5,P5)
203.          IF(MAS.EQ.3) GO TO 306
204.          NR=J3+1
205.          N1=I2+1
206.          IF(NTIPE.EQ.1) N1=I7+1
207.          GO TO 307
208.    306   N1=I2-1
209.          NR=1
2I0.    307   TI5=TE2(N1,NR,1)
2II.          P5=U2(N1,NR,1)
2I2.          RETURN
2I3.          END

 I.           SUBROUTINE BPSUTE(S1,S9)
 2.           COMMON /CON/ VS1,VS2,EP1,EP3,UM,CM,OMM,
 3.          / DE1,DE2,TI1,P1,CWA,CICE,CPA,DPR
 4.           COMMON       T(8),V(8),VF(9)
 5.           COMMON /GEN/ TW,VW,UNF,V9,T9,SQ1,SQ2,SQ3,
 6.          / LPE7,LPE8,LPE9,K,IVR1,IVR2
 7.           COMMON /SOR/ SNA(6),SMA(6),AL(6),AM(6)
 8.           COMMON /IN/ R(20),PEI(20),PEQ(20)
 9.           S7=1.-DE2*T(1)
 I0.          S2=1.
 II.          NU1=INT(V9/(VS2*S7))+1
 I2.          IF(V9.LT.(OM*S7)) S2=SMA(NU1)+SNA(NU1)*V9/S7
 I3.          S3=S2/VF(9)-1.
 I4.          T9=(TW-S3*S9*DE1/SQ1)/(1.+(R(6)-S3*S1)
               *DE1/SQ1)
 I5.          RETURN
 I6.          END

 I.           SUBROUTINE BPCABO(NO,LPE1,NU5,ME,SLM)
```

LISTING PROGRAM BPLUWT

```
2.C
3.          IMPLICIT INTEGER(Z)
4.          COMMON / XYZ/ I,J,Z,I4,I2,I3,I4,I5,I6,I7,
5.         / J1,J2,J3,Z1,MAS,NTIPE,KP,KE,KAP(8),NST,RST
6.          COMMON /IN/ R(20),PEI(20),PEQ(20)
7.          COMMON /CON/ VS1,VS2,EP1,EP3,UM,OM,OMM,
8.         / DE1,DE2,TI1,P1,CWA,CICE,CPA,DPR
9.          COMMON /GEN/ TW,VW,UNF,V9,T9,SQ1,SQ2,SQ3,
10.        / LPE7,LPE8,LPE9,K,IVR1,IVR2
11.         COMMON /EXT/ NJ,TI2,TI3,TI4,P2,P3,P4,
12.        / KMO(150),TR(150),PR(150),TV(150),PV(150)
13.         COMMON /SOR/ SNA(6),SMA(6),AL(6),AM(6)
14.         SN3=FLOAT(K)*DE1
15.        IF(SN3.LT.FLOAT(LPE1)) GO TO II6
16.         LPE1=LPE1+KMO(NU5)
17.         NU5=NU5+1
18.        IF(NU5.GT.NJ) NU5=2
19.   II6   V9=FLOAT(KMO(NU5-1))
20.         SN3=(SN3-FLOAT(LPE1))/V9
21.         R(13)=TR(NU5)*(SN3+1.)-TR(NU5-1)*SN3
22.         R(14)=PR(NU5)*(SN3+1.)-PR(NU5-1)*SN3
23.        IF(NTIPE.EQ.1.AND.NO.EQ.0) GO TO II9
24.        IF(NO.EQ.0) GO TO II3
25.        IF(NTIPE.EQ.2) GO TO II9
26.         TI4=TI2
27.         TI3=TI2
28.         P4=P2
29.         P3=P2
30.         GO TO II3
31.   II9   TI3=TV(NU5)*(SN3+1.)-TV(NU5-1)*SN3
32.         P3=PV(NU5)*(SN3+1.)-PV(NU5-1)*SN3
```

LISTING PROGRAM BPLUWT

```
33.   II3  SN3=DE1/V9
34.        R(15)=R(13)+(TR(NU5)-TR(NU5-1))*SN3
35.        R(16)=R(14)+(PR(NU5)-PR(NU5-1))*SN3
36.       IF(NTIPE.EQ.1.AND.NO.EQ.0) GO TO I20
37.       IF(NO.EQ.0) GO TO II4
38.       IF(NTIPE.NE.2) GO TO II4
39.   I20  TI4=TI3+(TV(NU5)-TV(NU5-1))*SN3
40.        P4=P3+(PV(NU5)-PV(NU5-1))*SN3
41.   II4 IF(NO.EQ.1) GO TO II5
42.       IF(NTIPE.EQ.0) GO TO II5
43.        AM(2)=.00254*VW
44.        AL(2)=VW+79.*(1.+.035*T9)
45.        AL(4)=11530.*DE1*(ABS(TW)*SLM)**.5
46.        AL(5)=3.2*DE1*AL(2)
47.        AM(5)=DE1*AM(2)
48.        AM(4)=.217*AL(4)
49.        AL(6)=TW/SLM
50.        AM(6)=SQ1/SLM
51.   II5  IVR1=0
52.        IVR2=MOD(K,2)
53.        J=IVR2+1
54.        I=1
55.        Z=1
56.       IF(MAS.EQ.3) GO TO I23
57.        J=1
58.        I=IVR2+1
59.        GO TO I23
60.        ENTRY BPBOU(ME)
61.   I23  ME=1
62.       IF(NTIPE.EQ.0) RETURN
63.       IF(MAS.LT.3) GO TO II7
```

```
64.          IF((J.EQ.1.AND.Z.EQ.1).AND.I.LT.I2) GO TO I24
65.           RETURN
66.     II7  IF(J.LE.J3) RETURN
67.          IF(I.LE.I2) RETURN
68.          IF(I.GE.I5) RETURN
69.          IF(I.GE.I6.AND.I.LE.I7) RETURN
70.          IF(NO.EQ.0) GO TO I24
7I.          IF(IVR1.EQ.0) GO TO I26
72.           T9=TI4
73.           V9=P4
74.           GO TO I24
75.     I26   T9=TI3
76.           V9=P3
77.     I24   ME=2
78.           RETURN
79.           END

 I.           SUBROUTINE BPCOFI(NU2,M,S1,S4,S8,ST7,ST8,
               R1,SQ4,ST17,ST18)
 2.           IMPLICIT INTEGER(Z)
 3.           COMMON /XYZ/ I,J,Z,I1,I2,I3,I4,I5,I6,I7,
 4.          / J1,J2,J3,Z1,MAS,NTIPE,KP,KE,KAP(8),NST,RST
 5.           COMMON       T(8),V(8),VF(9)
 6.           COMMON /CON/ VS1,VS2,EP1,EP3,UM,OM,OMM,
 7.          / DE1,DE2,TI1,P1,CWA,CICE,CPA,DPR
 8.           COMMON /IN/ R(20),PEI(20),PEQ(20)
 9.           COMMON /GEN/ TW,VW,UNF,V9,T9,SQ1,SQ2,SQ3,
I0.          / LPE7,LPE8,LPE9,K,IVR1,IVR2
II.           COMMON /ACT/ A1(6),A2(6),B1(6),B2(6),
               C(6),F1(6),F2(6),G(6)
I2.           COMMON /SOR/ SNA(6),SMA(6),AL(6),AM(6)
I3.           COMMON /ERR/ MV,SW1,SW2,SW3,UL(20)
```

LISTING PROGRAM BFLUWT

```
I4.        IF(S4.NE.0) GO TO I57
I5.         S9=25.14-6450./(TW+273.)-.0129*TW
I6.         GO TO I58
I7.    I57  S9=23.987-6133./(TW+273.)
I8.        IF(S8.LT.0) S8=0
I9.    I58  S9=1.33*EXP(S9)
20.         NU3=MAS
2I.        IF(MAS.EQ.3) NU3=4
22.         NU4=5-NU3
23.        IF(NST.EQ.0) GO TO 58
24.         ST18=ST18/S1
25.         ST1=1.
26.        IF(ST18.LE.ST17) ST1=0
27.     58  ST8=ST8/S1
28.         ST=1.
29.        IF(ST8.LE.ST7) ST=0
30.         S15=FLOAT(NU3)
3I.         S6=1./(S15*S1)
32.         S7=S6*S8
33.         S8=0
34.         S10=0
35.         S11=0
36.         S12=0
37.         S13=0
38.         S14=0
39.         S15=0
40.         S16=0
4I.         S17=0
42.         DO  I59  NU1=1,4,NU4
43.         S2=PEQ(NU1+16)*R(NU1)*S6
44.         S12=S12+PEI(NU1+16)*R(NU1)*S6
```

```
      IF(NST.EQ.0) GO TO 59
      IF(LPE9.EQ.0) GO TO 59
      IF(NU1.GT.2) GO TO 59
      IF(ST1.EQ.0) GO TO 61
      IF(PEI(NU1).EQ.0) GO TO 61
       S15=S15+10.*PEI(NU1)*PEI(NU1+8)*R(NU1)*S7
       S16=S16+PEI(NU1+4)*R(NU1)*S7
   61  S17=S17+S2
       GO TO 159
   59 IF(ST.EQ.0) GO TO 60
      IF(PEI(NU1).EQ.0) GO TO 60
       S8=S8+10.*PEI(NU1)*PEI(NU1+8)*R(NU1)*S7
       S10=S10+PEI(NU1+4)*R(NU1)*S7
   60  S11=S11+S2
      IF(DPR.EQ.0.OR.NU2.GT.2) GO TO 159
       S5=.5*(-1.)**NU2
       S3=DPR*S5*PEI(NU1+12)*R(NU1)/FLOAT(NU3)
       S13=S13+S3
       S14=S14+S3*CPA
  159  CONTINUE
      IF(NST.EQ.0) GO TO 161
      IF(LPE9.EQ.0) GO TO 161
       UL(NU2+2)=S15
       UL(NU2+6)=S16
       UL(NU2+10)=S17
       UL(NU2+14)=S17*R1
  161  C(NU2)=S8
       G(NU2)=S10
       F1(NU2)=S11+S13
       F2(NU2)=S11-S13
       A1(NU2)=S12+S14
```

```
      A2(NU2)=S12-S14
      B1(NU2)=F1(NU2)*R1
      B2(NU2)=F2(NU2)*R1
      T9=1.-DK2*TW
      V9=OM*T9
     IF(NST.EQ.0) GO TO 62
     IF(LPE9.EQ.0) GO TO 62
      S2=1.
      N1=INT(UNF/(T9*VS2))+1
     IF(UNF.LT.V9) S2=(SMA(N1)+SNA(N1)*UNF/T9)*S9
      UL(NU2-2)=S9*S2
62    N1=INT(VW/(T9*VS2))+1
     IF(VW.LT.V9) S9=(SMA(N1)+SNA(N1)*VW/T9)*S9
      R(NU2+6)=S9
     IF(LPE9.NE.0) RETURN
      VW=1./FLOAT(NU3)
      S1=.5*S1*VW
      DO  I60  NU1=1,4,NU4
      T9=R(NU1)*S1
      SQ1=SQ1+PEQ(NU1+4)*T9
      S2=PEQ(NU1+8)*T9
     IF(NST.EQ.0) GO TO 63
     IF(M.EQ.2) GO TO 63
      SQ4=SQ4+S2
      VF(9)=VF(9)+R(NU1)*VW
      GO TO I60
63    SQ2=SQ2+S2
     IF(PEQ(NU1+12).EQ.0) GO TO I60
      SQ4=SQ4+S2
      SQ3=SQ3+PEQ(NU1+12)*T9
      UL(1)=UL(1)+UL(NU1+4)*T9
```

```
107.          UL(2)=UL(2)+UL(NU1+8)*T9
108.          UL(3)=UL(3)+UL(NU1+12)*T9
109.          UL(4)=UL(4)+UL(NU1+16)*T9
110.    160   CONTINUE
111.          RETURN
112.          END

  1.          SUBROUTINE BPCOEF(M,R3,SN4,SN8,ST7,ST8,
                ST17,ST18)
  2.C
  3.          IMPLICIT INTEGER(Z)
  4.          COMMON /XYZ/ I,J,Z,I1,I2,I3,I4,I5,I6,I7,
  5.         / J1,J2,J3,Z1,MAS,NTIPE,KP,KE,KAP(8),NST,RST
  6.          COMMON       T(8),V(8),VF(9)
  7.          COMMON /IN/ R(20),PEI(20),PEQ(20)
  8.          COMMON /GEN/ TW,VW,UNF,V9,T9,SQ1,SQ2,SQ3,
  9.         / LPE7,LPE8,LPE9,K,IVR1,IVR2
 10.          COMMON /CON/ VS1,VS2,EP1,EP3,UM,OM,OMM,
 11.         / DE1,DE2,TI1,P1,CWA,CICE,CPA,DPR
 12.          COMMON /FR/ ALFA(7),BETA(7),AFR(7),BFR(7)
 13.          COMMON /ERR/ MV,SW1,SW2,SW3,UL(20)
 14.          REAL LA1,LA2
 15.          DIMENSION MST(8),DST(8)
 16.          DIMENSION DD(6,7),DS(6,7),TK(6,7),WK(6,7),
 17.         / ETA(6,7),LA1(6,7),LA2(6,7),FIL(6,7),CT(7),
                GA(7),GB(7)
 18.          NAMELIST/LIST3/DD,DS,TK,WK,ETA,LA1,LA2,
                FIL,CT,GA,GB
 19.          GO TO 92
 20.          ENTRY BPCO1(NR,NW)
 21.          READ(NR,LIST3)
```

```
      WRITE(NW,LIST3)
      RETURN
   92 GO TO (I30,I39),M
  I30 IF(IVR1.NE.0) GO TO I3I
      PEQ(3)=T(1)
      PEQ(4)=V(1)
      GO TO I32
  I3I PEQ(3)=2.*T(1)-T(2)
      PEQ(4)=2.*V(1)-V(2)
      IF(PEQ(4).LT.EP1) PEQ(4)=EP1
      IF(PEQ(4).GT.UM) PEQ(4)=UM
  I32 N3=NST+1
      DO 32 NU3=1,N3
      SN1=VF(NU3)/VS1
      IF(SN1.LT.5.) GO TO I33
      MST(NU3)=6
      DST(NU3)=1.
      GO TO 32
  I33 MST(NU3)=INT(SN1)+1
      DST(NU3)=FLOAT(MST(NU3))-SN1
   32 CONTINUE
      SN3=25.14-6450./(T(1)+273.)-.0129*T(1)
      IF(NST.EQ.1) GO TO 35
      IF(V(1).NE.VF(1)) SN3=23.987-6133./(T(1)
     +273.)
   35 PEQ(1)=1.33*EXP(SN3)
  I39 IF(LPE7.NE.0) RETURN
  I40 SN4=(PEQ(3)+TW)/2.
      R(1)=(PEQ(4)+VW)/2.
      R(2)=(VF(1)+UNF)/2.
      IF(NST.EQ.0) GO TO 40
```

```
      IF(LPE9.NE.0) GO TO 40
      IF(M.EQ.1) R(2)=R(1)
       R(1)=R(2)
   40 SN8=1.+.04*SN4
      ST8=ABS(VF(1)-UNF)
      DO  I48  NU3=1,2
      SN1=R(NU3)/VS1
      IF(SN1.LT.5.) GO TO I45
      SN1=5.
      KAP(NU3+4)=6
      NU1=KAP(NU3+4)
      GO TO I46
  I45 KAP(NU3+4)=INT(SN1)+1
      NU1=KAP(NU3+4)
  I46 R(NU3+4)=FLOAT(NU1)-SN1
      R(NU3+2)=1.-R(NU3+4)
  I48 CONTINUE
      NU1=KAP(6)
      NU2=NU1+1
      ST9=R(4)
      IF(NST.EQ.0) GO TO 47
      ST18=ABS(VF(2)-UNF)
      NU3=KAP(5)
      ST17=GB(NU3)
      ST10=R(3)
      IF(NU3.GE.2) GO TO 47
      ST10=R(3)-EP3
      IF(ST10.LT.0) ST10=0
   47. ST17=GB(NU1)
      IF(NU1.GE.2) GO TO I47
       ST9=R(4)-EP3
```

```
 83.          IF(ST9.LT.0) ST9=0
 84.    I47   SN1=1.-DK2*SN4
 85.          SN6=QM*SN1
 86.          N3=MST+1
 87.          DO  48 NU3=1,N3
 88.          SN1=R(NU3)/(VS2*SN1)
 89.          MST(NU3+2)=INT(SN1)+1
 90.     48   CONTINUE
 91.          NU5=MAS
 92.          IF(MAS.EQ.3) NU5=4
 93.          NU5=5-NU5
 94.          N1=6
 95.          DO  I49  NU3=1,4,NU5
 96.          NU6=KAP(NU3)
 97.          IF(NST.EQ.0) GO TO 49
 98.          IF(LPE9.EQ.0) GO TO 49
 99.          IF(NU3.LE.2) GO TO 49
100.          IF(N1.EQ.5) GO TO 49
101.          NU1=KAP(5)
102.          ST9=ST10
103.          N1=5
104.          NU2=NU1+1
105.     49   IF(NU6.EQ.0) GO TO I49
106.          PEI(NU3)=WK(NU1,NU6)*R(N1)+WK(NU2,NU6)*ST9
107.          PEI(NU3+4)=TK(NU1,NU6)*R(N1)+TK(NU2,NU6)
               *ST9
108.          PEI(NU3+8)=ETA(NU1,NU6)*R(N1)+
               ETA(NU2,NU6)*R(N1-2)
109.    I49   CONTINUE
110.          NU1=KAP(5)
111.          N3=0
```

```
      N8=0
      N5=0
      IF(NST.EQ.0) GO TO 50
      NU4=KAP(6)
      IF(LPE9.NE.0) N5=1
      IF(M.EQ.2) GO TO 50
   51 N8=1
   50 N1=MST(N8+1)
      N2=N1+1
      NU2=NU4+1
      NU4=MST(N5+3)
      S=DST(N8+1)
      IF(N3.EQ.0) GO TO 52
      GO TO 53
   52 SN4=0
      N3=1
   53 DO 155 NU3=N3,4,NU5
      NU6=KAP(NU3)
      IF(NST.EQ.0) GO TO 54
      IF(LPE9.EQ.0) GO TO 54
      IF(NU3.LE.2) GO TO 54
      IF(N5.EQ.0) GO TO 54
      N3=NU3
      N5=0
      NU4=KAP(5)
      GO TO 51
   54 IF(NU6.EQ.0) GO TO 154
      SN1=ETA(N1,NU6)*S+ETA(N2,NU6)*(1.-S)
      PEQ(NU3+8)=10.*SN1
      PEQ(NU3+4)=CT(NU6)*GA(NU6)+PEQ(NU3+8)*
     VF(N8+1)*CWA
```

```
I42.        IF(T(1).GE.0) GO TO I52
I43.         SN9=SN1*PEQ(4)
I44.         SN3=SN9*BETA(NU6)-BFR(NU6)
I45.        IF(SN3.LE.0) GO TO I52
I46.         SN7=(1.-ALFA(NU6))*SN9+AFR(NU6)
I47.        IF(SN7.LE.0) GO TO I52
I48.        IF(ABS(T(1)).LE.(SN3/SN7)) GO TO I52
I49.         PEQ(NU3+4)=PEQ(NU3+4)+PEQ(NU3+8)*(V(1)-
I50.       / VF(1))*CICE+10.*R3*SN3/(T(1)**2)
I51.         PEQ(NU3+12)=R3*PEQ(NU3+8)*(1.-ALFA(NU6)+
              BETA(NU6)/T(1))
I52.         PEI(NU3+16)=LA2(NU1,NU6)*R(5)+LA2(NU2,NU6)
              *R(3)
I53.        IF(LPE9.NE.0) GO TO I53
I54.         UL(NU3+4)=ALFA(NU6)*SN1
I55.         UL(NU3+8)=BETA(NU6)*SN1
I56.         UL(NU3+12)=AFR(NU6)
I57.         UL(NU3+16)=BFR(NU6)
I58.         GO TO I53
I59.    I52  PEQ(NU3+12)=0
I60.         N6=N5+5
I61.         N7=N5+3
I62.         PEI(NU3+16)=LA1(NU1,NU6)*R(N6)+LA1(NU2,
              NU6)*R(N7)
I63.    I53  SN4=SN4+PEQ(NU3+12)
I64.        IF(R(N8+1).GE.SN6) GO TO I56
I65.         PEQ(NU3+16)=DD(NU4,NU6)
I66.         GO TO I61
I67.    I56  PEQ(NU3+16)=DS(NU1,NU6)*R(N6)+DS(NU2,
              NU6)*R(N7)
I68.    I61 IF(DPR.EQ.0) GO TO 55
```

```
I69.          PEI(NU3+12)=EIL(NU4,NU6)*R(N6)+FIL(NU2,
                NU6)*R(N7)
I70.          GO TO I55
I71.     55   PEI(NU3+12)=0
I72.          GO TO I55
I73.     I54  PEI(NU3)=0
I74.          DO  I35  N3=4,16,4
I75.          N4=NU3+N3
I76.          PEQ(N4)=0
I77.          PEI(N4)=0
I78.          UL(N4)=0
I79.     I35  CONTINUE
I80.     I55  CONTINUE
I81.          RETURN
I82.          ENTRY BPCO2
I83.          SN1=V(LPE7+3)
I84.          IF(MAS.EQ.3) SN1=V(5)
I85.          S=SN1/VS1
I86.          IF(S.LT.5.) GO TO I57
I87.          N=6
I88.          S=1.
I89.          GO TO I58
I90.     I57  N=INT(S)+1
I91.          S=FLOAT(N)-S
I92.     I58  N1=MAS-1
I93.          TW=0
I94.          DO  I59  N2=1,N1
I95.          N3=KAP(N2)
I96.          DST(N2)=ETA(N,N3)*S+ETA(N+1,N3)*(1.-S)
I97.          TW=TW+DST(N2)
I98.     I59  CONTINUE
```

LISTING PROGRAM BPLUWT

```
I99.          TW=TW/FLOAT(N1)
200.          RETURN
20I.          END

  I.          SUBROUTINE BPCOR1(M,NU1,S6)
 2.C
 3.           IMPLICIT INTEGER(Z)
 4.           COMMON /XYZ/ I,J,Z,I1,I2,I3,I4,I5,I6,I7,
 5.          / J1,J2,J3,Z1,MAS,NTIPE,KP,KE,KAP(3),NST,RST
 6.           COMMON /IN/ R(20),PEI(20),PEQ(20)
 7.           M=1
 8.           R(1)=0
 9.           R(2)=0
 I0.          R(3)=0
 II.          R(4)=0
 I2.          R(5)=0
 I3.          IF(NTIPE.EQ.0.OR.MAS.EQ.1) RETURN
 I4.          S6=.9
 I5.          IF(MAS.EQ.3) GO TO I65
 I6.          NU1=3
 I7.          IF(J.NE.J3) RETURN
 I8.          IF(NTIPE.EQ.2.AND.(I.EQ.I2.OR.I.EQ.I6))
               GO TO I64
 I9.          IF(NTIPE.EQ.1.AND.(I.EQ.I7.OR.I.EQ.I5))
               GO TO I63
 20.           RETURN
 2I.     I63  IF(I.EQ.I7) NU1=4
 22.           GO TO I68
 23.     I64  IF(I.EQ.I2) NU1=4
 24.           GO TO I68
 25.     I65  IF(J.NE.2) RETURN
 26.          IF(I.GT.I2) RETURN
```

```
27.          IF(I.EQ.I2.AND.Z.EQ.2) GO TO I66
28.          IF(Z.EQ.1.AND.I.LT.I2) RETURN
29.           NU1=1
30.          IF(Z.EQ.2) NU1=2
31.           GO TO I68
32.    I66   SG=.8
33.           NU1=0
34.    I68   M=2
35.           RETURN
36.           END

 I.           SUBROUTINE BPCOR2(S6,R1,TI5,P5)
 2.C
 3.           COMMON /IN/ R(20),PEI(20),PEQ(20)
 4.           COMMON /GEN/ TW,VJ,UNF,V9,T9,SQ1,SQ2,SQ3,
 5.          / LPE7,LPE8,LPE9,K,IVR1,I7R2
 6.           COMMON /SOP/ SNA(6),SMA(6),AL(6),AM(6)
 7.           R(3)=R(3)*S6
 8.           R(5)=AM(2)*R(3)
 9.           R(4)=AL(2)*R(3)
10.           R(18)=R(5)
11.           R(19)=I5
12.           R(2)=P5*R(5)
13.           R(3)=R1*R(5)
14.           LPE8=3
15.           R(1)=TI5*R(4)+R1*R(2)
16.           RETURN
17.           END

 I.           SUBROUTINE BPWATE(S1,S4,S8,S9,STJ,SQ4)
 2.           IMPLICIT INTEGER(Z)
 3.           COMMON /XYZ/ I,J,Z,I1,I2,I3,I4,I5,I6,I7,
```

```
      / J1,J2,J3,Z1,MAS,NTIPE,KP,KE,KAP(8),NST,RST
        COMMON /GEN/ TW,VW,UNF,V9,T9,SQ1,SQ2,SQ3,
      / LPE7,LPE8,LPE9,K,IVR1,IVR2
        COMMON       T(8),V(8),VF(9)
        COMMON /CON/ VS1,VS2,EP1,EP3,UM,OM,OMM,
      / DE1,DE2,TI1,P1,CWA,CICE,CPA,DPR
        COMMON /SOR/ SNA(6),SLA(6),AL(6),AM(6)
        COMMON /IN/ R(20),PEI(20),PEQ(20)
        COMMON /ACT/ A1(6),A2(6),B1(6),B2(6),C(6),
       F1(6),F2(6),G(6)
        COMMON /ERR/ MV,SW1,SW2,SW3,UL(20)
        COMMON /DIF/ DIF1,DIF2,DIF3,DIF4,DIF5
        DIMENSION VA(9)
        S1=0
        S2=0
        S5=0
        S9=0
        N1=NST+1
        DO  83  N2=1,N1
        NI=0
       IF(NST.EQ.0) GO TO 71
       IF(N2.EQ.2) GO TO 70
        VA(2)=F2(2)
        VA(4)=F1(2)
        VA(1)=C(2)
        VA(3)=G(2)
        F2(2)=VF(9)/RST
        F1(2)=F2(2)
        C(2)=0
        G(2)=0
        VF(2)=VF(1)
```

```
34.          VF(4)=V(1)
35.          V(3)=VF(1)
36.          NI=1
37.          VA(5)=V(1)
38.          VA(6)=V(2)
39.          VA(7)=VF(1)
40.          V(1)=VF(1)
41.          V(2)=VF(1)
42.          GO TO 71
43.     70   F2(1)=F2(2)
44.          F1(1)=F1(2)
45.          F2(2)=VA(2)
46.          F1(2)=VA(4)
47.          C(2)=VA(1)
48.          G(2)=VA(3)
49.          C(1)=0
50.          G(1)=0
51.          V(1)=VA(5)
52.          V(2)=VA(6)
53.          DO  I70  N3=3,8
54.     I70  VF(N3)=V(N3)
55.     71   S7=0
56.          TW=0
57.          V9=0
58.          NU1=2*MAS
59.          DO  I71  NU3=1,NU1
60.          IF(NI.EQ.0) GO TO 72
61.          IF(NU3.LE.2) GO TO 72
62.          S3=UL(NU3+10)
63.          VW=UL(NU3+2)
64.          GO TO 73
```

LISTING PROGRAM RFLUMT

```
65.    72  S3=F2(NU3)
66.        VW=C(NU3)
67.    73  S7=S7+S3
68.        V9=V9+VW
69.        TW=TW+VW*VF(NU3+2)
70.   I71  CONTINUE
71.        S3=1.-DE2*T(1)
72.        IF(T(1).LT.0) TW=TW+V9*(V(1)-VF(1))
73.        IF(NI.EQ.0) GO TO 74
74.        VF(3)=VF(1)
75.        GO TO 75
76.    74  VF(1)=V(1)
77.        VF(2)=V(2)
78.        VF(3)=2.*V(1)-V(2)
79.        IF(VF(3).LT.EP1) VF(3)=EP1
80.    75  CONTINUE
81.        DO  I73  NU3=1,3
82.        IF(VF(NU3).LT.(OM*S3)) GO TO I72
83.        VF(NU3)=0
84.        VF(NU3+3)=1.
85.        VF(NU3+6)=1.
86.        GO TO I73
87.   I72  NU2=INT(VF(NU3)/(S3*VS2))
88.        NU2=NU2+1
89.        VF(NU3+3)=SMA(NU2)
90.        VF(NU3+6)=SMA(NU2)+VF(NU3)*SNA(NU2)/S3
91.        VF(NU3)=SNA(NU2)/S3
92.   I73  CONTINUE
93.        IF(SQ3.EQ.0) GO TO I74
94.        VW=6133.
95.        S3=0
96.        GO TO I75
```

```
 97.  I74  VW=6450.
 98.       S3=.0429
 99.   I75  S8=S3-VW/(T(1)+273.)**2
100.       S6=1.+S8*T(1)
101.       D6=1.+S8*(T(1)-PEQ(3))
102.       STJ=(R(5)+S7)*PEQ(1)
103.       STI=STJ*VF(2)+V9
104.       STZ=STJ*VF(3)*D6+V9
105.       R(2)=R(2)+TW
106.       S7=0
107.       DO  I76  NU3=1,NU1
108.       D7=1.
109.       IF(NI.EQ.0) GO TO 76
110.       IF(NU3.LE.2) GO TO 77
111.       V9=UL(NU3-2)
112.       S3=UL(NU3+6)
113.       S4=UL(NU3+10)
114.       T9=T(NU3+2)
115.       TW=UL(NU3+14)
116.       R(3)=R(3)+TW
117.       GO TO 80
118.    76 IF(NST.EQ.0) GO TO 79
119.       IF(NU3.GE.2) GO TO 79
120.       V9=V(3)
121.       GO TO 78
122.    77 IF(NU3.NE.2) GO TO 79
123.       V9=VA(5)
124.    78 S3=1.-DE2*T(1)
125.       S4=1.
126.       NU2=INT(V9/(S3*VS2))+1
127.       IF(V9.LT.(OM*S3)) S4=SMA(NU2)+SNA(NU2)*V9/S3
```

```
I28.          V9=S4*PEQ(1)
I29.          D7=0
I30.          GO TO 82
I31.     79   V9=R(NU3+6)
I32.     82   S3=G(NU3)
I33.          S4=P1(NU3)
I34.          IF(D7.EQ.0) GO TO 85
I35.          T9=T(NU3+2)
I36.          TW=B1(NU3)
I37.          R(3)=R(3)+B2(NU3)
I38.          R(4)=R(4)+A2(NU3)
I39.          R(1)=R(1)+A1(NU3)*T9
I40.     80   S7=E7+S3
I41.          R(1)=R(1)+TW*V9
I42.     85   R(2)=R(2)+S4*V9+S3*T9
I43.    I76   CONTINUE
I44.          S3=R(3)*PEQ(1)
I45.          S4=S3*S8
I46.          S8=S3*S6
I47.          S1=S1+S4*VF(9)
I48.          TW=S8*VF(9)
I49.          IF(IVR1.EQ.0) GO TO I77
I50.          S4=STJ*VF(6)*D6
I51.          S8=STZ
I52.          STI=VF(9)
I53.          GO TO I78
I54.    I77   S2=S2+S4*VF(8)
I55.          S5=S5+.5*(S8*VF(8)+TW)
I56.          S4=.5*STJ*(VF(5)+VF(6))
I57.          S8=.5*(STI+STZ)
I58.          STI=VF(7)
```

```
I59.   I78  R(2)=R(2)-S4-S7*PEQ(3)
I60.        IF(NBT.EQ.0) GO TO 8I
I6I.        IF(NI.EQ.1) GO TO 8I
I62.         SQ3=SQ2
I63.         SQ2=SQ4
I64.    8I IF(IVR1.EQ.1) GO TO I79
I65.         V9=V(2)+(2.*R(2)-V(2)*S8)*DE1/SQ2
I66.         GO TO I80
I67.   I79  V9=V(1)+R(2)*DE1/SQ2
I68.   I80  V9=V9/(1.+S8*DE1/SQ2)
I69.        IF(LPE8.EQ.0) GO TO 69
I70.         VW=R(18)*(PEQ(1)*STI-R(19))*DE1
I7I.        IF(LPE8.EQ.3) GO TO 68
I72.         DIF1=DIF1+VW
I73.         GO TO 69
I74.    68  DIF2=DIF2+VW
I75.    69  S9=S9+TW
I76.        IF(NI.EQ.0) GO TO 83
I77.         D1=R(2)
I78.         D2=S8
I79.         D3=S4
I80.         D5=STJ
I8I.         UNF=V9
I82.         R(2)=0
I83.         R(3)=0
I84.    83  CONTINUE
I85.        IF(NBT.EQ.0) GO TO 84
I86.         SQ2=SQ3
I87.         VF(1)=VA(7)
I88.         SQ3=0
I89.         R(2)=D1
```

LISTING PROGRAM BPLUWT

```
I90.          S8=D2
I9I.          S4=D3
I92.          STJ=D5
I93.     84   SQ3=SQ3/DS1
I94.          R(3)=(V9-V(1))*SQ3
I95.          R(6)=R(4)-S1
I96.          D5=DS1/SQ1
I97.         IF(IVR1.EQ.1) GO TO I8I
I98.          R(5)=R(4)-S2
I99.          R(1)=R(1)-S5
200.          TW=T(2)+(R(3)-T(2)*R(5)+2.*R(1))*D5
20I.          GO TO I82
202.     I8I  R(1)=R(1)-S9
203.          TW=T(1)+(R(5)+R(1))*D5
204.     I82  T9=TW/(1.+R(6)*D5)
205.          RETURN
206.          END

  I.          SUBROUTINE BPUNER(NST,SQ4)
  2.          COMMON /GEN/ TW,VW,UNF,V9,T9,SQ1,SQ2,SQ3,
  3.         / LPE7,LPE8,LPE9,K,IVR1,IVR2
  4.          COMMON /FR/ ALFA(7),BETA(7),AFR(7),BFR(7)
  5.          COMMON /ERR/ MV,SW1,SW2,SW3,UL(20)
  6.         IF(NST.EQ.0) UNF=V9
  7.         IF(T9.GE.0) RETURN
  8.         IF(SQ4.EQ.0) RETURN
  9.          VW=V9*UL(2)-UL(4)
 I0.         IF(VW.LE.0) RETURN
 II.          TW=V9*UL(1)-UL(3)
 I2.          SQ1=SQ4*V9/10.-TW
 I3.         IF(SQ1.LE.0) RETURN
 I4.         IF(ABS(T9).LE.(VW/SQ1)) RETURN
```

```
I5.         UNF=10.*(TW-(VW/T9))/SQ4
I6.         RETURN
I7.         END

 I.         SUBROUTINE BPNPO(M2)
 2.C
 3.         IMPLICIT INTEGER(Z)
 4.         COMMON /XYZ/ I,J,Z,I1,I2,I3,I4,I5,I6,I7,
 5.        / J1,J2,J3,Z1,MAS,NTIPE,KP,KE,KAP(8),NST,RST
 6.         COMMON /GEN/ TW,VW,UNF,V9,T9,SQ1,SQ2,SQ3,
 7.        / LPE7,LPE8,LPE9,K,IVR1,IVR2
 8.         M2=0
 9.         IF(MAS.LT.3) GO TO I89
10.         Z=Z+2
11.         IF(Z.LE.J) RETURN
12.         J=J+1
13.         IF(J.GT.J1) GO TO I86
14.         NU1=MOD(J,2)
15.         NU2=MOD(I,2)
16.         Z=1
17.         IF(IVR1.NE.IVR2) GO TO I85
18.         IF(NU1.NE.NU2) Z=2
19.         RETURN
20.    I85  IF(NU1.EQ.NU2) Z=2
21.         RETURN
22.    I86  I=I+1
23.         Z=1
24.         IF(I.GT.I4) GO TO I87
25.         NU1=MOD(I,2)
26.         J=NU1+1
27.         IF(IVR1.EQ.IVR2) J=2-NU1
28.         RETURN
```

```
29.   I87 IF(IVR1.EQ.1) GO TO I9I
30.       IVR1=1
31.       I=1
32.       J=2-IVR2
33.       RETURN
34.   I89 I=I+2
35.       IF(I.LE.I4) RETURN
36.       J=J+1
37.       NU1=MOD(J,2)
38.       IF(J.GT.J1) GO TO I90
39.       I=2-NU1
40.       IF(IVR1.NE.IVR2) I=NU1+1
41.       RETURN
42.   I90 IF(IVR1.EQ.1) GO TO I9I
43.       IVR1=1
44.       I=2-IVR2
45.       J=1
46.       RETURN
47.   I9I M2=1
48.       RETURN
49.       END

 1.       SUBROUTINE BPWTP(NCO,NC,SN1,SN2,SN3,X1)
 2.       IMPLICIT INTEGER(Z)
 3.       COMMON /XYZ/ I,J,Z,I1,I2,I3,I4,I5,I6,I7,
 4.      / J1,J2,J3,Z1,MAS,NTIPE,KP,KE,KAP(8),NST,RST
 5.       COMMON       T(8),V(8),VF(9)
 6.       COMMON /GEN/ TW,VW,UNF,V9,T9,SQ1,SQ2,SQ3,
 7.      / LPE7,LPE8,LPE9,K,IVR1,IVR2
 8.       COMMON /CON/ VS1,VS2,EP1,EP3,UM,OM,OMM,
 9.      / DE1,DE2,TI1,P1,CWA,CICE,CPA,DPR
10.       COMMON /SOR/ SNA(6),SMA(6),AL(6),AM(6)
```

LISTING PROGRAM BPLUWT

```
      COMMON /IN/ R(20),PEI(20),PFQ(20)
      COMMON /EXT/ NJ,TI2,TI3,TI4,P2,P3,P4,KMO(
     / 150),TR(150),PR(150),TV(150),PV(150)
      IF(MAS.NE.3) GO TO 200
      IF(I.NE.1) GO TO 203
       VW=0
      IF(NC.EQ.0) GO TO 201
I98   T9=TI1
       V9=P1
       RETURN
200   IF((J3+1).NE.J) GO TO 203
       VW=0
      IF(NC.EQ.1) GO TO I98
      IF(NTIPE.EQ.2.AND.NCO.EQ.0) GO TO 201
      IF(IVR1.EQ.0) GO TO I99
       T9=TI4
       V9=P4
       RETURN
I99   T9=TI3
       V9=P3
       RETURN
201   IF(IVR1.EQ.0) GO TO 202
       T9=R(15)
       V9=R(16)
       RETURN
202   T9=R(13)
       V9=R(14)
       RETURN
203   VW=AM(5)/SN1
       TW=AL(5)/SN1
       UNF=.5*AL(4)/SN2
```

```
      SB=.5*AM(4)/SN2
      T9=0
      V9=0
      S9=2.*AL(6)*SN2
      S6=2.*AM(6)*SN2
      IF(MAS.EQ.3) GO TO 303
      IF(NCO.EQ.1) GO TO 208
207   S9=S9*(1.5-X1)
      S6=S6*(1.5-X1)
208   CONTINUE
      N6=5
      N5=2
      SA=1.
      N4=J
      N2=J1
      SQ3=-1.
      GO TO 304
303   N6=3
      N5=4
      SA=4.
      N4=I+1
      N2=I2
      SQ3=1.
304   S3=(T(N6+1)-T(N6))*SQ3
      S4=(V(N6+1)-V(N6))*SQ3
      IF(N4.NE.N2) GO TO 305
      S3=2.*SQ3*(T(1)-T(N6))
      S4=2.*SQ3*(V(1)-V(N6))
305 IF((S3*S9).LE.0) GO TO 204
      IF(ABS(S3).GT.(2.*ABS(S9))) GO TO 204
      IF(ABS(S3).GT.(.5*ABS(S9))) S9=S3
```

```
      204 IF((S4*S6).LE.0) GO TO 205
          IF(ABS(S4).GT.(1.5*ABS(S6))) GO TO 205
          IF(ABS(S4).GT.(.75*ABS(S6))) S6=S4
      205  SQ2=S9*UNF
           SQ1=S6*SB/(T(1)+273.)
           S9=0
           S8=0
           DO  309  N2=1,2
           N3=N5+N2
           SQ3=0
           S1=T(N3)
           S2=V(N3)
          IF(MAS.EQ.2) GO TO 306
          IF(N2.EQ.1) GO TO 306
          IF((I+1).NE.I2) GO TO 309
          SQ3=1.
          S1=T(4)
          S2=V(4)
      306  S3=S1+273.
           S4=25.14-6450./S3-.0129*S1
          IF(S1.LT.0) S4=23.987-6133./S3
           S4=1.33*EXP(S4)
           S3=1.-DH2*S1
           S5=0.4*S3
           N4=INT(S2/(S3*VS2))+1
          IF(S2.LT.S5) S4=S4*(SMA(N4)+SNA(N4)*S2/S3)
          IF(SQ3.EQ.1.) GO TO 308
      307  V9=V9+S4*VW*SA
           T9=T9+S1*TW*SA
           GO TO 309
      308  S9=AM(5)/SN2
```

LISTING PROGRAM BPLUWT

```
I04.          S8=AL(5)/SN2
I05.          SQ1=SQ1+S4*S9
I06.          SQ2=SQ2+S1*S8
I07.    309   CONTINUE
I08.          V9=V9+SQ1+SB*V(1)/(273.+T(1))
I09.          T9=T9+SQ2+UNF*T(1)
I10.         IF(MAS.EQ.2) SA=2.
III.          T9=T9/(TW*SA+S8+UNF)
II2.          S3=T9+273.
II3.          V9=V9/(VW*SA+S9+SB/S3)
II4.         IF(V9.LE.0) V9=EP1
II5.          S4=25.14-6450./S3-.0129*T9
II6.         IF(T9.LT.0) S4=23.987-6133./S3
II7.          S4=1.333*EXP(S4)
II8.          VW=V9-S4
II9.         IF(VW.LT.0) RETURN
I20.          V9=S4
I2I.          S1=SN1*SN2*SN3
I22.          UNF=.217*S1*VW/S3
I23.          LPE7=0
I24.         IF(T(4).LT.T(3)) LPE7=1
I25.          RETURN
I26.          END
```

Текст программы расчета влажностного состояния ограждений методом последовательного увлажнения

LISTING PROGRAM LICA

```
      PROGRAM LICA
      COMMON/C/COM(80)
      COMMON/B9/FL(31),FR(31),SL(31),SR(31),N,N1
      COMMON/B10/DZS,ZPP,ZB,ZE,MG,ML
      COMMON/B11/DZ,ZC
      COMMON/B14/WL(31),WR(31),DT(20),MS,ZS,ZSS
      COMMON/B15/ZCC,ZP
      CALL BPDATE
      CALL BPCONT
      DZ=DZS
      ZC=ZB
      ZCC=ZC
      CALL BPCOND
      CALL BPTEMP
      MS=MG+ML-1
      IF(MS.LE.1)GO TO 25
      J=1
      DO 21 K=1,ML
      I=ML-K+1
      DT(J)=DZ/2**I
   21 J=J+1
   22 DT(J)=DZ
      IF(MG.EQ.1)GO TO 24
      DO 23 I=2,MG
      J=J+1
   23 DT(J)=DZ**I
   24 CONTINUE
      DZ=DT(1)
      CALL BPSTEP
   25 CONTINUE
      CALL BPREPO
      DS=DZ/24.
```

LISTING PROGRAM LICA

```
      ZP=ZPP
      IY=1
      WRITE(3,11)IY,(COM(I),I=1,80)
    1 CONTINUE
      IF(MS.LE.1)GO TO 7
      DO 6 I=1,N
      IF(FR(I).GT.0..AND.FL(I+1).GT.0.)GOTO6
      CALL BPTRAN
      DS=DZ/24.
      GO TO 7
    6 CONTINUE
      IF(ZP.LE.0.)GO TO 7
      IF(DS.LT.ZP)GO TO 7
      DZS=DZ
      DS=ZP
      DZ=DS*24.
    7 CONTINUE
      ZC=ZC+DS
      ZCC=ZCC+DS
      IF(ZC.LE.360.)GO TO 2
      IY=IY+1
      WRITE(3,11)IY,(COM(I),I=1,80)
      ZC=ZC-360.
    2 CONTINUE
      CALL BPCOND
      CALL BPTEMP
      CALL BPGLOW
      ZP=ZP-DS
      IF(ZP.GT.0.)GO TO 3
      IF(MS.LE.1)GO TO 5
      DZ=DZS
      CALL BPSTEP
```

LISTING PROGRAM LICA

```
65.       DS=DZ/24.
66.     5 CONTINUE
67.       IF(ZP.GT.0.)GO TO 3
68.       ZP=ZPP
69.       CALL BPTEMP
70.       X=DZ
71.       DZ=DZS
72.       CALL BPREPO
73.       DZ=X
74.     3 CONTINUE
75.       IF(ZCC.LT.ZE)GO TO 1
76.       CALL BPTEMP
77.       CALL BPREPO
78.       WRITE(3,12)
79.    11 FORMAT(1X/10X,11('*')/10X,'* YEAR',I3,
80.      1  ' *',10X,80A1/10X,11('*')/)
81.    12 FORMAT(1X//126('*')/10X,'THE CALCULATION'
82.      1  ,' IS FINISHED'//10X,'WE HOPE YOU WILL HAVE'
83.      2  ,' AGOOD RESULTS'/1X,126('*'))
84.       STOP
85.       END
 1.       SUBROUTINE BPDATE
 2.       COMMON/C/COM(80)
 3.       COMMON/B1/T1(13),T2(13),F1(13),F2(13),A1(13),
 4.      1  A2(13),Z(13)
 5.       COMMON/B2/G(10)
 6.       COMMON/B3/FI(11),S0(11,10),VC(11,10)
 7.       COMMON/B4/VP(10,10),SV(10,10),TM(10,10),
 8.      1  ST(10,10),VK(10,10),SK(10,10),HT(10,10),
 9.      2  SH(10,10),MV(10),MT(10),MK(10),MH(10)
```

```
LISTING PROGRAM LICA
10.       COMMON/B8/MAT(30),H(30),RP(31)
11.       COMMON/B9/FL(31),FR(31),SL(31),SR(31),N,N1
12.       COMMON/B10/DZS,ZPP,ZB,ZE,MG,ML
13.       COMMON/B13/T(31),E(31),VL(31),VR(31),R(30),
14.      1  HM(30),HV(30),HB(30),HG(30)
15.       DIMENSION A(80),BUF(40),MC(40)
16.       DIMENSION CL(13,6),CS(11,10,2),CV(10,10,8),
17.      1  MM(10,4)
18.       DATA P/1H /
19.       EQUIVALENCE(CL(1,1),T1(1)),(CS(1,1,1),S0(1,1))
20.      1  ,(CV(1,1,1),VP(1,1)),(MM(1,1),MV(1))
21.      3 FORMAT(1X,126('*')/////10X,44('*')/10X,
22.       1  '* MOISTURE REGIME OF BUILDING CONSTRACTION*',
23.       2  '*'/10X,44('*')///)
24.      1 FORMAT(80A1)
25.         DO 101 I=1,13
26.         Z(I)=30*(I-1)
27.         DO 101 J3=1,6
28.   101 CL(I,J )=0.
29.         DO 102 I=1,11
30.         FI(I)=0.1*(I-1)
31.         DO 102 J=1,10
32.         S0(I,J)=0.
33.   102 VC(I,J)=0.
34.         DO 103 I=1,10
35.         G(I)=0.
36.         MV(I)=0
37.         MT(I)=0
38.         MK(I)=0
39.         MH(I)=0
40.         DO 103 J=1,10
41.         VP(I,J)=0.
```

```
      SV(I,J)=0.
      TM(I,J)=0.
      ST(I,J)=0.
      VK(I,J)=0.
      SK(I,J)=0.
      HT(I,J)=0.
103   SH(I,J)=0.
      DO 104 I=1,30
      MAT(I)=1
104   H(I)=0.
      DO 105 I=1,31
      FL(I)=0.
      FR(I)=0.
      SL(I)=0.
      SR(I)=0.
105   RP(I)=1000.
      DO118 J=2,8,2
      DO118 I=1,10
118   CV(1,I,J)=1000.
      ZPP=30.
      ZB=0.
      ZE=1800.
      MG=10
      ML=8
      DZS=12.
      N=1
      WRITE(3,4)
    4 FORMAT(30X,'CARD LISTING'/)
      WRITE(3,5)
    5 FORMAT(1X,95('='))
106   CONTINUE
      READ(1,1)(A(I),I=1,80)
```

```
      WRITE(3,6)N,(A(I),I=1,80)
    6 FORMAT(1X,'=CARD',I4,'===',80A1,'===')
      CALL BPJIM(A,A ,MC,BUF,J1,J2)
      DO 145 I=1,80
      IF(A(I),NE.P)GO TO 146
  145 CONTINUE
      GO TO 200
  146 CONTINUE
      N=N+1
      IF(J1.NE.0.OR.J2.NE.0)GO TO 148
      DO 147 I=1,80
  147 COM(I)=A(I)
      GO TO 106
  148 CONTINUE
      I1=MC(1)
      I2=MC(2)
      I3=MC(3)
      I4=MC(4)
      IF(I1.LE.0.OR.I2.LT.0.OR.I3.LT.0.OR.I4.
     1  LT.0.OR.I1.GT.25)GO TO 199
      IF(I1.GT.6)GO TO 112
      IF(I3.GT.12)GO TO 199
      IF(I2.EQ.0)GO TO 111
      DO 107 I=2,12
      BUF(I)=BUF(1)
  107 CONTINUE
  111 CONTINUE
      I4=I4+I3-1
      IF(I3.EQ.0)GO TO 109
      IF(I4.GT.12)GO TO 199
      DO 108 I=I3,I4
```

```
      J=I-I3+1
  108 CL(I,I1)=BUF(J)
      CL(13,I1)=CL(1,I1)
      GO TO 106
  109 CONTINUE
      DO 110 I=1,12
  110 OL(I,I1)=BUF(I)
      CL(13,I1)=CL(1,I1)
      GO TO 106
  112 CONTINUE
      IF(I1.GT.8)GO TO 114
      IF(I2.EQ.0)GO TO 199
      IF(I3.EQ.0)I3=2
      IF(I3.GT.11)GO TO 199
      I4=I4+I3-1
      IF(I4.GT.11)GO TO 199
      I1=I1-6
      DO 113 I=I3,I4
      J=I-I3+1
  113 CS(I,I2,I1)=BUF(J)
      VC(1,I2)=VC(2,I2)
      GO TO 106
  114 CONTINUE
      IF(I1.GT.16)GO TO 117
      IF(I2.EQ.0)GO TO 199
      IF(I3.GT.10)GO TO 199
      IF(I3.LE.1)I3=1
      I1=I1-8
      IJ=4
      IF(I1.LE.6)IJ=3
      IF(I1.LE.4)IJ=2
      IF(I1.LE.2)IJ=1
```

LISTING PROGRAM LICA

```
137.       MM(I2,IJ)=I3
138.       IF(I3.NE.1)GO TO 115
139.       CV(1,I2,I1)=BUF(1)
140.       GO TO 106
141.   115 CONTINUE
142.       DO 116 I=1,I3
143.   116 CV(I,I2,I1)=BUF(I)
144.       GO TO 106
145.   117 CONTINUE
146.       IF(I1.GT.17)GO TO 124
147.       IF(I2.EQ.0)GO TO 199
148.       G(I2)=BUF(1)
149.       GO TO 106
150.   124 I1=I1-17
151.       GO TO (125,127,130,131,135,136,137,138),I1
152.   125 CONTINUE
153.       IF(I3.EQ.0)I3=1
154.       I2=I2+I3-1
155.       IF(I3.GT.30.OR.I2.GT.30)GO TO 199
156.       IF(I2.LT.I3)GO TO 199
157.       DO 126 I=I3,I2
158.   126 MAT(I)=I4
159.       GO TO 106
160.   127 CONTINUE
161.       IF(I3.EQ.0)I3=1
162.       IF(I3.GT.30)GO TO 199
163.       IF(I2.NE.0)GO TO 119
164.       DO 128 I=2,30
165.       BUF(I)=BUF(1)
166.   128 CONTINUE
167.   119 CONTINUE
168.       I4=I4+I3-1
```

```
      IF(I4.GT.30)GO TO 199
      DO 129 I=I3,I4
      J=I-I3+1
  129 H(I)=BUF(J)
      GO TO 106
  130 CONTINUE
      IF(I2.EQ.0.OR.I2.GT.31)GO TO 199
      RP(I2)=BUF(1)
      GO TO 106
  131 CONTINUE
      IF(I3.EQ.0.OR.I3.GT.31)GO TO 199
      I4=I4+I3-1
      IF(I4.GT.31)GO TO 199
      IF(I2.NE.0)GO TO 133
      DO 132 I=I3,I4
      FL(I)=BUF(1)
      FR(I)=BUF(2)
      IF(FL(I).LT.100..AND.FR(I).LT.100)GO TO 132
      SL(I)=BUF(3)
      SR(I)=BUF(4)
  132 CONTINUE
      GO TO 106
  133 J=1
      DO 134 I=I3,I4
      FL(I)=BUF(J)
      FR(I)=BUF(J+1)
      J=J+2
      IF(FL(I).LT.100.AND.FR(I).LT.100.)GO TO 134
      SL(I)=BUF(J)
      SR(I)=BUF(J+1)
      J=J+2
  134 CONTINUE
```

```
      GO TO 106
  135 DZS=BUF(1)
      ML=I2
      MG=I3
      GO TO 106
  136 ZPP=BUF(1)
      GO TO 106
  137 ZB=BUF(1)
      GO TO 106
  138 ZE=BUF(1)
      IF(I2.NE.0)GO TO 106
      ZE=ZE*360.
      GO TO 106
  199 CONTINUE
      WRITE(3,5)
      GO TO 106
  200 CONTINUE
      WRITE(3,5)
      DO 121 J=1,10
      DO 120 I=2,11
      IF(VC(I,J).GT.0)GO TO 120
      CALL BPDIF(11,0.1,SO(1,J),VC(1,J))
      DO 122IK=1,11
  122 VC(IK,J)=VC(IK,J)*10.
      GO TO 121
  120 CONTINUE
  121 CONTINUE
      DO 142 I=1,30
      M=MAT(I)
  142 HG(I)=H(I)*G(M)
      DO 143 I=1,31
```

LISTING PROGRAM LICA

```
      FR(I)=FR(I)*0.01
      FL(I)=FL(I)*0.01
  143 CONTINUE
      N1=0
      DO 141 I=1,31
      IF(RP(I).LT.1000.)N1=I
  141 CONTINUE
      N=N1-1
    2 FORMAT(1X///10X,80A1///)
      WRITE(3,2)(COM(I),I=1,80)
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE RPJIM(A,B,M,C,I1,I2)
      DIMENSION A(80),B(80),M(40),C(40)
      DIMENSION D(10)
      DATA D/1H1,1H2,1H3,1H4,1H5,1H6,1H7,1H8,
     1     1H9,1H0/,P/1H /,T/1H./,ZP/1H+/,ZM/1H-/
      DO 1 I=1,40
      C(I)=0.
      M(I)=0
      B(I)=A(I)
      IF(I.LE.20)GO TO 1
      J=2*I
      B(J)=A(J)
      J=J-1
      B(J)=A(J)
    1 CONTINUE
      I1=0
      I2=0
      I=0
    2 I=I+1
```

LISTING PROGRAM LICA

```
20.       IF(I.GT.80)GO TO 11
21.       IF(A(I).EQ.P)GO TO 2
22.       IF(A(I-1).NE.P)GO TO 2
23.       F=A(I)
24.       MZ=0
25.       MET=0
26.       N=0
27.       E=0.
28.       DO 3 J=1,10
29.       IF(F.EQ.D(J))GO TO 4
30.     3 CONTINUE
31.       J=0
32.       IF(F.EQ.ZM)GO TO 12
33.       IF(F.EQ.ZP)GO TO 4
34.       IF(F.EQ.T)GO TO6
35.       GO TO 2
36.    12 MZ=1
37.     4 CONTINUE
38.       IF(J.EQ.10)J=0
39.       N=N*10+J
40.       I=I+1
41.       IF(I.GT.80)GO TO 7
42.       F=A(I)
43.       IF(F.EQ.P)GO TO 7
44.       IF(F.EQ.T)GO TO 6
45.       DO 5 J=1,10
46.       IF(F.EQ.D(J))GO TO 4
47.     5 CONTINUE
48.       GO TO 2
49.     6 E=N
50.       N=0
51.       J=0
```

```
      IR=I
      MET=1
      GO TO 4
    7 CONTINUE
      IF(MET.EQ.1)GO TO 8
      I1=I1+1
      M(I1)=N
      IF(MZ.EQ.1)M(I1)=-M(I1)
      GO TO 2
    8 F=N
      IR=I-IR-1
      DO 9 J=1,IR
    9 F=F/10.
   10 I2=I2+1
      C(I2)=E+F
      IF(MZ.EQ.1)C(I2)=-C(I2)
      GO TO 2
   11 CONTINUE
      RETURN
      END

      SUBROUTINE BPDIF(N,H,Y,Y1)
      DIMENSION Y(1),Y1(1)
      N1=N-1
      N2=N-2
      N3=N-3
      N4=N-4
      DO 1 I=3,N2
    1 Y1(I)=((Y(I+1)-Y(I-1))*2./3.-(Y(I+2)-Y(I-2)
     1      /12.)/H
      Y1(2)=(-19.*Y(1)-Y(2)+12.* Y(3)+13.*Y(4)-
     1      5.*Y(5))/(42.*H)
```

LISTING PROGRAM LICA

```
      Y1(M1)=(5.*Y(N4)-13.*Y(N3)-12.*Y(N2)+Y(M1)+
     1      +19.*Y(N))/(42.*H)
      Y1(1)=(-3.*Y(1)+4.*Y(2)-Y(3))/(2.*H)
      Y1(N)=(3.*Y(N)-4.*Y(M1)+Y(N2)))/(2.*H)
      RETURN
      END

      SUBROUTINE RPCONT
      COMMON/B1/T1(13),T2(13),F1(13),F2(13),
     1      A1(13),A2(13),Z(13)
      COMMON/B2/G(10)
      COMMON/B3/FI(11),SO(11,10),VC(11,10)
      COMMON/B4/VP(10,10),SV(10,10),TM(10,10),
     1     ST(10,10),VK(10,10),SK(10,10),HT(10,10),
     2     SH(10,10),MV(10),MT(10),MK(10),MH(10)
      COMMON/B8/MAT(30),H(30),RP(31)
      COMMON/B9/FL(31),FR(31),SL(31),SR(31),N,N1
      COMMON/B10/DZS,ZPP,ZB,ZE,MG,ML
      WRITE(3,5)
      DO 156  I=2,11
  156 FI(I)=FI(I)*100.
    5 FORMAT(1X///30X,'DATA LISTING'//40X,
     1       'BOUNDARY CONDITIONS'/)
      WRITE(3,6)
    6 FORMAT(10X,'Z',7X,'T1',5X, FI1',8X,
     1     'ALFA1',5X,'T2',5X,'FI2',5X,'ALFA2')
      DO 145 I=1,13
      WRITE(3,7)Z(I),T1(I),F1(I).A1(I),T2(I),F2(I),
     1     A2(I)
      F1(I)=F1(I)*0.01
  145  F2(I)=F2(I)*0.01
    7 FORMAT(7X,F6.1,F9.2,F7.1,F11.1,F10.2,
     1     F7.1,F10.1)
```

```
      WRITE(3,8)
    8 FORMAT(1X//50X,'CHARACTER OF MATERIALS'/)
      DO 153 J=1,10
      DO 146 I=1,N
      IF(MAT(I).EQ.J)GO TO 147
  146 CONTINUE
      GO TO 153
  147 CONTINUE
      WRITE(3,9)J,G(J)
    9 FORMAT(1X//40X,'MATERIAL',I3//10X,
     1  'GAMMA=',F7.1/)
      WRITE(3,11)
   11 FORMAT(10X,'FI',8X,'OMEGA',7X,'KSI')
      DO 148 I=1,11
  148 WRITE(3,12)FI(I),SO(I,J),VC(I,J)
   12 FORMAT(8X,F7.2,F10.2,F11.2)
      WRITE(3,13)
   13 FORMAT(1X/11X,'OMEGA',8X,'MU')
      M=MV(J)
      DO 149 I=1,M
  149 WRITE(3,14)I,SV(I,J),VP(I,J)
   14 FORMAT(5X,I3,F10.2,F11.6)
      WRITE(3,15)
   15 FORMAT(1X/58X,'OMEGA',10X,'BETTA')
      M=MT(J)
      DO 150 I=1,M
  150 WRITE(3,16)I,ST(I,J),TM(I,J)
   16 FORMAT(42X,I3,8X,F10.2,5X,F11.5)
      WRITE(3,17)
   17 FORMAT(1X/11X,'OMEGA',8X,'C')
      M=MK(J)
```

Listing PROGRAM LICA

```
      DO 151 I=1,M
151 WRITE(3,18)I,SK(I,J),VK(I,J)
 18.FORMAT(5X,I3,F10.2,F11.6)
      WRITE(3,19)
 19 FORMAT(1X/58X,'OMEGA',10X,'LAMBDA')
      M=MH(J)
      DO 152 I=1,M
152 WRITE(3,20)I,SH(I,J),HT(I,J)
 20 FORMAT(42X,I3,8X,F10.2,5X,F11.4)
153 CONTINUE
      WRITE(3,21)DZS,MG,ML,ZB,ZE
 21 FORMAT(2X/50X,'TIME CHARAKTER'///35X,'TIME'
     1  ' CHARACTER'///35X,'TIME STEP',F7.2,5X,
     2  'CONSTANTS',2X,'MG=',I3,3X,'ML=',I3/1X,
     3  'INITIAL TIME=',F7.2.5X,'FINAL TIME=',
     4  F8.2,1X//)
      WRITE(3,22)N
 22  FORMAT(2X/50X,'CHARACTER OF CONSTRUKTION'///
     1  50X,'AMOUNT OF LAYER=',I3//)
      WRITE(3,23)
 23 FORMAT(20X,'N OF LAER',6X,'N OF MATERIAL',6X,
     1  'STEP OF THICKNESS')
      DO 154 J=1,N
154 WRITE(3,24)J,MAT(J),H(J)
 24 FORMAT(23X,I3,15X,I3,F20.4
      WRITE(3,26)
      DO 155  J=1,31
      IF(RP(J).GE.1000.)GO TO 155
 26 FORMAT(1X/30X,'N',4X,'1/RP')
      WRITE(3,27)J,RP(J)
 27 FORMAT(28X,I3,F9.3)
155  CONTINUE
```

```
      DO 157 I=2,11
  157 FI(I)=FI(I)/100.
      WRITE(3,28)
   28 FORMAT(1X/1X,126('*')//50X,'RESULTS'/
     1  1X,126('*')//)
      MET=0
      DO 161 I=1,N
      IF(H(I).GT.0.)GO TO 161
      WRITE(3,31)I,H(I)
   31 FORMAT(10X,'LOOK LAYER',I3/25X,'H=',F7.4)
      MET=1
  161 CONTINUE
      DO 177 I=1,10
      DO 162 J=1,N
      IF(MAT(J).EQ.I)GO TO 163
  162 CONTINUE
      GO TO 177
  163 CONTINUE
      IF(G(I).GT.0.)GO TO 164
      WRITE(3,32)
   32 FORMAT(10X,'LOOK MATERIAL',I3)
      WRITE(3,33)G(I)
   33 FORMAT(27X,'G=',F7.4)
      MET=1
  164 CONTINUE
      DO 165 J=2,11
      IF(SO(J,I).LE.0.)GO TO166
      IF(SO(J,I).GE.SO(J-1,I))GO TO 165
  166 WRITE(3,32)I
      WRITE(3,34)J,SO(J,I)
   34 FORMAT(27X,'J=',I3,5X,'W=',F7.4)
```

```
      MET=1
  165 CONTINUE
      M=MV(I)
      DO 167 J=1,M
      IF(J.EQ.1)GO TO 168
      IF(SV(J,I).LE.SV(J-1,I))GO TO 169
  168 CONTINUE
      IF(VP(J,I).GT.0.)GO TO 167
  169 WRITE(3,32)I
      WRITE(3,35)J,SV(J,I),VP(J,I)
   35 FORMAT(27X,'J=',I3,5X,'WV=',F7.4,5X,
     1  'MU=',F7.3)
      MET=1
  167 CONTINUE
      M=MT(I)
      IF(M.LE.1)GO TO 170
      DO 170 J=2,M
      IF(ST(J,I),GT.ST(J-1,I))GO TO 170
      WRITE(3,32)I
      WRITE(3,36)J,ST(J,I)
   36 FORMAT(27X,'J=',I3,5X,'WT=',F7.4)
      MET=1
  170 CONTINUE
      M=MK(I)
      IF(M.LE.1)GO TO 171
      DO 171 J=2,M
      IF(SK(J,I).GT.SK(J-1,I))GO TO 171
      WRITE(3,32)I
      WRITE(3,37)J,SK(J,I)
   37 FORMAT(27X,'J=',I5,5X,'WK=',F7.4)
      MET=1
```

```
153.  171 CONTINUE
154.      M=MH(I)
155.      DO 174 J=1,M
156.      IF(J.EQ.1)GO TO 172
157.      IF(SH(J,I).LE.SH(J-1,I))GO TO 173
158.  172 CONTINUE
159.      IF(HT(J,I).GT.0.)GO TO 174
160.  173 WRITE(3,32)I
161.      WRITE(3,38)J,HT(J,I)
162.   38 FORMAT(27X,'J=',I3,5X,'WH=',F7.4)
163.      MET=1
164.  174 CONTINUE
165.  177 CONTINUE
166.      DO 176 J=1,12
167.      IF(F1(J).LT.0.)GO TO 175
168.      IF(F2(J).LT.0.)GO TO 175
169.      IF(A1(J).LE.0.)GO TO 175
170.      IF(A2(J).LE.0.)GO TO 175
171.      GO TO 176
172.  175 WRITE(3,39)
173.   39 FORMAT(10X,'LOOK BOUNDARY CONDITIONS')
174.      MET=1
175.  176 CONTINUE
176.      IF(MET.EQ.0)GO TO 180
177.      STOP
178.  180 CONTINUE
179.      RETURN
180.      END
  1.      SUBROUTINE BPREPO
  2.      COMMON/B2/G(10)
  3.      COMMON/B8/MAT(30),H(30),RP(31)
```

```
LISTING PROGRAM LICA
    4.      COMMON/B9/FL(31),FR(31),SL(31),SR(31),N,N1
    5.      COMMON/B11/DZ,ZC
    6.      COMMON/B12/TC1,TC2,FC1,FC2,AC1,AC2,E1,E2
    7.      DIMENSION B(18),C(18)
    8.      S=0.
    9.      DO 505 I=1,N
   10.      J=MAT(I)
   11.      X=(SR(I)+SL(I+1))/2.
   12.      X=X*H(I)*G(J)/100.
   13.  505 S=S+X
   14.      WRITE(3,576)ZC,DZ,S,TC1,TC2,FC1,FC2
   15.  576 FORMAT(1X,'**** Z=',F6.1,5X,'DZ=',F6.2,
   16.     1        5X,'MW=',F7.2,10X,'T1=',F6.2,5X,
   17.     2        'T2=',F6.2,5X,'F1=',2PF6.2,5X,'F2=',
   18.     3        2PF6.2)
   19.      K=N1
   20.      IF(K.GT.9)K=9
   21.      K1=K-1
   22.      M=K1*2
   23.      IF(N1.GT.9)M=M+1
   24.      J=1
   25.      DO 501 I=1,K
   26.      B(J)=FR(I)*100.
   27.      B(J+1)=FL(I+1)*100.
   28.      C(J)=SR(I)
   29.      C(J+1)=SL(I+1)
   30.  501 J=J+2
   31.      WRITE(3,577)(B(J),J=1,M)
   32.  577 FORMAT(1X,'F',6X,F5.1,'F',8(F5.1,1X,
   33.     1        F5.1,'F'))
   34.      WRITE(3,578)(C(J),J=1,M)
   35.  578 FORMAT(1X,'W',6X,F6.2,'W',
```

```
      1      8(2F6.2,'W'))
       IF(N1.LE.9)GO TO 504
       L=9
  502 L1=L
       L=L+9
       K=N1-L
       IF(K.GT.9)K=9
       IF(K.LE.0)K=N1-L1
       M=2*K
       IF(N1.LE.L)M=M-1
       J=1
       DO 503 I=1,K
       IK=L1+I
       B(J)=FL(IK)*100.
       B(J+1)=FR(IK)*100.
       C(J)=SL(IK)
       C(J+1)=SR(IK)
  503 J=J+2
       WRITE(3,579)(B(J),J=1,M)
       WRITE(3,580)(C(J),J=1,M)
  579 FORMAT(1X,'F',9(F5.1,1X,F5.1,'F'))
  580 FORMAT(1X,'W',9(2F6.2,'W'))
       IF(L.LT.N1)GO TO 502
  504 CONTINUE
       RETURN
       END
       SUBROUTINE BPCOND
       COMMON/B1/T1(13),T2(13),F1(13),F2(13),
      1  A1(13),A2(13),Z(13)
       COMMON/B11/DZ,ZC
        COMMON/B12/TC1,TC2,FC1,FC2,AC1,AC2,E1,E2
```

LISTING PROGRAM LICA

```
 6.       TC1=BPLI(ZC,Z,T1,13)
 7.       TC2=BPLI(ZC,Z,T2,13)
 8.       FC1=BPLI(ZC,Z,F1,13)
 9.       FC2=BPLI(ZC,Z,F2,13)
10.       AC1=BPLI(ZC,Z,A1,13)
11.       AC2=BPLI(ZC,Z,A2,13)
12.       E1=FC1*BPEMAX(TC1)
13.       E2=FC2*BPEMAX(TC2)
14.       RETURN
15.       END
 1.       SUBROUTINE BPTEMP
 2.       COMMON/B3/FI(11),SO(11,10),VC(11,10)
 3.       COMMON/B4/VP(10,10),SV(10,10),TM(10,10),
 4.      1  ST(10,10),VK(10,10),SK(10,10),HT(10,10),
 5.      2  SH(10,10),MV(10),MT(10),MK(10),MH(10)
 6.       COMMON/B8/MAT(30),H(30),RP(31)
 7.       COMMON/B9/FL(31),FR(31),SL(31),SR(31),N,N1
 8.       COMMON/B12/TC1,TC2,FC1,FC2,AC1,AC2,E1,E2
 9.       COMMON/B13/T(31),E(31),VL(31),VR(31),R(30),
10.      1  HM(30),HV(30),HB(30),HG(30)
11.       DO 304 I=1,N1
12.       IF(I.EQ.N1)GO TO 302
13.       MR=MAT(I)
14.       IF(FR(I).LT.1.)GO TO 301
15.       IF(SR(I).GE.SO(11,MR))GO TO 302
16.       FR(I)=BPLI(SR(I),SO(1,MR),FI,11)
17.  301  CONTINUE
18.       SR(I)=BPLI(FR(I),FI,SO(1,MR),11)
19.       VR(I)=BPLI(FR(I),FI,VC(1,MR),11)
20.   302 CONTINUE
21.       IF(I.EQ.1)GO TO 304
```

```
      ML=MAT(I-1)
      IF(FL(I).LT.1.)GO TO 303
      IF(SL(I).GE.SO(11,ML))GO TO 304
      FL(I)=BPLI(SL(I),SO(1,ML),FI,11)
  303 CONTINUE
      SL(I)=BPLI(FL(I),FI,SO(1,ML),11)
      VL(I)=BPLI(FL(I),FI,VC(1,ML),11)
  304 CONTINUE
      RS=1./AC1
      RO=RS+1./AC2
      DO 305 I=1,N
      R(I)=(SR(I)+SL(I+1))/2.
      M=MAT(I)
      HM(I)=BPLI(R(I),SV(1,M),VP(1,M),MV(M))
      HM(I)=HM(I)/H(I)
      HV(I)=BPLI(R(I),SK(1,M),VK(1,M),MK(M))
      HB(I)=BPLI(R(I),ST(1,M),TM(1,M),MT(M))
      HB(I)=HB(I)/H(I)
      R(I)=BPLI(R(I),SH(1,M),HT(1,M),MH(M))
      R(I)=H(I)/R(I)
  305 RO=RO+R(I)
      RO=(TC1-TC2)/RO
      DO 306 I=1,N1
      T(I)=TC1-RO*RS
      E(I)=BPEMAX(T(I))
  306 RS=RS+R(I)
      DO 307 I=1,N
      RO=(T(I)+T(I+1))/2.
      HB(I)=HB(I)*(1.+0.04*RO)/1.6
      IF(RO.LE.-25.)HB(I)=0.
  307 CONTINUE
```

LISTING PROGRAM LICA

```
      RETURN
      END
      SUBROUTINE BPGLOW
      COMMON/B3/FI(11),SO(11,10),VC(11,10)
      COMMON/B8/MAT(30),H(30),RP(31)
      COMMON/B9/FL(31),FR(31),SL(31),SR(31),N,N1
      COMMON/B11/DZ,ZC
      COMMON/B12/TC1,TC2,FC1,FC2,AC1,AC2,E1,E2
      COMMON/B13/T(31),E(31),VL(31),VR(31),R(30),
     1  HM(30),HV(30),HB(30),HG(30)
      Q1(X1,X2,X3,X4,X51,X52,X6,X7,X8,X9,X10)=
     1   0.2*DZ*(X1-X2)*X7-(X2-X3)*X8+(X4-X51)*X9-
     2   (X52-X6)*X10)
      F3=FR(1)
      F4=FL(2)
      S3=SR(1)
      S4=SL(2)
      M=MAT(1)
      Y2=F3*E(1)
      Y3=F4*E(2)
      IF(F3.GE.1.OR.F4.GE.1.)GO TO 401
      Y12=HG(1)*VR(1)
      FR(1)=BPQ(S1,Y2,Y3,RP(1),HM(1),Y12,E(1))/E(1)
      IF(FR(1).LT.1.)GO TO 402
      FR(1)=1.
      SR(1)=SO(11,M)
      GO TO 402
401   CONTINUE
      SR(1)=Q1(S1,Y2,Y3,0.,0.,S3,S4,RP(1),HM(1),
     1      0.,HB(1))/HG(1)
      SR(1)=S3+SR(1)
      FR(1)=1.
```

```
      IF(SR(1).LT.SO(11,M))FR(1)=BPLI(SR(1),
     1     SO(1,M),FI,11)
  402 CONTINUE
      DO 414 I=2,N
      I1=I-1
      F1=F3
      F2=F4
      F3=FR(I)
      F4=FL(I+1)
      S1=S3
      S2=S4
      S3=SR(I)
      S4=SL(I+1)
      ML=MAT(I1)
      MR=MAT(I)
      Y1=F1*E(I1)
      Y2=F2*E(I)
      IF(RP(I).LT.1000.)GO TO 409
      Y3=F4*E(I+1)
      IF(F1.GE.1..OR.F2.GE1..OR.F4.GE.1.)GO TO 403
      FL(I)=2.*E(I)*DZ*((Y1-F2)*HM(I1)-(Y2-Y3)*HM(I))
     1      /(HG(I1)*VL(I)+HG(I)*VR(I))
      FL(I)=(Y2+FL(I))/E(I)
      FR(I)=FL(I)
      IF(FL(I).LT.1.)GO TO 414
  417 CONTINUE
      FL(I)=1.
      FR(I)=1.
      SL(I)=SO(11,ML)
      SR(I)=SO(11,MR)
      GO TO 414
  403 CONTINUE
```

```
      IF(F3.GE.1.)GO TO 405
      IF(F1.GE.1.)GO TO 404
      HB(I1)=0.
  404 CONTINUE
      IF(F4.GE.1.)GO TO 405
      HB(I)=0.
  405 CONTINUE
      SL(I)=Q1(Y1,Y2,Y3,S1,S2,S3,S4,HM(I1),HM(I),
     1      HB(I1),HB(I))
      IF(F2.GE.1.)GO TO 406
      SL(I)=S2+SL(I)/(HG(I1)+HG(I))
  407 CONTINUE
      FL(I)=BPLI(SL(I),SO(1,ML),FI,11)
      IF(FL(I).GE.1.)GO TO 417
      FR(I)=FL(I)
      GO TO 414
  406 CONTINUE
      IF(ML.NE.MR)GO TO 408
      SL(I)=S2+SL(I)/(HG(I1)+HG(I))
      SR(I)=SL(I)
      IF(SL(I).GE.SO(11,ML))GO TO 414
      GO TO 407
  408 CONTINUE
      Y2=HV(I1)+HV(I)
      Y1=HV(I1)/(Y2*HG(I1))
      Y2=HV(I)/(Y2*HG(I))
      SR(I)=S3+SL(I)*Y2
      SL(I)=S2+SL(I)*Y1
      IF(SL(I).GE.1.)GO TO 414
      GO TO 407
  409 CONTINUE
```

```
      Y3=F3*E(I)
      IF(F1.GE.1..OR.F2.GE.1.)GO TO 410
      FL(I)=Q1(Y1,Y2,Y3,0.,0.,0.,0.,HM(I1)
     1    ,RP(I),0.,0.)
      FL(I)=FL(I)*E(I)*10.
      FL(I)=Y2+FL(I)/(HG(I1)*VL(I))
      FL(I)=FL(I)/E(I)
      IF(FL(I).LT.1.)GO TO 411
      FL(I)=1.
      SL(I)=SO(11,ML)
      GO TO 411
  410 CONTINUE
      SL(I)=Q1(Y1,Y2,Y3,S1,S2,0.,0.,HM(I1),
     1      RP(I),HB(I1),0.)
      SL(I)=S2+SL(I)/HG(I1)
      FL(I)=1.
      IF(SL(I).GE.SO(11,ML))GO TO 411
      FL(I)=RPLI(SL(I),SO(1,ML),FI,11)
  411 CONTINUE
      Y4=F4*E(I+1)
      IF(F3.GE.1..OR.F4.GE.1.)GO TO 412
      FR(I)=Q1(Y2,Y3,Y4.0..0..0.,0.,RP(I).HM(I),
     1  0.,0.)
      FR(I)=FR(I)*E(I)*10.
      FR(I)=Y3+FR(I)/(HG(I)*VR(I))
      FR(I)=FR(I)/E(I)
      IF(FR(I).LT.1.)GO TO 414
      FR(I)=1.
      SR(I)=SO(11,MR)
      GO TO 414
  412 CONTINUE
```

```
      SR(I)=Q1(Y2,Y3,Y4,0.,0.,S3,S4,RP(I),HM(I),
     1  0.,HB(I))
      SR(I)=S3+SR(I)/HG(I)
      FR(I)=1.
      IF(SR(I).GE.SO(11,MR))GO TO 413
      FR(I)=BPLI(SR(I),SO(1,MR),FI,11)
  413 CONTINUE
  414 CONTINUE
      Y1=F3*E(N)
      Y2=F4*E(M1)
      IF(F3.GE.1..OR.F4.GE.1.)GO TO 415
      Y12=HG(N)*VC(M1)
      FL(M1)=BPQ(E2,Y2,Y1,RP(M1),HM(N),Y12,
     1  E(M1))/E(M1)
      IF(FL(M1).LT.1.)GO TO 416
      FL(M1)=1.
      SL(M1)=SO(11,MR)
      GO TO 416
  415 CONTINUE
      SL(M1)=Q1(Y1,Y2,E2,S3,S4,0.,0.,HM(N),RP(M1),
     1  HB(N),0.)/HG(N)
      SL(M1)=S4+SL(M1)
      FL(M1)=1
      IF(SL(M1).LT.SO(11,MR))FL(M1)=BPLI(SL(M1),
     1  SO(1,MR),FI,11)
  416 CONTINUE
      RETURN
      END

      FUNCTION BPQ(X1,X2,X3,X7,X8,X12,X13)
      COMMON/B11/DZ,ZC
      Q2=2.*DZ*X13*((X1-X2)*X7-(X2-X3)*X8)/X12
```

LISTING PROGRAM LICA

```
      Q2=Q2+X2
      IF(X7.LE.0.)GO TO 1
      Q=(X1*X7+X3*X8)/(X7+X8)
      IF(Q.LT.Q2)Q2=Q
    1 CONTINUE
      BPQ=Q2
      RETURN
      END

      FUNCTION BPEMAX(T)
      IF(T.LT.0.)GO TO1
      IF(T.LT.20.)GO TO 2
      GO TO 3
    1 A0=4.521
      A1=0.351
      A2=0.01115
      A3=0.000168
      A4=0.000000998
      GO TO 4
    2 A0=4.547
      A1=0.347
      A2=0.00923
      A3=0.000254
      A4=0.000002058
      GO TO 4
    3 A0=5.551
      A1=0.176
      A2=0.02036
      A3=0.0000803
      A4=0.000005972
    4 BPEMAX=(((A4*T+A3)*T+A2)*T+A1)*T+A0
      RETURN
      END
```

LISTING PROGRAM LICA

```
      SUBROUTINE BPSTEP
      COMMON/B9/FL(31),FR(31),SL(31),SR(31),N,N1
      COMMON/B10/DZS,ZPP,ZB,ZE,MG,ML
      COMMON/B11/DZ,ZC
      COMMON/B13/T(31),E(31),VL(31),VR(31),R(30),
     1        HM(30),HV(30),HB(30),HG(30)
      COMMON/B14/WL(31),WR(31),DT(20),MS,ZS,ZSS
      COMMON/B15/ZCC,ZP
      ZD=DT(MS)*2.
      D=ZD
      DO 607 I=1,N1
      I1=I-1
      IF(I.EQ.1)GO TO 603
      IF(FL(I).GE.1.)GO TO 601
      D=0.5*VL(I)*HG(I1)/(HM(I1)*E(I))
      GO TO 603
  601 CONTINUE
      X=HB(I1)+HM(I1)
      IF(X.GT.0.)GO TO 602
      D=ZD
      GO TO 603
  602 D=5.*HG(I1)/X
  603 CONTINUE
      IF(D.LT.ZD)ZD=D
      IF(I.EQ.N1)GO TO 607
      IF(FR(I).GE.1.)GO TO 604
      D=0.5*VR(I)*HG(I)/(HM(I)*E(I))
      GO TO 606
  604 CONTINUE
      X=HB(I)+HM(I)
      IF(X.GT.0.)GO TO 605
```

```
      D=ZD
      GO TO 606
  605 D=5.*HG(I)/X
  606 CONTINUE
      IF(D.LT.ZD)ZD=D
  607 CONTINUE
      IF(ZD.LT.DT(1))GO TO 612
      DO 608 I=1,MS
      IR=MS-I+1
      D=DT(IR)
      IF(D.GE.ZD)GO TO 608
      IF((ZD-D)/D.GE.0.15)GO TO 609
  608 CONTINUE
  609 CONTINUE
      IF(ZD.LT.DZ)GO TO 611
      DZ=D
      ZS=ZC
      ZSS=ZCC
      DO 610 I=1,M1
      WL(I)=SL(I)
  610 WR(I)=SR(I)
      GO TO 613
  611 CONTINUE
      CALL BPTRAN
  613 CONTINUE
      RETURN
  612 CONTINUE
      WRITE(3,676)ZD
  676 FORMAT(1X,'THE STEP TIME TO BE NEED', F9.4)
      STOP
      END
```

LISTING PROGRAM LICA

```
      SUBROUTINE BPTRAN
      COMMON/B9/FL(31),FR(31),SL(31),SR(31),N,N1
      COMMON/B10/DZS,ZPP,ZB,ZE,MG,ML
      COMMON/B11/DZ,ZC
      COMMON/B14/WL(31),WR(31),DT(20),MS,ZS,ZSS
      COMMON/B15/ZCC,ZP
      IF(DZ.EQ.DT(1))GO TO 704
      DO 701 I=1,MS
      IF(DZ.EQ.DT(I))GO TO 702
  701 CONTINUE
  702 DZ=DT(I-1)
      ZC=ZS
      ZCC=ZSS
      ZP=ZPP
      DO 703 I=1,N
      I1=I+1
      SR(I)=WR(I)
      SL(I1)=WL(I1)
      FR(I)=1.
      FL(I1)=1.
  703 CONTINUE
      RETURN
  704 CONTINUE
      WRITE(3,776)DZ
  776 FORMAT(1X,'THE STEP TIME TO BE NEED LESS THEN'
     1  ,F9.4)
      CALL BPREPO
      STOP
      END
      FUNCTION BPLI(Z,X,Y,N)
      DIMENSION X(N),Y(N)
```

LISTING PROGRAM LICA

```
      IF(Z.GT.X(1))GO TO 3
      BPLI=Y(1)
      RETURN
    3 CONTINUE
      DO 1 I=2,N
      IF(Z-X(I))2,2,1
    1 CONTINUE
      I=N
    2 I1=I-1
      BPLI=Y(I1)+(Y(I)-Y(I1))*(Z-X(I1))/
     1  (X(I)-X(I1))
      RETURN
      END
```

Приложение 5

ЗНАЧЕНИЯ СОРБЦИОННЫХ ВЛАЖНОСТЕЙ (ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 20 °С) И КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЛАГОПРОВОДНОСТИ (ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 15 °С) СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Таблица 7

№ п.п.	Наименование материала	Плотность, кг/м³	Сорбционная весовая влажность материала, %, при относительной влажности воздуха, %										Весовая влажность материала, %	
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	коэффициент влагопроводности, г/(м·ч·%)	
	1. Бетоны и растворы													
1	Железобетон	2500	0,15	0,3	0,4	0,45	0,55	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	2	10
													0,038	0,19
2	Бетон на гравии	2200	0,15	0,25	0,3	0,4	0,55	0,7	0,85	1	1,2	1,4	2	10
													0,033	0,165
3	Бетон на кирпичном щебне	1800	0,15	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,8	2	10
													0,02	0,09
4	Керамзитобетон	1400	0,6	1,2	1,9	2,5	3	3,5	4,0	5,0	7	12	12,5	20
													0,19	0,3
5	"	1200	0,6	1,1	1,5	2	2,5	2,8	3,5	4,7	6,8	11	11,5	20
													0,14	0,24
6	"	1000	0,5	1	1,3	1,5	1,9	2,3	3,0	4,5	6,5	10	10,5	20
													0,11	0,18
7	"	800	0,4	0,7	0,8	1,0	1,3	1,7	2,4	3,3	5,6	9,0	9,5	20
													0,06	0,12

Продолжение табл. 7

№ п.п.	Наименование материала	Плотность, кг/м³	Сорбционная весовая влажность материала, %, при относительной влажности воздуха, %										Весовая влажность материала, %	
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	коэффициент влагопроводности, г/(м·ч·%)	
8	Керамзито-перлитобетон	1200	0,7	1,2	1,4	1,6	2,1	3,0	4,5	6,3	9,1	14,0	14,5 / 0,11	20 / 0,15
9	Шлакобетон	1400	0,5	1,0	1,3	1,5	1,7	1,9	2,2	2,6	3,2	4,0	4,5 / 0,01	20 / 0,044
10	Газо- и пенобетон автоклавный	1000	1,7	2,7	3,4	4,4	5,5	6,8	8,2	10,2	13,0	16,5	17 / 0,11	20 / 0,13
11	То же	800	1,3	2,5	2,9	3,2	4,2	5,5	7,0	9,0	11,5	15,0	15,5 / 0,078	20 / 0,1
12	"	600	1,1	2,1	2,5	2,8	3,1	3,7	4,4	5,3	8,0	13,5	14 / 0,048	20 / 0,068
13	"	400	1,1	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,6	5,5	12,5	13 / 0,025	20 / 0,038
14	Газо- и пеносиликат	800	2,5	3,4	3,8	4,0	4,4	4,7	5,3	7,0	11,0	17,0	17,5 / 0,125	20 / 0,14
15	То же	600	1,5	2,7	3,0	3,3	3,6	4,3	5	6,8	10,5	16	16,5 / 0,071	20 / 0,08
16	"	400	1,3	2,3	2,7	3,1	3,4	4,1	4,8	6,5	9,5	15	15,5 / 0,025	20 / 0,045
17	Газозолобетон	1000	2,5	4,1	4,6	5,1	5,3	5,5	6,3	7,7	11,5	17,5	18 / 0,24	20 / 0,27
18	Цементно-песчаный раствор 1:4	1800	0,5	0,9	1,1	1,3	1,5	1,8	2,1	2,7	3,2	4	4,5 / 0,11	10 / 0,25
19	Сложный раствор 1:1:9	1700	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,8	2,5	3 / 0,1	10 / 0,32
20	Известково-песчаный раствор 1:3	1600	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	1,0	1,3	1,8	2,5	3,5	4 / 0,17	10 / 0,48
21	Плиты из гипса	1200	0,1	0,15	0,2	0,23	0,3	0,37	0,44	0,51	0,6	0,7	0,75 / 0,03	10 / 0,4
	2. Кирпичная кладка и облицовка природным камнем													
22	Кирпич глиняный	1700	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,1	0,16	0,24	0,36	0,55	1 / 0,08	10 / 0,25
23	Кирпич силикатный	1800	0,1	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,55	0,7	0,9	1 / 0,03	10 / 0,1
24	Известняк	2000	0,03	0,05	0,07	0,11	0,13	0,17	0,2	0,25	0,35	0,75	0,8 / 0,0075	10 / 0,093
	3. Дерево, изделия из него и других природных органических материалов													
25	Плиты древесноволокнистые	800	2,1	3,4	4,5	5,5	6,5	7,5	9,3	12,5	17,5	25	26 / 0,032	50 / 0,092

Продолжение табл. 7

№ п.п.	Наименование материала	Плотность, кг/м³	Сорбционная весовая влажность материала, %, при относительной влажности воздуха, %										Весовая влажность материала, %
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	коэффициент влагопроводности, г/(м·ч·%)
26	Плиты древесностружечные	600	3,5	4,2	5	6	7	8,4	10,7	13,7	18	24	25 / 1,3 — 50 / 2,6
27	Плиты фибролитовые на портландцементе	400	1,8	3	4	4,8	5,7	6,6	7,5	9,2	15,0	26,5	27 / 0,0029 — 50 / 0,004
28	Арболит на портландцементе	600	2,4	3,9	4,6	5,5	6,5	7,6	9,5	12	15,5	20	21 / 0,065 — 50 / 0,15
29	Опилки древесные	120	6	8	8,3	8,7	12,5	17,4	21	26	33	43	44,0 / 0,002 — 50 / 0,003
30	Плиты торфяные теплоизоляционные	200	2,4	3,9	4,6	5,5	6,5	7,6	9,5	12	15,5	20	28 / 0,00037 — 50 / 0,00062
	4. Теплоизоляционные материалы												
31	Плиты минераловатные на битумном связующем	300	0,1	0,17	0,2	0,25	0,3	0,4	0,55	0,7	1,1	1,9	2 / 0,00006 — 50 / 0,0015
32	Плиты минераловатные на синтетическом связующем	100	0,07	0,1	0,15	0,20	0,25	0,3	0,35	0,6	0,8	1,45	2 / 0,00001 — 50 / 0,0004
33	Пенополистирол (ПСБ-С)	25	0,2	0,3	0,7	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,6	5 / 0,005 — 50 / 0,021
34	Пенопласт МФП-3	15	0,9	1,8	2,5	3,3	4,1	5	6	7,6	11	17	20 / 0,3 — 50 / 0,75
35	Пенопласт ФРП-1	70	2	2,5	3,2	3,6	4,3	6	7,7	9	15	30	35 / 0,002 — 50 / 0,002
36	Пенополиуретан	40	0,4	0,7	0,8	1	1,3	1,6	2,2	3	3,8	5,5	6 / 0,0005 — 50 / 0,0065
37	Песок для строительных работ	1600	0,13	0,24	0,32	0,4	0,47	0,56	0,63	0,7	0,81	1,05	1,1 / 0,01 — 10 / 0,09
38	Пеностекло	400	0,02	0,03	0,04	0,05	0,08	0,11	0,15	0,3	1	4	4,5 / 0,00005 — 50 / 0,00065
	5. Материалы облицовочные												
39	Листы асбестоцементные	1800	1,7	2,2	2,4	2,6	3,6	4,8	5,8	7	9,1	14,5	15 / 0,33 — 20 / 0,45

Примечания:

1. Значения сорбционной влажности при φ = 10, 20, 30% необходимы для задания исходных данных для расчетов и определены экстраполяцией.
2. При весовой влажности материалов меньшей или равной максимальной сорбционной влажности коэффициент влагопроводности принимается равным нулю.
3. В связи с использованием местных материалов, расширением сырьевой базы и совершенствованием технологии изготовления строительных материалов приведенные влажностные характеристики могут существенно колебаться. Изотермы сорбции материалов следует определять по ГОСТ 24816–81.
4. Данная таблица является обобщением данных, полученных К.Ф. Фокиным, А.У. Франчуком и другими исследователями, а также авторами настоящего Руководства.

Приложение 6

ЗНАЧЕНИЯ СРЕДНЕСУТОЧНЫХ СКОРОСТЕЙ КАПИЛЛЯРНОГО ВСАСЫВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Таблица 8

Наименование материала	Плотность, кг/м^3	Среднесуточная скорость капиллярного всасывания $C\ 10^3$, см/мин
Бетон тяжелый	2 400	0,24
Керамзитобетон	1 000	0,8
Шлакобетон	1 400	0,24
Пенобетон	800	1,5
Пеносиликат	700	2,5
Газосиликат	1 200	0,65
Шунгизитогазобетон	1 200	0,44
Цементно-песчаный раствор 1:3	1 800	1,25
Сложный раствор 1:1:9	1 700	3
Плиты из гипса	1 200	5,8
Кирпич глиняный	1 700	4,3
Кирпич силикатный	1 800	1
Известняк	1 900	0,56
Плиты древесностружечные	600	0,23
Плиты фибролитовые на цементе	400	2,4
Плиты торфяные теплоизоляционные	200	0,18
Плиты минераловатные на битумном связующем	300	0,08
Плиты минераловатные на синтетическом связующем	300	0,027
Пенополистирол (ПСБ-С)	20	0,013
Пенопласт МФП-3	15	0,076
Пенополиуретан	50	0,0073
Перлитопластбетон	120	0,013
Асбестоцемент	1 800	0,12

Примечание. Данная таблица составлена по результатам опытных данных, полученных Р.Е. Брилингом и другими исследователями без обобщения этих данных.

Приложение 7

СОПРОТИВЛЕНИЯ ПАРОПРОНИЦАНИЮ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТОНКИХ СЛОЕВ ПАРОИЗОЛЯЦИИ

Таблица 9

Материал	Толщина слоя, мм	Сопротивление паропроницанию, $R_п = \frac{м^2 \cdot ч \cdot мм\ рт.ст.}{г}$
Бризол на горячей битумной мастике	–	40
Изол на горячей битумной мастике	–	40
Листы асбестоцементные	8	2

Продолжение табл. 9

Материал	Толщина слоя, мм	Сопротивление паропроницанию, $R_п = \frac{м^2 \cdot ч \cdot мм\ рт.ст.}{г}$
Листы гипсовые обшивочные (сухая штукатурка)	10	0,9
Листы древесноволокнистые жесткие	10	0,8
Листы древесноволокнистые мягкие	10	0,4
Окраска горячим битумом за 1 раз	2	2
Окраска горячим битумом за 2 раза	4	3,6
Окраска масляная за 2 раза с предварительной шпатлевкой и грунтовкой	–	4,8
Окраска поливинилхлоридным лаком за 2 раза	–	29
Окраска хлоркаучуковым лаком за два раза	–	26
Окраска эмалевой краской	–	3,6
Пергамин кровельный	0,4	2,5
Пленка полиэтиленовая	0,13	24
Пленка полиэтиленовая	0,16	55
Пленка полиэтиленовая	0,2	100
Плитка керамическая "брехчия" на растворе	14	5,1
Плитка керамическая глазурованная	12	7,2
Плитка стеклянная	10	11,6
Покрытие битумно-кукерсольной мастикой за 1 раз	1	4,8
Покрытие битумно-кукерсольной мастикой за 2 раза	2	8,1
Покрытие битумно-латекснокукерсольной мастикой за 2 раза	–	19,2
Покрытие изольной мастикой за 2 раза	2	4,5
Покрытие в два слоя пергамина и слой рубероида на битумной мастике	10	18,6
Покрытие в три слоя рубероида на битумной мастике		31
Рубероид	1,5	8,3
Рубероид,наклеенный на битумно-кукерсольной мастике	–	13,1
Рубероид, наклеенный на битумно-кукерсольной мастике и покрытый сверху этой же мастикой (для наклейки теплоизоляционных материалов)	–	16,4
Рубероид, накленный на горячем битуме	–	10,3
Рубероид, наклеенный на горячем битуме и покрытый сверху битумом (для наклейки теплоизоляционных материалов)	–	12,3
Толь кровельный	2	3
Фанера клееная трехслойная	3	1,7
Фольгоизол на битумной мастике	2	100
Эмаль хлорсульфополиэтилен с предварительной грунтовкой тем же лаком (за 2 раза)	–	17
То же, за 4 раза	–	22

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕСОВОЙ ВЛАЖНОСТИ ПО СЛОЯМ КОНСТРУКЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПО ДАННЫМ РАСЧЕТОВ, ПРИВЕДЕННЫХ В РАЗДЕЛАХ 12 И 13

Приложение 8

Изменение весовой влажности материалов в расчетных плоскостях конструкций примера разд. 12 за два года эксплуатации

Таблица 10

Время, сут	Распределение влажности по расчетным плоскостям											$t_н$, °С	$\varphi_н$, %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
		Железобетон				ПСБ-С		Железобетон					
0	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	−16	76
1-й год													
30	0,9	0,9	0,8	0,6	0,4	0,9	2,6	7,1	2,5	1,1	0,8	−18	76
60	0,9	0,8	0,7	0,5	0,4	0,9	2,4	7,7	2,7	1,6	0,8	−15	76
90	0,9	0,8	0,7	0,5	0,4	1	1,9	7,1	2,5	2	0,7	−3,5	69
120	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5	1	1,8	6,4	2,3	1,9	0,7	3	63
150	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	1,1	1,7	5,5	2,1	1,7	0,7	9,3	63
180	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	1,2	1,6	4,6	1,8	1,5	0,8	14,4	75
210	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	1,3	1,6	4,0	1,6	1,2	0,9	16	81,5
240	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5	1,2	1,7	4,2	1,7	1,1	0,9	10,6	78
270	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5	1	1,6	4,8	1,8	1,1	0,8	5	75
300	0,9	0,8	0,7	0,5	0,4	0,9	1,6	5,5	2,1	1,3	0,7	−4	69
330	0,9	0,8	0,6	0,5	0,4	0,8	1,7	6,3	2,3	1,5	0,7	−10,6	69
360	0,9	0,8	0,7	0,5	0,4	0,8	2	7,2	2,6	1,8	0,8	−16	76
2-й год													
30	0,9	0,8	0,7	0,5	0,4	0,8	2,5	8,3	2,9	2,1	0,8	−18	76
60	0,9	0,8	0,7	0,5	0,4	0,9	2,8	8,8	3	2,2	0,8	−15	76
90	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	1	2,1	7,9	2,8	2,3	0,8	−3,5	69
120	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5	1,1	1,9	6,8	2,4	2	0,7	3	63
150	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	1,1	1,8	5,7	2,1	1,8	0,7	9,3	63
180	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	1,2	1,6	4,7	1,8	1,5	0,8	14,4	75
210	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	1,3	1,6	4,1	1,6	1,2	0,9	16	81,5
240	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5	1,2	1,7	4,3	1,7	1,1	0,9	10,6	78
270	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5	1	1,6	4,8	1,8	1,1	0,8	5	75
300	0,9	0,8	0,7	0,5	0,4	0,9	1,6	5,5	2,1	1,3	0,7	−4	69
330	0,9	0,8	0,6	0,5	0,4	0,8	1,7	6,3	2,3	1,6	0,7	−10,6	69
360	0,9	0,8	0,7	0,5	0,4	0,8	2	7,3	2,6	1,9	0,8	−16	76

Таблица 11

ИЗМЕНЕНИЕ ВЕСОВОЙ ВЛАЖНОСТИ МАТЕРИАЛОВ В РАСЧЕТНЫХ ПЛОСКОСТЯХ КОНСТРУКЦИИ ПРИМЕРА А РАЗД. 13 ЗА ДВА ГОДА ЭКСПЛУАТАЦИИ

Время, сут	$t_в$, °С	$\varphi_в$, %	Распределение влажности по расчетным плоскостям							$t_н^{усл}$, °С	$\varphi_н^{усл}$, %
			1	2	3		4	5	6		
			Железобетон			Минеральная вата					
0	10	75	1	1	1	1,1	1,1	1,1	1,1	−9,2	86
1-й год											
30	10	75	0,9	0,7	0,4	0,2	0,3	0,5	12	−11	84
60	10	75	0,9	0,7	0,5	0,3	0,4	0,6	17	−6	80
90	10	75	0,8	0,9	1,1	1,5	1,5	1,6	10,8	13	27
120	10	75	0,8	1,1	1,5	2,3	0,6	0,4	0,2	26	17
150	12	75	0,8	0,8	0,8	0,6	0,3	0,2	0,2	36	17
180	18,4	75	0,7	0,7	0,7	0,5	0,3	0,2	0,2	40	17
210	16,4	75	0,8	0,8	0,8	0,5	0,3	0,2	0,2	40	23
240	10	75	0,8	0,8	0,8	0,6	0,3	0,2	0,2	28	33
270	10	75	0,8	0,8	0,8	0,5	0,4	0,4	0,3	15	44
300	10	75	0,9	0,8	0,7	0,4	0,5	0,6	0,9	4	57
330	10	75	0,9	0,8	0,6	0,3	0,4	0,6	4,1	−4	88
360	10	75	0,9	0,7	0,5	0,3	0,3	0,6	9,8	−9,2	86
2-й год											
30	10	75	0,9	0,7	0,4	0,2	0,3	0,5	15,9	−11	84
60	10	75	0,9	0,7	0,5	0,3	0,4	0,6	20,9	−6	80
90	10	75	0,8	0,9	1,1	1,5	1,5	1,6	14,6	13	27
120	10	75	0,8	1,5	1,7	2,6	0,6	0,4	0,2	26	17
150	12	75	0,8	0,9	0,9	0,7	0,3	0,2	0,2	36	17
180	18,4	75	0,7	0,8	0,7	0,5	0,3	0,2	0,2	40	17
210	16,4	75	0,8	0,8	0,8	0,5	0,3	0,2	0,2	40	23
240	10	75	0,8	0,8	0,8	0,6	0,3	0,2	0,2	28	33
270	10	75	0,8	0,8	0,8	0,5	0,4	0,4	0,3	15	44
300	10	75	0,9	0,8	0,7	0,4	0,5	0,6	0,9	4	57
330	10	75	0,9	0,8	0,6	0,3	0,4	0,6	4,1	−4	88
360	10	75	0,9	0,7	0,5	0,3	0,3	0,6	9,8	−9,2	86

Таблица 12

ИЗМЕНЕНИЕ ВЕСОВОЙ ВЛАЖНОСТИ МАТЕРИАЛОВ В РАСЧЕТНЫХ ПЛОСКОСТЯХ КОНСТРУКЦИИ ПРИМЕРА Б РАЗД. 13 ЗА ДВА ГОДА ЭКСПЛУАТАЦИИ

Время, сут	$t_в$, °С	$\varphi_в$, %	Распределение влажности по расчетным плоскостям						$t_н^{усл}$, °С	$\varphi_н^{усл}$, %
			1	2	3	4	5	6		
			Железобетон			Минеральная вата				
0	10	75	1	1	1	1,1	1,1	1,1	1,1	−9,2	86
1-й год										
30	10	75	0,9	0,8	0,7	0,2	0,3	0,4	7,6	−11	84
60	10	75	0,9	0,8	0,7	0,3	0,3	0,5	9,8	−6	80
90	10	75	0,8	0,9	0,9	1,8	1,6	1,7	3,9	13	27
120	10	75	0,8	0,9	0,9	3,7	0,7	0,4	0,2	26	17
150	12	75	0,8	0,8	0,8	0,7	0,3	0,2	0,2	36	17
180	18,4	75	0,7	0,8	0,7	0,4	0,3	0,2	0,2	40	17
210	16,4	75	0,8	0,8	0,8	0,6	0,3	0,2	0,2	40	23
240	10	75	0,8	0,8	0,8	0,7	0,4	0,3	0,2	28	33
270	10	75	0,8	0,8	0,8	0,5	0,4	0,3	0,3	15	44
300	10	75	0,9	0,8	0,8	0,4	0,4	0,5	0,7	4	57
330	10	75	0,9	0,8	0,8	0,3	0,4	0,6	2	−4	88
360	10	75	0,9	0,8	0,7	0,2	0,3	0,5	4,8	−9,2	86
2-й год										
30	10	75	0,9	0,8	0,7	0,2	0,3	0,4	7,6	−11	84
60	10	75	0,9	0,8	0,7	0,3	0,3	0,5	9,8	−6	80
90	10	75	0,8	0,9	0,9	1,8	1,6	1,7	3,9	13	27
120	10	75	0,8	0,9	0,9	3,8	0,7	0,4	0,2	26	17
150	12	75	0,8	0,8	0,8	0,7	0,3	0,2	0,2	36	17
180	18,4	75	0,7	0,8	0,7	0,4	0,3	0,2	0,2	40	17
210	16,4	75	0,8	0,8	0,8	0,6	0,3	0,2	0,2	40	23
240	10	75	0,8	0,8	0,8	0,7	0,4	0,3	0,2	28	33
270	10	75	0,8	0,8	0,8	0,5	0,4	0,3	0,3	15	44
300	10	75	0,9	0,8	0,8	0,4	0,4	0,5	0,7	4	57
330	10	75	0,9	0,8	0,8	0,3	0,4	0,6	2	−4	88
360	10	75	0,9	0,8	0,7	0,2	0,3	0,5	4,8	−9,2	86

Таблица 13

ИЗМЕНЕНИЕ СРЕДНЕЙ ВЕСОВОЙ ВЛАЖНОСТИ МАТЕРИАЛОВ КОНСТРУКЦИЙ ПРИМЕРА 6.5 ЗА ДВА ГОДА ЭКСПЛУАТАЦИИ

Время, сут	$t_в$, °С	$\varphi_в$, %	Средняя весовая влажность				$t^{усл}_н$, °С	$\varphi^{усл}_н$, %
			Конструкция А		Конструкция Б			
			железобетон	минеральная вата	железобетон	минеральная вата		
0	10	75	1	1,1	1	1,1	−9,2	86
1-й год								
30	10	75	0,7	2,7	0,8	1,8	−11	84
60	10	75	0,7	3,8	0,8	2,3	−6	80
90	10	75	0,9	3,4	0,9	2,1	13	27
120	10	75	1,1	0,7	0,9	0,9	26	17
150	12	75	0,8	0,3	0,8	0,3	36	17
180	18,4	75	0,7	0,3	0,7	0,2	40	17
210	16,4	75	0,8	0,3	0,8	0,3	40	23
240	10	75	0,8	0,3	0,8	0,3	28	33
270	10	75	0,8	0,4	0,8	0,4	15	44
300	10	75	0,8	0,6	0,8	0,5	4	57
330	10	75	0,8	1,2	0,8	0,8	−4	88
360	10	75	0,7	2,3	0,8	1,2	−9,2	86
2-й год								
30	10	75	0,7	3,5	0,8	1,8	−11	84
60	10	75	0,7	4,5	0,8	2,3	−6	80
90	10	75	0,9	4,1	0,9	2,1	13	27
120	10	75	1,4	0,8	0,9	0,9	26	17
150	12	75	0,8	0,3	0,8	0,3	36	17
180	18,4	75	0,7	0,3	0,7	0,2	40	17
210	16,4	75	0,8	0,3	0,8	0,3	40	23
240	10	75	0,8	0,3	0,8	0,3	28	33
270	10	75	0,8	0,4	0,8	0,4	15	44
300	10	75	0,8	0,6	0,8	0,5	4	57
330	10	75	0,8	1,2	0,8	0,8	−4	88
360	10	75	0,7	2,3	0,8	1,2	−9,2	86

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3

1. Математическое описание процессов тепловлагопереноса в ограждающих конструкциях зданий 5
2. Формулировка процесса влагопереноса при расчете методом последовательного увлажнения 7
3. Алгоритм решения системы уравнений при общей постановке задачи тепловлагопереноса 9
4. Описание алгоритма решения системы уравнений в методе последовательного увлажнения 12
5. Параметры для расчета влажностного состояния ограждений при общей постановке задачи тепловлагопереноса 12
6. Параметры для расчета влажностного состояния ограждений методом последовательного увлажнения 14
7. Описание констант и массивов чисел, используемых при решении задачи тепловлагопереноса 17
8. Подготовка данных для расчета на ЭВМ методом последовательного увлажнения 27
9. Стена из трехслойных железобетонных панелей на гибких связях с утеплителем из минераловатных плит 36
10. Стена из трехслойных железобетонных панелей с утеплителем из минераловатных плит и вентилируемой воздушной прослойкой 42
11. Стена из однослойных керамзитобетонных панелей 45
12. Стена из трехслойных железобетонных панелей с утеплителем из пенополистирола (ПСБ-С) 51
13. Совмещенное невентилируемое покрытие с утеплителем из жестких минераловатных плит 56

Приложение 1. Численные значения эмпирических коэффициентов, характеризующих фазовый состав воды в материале 63

Приложение 2. Расчетные соотношения для учета влияния вентилируемой прослойки в ограждающих конструкциях 63

Приложение 3. Текст программы расчета влажностного состояния ограждающих конструкций многофакторным методом 65

Приложение 4. Текст программы расчета влажностного состояния ограждений усовершенствованным методом последовательного увлаждения 122

Приложение 5. Значения сорбционных влажностей (при температуре 20 °С) и коэффициентов влагопроводности (при температуре 15 °С) строительных материалов 155

Приложение 6. Значения среднесуточных скоростей капиллярного всасывания строительных материалов 160

Приложение 7. Сопротивления паропроницанию листовых материалов и тонких слоев пароизоляции 160

Приложение 8. Распределение весовой влажности по слоям конструкции в зависимости от длительности эксплуатации по данным расчетов, приведенных в разделах 12 и 13 162

НИИСФ
Госстроя СССР

РУКОВОДСТВО ПО РАСЧЕТУ
ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА ОГРАЖДАЮЩИХ
КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

Редакция инструктивно-нормативной литературы
Зав. редакцией *Л.Г. Бальян*
Редактор *Н.В. Лосева*
Мл. редакторы *Козлова Л.Н.. Месяцева Л.И.*
Внешнее оформление художника *Н.И.Максимова*
Технический редактор *Е.Н.Ненарокова*
Корректор *Е.Р.Герасимюк*

Н/К

Сдано в набор 19.08.81 Формат 84.108 1/32 Печать офсетная
Бумага офсетная № 2 Набор маниописный Усл.печ.л. 8.82
Усл. кр.-отт. 9,23 Уч.-изд.л. 9 47 Тираж 15000 экз.
Изд. № ХП–9698 Зак. № 788 Цена 45 коп.

Стройиздат, 101442, Москва, Каляевская, 23 а

Тульская типография Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
г. Тула, проспект Ленина, 109

gost.e-ecolog.ru