

Расчет стоимости 1 м<sup>3</sup>  
пенобетона без учета затрат на  
производство.

Наименование	Расход материалов (кг,л)	цена за 1 т, грн	цена за 1 кг, грн	Стоимомть, грн (по состоянию на 24.03.15)
Цемент	461,1	1398	1,398	644,6178
Наполнитель	172,5	115	0,115	19,8375
Вода	343,63	2,736	0,0027	0,9401717
Добавки	0,72	4600	4,6	3,312
Пено-образователь	0,158	49000	49	7,742
сумма				676,45

UDK GAZOBETON за 1 м<sup>3</sup> - (1220 грн) со склада в Одессе

AEROC за 1м<sup>3</sup> (1150-1250) со склада в Одессе

- Расчет расхода материалов с учетом производительности завода:

№	наименование материала	расход				
		ед. изм.	в год	в сутки	в смену	в час
1	цемент	кг	23055000	88070,1	44035,1	5533,2
2	песок	кг	8625000	32947,5	16473,8	2070
3	вода	кг	17181500	65633,3	32816,7	4123,56
4	добавки	л	36000	137,52	68,76	8,64
5	пенообразователь	л	7900	30,178	15,089	1,896

- 4.2.7. определение запаса цемента и количества бункеров ( силосов)

$$Z_{ц} = \frac{\Pi * P_{ц} * n * k}{0,9 * P_{об}}$$

- где:  $\Pi$  – годовая производительность завода,
- $P_{ц}$ - расход цемента в тоннах,
- $n=3$  - количество суток,
- $K=1,1$ - коэффициент, учитывающий потери при разгрузке,
- $0,9$  - коэффициент заполнения силоса,
- $P_{об}= 262$  - годовой фонд времени работы оборудования.

- 4.2.7. определение запаса цемента и количества бункеров ( силосов)

$$Z_{\text{ц}} = \frac{\Pi * P_{\text{ц}} * n * k}{0,9 * P_{\text{об}}} = \frac{50000 * 0,461 * 3 * 1,1}{0,9 * 262} = 322,58 \text{ т}$$

- Вместимость силосов:  
60т,80т,100т,120т,160т,200т.
- Выбираем 3 силоса по 120 т.

- 4.2.8. Определяем площадь склада наполнителя

$$Q = \frac{\Pi * P_H * n * k}{P_{об}} = \frac{50000 * 0,1725 * 3 * 1,2}{262} = 118,51 \text{ т}$$

- где:  $k = 1,2$  - коэффициент, учитывающий потери при разгрузке.
- Тогда площадь склада наполнителя:

$$F = \frac{Q}{q} = \frac{118,51}{2} = 59,255 \text{ м}^2$$

- Где  $q$  - средняя удельная вместимость склада (1.....22).
- F-площадь склада.

# 5. Теплотехнический расчет

## РАСЧЕТ СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ОГРАЖДЕНИЙ

При разности температур воздуха с одной и с другой стороны ограждения температурная линия непрерывно понижается. Графически изменение температуры при прохождении теплового потока через плоскую однородную стенку показано на рис. 6. Воздух с внутренней стороны стены имеет температуру  $t_{в}$ , а с наружной стороны  $t_{н}$ , причем  $t_{в} > t_{н}$ . Температурная линия показывает, что падение температуры происходит не только в толще самой стены, но и у ее поверхностей, так как температура внутренней поверхности стены  $\tau_{в} < t_{в}$  и температура наружной поверхности  $\tau_{н} > t_{н}$ . Так как падение температуры при прохождении теплового потока вызывается термическими сопротивлениями, то из температурной кривой видно, что сопротивление теплопередаче ограждения состоит из трех отдельных сопротивлений:

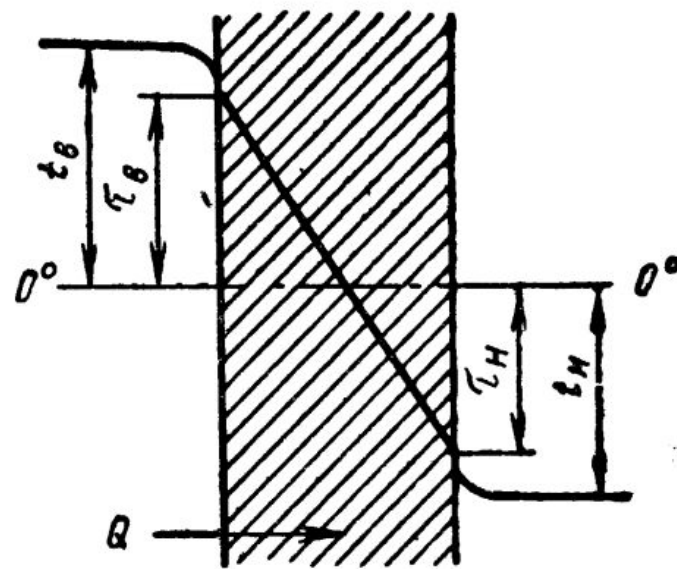


Рис. 6. Изменение температуры в однородной стене

1) сопротивления при переходе тепла от внутреннего воздуха к внутренней поверхности ограждения; это сопротивление называется сопротивлением тепловосприимчивости  $R_{\text{в}}$  и вызывает температурный перепад  $t_{\text{в}} - \tau_{\text{в}}$ ;

2) сопротивление при прохождении тепла через толщу самого ограждения; это сопротивление называется термическим сопротивлением ограждения  $R$  и вызывает температурный перепад  $\tau_{\text{в}} - \tau_{\text{н}}$ ;

3) сопротивления при переходе тепла от наружной поверхности к наружному воздуху; это сопротивление называется сопротивлением теплоотдаче  $R_{\text{н}}$  и вызывает температурный перепад  $\tau_{\text{н}} - t_{\text{н}}$ .

Таким образом, сопротивление теплопередаче ограждения может быть выражено как сумма этих сопротивлений:

$$R_0 = R_{\text{в}} + R + R_{\text{н}}. \quad (17)$$



## Термическое сопротивление ограждения

Если сопротивления теплоотдаче зависят главным образом от внешних факторов и лишь в незначительной степени от материала поверхности ограждения, то термическое сопротивление ограждения  $R$  зависит исключительно от теплопроводности материалов, составляющих ограждение, а также от структуры самого ограждения. Для определения  $R$  необходимо знать коэффициенты теплопроводности  $\lambda$  материалов, составляющих ограждение, их расположение, а также размеры отдельных элементов ограждения.

Если ограждение по толщине состоит из нескольких последовательно размещенных однородных слоев различных материалов, расположенных перпендикулярно направлению теплового потока, то термическое сопротивление ограждения будет равно сумме термических сопротивлений всех его слоев. Следовательно, для многослойного ограждения термическое сопротивление его определяется по формуле

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n}, \quad (21)$$

где  $R_1, R_2, \dots$  — термические сопротивления отдельных слоев.

# **ДЕРЖАВНІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ**

**Конструкції будинків і споруд  
ТЕПЛОВА ІЗОЛЯЦІЯ БУДІВЕЛЬ**

**ДБН В.2.6-31:2006**

**зі Зміною №1 від 1 липня 2013 року**

## • 2 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОЇ ОБОЛОНКИ БУДИНКІВ ЗА ТЕПЛОТЕХНІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ЇЇ ЕЛЕМЕНТІВ

- 2.1 Для зовнішніх огороджувальних конструкцій опалюваних будинків та споруд і внутрішніх конструкцій, що розділяють приміщення, температура повітря в яких відрізняється на 3 °С та більше, обов'язкове виконання умов:

- $R_{\Sigma \text{пр}} \geq R_{q \text{ min}}, \quad (1)$

- $\Delta t_{\text{пр}} \leq \Delta t_{\text{сг}}, \quad (2)$

- $T_{\text{в min}} > t_{\text{min}}, \quad (3)$

- де  $R_{\Sigma \text{пр}}$  - приведений опір теплопередачі непрозорої огороджувальної конструкції чи непрозорої частини огороджувальної конструкції (для термічно однорідних огороджувальних конструкцій визначається опір теплопередачі), приведений опір теплопередачі світлопрозорої огороджувальної конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;

- $R_{q \text{ min}}$  - мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огороджувальної конструкції чи непрозорої частини огороджувальної конструкції, мінімальне значення опору теплопередачі світлопрозорої огороджувальної конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;

- $\Delta t_{\text{пр}}$  - температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, °С;

- $\Delta t_{\text{сг}}$  - допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, °С;

- $T_{\text{в min}}$  - мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних вклю

- чень в огороджувальній конструкції, °С;

- $t_{\text{min}}$  - мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні при

- 2.2 Мінімально допустиме значення  $R_{q \min}$  опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій і дверей житлових і громадських будинків встановлюється згідно з таблицею 1 залежно від температурної зони експлуатації будинку, що приймається згідно з додатком В.

- Таблиця 1 - Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будинків

$(R_{q \min})$	№ поз.	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{q \min}$ , м <sup>2</sup> ·К/Вт, для температурної зони	
			I	II
<b>1</b>		<b>Зовнішні стіни</b>	<b>3,3</b>	<b>2,8</b>
<b>2</b>		Суміщені покриття	<b>5,35</b>	<b>4,9</b>
<b>3</b>		Горищні покриття та перекриття неопалювальних горищ	<b>4,95</b>	<b>4,5</b>
<b>4</b>		Перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами	<b>3,75</b>	<b>3,3</b>
<b>5</b>		Світлопрозорі огорожувальні конструкції	<b>0,75</b>	<b>0,6</b>
<b>6</b>		Вхідні двері в багатоквартирні житлові будинки та в громадські будинки	<b>0,5</b>	<b>0,45</b>
<b>7</b>		Вхідні двері в малоповерхові будинки та в квартири, що розташовані на перших поверхах багатоповерхових будинків	<b>0,65</b>	<b>0,6</b>

- 2.6 Допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції  $\Delta t_{ce}$ , °С, встановлюється залежно від призначення будинку і виду огорожувальної конструкції згідно з таблицею 3.
- Таблиця 3 - Допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції  $\Delta t_{ce}$ , °С

Призначення будинку	Вид огорожувальної конструкції		
	Стіни (зовнішні, внутрішні)	Покриття та перекриття даху	Перекрытия над проїздами та підвалами
Житлові будинки, дитячі установи, школи, інтернати	4,0	3,0	2,0
Громадські будинки, крім зазначених вище, адміністративні та побутові, за винятком приміщень з вологим або мокрим режимом експлуатації	5,0	4,0	2,5
Виробничі будинки з сухим та нормальним режимом експлуатації	7,0	5,0	
Виробничі будинки з вологим та мокрим режимом експлуатації	$t_e - t_p$	$0,8 (t_e - t_p)$	
Виробничі будинки з надлишками тепла (більше 23 Вт/м <sup>3</sup> )	12	12	

- 5.1 Определение необходимой толщины утеплителя - монолитного пенобетона низкой плотности.

- 1. Определяем требование к тепловой защите здания. Район строительства – г. Одесса.  $R_{q \min} = 2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  ( для 2 й температурной зоны).

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}},$$

- При  $\alpha_{\text{в}} = 8,7$ ;  $\alpha_{\text{н}} = 23$  получим

$$\frac{1}{8.7} + \frac{0.12}{0.64} + \frac{x}{0.115} + \frac{0.12}{0.64} + \frac{1}{23} = 2.8 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

- Отсюда  $X = 0.260657$ . Принимаем **0,27 м**

- 5.2 Расчет температурного поля в области теплопроводного включения.



Для оценки теплотехнических качеств ограждения необходимо знать не только величину его сопротивления теплопередаче, но также температуры в любой плоскости ограждения при заданных значениях температур воздуха с одной и с другой стороны ограждения. Особенно большое значение для теплотехнической оценки ограждения имеет температура на его внутренней поверхности, так как она определяет возможность образования конденсата, что недопустимо с санитарно-гигиенической точки зрения. Кроме того, образование конденсата может быть причиной порчи отделки внутренней поверхности ограждения. Распределение температуры в ограждении необходимо также знать при расчетах влажностного режима ограждения.

## Элементы аналитической теории теплопроводности

Аналитическая теория теплопроводности игнорирует молекулярное строение вещества и рассматривает его как сплошную массу.

Для вывода дифференциального уравнения теплопроводности рассмотрим сначала случай одномерной задачи, т. е. когда движение тепла происходит только в направлении одной из осей координат, например при передаче тепла через неограниченно протяженную плоскую стенку. Выделим внутри такой стенки бесконечно тонкий слой толщиной  $dx$ , в котором температура изменяется на величину  $dt$ . Если бы температура слоя не изменялась во времени, т. е. при стационарном тепловом потоке, то количество тепла, проходящего через  $1 \text{ м}^2$  этого слоя в течение  $1 \text{ ч}$ , было бы равно:

$$Q_1 = -\lambda \frac{dt}{dx},$$

где  $\lambda$  — коэффициент теплопроводности среды в  $\text{ккал/м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}^*$ .

и имеет размерность *град/м*. Знак минус в правой части уравнения поставлен потому, что движение тепла происходит в направлении понижения температуры (отрицательный градиент температуры).

В общем случае (нестационарные условия теплопередачи) величина теплового потока при прохождении его через выделенный слой будет изменяться. Для определения величины изменения теплового потока по толщине слоя нужно предыдущее уравнение продифференцировать по  $dx$ , тогда получим:

$$\frac{dQ_1}{dx} = - \lambda \frac{d^2t}{dx^2}. \quad (a)$$

Изменение величины теплового потока связано с поглощением или выделением тепла слоем при изменении его температуры во времени. Количество тепла  $dQ_2$ , необходимое для повышения температуры слоя толщиной  $dx$  на  $dt$  градусов за промежуток времени  $dz$ , будет пропорционально теплоемкости слоя, равной  $c\gamma dx$ , т. е.

$$dQ_2 = -c\gamma dx \frac{dt}{dz},$$

оно показывает изменение величины теплового потока по толщине слоя в результате аккумуляирования им тепла.

Так как изменение величины теплового потока в слое при отсутствии в нем внутренних источников тепла является следствием только поглощения тепла слоем, величины  $\frac{dQ_1}{dx}$  и  $\frac{\partial Q_2}{\partial x}$  должны быть равны, откуда из уравнений (а) и (б) получим:

$$\frac{\partial t}{\partial z} = \frac{\lambda}{c\gamma} \cdot \frac{\partial^2 t}{\partial x^2}. \quad (1)$$

Это и есть дифференциальное уравнение теплопроводности для одномерного движения тепла, т. е. только в направлении одной из осей координат. Величина  $\frac{\lambda}{c\gamma}$  носит название «коэффици-

циента температуропроводности» материала, обозначается буквой  $a$  и имеет размерность  $m^2/ч$ .

Физический смысл уравнения (1) заключается в следующем. Левая часть уравнения представляет изменение температуры среды во времени. Производная, стоящая в правой части уравнения, дает пространственное изменение градиента температуры. Следовательно, уравнение (1) показывает, что в каждой точке среды изменение температуры во времени пропорционально пространственному изменению градиента температуры. Коэффициент температуропроводности  $a = \frac{\lambda}{c\gamma}$  является коэффициентом этой пропорциональности, следовательно, его физический смысл состоит в том, что он характеризует скорость выравнивания температуры в различных точках среды. Чем больше будет величина  $a$ , тем скорее все точки какого-либо тела при его остывании или нагреве достигнут одинаковой температуры.

В общем случае движение тепла может происходить во всех направлениях (по всем трем осям координат), тогда дифференциальное уравнение теплопроводности будет иметь вид:

$$\frac{\partial t}{\partial z} = a \left[ \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right]. \quad (2)$$

---

Значительно упрощается решение задач теплопередачи в частном случае при стационарных условиях. Стационарные условия теплопередачи характеризуются постоянством температуры среды во времени, при этом постоянной оказывается и величина теплового потока. Действительные условия теплопередачи далеки от стационарных, так как в природе происходят колебания температуры наружного и внутреннего воздуха, а следовательно, и колебания величины теплового потока, проходящего через ограждающие конструкции зданий. Однако в некоторых случаях с точностью, допустимой в практических расчетах, можно считать теплопередачу через ограждающие конструкции стационарной. При этом температура воздуха в здании принимается осредненной за некоторый период времени (например, за сутки), а для наружной температуры устанавливается некоторое расчетное ее значение исходя из климатических условий данной местности и массивности ограждения. По стационарным условиям теплопередачи определяются: потери тепла зданием для установления требуемой мощности системы отопления, необходимые теплозащитные качества наружных ограждений, распределение температуры в ограждении и пр.

---

---

В стационарных условиях теплопередачи температура в любых точках среды остается постоянной во времени, следовательно, в уравнении (2) при этом будем иметь  $\frac{\partial t}{\partial z} = 0$ , а так как в общем случае  $a$  не равно нулю, то нулю должно быть равно выражение, стоящее в скобках в правой части уравнения, т. е. для этого случая получим дифференциальное уравнение Лапласа

$$\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} = 0. \quad (3)$$

Это есть дифференциальное уравнение температурного поля в стационарных условиях теплопередачи, дающее решение задачи о распределении температуры в данной среде.



Для двумерной задачи уравнение (3) принимает вид:

$$\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} = 0. \quad (4)$$

В теплотехнических расчетах наружных ограждений зданий большое значение имеет уравнение (4) для расчета температурного поля в ограждении, что бывает необходимо, если в ограждении есть теплопроводные включения (элементы железобетонного или стального каркаса, ребра в трехслойных стеновых панелях и пр.). Задача решается интегрированием уравнения (4) в конечных разностях, что дает хорошие результаты с достаточной для практических целей точностью. Метод конечных разностей применяется также и для решения уравнения (1).

# Температурные поля и их

Расчет температуры в ограждении, приведенный в главе III, относится только к случаю плоской стены неограниченного протяжения, в которой изменение температуры происходит в одном направлении, т. е. к случаю одномерного температурного поля.

В ограждениях, имеющих углы, выступы, проемы, а также в ограждениях с теплопроводными включениями изменение температуры происходит в двух или в трех направлениях. В этих случаях приходится иметь дело с двухмерным (плоским) или трехмерным (пространственным) температурным полем.

Расчет температурного поля имеет значение не только для решения вопросов строительной теплотехники, но также и для определения температурных напряжений в элементах каркаса. В частности, при разработке проектов высотных зданий, возводимых в Москве, со стальным или железобетонным каркасом с жесткой арматурой расчет температурного поля элементов каркаса дал возможность конструкторам более точно рассчитать напряжения в материале каркаса.

Плоским температурным полем называется такое поле, в котором температура изменяется только в направлении осей  $x$  и  $y$ , а в направлении оси  $z$  остается постоянной. В ограждающих конструкциях зданий плоское температурное поле характерно при наличии в них элементов каркаса, прокладных рядов, перемычек и пр., когда их протяженность значительно превышает толщину ограждения. В этом случае, принимая длину элементов каркаса бесконечно большой, будем иметь плоское температурное поле, в котором распределение температуры во всех плоскостях, параллельных плоскости поперечного сечения рассматриваемого элемента, будет одинаково.

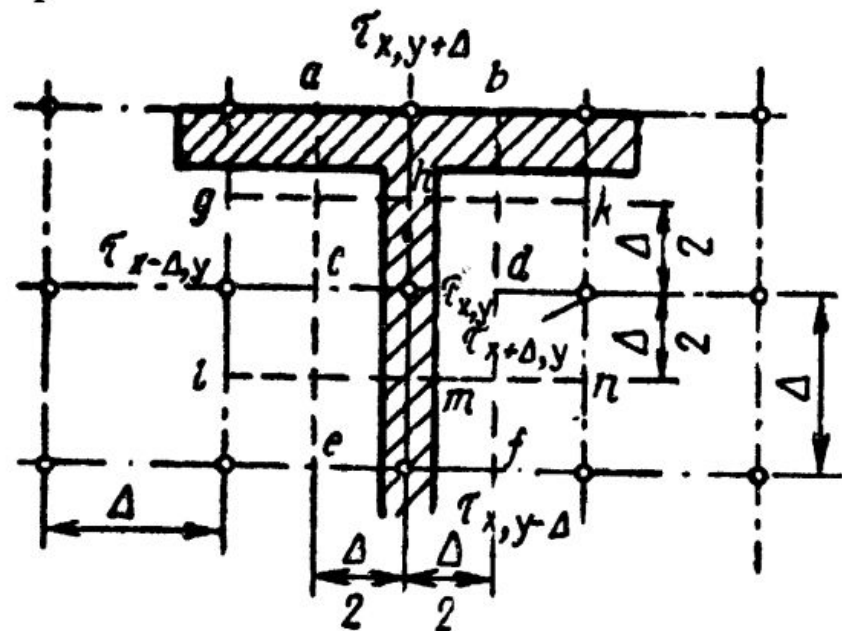


Рис. 21. Схема наложения квадратной сетки при расчете температурного поля колонны двутаврового сечения

Дифференциальное уравнение плоского температурного поля приведено в главе I [уравнение (4)]. Интегрирование этого уравнения в общем виде представляет весьма сложную задачу, которая еще более усложняется наличием в пределах поля материалов с различными коэффициентами теплопроводности. Задача значительно упрощается при решении уравнения (4) в конечных разностях. При этом дифференциальное уравнение заменяется системой обыкновенных линейных уравнений, неизвестными в которых будут значения искомой функции в точках поля, лежащих в узлах сетки, составленной из квадратиков со стороной принятого размера  $\Delta$ .