В случае использования внутридомового устройства 4, последнее устанавливается в подвале (техподполье) здания или сооружения на специальной площадке 5. При этом, с целью уменьшения турбулентности стоков, соединение внутридомового коллектора 6 с устройством 4 выполнено с помощью колена (угольника) 10, а отвод осуществляется через внутриквартальный (дворовой) коллектор 8.

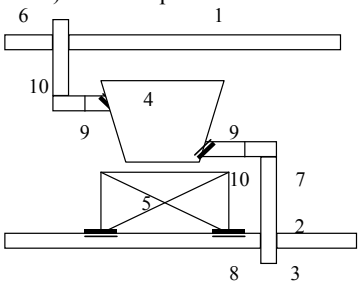


Рис. 5. Общий вид внутридомового устройства.
1. Перекрытие; 2. Конструкция пола подвала, техподполья;
3. Грунтовое основание; 4. Устройство; 5. Площадка; 6. Внутридомовой подающий стояк стоков; 7. Отводящий стояк стоков; 8. Внутриквартальный (дворовой) коллектор стоков; 9. Фланцы; 10. Колено (уголок).

**Выводы*:***

Разработанное устройство для очистки сточных вод, дает возможность сохранить эксплуатационную пригодность сантехнических систем, как внутри здания, так и снаружи, обеспечивая при этом надежность и долговечность здания.

Устройство очищает сточные воды от взвешенных частиц и жировых отложений, и обеспечивает сток в трубопроводах без препятствий.

Устройство может быть использовано как в жилищно-бытовых, медицинских учреждениях и в лабораториях.

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Чистяков К.П. и др. Повышение эффективности работы систем горячего водоснабжения. – М.: Стройиздат, 1980. – 350с.
2. ДБН 360-92*. От 1993г (с дополнениями № 1,№ 2,№ 3) Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений.
3. СНиП 2.04.01-85. Внутренний водопровод и канализация.
4. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.
5. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения.
6. Устройство для очистки сточных вод содержащих нефтепродукты Деклараційний патент на винахід 35732 А 6 В01D21/24.





**УДК 536.24.03**

# ИЗУЧЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ СТАЛЕБЕТОННЫХ ПЛИТ

**к.т.н., доц. Гапонова Л.В.**
*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

Основным направлением повышения эффективности конструкций является разработка легких теплогидроизоляционных материалов. Применение таких материалов в конструкциях позволит весьма существенно сэкономить тепловую энергию. Целесообразно для комплексного ресурсосбережения применять теплогидроизоляционные изделия с технологическими пустотами, в которых создаются воздушные прослойки.

В настоящее время широкое распространение получили сталебетонные плиты покрытий и перекрытий промышленных и гражданских зданий. Вопросы термоустойчивости таких плит исследованы недостаточно. Этим определяется **актуальность настоящей работы**. На термическое сопротивление конструкции влияют следующие характеристики: геометрические, отражающие размеры и форму элементов конструкции; физические и механические характеристики материалов (теплопроводность, коэффициент теплопроводности); граничные условия, отражающие характер взаимодействия с окружающей средой.

**Анализ литературных источников показал, что в** настоящее время широкое распространение получили сталебетонные плиты покрытий и перекрытий промышленных и гражданских зданий [1, 2]. Но вопросы термоустойчивости таких плит исследованы недостаточно.

**Целью** статьи является математическое описание физического процесса для стационарного теплового поля. Для достижения поставленной цели определены следующие **задачи:** разработать методику расчета процесса теплопередачи сталебетонной плиты покрытия с пустотными включениями; смоделировать физическое поле, описываемое уравнением Лапласа.

**Существенным фактором,** влияющим на термическое сопротивление ограждающей конструкции, является её форма, взаимное расположение пустот, направление теплового потока[3,4]. В настоящее время в качестве конструкций перекрытия наиболее распространены плиты с пустотами круглой формы с осью, ориентированной вдоль перекрываемого пролёта. Площадь поперечного сечения пустот составляет примерно 50 % площади поперечного сечения плиты, что создаёт внутри конструкции достаточно большие заполненные воздухом пространства, которые можно классифицировать как замкнутые воздушные прослойки. Предложено рассматривать конвективный теплообмен в замкнутом пространстве пустот строительных конструкций как элементарное явление теплопроводности, вводя при этом понятие эквивалентной теплопроводности:

$$\lambda_{экв} = \frac{Q \cdot \delta}{F \cdot \Delta t} \quad (1);$$

где: Q - тепловой поток через прослойку, Вт; δ - толщина прослойки, м;
F - площадь конструкции, перпендикулярная тепловому потоку, м$^2$;

$\Delta t$ - разность температур на внутренних поверхностях прослойки, °С. Поскольку интенсивность циркуляции воздуха в пустотах является функцией разности плотностей нагретой и охлажденной среды и определяется критериями **Gr** (Грасгофа), **Pr** (Прандтля), то для коэффициента конвекции, характеризующего влияние конвективной составляющей в процессе теплообмена в замкнутом пространстве справедливо следующее критериальное уравнение

$$\varepsilon_к = f(Gr, \Pr) \quad (2);$$

В качестве определяющей температуры принимается средняя температура жидкости на нагреваемой и охлаждаемой частях внутренней поверхности пустот $t_ж=0,5\cdot(t_{c1}+t_{c2})$, за определяющий размер принимается диаметр пустоты $\delta$.

При малых значениях аргумента $Gr_ж\cdot Pr_ж<1000$, $\boldsymbol{\varepsilon_к}$**=** 1. теплопередача от горячей к холодной стенке передаётся только теплопроводностью.

При значениях $10^3 < Gr_ж\cdot Pr_ж < 10^6$

$$\varepsilon_к = 0{,}105\cdot(Gr_{ж}\cdot \Pr_{ж})^{0,3} \quad (3);$$

при значениях $10^6 < Gr_ж\cdot Pr_ж < 10^{10}$

$$\varepsilon_к = 0{,}40\cdot(Gr_{ж}\cdot \Pr_{ж})^{0,2} \quad (4);$$

В результате расчёта было определено, что соотношение тепловых потоков в зоне сплошного бетона (зона «а») и в зоне расположения пустот (зона «b») относятся соответственно как 69 % и 31 % суммарного теплового потока через рассматриваемый участок плиты. Термическое сопротивление теплопередаче в зоне «а» составляет $R_a$ = 0,273 (м$^2$ К)/Вт, в зоне «b» - $R_b$ = 0,715 (м$^2$ К)/Вт, приведенное термическое сопротивление - $R_{ab}$ = 0,407 (м$^2$ К)/Вт, что значительно меньше нормативного значения $R_{норм}$ =2,5 (м$^2$ К)/Вт. Интересно отметить, что термическое сопротивление воздушной прослойки (пустот) составляет $R_{пуст}$ = 0,503 (м$^2$ К)/Вт, что соответствует значению $\lambda_{экв}$ = 0,211 Вт/(м К). Коэффициент теплопроводности воздуха при средней температуре в прослойке $t_ж$-= -5,45 ºС составляет $\lambda_{среды}$ = 0,024 Вт/(м К), следовательно, за счёт конвективной составляющей теплообмена в прослойке термическое сопротивление снижается практически на порядок по сравнению с неподвижным воздухом - $\varepsilon_к$= 8,82.

Анализируя распределение температур необходимо отметить значительную неравномерность распределения температур, как по толщине, так и по поверхности плиты. Зона «а» плиты практически вся находится в области отрицательных температур, вплоть до внутренней (расположенной со стороны помещения) поверхности перекрытия. В то же время в зоне «b» температура на внутренней поверхности плиты и по её толщине до воздушной прослойки положительна и на внутренней поверхности даже превышает температуру точки росы, (+ 10 ºС). В тоже время, с «холодной» стороны прослойки температура поверхности значительно ниже нуля (- 19 ºС), что способствует образованию конденсата и инея внутри пустот.

В качестве альтернативы рассмотрим сталебетонную плиту перекрытия, сочетающую в себе функции несущей и теплоизолирующей конструкции.





Плита включает многопустотную пенобетонную плиту, армированную стальной мембраной, расположенной в нижнем поясе плиты. Толщина слоя пенобетона выбрана из условия достижение нормативного значения термического сопротивления перекрытия: $R_{прив}$ = $R_{норм}$ =2,5 (м$^2$ К)/Вт.

Распределение температур в сталебетонной плите приведено на рис. 1.

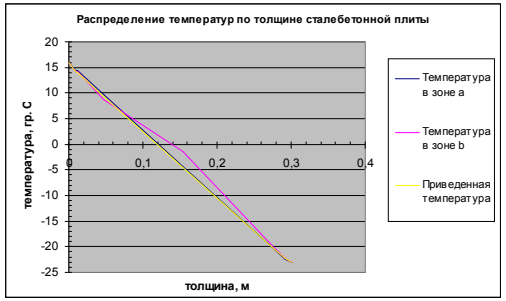


Рис. 1. Распределение температур по толщине сталебетонной плиты

Результаты расчёта сталепенобетонной плиты позволяют сделать вывод о гораздо более равномерном распределении температур по толщине перекрытия. При этом нормативное термическое сопротивление достигается при толщине перекрытия 0,28 м по сравнению с 0,55 м для бетонной плиты с утеплителем.

При изучении различных тепловых процессов в строительстве (водно-тепловой режим, теплотехнические расчеты) используют систему уравнений. Задачи тепломассобмена эффективно решаются операционными методами или методами интегрального преобразования Лапласа, Фурьє, Бесселя.

Преобразование Лапласа от функции имеет вид *f(t)*

$$f^*(p) = \int_0^\infty e^{-pt} f(t)dt ,$$

где *p* – комплексное число.

Рассмотрение различных физических явлений в непрерывных средах приводит к дифференциальным уравнениям в частных производных. Рассмотрим два метода [5] которые могут быть сравнительно просто использованы в инженерной практике для расчета двумерных температурных полей конструкций.

Используя метод сеток область двумерного сечения конструкции, для которой требуется построить температурное поле, делят на элементарные площадки, центры которых соединяют сосредоточенными термическими сопротивлениями (рис. 2, а). Таким образом, переходят от поля к тепловой сетке (рис. 2, б) с сосредоточенными параметрами.

Уравнение стационарной теплопроводности для такой сетки (поле однородное) в конечных разностях имеет вид

$$\frac{\Delta_x^2 t}{\Delta x^2}+\frac{\Delta_y^2 t}{\Delta y^2}=0\cdot \qquad (5)$$

Вторые конечные разности приращения температуры в направлениях $x$ $\Delta_x^2 t$ и $\Delta_y^2 t$ соответственно равны:

$$\Delta_x^2 t=(t_3-t_0)-(t_0-t_4)=t_3-2t_0+t_4;$$

$$\Delta_y^2 t=(t_1-t_0)-(t_0-t_2)=t_1-2t_0+t_2\cdot$$

Решение уравнения относительно температуры в произвольном узле сетки $t_0$ (рис. 2,б), если шаг сетки в направлении $x$, $\Delta x$ и $y$, $\Delta y$, одинаковый, может быть получено в виде

$$t_0=\frac{t_1+t_2+t_3+t_4}{4}. \qquad (6)$$

Таким образом, при однородном поле температура в произвольном узле сетки равна среднеарифметическому значению температур в соседних узлах.

Для конструкции неоднородной и с произвольным шагом разбивки сетки решение конечноразностного уравнения относительно имеет вид

$$t_0=\frac{K_{0-1}t_1+K_{0-2}t_2+K_{0-3}t_3+K_{0-4}t_4}{K_{0-1}+K_{0-2}+K_{0-3}+K_{0-4}}, \qquad (7)$$

где $K_{0-1},K_{0-2},K_{0-3},K_{0-4}$ – показатели проводимости соединена тепловой, сетки (их определение для наиболее сложных случаев показано на рис. 2).

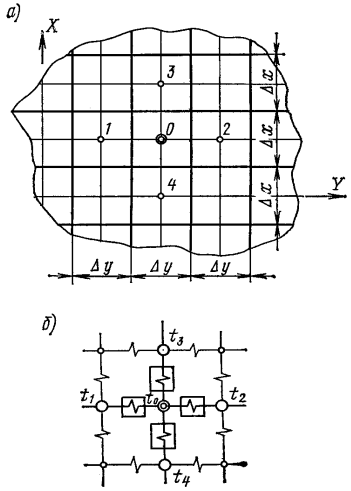


Рис. 2. Разбивка двумерного поля на элементарные площадки (а) и переход от поля к сетке с сосредоточенными параметрами (б)





Метод конечных разностей для расчета нестационарных температурных полей подобен методу сеток. Решается уравнение теплопроводности в конечных разностях, которое в простейшем случае при постоянных теплофизических характеристиках и равномерной разбивке на элементарные слои имеет вид. Расчет ведется ступенями. Определяются температуры элементарных слоев в конце расчетных интервалов времени. Искомой величиной каждой ступени расчета является температура $t_{n,\Delta z}$ в центре произвольного элементарного, слоя $n$ в конце следующего расчетного интервала времени $\Delta z$.

Метод конечных разностей может быть использован для расчета практически любой сложности процессов теплопередачи, в том числе учетом массообмена и фазовых превращений влаги.

Нахождение значений гармонической функции в точках замкнутой поверхности представляет решение задачи Дирихле [6] для прямоугольника $0\le x\le a$, $0\le y\le b$. Функция $u(x,y)$ удовлетворяющая уравнению Лапласа $\Delta u=0$ и условиям: $u(0,y)=\varphi_1(y)$, $u(f,y)=\varphi_2(y)$, $u(0,x)=\phi_1(x)$, $u(x,b)=\phi_2(x)$.

Решим задачу прежде всего для случая $\varphi_1(y)=\varphi_2(y)=0$.

Подставляя $u=X(x)Y(y)$ в уравнение, получаем $\frac{X''}{X}=-\frac{Y''}{Y}=-\lambda^2\cdot$

Так как $X(0)=X(a)=0$, то $X=C\sin\lambda x$, $\lambda=\frac{n\pi}{a}$ ($n=1,2,...$).

Записав общее решение уравнения $Y''=\frac{n^2\pi^2}{a^2}Y=0$ в виде $Y=a_n sh\frac{n\pi}{a}(b-y)+b_n sh\frac{n\pi}{a}y$, получим частное решение уравнения $\Delta u=0$, удовлетворяющее условию $u(0,y)=u(a,y)=0$, в виде

$$u_n=\left[a_n sh\frac{n\pi}{a}(b-y)+b_n sh\frac{n\pi}{a}y\right]\sin\frac{n\pi}{a}x\cdot$$

Полагая теперь $u=\sum u_n$, из условий при $y=0$ и $y=b$ находим, что $u=\sum_{n=1}^{\infty}\left(a_n sh\frac{n\pi}{a}(b-y)+b_n sh\frac{n\pi}{a}y\right)\sin\frac{n\pi}{a}x$, где

$$a_n=\frac{2}{ash\frac{n\pi b}{a}}\int_0^a\phi_1\sin\frac{n\pi}{a}x\cdot dx,\ b_n=\frac{2}{ash\frac{n\pi b}{a}}\int_0^a\phi_2\sin\frac{n\pi}{a}x\cdot dx$$

Решив аналогично задачу для случая $\phi_1(x)=\phi_2(x)=0$, найдем решение общей задачи, взяв сумму двух найденных решений.

**Проведенный анализ показывает**, что наиболее точное решение задачи распределения температурных полей в объеме сталебетонных плит может быть получено путем решения задачи Дирихле для объектов несложной геометрической формы (шар, прямоугольник). В случае рассмотрения конструкции сталебетонной плиты геометрические параметры задачи и реальные граничные условия существенно усложняются, как было показано выше, что делает нерациональным поиск аналитического решения ввиду чрезмерной сложности поставленной задачи. Наиболее целесообразно для исследования данного объекта применение численного метода решения задачи при помощи метода конечных разностей, что и представляет метод дальнейшего исследования.

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА


1. Чихладзе Э.Д. Напряженно-деформированное состояние сталебетонных плит // Строительная механика и расчет сооружений. – 1990. - №2. – С.22-26.
2. Чихладзе Э.Д. Несущая способность сталебетонных плит // Бетон и железобетон. – 1990. - №10. – С.30-31.
3. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. - М.: Энергия, 1977. – 344с.
4. Маляренко В.А., Редько А.Ф., Чайка Ю.И., Поволочко В.Б. Технічна теплофізика огороджуючих конструкцій будівель та споруд. Навч. Посібник. – Х.: «Рубікон», 2001. – 280с. з мал.
5. Богословский В.Н. Строительная теплофизика. – М.: Высш. школа, 1985. – 265с.
6. Бронштейн И.Н., Смендяев К.А. Справочник по математике. – М.: Государственное издательство технико- теоретической литературы, 1954. – 608с.


**УДК 620.179.16**

## ПЕРЕГЛЯД СТАНДАРТІВ З НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ МІЦНОСТІ БЕТОНУ

**к.т.н. Глуховський В.П.**

*Державне підприємство "Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій" (ДП НДІБК), м.Київ*

***Актуальність і постановка задачі.*** Згідно Закону України „Про стандартизацію" та постанови Кабінету Міністрів України від 01.03.2006р. за №229 „Про затвердження Державної програми стандартизації на 2006-2010р.р." підлягають перегляду чинні міждержавні стандарти (ГОСТ), що прийняті до 1992 р., на відповідні національні стандарти. За ДП НДІБК, як базовою організацією за напрямом науково технічної діяльності „Методи і засоби досліджень, контроль якості та випробування будівельних конструкцій", до затвердженого переліку переглядаємих стандартів включені у тому числі і стандарти з неруйнівного контролю міцності бетону.





Переробка ГОСТ 17624 [1] та ГОСТ 22690 [2] на національні ДСТУ проводиться у відповідності з Планом виконання науково-технічних та пошукових робіт на 2009 р. за власні кошти ДП НДІБК та Наказом № 123 від 25.03.2009 р. Міністерства регіонального розвитку та будівництва України про фінансування у 2009 р. за рахунок коштів державного бюджету наукових розробок з нормування та стандартизації у сфері будівництва.

Впровадження вказаних ДСТУ необхідне для узгодження нормативних документів на методи випробувань з іншими нормативними документами (переглянутими та новими) у галузі будівництва та для зближення національної нормативної бази будівельної галузі з європейською [3-5]. ДСТУ повинні встановлювати точні вимоги для вимірювань інформативних параметрів і достовірного визначення міцності бетону на стиск за градуювальними залежностями в збірних і монолітних конструкціях.

З часу розробки нормативних документів [1, 2] пройшло більше 20 років. Стандарти створювались в період, коли основою будівництва був збірний залізобетон і базувались в основному на дослідженнях, пов'язаних з застосуванням неруйнівних методів при виробництві збірних залізобетонних конструкцій. Питання неруйнівного контролю монолітних конструкцій в них викладені недостатньо повно [6]. Отримані за останні роки нові наукові дані дозволили відкоригувати ряд положень, за якими нормативні документи застаріли.

***Проект ДСТУ на ультразвуковий метод визначення міцності бетону.*** Ультразвуковий імпульсний метод заснований на зв'язку між швидкістю розповсюдження ультразвукових коливань у бетоні та його міцністю на стиск. Метод застосовують для визначення відпускної, передатної міцності, міцності бетону у проміжному і проектному віці, у процесі твердіння, а також при експертному контролі збірних і монолітних конструкцій.

В діючому стандарті [1] випробування міцності бетону монолітних конструкцій дозволяється виконувати тільки способом наскрізного прозвучування. Таких обмежень в проекті ДСТУ немає, тобто випробування монолітного бетону можна виконувати також способом поверхневого прозвучування. Крім того, ультразвуковий метод передбачено розповсюдити на визначення міцності бетону класів В7,5 – В40 (замість В7,5 – В35).

В проект ДСТУ включене положення про коригування раніше встановленої градуювальної залежності (по аналогії з [2]) з використанням поправного коефіцієнта. Цей коефіцієнт визначають за результатами порівняльних ультразвукових випробувань та випробувань методом відриву зі сколюванням або з випробуванням кернів. При цьому міцність бетону, що визначена механічними методами, не повинна відрізнятися від середнього значення за градуювальною залежністю більш ніж на ±30 %. Використання поправного коефіцієнта допустиме в межах значень міцності, що можуть бути визначені за градуювальною залежністю.

Зазнав змін довідковий додаток, в якому наведені прилади для ультразвукового контролю міцності бетону.

За своїм змістом проект ДСТУ не протирічить положенням європейського стандарту [5].