

Фомин С.Л., Кравченко А.М.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

РАБОТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО БОРОВА ФУНДАМЕНТА КОКСОВОЙ БАТАРЕИ С НИЖНИМ ПОДВОДОМ ОТОПИТЕЛЬНОГО ГАЗА

Введение

Одной из актуальных задач является совершенствование методики расчета и разработка эффективных конструктивных решений строительных конструкций фундаментов коксовых батарей, подвергающихся воздействию технологических температур. При нижнем подводе отопительного газа фундамент представляет собой рамную железобетонную конструкцию с верхней плитой, опирающейся на рамы, расположенные на нижней плите. Борова для отвода продуктов горения отделены от фундамента и расположены вдоль него (рис.1).

Как указывается в «Справочнике коксохимика» [1] температурные усилия, возникающие в различных элементах фундамента, в основном в период разогрева батареи и роста кладки печей и фундамента пока не поддаются точному учету, в связи с чем при назначении сечений конструк-

ций фундамента учитывается опыт долготелней практики проектирования и эксплуатации.

Борова и общий боров, а в фундаментах рамного типа и верхняя фундаментная плита, работающие при высоких температурах, выполняются из жаростойкого железобетона. Применяемый бетон должен обладать жаростойкостью при температурах, возникающих в конструкциях при эксплуатации в боровах и общем борове до 400°С, а в дымовых патрубках кратковременно и до 700°С [2-6, 11].

Конструкции борова рассчитываются на давление грунта, собственный вес, полезную нагрузку 1000 кгс/м² на поверхности грунта, либо на нагрузку от автотранспорта на участке, проходящем над боровом дорогом, на усилия от температуры и от температурного перепада по граням стен (температура внутри составляет 350°С) [7-10].

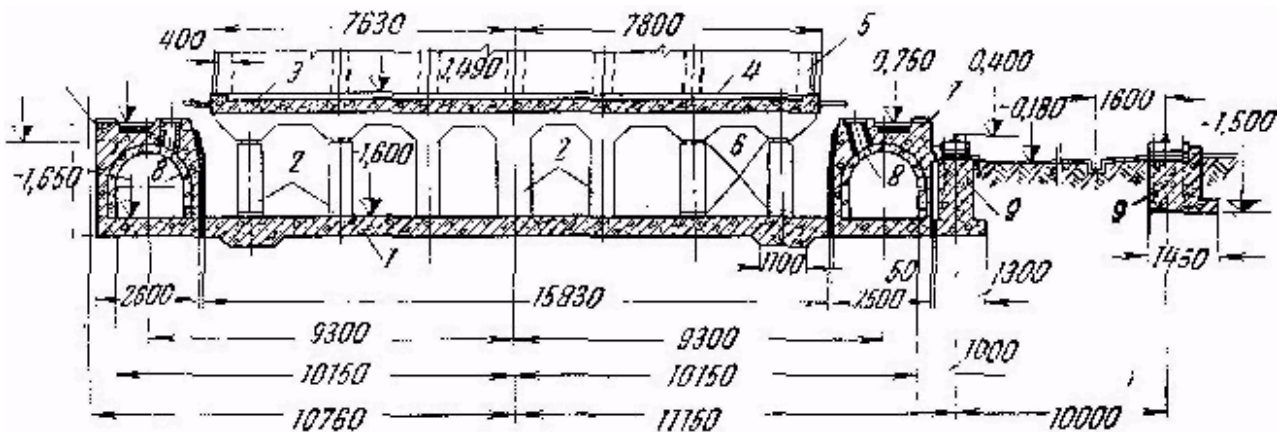


Рис. 1 Фундамент коксовой батареи с нижним подводом отопительного газа

Цель и задачи исследования

Целью исследования является создание методики расчета железобетонных конструкций фундаментов коксовых батарей, работающих в условиях воздействия технологических температур.

Для достижения поставленной цели поставлены следующие задачи:

- решение теплотехнической задачи по определению температурных полей в сечениях конструктивных элементов;
- решение статической задачи строительной механики по выявлению напряженно-деформированного состояния в конструкциях и расчета их несущей способности.

Результаты исследования

Рассматривается температурное поле в борове для отвода продуктов горения из армированного жаростойкого бетона с учетом утепления боковой и верхней поверхностей и грунтового основания (рис.2).

Расчет распределения температуры по сечению конструкций железобетонных боров для отвода продуктов горения проводят на основе решения системы трех стационарных дифференциальных уравнений теплопроводности, отражающих условия на контактах различных материалов: железобетона борова, термоизоляции и окружающего грунта основания, имеющих различные теплотехнические свойства [2]:

для железобетона

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda_1(\theta_1) \frac{\partial \theta_1}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\lambda_1(\theta_1) \frac{\partial \theta_1}{\partial y} \right] = 0, \quad (1)$$

для термоизоляции

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda_2(\theta_2) \frac{\partial \theta_2}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\lambda_2(\theta_2) \frac{\partial \theta_2}{\partial y} \right] = 0, \quad (2)$$

для грунта основания

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda_3(\theta_3) \frac{\partial \theta_3}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\lambda_3(\theta_3) \frac{\partial \theta_3}{\partial y} \right] = 0, \quad (3)$$

где $\Theta_{1,2,3}$ – температура, °С бетона, термоизоляции и грунта соответственно; $\lambda_{1,2,3}(\Theta)$ - коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С) материалов.

Рассматривается температурное поле в борове для отвода продуктов горения из армированного жаростойкого бетона с учетом утепления боковой и верхней поверхностей и грунтового основания (рис.2).

Использованы три разновидности специальных плоских элементов, отличающихся различными свойствами материалов.

Для бетона приняты следующие характеристики: коэффициент теплопроводности $\lambda=2$ Вт/(м·К), коэффициент теплоемкости $C=900$ Дж/(м³·К), плотность $\rho=2300$ кг/м³. Для теплоизоляции приняты: коэффициент теплопроводности $\lambda=0.07$ Вт/(м·К), коэффициент теплоемкости $C=840$ Дж/(м³·К), плотность $\rho=250$ кг/м³. Для глинистого грунта приняты: коэффициент теплопроводности $\lambda=0.47$ Вт/(м·К), коэффициент теплоемкости $C=840$ Дж/(м³·К), плотность $\rho = 1600$ кг/м³ [3-4].

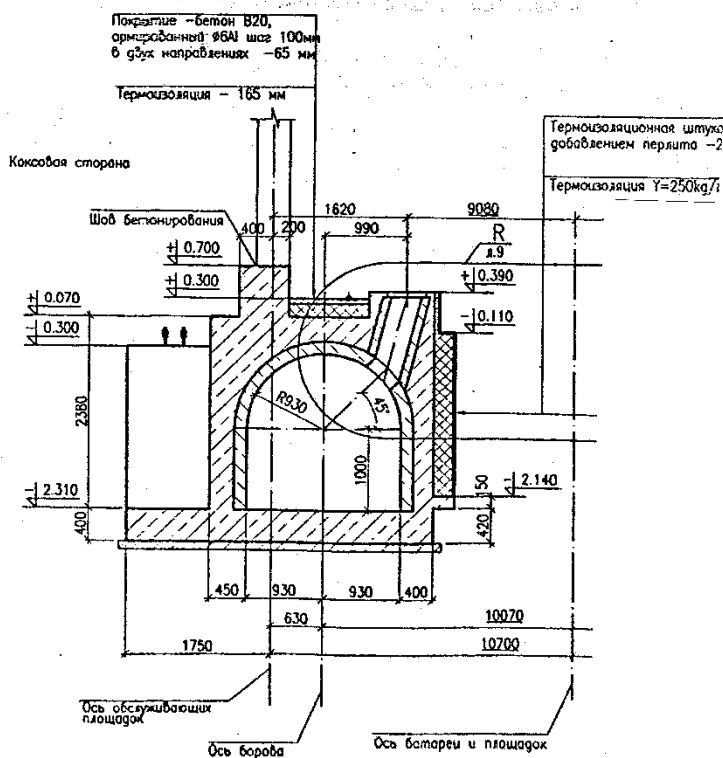


Рис.2. Конструкция бокового борова для отвода продуктов горения коксовой батареи с нижним подводом отопительного газа

Граничные условия

По заданию коксового отдела ГИПРО-КОКС температура в борове задана равной 350°C (623K), температура наружного воздуха и межрамного пространства 20°C (293K), температура в слое постоянных годовых температур на глубине 10 м равна 10°C (283 K). На контакте материалов выполняются граничные условия четвертого рода. Верхние наружные поверхности конструкций и грунта находятся в условиях конвективного теплообмена с окружающим воздухом. Конвективный теплообмен происходит также между внутренней поверхностью борава и средой отводящих продуктов горения с коэффициентом теплообмена $\alpha_c = 29$ [Вт/м²К]. На правой и левой границах модели грунтового основания заданы граничные условия $\partial\theta/\partial x=0$.

Решение проведено методом конечных элементов.

Получены температурные поля во всей системе «боров - грунт», поля температурного градиента и теплового потока, графики распределения температуры по горизонтальной и вертикальной осям. На рис.3 показано распределение температуры в сечении борава и окружающего грунта.

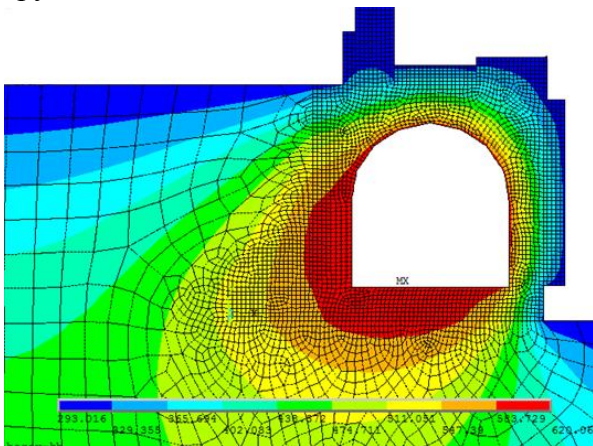


Рис.3. Температурные поля в борове и окружающем грунте совмещенные с сеткой конечных элементов

Полученные данные используются для задания температурных воздействий при расчете напряженно-деформированного состояния борава.

Моделирование напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций борава фундамента

Расчетная модель монолитного железобетонного борава составлена в соответствии с ДБН В.2.6-98:2009 [2]. Для всех конструктивных элементов принят жаростойкий бетон класса прочности С25/30 со следующими характеристиками: $f_{ck,cube}=30$ МПа, $f_{cm,cube}=38$ МПа, $f_{ck,prism}=22$ МПа, $f_{cd}=17$ МПа; $f_{ctm}=2,6$ МПа, $f_{ctk,0,05}=1,8$ МПа, $f_{ctk,0,95}=3,4$ МПа, $E_{cm}=32,5$ ГПа; $E_{ck}=29$ ГПа, $E_{cd}=25$ ГПа, $\varepsilon_{c1,ck}=1,76$ ‰, $\varepsilon_{c1,cd}=1,69$ ‰; $\varepsilon_{cu1,ck}=3,55$ ‰, $\varepsilon_{cu1,cd}=3,28$ ‰, $\varepsilon_{c3,ck}=0,76$ ‰ = $f_{ck,prism}/E_{ck}$; $\varepsilon_{c3,cd}=0,68$ ‰ = f_{ck}/E_{cd} , $\varepsilon_{cu3,ck}=3,20$ ‰ = $0,9\varepsilon_{cu1,ck}$, $\varepsilon_{cu3,cd}=3,00$ ‰ = $0,9\varepsilon_{cu1,cd}$.

Моделирование проведено в ПК Лира. Для фундамента приняты универсальные четырехугольные элементы оболочки КЭ44 и универсальные треугольные элементы КЭ42.

Связи. Нижние узлы жестко защемлены, т.е. наложен запрет на перемещения по направлениям X, Y, Z и повороты UX, UY и UZ.

Загружения: 1 Загружение – собственный вес; 2 Загружение- воздействие температуры (Задание температуры на КЭ оболочки производится по результатам температурного анализа); 3 Загружение – от воздействия полезной нагрузки.

Генерация таблицы РСУ (расчетного сочетания усилий)

Загружение 1 в списке «вид загрузки» выбрано как- постоянное, остальные загрузки -как – временные длительные

В результате расчета получены: изополя перемещений по всем координатам, изополя нормальных напряжений по N_x , N_y и касательных напряжений по T_{xy} в конструкции борава, МПа от собственного веса, от температурных воздействий и от полезной загрузки.

На рис.4,5,6 показаны изополя нормальных напряжений по N_x от собственного веса, от температурных воздействий и от полезной загрузки.

По этим данным в процессоре Лир-Арм проведен подбор арматуры (табл. 1).

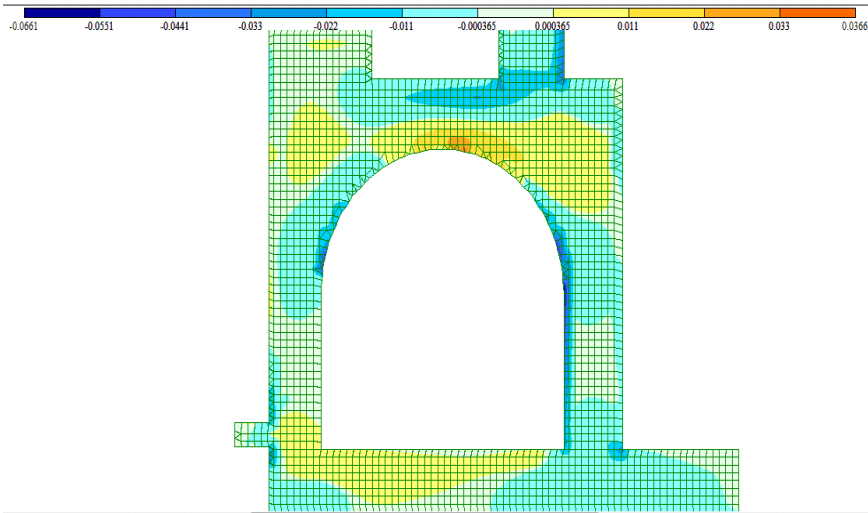


Рис.4. Изополя напряжений Nx (МПа) от собственного веса

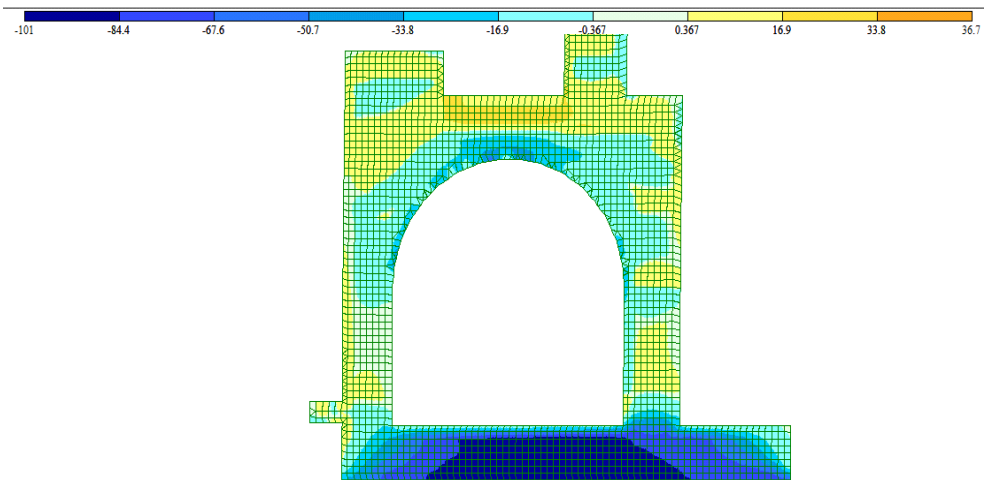


Рис.5. Изополя напряжений Nx (МПа) от воздействия температуры

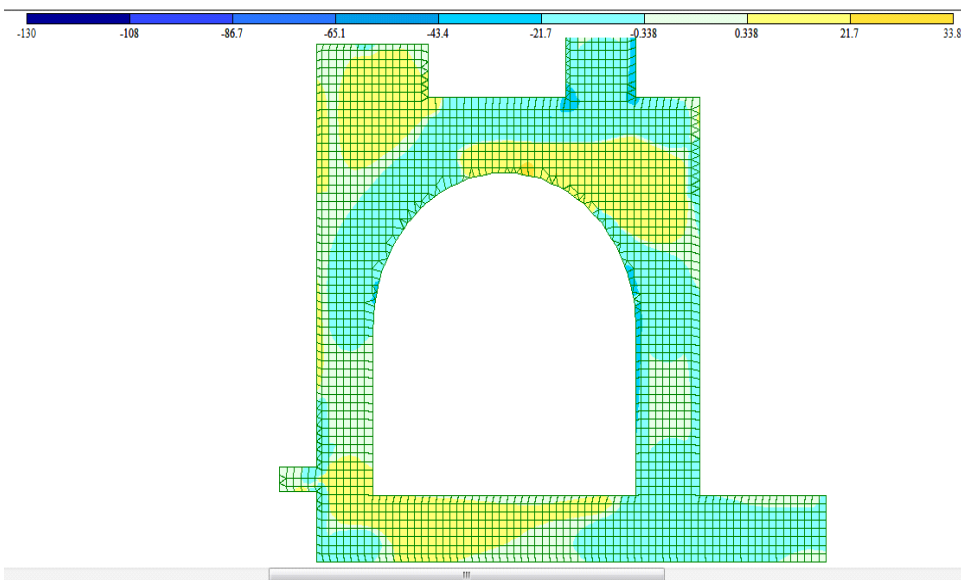


Рис. 6. Изополя напряжений Nx (МПа) от воздействия нагрузки

Таблица 1 - Армирование

Эле- мент	Продольная арматура, см ²				Поперечная, см ²		Ширина ре- щин, мм	
	AS1	AS2	AS3	AS4	ASW1	ASW2	кратк.	длит.
Оболочка 630; h= 20.00см								
Бетон В30; Арматура: продольная Ах: А-III; Ау: А-III; поперечная А-								
Шаг арматурных стержней 100 мм								
630	2.57	3	2	2		1.35	0.02	0.02
	2.57	3	2	2				
Оболочка 713; h= 20.00см								
Бетон В30; Арматура: продольная Ах: А-III; Ау: А-III; поперечная								
Шаг арматурных стержней 100 мм								
713	2.53	3.29	2	2	0.88	1.37	0	0
	2.53	3.29	2	2				
Оболочка 1117; h= 20.00см								
Бетон В30; Арматура: продольная Ах: А-III; Ау: А-III; поперечная								
Шаг арматурных стержней 100 мм								
1117	2.94	3.68	2	2	3.8	2.32	0.02	0.02
	2.94	3.68	2	2				
Оболочка 1675; h= 20.00см								
Бетон В30; Арматура: продольная Ах: А-III; Ау: А-III; поперечная								
Шаг арматурных стержней 100 мм								
1675	3.19	3.77	2	2	0.21	0.89		
	3.19	3.77	2	2				

Выводы

1. Разработана методика и проведен температурный анализ борцов фундамента коксовой батареи с нижним подводом отопительного газа.

2. Проведены численные исследования с применением ПК Лира напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций борца фундамента коксовой батареи с нижним подводом отопительного газа.

Выполнен подбор арматуры в железобетонном борце и конструкции рабочей площадки.

3. Полученные результаты исследований являются основой для дальнейшей разработки эффективных конструктивных решений и мероприятий по регулированию напряженно-деформированного состояния фундаментов при их нагреве.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Справочник коксохимика в шести томах. Под редакцией А.К. Щепкова. Т. IV Проектирование, сооружение и пуск коксохимических предприятий. М.: Из-во «Металлургия» 1966. 392 с.
2. ДСТУ-Н П Б В.2.6-XX: 20XX здания и сооружения. Проектирование железобетонных конструкций. Основные положения. Огнестойкость. (EN 1992-1-2:2004, MOD)
3. СНиП 2.03.04-84. Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур / Министерство России. - М.: ГП ЦПП, 1996. - 52 с.
4. Свод правил по проектированию и строительству СП 52-110-2009. Бетонные и железобетонные конструкции, подвергающиеся технологическим повышенным и высоким температурам. Москва 2009. - 270 с.
5. 5.Продление срока службы коксовых батарей. По материалам 4-го Европейского конгресса по коксохимическому и доменному производствам // Кокс и химия. 2001. №4. с. 21-25.
6. Вельский В. И., Васильев Е. С. Толкачев П. И. Строительство промышленных печей и труб из жаростойкого бетона. М., Госстройиздат, 1962.
7. Гитман Г. Ф., Малкина Т. Н., Милованов А. Ф. Прочность жаростойкого бетона на сжатие при нагреве. — В кн.: Жаростойкий бетон и железобетон и области их эффективного применения. Волгоград, ВИИГХ, 1969.
8. Десов А. Е., Некрасов К.Д., Милованов А. Ф. Кубиковая и призмная прочность бетона при повышенных температурах. Бетоны для атомных реакторов. Т. II. Американский институт бетона. Специальная публикация SP-34. Детройт—Мичиган, 1972.
9. Милованов А. Ф. Жаростойкий железобетон. М., Госстройиздат, 1963.
10. Мурашев В. И. Некоторые особенности теории проектирования жароупорных бетонных и железобетонных конструкций тепловых агрегатов. — В к-н.: Исследования по жароупорному бетону и железобетону. М., Стройиздат, 1954.
11. Фомин С. Л., Плахотникова И.А. Моделирование состояния системы «основание – фундамент коксовой батареи - сооружение». Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво) / Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» Міністерства регіонального розвитку та будівництва України. Вип..74: в 2-х кн.: Книга 1. -Київ, ДП НДІБК, 2011. Свідоцтво про державну реєстрацію: серія КВ №8159. С. 586-596.

УДК 69.032.22: 658.5

Броневицький С.П.

КО «Інститут генерального плану міста Києва», м. Київ

НАПРЯМКИ РЕАЛІЗАЦІЇ ІННОВАЦІЙНИХ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ В БУДІВНИЦТВІ

Забезпечення енерго-, та ресурсозбереження в нашій країні та всьому цивілізованому світі, в зв'язку з обмеженістю енергоресурсів, постало найактуальнішою світовою проблемою будівельної галузі у XXI столітті.

Стратегією розвитку Києва до 2025 р. передбачається широке впровадження інновацій в будівництві.

У проєкті генерального плану міста Києва передбачається розвиток територій житлової забудови, громадсько-ділових центрів, виробничої, науково-технічної, комунально-складської зон, де необхідно впроваджувати інноваційні технології.

Наразі в будівництві в основному використовуються індустриальні крупнопанельні та монолітно-каркасні технології.

Інновації в житловому будівництві у вітчизняній практиці на даний час поширені недостатньо, що обумовлено попитом на доступне економічне житло і необхідністю здешевлення його вартості. Будівництво здійснюється за традиційними технологіями, які не забезпечують в достатній мірі енерго- та ресурсозбереження, скорочення термінів будівництва. Розподіл загальної площі нових багатоквартирних житлових будинків типу за матеріалами стін наведено в табл. 1.

Збільшення обсягів використання змішаних матеріалів дозволяє підвищити енергозберігаючі якості. У 2012 році в Києві прийнято в експлуатацію будинків із змішаних матеріалів частково із застосуванням комбінованих стін (типу «сандвіч») загальною площею 675,6 тис. кв. м або