4. Патент України № 48589, кл. E04G11/04. Опалубка для зведення великопролітних куполів / Бєлов Д.В., Югов А.М. – Опубл. 25.03.2010, Бюл. №6, 2010 р.
5. Patent USA № 20050210767. Trilithic and/or twin shell dome type structures and method making same / Michael DeFever, Ryan DeFever. – Опубл. 29.09.2005.
6. Monolithic Technology. Portfolio. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.monolithic.com.
7. Patent USA № 4094110. Building system and method / Luther I. Dickens, William C. Nanny. – Опубл. 13.06.1978.
8. Patent USA № 4352260. Underground house and construction method / Leroy G. Pearcey, Dale A. Pearcey. – Опубл. 05.10.1980.
9. Patent USA № 5305576. Method of constructing curvilinear structures / Brian C. Giles. – Опубл. 07.05.1994.
10. Патент Российской Федерации № 2161227, кл. E04B1/32. Способ возведения зданий криволинейной формы / Найденова Ю.А. – Опубл. 27.12.2000.
11. Патент Российской Федерации № 2454514, кл. E04B7/08. Способ возведения стен куполообразных зданий / Герливанов В.В. – Опубл. 27.06.2012.
12. Патент Российской Федерации № 2268967, кл. E04B2/84, E04B2/86. Устройство и способ возведения стен зданий из поризированного бетона / Гуриев К.Л. – Опубл. 27.01.2006.
13. Попельнюхов С.Н., Конаков Д.В., Магер А.Н. Новая технология возведения малоэтажных зданий для массового строительства / Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. № 11, 2011. – С. 27-29.
14. Шмуклер В.С. Каркасные системы облегченного типа / В.С. Шмуклер, Ю.А. Климов, Н.П. Бурак. – Харьков: Золотые страницы, 2008. – 336 с.
15. Патент України № 89464 кл. E04B1/18. Каркасна будівля «Монофант» / Шмуклер В.С., Бабаєв В.М., Бугаєвський С.О., Бережна К.В., Карякін І.А., Кондращєнко В.І., Сеірскі І.М. – Опубл. 25.04.2014, Бюл. №8, 2014 р.
16. Емельянова И.А., Задорожный А.А., Гузенко С.А., Меленцов Н.А. Двухпоршневые растворобетононасосы для условий строительной площадки. – Харьков, 2011. – 196с.

УДК 624. 012:53.09

Плахотникова И.А.
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ УСАДОЧНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ В ГРУНТОВОМ МАССИВЕ ПРИ РАСЧЕТЕ ФУНДАМЕНТОВ ТЕПЛОВЫХ АГРЕГАТОВ

Фундаменты под технологическое оборудование на большинстве предприятий черной металлургии подвергаются воздействию повышенных и высоких температур. Это и непосредственное воздействие от расплавленного металла, температурные воздействия от лучистого нагрева на линиях горячей прокатки, воздействия от технологических температур, передающихся на элементы строительных конструкций путем теплопроводности, например, на рамные фундаменты коксовых батарей и доменных печей.

Прогреваясь, фундаменты передают теплоту и окружающим их грунтам. Под воздействием повышенных температур в грунтах происходит изменение физико-механических свойств, усадка и ползучесть. Это приводит к изменению жесткости основания, нарушению контакта системы фундамент – грунтовое основание. Происходит искривление фундамента, его выгиб и коробление, что приводит к нарушению технологического процесса, требует усиления отдельных элементов, затрат материалов.

Натурные обследования состояния и условий работы фундаментов тепловых агрегатов и подземных сооружений на ряде металлургических заводов показывают наличие случаев повышенной осадки сооружений, трещинообразования темпера-

турно-влажностного характера, разрушения отдельных узлов конструкций, частого ремонта и аварийного состояния сооружений.

На рис. 1 приведена схема деформирования основания под фундаментом в поперечном направлении и деформирование рамной конструкции коксовой батареи от искривления земной поверхности в результате температурной усадки основания.

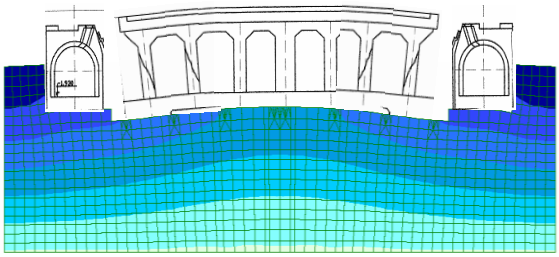

Рис.1.Схема деформирования поперечных рам фундамента коксовой батареи

Проведенные натурные исследования показывают, что бетон фундаментов имеет достаточную прочность и однородность. Разрушение отдельных стоек рамного фундамента вызвано не локальным ослаблением сечений за счет низкой прочности бетона, а значительными деформациями грунтового основания.

Размещенные вдоль батареи борова для отвода продуктов горения с температурой отводящих газов 350°С формирует температурное поле в грунте основания, которое является причиной значительных усадочных деформаций грунта.

Проведенный аналитический обзор состояния вопроса показал необходимость совершенствования теоретической и экспериментальной научной базы, гарантирующей требуемый уровень безопасности длительной эксплуатации фундаментов тепловых агрегатов.

При оценке напряженно-деформированного состояния необходимо рассматривать геометрически и физически нелинейную систему «основание-фундамент-сооружение» [1]; свойства основания определять с учетом температурных полей и полей относительной весовой влажности в грунтовом массиве на основе потенциальной теории тепло-массопереноса; экспериментальным методом выявлять зависимости усадки грунта от температуры и влажности; определение напряжений и деформаций в грунтовом массиве и в конструкциях фундаментов от совместного воздействия температурно-усадочных деформаций и нагрузки проводить с использованием компьютерных технологий.

Температурное поле в основании фундаментов

Одним из этапов оценки напряженно-деформированного состояния фундамента является определение температурного поля в грунте основания. При разработке математической модели необходим учет влияния природной влажности на теплофизические характеристики грунта, а также учет дополнительного стока тепла за счет фазового перехода при превращении воды в пар [2-4].

Разработана методика расчета температурных полей в табличном процессоре Excel For Windows [5].

Программа функционирует под управлением интерактивной оболочки, позволяющей визуально контролировать вычислительный процесс и в случае проявления неустойчивости изменять шаг интегрирования по времени.

Температурное поле в основании фундамента коксовой батареи через 10 лет после разогрева представлено на рис. 2.

Поле влажности в основании фундамента

Распределение влажности в грунтовом массиве основания, зависящее от температурного поля и потенциала влажности, может быть определено следующим образом.

Полагая, что потенциал влажности при длительном нагреве одинаков по объему массива и равен начальному θ = 300°В, соответствующему природной влажности 20 % при температуре 20°С, определим поле влажности по зависимости потенциала влажности θ, ^{oB} от относительной весовой влажности грунта Wg x 10^{-2} при разных температурах. Поле влажности в основании фундамента коксовой батареи через 10 лет после разогрева представлено на рис. 3.

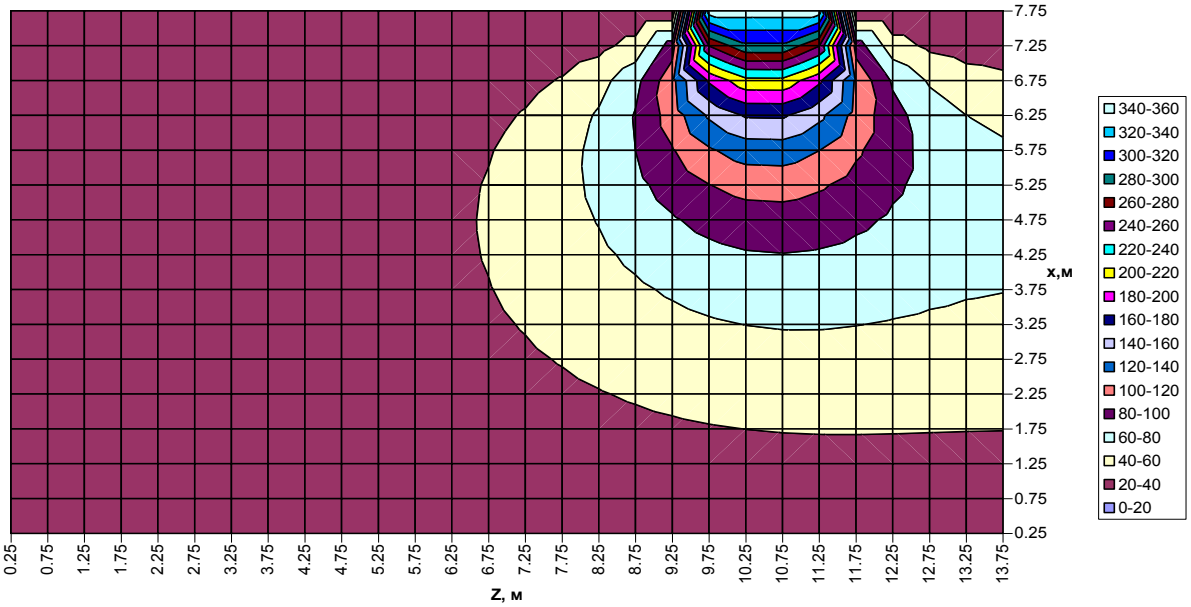

Рис. 2. Температурное поле в основании фундамента коксовой батареи

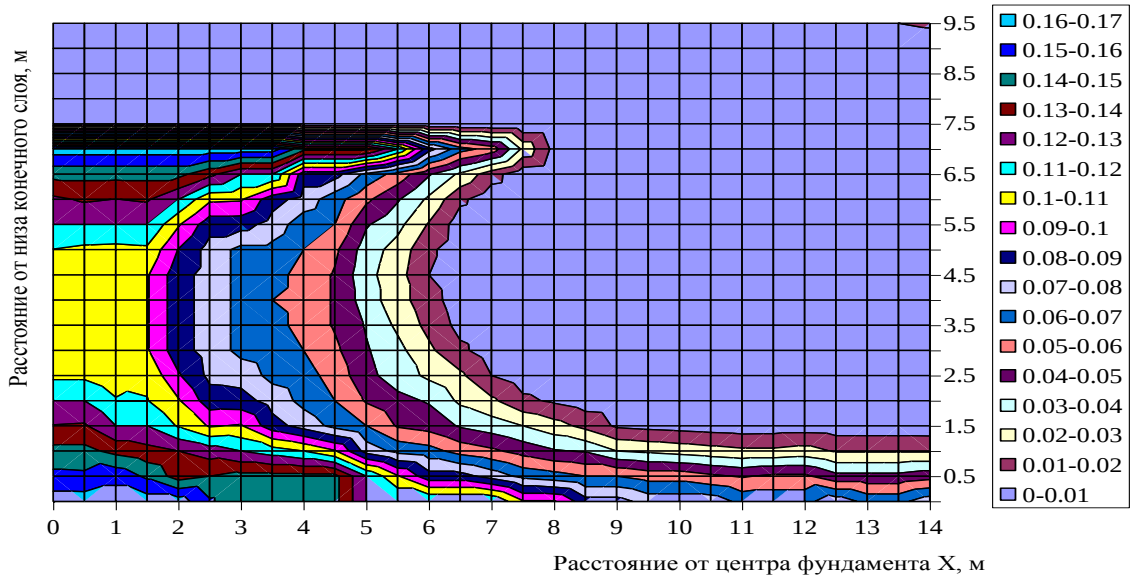

Рис. 3.Поле влажности в основании фундамента коксовой батареи

Поле свободных усадочных деформаций в основании фундамента

Определены значения усадочных деформаций в каждом конечном элементе модели оснований по величине относительной весовой влажности.

Для влажного грунта относительные деформации усадки определяются по формуле

$$\varepsilon_{gtd} = \varepsilon_{gutd} - \alpha_{gtd} w,$$

где ε_{gutd} – предельные относительные деформации усадки (мм/мм) для влажного грунта; α_{gtd} – коэффициент линейной усадки влажного грунта (1/(кг/кг)); w – влажность грунта (кг/кг).

Для сухого грунта относительные деформации усадки определяются по формуле

$$\varepsilon_{gt} = \varepsilon_{gut} - \alpha_{gt} w,$$

где ε_{gut} – предельные относительные деформации усадки (мм/мм) для сухого грунта; α_{gt} – коэффициент линейной усадки сухого грунта (1/(кг/кг)); w – влажность грунта (кг/кг).

Поле относительных деформаций усадки в основании фундамента коксовой батареи через 10 лет после разогрева представлено на рис. 4.

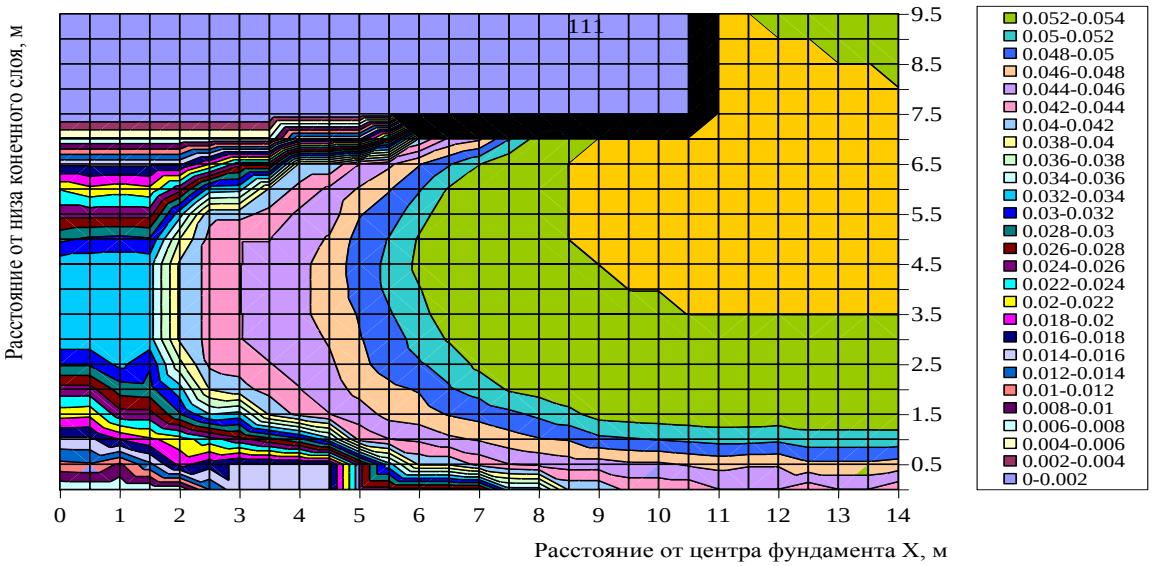

Рис. 4. Поле относительных деформаций усадки в основании фундамента коксовой батареи

Учитывая специфику ПК Лира, моделирование усадочных деформаций при расчете фундамента проведено путем задания в каждый конечный элемент грунтового основания эквивалентных отрицательных температур, полученных при коэффициенте линейного расширения α=0,00001 1/°С.

Проведено численное моделирование напряженно-деформированного состояния системы фундамент – основание [6]. Разработана методика решения объемной задачи в линейной постановке и объемной задачи с учетом физической нелинейности материалов и основания. Численные исследования проводились с использованием программного комплекса Лира Windows [7].

Выводы

1. Разработана методика определения температурных и влажностных полей в фундаментах и грунтах основания на основе потенциальной теории тепло-массопереноса в капиллярно-пористых телах.

2. Определены поля относительной весовой влажности и температурно-усадочные деформации грунтов оснований под исследуемым фундаментом коксовых батарей.

3. Получены значения эквивалентных отрицательных температур, с помощью которых заданы величины относительных усадочных деформаций в грунтовом массиве.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення проектування: ДБН В.2.6-98:2009.- К.: Мінрегіонбуд України. 2009.– 97 с.
2. Богословский В.Н. Строительная теплофизика / Богословский В.Н.-М.: Высшая школа, 1982.-415 с.
3. Богословский В.Н. О потенциале влажности / Богословский В.Н. // Инженерно-физический журнал.-1965.-Т.8. - Минск: Наука и техника.-С.216-223.
4. Лыков А.В. Явление переноса в капиллярно-пористых телах / Лыков А.В. // М.: Гостехиздат, 1954.- 296 с.
5. Фомін С. Л. Розрахунок залізобетонних конструкцій на температурно-вологісні дії технологічного та кліматичного середовища / С. Л. Фомін // Навч. посібник. -К.: НМК ВО, 1992.-168 с.
6. 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. С. 586-596.
7. Плахотникова И.А. Учет пространственной работы фундамента коксовых батарей при расчете напряженного состояния /Фомин С.Л. // Науковий вісник будівництва.-2008.- Вип. 49.-Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ.- С.242-248.