

ВОЛОКОН.// www.trotuar.ru/forms/dobavki/fibra2.shtml

3. Nawy Edward G. (2008). Reinforced The composition: A Fundamental Approach. Sixth edition, Upper Saddle River (US): Prentice Hall.

4. Czarnecki L. (2003) Domieszki do betony. Mozliwosci i ograniczenia. Budownictwo, technologia, architektura, 3, 4-6.

5. Merkley J. D., Caidian Luo. Fiber cement composite materials using bleached cellulose fibers (2012). Patent number 8333836. Publication number 20110248421. Application number US 13/066,163.

6. Tanaka Yoshihiro, Hashimoto Osamu, Nishi Kazuhiko. Fiber reinforced cement based mixed material(2015). Patent number PCT/JP2012/079468. Publication number US9145337 B2. Application number US 14/359,071.

7. Патент № 110282МПК В29В 17/00, В03В 9/06. Спосіб переробки відходів пляшок поліетиленетрефталату (ПЕТФ)/О. С. Малишевська, О. Д. Мельник (UA). Бюл. №23, 10.12.2015.

8. EN 206-1 Concrete – Part 1: Specification, performance, production and conformity. June 2013.

9. BS EN 12390-5:2009. Testing hardened concrete Part 5: Flexural strength of test specimens. April 2009.

ОБҐРУНТУВАННЯ УМОВ ТЕПЛООБМІНУ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ҐРУНТУ У РАЙОНАХ РОЗРОБКИ ГАЗОВИХ РОДОВИЩ

Л. Я. Побережний, Д. В. Кухтар

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,

Abstract. At the stage of transportation of gas containing condensate impurities, to places of complex preparation, there is a danger of formation of gas hydrates. High operating pressure in the pipeline and low temperature cause the formation of methane gas hydrates. The simulation of soil temperature in areas of gas deposits makes it possible to rationally use inhibitors of hydrate formation. The article substantiates the choice of a mathematical model for studying the temperature regime of soils. The results of the calculation of the temperature field of the upper layers of soil for the annual cycle are given.

Оновлена стратегія України у галузі паливно-енергетичного комплексу передбачає збільшення видобутку власного газу на території країни. Особлива увага зосереджена на пошуках резервів на родовищах, які тривалий час перебувають у розробці.

На етапі транспортування газу, що містить домішки конденсату, до місць комплексної підготовки є небезпека утворення газових гідратів. Утворення гідратних корків у трубопроводах перешкоджає ефективній експлуатації викидних ліній свердловин та може спричинити аварійну ситуацію.

Утворення газових гідратів метану відбувається за умов високого експлуатаційного тиску в трубопроводі та низької температури. Домішки азоту, сірководню та вуглекислого газу в природному газі дещо змінюють термобаричні параметри гідратоутворення. При цьому залишається необхідність визначення температурного режиму ґрунту на глибині залягання викидних ліній свердловин для оцінки потенційних ризиків утворення гідратів [1]. Моделювання температурного режиму ґрунту в районах газових родовищ дасть змогу раціонально використовувати інгібітори гідратоутворення. Це в свою чергу зменшить їхній токсичний вплив на навколишнє середовище.

На сьогоднішній день у літературі достатньо широко представлені роботи, які розглядають різні підходи до моделювання температури ґрунтового масиву. Їхньою метою є вирішення різноманітних прикладних задач на основі даних про температуру поверхневих

шарів ґрунту [2, 3]. Особлива увага приділена вирішенню питань пов'язаних із роботою теплових насосів із різними схемами встановлення ґрунтових теплообмінників [4, 5].

Для таких завдань зміну температурного поля ґрунту визначають шляхом розв'язку крайової задачі теплопровідності:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a \nabla^2 T, \quad (1)$$

де T – температура ґрунту, °С; τ – час, с; a – температуропровідність ґрунту, м²/с.

Для побудови адекватної математичної моделі важливо правильно вибрати граничні умови та проаналізувати механізми перенесення тепла у системі.

Обґрунтування математичної моделі, яка описуватиме температурний режим ґрунту довкола викидної лінії, потребує ґрунтового аналізу та врахування процесів перенесення тепла у системі повітря-ґрунт-трубопровід. Крім цього необхідно встановити граничні умови та умови однозначності, які коректно визначатимуть процес який розглядається.

Диференціальне рівняння виду (1) описує нескінченну кількість конкретних процесів. Для того, щоб виділити процес який розглядається і однозначно визначити його, до системи диференціальних рівнянь додаються умови однозначності. Вони задають математичний опис усіх часткових особливостей явища, що розглядається.

Встановимо умови однозначності для ґрунтового масиву з прокладеною в ньому викидною лінією від газової свердловини:

1. *Геометричні умови, які характеризують форму і розміри тіла або системи в якій проходить процес.* Модель ґрунтового масиву задаємо напівобмеженим тілом; координата x відраховується від поверхні ґрунту в напрямку збільшення глибини.

2. *Фізичні умови, що характеризують властивості середовища.* Теплові властивості ґрунтового покриття характеризує значення температуропровідності a , яке показує швидкість розповсюдження температури внаслідок поглинання чи виділення тепла. Температуропровідність залежить від співвідношення твердої, рідкої і газоподібної складової, текстурної і структурної особливості ґрунту.

3. *Початкові умови, що характеризують особливості процесу в початковий момент часу.* Вважаємо, що в початковий момент τ_0 температура ґрунтового масиву рівномірна, а її значення дорівнює середньорічній температурі повітря в заданому регіоні $T = t_{сер} = const$.

4. *Граничні умови, які визначають особливості перебігу процесу на межі середовища:*

Граничні умови першого роду. На поверхні задано розподіл температур як функція координат і часу $f(\tau)$. Приймаємо рівність температури поверхні ґрунту T і температури повітря $t_{нов}$:

$$T = t_{нов} = f(\tau). \quad (2)$$

Значення температури повітря отримуємо з баз даних метеослужб для досліджуваного регіону.

Граничні умови другого роду. Відомо, що температура верхніх шарів ґрунту і прилеглих шарів повітря постійно перебувають у тепловій взаємодії. Напрямок теплового потоку змінюється не лише у різні періоди року, але й впродовж доби [4]. Тому, враховуючи тепловий баланс між отриманою інсоляцією і тепловіддачею в атмосферу (у т.ч. за рахунок випаровування вологи), приймаємо, що на поверхні ґрунту тепловий потік відсутній.

Вважаємо, що наша система рівномірно прогривається. Задається однорідна гранична умова другого роду:

$$\left(\frac{\partial T}{\partial n_0} \right)_{нов} = 0, \quad (3)$$

де $\left(\frac{\partial T}{\partial n_0} \right)_{нов}$ - щільність теплового потоку (похідна від температури по нормалі до поверхні).

Джерелами внутрішніх теплових потоків від шарів ґрунту з постійною температурою (геліотермозона) також нехтуємо, оскільки нас цікавить розрахунок температурного поля для верхніх шарів ґрунту.

Граничні умови третього роду широко застосовуються у гірничій теплофізиці для дослідження температурних полів в системі ґрунтовий масив – повітряний потік. У даній системі не задаються.

Граничні умови четвертого роду використовуються для вирішення задач теплообміну на межі контакту двох середовищ із різними теплофізичними властивостями. У даному випадку ґрунтовий масив моделюємо однорідним (температуропровідність $\alpha=const$), тому граничні умови четвертого роду не приймаємо до уваги.

Результати. Температурний режим ґрунту для заданих початкових і граничних умов характеризується змінною з глибиною температурою ґрунту T_{zp} , зв'язаною з температурою атмосферного повітря у даному регіоні $t_{нов}$ [5]:

$$T_{zp}(x, \tau) = \bar{t}_{нов} + A \cdot e^{-x \sqrt{\frac{\pi}{365\alpha}}} \sin\left(\frac{2\pi(t - t_0)}{365} - x \sqrt{\frac{\pi}{365\alpha}} - \frac{\pi}{2}\right), \quad (4)$$

де x – глибина ґрунту, м; t – день року; $\bar{t}_{нов}$ – середньорічна температура атмосферного повітря, °С; A – річна амплітуда коливань температури; $\alpha=0,282$ м²/с – температуропровідність ґрунту; t_0 – час відставання (у днях) від початкової дати (1 січня) до виникнення мінімальної температури в році.

За даними багаторічних спостережень (01.01.2005-01.04.2017) на метеостанції в м. Ізюм, отримано значення температур повітря, що притаманні території Східного нафтогазоносного регіону України.

У таблиці 1 наведено значення середніх температур повітря для кожного місяця, а також їхні середні амплітуди. За даними таблиці 1 розраховано середньорічну температуру атмосферного повітря в регіоні $\bar{t}_{нов}$ та річну амплітуду коливань температури A .

Табл. 1. – Середньомісячна температура повітря

Місяць року	Середня температура, °С	Амплітуда коливань температури, °С
січень	-5,1	22,5
лютий	-3,5	19,1
березень	2,9	14,3
квітень	10,3	12,9
травень	17	12,8
червень	20,8	10,4
липень	22,5	10,1
серпень	21,8	11,8
вересень	15,1	12,2
жовтень	8,2	14,8
листопад	3,3	15,1
грудень	-1,4	19
t пов	9,3	
A	13,8	

На рис. 1 представлено графіки зміни температури ґрунту на різній глибині протягом року, отримані у результаті розрахунків за формулою (4).

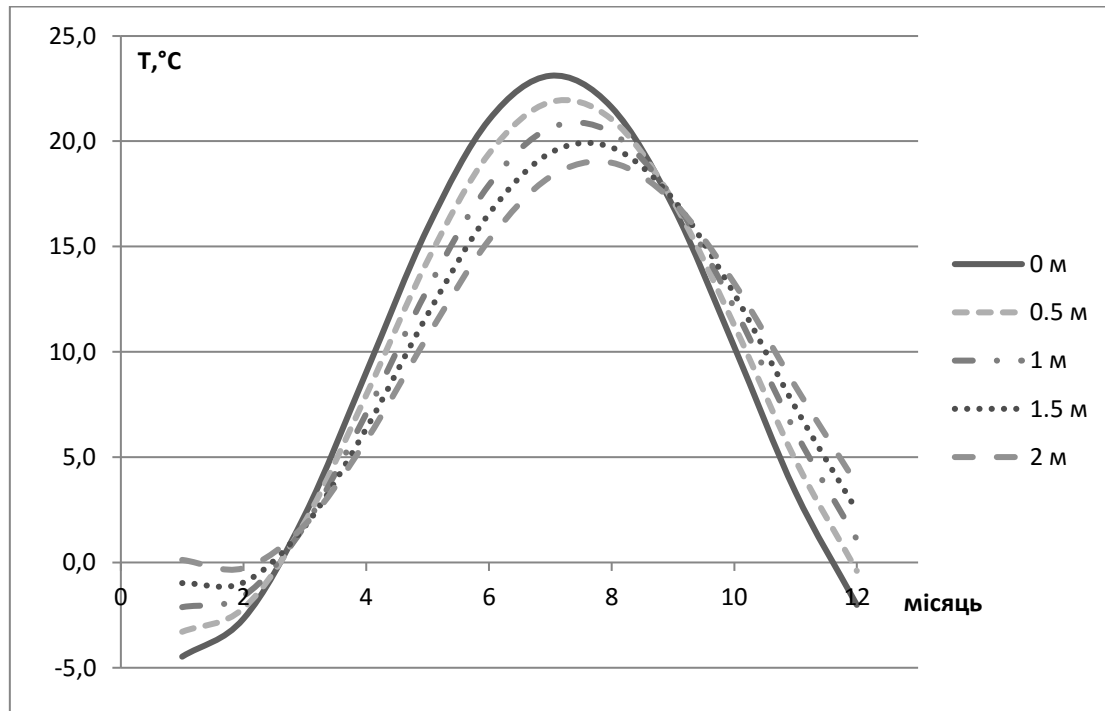


Рис.1. Графіки зміни температури ґрунту на глибині 0,5м , 1м, 1,5м , 2м.

Аналізуючи отримані на графіках дані, бачимо, що найнижча температура ґрунту спостерігається в січні і лютому. Починаючи з березня температура ґрунту поступово піднімається і досягає максимуму в липні та серпні. Температурні максимуми та мінімуми на поверхні і в товщі ґрунту спостерігаються із затримкою в часі. Це пояснюється тепловою інерцією ґрунту.

Висновки.

1. Встановлено граничні умови та умови однозначності, які визначають процес розподілу температури в ґрунті з прокладеною в ньому викидною лінією газової свердловини.
2. Обґрунтовано вибір математичної моделі для дослідження температурного режиму ґрунтів на територіях де проводиться розробка родовищ природного газу.
3. Наведено результати розрахунку температурного поля верхніх шарів ґрунту для річного циклу.

Література

1. Грицанчук А. В. Аналіз небезпек утворення гідратних корків у викидних лініях свердловин /А. В. Грицанчук // Тези доповідей міжнародної наук.-практ. конф. «Екогеофорум». – Івано-Франківськ, 2017. – С. 179-181.
2. Кухтар Д. В. Вплив температури ґрунту на висотне положення реперів / І.С. Тревого, Є.Ю. Ільків, Д.В. Кухтар, С.І. Досин // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2012. – №2 (24). – С. 48-50.
3. Marquez J. M., Ground Thermal Diffusivity Calculation by Direct Soil Temperature Measurement. Application to very Low Enthalpy Geothermal Energy Systems / J. M. Marquez, M. A. Bohorquez , S. G. Melgar // [Sensors \(Basel\)](https://doi.org/10.3390/s16030306). 2016 Mar; 16(3): 306. doi: [10.3390/s16030306](https://doi.org/10.3390/s16030306)
4. Тарасов А. И. Обоснование граничных условий теплообмена при моделировании ґрунтовых теплообменников / А. И. Тарасов, В. А. Тарасова// Восточно-Европейский журнал передових технологий. – 2011. – №8 (54). – С.9-14.
5. RETScreen®International. Ground-source Heat Pump Project Analysis: Chapter //RETScreen®Engineering & Cases Textbook. – Ministry of Natural Sources of Canada, 2005. – 70 p.