

И.В. Храпатова, Н.А. Козюра, А.В. Рачковский

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Харьков

## УЧЕТ НАБУХАНИЯ И УСАДКИ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ НА НДС СИСТЕМЫ «ОСНОВАНИЕ – ФУНДАМЕНТ – СООРУЖЕНИЕ» В УСЛОВИЯХ ПЛОСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

В работе приведены алгоритм расчета сооружения с основанием из набухающих грунтов для плоской задачи. При этом процесс набухания и усадки учитывается как дополнительное влияние, близкое по природе к температурному, а набухающий грунт рассматривается как материал, обладающий ортотропными свойствами. Величина относительного набухания зависит от уровня напряженного состояния, при этом величина главных напряжений сравнивается с величиной давления набухания. Поэтому для определения деформационных характеристик набухающих грунтов приходится рассматривать несколько вариантов напряженного состояния грунта. Эффективность полученного решения проверено на примере для плитных фундаментов.

**Ключевые слова:** набухающие грунты, усадка набухающих грунтов, ортотропные свойства, метод конечных элементов, система „основание – фундамент – сооружение”.

### Введение

**Постановка проблемы.** Здания и сооружения, возведенные на основании с набухающими грунтами нередко страдают от возникновения трещин в различных элементах и конструкциях этих сооружений. Поэтому при проектировании следует учитывать влияние набухания на всю систему “основание – фундамент – сооружение” для более надежной работы конструкции. Существующие нормы, к сожалению, не позволяют создать такую модель и советуют вычислять деформации от внешних нагрузок и деформации набухания грунта отдельно. Кроме этого мало изучен процесс усадки набухающих грунтов и его влияние на НДС система „основание – фундамент – сооружение”.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Решение проблемы с учетом совместной работы системы «основание – фундамент – сооружение» предложено в работах [1–2] проф. Воблых В.А. Предлагается представлять массив грунта, состоящий из набухающих грунтов, в виде линейно-деформируемой среды, набухание основания учитывать как дополнительное влияние, близкое по природе к температурному, а набухающий грунт рассматривать как материал, обладающий ортотропными свойствами.

В работе [3] получена методика нахождения характеристик набухающих грунтов для расчета системы «основание – фундамент – сооружение». Приведен алгоритм расчета системы «основание – фундамент – сооружение» на набухающих грунтах с учетом ортотропных свойств этих грунтов для плоской задачи.

**Цель исследования.** Необходимо разработать алгоритм учета набухания и усадки набухающих

грунтов на НДС система “основание – фундамент – сооружение”.

### Изложение основного материала

1. *Определение характеристик набухающих грунтов.* Основное соотношение для величины деформации набухания грунта принимается по Сорочану Е.А. [4]:

$$\varepsilon_{i=1,2,3} = \varepsilon_i^y + \varepsilon_{i,sw} + \varepsilon_{i,sh}, \quad (1)$$

где  $\varepsilon_i^y$  – главные деформации в основании от напряжений в грунте;

$\varepsilon_{i,sw}$  – деформации набухания, связанные с изменением влажности и главными напряжениями, соотношением [4]:

$$\varepsilon_{i,sw} = m \cdot \Delta w \left( 1 - \frac{P}{P_{sw}} \right), \quad (2)$$

где  $m$  – коэффициент, учитывающий набухающие свойства грунтов и определяемый опытным путем;  $\Delta w$  – изменение влажности грунта;  $p_{sw}$  – давление набухания;  $P$  – давление по направлению набухания.

Предполагается, что зависимость деформации набухания от давления и влажности имеет линейный характер. Коэффициент  $m$  подобен коэффициенту температурного расширения. Кроме этого он учитывает свойства набухающего грунта.

На основе данных испытаний в компрессионных приборах набухающих грунтов АР Крым были получены значения коэффициентов  $m$  для различных набухающих грунтов [5].  $\varepsilon_{i,sh}$  – деформации усадки при высыхании. Используя данные лабораторных испытаний и зависимость (2) аналогично

получим формулу для определения деформации усадки:  $\varepsilon_{i,sw} = m_{sh} \cdot \Delta w$ , при  $p = 0$ .  
 $i=1,2,3$

2. Учет анизотропных свойств набухающих грунтов при расчете системы «основание – фундамент – сооружение» в условиях плоской деформации.

Величина относительного набухания зависит от уровня напряженного состояния, при этом для  $\sigma_x$ ,  $\sigma_z < -P_{sw}$  – набухание не происходит. Поэтому для определения деформационных характеристик набухающего грунта приходится рассматривать несколько вариантов напряженного состояния грунта.

Для плоской задачи можно выделить 9 вариантов сочетания напряжений.

$$1. \sigma_z > 0 \text{ и } \sigma_x > 0 \quad E_{np} = \frac{E}{1-\mu^2}; \quad \mu_{np} = \frac{\mu}{1-\mu}, \quad (3)$$

где  $E$  – модуль деформации грунта;  $\mu$  – коэффициент Пуассона.

$$2. \sigma_z < -P_{sw} \text{ и } -P_{sw} < \sigma_x < 0.$$

Пусть  $\frac{P_{sw}}{P_{sw} + Ekm\Delta w} = \alpha$ , тогда

$$E_x^{np} = \frac{1}{\frac{1-\mu^2\alpha}{E} + \frac{km\Delta w}{P_{sw}}}; \quad (4, a)$$

$$\mu_{xz}^{np} = \frac{\mu + \alpha\mu^2}{1-\mu^2\alpha + E\frac{km\Delta w}{P_{sw}}}; \quad (4, б)$$

$$\mu_{zx}^{np} = \frac{\mu + \mu^2\alpha}{1-\mu^2\alpha}, \quad (4, в)$$

где  $P_{sw}$  – давление набухания;

$m$  – коэффициент, определяемый опытным путем;

$\Delta w$  – изменение влажности грунта.

Набухающий грунт приобретает свойства ортотропии с деформационными характеристиками, определяемыми по формулам (а–г).

$$3. \sigma_x < -P_{sw} \text{ и } -P_{sw} < \sigma_z < 0.$$

$$E_z^{np} = \frac{1}{\frac{1-\mu^2\alpha}{E} + \frac{km\Delta w}{P_{sw}}}; \quad (5, a)$$

$$\mu_{zx}^{np} = \frac{\mu + \alpha\mu^2}{1-\mu^2\alpha + E\frac{km\Delta w}{P_{sw}}}. \quad (5, б)$$

$$E_x^{np} = \frac{E}{1-\mu^2\alpha} \quad (5, в)$$

$$\mu_{xz}^{np} = \frac{\mu + \mu^2\alpha}{1-\mu^2\alpha} \quad (5, г)$$

Набухающий грунт приобретает свойства ортотропии с деформационными характеристиками, определяемыми по формулам (а–в).

$$4. -P_{sw} < \sigma_z < 0, -P_{sw} < \sigma_x < 0.$$

$$\mu_{zx}^{np} = \frac{\mu + \alpha\mu^2}{1-\mu^2\alpha + E\frac{km\Delta w}{P_{sw}}}; \quad (6, a)$$

$$E_x^{np} = \frac{1}{\frac{1-\mu^2\alpha}{E} + \frac{km\Delta w}{P_{sw}}}; \quad (6, б)$$

$$\mu_{xz}^{np} = \frac{\mu + \alpha\mu^2}{1-\mu^2\alpha + E\frac{km\Delta w}{P_{sw}}}. \quad (6, в)$$

$$5. \sigma_x > 0, -P_{sw} < \sigma_z < 0.$$

$$E_z^{np} = \frac{1}{\frac{1-\mu^2\alpha}{E} + \frac{km\Delta w}{P_{sw}}}; \quad (7, a)$$

$$\mu_{zx}^{np} = \frac{\mu - \mu^2\alpha}{E\left[\frac{1-\mu^2\alpha}{E} + \frac{km\Delta w}{P_{sw}}\right]}; \quad (7, б)$$

$$E_x^{np} = \frac{E}{1-\mu^2\alpha}; \quad (7, в)$$

$$\mu_{xz}^{np} = \frac{\mu + \mu^2\alpha}{1-\mu^2\alpha}. \quad (7, г)$$

Набухающий грунт приобретает свойства ортотропии с деформационными характеристиками, определяемыми по формулам (а–г).

$$6. -P_{sw} < \sigma_x < 0, \sigma_z > 0.$$

Набухающий грунт приобретает свойства ортотропии с деформационными характеристиками, определяемыми по формулам аналогичным сочетанию 5.

$$7. \sigma_x < -P_{sw}, \sigma_z > 0.$$

$$E_x^{np} = \frac{E}{1-\mu^2}; \quad (8, a)$$

$$\mu_{xz} = \frac{\mu - \mu^2}{1-\mu^2}; \quad (8, б)$$

$$E_z^{np} = \frac{E}{1-\mu^2}; \quad (8, в)$$

$$\mu_{zx} = \frac{\mu - \mu^2}{1-\mu^2}. \quad (8, г)$$

Набухающий грунт приобретает свойства ортотропии с деформационными характеристиками, определяемыми по формулам (а–г).

$$8. \sigma_x > 0, \sigma_z < -P_{sw}.$$

Набухающий грунт приобретает свойства ортотропии с деформационными характеристиками, определяемыми по формулам аналогичным сочетанию 7.

$$7. \sigma_x < -P_{sw}, \sigma_z < -P_{sw}.$$

$$E_x^{np} = \frac{E}{1-\mu^2}; \quad (9, a)$$

$$\mu_{xz} = \frac{\mu - \mu^2}{1 - \mu^2}; \quad (9, б)$$

$$E_z^{np} = \frac{E}{1 - \mu^2}; \quad (9, в)$$

$$\mu_{xz} = \frac{\mu - \mu^2}{1 - \mu^2}. \quad (9, г)$$

3. Алгоритм расчета системы «основание – фундамент – сооружение» в условиях плоской деформации

1. Моделируется конечно-элементная расчетная схема системы «основание – фундамент – надземная часть сооружения» в плоском варианте и производится силовой расчет на действие заданных нагрузок, в том числе комбинаций загрузки.

2. Для текущей комбинации загрузки определяются напряженные состояния основания, и устанавливаются девять зон, для которых выполняются условия:  $\sigma_z > 0$  и  $\sigma_x > 0$ ;  $\sigma_z < -P_{sw}$  и  $-P_{sw} < \sigma_x < 0$ ;  $\sigma_x < -P_{sw}$  и  $-P_{sw} < \sigma_z < 0$ ;  $-P_{sw} < \sigma_z < 0$  и  $-P_{sw} < \sigma_x < 0$ ;  $\sigma_x > 0$  и  $-P_{sw} < \sigma_z < 0$ ;  $-P_{sw} < \sigma_x < 0$  и  $\sigma_z > 0$ ;  $\sigma_x < -P_{sw}$  и  $\sigma_z > 0$ ;  $\sigma_x > 0$ ,  $\sigma_z < -P_{sw}$ ;  $\sigma_x < -P_{sw}$  и  $\sigma_z < -P_{sw}$ .

3. В этих зонах для конечных элементов основания определяются деформационные характеристики по формулам (3 – 9) и вносятся в исходную информацию жесткостных характеристик конечных элементов.

4. Производится расчет всей системы на набухание и усадку от изменения заданной влажности, как температурной задачи на температурное воздействие, равное  $m\Delta w$  и  $m_{sh}\Delta w$ .

5. Полученное напряженное состояние основания суммируется с напряженным состоянием от набухания и усадки и уточняются положение зон с различным уровнем  $\sigma_j$  по сравнению с давлением набухания –  $p_{sw}$ .

6. Производится уточнение деформационных характеристик по новым зонам и выполняется новый расчет.

7. После вычисления новых значений суммарных напряжений производится уточнение зон, и т.д.

8. Расчет заканчивается, когда изменение зон с разными  $\sigma_j$  не происходит.

4. Пример расчета конструкций на набухающих грунтах

Рассмотрен пример двухэтажного кирпичного здания с фундаментом в виде плиты толщиной 0,35 м в пос. Приморский г. Феодосии. Основание сложено из глины твердой сильнонабухающей, мощность слоя 11 м. Основание и стены моделируются прямоугольными КЭ, размером 0,2×0,2 м, фундамент моделируется прямоугольными КЭ, размером 0,2×0,35 м. Перекрытие моделируется стержневыми элементами.

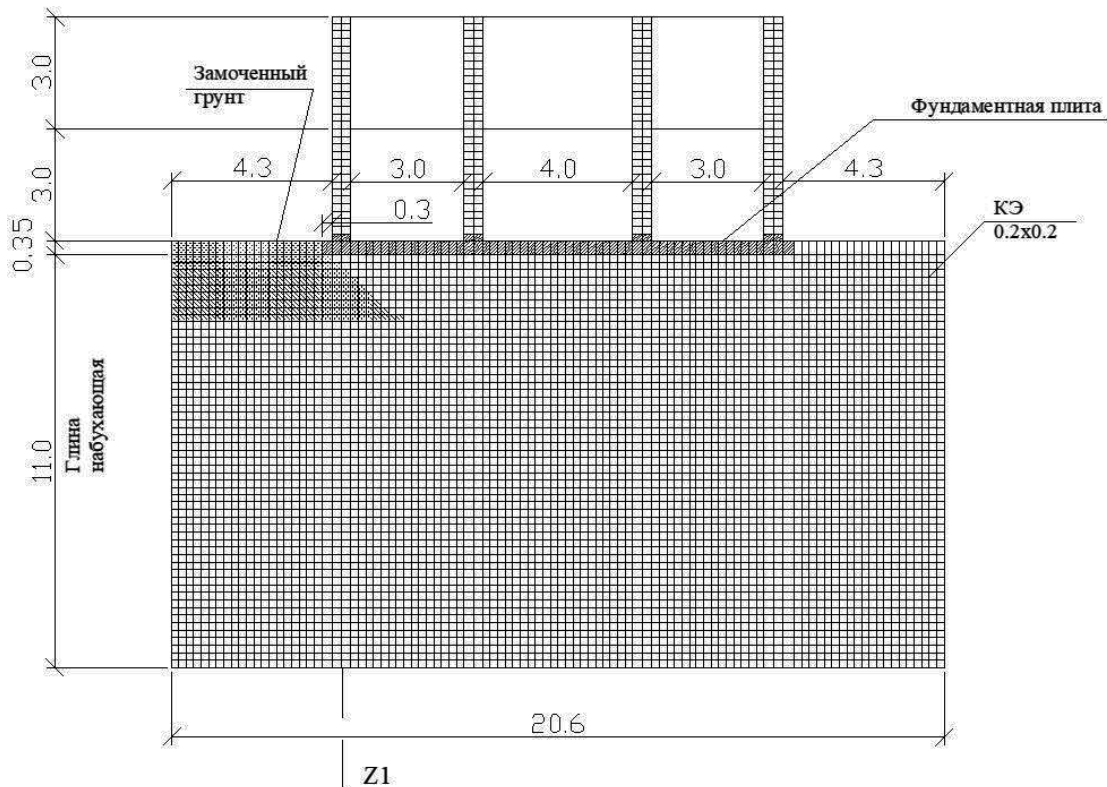


Рис. 1. Расчетная схема двухэтажного кирпичного здания с фундаментом в виде плиты на однослойном основании

В процессе эксплуатации возможно намочение грунта, и как следствие, его набухание. Принимаем,

что замоченный грунт работает как при температурном воздействии:  $m\Delta w = 0,096$ , при коэффициенте

набухания  $m=0,383$ . Деформационные характеристики найдены по формулам (3–9).

Используя характеристики усадки грунтов (табл. 1), полученные лабораторным путем, найдено

значение коэффициента усадки  $m_{sh}=0,55$  для набухающего грунта п. Приморский.

Таблица 1

Характеристики усадки грунтов п. Приморский

№	w	w <sub>sh</sub>	ε <sub>sh</sub>	m <sub>sh</sub>
1	0,192	0,06	0,112	0,848
2	0,224	0,072	0,06	0,395
3	0,161	0,07	0,051	0,56
4	0,211	0,076	0,075	0,56
5	0,199	0,085	0,046	0,40

Получены следующие результаты:

Разница между значениями главных напряжений при расчете с учетом и без учета набухания и усадки для фундаментов достигает 27 %, для надземных конструкций – 18 %.

## Выводы

1. Набухание и усадку основания можно учитывать как дополнительное кинематическое влияние, близкое по природе к температурному.

2. Получено решение для расчета системы «основание – фундамент – сооружение» для плоской задачи, учитывающий ортотропные свойства набухающих грунтов, которое дает более точные результаты.

## Список литературы

1. Храпатова И.В. Учет влияния набухания грунтового основания на НДС системы «основание – фундамент – сооружение» в условиях плоской деформации / И.В. Храпатова // Світ геотехніки, – Запоріжжя: НДІБК, 2008. – № 2. – С. 26-29.
2. Воблых В.А. Моделирование грунтового основания из набухающих грунтов при определении напряженно-деформированного состояния системы «основание-фундамент-сооружение» / В.А. Воблых, О.В. Кичаева // Науковий вісник будівництва. – Х.: ХДТУБА, 2003. – № 23 – С. 55-59.
3. Воблых В.А. Физически нелинейная задача о влиянии набухания грунтового массива на работу системы «основание-фундамент-сооружение» / В.А. Воблых, О.В. Кичаева // Збірник наукових праць НПУ ім. Ю. Кондратюка. – Полтава: ПолтНТУ, 2003. – Вип. 12 – С. 35-38.
4. Сорочан Е.А. Строительство сооружений на набухающих грунтах – 2-е изд. перераб. и доп. / Е.А. Сорочан. – М.: Стройиздат, 1989. – 312 с.
5. Мяч И.В. Результаты лабораторных испытаний набухающих грунтов в АР Крым / И.В. Мяч // Науковий вісник будівництва. – Х.: ХДТУБА, 2006. – Вип. 37. – С. 177-180.
6. Храпатова І.В. Варіант деформаційних характеристик набухаючих ґрунтів при розрахунку системи „основа – фундамент – споруда” в умовах плоскої деформації / І.В. Храпатова // Зб. наук. праць (галузеве машинобуд., буд-во) / Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. – Полтава: ПолтНТУ, 2007.– Вип. 19. – С. 126-130.
7. Храпатова И.В. Деформационные характеристики набухающих грунтов в АР Крым / И.В. Храпатова // Актуальные проблемы проектирования и устройства оснований и фундаментов зданий и сооружений: сб. статей междунар. научно-практической конф. – Пенза: АНОО “Приволжский дом знаний”, 2006. – С. 98-100.
8. Baheddi M. Calculation the uplift of the isolated pales founded in swelling soils / M. Baheddi, M. Djafarov, A. Charif // BEST: IJMITE. – Vol. 4, Issue 4, Apr 2016, 75-82. ISSN (P): 2348-0513, ISSN (E): 2454-471X.
9. Mohamed A.A. Numerical Analysis of Concrete Pile on expansive soil slope / A.A. Mohamed, Y. Jun-Ping, B.H.Osman, M. Mokhtar // International Journal of Scientific & Engineering Research. – Vol. 7. – Issue 8, August-2016 ISSN 2229-5518.
10. Liu Y. Load-deformation Analysis of a Pile in Expansive Soil upon Infiltration / Y. Liu, S.K. Vanapalli, W.BA. Amina // Proceedings of the 2nd World Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering (CSEE'17). – Barcelona, Spain. – April 2-4, 2017, Paper No. ICGRE 157, ISSN: 2371-5294 DOI: 10.11159/icgre17. 157.
11. Aljorany A. Effect of Swelling Soil on Load Carrying Capacity of a Single Pile. / A.N. Aljorany, F.S.Noos // Journal of Engineering. – № 7, V. 19. – 2013. – P. 896-905. <https://www.iasj.net/iasj?func=fulltext&aid=75519>.
12. Karunarathne A.M.A.N., Sivanerupan S., Gad E.F., Disfani M.M., Rajeev P., Wilson J.L. and Li J. Field and laboratory investigation of an expansive soil site in melbourne // Australian Geomechanics. – Vol. 49. – No. 2. – June, 2014. – P. 85-94. [http://australiangeomechanics.org/admin/wp-content/uploads/2015/07/49\\_2\\_8.pdf/](http://australiangeomechanics.org/admin/wp-content/uploads/2015/07/49_2_8.pdf/).

## References

1. Khrapatova, I.V.(2008), “Uchet vliyaniya nabuhaniya gruntovogo osnovaniya na НДС sistemyi «osnovanie – fundament – sooruzhenie» v usloviyah ploskoy deformatsii” [Accounting for the influence of the swelling of the soil base on the SDC of the system “basement – foundation – structure” under conditions of planar deformation], *World of geotechnics*, NDIBK, Zaporizhzhya, No. 2, pp. 26-29.

2. Voblyih, V.A. and Kichaeva, O.V.(2003), “Modelirovanie gruntovogo osnovaniya iz nabuhayuschih gruntov pri opredelenii napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya sistemyi «osnovanie-fundament-sooruzhenie» [Simulation of the ground base from swelling soils when determining the stress-deformation condition of the system "basement – foundation – structure"], *Scientific Herald of Construction*, HDTUBA, Kharkiv, No. 23, pp. 55-59.
3. Voblyih, V.A. and Kichaeva, O.V. (2003), “Fizicheski nelineynaya zadacha o vliyaniy nabuhaniya gruntovogo massiva na rabotu sistemyi “osnovanie-fundament-sooruzhenie” [Physically, the nonlinear problem of the influence of the swelling of the soil massif on the work of the system "basement – foundation – structure"], *Collection of scientific works of the National Academy of Sciences of Ukraine. Y. Kondratyuk*, Poltava, No. 12, pp. 35-38.
4. Sorochan, E.A. (1989), “*Stroitelstvo sooruzheniy na nabuhayuschih gruntah. 2-e izd. pererab. i dop.*” [Construction of structures on swelling soils], Stroyizdat, Moscow, pp. 312.
5. Myach, I.V. (2006), “Rezultaty laboratornykh ispytaniy nabuhayuschih gruntov v AR Kryim” [Results of laboratory tests of swelling soils in Crimea], *Scientific Herald of Construction*, Kharkiv, No. 37, pp. 177-180.
6. Hrapatova, I.V. (2007), “Variant deformatsiynih harakteristik nabuhayuchih Gruntiv pri rozrahunku sistemi „osnova – fundament – sporuda” v umovah ploskoyi deformatsiyi” [Variant of deformation characteristics of swelling soils when calculating the “basement – foundation – structure” system under conditions of plane deformation, *zb. nauk. prats (galuzeve mashinobud., bud-vo)*, PolNTU, Poltava, pp. 126-130.
7. Hrapatova, I.V. (2006), “*Deformatsionnyie harakteristiki nabuhayuschih gruntov v AR Kryim. Aktualnyie problemyi proektirovaniya i ustroystva osnovaniy i fundamentov zdaniy i sooruzheniy*” [Deformation characteristics of swelling soils in Crimea. Actual problems of design and construction of foundations and foundations of buildings and structures], Penza, ANOO, pp. 98-100.
8. Baheddi, Mohamed, Djafarov, Mekhti and Charif, Abdelhamid (2016), Calculation the uplift of the isolated piles founded in swelling soils, *BEST: IJMITE*, Vol. 4, Issue 4, Apr 2016, 75-82. ISSN (P): 2348-0513, ISSN (E): 2454-471X.
9. Mohamed, A.A., Jun-Ping, Osman, B.H. and Mokhtar, M. (2016), Numerical Analysis of Concrete Pile on expansive soil slope, *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Vol. 7, Issue 8, August-2016 ISSN 2229-5518.
10. Liu, Yunlong, Vanapalli, Sai K. and Amina, W.BA (2017), Load-deformation Analysis of a Pile in Expansive Soil upon Infiltration, *Proceedings of the 2nd World Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering (CSEE'17)*, Barcelona, Spain, April 2-4, Paper No. ICGRE 157, ISSN: 2371-5294 DOI: 10.11159/icgre 17. 157.
11. Nasir, Ala Aljorany and Noori, Fatema Safaa (2013), Effect of Swelling Soil on Load Carrying Capacity of a Single Pile, *Journal of Engineering*, No. 7, V. 19, P. 896-905. <https://www.iasj.net/iasj?func=fulltext&aId=75519>
12. Karunarathne, A.M.A.N., Sivanerupan, S., Gad, E.F., Disfani, M.M., Rajeev, P., Wilson, J.L. and Li, J. (2014), Field and laboratory investigation of an expansive soil site in melbourne, *Australian Geomechanics*, Vol. 49, No. 2, P. 85-94. [http://australiangeomechanics.org/admin/wp-content/uploads/2015/07/49\\_2\\_8.pdf/](http://australiangeomechanics.org/admin/wp-content/uploads/2015/07/49_2_8.pdf/)

Надійшла до редколегії 30.05. 2018

Схвалена до друку 17.07. 2018

#### **Відомості про авторів:**

##### **Храпатова Ірина Вікторівна**

кандидат технічних наук доцент  
Харківського національного університету  
будівництва та архітектури,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-3404-5349>

##### **Козюра Наталія Анатоліївна**

магістр  
Харківського національного університету  
будівництва та архітектури,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0001-6232-667X>

##### **Рачковський Олександр Васильович**

кандидат технічних наук доцент  
Харківського національного університету  
будівництва та архітектури,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0001-6743-3845>

#### **Information about the authors:**

##### **Irina Khrapatova**

Candidate of Technical Sciences Associate Professor  
of Kharkiv National University  
of Civil Engineering and Architecture,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-3404-5349>

##### **Nataliia Koziura**

Master of Science  
of Kharkiv National University  
of Civil Engineering and Architecture,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0001-6232-667X>

##### **Alexander Rachkovskiy**

Candidate of Technical Sciences Associate Professor  
of Kharkiv National University  
of Civil Engineering and Architecture,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0001-6743-3845>

### **УРАХУВАННЯ НАБУХАННЯ ТА УСАДКИ ҐРУНТОВОЇ ОСНОВИ НА НДС СИСТЕМИ «ОСНОВА – ФУНДАМЕНТ – СПОРУДА» В УМОВАХ ПЛОСКОЇ ДЕФОРМАЦІЇ**

І.В. Храпатова, Н.А. Козюра, О.В. Рачковський

В роботі приведено алгоритм розрахунку споруди із основою з набухаючими ґрунтами для плоскої задачі. При цьому процес набухання та усадки враховується як додатковий вплив, близький по природі до температурного, а набу-

хаючий ґрунт розглядається як матеріал, що має ортотропні властивості. Величина відносного набухання залежить від рівня напруженого стану, при цьому величина головних напруг порівнюється з величиною тиску набухання. Тому для визначення деформаційних характеристик набухаючого ґрунту доводиться розглядати кілька варіантів напруженого стану ґрунту. Ефективність отриманого рішення перевірено на прикладі для плитних фундаментів.

**Ключові слова:** набухаючі ґрунти, усадка набухаючих ґрунтів, ортотропні властивості, метод скінчених елементів, система „основа – фундамент – споруда”.

## **BASEMENT SOIL SWELLING AND SHRINKAGE ACCOUNTING FOR FEM SYSTEM “BASEMENT – FOUNDATION – STRUCTURE” UNDER PLANE DEFORMATION CONDITION**

I. Khrapatova, N. Koziura, A. Rachkovskyi

*This work presents a calculation algorithm of structure on swelling soils base for the plane problem. In this work an analysis of the factors influencing the swelling of soils is made, the algorithm for calculating the structure with the base with swellable soils for a plane problem is given. At the same time, the swelling process is considered as an additional influence, close in nature to temperature, and the swelling soil is considered as a material having orthotropic properties. The value of the relative swelling depends on the level of the stress state, while the value of the main stresses is compared with the magnitude of the pressure of swelling. Therefore, to determine the deformation characteristics of the swelling soil, several variants of the stressed state of the soil have to be considered. The effectiveness of the obtained solution has been verified according to the example for plate foundations.*

*Buildings and structures on bases with swelling soils are subject to uneven sediment, cracks and fractures. When designing, the effect of swelling on the entire “basement -foundation- structure” system is taken into account. Existing norms do not allow to create a working model and regulate the deformation calculation from external loads separately. The process of shrinkage of swelling soils and its and its consequences have been little studied.*

*It is proposed to represent the soil massif in the form of a linearly deformable medium. The swelling of the base is taken into account as an additional influence. His influence is close in nature to temperature. A swelling primer is considered as a material with orthotropic properties.*

*The technique of finding the characteristics of swelling soils for calculating the “basement -foundation- structure” system was obtained. An algorithm for calculating the “basement -foundation- structure” system on swelling soils is given, taking into account the orthotropic properties of these soils for a planar problem.*

*The algorithm of accounting for swelling and shrinkage of swelling soils on the VAT system “bedding-foundation-building” is developed.*

**Keywords:** a swelling soils, shrinkage of swelling soils, ortotropical properties, final element method, system "basement – foundation – structure”.