

doi.org/10.29295/2311-7257-2018-101-3-99-107

УДК 624.155.152

**Пантелесенко В.І.<sup>1</sup>, Карпушин С.О.<sup>2</sup>, Червоноштан А.Л.<sup>1</sup>, Ігнатов А.Б.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»  
(вул. Чернишевського, 24-а, Дніпро, 49005, Україна; e-mail: [vladmaestro2017@gmail.com](mailto:vladmaestro2017@gmail.com);

[orcid.org/0000-0001-5651-8616](https://orcid.org/0000-0001-5651-8616), [orcid.org/0000-0003-3458-0034](https://orcid.org/0000-0003-3458-0034))

<sup>2</sup>Центральноукраїнський національний технічний університет

(пр-кт Університетський, 8, Кропивницький, 25006, Україна; e-mail: [karp22.05.1972ksa@gmail.com](mailto:karp22.05.1972ksa@gmail.com);  
[orcid.org/0000-0001-9035-9065](https://orcid.org/0000-0001-9035-9065))

## **ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ МЕТАЛЕВИХ ШТАМПІВ ПІД ФУНДАМЕНТИ ДЛЯ БУДІВЕЛЬ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

У практиці будівництва металеві штампи застосовуються для штампування поглиблень під фундаменти для будівель різного призначення. При зануренні металевих штампів під ними і навколо них утворюється ущільнена зона, від розмірів та щільності, якої залежить те навантаження, яке фундамент може витримати від будівлі. Застосування металевих штампів дозволяє скоротити об'єм земляних робіт, майже повністю виключити опалубні роботи, понизити витрату бетону та металу і кошторисну вартість робіт нульового циклу. Мета наукового дослідження полягає в вивченні напруженого стану металевих штампів під дією статичного навантаження в умовах максимального опору, який протидіє їхньому зануренню в ґрунт. Дослідження процесу занурення металевих штампів різної конструкції, а саме конічної, призматичної та циліндричної форм у ґрунт проводилось в момент найбільшого опору ґрунту по боковій та лобовій поверхнях. Такий стан може спостерігатися, коли штамп буде повністю занурений в ґрунтову основу. В цей момент напруження в матеріалі досягає максимальних значень. В роботі представлені епюри напруженого стану трьох типів металевих штампів під дією статичного навантаження. Епюри побудовані з використанням комп'ютерної програми «SolidWorks». Вихідними даними в цьому випадку були такі параметри: геометричні параметри штампів, товщина стінки, матеріал та статичне навантаження. Дослідження напруженого стану штампів за допомогою програми «SolidWorks» показало, що при статичному навантаженні в межах 60 т для занурення їх в ґрунт, матеріал штампів та їх конструкція витримують дослідження по всім критеріям програми «SolidWorks»: на втомлююче руйнування, на втрату стійкості, запасу міцності, та деформацій, що відбуваються при навантаженні. При дослідженні конусоподібного штампа при дії навантаження по всій площині передаючої плити напруження в верхній частині конструкції буде більшим, а в нижній, на наконечнику, залишиться приблизно на тому ж рівні, що і при дії навантаження в центрі передаючої плити. В середній частині конструкції напруження збільшиться, але незначно. В цьому випадку доцільно збільшити товщину передаючої плити. Товщина передаючої плити повинна бути в межах 40...50 мм. При виготовленні штампів доцільно використовувати сталь (Ст. 3) з вмістом вуглецю від 0,14 до 0,22 % з товщиною бокових стінок 20 мм. Використовувати високоякісні або леговані сталі не доцільно тому, що ціна їх значно вища. При заміні в вихідних даних сталь 3 на сталь 5, штампи також витримують дослідження по всім критеріям. При цьому товщина бокових стінок може бути меншою в межах 15 мм. Але цю сталь для виготовлення штампів використовувати недоцільно з економічної точки зору.

**Ключові слова:** дослідження, напружений стан, ущільнена зона, статичне навантаження, процес занурення, фундамент, «SolidWorks», металеві штампи.

**Вступ.** Пустотілі металеві штампи призначені для штампування поглиблень під фундаменти для будівель різного призначення. Несуча спроможність такого фундаменту обумовлюється утворенням під час занурення штампа тривкої ґрунтової зони (ядра) під його основою. Від розмірів та щільності цього ґрунтового ядра залежить те навантаження, яке фундамент може витримати від будівлі. Занурення робочих елементів в тому числі і штампів може здійснюватися, як ударним так і статичним навантаженням. На даному етапі надається перевага машинам, що здійснюють занурення методом вдавлювання. При цьому зусилля, яке розвиває ця машина знаходиться в межах 100...120 т і більше. Для штампування поглиблень під фундаменти пропонується застосовувати металічні пустотілі штампи таких конструкцій (рис. 1а, б, в) [1-7].

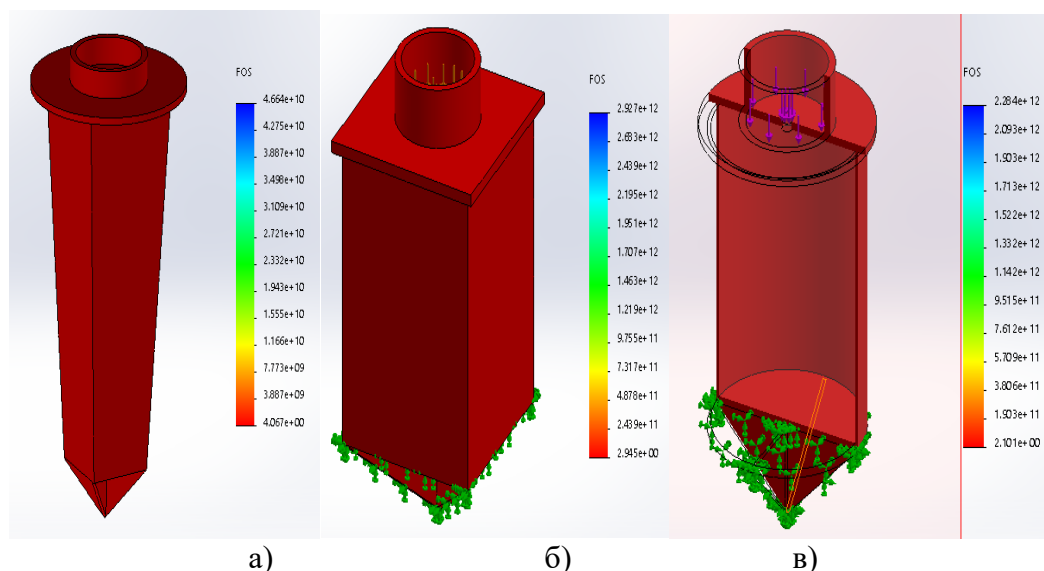


Рис. 1. Запропоновані конструкції металевих штампів для устрою фундаментів: а-конічний штамп; б-призматичний штамп; в-циліндричний штамп

Конічний штамп (рис. 1 а) можна виготовити з листової сталі, його висота може бути до 2 м і більше. Площа поперечного перерізу залежить від розрахункового навантаження, яке повинен витримати фундамент від тієї чи іншої будівлі. Призматичний та циліндричний штампи (рис. 1 б, в) можуть бути висотою від 1 до 1,5 м. Усі штампи можливо застосовувати при спорудженні фундаментів під будівлі невеликої етажності (складські приміщення, промислові цехи, водонапірні башти та ін.). Застосування таких фундаментів дозволяє скоротити об'єм земляних робіт, майже повністю виключити опалубні роботи, понизити витрату бетону та металу [1-3].

**Метою статті** є дослідження напруженого стану металевих штампів під дією статичного навантаження і особливостей формування ущільненої зони при їх зануренні у ґрунт.

Нижче представлені епюри напруженого стану різних штампів під дією статичного навантаження. Епюри побудовані з використанням комп'ютерної програми «SolidWorks» [8-14]. Вихідними даними в цьому випадку були такі параметри: геометричні розміри штампів, товщина стінки штампів, матеріал (сталь 3 та сталь 5) та статичне навантаження 60 т.

Необхідно зауважити, що дослідження напруженого стану для усіх штампів проводилось в момент найбільшого опору ґрунту по боковій та лобовій поверхнях. Такий стан може спостерігатися, коли штамп буде повністю занурений в ґрунтову основу. В цей момент напруження в матеріалі досягає максимальних значень [15-20].

Щоб зрозуміти, як змінюється напруження в матеріалі, статичне навантаження доцільно прикласти в центрі передаючої плити та по всій її поверхні (рис. 2, 3). Імовірно, що від площини прикладення навантаження залежить розподіл напруження в конструкції штампів.

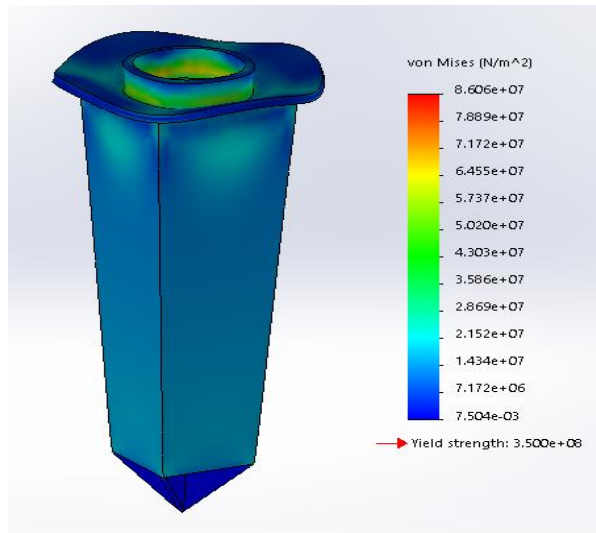


Рис. 2. Еюра напружень конічного штампa при дії навантаження в центрі передаючої плити

На рис. 2 показана еюра напружень, яка дозволяє дослідити напруження в різних місцях конструкції при статичних навантаженнях по критерію Мізеса. По цьому критерію напруження в верхній частині штампa по периметру шабота буде найбільшим, але воно не буде критичним. Найменшим напруження буде в нижній частині штампa де ребра жорсткості утворюють гострий наконечник, що полегшує занурення сердечника в ґрунтову основу та сприяє вертикальності занурення.

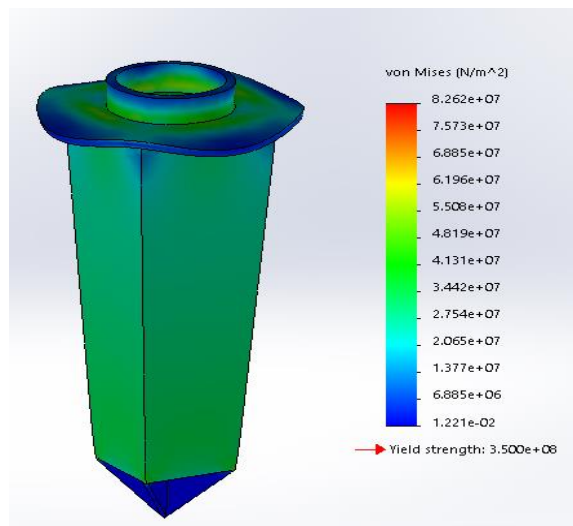


Рис. 3. Еюра напружень конічного штампa при дії навантаження по всій площині передаючої плити

При дії навантаження по всій площині передаючої плити напруження в верхній частині конструкції буде більшим, а в нижній на наконечнику залишиться приблизно на тому ж рівні. В середній частині конструкції напруження збільшиться, але незначно.

Запас міцності визначається по межі текучості матеріалу. З еюри (рис. 4) видно, що з цієї точки зору штамп витримує внутрішнє напруження, під дією статичного навантаження.

На рис. 5. показана еюра концентрації напружень штампa. Вона дозволяє дослідити конструкцію на втомлююче руйнування, найбільш вразливим з цієї точки зору буде нижня частина конструкції штампa та верхня починаючи з зварних швів, які з'єднують штамп з передаючою плитою.

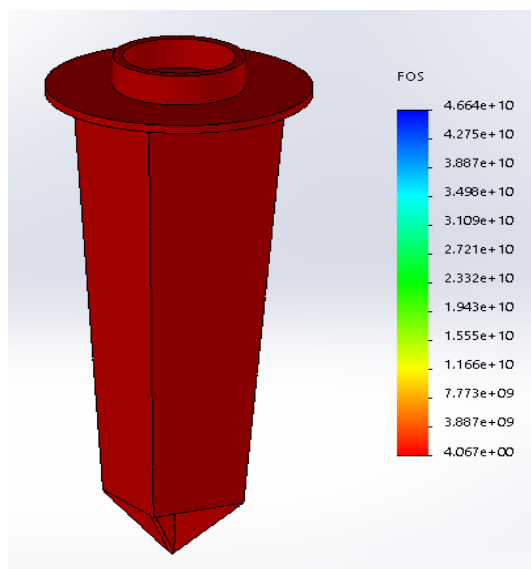


Рис. 4. Епюра запасу міцності штамп при статичному навантаженні

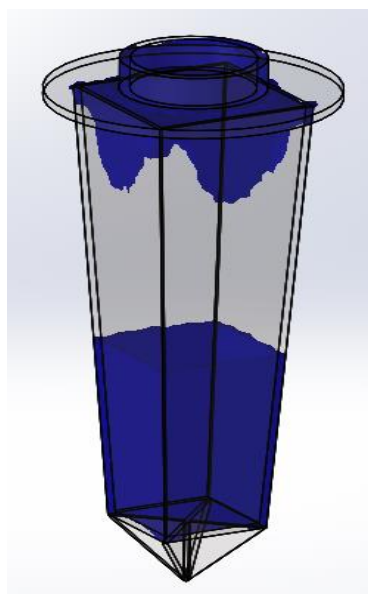


Рис. 5. Епюра концентрації напружень конічного штамп

При збільшенні навантаження зона концентрації напружень буде розповсюджуватися вниз від передаючої плити, а нижня зона концентрації напружень буде розповсюджуватися в верх.

Циліндричний штамп представляє собою металевий циліндр діаметром 900 мм, а його висота дорівнює 1500 мм. В верхній частині розміщений кондуктор для шаботу молота. Такий штамп можна занурювати, як статичним навантаженням, вдавлюючими машинами, так і ударним способом за допомогою дизель-молота.

Запас міцності визначається по межі текучості матеріалу. З епюри рис. 6 видно, що з цієї точки штамп витримує внутрішнє напруження, під дією статичного навантаження.

На рис. 7. показана епюра напружень, яка дозволяє дослідити напруження в різних місцях конструкції при статичних та динамічних навантаженнях. По цьому критерію напруження в верхній частині штамп по периметру шабота буде найбільшим, але воно не буде критичним. Найменшим напруження буде в нижній частині штамп.

На рис. 8 показана епюра концентрації напружень циліндричного штамп. Вона дозволяє дослідити конструкцію на втомлююче руйнування, найбільш вразливим з цієї точки

зору буде верхня частина конструкції штампа та верхня починаючи з зварних швів, які з'єднують штамп з верхньою передаючою плитою.

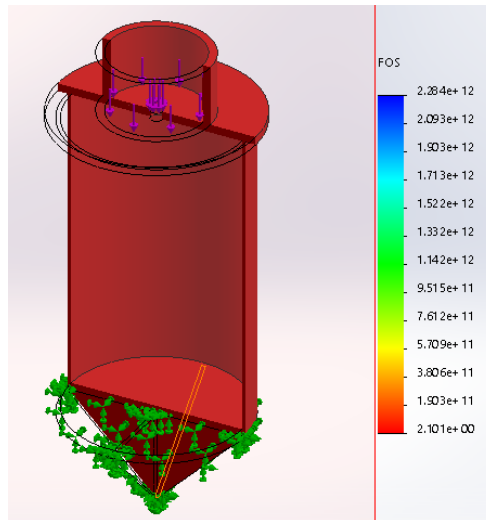


Рис. 6. Епюра запасу міцності циліндричного штампа при статичному навантаженні.

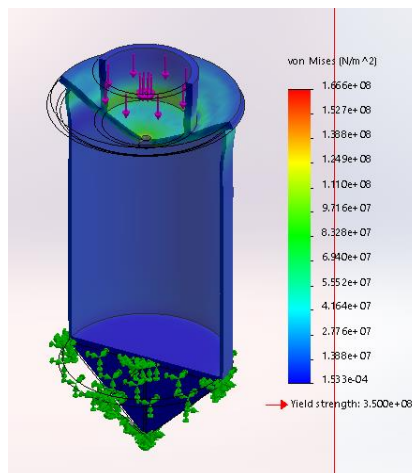


Рис. 7. Епюра напружень циліндричного штампа при дії навантаження в центрі передаючої плити.

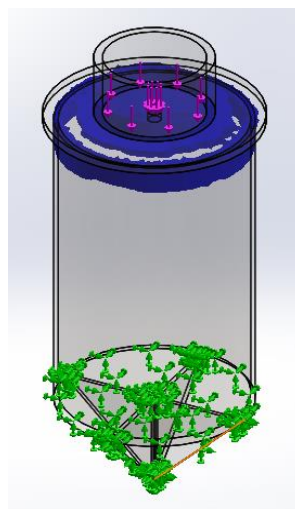


Рис. 8. Епюра концентрації напружень циліндричного штампа

При збільшенні навантаження зона концентрації напружень буде розповсюджуватися вниз від передаючої плити.

Призматичний штамп представляє собою металеву призму в основі якої квадрат зі стороною 900 мм, а його висота дорівнює 1500 мм. В верхній частині розміщений кондуктор для шаботу молота. При його виготовленні доцільно використовувати сталь марки Ст. 3. За допомогою даного штампу витрамбовується поглиблення для устрою в ньому залізобетонного фундаменту заданої форми.

Запас міцності визначається по межі текучості матеріалу. З епюри видно, що з цієї точки штамп витримує внутрішнє напруження, під дією статичного навантаження 60 т (рис. 9).

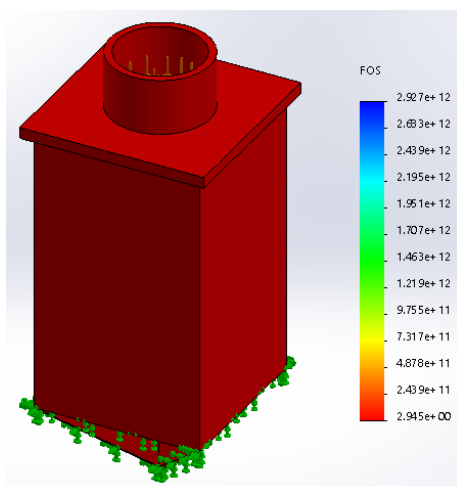


Рис. 9. Епюра запасу міцності штампа при статичному навантаженні

На рис. 10 показана епюра концентрації напружень штампа. Вона дозволяє дослідити конструкцію на втомлююче руйнування, найбільш вразливим з цієї точки зору буде верхня частина конструкції штампа починаючи з зварних швів, які з'єднують штамп з верхньою передаючою плитою. При збільшенні навантаження зона концентрації напружень буде розповсюджуватися вниз від передаючої плити.

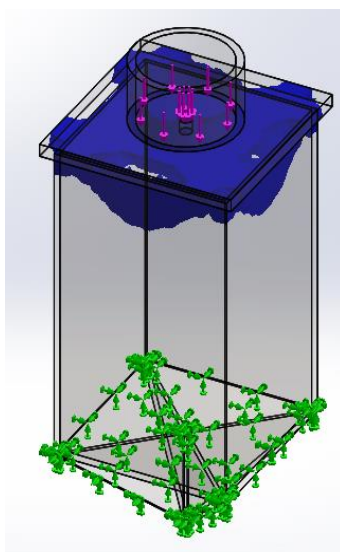


Рис. 10. Епюра концентрації напружень призматичного штампа

На рис. 11 показана епюра переміщень, яка характеризує стійкість конструкції при навантаженнях, забезпечує можливість одержання результатів переміщення і дослідження

конструкції на втрату стійкості. Із епюри переміщень видно, що найбільш значні переміщення при навантаженні відбуваються в верхній частині конструкції штамп.

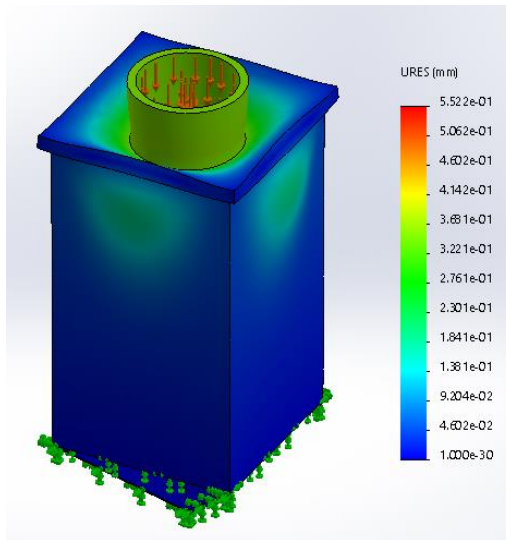


Рис. 11. Епюра переміщень конструкції призматичного штамп

**Висновки.** Дослідження напруженого стану штампів за допомогою програми «SolidWorks» показало, що при статичному навантаженні в межах 60 т для занурення їх в ґрунт, матеріал штампів та їх конструкція витримують дослідження по всім критеріям програми «SolidWorks»: на втомлююче руйнування, на втрату стійкості, запасу міцності, та деформацій, що відбуваються при навантаженні.

При дослідженні конусоподібного штамп при дії навантаження по всій площині передаючої плити напруження в верхній частині конструкції буде більшим, а в нижній, на наконечнику, залишиться приблизно тому ж рівні, що і при дії навантаження в центрі передаючої плити. В середній частині конструкції напруження збільшиться, але незначно. В цьому випадку доцільно збільшити товщину передаючої плити. Товщина передаючої плити повинна бути в межах 40...50 мм.

При виготовленні штампів доцільно використовувати сталь (Ст. 3) з вмістом вуглецю від 0,14 до 0,22 % з товщиною бокових стінок 20 мм. Використовувати високоякісні або леговані сталі не доцільно тому, що ціна їх значно вища.

При заміні в вихідних даних сталь 3 на сталь 5 штампи також витримують дослідження по всім критеріям. При цьому товщина бокових стінок може бути меншою в межах 15 мм. Але використовувати цю сталь для виготовлення штампів економічно не доцільно тому, що 1 т сталі 5 коштує 30...36 тисяч грн., а сталі 3, коштує 16...18 тис. грн.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Хмара Л.А., Пантелеєнко В.И., Малич М.Г. Машины для погружения свай, фундаментов-оболочек и устройства углублений без выемки грунта. Павлоград: ТОВ «ІМА-прес». 2017. 205 с.
2. Хмара Л.А., Пантелеєнко В.И., Кулик И.А. Определение параметров машин для погружения свай и фундаментов-оболочек. Днепр: ООО «Энем». 2005. 175 с.
3. Хмара Л.А., Пантелеєнко В.И. Інноваційний енергоефективний спосіб устрою поглиблень нульового циклу без виїмки ґрунту. Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Интенсификация рабочих процессов строительных и дорожных машин. Серия: Подъемно-транспортные строит. и дор. машины и оборудование / Сб. науч. тр. Днепр: ГВУЗ «ПГАСА», 2019. №107. С.136-144.
4. Лызо Б.Т., Жигалов В.А. Подъемно-транспортное и сваебойное оборудование. Строительные и дорожные машины. М.: ЦНИИТЭ строймаш, 1991. вып. 3. С. 56.
5. Волкова А.Е. Новые машины для свайных работ. Основания, фундаменты и механика грунтов, 1997. №2. С. 7-10.
6. Борщ В.С., Пантелеєнко В.И., Карпушин С.О. Стенд для дослідження процесу виштампування поглиблень. Тези доповідей I Всеук-

- раїнської студентської науково-практичної конференції «Досвід впровадження у навчальний процес сучасних комп'ютерних технологій». Кропивницький: ЦНТУ, 2019. С. 35.
- Пантелеєнко В.І, Червоноштан А.Л., Хомчик М.С. Дослідження напруженого стану конічних бетонних блоків та особливості формування ущільненої зони при їх зануренні у ґрунт. Науковий вісник будівництва. Харків: ХНУБА, 2020. Т. 99. №1. С. 154-159.
  - Ишлинский Ю.А. Прикладные задачи механики. Книга 1. Механика вязкопластических и не вполне упругих тел. М.: Наука, 1996. 360 с.
  - Дударева Н., Загайко С. Самоучитель Solid Works 2010. БХВ-Петербург, 2011. 416 с.
  - Алямовский А.А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи. BNV, 2012. 445 с.
  - Дударева Н.Ю., Загайко С.А. SolidWorks 2011 на примерах. БХВ-Петербург, 2011. 496 с.
  - Алямовский А.А. COSMOSWorks. Основы расчета конструкций на прочность в среде SolidWorks. ДМК Пресс, 2010. 784 с.
  - Новые возможности SolidWorks. Версия 2010. SolidWorks Corporation, 2009. 212 с.
  - Алямовский А.А. SolidWorks Simulation. Инженерный анализ для профессионалов: задачи, методы, рекомендации. ДМК Пресс, 2015. 562 с.
  - Баловнев В.И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин. М.: Высшая школа, 1991. 351с.
  - Швец В.Б., Лушников В.В., Швец Н.С. Определение строительных свойств грунтов (справочное пособие). Киев: Будівельник, 1995. 104с.
  - Веников В.А., Веников Т.В. Теория подобия и моделирования. М., Высшая школа, 1994. 216 с.
  - Гухман А.А. Введение в теорию подобия. М.: Высш. школа, 1973. 295 с.
  - Супонев В.Н., Вивчар С.М., Константиненко В.В. Влияние осевой силы пригруза на крутящий момент завинчивания винтовых свай. Будівельне виробництво. 2016. №61-1. С. 44-49.
  - Хміль Р.С., Бляхарський Я.З. Дослідження залізобетонних колон підсилених при експлуатаційному навантаженні рівні системою CFRP. Будівельне виробництво. 2014. №56. С. 115-118.
  - grunta. Pavlograd: TOV «IMA-pres», 2017. 205 s.
  - Xmara L.A., Panteleenko V.Y., Kulyk Y.A. Opredeleny`e parametrov mashyn dlya pogruzheny`ya svay y` fundamentov-obolochek. Dnepr: OOO «Энем». 2005. 175 s.
  - Khmara L.A., Panteleienko V.I. Innovatsiyniy enerhoefektyvnyi sposib ustroiui pohlyblen nulovoho tsyklu bez vyimky hruntu. Stroitelstvo. Materialovedenie. Mashinostroenie. Intensifikatsiya rabochih protsessov stroitelnyih i dorozhnyih mashin. Seriya: Pod'emno-transportnyie stroit. i dor. mashiny i oborudovanie. Sb. nauch. tr. Dnepr: GVUZ «PGASA». 2019. №107. S.136-144.
  - Lyizo B.T., Zhigalov V.A. Pod'Yomno-transportnoe i svaeboynoie oborudovanie. Stroitelnyie i dorozhnyie mashiny. M.: TsNIITE stroy mash, 1991 vyip. 3. S. 56.
  - Volkova A.E. Novyie mashiny dlya svaynyih rabot. Osnovaniya, fundamenti i mehanika gruntov. 1997. №2. S. 7-10.
  - Borshch V.S., Panteleienko V.I., Karpushyn S.O. Stend dlia doslidzhennia protsesu vyshtambuvannia pohlyblen. Tezy dopovidei I Vseukrainskoi studentskoi naukovo-praktych-noi konferentsii "Dosvid vprovadzhennia u navchalnyi protses suchasnykh kompiuternykh tekhnolohii". Kropyvnytskyi: TsNTU, 2019. s 35.
  - Panteleienko V.I, Chervonoshtan A.L., Khomchik M.S. Doslidzhennia napruzhenoho stanu konichnykh betonnykh blokiiv ta osoblyvosti formuvannia ushchilnenoi zony pry yikh zanurenni u hrunt. Naukovyi visnyk budivnytstva. Kharkiv: KhNUBA, 2020. Т. 99. №1. С. 154-159.
  - Ishlinskiy Yu.A. Prikladnyie zadachi mehaniki. Kniga 1. Mehanika vyazkoplasticheskikh i nevpolne uprugih tel. M.: Nauka, 1996. 360 s.
  - Dudareva N., Zagayko S., Samouchitel Solid-Works 2010. BHV-Peterburg, 2011. 416 s.
  - Alyamovskiy A.A. SolidWorks Simulation. Kak reshat prakticheskie zadachi. BNV. 2012. 445 s.
  - Dudareva N.Yu., Zagayko S.A. SolidWorks 2011 na primerah. BHV-Peterburg, 2011. 496 с.
  - Alyamovskiy A.A. COSMOSWorks. Osnovyi rascheta konstruktsiy na prochnost v srede SolidWorks. DMK Press, 2010. 784 с.
  - Novyie vozmozhnosti SolidWorks. Versiya 2010. SolidWorks Corporation. 2009. 212 с.
  - Alyamovskiy A.A. SolidWorks Simulation. Inzhenernyiy analiz dlya professionalov: zadachi, metody, rekomendatsii. DMK Press., 2015. 562 с.
  - Balovnev V.I. Modelirovanie protsessov vzaimodeystviya so sredoy rabochih organov dorozhno-stroitelnyih mashin. M.: Vysshaya shkola, 1991. 351s.
  - Shvets V.B., Lushnikov V.V., Shvets N.S. Opredelenie stroitelnyih svoystv gruntov

REFERENCES:

- Hmara L.A., Panteleenko V.I., Malich M.G. Mashini dlya pogruzheniya svay, fundamentov-obolochek i ustroystva uglubleniy bezvyemki



- (spravochnoe posobie). Kiev: BudIvelnik, 1995. 104 s.
17. Venikov V.A., Venikov T.V. Teoriya podobiya i modelirovaniya. M.: Vysshaya shkola. 1994. 216 s.
  18. Guhman A.A. Vvedenie v teoriyu podobiya. M.: Vyssh. shkola, 1973. 295 s.
  19. Suponev V.N., Vivchar S.M., Konstantinenko V.V. Vliyanie osevoy silyi pri gruzu na krutyaschiy moment zavinchivaniya vintovyih svay. BudIvelne virobnitstvo. 2016. №61-1. S. 44-49.
  20. Khmil R.Ie., Bliakharskyi Ya.Z. Doslidzhennia zalizobetonnykh kolon pidsylenykh pry ekspluatatsiinomu navantazhennia rivni systemoiu CFRP. Budivelne vyrobnytstvo. 2014. №56. S. 115-118.

**Panteleenko V.I., Karpushyn S.A., Chervonoshtan A.L., Ihnatov A.B. THE RESEARCH OF STRESS STATE OF METAL MARKS FOR FOUNDATIONS IN STRUCTURES OF DIFFERENT APPLICATION.**

On the practical side of construction metal marks are used for stamping wells for building foundations of different application. While metal marks are penetrated near them and around them a compacted zone is formed, the tension that foundation can withstand depends on the size and density of a compacted zone. The use of metal marks allows to reduce the amount of excavation work, almost completely eliminate formworks, to reduce concrete and metal consumption, and work cost estimate of zero cycle work. The purpose of the scientific research is to study the stress state of metal marks under the action of a static load under maximum resistance, that resists their soil penetration. The research of penetrating process of metal marks of various design namely, conical, prismatic and cylindrical forms into soil was carried out during the biggest soil penetration at lateral and frontal surfaces. Such condition can be observed when the mark will be completely penetrated into foundation soil. At this moment, the stress in the material reaches its maximum values. The paper presents the diagrams of stress state in three types of metal marks under static load. The diagrams are with the use of computer program «SolidWorks». The initial data in this case were the following parameters: geometric parameters of marks, wall thickness, material and static load. The study of the stress state of marks with the help of «SolidWorks» program showed that under static load up to 60 tons for their soil penetration the material of marks and their design withstand the investigations to all criteria of «SolidWorks» program: for fatigue failure and deformations under the load. While examining a cone-shaped mark under the load at entire plane of transmitting plate, the stress in the upper part of structure will be bigger that in the lower one at the tip will be approximately at the same level that under the load in the center of transmitting plate. In the middle part of the structure the stress will increase, but not significantly. In this case, it is advisable to increase the thickness of the transmitting plate. The thickness of transmitting plate must be between 40 ... 50 mm. While manufacturing the marks it is advisable to use steel 3 with carbon content of 0,14 to 0,22% with the thickness of sidewalls of 20 mm. It is impractical to use high-grade steel or alloy-treated steel because their price is much higher. When replacing steel №3 into steel №5, the marks also stand the tests to all criteria. In this case the thickness of sidewalls can be less within 15 mm. But to use this steel for the manufacturing of marks is impractical from economic point of view.

**Keywords:** research, stress state, compacted zone, static load, penetrating process, foundation, «SolidWorks», metal marks.

doi.org/10.29295/2311-7257-2018-101-3-107-115

УДК 624.014

**Портнов Г.Д., Пашинський В.А., Настоящий В.А., Скриннік І.О.**

*Центральноукраїнський національний технічний університет*

*(пр-т Університетський, 8, Кропивницький, 25006, Україна; e-mail: [budkom999@gmail.com](mailto:budkom999@gmail.com), [pva.kntu@gmail.com](mailto:pva.kntu@gmail.com), [yanast52@ukr.net](mailto:yanast52@ukr.net), [ivanvskrunnik1980@gmail.com](mailto:ivanvskrunnik1980@gmail.com), [orcid.org/0000-0001-8040-6761](https://orcid.org/0000-0001-8040-6761), [orcid.org/0000-0002-5474-6399](https://orcid.org/0000-0002-5474-6399), [orcid.org/0000-0002-8931-5097](https://orcid.org/0000-0002-8931-5097), [orcid.org/0000-0002-2659-894X](https://orcid.org/0000-0002-2659-894X))*

**ВИБІР РАЦІОНАЛЬНИХ ПЕРЕРІЗІВ СКЛАДЕНИХ ДВОТАВРОВИХ БАЛОК З УРАХУВАННЯМ КОНСТРУКТИВНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБМЕЖЕНЬ**

Розв'язана задача компоновки раціонального поперечного перерізу зварного двотавра з урахуванням комплексу архітектурно-планувальних, конструктивних і технологічних вимог та обмежень, а також стандартних розмірів листового прокату. Вибір раціональних перерізів здійснено шляхом перебору усіх можливих варіантів компоновки зварних двотаврів заданої висоти, параметри яких відповідають вказаним вимогам. Встановлено, що двотаври однієї висоти мають близькі показники ефективності перерізу, а помітні зміни показника ефективності можуть реалізуватися при зміні висоти двотавра. Сформовано скорочений сортамент зварних двотаврів, висота яких кратна будівельному модулю М100, значення моментів опору утворюють геометричну прогресію зі знаменником близько 1,05, а показники ефективності перерізів є найбільшими для прийнятих моментів опору. Перерізи з розробленого сортаменту відповідають стандартним розмірам