

## МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ФУНДАМЕНТОВ СТАКАННОГО ТИПА

Гринёв В. В., Пидложевич А. Н.

Согласно литературных источников [5...7, 11...21] алгоритм расчета и конструирование фундаментов, отличается в разных школах незначительно и включают как правило следующие разделы:

- определение сечения подколонника;
- подбор размеров подошвы, с учетом прочности грунтового основания;
- проверка фундамента на продавливание;
- проверка фундамента на «обратный» момент;
- подбор армирования подошвы;
- подбор вертикального и горизонтального армирования подколонника;
- подбор поперечного армирования днища стакана подколонника.

В связи с интеграцией стандартов Беларуси с европейскими, отдельные разделы расчета претерпели изменения.

Согласно п. А1.3.1 [1], расчет элементов конструкции (фундаменты, сваи, стены подвалов и т. д.) (STR), учитывающие геотехнические воздействия и сопротивление грунта (GEO, см. п. 6.4.1) /1/, рекомендуется производить, используя один из следующих трех принципов, дополненных с учетом геотехнических воздействий и сопротивления указаниями, приведенными в п. 2.4.7.3.4.1 [2].

Расчетные значения согласно таблиц А1.2(С), А1.2(В) [1] применяются в отдельных расчетах как для геотехнических воздействий, так и для других воздействий на конструкцию или для воздействий, создаваемых конструкцией. Как правило, размеры фундаментов определяют на основе таблицы А1.2(С), а несущую способность конструкции - на основе таблицы А1.2(В).

Размеры подошвы фундамента определяют, руководствуясь двумя нормативными документами [2] (приложение D) и [4] (п. 5.3).

Определение размеров подошвы фундамента можно производить без расчета основания по деформациям, если среднее давление от усилий  $P_0$  по подошве не превышает расчетного сопротивления грунта  $R$ .

В одноэтажных промышленных зданиях с кранами грузоподъемностью до 75 т минимальное давление под подошвой должно быть  $P_{\min} \geq 0$ , т.е. эпюра давления на грунт может быть треугольной ( $P_{\min}=0$ ) или трапециевидной ( $P_{\min}>0$ ), т.е. случай неполного касания подошвы фундамента основания не рассматривается.

Стаканная часть фундамента рассчитывается как внецентренно сжатый железобетонный элемент и армируется продольной (вертикальной) и поперечной (горизонтальной) арматурой. Поперечная арматура выполняется в виде горизонтальных сварных сеток, хомутов либо отдельных стержней. Продольная арматура располагается в вертикальных стенках стакана в виде арматурных изделий (петель) либо сеток.

Согласно п. 10.9.6 [3] фундаменты стаканного типа делятся на два типа:

- с шпоночной поверхностью в зоне контакта стакана с колонной рис. 1, 2.
- с гладкой поверхностью рис. 3.

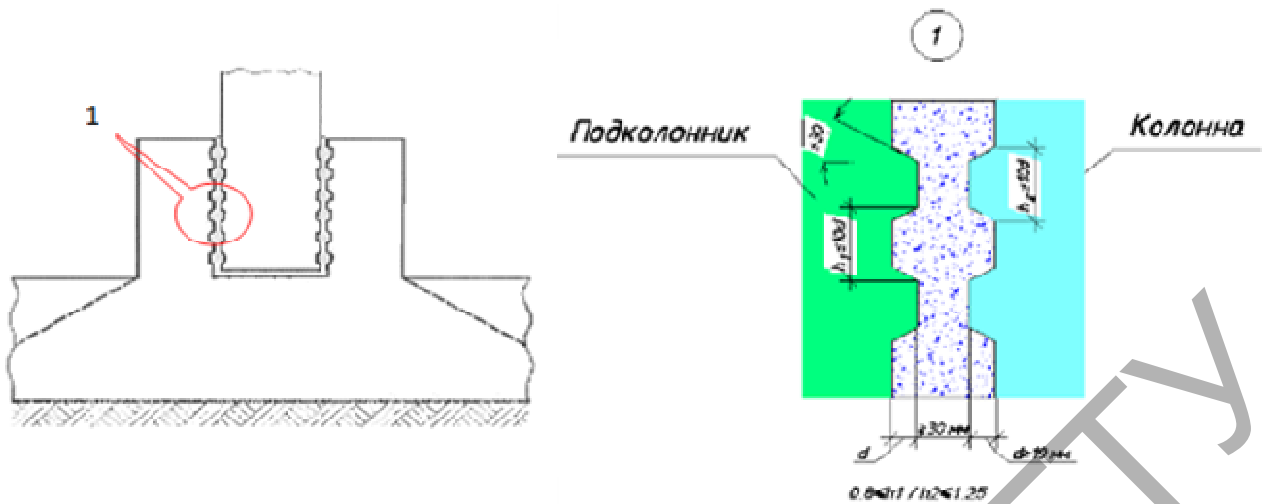


Рисунок 1 – Шпоночный контакт колонны с фундаментом.



Рисунок 2 – Монтаж колонны в фундамент с профилированной поверхностью.

На рисунках пунктирными линиями показаны направления продавливающих усилий. Расчет фундаментов первого типа со шпоночной (профилированной) поверхностью схож с расчетом сплошных отдельностоящих фундаментов под монолитные колонны. Практика производства фундаментов и колонн с профилированной поверхностью на постсоветском пространстве отсутствует.

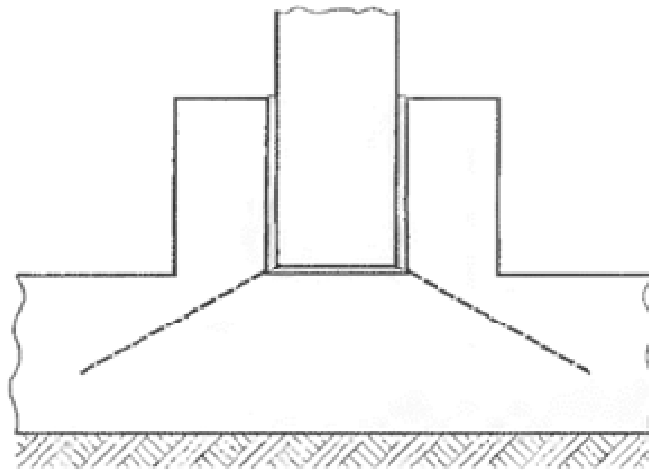


Рисунок 3 – Бесшпоночный контакт колонны с фундаментом.

Фундаменты второго типа, с гладкой поверхностью контактной зоны получили широкое распространение в странах бывшего СССР. При расчете таких фундаментов, с гладкой поверхностью, необходимо учитывать силы трения между поверхностью колонны и внутренней поверхностью стакана. Расчетные схемы для расчета фундаментов первого и второго типа представлены на рис. 10.7 (а, б) /3/.

Согласно, описанной схемы рис. 10.7 (б) /3/, распределения усилий, в стаканах с гладкими поверхностями, сформирована модель расчета, содержащую три условия равновесия:

$$F_h \leq F_{h,Rd} = F_1 - F_2 - \mu \cdot F_3,$$

$$F_v \leq F_{v,Rd} = \mu \cdot F_1 - \mu \cdot F_2 + F_3,$$

$$M \leq M_{Rd} = - F_h \cdot l + 0,5 \cdot F_v \cdot h + \mu \cdot F_2 \cdot h + (1 - 0,1 \cdot l) \cdot F_1 - 0,1 \cdot l \cdot F_2 - 0,5 \cdot F_3 \cdot h.$$

$\mu$  - коэффициент трения равен отношению касательных сил к нормальным,  $\mu \leq 0,3$ .

При решении вышеуказанных уравнений получают предел прочности на разрыв верхнего края стакана ( $F_1$ ), что позволяет определить необходимую горизонтальную арматуру стакана. Из расчетной схемы рис.4 получают усилие ( $F_2$ ), для определения армирования вертикальной стенки стакана.

$$F_2 = F_1 \cdot (0,9 \cdot l) / z$$

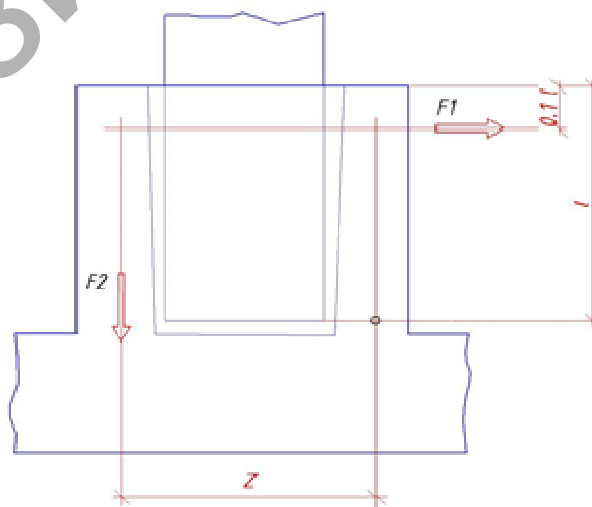


Рисунок 4 – Расчетная схема для определения вертикальной арматуры стакана

Схема возможного разрыва стаканной части стакана от горизонтальных усилий, представлена на рисунке 5.

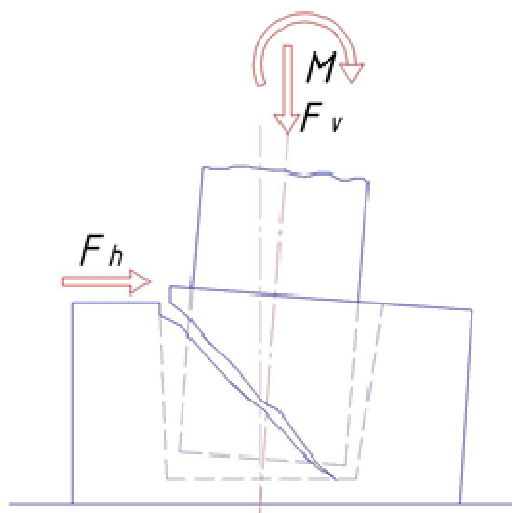


Рисунок 5 – Характер разрушения стакана от горизонтальных усилий

Анализ литературных источников предполагает армирование стаканной части фундамента сварными, вязанными и гнутыми арматурными изделиями (сетки, хомуты, петли и пр.). В странах Европы наибольшее распространение получило армирование гнутыми арматурными изделиями рис.6, без использования сварных сеток.

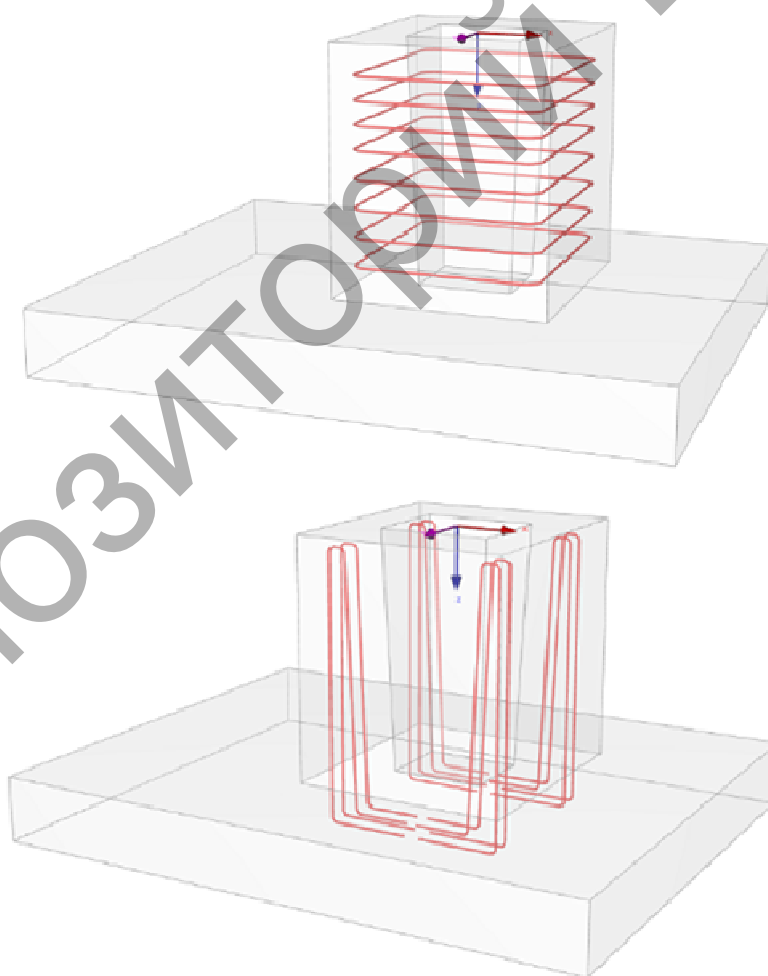


Рисунок 6 – Армирование хомутами и петлями стаканной части фундамента.

При расчет плитной части фундамента на продавливание с учетом армирования используются разные методики. В связи с непрерывностью и не завершенностью процесса создания евронорм вопросы среза и местного среза остаются наиболее дискуссионными /8...10, 22/.

европейские разработчики не пришли к общему знаменателю в таких вопросах, как выбор критического периметра. Сопротивление продавливанию фундаментных плит определяется для контрольного периметра в пределах  $2d$  от края колонны. (ЕС-2. 6.4.4), но указания к минимальному периметру отсутствуют.

*Проведенный анализ позволил сформулировать выводы*

При проектировании фундаментов для проверки основания ранее использовались нормативные нагрузки в сочетаниях усилий, по европейским стандартам необходимо в сочетании усилий временную составляющую увеличивать на 30 %.

При расчете фундамента стаканного типа используется метод «тяжей–распорок». Направление усилий  $\mu F_1$ ,  $\mu F_2$ ,  $\mu F_3$  и их взаимосвязь с  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  не совсем понятна с позиции строительной механики.

Предложить производителям сборного железобетона (заводы ЖБИ и КПД) освоить выпуск колонн и фундаментов с профилированной поверхностью контакта, а при армировании использовать гнутые арматурные изделия взамен сварным.

При внедрении национальных норм предусмотреть использования несколько методик расчета плитной части фундамента на продавливание с обеспечением надежности не ниже расчетных моделей еврокодов.

#### Список источников

1. ТКП EN 1990-2011\* (02250). Еврокод. Основы проектирования строительных конструкций. – Введ. 2011-11-15. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2012. – 61.
2. ТКП EN 1997-1-2009. (02250). Еврокод 7. Геотехническое проектирование. Часть 1. Общие правила. – Введ. 2009-12-10. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 121.
3. ТКП EN 1992-1-1-2009\* (02250). Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий. – Введ. 2009-12-10. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2015. – 205 с.
4. ТКП 45-5.01-67-2007. Фундаменты плитные. Правила проектирования. – Введ. 2007-04-02. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2008. – 136 с.
5. Пособие к выполнению 2-го курсового проекта и раздела дипломного проекта по курсу «Железобетонные конструкции» 2-ое изд. Брест 2014 г.
6. Берлинов М. В., Ягунов Б. А. Расчет оснований и фундаментов: Учебное пособие. 3-е изд., испр. — СПб.: Издательство «Лань», 2011. — 272 с.: ил.
7. Рекомендации по проектированию столбчатого фундамента каркасного здания. Учебное пособие (для студентов специальности 7.092101 «Промышленное и гражданское строительство»). Составители: Петраков А.А., Петракова Н.А., Лобачева Н.Г. Макеевка 2013г.
8. Сопоставление методик расчета плоских железобетонных плит перекрытия на продавливание по ТКП EN 1992-1-1-2009 и FIB Model Code 2010. АГ Глуховский, НА Рак - 2016
9. Диаграммы деформирования стаканых стыков железобетонных колонн с фундаментами при различных материалах заполнения. Н.А. Рак, Ю.И. Садовский - Наука и техника, 2018.
10. Оценка надежности расчета железобетонных элементов при продавливании при использовании линейной зависимости для учета влияния. Н.А. Рак, С.Ю. Тамкович - Вестн. БрГТУ, 2012.
11. Учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-70 02 01 "Промышленное и гражданское строительство" Рак Н.А., Гринев В.В., Ловыгин А.Н. - Электрон. дан. - Минск: БНТУ, 2017. <https://rep.bntu.by/handle/data/34368>.
12. Проектирование железобетонных конструкций. Гольшев А.Б, Будівелник, Киев 1985.

13. Włodzimierz Starosulskk. Konstrukcje żelbetowe według Eurokodu 2 i norm związanych. Wydawnictwo naukowe PWN. Warszawa 2012.
14. RF-/FUND Pro. Bemessung von Einzelfundamenten nach EN 1992-1-1 und EN 1997-1. Programmbeschreibung. Dlubal Software GmbH 2016. Am Zellweg 2 D-93464 Tiefenbach Deutschland. [www.dlubal.de](http://www.dlubal.de)
15. Calcul des structures en béton. Guide d'application. Jean-Marie Paillé. ÉDITIONS EYROLLES. 61, bld Saint-Germain. 75240 Paris Cedex 05. 2009. [www.editions-eyrolles.com](http://www.editions-eyrolles.com).
16. . Markus Staller; Christian Juli. Einführung in den Eurocode 2 mit Praxisbeispielen zur Bemessung und Konstruktion im Stahlbeton und Spannbetonbau. Durchstanzen von Flachdecken und Fundamenten. München, 09.03.2012.
17. Göttsche J. Stahlbetonbau (MAB3). Fundamente. 12 Juli 2014.
18. Jan Höffgen. Bemessung und Konstruktion von Bauteilen im Stahlbeton. 3. März 2014.
19. Reinforced concrete design to Eurocode 2. Bill Mosley, John Bungey, Ray Hulse. Sixth edition. 2007.
20. Schlaich M. Gaulke A. Hochbau I- Übungsskript Massivbau- Technische Universität Berlin 2007.
21. Beispiele zur Bemessung nach DIN 1045-1: Hochbau. Deutscher Beton und Bautechnik-Verein E.V. Berlin 2009.
22. Материалы республиканского научно-практического семинара «Внедрение еврокодов в Беларуси: национальный опыт и перспективы. 30. 08. 2018. Минск.