

концентрации до 12 % повышает прочность изделий по сравнению с контролем на 33 % и снижает их усадку на 7 %. Предложенная технология улучшает эксплуатационные характеристики керамических изделий и снижает нагрузку на окружающую среду, создаваемую экологически опасными отходами.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Свергузова С.В. Коллоидно-химические свойства пыли ЭДСП в процессах водоочистки / С.В. Свергузова, Порожнюк Л.А., Ипанов Д.Ю., Сапронова Ж.А., Сапронов Д.В., Шамшиуров А.В., Новикова Е.В. // *Экология и промышленность России*. – 2013. – №7. – С. 22-25.
2. Свергузова С.В. Адсорбционные свойства пыли электросталеплавильного производства / С.В. Свергузова, Порожнюк Л.А., Шайхиев И.Г., Ипанов Д.Ю., Новикова Е.В. // *Вестник Казанского технологического университета*. – 2013. – № 7. – С. 92-95.
3. Швайка Д.И. Справочник мастера по производству стеновой керамики / Д.И. Швайка. – М.: Будивельник, 1990. – 184 с.
4. Абдрахимов В.З. Экологические аспекты использования отходов производств и классификация их по пригодности для изготовления керамического кирпича / В.З. Абдрахимов, Е.С. Абдрахимова // *Экология и промышленность России*. – 2009. – № 6. – С. 41.
5. Абдрахимов В.З. Классификация техногенного сырья предприятий металлургии и энергетики по ее функциональной пригодности в производстве керамических материалов / В.З. Абдрахимов, Е.С. Абдрахимова // *Известия вузов. Строительство*. – 2004. – № 10. – С. 33–36.
6. Бриндли Г.В. Вопросы минералогии глин / Г.В. Бриндли, М. Накахира. – М.: Наука, 1962. – 90 с.

УДК 624.012.35/46:628.24

**Олейник Д.Ю.**

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры*

### АНАЛИЗ РЕШЕНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ГРУНТА НА ОПУСКНЫЕ КОЛОДЦЫ НА ПРИМЕРЕ РЕАЛЬНОГО ОБЪЕКТА

**Введение.** На сегодняшний день на территории г. Харькова существует необходимость возведения дополнительных 70 шахтных столов на водоотводящих коллекторах глубокого заложения [1]. Процесс работ по устройству и проектированию данных сооружений связан прежде всего с правильным определением горизонтального давления грунта.

В данной статье рассматривается вопрос расчета горизонтального давления грунта на осесимметричные конструкции ствола двумя методами: В.Г. Березанцева [8] и И.Я. Лучковского [5, 6]. Решение В.Г. Березанцева принято в СНиП 2.09.03-85 «Сооружения промышленных предприятий» в качестве нормативного и широко используется в практике проектирования. Решение И.Я. Лучковского предложено сравнительно недавно и более точно учитывает нагрузку на заглуб-

ленное сооружение, а также изменение угла наклона призм скольжения  $\theta_a$  с увеличением глубины в отличие от угла наклона  $\theta_a=45+\varphi/2$  в решении В.Г. Березанцева [8].

**Цель и задачи.** Рассмотрим данные варианты решений на примере реального объекта при расчете на стадии погружения. В качестве примера принят проект смотровой шахты в г. Харькове по ул. Биологической, которая возводится над канализационным коллектором способом опускного колодца в тиксотропной рубашке с дополнительным водопонижением. Конструкция имеет следующие характеристики:

- глубина заложения 25м;
- внутренний диаметр ствола 5м;
- толщина стенок 0,4м;
- высота ножа 2м;

Геологический разрез составлен согласно отчетов об инженерно-геоло-

гических и гидрогеологических изысканиях [4, 7] (табл. 1).

Таблица 1 - Физико-механические свойства грунтов.

№	Наименования грунтов	Мощность слоя	$\gamma$ , кН/м <sup>3</sup>	Sr, ед.	$\varphi$ , град.	c, кН	e, ед.
1	Почвы суглинистые, черные	0,5	16,8	15	16	16	0,85
2	Пески мелкие, плотные	1,0	17,9	12	31	2	0,65
3	Пески мелкие желтовато-серые, кварцевые, плотные	17,5	19,2	18	35	4	0,55
4	Глина голубовато-серая, твердая	9,0	20,8	23	12	35	0,85

\*На глубине 0,93 от поверхности земли находится УГВ.

**Результаты исследования.** Давление грунта на стены колодца на стадии погружения в данном случае имеют равные значения при расчетах как по И.Я. Лучковскому, так и по В.Г. Березанцеву. Это объясняется тем, что трение грунта по поверхности стен отсутствует в силу возведения колодца в тиксотропной рубашке (угол трения грунта о стены  $\varphi_0=0$ ). Определение давления грунта осуществляется с помощью формул:

$$\sigma = \frac{(\tilde{R}_0 A_0 + R_0 \tilde{A}_0)(K_0 + A_0)(N_0 + K_0 + A_0) - R_0 A_0 (\tilde{K}_0 + \tilde{A}_0)(N_0 + 2K_0 + 2A_0)}{(K_0 + A_0)^2 (N_0 + K_0 + A_0)^2},$$

где  $N_0 = \frac{1 - \text{tg} \varphi \text{tg} \varphi_0}{\text{tg} \varphi + \text{tg} \varphi_0};$

$$R_0 = \frac{\gamma b^2 h [(1 - 2/3 \lambda_0 \bar{h} \text{tg}^2 \varphi) \bar{h} + 2\bar{q}(1 - \lambda_0 \bar{h} \text{tg}^2 \varphi)]}{2(\text{tg} \varphi + \text{tg} \varphi_0)},$$

$$K_0 = \frac{3 + 2\lambda_0 \bar{h} \alpha \text{tg} \varphi}{3 - 2\lambda_0 \bar{h} \alpha \text{tg}^2 \varphi}; \quad \alpha = \frac{\bar{h} + 3\bar{q}}{\bar{h} + 2\bar{q}};$$

$$\bar{q} = \frac{q}{\gamma b}; \quad \bar{h} = \frac{h}{b}; \quad A_0 = \sqrt{K_0^2 + K_0 N_0};$$

$$R_{0\gamma} = \frac{\bar{h}^2 (1 - 2/3 \lambda_0 \bar{h} \text{tg}^2 \varphi)}{2(\text{tg} \varphi + \text{tg} \varphi_0)};$$

$$\tilde{R}_{0q} = \frac{1 - 2\lambda_0 \bar{h} \text{tg}^2 \varphi}{(\text{tg} \varphi + \text{tg} \varphi_0)};$$

$$\tilde{R}_{0\gamma} = R_{0q} = \frac{\bar{h} (1 - \lambda_0 \bar{h} \text{tg}^2 \varphi)}{(\text{tg} \varphi + \text{tg} \varphi_0)};$$

$$\sigma = \frac{\bar{\sigma} + c_0 \text{tg}(45^\circ - \frac{\varphi}{2})}{1 - \text{tg} \varphi_0 \text{tg}(45^\circ - \frac{\varphi}{2})}$$

$$\bar{\sigma} = \gamma r k_1 + q k_2 - c k k_3$$

В случае производства работ по сооружению опускного колодца в условиях когда  $\varphi_0 \neq 0$ , определение  $\bar{\sigma}$  с помощью решения И.Я. Лучковского представляется в виде:

$$\tilde{K}_0 = \frac{6\lambda_0 (1 + \text{tg}^2 \varphi) \text{tg} \varphi}{(3 - 2\lambda_0 \bar{h} \text{tg}^2 \varphi)^2};$$

$$\tilde{A}_0 = \frac{\tilde{K}_0 (N_0 + 2K_0)}{2A_0};$$

$\varphi$  и  $\varphi_0$  – усредненные значения угла внутреннего трения и угла трения грунта о стенку колодца соответственно;  $\lambda_0$  – коэффициент бокового давления грунта в состоянии покоя, равный  $\lambda_0 = \frac{\mu}{1 - \mu}$ ;

$\mu$  – коэффициент Пуассона грунта.

На участке ножевой части колодца отсутствует тиксотропная рубашка, а значит, возникают силы трения. Поэтому расчет значений давлений грунта и сил трения производим по различным методам, имеющих следующий вид:

1. Решение В.Г. Березанцева

$$\bar{\sigma} = 20,8 \cdot 2,9 \cdot 1,38 + (20 + 362,3) \cdot 0,35 - 35 \cdot 0,22 \cdot 3,8 = 187,79 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$$

$$\sigma = \frac{216,91 + 7,7 \cdot \text{tg}(45^\circ - \frac{12}{2})}{1 - \text{tg}12 \text{tg}(45^\circ - \frac{12}{2})} = 234,32 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$$

$$f_c = 268,84 \cdot \text{tg}12 + 7,7 = 57,38 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$$

2. Решение И.Я. Лучковского

Давление грунта и силы трения в верхней точке ножевой части ствола определяются так же, как в и решении В.Г. Березанцева. Значение сил трения и

давления грунта в нижней точке ножевой части определяются по одной из формул:

$$\begin{cases} \sigma = \gamma b \lambda_\gamma + q \lambda_q - 2ck\sqrt{\lambda_a} \\ \sigma = \gamma h \lambda_{a\gamma} + q \lambda_q - 2ck\sqrt{\lambda_a} \end{cases}$$

где  $\lambda_\gamma, \lambda_{a\gamma}, \lambda_q$  – коэффициенты бокового давления, зависящие от соотношения  $h/b$  и углов  $\varphi$  и  $\varphi_0$ . Для упрощения расчетов, значение коэффициентов бокового давления находятся по графикам исходя из соотношения глубины подземного сооружения к его ширине (рис. 1-3) [5,6].

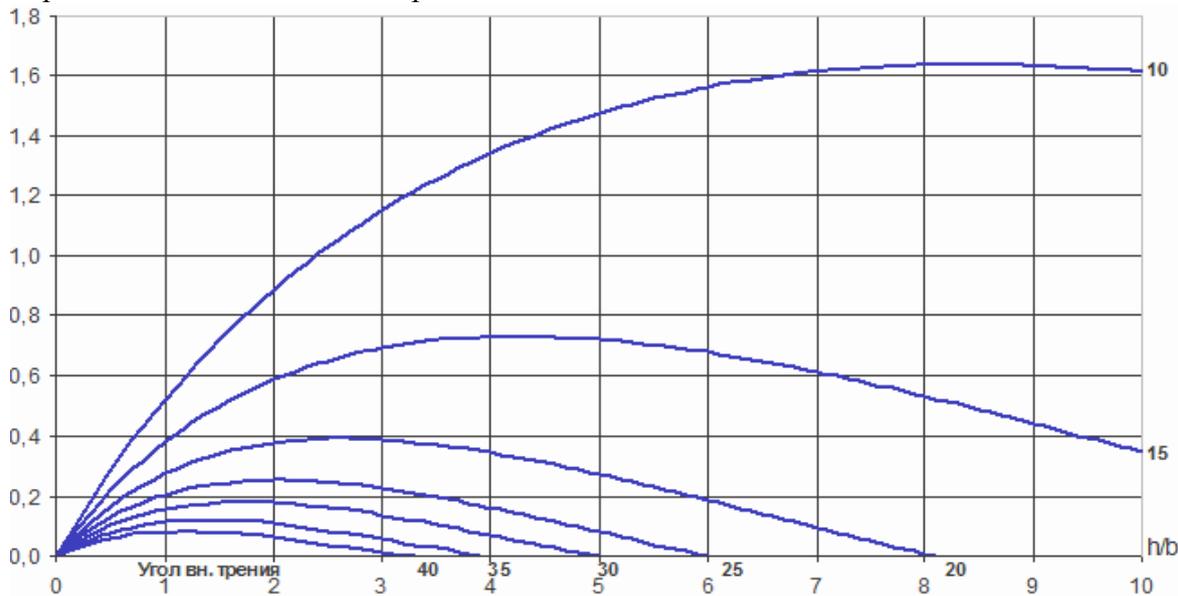


Рис. 1 - Коэффициент бокового давления грунта  $\lambda_\gamma(\varphi_0=\varphi)$

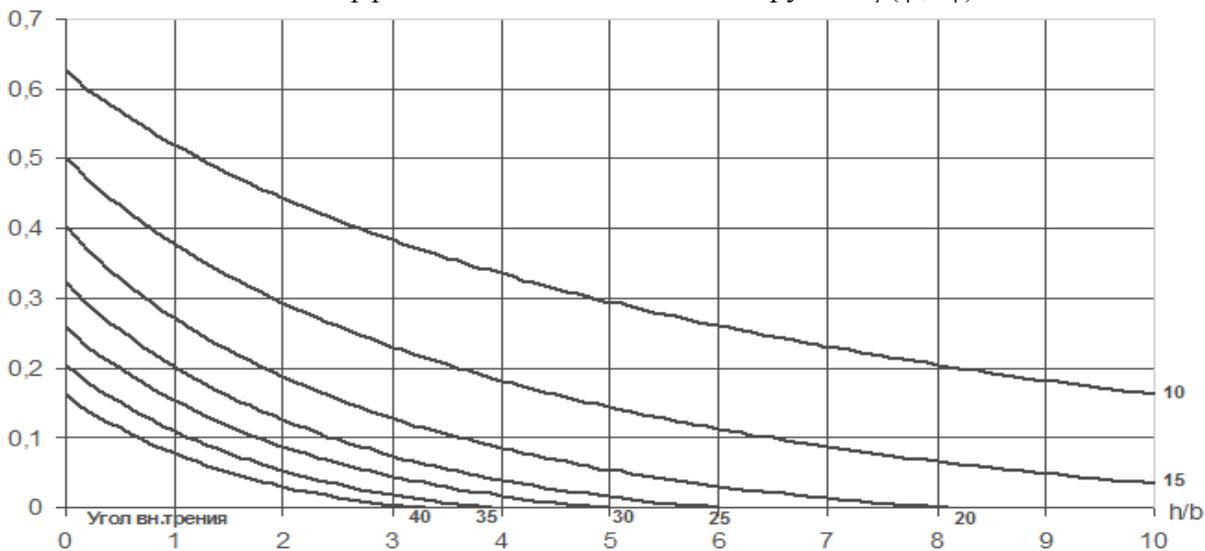


Рис. 2 - Коэффициент бокового давления грунта  $\lambda_q(\varphi_0=\varphi)$

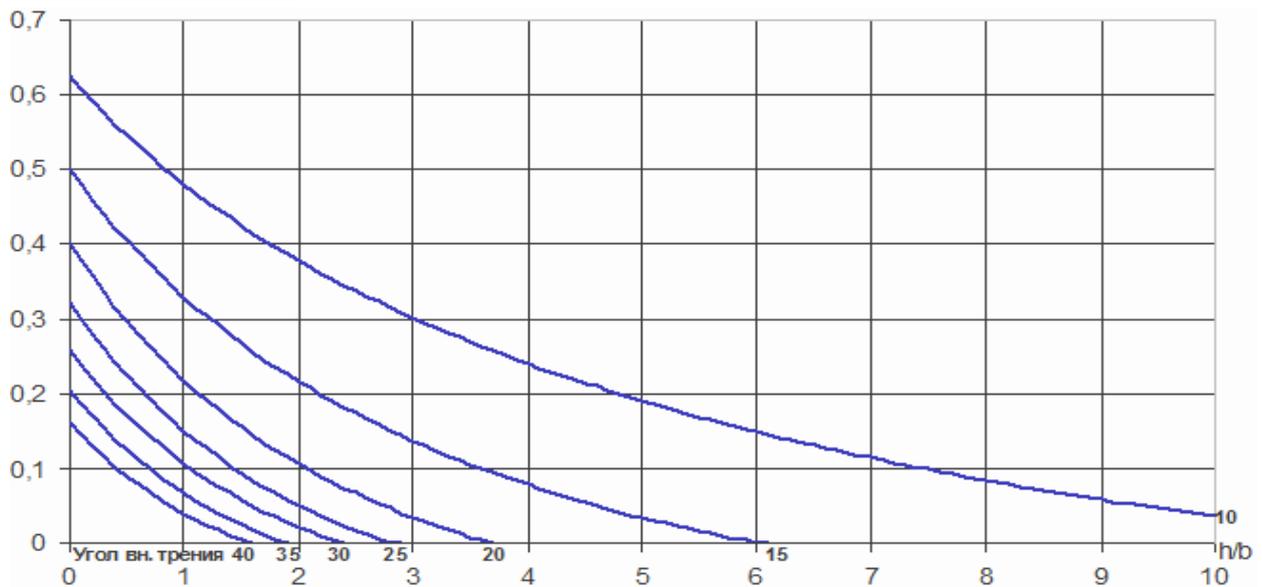


Рис. 3 - Коэффициент бокового давления грунта  $\lambda_{a\gamma}$  ( $\varphi_0=\varphi$ )

$$\lambda_a = tg^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$\lambda_a = tg^2 \left( 45 - \frac{12}{2} \right) = 0.66$$

$$\bar{\sigma} = 20,8 \cdot 5,8 \cdot 1,39 + (20 + 362,3) \cdot 0,23 - 2 \cdot 35 \cdot 0,22 \cdot \sqrt{0,66} = 243,1 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$$

$$\sigma = \frac{272,0 + 7,7 \cdot tg(45^\circ - \frac{12}{2})}{1 - tg12tg(45^\circ - \frac{12}{2})} = 301,14 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$$

$$f_c = 280,3 \cdot tg12 + 7,7 = 71,54 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$$

или

$$\bar{\sigma} = 20,8 \cdot 24 \cdot 0,32 + (20 + 362,3) \cdot 0,23 - 2 \cdot 35 \cdot 0,22 \cdot \sqrt{0,66} = 235,17 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$$

$$\sigma = \frac{272,0 + 7,7 \cdot tg(45^\circ - \frac{12}{2})}{1 - tg12tg(45^\circ - \frac{12}{2})} = 291,54 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$$

$$f_c = 280,3 \cdot tg12 + 7,7 = 69,51 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$$

Таблица 2 - Значения горизонтального давления грунта и сил трения по поверхности ножевой части ствола

Решение	Горизонтальное давление $\sigma$ , кН/м <sup>2</sup>	Сила трения $f_c$ , кН	Суммарное значение силы трения по ножевой части ствола, кН
В.Г. Березанцев	234,32	57,38	2089,85
И.Я. Лучковский	301,14	71,54	2531,73

В грунтах с невысоким углом внутреннего трения  $\varphi$  (глинистые грунты), расчетные значения давлений, полученные по решениям В.Г. Березанцева и И.Я. Лучковского, имеют незначительные отличия, поэтому, в равной степени могут быть использованы при возведении вертикальных стволов глубокого заложения. При расчете горизонтального давления в песчаных и супесчаных грунтах, рекомендовано использование решения И.Я. Лучковского, позволяющего с большей точностью определить уменьшение с

глубиной горизонтального давления грунта и соответственно сил трения.

Неверное определение расчетных сил по решению В.Г. Березанцева может служить причиной неконтролируемого опускания колодца, и как следствие – повреждению находящегося под ним сооружения. Данный вывод особенно актуален при расчете сооружений значительной глубины заложения, так как по решению И.Я. Лучковского давление грунта с глубиной уменьшается и стремится к нулю, что согласуется с данными

натурных наблюдений за глубокими шахтными стволами [2].

В то же время согласно решению В.Г. Березанцева давление грунта при достижении максимума (при соотношении  $z/r \geq 5$  [8]), стремиться к постоянной величине. Следовательно, разница между фактическим и расчетным сопротивлением грунта возрастает, что увеличивает вероятность самопроизвольного опускания.

**Выводы.** В грунтах с невысоким углом внутреннего трения расчетные значения давлений, полученные по решениям В.Г. Березанцева и И.Я. Лучковского, имеют незначительные отличия и могут быть использованы в равной степени при возведении стволов глубокого заложения.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что решение И.Я. Лучковского необходимо применять при расчете опускных колодцев с углом внутреннего трения  $\varphi > 25$  (см. рис. 1). При этом решение позволяет прогнозировать уменьшение сил сопротивления с глубиной.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Гончаренко Д.Ф. Исследование технологий возведения смотровых шахт над действующими канализационными коллекторами / Д.Ф. Гончаренко, Д.Ю. Олейник // Містобудування та територіальне планування:

- Наук.-техн. збірник. – К., КНУБА, 2013. – Вип. 48. – С. 115-118.
2. Давыдов С.С. Расчет и проектирование подземных сооружений / С.С. Давыдов. – М.: Стройиздат, 1997. – 376 с.
  3. ДБН В.2.1-10-2009 Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення проектування
  4. Заключение о гидрогеологических изысканиях по корректировке главного дублирующего канализационного коллекторного тоннеля в г. Харькове (участок от ул. Биологической до шиферного завода). ГОАП «Укрэкогеострой», «УгрвостокГИИН-ТИЗ», арх. № 23900, 1995 г.
  5. Лучковский И.Я. Определение нагрузок на подпорные стены: монография / И.Я. Лучковский. – Харьков: Коллегиум, 2011. – 284 с.
  6. Никитенко В.И. Железобетонные стволы комбинированного типа, возводимые над действующими канализационными коллекторами: дисс. ... канд. техн. Наук : 05.23.01 / Никитенко Вениамин Йосифович. – Харьков, 2004. – 234 с.
  7. Отчет об инженерно-геологических и гидрогеологических изысканиях для основания рабочего проекта дублирующего главного коллекторного тоннеля в г. Харькове, на участке от Диканевских очистных сооружений до Москалевского коллекторного тоннеля. г. Харьков, «УгрвостокГИИН-ТИЗ», арх. № 23068, 1990 г.
  8. СНиП 2.09.03-85 «Сооружения промышленных предприятий»



### КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ОБОРУДОВАНИЕ TESTING

- **ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЦЕМЕНТА**
- **ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ БЕТОНА**
- **ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГРУНТА**
- **ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ**
- **ЛАБОРАТОРНАЯ МЕБЕЛЬ**
- **ОБЩЕЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**
- **ТОПОГРАФИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**
- **СУШКА И НАГРЕВ.**
- **ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АСФАЛЬТА**
- **ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РЕМОНТА ЗДАНИЙ**
- **ВЕСОВАЯ ТЕХНИКА.**
- **ЗАПОЛНИТЕЛИ. СИТОВОЙ АНАЛИЗ.**