

DOI 10.58351/2949-2041.2024.15.10.004

**Истомина Катарина Равилевна**

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет, г. Пермь  
Istomina Katarina Ravilevna  
Perm National Research Polytechnic University

**Бургонутдинов Альберт Масугутович**

Доктор технических наук, профессор  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет, г. Пермь  
Burgonutdinov Albert Masugutovich  
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor  
Perm National Research Polytechnic University

**АНАЛИЗ АРМИРОВАНИЯ  
ТОНКОСТЕННЫХ ПОДПОРНЫХ СТЕН ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ  
В ОБРАТНОЙ ЗАСЫПКЕ ЗОЛ УНОСА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ  
ANALYSIS OF REINFORCEMENT OF THIN-WALLED RETAINING WALLS WHEN  
USED IN THE BACKBILL OF FLY ASHES OF THERMAL POWER PLANTS**

**Аннотация:** В статье приведены результаты аналитических расчетов железобетонной конструкции тонкостенной подпорной стены в части определения фактического армирования от максимальных значений изгибающих моментов при модернизации грунта обратной засыпки золой уноса Рефтинской ГРЭС.

**Ключевые слова:** тонкостенные подпорные стены, зола уноса, модернизация грунта, армирование.

В современной строительной практике тонкостенные подпорные сооружения применяются чаще, чем классические массивные сооружения ввиду снижения материалоемкости и, вследствие, стоимости строительства [1, 4]. Тонкостенные подпорные стены выполняются преимущественно из железобетона, и имеют углообразную форму, устойчивость конструкции поддерживается грунтом обратной засыпки.

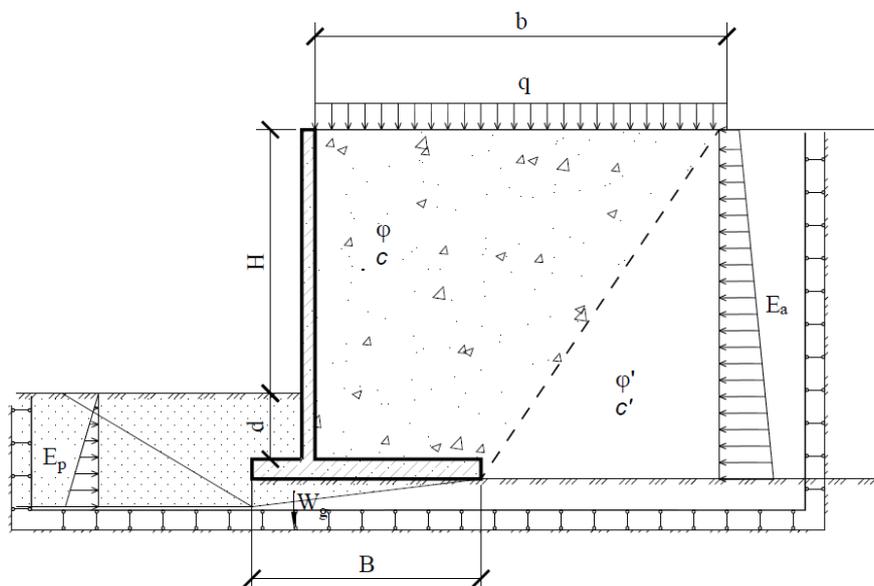
Снижение материалоемкости железобетонных конструкций заключается как в снижении бетона, так и применяемого армирования, которое в свою очередь зависит от внешних силовых факторов, воздействующих на данные конструкции.

Ранее проведенные исследования [1, 3] показали, что добавление зол уноса тепловых электростанций в песчаный грунт обратной засыпки тонкостенных подпорных стен приводит к снижению действия предельного изгибающего момента.

Для анализа были рассмотрены тонкостенные подпорные стены высотой 5 метров с песчаным грунтом обратной засыпки (расчетная схема представлена на рисунке 1), а также с модернизированным грунтом с добавлением 5, 10, 15 и 20% золы уноса Рефтинской ГРЭС в грунт обратной засыпки по массе. Принятые при расчете устойчивости конструкции параметры:  $H = 5$  метров;  $a = 1.75$  м – точка приложения нагрузки;  $q = 75.6$  кН/м – временная подвижная нагрузка, приведенная к равномерно распределенной нагрузке;  $b = 3.5$  м – расстояние действия нагрузки;  $B = 3.45$  м – ширина подошвы фундамента;  $d = 1$  м – глубина заложения;  $\varphi' = 21^\circ$  – угол внутреннего трения грунта местности;  $c' = 23$  кПа – удельное сцепление грунта местности.

Были проведены расчеты прочности, а также расчеты необходимой площади армирования конструкции (в том числе площадь армирования сжатой зоны, при необходимости), исходя из полученных значений максимальных изгибающих моментов в программе PLAXIS. Также был произведен расчет на образование и ширину раскрытия трещин. Проведенные расчеты регламентируются нормативно-технической базой и [2] в частности.





**Рисунок 1. Расчетная схема**

Полученные результаты сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Результаты расчета армирования железобетонной подпорной стены

	Доля золы уноса в грунте, %				
	0%	5%	10%	15%	20%
Площадь арматуры по расчету, см <sup>2</sup>	18.77	19.68	19.14	22.42	19.22
Площадь арматуры по расчету в сжатой зоне, см <sup>2</sup>	1.5	2.42	1.87	5.15	1.95
Минимальная арматура при расчете на армирование	6Ø20	8Ø18	8Ø18	6Ø22	8Ø18
Принятая площадь арматуры при расчете на армирование, см <sup>2</sup>	18.852	20.36	20.36	22.806	20.36
Минимальная арматура при расчете на армирование в сжатой зоне	6Ø6	8Ø7	8Ø6	6Ø12	8Ø6
Принятая площадь арматуры при расчете на армирование в сжатой зоне, см <sup>2</sup>	1.698	3.08	2.264	6.786	2.264
Минимальная арматура при расчете на образование трещин	7Ø20	7Ø20	8Ø18	8Ø20	8Ø18
Принятая площадь арматуры, см <sup>2</sup>	21.994	21.994	20.36	25.136	20.36
Минимальная арматура при расчете на образование трещин в сжатой зоне	7Ø6	7Ø7	8Ø6	8Ø10	8Ø6
Принятая площадь арматуры в сжатой зоне, см <sup>2</sup>	1.981	2.695	2.264	6.28	2.264

В качестве критерия эффективности принято уменьшение площади армирования подпорной стены при раскладке арматуры.

Анализ полученных результатов показал, что не смотря на уменьшение расчетной площади арматуры при добавлении золы уноса в грунт, фактическое уменьшение армирования наступает только при добавлении 20% золы уноса по массе в грунт обратной засыпки.

Эффективность применения модернизированного грунта в данном случае составит 5,6%.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-38-90104.



**Список литературы:**

1. Истомина, К.Р. Возможные технологии использования золы уноса / К.Р. Истомина, А.М. Бургонутдинов, К.А. Хусаинова // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2022. – № 1. – С. 36–44. DOI: 10.15593/24111678/2022.01.05
2. Свод правил 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения». М., 2018.
3. Лунёв, А.А. Использование отходов теплоэнергетики для сооружения насыпей земляного полотна автомобильных дорог / А.А. Лунёв // Сборник: материалы Международной научно-практической конференции «Инновационные факторы развития транспорта» (19 – 20 ноября 2017 г.). – Новосибирск: Издательство СГУПС, 2017. – С. 32 – 33.
4. Сравнительный анализ моделей грунтовых оснований, применяемых при расчете транспортных сооружений / И. Г. Овчинников, Ю. П. Скачков, И. И. Овчинников, Б. С. Юшков // Региональная архитектура и строительство. – 2012. – № 3. – С. 61-69.

