

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ БОКОВОГО ДАВЛЕНИЯ ГРУНТА ЗАСЫПКИ НА ТОНКУЮ ПОДПОРНУЮ СТЕНКУ**

Хонелия Н.Н., Слободяник А.В.

Одесский национальный морской университет  
г. Одесса, Украина

**АНОТАЦІЯ:** Розглянуто результати досліджень бокового тиску ґрунту на тонку підпірну стінку з контрфорсами (ребрами жорсткості), розташованими з боку ґрунтової засипки. Встановлена залежність бічного тиску ґрунту на тонку підпірну стінку від геометричних параметрів контрфорсу. Достовірність отриманих результатів обґрунтована виконанням численних експериментів і математичного моделювання.

**АННОТАЦИЯ:** Рассмотрены результаты исследований бокового давления грунта на тонкую подпорную стенку с контрфорсами (ребрами жесткости), расположенными со стороны грунтовой засыпки. Установлена зависимость бокового давления грунта на тонкую подпорную стенку от геометрических параметров контрфорса. Достоверность полученных результатов обоснована выполнением численных экспериментов и математического моделирования.

**ABSTRACT:** The results of studies of the active soil pressure on the thin retaining quay wall with buttresses (ribs), arranged in the soil backfill are considered. The dependence of the active soil pressure on the thin retaining quay wall from the geometric parameters of the buttress was established. The accuracy of the obtained results was justified by the implementation of numerical experiments and mathematical modeling.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** экспериментальные исследования, подпорная стенка, ребра жесткости, засыпка, давление грунта.

Тонкие подпорные стенки, именуемые также больверками - это конструкции, прочность которых обеспечивается сопротивлением изгибу, а устойчивость в большинстве случаев - сопротивлением выпору грунта

основания. Лицевая плоскость стенок образуется чаще всего стальными шпунтовыми сваями, заглубляемыми в основание. Тонкостенные сооружения являются сложными системами по схеме своей работы и взаимодействию с грунтами основания и засыпки. Как показывает анализ конструктивных решений рассматриваемых подпорных стен, грунт засыпки в этих конструкциях создает нагрузку, которая должна быть воспринята сооружением.

Значительные величины бокового давления, создаваемого грунтом засыпки, приводят к излишним запасам при обеспечении требуемой долговечности и надежности рассматриваемых конструкций.

Разработка новых конструкций тонких подпорных стен, позволяющих максимально вовлечь грунт в работу сооружения, снизив при этом материалоемкость конструкции и объемы производства работ за счет отказа от стандартных сложных анкерных систем, являются важными.

Элементами подпорных стен, отвечающими указанным требованиям, являются анкерно-контрфорсные, состоящие из контрфорсов, расположенных со стороны грунтовой засыпки и заземленные в ней, т.е. являющиеся одновременно жесткими анкерующими элементами.

Таким образом разработка технических решений анкерно-контрфорсных элементов тонких подпорных стен, исследование особенностей их взаимодействия с грунтовой засыпкой и разработка инженерных методов расчета таких конструкций представляются целесообразными.

Большой вклад в изучение исследований давления грунта засыпки на тонкие подпорные стенки внесли работы Морозова Л.Р., Савко Б.А., Лазебника Г.Е., Соколова А.Д. [1 - 4]. Однако общего решения задачи о давлении грунтов засыпки на тонкие подпорные стенки с анкерно-контрфорсными элементами пока не найдено.

На основе вышесказанного разработано новое конструкторское решение [5] подпорной шпунтовой стенки с контрфорсами (ребрами жесткости), расположенными со стороны грунтовой засыпки, которые приводят к увеличению жесткости всей конструкции и уменьшению бокового давления грунта.

На рис. 1 показана подпорная стенка с поперечными рядами шпунтовых свай (ребрами жесткости) в грунтовой засыпке, которые имеют форму, близкую к прямоугольной трапеции с расширением книзу. При такой форме ребер значительно увеличивается жесткость конструкции в нижней части подпорной стенки.

Ребра жесткости могут быть выполнены также в форме прямоугольной трапеции с расширением вверх. При такой форме ребер значительно увеличивается жесткость конструкции в верхней части подпорной стенки. В частном случае возможно применение шпунтовой стенки с прямоугольной формой ребер жесткости.

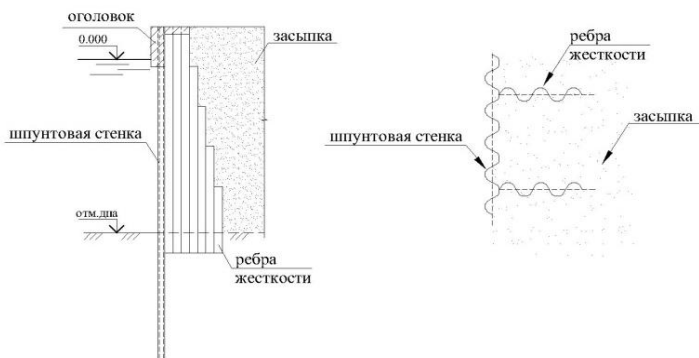


Рис. 1. Подпорная шпунтовая стенка с контрфорсами

Выполнены экспериментальные исследования бокового давления грунта засыпки на тонкую шпунтовую подпорную стенку с ребрами жесткости [6, 7]. В ходе экспериментальных исследований необходимо было определить характер распределения давления грунта на тонкую подпорную стенку при наличии ребер жесткости и установить зависимость бокового давления грунта на стенку от геометрических параметров контрфорса.

Модель подпорной тонкой стенки представляла собой стальной щит размером 1005x990 мм, толщиной 1,65 мм. Общий вид стенки, установленной в лотке, показан на рис. 2. Материалом засыпки служил мелкозернистый кварцевый люберецкий песок с объемным весом  $15,8 \text{ кН/м}^3$ , угол внутреннего трения  $30^\circ$ .



вид сверху – подпорная стенка с двумя ребрами жесткости



вид сбоку – подпорная стенка с одним ребром жесткости

Ребра жесткости были выполнены из той же стали прямоугольной и трапецидальной формы, высотой 68 см. Ширина ребра прямоугольной формы равнялась 30 см, трапецидальной с расширением книзу составила 18 и 42 см (поверху и понизу соответственно), трапецидальной с расширением кверху 42 и 18 см (поверху и понизу соответственно).

Для оценки достоверности выполненных исследований рассмотрены эпюры бокового давления грунта на подпорную стенку (рис. 3) без ребер жесткости (кривая 1), полученная опытным путем и построенная по методу Ш. Кулона (кривая 2). Анализ эпюр показывает качественное и близкое количественное совпадение результатов.

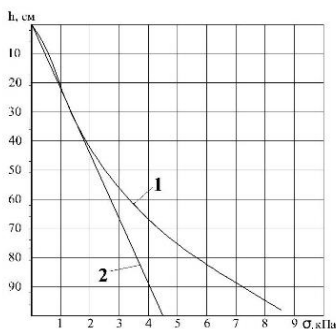


Рис. 3. Эпюры давления на стенку без ребер жесткости:  
1 – по эксперименту;  
2 – по методу Ш. Кулона

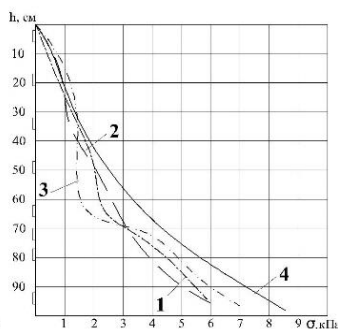


Рис. 4. Эпюры давления на стенку с различными формами ребер жесткости:  
1 – прямоугольная форма;  
2 – с расширением книзу;  
3 – с расширением кверху;  
4 – без ребер жесткости

На основании проведенных опытов получены эпюры давления на стенку с прямоугольными ребрами жесткости, с ребрами жесткости с расширением книзу и с ребрами жесткости с расширением кверху (рис. 4).

Анализ полученных данных показывает, что применение ребер жесткости в стенке уменьшает давление на 26,7% при прямоугольной форме ребер жесткости, на 32,8% при ребрах жесткости с расширением книзу и на 21,8 % при ребрах жесткости с расширением кверху по сравнению со стенкой без ребер жесткости.

На основании полученных экспериментальных исследований установлено, что контрфорсы (ребра жесткости) значительно уменьшают величину давления грунта засыпки на подпорную шпунтовую стенку. При

этом наибольшее снижение давления грунта засыпки проявляется при трапециевидальной форме ребер с расширением книзу.

На основании результатов лабораторных исследований получены эпюры перемещений по высоте стенки при различных формах ребер жесткости без учета поверхностной нагрузки и с ее учетом.

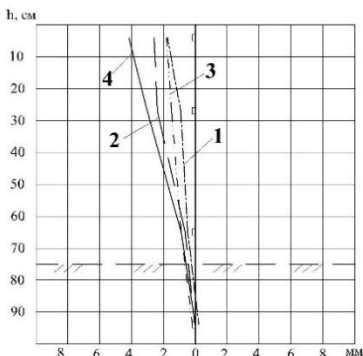


Рис. 6. Эпюры перемещений на стенку с различными формами ребер жесткости без учета поверхностной нагрузки:

- 1 – прямоугольная форма;
- 2 – с расширением книзу;
- 3 – с расширением кверху;
- 4 – без ребер жесткости

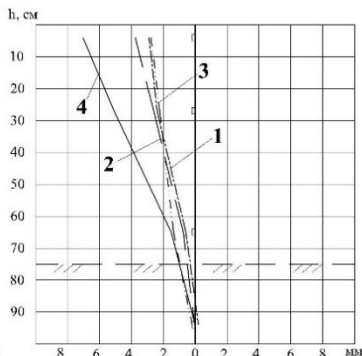


Рис. 7. Эпюры перемещений на стенку с различными ребрами жесткости при учете поверхностной нагрузки:

- 1 – прямоугольная форма;
- 2 – с расширением книзу;
- 3 – с расширением кверху;
- 4 – без ребер жесткости

Анализ эпюр показывает, что стенка с формой ребер жесткости с расширением книзу получила значительные перемещения верха стенки по причине наименьшей изгибной жесткости в сечении на уровне верха стенки по сравнению с другими стенками.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мороз Л.Р. Конструкции портовых гидротехнических сооружений арочно-контрфорсного типа / Л.Р. Мороз, Б.А. Сальников, З.Д. Титова // Транспортное строительство. – 1986. – № 3. – С. 24-25.
2. Савко Б.А. Методика определения допускаемых нагрузок на тонкостенные причальные сооружения в условиях Крайнего Севера / Б.А. Савко,

В.А Будин // Путевые и изыскательские работы на реках Сибири. Сборник научных трудов НИИВТ, Новосибирск. – 1983. – С. 71– 83.

3. Лазебник Г.Е. Давление грунта на сооружения. Результаты опытных исследований. Рекомендации для расчетов / Г.Е. Лазебник. - М.: Транспорт, 2005. – 243 с.
4. Соколов А.Д. Облегченные подпорные стены с ребристой напорной гранью / А.Д. Соколов // Транспортное строительство. – 2006. – № 8. – С. 20 – 24.
5. Пат. № 84888. Україна. МПК(2006) E02D 29/2, E02B 3/06. Підпірна стінка / Г.В. Слободяник, М.П. Дубровський // Одеський національний морський університет. – Заяв. 29.05.2006., Від. 10.12.2008. – Бюл. № 23. – 4с.
6. Хонелия Н.Н. Взаимодействие тонкой подпорной стенки с обратной засыпкой при наличии ребер жесткости / Н.Н. Хонелия, А.В. Слободяник //: Галузеве машинобудування, будівництво: зб. наук. праць – Полтава: ПолтНТУ, 2015. – Вип. 2 (44). – С. 98 –104.

## REFERENCES

1. Moroz L.R. Salnikov B.A., Titova Z.D. Constructions of port hydraulic structures of arch-buttress-type. *Transportation Construction Journal*, 1986, no 3, pp. 24 – 25. (in Russian).
2. Savko B.A. Methods of determining the permissible loads on the thin retaining quay walls in North conditions. *Collection of scientific works of Novosibirsk State Academy of Water Transport*, 1983, pp. 71 – 83 (in Russian).
3. Lazebnyk G.E. The soil pressure on the structures. The results of experimental studies. Recommendations for calculations. *Research Institute of building structures*. Kyiv, 2005, 243 p. (in Ukraine).
4. Sokolov A.D. Lightweight retaining walls with ribbed edge. *Transportation Construction Journal*, 2006, no 8, pp. 20 – 24 (in Russian).
5. Dubrovsky M.P., Slobodyanik G.V. *Pidpirna stinka: Odessa National Maritime University*. Patent UKRAINE, no 84888, IGC (2006) E02D 29/2, E02B 3/06.
6. Khoneliya N.N., Slobodyanik A.V. Interaction between a thin retaining wall with backfill in the presence of the ribs of inflexibility. *Academic journal. Industrial Machine Building, Civil Engineering. Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University*. Poltava, 2015, no 44, pp. 98 – 104 (in Ukraine).

Статья поступила в редакцию 25.07.2016 г.