

doi: 10.51639/2713-0576\_2024\_4\_2\_32

УДК 624.13

ГРНТИ 67.01.77

ВАК 2.1.8

## **Исследование напряженно-деформированного состояния грунтовых насыпей**

\* Шевырева К. И., Дмитриенко В.А.

*Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ,  
346506, Россия, г. Шахты, ул. Шевченко, 147*

email: \* [foxkar42@gmail.com](mailto:foxkar42@gmail.com), [vadmitrienko@rambler.ru](mailto:vadmitrienko@rambler.ru)

### **Аннотация**

В статье отмечена недостаточная пропускная способность автомобильных дорог страны, требующая значительных объёмов реконструкции. Одним из вариантов сокращения площадей для строительства развязок может быть применение подпорных стен.

Для обоснования их использования приведено исследование напряженно-деформированного состояния насыпи из песчаного грунта с заменой откоса подпорной стенкой с целью сокращения площади строительства.

Расчёты выполнены путём моделирования методом конечных элементов с использованием программного комплекса PLAXIS 2D.

Для обеспечения объективности исследований установлены граничные условия, определены геометрические размеры модели, подобрана модель грунта и тип ее поведения. Проанализировано распределение напряжений и деформаций в насыпи.

Определены зоны максимальных смещений и отмечено предельное состояние поверхности насыпи на контакте со стенкой и грунта откоса.

*Ключевые слова:* насыпь, подпорная стена, моделирование, деформации грунта, напряжения.

### **Теория и методы исследования**

Транспортная сеть России формировавшаяся в основном во второй половине прошлого века, к настоящему времени практически полностью исчерпала свои возможности. Особенно остро эта проблема имеет место в населённых пунктах, поскольку количество транспортных средств растёт значительными темпами. Поэтому в Российской Федерации принята программа по строительству новых и реконструкции существующих дорог.

Однако увеличение пропускной способности автомобильных дорог связано с необходимостью возведения транспортных развязок, путепроводов, мостов и т.п. В этом случае потребуется устройство насыпей, что связано с потребностью новых площадей для

строительства. На территории городов это потребует отчуждения земель, находящихся в пользовании организаций и населения.

Значительному снижению площадей для устройства насыпей может способствовать широкое применение подпорных стен. Наиболее экономичными с точки зрения материальных и финансовых затрат, являются тонкие подпорные стенки. Однако для обеспечения их надёжности требуется тщательная оценка напряжённо-деформированного состояния (НДС) насыпи и стены, которая может быть выполнена путём моделирования в плоской постановке задачи.

По нашему мнению, для этого целесообразно использовать программный комплекс PLAXIS 2D, позволяющий осуществлять оценку НДС грунтового массива моделированием методом конечных элементов (МКЭ) [1-3].

В качестве примера проведено исследование модели насыпи с подпорной стенкой высотой 10 м, заглубление в грунт принято 2 м. для расчётов принята упругопластическая модель упрочняющегося грунта *Hardening soil*. Тип поведения материала установлен *Drained*, который характеризует почвы, обеспечивающие умеренный сток воды без образования луж, застоев и заболачивания.

Форма насыпи трапецевидная с геометрическими размерами нижнего основания – 19 м, верхнего – 10 м, угол откоса составлял – 41°. Основные размеры модели приняты с таким расчётом чтобы поля напряжений и деформаций не достигали её границ. Чтобы обеспечить геометрическую неизменяемость нижняя граница массива грунта закреплена в горизонтальной и вертикальной плоскости, а боковые только в горизонтальной. Нагрузка на насыпь принята – 5 кПа. Механические характеристики грунта насыпи приняты следующие: угол внутреннего трения  $\varphi = 32^\circ$ ; модуль деформации в стабилизированном состоянии  $E_{oed}^{ref} = 40000 \text{ кН/м}^2$ .

## Полученные результаты и их обсуждение

Расчет выполнен с учётом собственного веса грунта и бетонной стены, а также принятой внешней нагрузки. Анализ результатов расчёта показал, что наибольшие деформации (рис. 1) наблюдаются на контакте верхней кромки стенки и поверхности насыпи и составили 0,043 м, то есть смещения не достигают критических значений.

Рассматривая распределение главных эффективных напряжений (рис. 2) отмечено, что наибольшие сжимающие значения составляют 142,3 кПа, что значительно превышает допустимые для песка. Однако максимальные значения наблюдаются в глубине массива и не вызывают выпучивания грунта, что можно наблюдать по распределению зон предельных деформаций (рис. 3).

На рисунке 3 конечные элементы с критическими деформациями отмечен красным цветом и наблюдаются на уровне поверхности насыпи и подпорной стенки, а также в зоне заделки стенки в массив грунта. Принятый угол откоса является максимально возможным, поскольку имеется зона с предельным равновесным состоянием частиц песка.

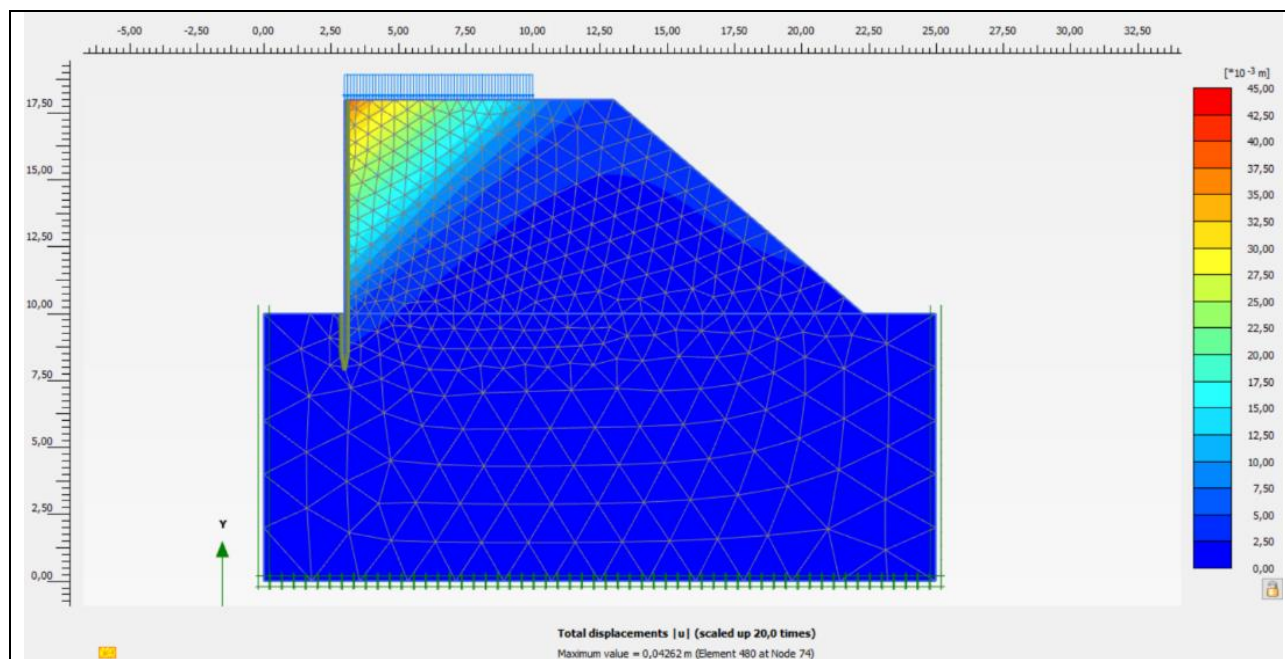


Рис.1. Изополя смещений подпорной стенки и грунтового массива (разработано автором)

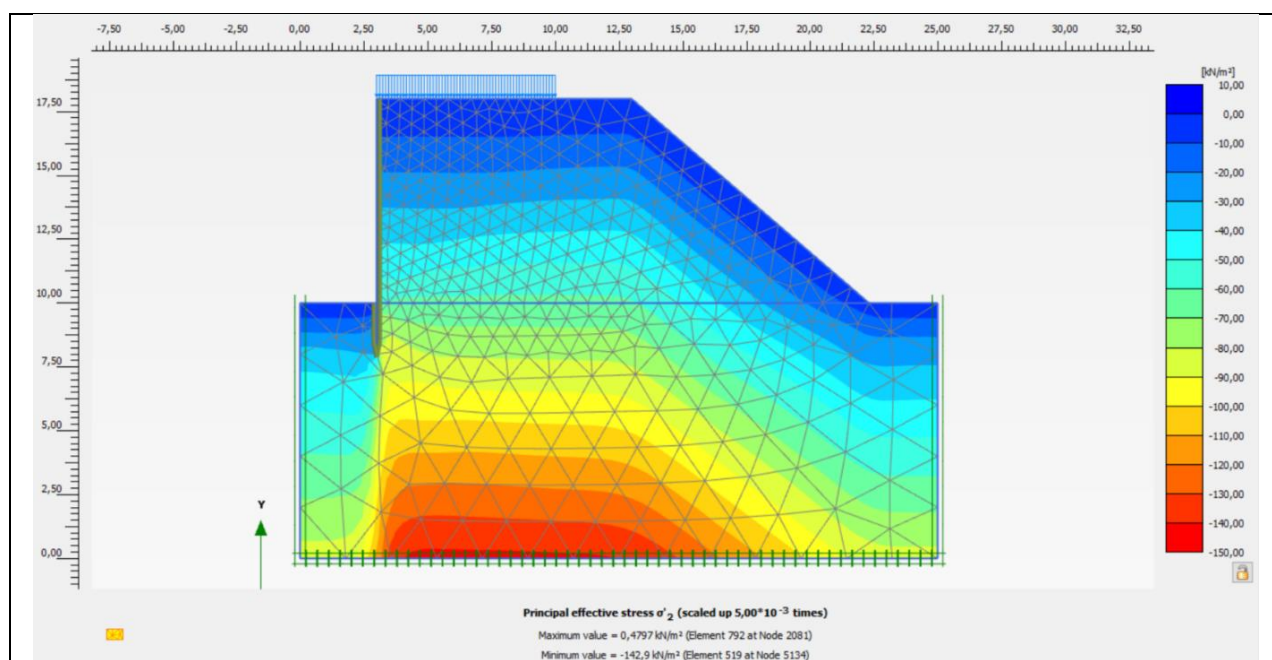


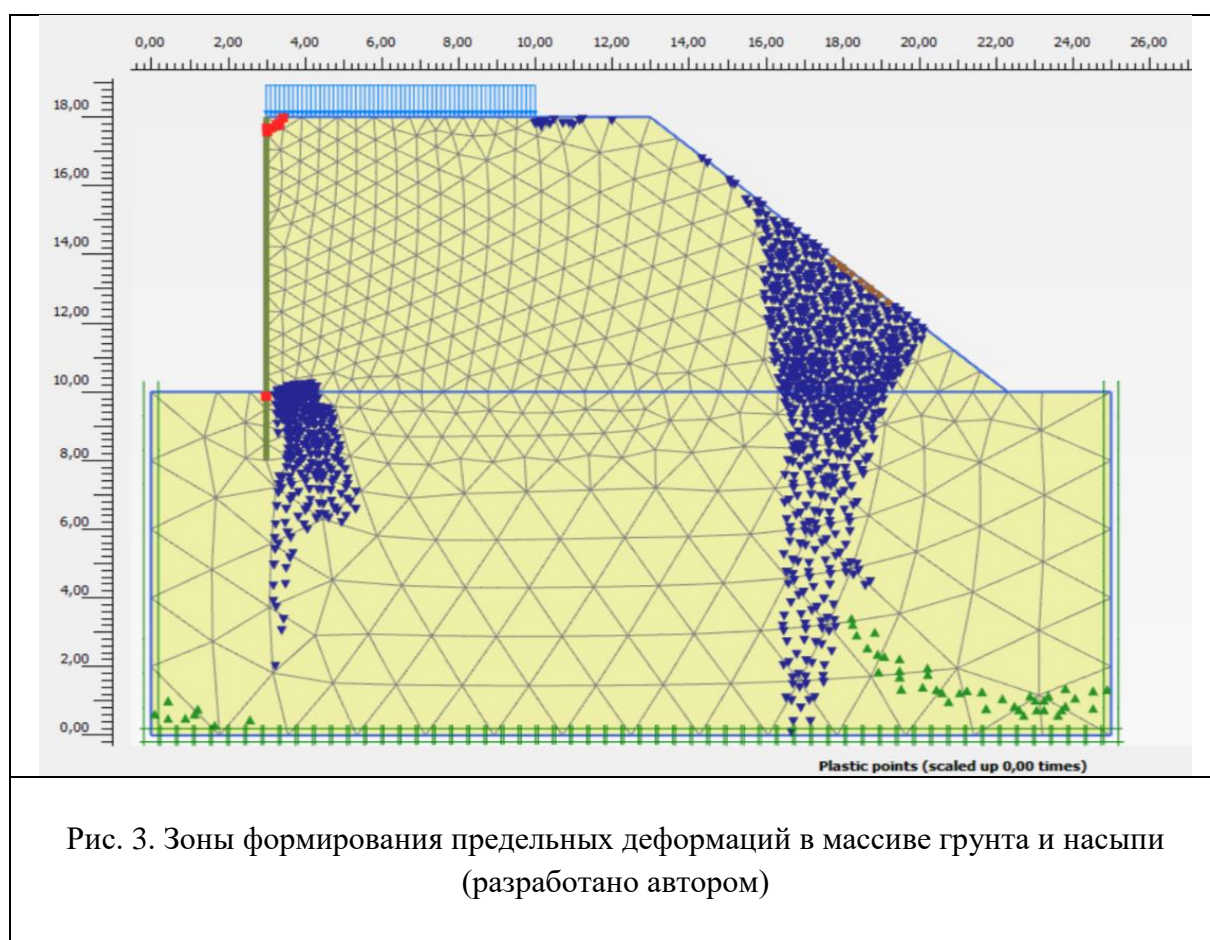
Рис. 2. Разделение изополей напряжений в модели (разработано автором)

Выполненные исследования показывают возможность использования высоких подпорных стен для обеспечения устойчивого состояния грунтовой насыпи, что позволит сократить

отчуждение земель под строительство. Вместе с тем необходимо отметить, что принятые геометрические параметры насыпи являются предельными для принятых характеристик грунта.

### **Конфликт интересов**

Авторы статьи заявляют, что у них нет конфликта интересов по материалам данной статьи с третьими лицами на момент подачи статьи в редакцию журнала, и им ничего не известно о возможных конфликтах интересов в настоящем со стороны третьих лиц.



### **Список литературы**

1. Голованов А.И., Бережной Д.В. Метод конечных элементов в механике деформируемых твердых тел: изд-во «ДАС», 2001. 300с.
2. ГОСТ Р 58917 – 2021 Технологический инжиниринг и проектирование. Общие требования. М.: Национальный стандарт Российской Федерации, 2021. 6 с.

3. Должиков П.Н., Псюк М.Ю. Принципы математического моделирования напряженно-деформированного состояния высокой подпорной стены // строительство и архитектура: матер. Междунар. науч.-практ. конф. 2015. С. 369–371.

### **Study of the stress-strain state of soil embankments**

\*Shevyreva K. I., Dmitrienko V.A.

*Institute of Service and Entrepreneurship (branch) of DSTU,  
147 Shevchenko str., Shakhty, 346506, Russia*

email: \*[foxkar42@gmail.com](mailto:foxkar42@gmail.com), [vadmitrienko@rambler.ru](mailto:vadmitrienko@rambler.ru)

The article notes the insufficient capacity of the country's highways, which requires significant amounts of reconstruction. One of the options for reducing the area for the construction of interchanges may be the use of retaining walls. To justify their use, a study of the stress-strain state of an embankment made of sandy soil with the replacement of the slope with a retaining wall in order to reduce the construction area is given. The calculations were performed by finite element modeling using the PLAXIS 2D software package. To ensure the objectivity of the research, boundary conditions were established, the geometric dimensions of the model were determined, the soil model and the type of its behavior were selected. The distribution of stresses and deformations in the embankment is analyzed. The zones of maximum displacement were determined and the limiting state of the embankment surface in contact with the wall and the slope soil was noted.

*Keywords:* embankment, retaining wall, modeling, soil deformations, stresses.

### **References**

1. Golovanov A.I., Berezhnoy D.V. The finite element method in the mechanics of deformable solids: publishing house "DAS", 2001. 300с.
2. GOST R 58917 - 2021 Technological engineering and design. General requirements. M.: National Standard of the Russian Federation, 2021. 6 p.
3. Dolzhikov P.N., Pasyuk M.Yu. Principles of mathematical modeling of the stress-strain state of a high retaining wall // construction and architecture: mater. International Scientific and Practical Conference 2015. pp. 369-371.