

мальною ефективністю роботи гірничодобувного підприємства.

У роботі були розглянуті існуючі способи підрахунку запасів корисних копалин. Для підрахунку запасів залізорудного родовища був обраний автоматизований метод підрахунку об'ємів корисних копалини і розкривних порід з використанням ГІС K-Mine. ГІС K-Mine містить велику кількість підпрограм для виконання вказаних обчислень. Модуль дозволяє виконувати розрахунки об'ємів різними методами (метод погоризонтних планів, метод поперечних розрізів, модифікований метод поперечних розрізів з використанням триангуляційних мереж і тому подібне).

Таким чином, ГІС-технології K-Mine дозволяють робити оперативну оцінку об'ємів гірських робіт при проектуванні і моделюванні гірських робіт

Список літератури

1. Букиринский В.А. Геометрия недр: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1985.
2. Давид М. Геоestatистические методы при оценке запасов руд. – Л.: Недра, 1980.
3. Калинин В.М. Многомерная геометрия форм и качественных свойств месторождений // Маркшейдерское дело и геодезия. Межвузовский сборник. – 1979. – вып. 6. – с. 99-105.
4. Крамбейн У., Грейбилл Ф. Статистические модели в геологии. – М.: Мир. – 1969. – 400 с.
5. Матерон Ж. Основы прикладной геостатистики. – М.: Мир, 1982.
6. Низгурецкий З.Д. К приложению теории нестационарных случайных функций для оценки результатов геометризации месторождений. – Л.: изд. ВНИМИ. – 1974. – Сб. № 93. – С. 99–113.
7. Переметчик А.В. Разработка эвристического алгоритма прогнозирования геологических показателей месторождений полезных ископаемых // Разработка рудных месторождений: Респ. межвед. науч.-техн. сб. – Кривой Рог: КТУ. – 2004. – Вып. 85 – С. 194 – 200.
8. Сидоренко В.Д., Федоренко П.И., Шолох М.В., Переметчик А.В., Подойницина Т.О. Геометризация родовищ корисних копалин. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів за напрямком «Гірництво». – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2008. – 367 с.
9. Федоренко П.И., Переметчик А.В., Подойницина Т.А. Аспекты математической и горно-геометрической обработки данных качественной оценки железорудных месторождений // Качество минерального сырья: Сб. научных трудов. – Кривой Рог: ГВУЗ «КНУ», 2018. – С. 271 –282.
10. Федоренко П.И., Переметчик А.В., Подойницина Т.А. Информационно-статистический и горно-геометрический анализ размещения показателей месторождения // Вісник Криворізького національного університету: збірник наук. праць. – Кривий Ріг: ДВНЗ «КНУ», 2018. – Вип. 46. – С. 75-81.
11. Федоренко П.И., Переметчик А.В., Подойницина Т.А. Прогнозирование и много-факторная геометризация качественных показателей железорудных месторождений на основе эвристических методов // Вісник Криворізького національного університету: збірник наук. праць. – Кривий Ріг: ДВНЗ «КНУ», 2016. – Вип. 41. – С. 165-170.
12. Федоренко П.И., Переметчик А.В., Подойницина Т.А. Геометризация качественных показателей месторождений и распределение пространственных переменных // Вісник Криворізького національного університету: збірник наук. праць. – Кривий Ріг: ДВНЗ «КНУ», 2017. – Вип. 45. – С. 70-77.
13. Федоренко П.И., Переметчик А.В., Подойницина Т.А. Геометризация показателей качества и планирование добычи железорудных месторождений // Гірничий вісник: Респ. міжгалузевий науково-техн. сб. – Кривий Ріг: ДВНЗ «КНУ», – 2014. – Вып. 97 – С. 111 – 114.
14. Krige D.G. A review of development of geostatistics in South Africa // In: Advanced Geostatistics in the Mining Industry. Reidel, Dordrecht, Netherlands. 1976. P. 279-294.
15. Matheron G. Kriging or polynomial interpolation procedures. – CIMM Trans., 70. 1967. P. 240-244.
16. Matheron G. The intrinsic random functions and their applications. – Adv. Appl. Prob., 5. 1973. P. 439-468.

Рукопис подано до редакції 04.04.18

УДК 624.137

Р. А. ТИМЧЕНКО, д-р техн. наук, проф., Д. А. КРИШКО, канд. техн. наук, ст. преподаватель,
В. О. САВЕНКО, аспирант
Криворожский национальный университет

РАСЧЕТ ПОДПОРНОЙ СТЕНЫ СО СТРУКТУРНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ С УЧЕТОМ ЕЕ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ С ГРУНТОМ

Цель. Проектирование оптимальных конструктивных решений с учетом конкретных условий эксплуатации одна из главных инженерных задач. Для подпорных стен, применяемых на подрабатываемых территориях с горизонтальными и вертикальными перемещениями грунта, эта задача является особенно важной.

Методы исследования. При небольших нагрузках грунт переходит в упругопластическое состояние, поэтому в расчетах необходимо учитывать этот фактор. Используется теория пластического течения с упрочнением, так как деформационные теории при сложном нагружении неприменимы. В такой постановке рассматриваемая здесь задача исследуется впервые. Интерес представляет расчет подпорных стен со структурной поверхностью с учетом ее совместной работы с грунтом. Существующие конструкции подпорных стен не рассчитаны на дополнительные усилия от горизонтального движения грунта, который вызывает концентрацию напряжений в нижней части лицевой плиты, что соответственно приводит к разрушению конструкции. В качестве исследуемой стены принята подпорной стена со структурной поверхностью, а именно монолитная подпорная стена уголкового типа, которая имеет вертикальный и горизонтальный элементы на поверхности, которых с контактной стороны, размещены опорные части и пустоты в виде усеченных пирамид одинакового размера и направленных меньшим основанием вглубь вертикального и фундаментного элементов. Расчет подпорной стены со структурной поверхностью выполнялся в соответствии с действующими нормативными документами, расчетное сопротивление грунта определялось как для длительно нагруженного основания.

Научная новизна. Разработка новых конструктивных решений подпорных стен способных воспринимать дополнительное воздействие от неравномерно деформируемого основания.

Практическая значимость. Выполненные расчеты позволят изучить процесс контактного взаимодействия подпорной стены и деформируемого основания, а также провести математическое моделирование их совместной работы.

Результаты. Результаты расчетов указывают на то, что в подпорной стене со структурной поверхностью идет снижение усилий (изгибающий момент, поперечная сила) в ее элементах.

Ключевые слова: подпорные стены со структурной поверхностью; расчет подпорных стен; расчетные усилия, сопротивление грунта.

doi: 10.31721/2306-5435-2018-1-104-65-71

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Проектирование оптимальных конструктивных решений с учетом конкретных условий эксплуатации одна из главных инженерных задач. Для подпорных стен, применяемых на подрабатываемых территориях с горизонтальными и вертикальными перемещениями грунта, эта задача является особенно важной. Экспериментальные исследования показали, что напряженно-деформированное состояние основания во многом определяется характеристиками конструкции условиями работы и нагружения [1]. В связи с этим возникает необходимость в разработке новых конструктивных решений подпорных стен способных воспринимать дополнительное воздействие от неравномерно деформируемого основания.

Известно, что даже при небольших нагрузках грунт переходит в упругопластическое состояние, поэтому в расчетах необходимо учитывать этот фактор. Используется теория пластического течения с упрочнением, так как деформационные теории при сложном нагружении неприменимы [2]. В такой постановке рассматриваемая здесь задача исследуется впервые. Интерес представляет расчет подпорных стен со структурной поверхностью с учетом ее совместной работы с грунтом.

Анализ исследований и публикаций. В настоящее время данная проблема актуальна для подрабатываемых территорий и для просадочных грунтов, т.к. при сложных деформациях основания не всегда можно реализовать имеющиеся технические решения в виду их неприспособленности к условиям работы. Существующие конструкции подпорных стен не рассчитаны на дополнительные усилия от горизонтального сдвижения грунта, который вызывает концентрацию напряжений в нижней части лицевой плиты, что соответственно приводит к разрушению конструкции.

Статическому расчету подпорных стенок посвящено значительное количество исследований [3, 4]. Количество работ по динамике этих сооружений, особенно с учетом упругопластических свойств их материалов, значительно меньше [5, 6]. Обычно, динамические расчеты выполняются, если на сооружение действуют импульсные, вибрационные или подвижные нагрузки [7].

Многие ученые посвятили свои работы вопросу определения бокового давления грунта на гибкие подпорные стенки с учетом их совместной работы с грунтовым массивом. Так, В.Ф. Раюк [8, 9] исследовал характер и величину бокового давления на вертикальную грань подпорной стенки с учетом ее деформаций и смещения, используя при этом модель линейно-деформируемой четвертьплоскости, но он не рассматривал совместную работу вертикальной стенки и фундамента как единой системы, взаимодействующей с грунтом. Е.И. Чернышева [10] исследовала вопрос о влиянии гибкости вертикальной стенки на величину бокового давления

грунта. И.Я.Лучковский [11], используя метод суперпозиций, дает решение по определению бокового давления грунта на подпорные стенки от узких нагрузок и сосредоточенной силы. Он обращает внимание на затухание с глубиной бокового давления грунта от пригрузки. Однако и эти авторы при определении бокового давления не учитывали совместную работу вертикальной стенки и фундамента как единой системы, взаимодействующей с грунтом. И.А. Симвулиди [12] рассчитывает гибкую подпорную стенку с учетом взаимодействия всех ее элементов с грунтом, но в качестве модели грунта, как засыпки, так и основания вводит линейно-деформируемую полуплоскость, что не совсем корректно. Кроме того, этот метод не позволяет учитывать влияние пригрузки на НДС системы. Таким образом, для оценки НДС гибких подпорных стенок уголкового профиля необходим учет совместной работы всей стенки с грунтом и применение более обоснованных моделей грунта в районе ее вертикального и горизонтального элементов.

Постановка задачи. Целью исследований является выполнение расчета подпорной стены со структурной поверхностью с учетом ее совместной работы с грунтом, для изучения их контактного взаимодействия и проведение сравнения результатов расчетов обычной подпорной стены уголкового типа и подпорной стены со структурной поверхностью.

Изложение материала и результаты. Расчет подпорной стены со структурной поверхностью выполнялся в соответствии с действующими нормативными документами [13, 14].

Объектом исследования является ПССП, а именно монолитная подпорная стена уголкового типа (рис. 1), которая имеет вертикальный и горизонтальный элементы на поверхности, которых с контактной стороны, размещены опорные части и пустоты в виде усеченных пирамид одинакового размера и направленных меньшим основанием вглубь вертикального и фундаментного элементов [5].

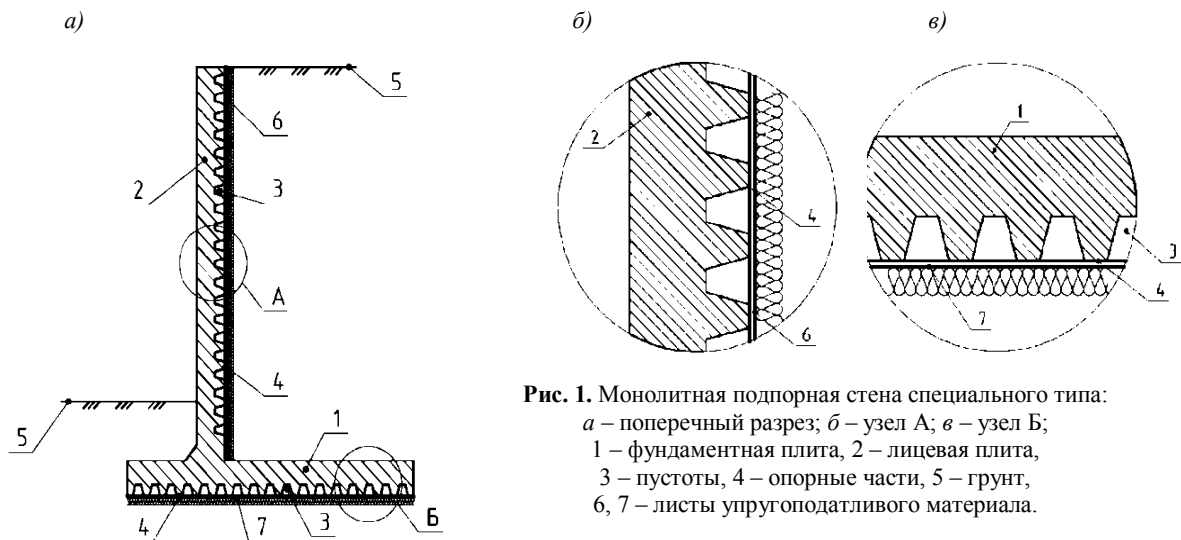


Рис. 1. Монолитная подпорная стена специального типа:
 а – поперечный разрез; б – узел А; в – узел Б;
 1 – фундаментная плита, 2 – лицевая плита,
 3 – пустоты, 4 – опорные части, 5 – грунт,
 6, 7 – листы упругоподатливого материала.

Монолитная подпорная стенка уголкового типа состоит из фундаментной плиты 1, которая имеет пустоты 3 и опорные части 4, которые расположены на подошве и вертикального элемента 2, который также имеет пустоты 3 и опорные части 4, которые расположены с тыльной стороны. Грунт 5 направленный в пустоты 3, которые имеют форму усеченных пирамид. Под подошвой фундаментной плиты и с тыльной стороны вертикального элемента расположены два листа упругоподатливого материала. С развитием деформирующей нагрузки во времени, то есть с вертикальными и горизонтальными перемещениями грунта по отношению к монолитной стене уголкового типа, после ее установки, происходит постепенное проникновения грунта 5 в пустоты 3. Преждевременное заполнение пустот предотвращается листами упругоподатливого материала 6, 7.

Исходные данные для расчета:

1. Характеристики грунта основания:

для первой группы предельных состояний: угол внутреннего трения – 22° , объемный вес – $17,85 \text{ Н/м}^3$, удельное сцепление – $19,51 \text{ кПа}$;

для второй группы предельных состояний: угол внутреннего трения – 20° , объемный вес – $1,78 \text{ Н/м}^3$, удельное сцепление – $19,51 \text{ кПа}$;

2. Проектная ситуация устройства подпорной стены:
 - схема опирания лицевой панели – консольная;
 - относительные отметки: верха подпорной стены – 4,5 м, подошвы – 1,5 м, грунта со стороны засыпки – 4,5 м, грунта со стороны лицевой панели – 1 м;
3. Нагрузки на грунте засыпки – равномерно распределенная 29,42 кПа;
4. Геометрия обычной подпорной стены приведена на (рис. 2), подпорной стены со структурной поверхностью на (рис. 3).

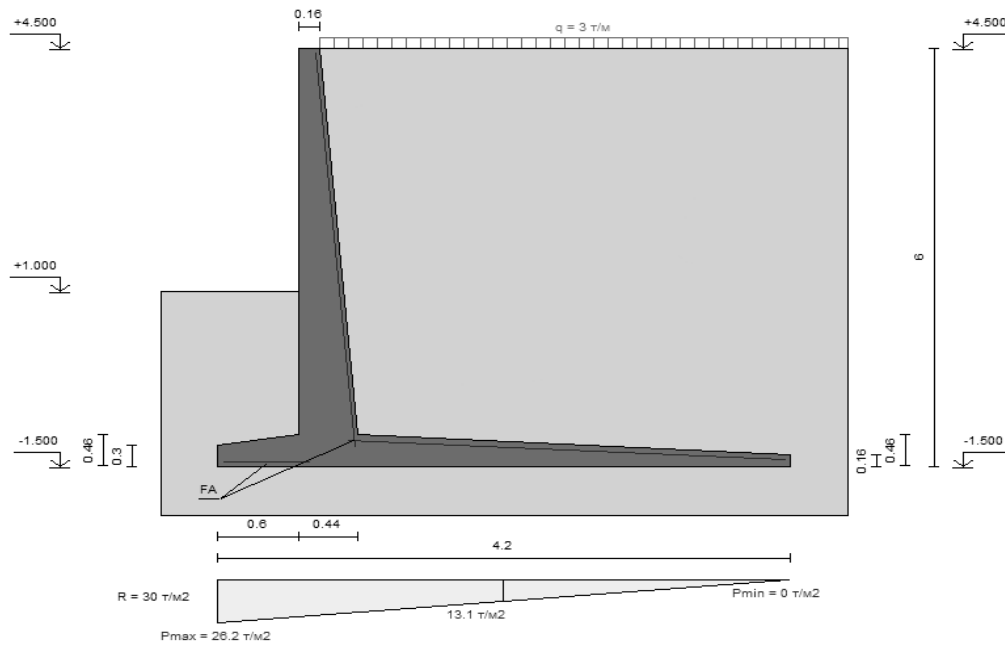


Рис. 2. Расчет обычной подпорной стены

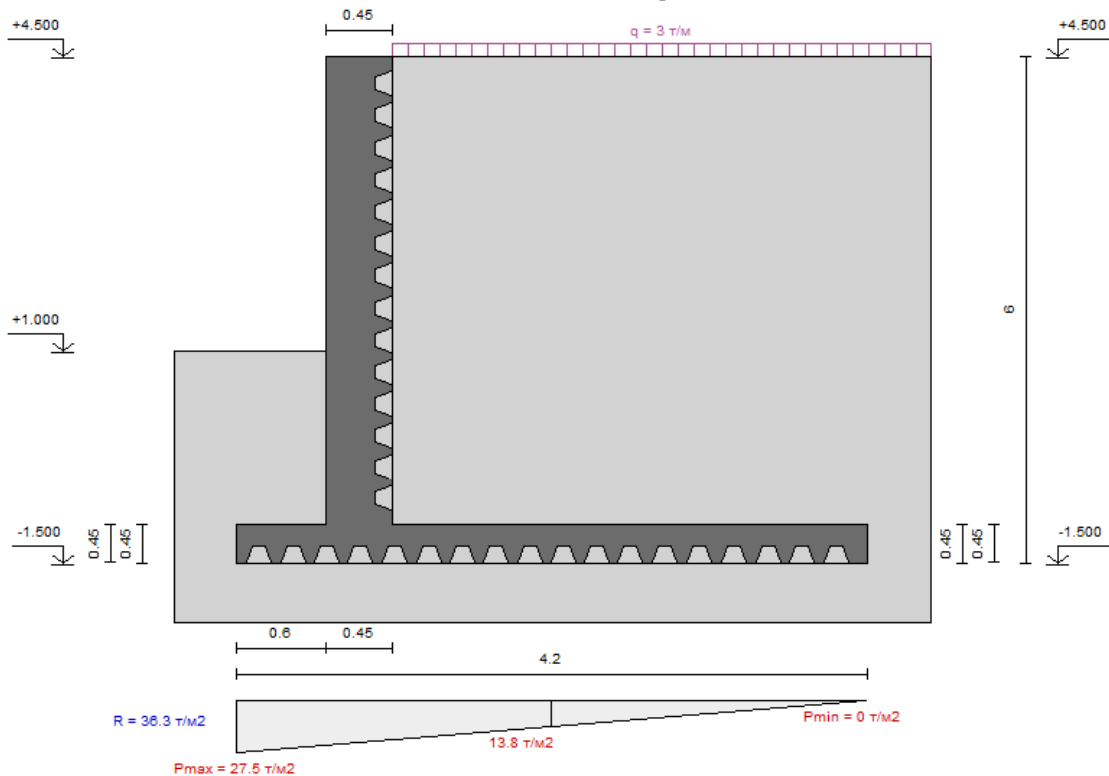
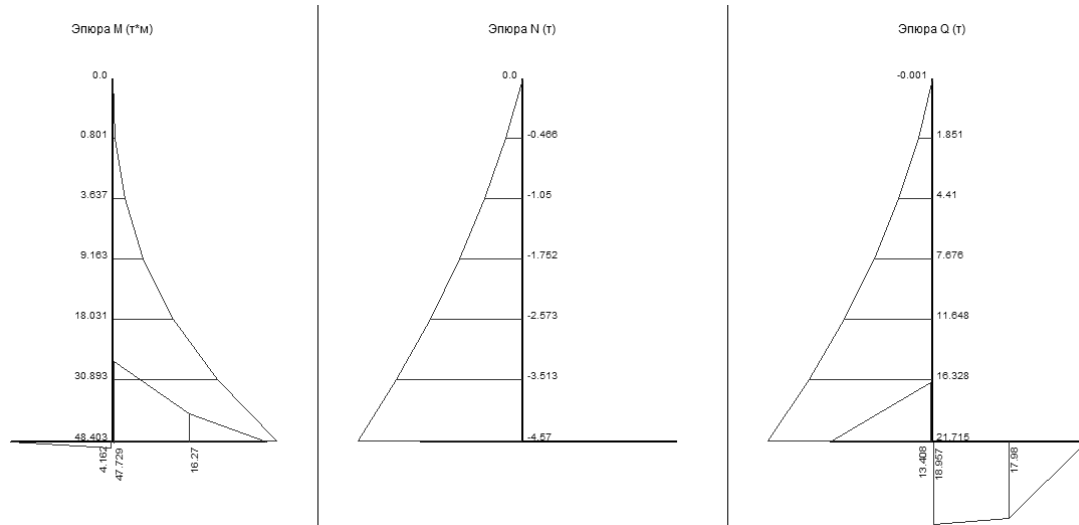


Рис. 3. Расчет подпорной стены со структурной поверхностью

Результаты расчета приведены на (рис. 4) для обычной подпорной стены и на (рис. 5) для подпорной стены со структурной поверхностью.

a)



б)

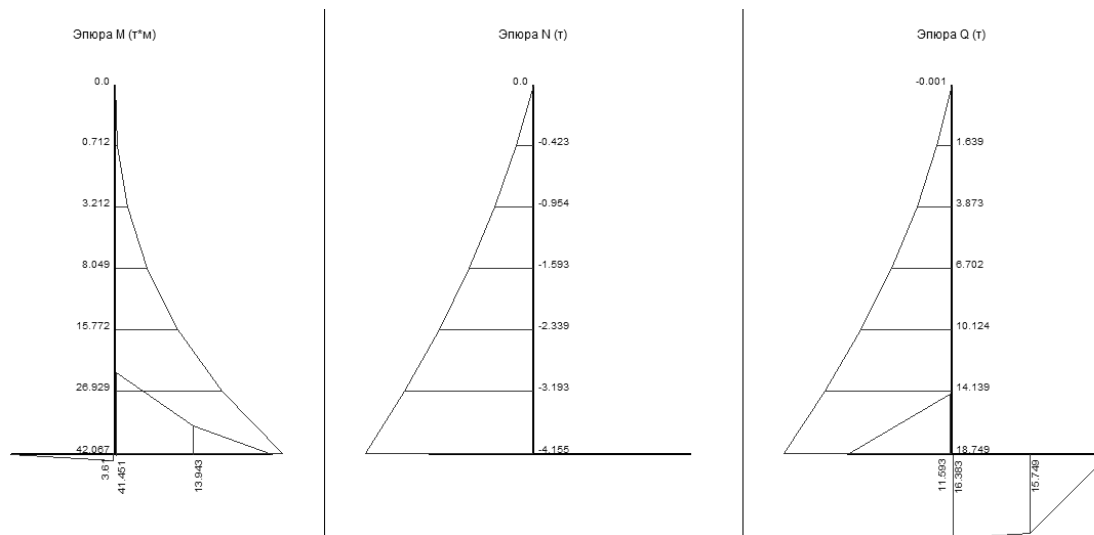
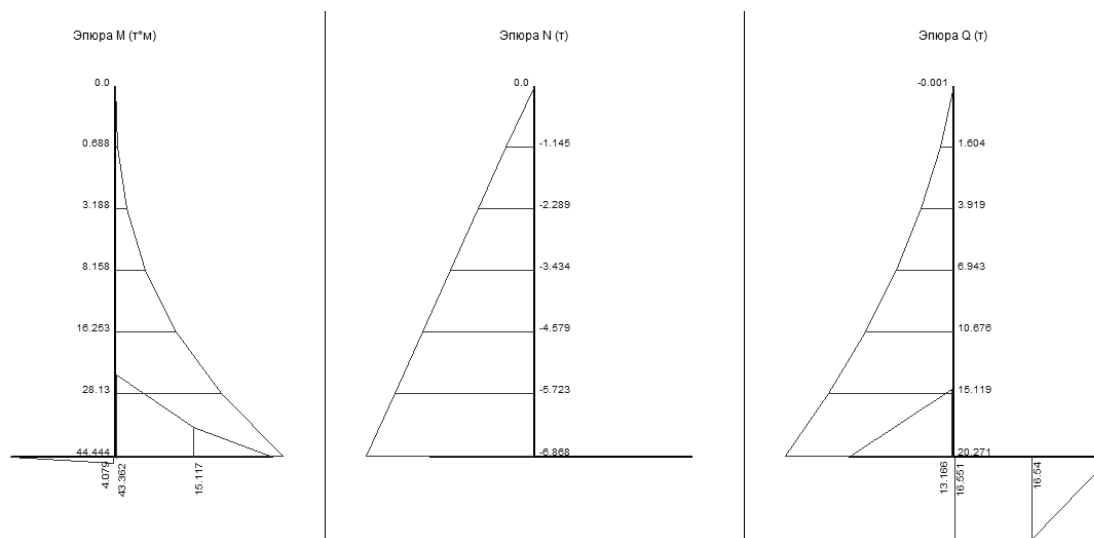


Рис. 4. Эпюры момента, отпора и поперечной силы обычной подпорной стены:
 а – по потере несущей способности; б – по непригодности к нормальной эксплуатации

a)



б)

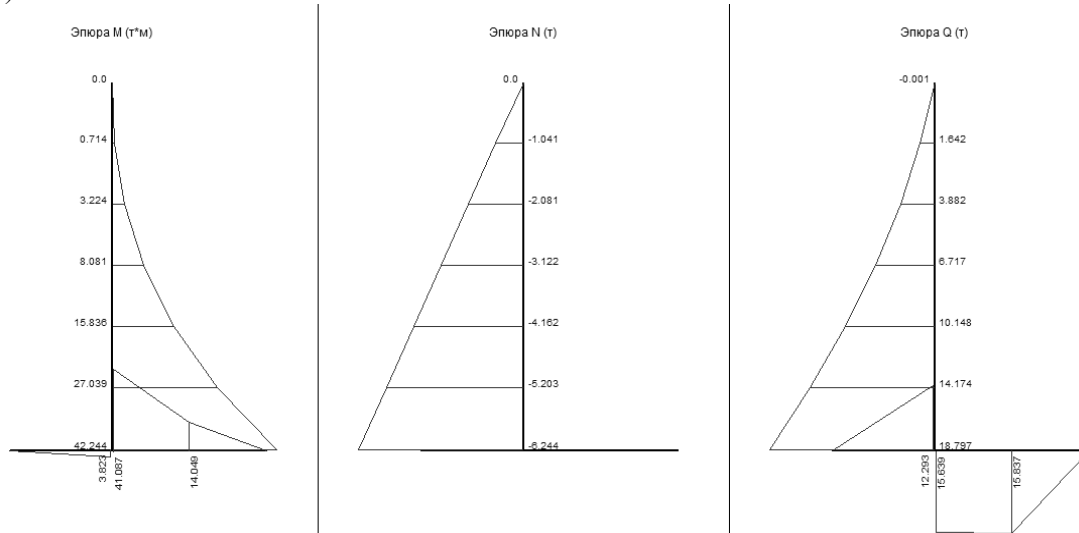


Рис. 5. Эпюры момента, отпора и поперечной силы подпорной стены со структурной поверхностью: а – по потере несущей способности; б – по непригодности к нормальной эксплуатации

Анализируя результаты расчета можно сделать следующие выводы: уменьшение изгибающего момента в элементах стены на 10%, а также поперечной силы на 7%.

Выводы и направление дальнейших исследований. Результаты расчета свидетельствуют о том, что структурная поверхность подпорной стены повышает несущую способность грунта за счет образования упругих ядер и разгружающих сводов. Это в свою очередь продлевает срок эксплуатации сооружения и позволяет получить экономический эффект.

Дальнейшие исследования направлены на расчет системы «основание – подпорная стена» методом конечных элементов с помощью программного комплекса «LIRA 9.6».

Список литературы

1. **Тімченко Р. О.** Напружено-деформований стан підпірних стінок спеціального типу при складних деформаціях / **Р. О. Тімченко, О. Б. Настич, Д. А. Крішко, В. О. Савенко** // Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація. – Полтава: ПолтНТУ, 2014. – Вип. 11. – С. 295-301.
2. **Ивлев Д. Д.** Теория упрочняющегося пластического тела // **Д. Д. Ивлев, Г. И. Быковцев.** – М.: Наука, 1971. – 231 с.
3. **Клейн Г. К.** Расчет подпорных стен // **Г. К. Клейн.** – М.: Высшая школа, 1964. – 196 с.
4. **Яковлев П. И.** Взаимодействие сооружений с грунтом // **П. И. Яковлев, А. Г. Бибичков, Д. А. Бибичков.** – М.: Недра, 1997. – 464 с.
5. **Гришин А. В.** Нелинейные динамические задачи расчета портовых гидротехнических сооружений // **А. В. Гришин, Е. Ю. Федорова.** – Одесса: ОГМУ, 2002. – 126 с.
6. **Гришин А. В.** Нелинейная динамика оградительных сооружений // **А. В. Гришин, Е. Ю. Федорова.** – Одесса: ОНМУ, 2002. – 240 с.
7. **Смирнов А. Ф.** Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений // **А. Ф. Смирнов.** – М.: Стройиздат, 1984, – 415 с.
8. **Раюк В. Ф.** Расчет давления грунта на подпорные стенки / **В. Ф. Раюк** // Речной транспорт. – К., 1965. – № 5. – С. 46-49.
9. **Раюк В. Ф.** Расчет бокового давления грунта на вертикальную грань подпорной стенки с учетом ее деформации и смещения / **В. Ф. Раюк** // Гидротехническое строительство. – К., 1968. – № 2. – С.35-40.
10. **Чернишова К. Й.** Результати дослідження розподілу тиску ґрунту на гнучкі підпірні стінки / **К. Й. Чернишова** // Доповіді АН УРСР. – К.: Наукова думка. – 1964. – Вип. 12. – С. 1609-1613.
11. **Лучковский И. Я.** Взаимодействие конструкций с основанием / **И. Я. Лучковский** // Библиотека журнала ГТЕ. – Харьков: ХДАГХ. – 2000. – Т. 3. – 264 с.
12. **Симвулиди И. А.** Расчет инженерных конструкций на упругом основании // **И. А. Симвулиди.** – М.: Высш. шк., 1987. – 575 с.
13. **ДСТУ-Н Б В.2.1-31:2014.** Настанова з проектування підпірних стін – К.: Мінрегіон України, 2015. – 86 с.
14. **ДСТУ Б В.3.1-2:2016.** Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій та основ будівель і споруд. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 72 с.
15. **Пат. 62715.** Україна, МПК 7 E02D 29/02. Підпірна стінка: 62715 Україна, МПК E02D 27/00 **Вілкул Ю.Г., Тімченко Р.О., Крішко Д.А., Дмитрієва К.Ю., Бондар Ю.М.** (Україна). – № 2003054146; Заявл. 08.05.2003; Опубл. 15.12.2003, Бюл. № 12. – 5 с.

Рукопись поступила в редакцию 06.04.2018