

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»**

**НАУКА И МОЛОДЕЖЬ:
ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ**

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ВЫПУСК 27

*Труды Всероссийской научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
16 – 17 мая 2023 г.*

ЧАСТЬ II

Под общей редакцией профессора С.В. Коновалова

**Новокузнецк
2023**

ББК 74.48.288
Н 340

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор Коновалов С.В.,
д-р техн. наук, профессор Фрянов В.Н.,
канд. техн. наук, доцент Чаплыгин В.В.,
канд. техн. наук, доцент Риб С.В.,
д-р техн. наук, профессор Кулаков С.М.,
канд. техн. наук, доцент Темлянцева Е.Н.

Н 340

Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 16–17 мая 2023 г. Выпуск 27. Часть II. Технические науки / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет ; под общ. ред. С. В. Коновалова – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2023. – 364 с. : ил.

ISSN 2500-3364

Представлены труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ. Вторая часть сборника посвящена актуальным вопросам в области перспективных технологий разработки месторождений полезных ископаемых; информационных технологий и систем автоматизации управления; экологии, безопасности, рационального использования природных ресурсов.

Материалы сборника представляют интерес для научных и научно-технических работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

ISSN 2500-3364

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2023

І ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК 622.7

О РАСЧЕТЕ ПОЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ В МАССИВЕ УГЛЕСОДЕРЖАЩЕГО МАТЕРИАЛА ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ

Гельгенберг И.О., Прошунин Ю.Е.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: domikParatoz@gmail.com*

В настоящей статье предложен метод расчета поля напряжений в массиве углесодержащего материала переменного сечения, имеющего форму опрокинутого усеченного конуса и ограниченного жесткими поверхностями. На примере угольных концентратов показана достоверность получаемых с его помощью результатов.

Ключевые слова: углесодержащий сыпучий материал, массив материала переменного сечения, равновесие слоя элементарной толщины, дифференциальное неоднородное уравнение, расчет, распределение напряжений.

Метод расчета распределения напряжений в массивах сыпучего материала (СМ) переменного сечения, ограниченного ограждающими поверхностями и имеющего форму опрокинутого усеченного конуса, был предложен инженером Н.В. Сорокиным [1, 2].

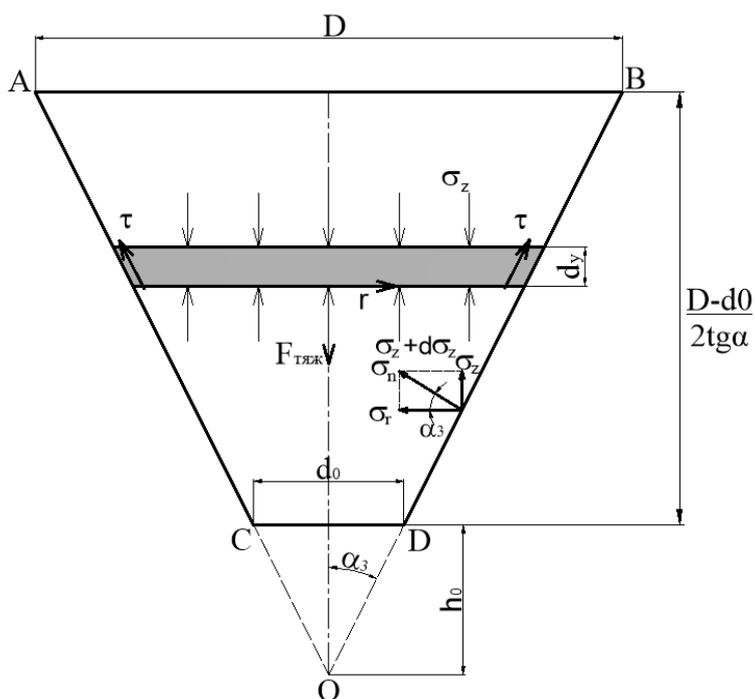


Рисунок 1 – Распределение сил, действующих на слой СМ

Рассмотрев равновесие несжимаемого слоя СМ элементарной толщины (рисунок 1), автор получил дифференциальное уравнение равновесия:

$$\rho q S dz + \sigma_z S - (\sigma_z + d\sigma_z)(S + dS) - V = 0. \quad (1)$$

где S – площадь сечения, m^2 ;

D – диаметр бункера, m ;

ρ – объемная плотность углесодержащего СМ, kg/m^3 ;

f_w – коэффициент внешнего трения;

g – ускорение свободного падения m/c^2 ;

V – напряжение трения, kPa .

Однако, недостаточный для того времени уровень знаний о механике сыпучего материала не позволил Н.В. Сорокину получить связь между вертикальными и нормальными к поверхности стенки аппарата напряжениями и использовать полученный метод в качестве прогнозного.

В работе [3] для этой цели используется соотношение Кенена (2), где за величину коэффициента бокового давления (ξ_p) предложено принимать отношение главных напряжений идеально сыпучего материала, находящегося в пассивном предельном напряженном состоянии:

$$\xi_p = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}. \quad (2)$$

где ξ_p – коэффициент бокового давления для пассивного ($\sigma_z < \sigma_r$) предельного напряженного состояния.

Справедливость предположения о наличии в массиве пассивного напряженного состояния для неподвижного слоя вещества в коническом хранилище подтверждается данными многих исследователей [3].

Однако, выражение (2) показывает отношение горизонтального и вертикального напряжений и не вполне подходит для рассматриваемого случая. С нашей точки зрения, связь нормального и вертикального напряжений на основании выражения (2) и анализа условий у ограждающей поверхности емкости описывается уравнением:

$$\sigma_r = \sigma_z (\sin \alpha_3 + \xi \cos \alpha_3). \quad (3)$$

В этом случае в уравнении (1) в соответствии со схемой на рисунке 1 имеем:

$$F = \frac{\pi}{4} * (D - 2ztg\alpha_3)^2 \quad (4)$$

$$dF = -\pi t g \alpha_3 (D - 2ztg\alpha_3) dz \quad (5)$$

$$V = \pi f_w (tg\alpha_3 + \xi)(D - 2ztg\alpha_3)\sigma_z dz \quad (6)$$

После подстановки полученных выражений в уравнение (1), исключения бесконечно малых величин второго порядка, приведения подобных и некоторых преобразований получим линейное дифференциальное неоднород-

ное уравнение:

$$\frac{d\sigma_z}{dz} + \frac{4[f_w(tg\alpha_3 + \xi) - tg\alpha_3]}{D - 2ztg\alpha_3} \sigma_z = \rho g. \quad (7)$$

Решение этого дифференциального уравнения при начальном условии $\sigma_z=0=\sigma_0$ имеет следующий вид:

$$\sigma_z = \sigma_0 \left(1 - \frac{2ztg\alpha_3}{D}\right)^{\frac{m}{2tg\alpha_3}} + \frac{\rho g(D - 2ztg\alpha_3)}{2tg\alpha_3 - m} \left[\left(1 - \frac{2ztg\alpha_3}{D}\right)^{\frac{m}{2tg\alpha_3} - 1} - 1 \right], \quad (8)$$

$$\text{где } m = 4[f_w(tg\alpha_3 + \xi) - tg\alpha_3]. \quad (9)$$

Анализ выражения (8) показывает, что в частном случае (при $\sigma_0 = 0$) зависимость $\sigma(z)$ экстремальна с максимумом при:

$$z = \frac{D}{2tg\alpha_3} \left[1 - \left(\frac{2tg\alpha_3}{m}\right)^{\frac{2tg\alpha_3}{m-2tg\alpha_3}} \right]. \quad (10)$$

При наличии внешней нагрузки ($\sigma_0 \neq 0$) координаты максимальных напряжений в конической части емкости определяются выражением:

$$z = \frac{D}{2tg\alpha_3} \left\{ 1 - D^{\frac{2tg\alpha_3}{m-2tg\alpha_3}} \left[\frac{m}{2tg\alpha_3 \rho g} (\sigma_0(2tg\alpha_3 - m) + \rho g D) \right]^{\frac{2tg\alpha_3}{m-2tg\alpha_3}} \right\}. \quad (11)$$

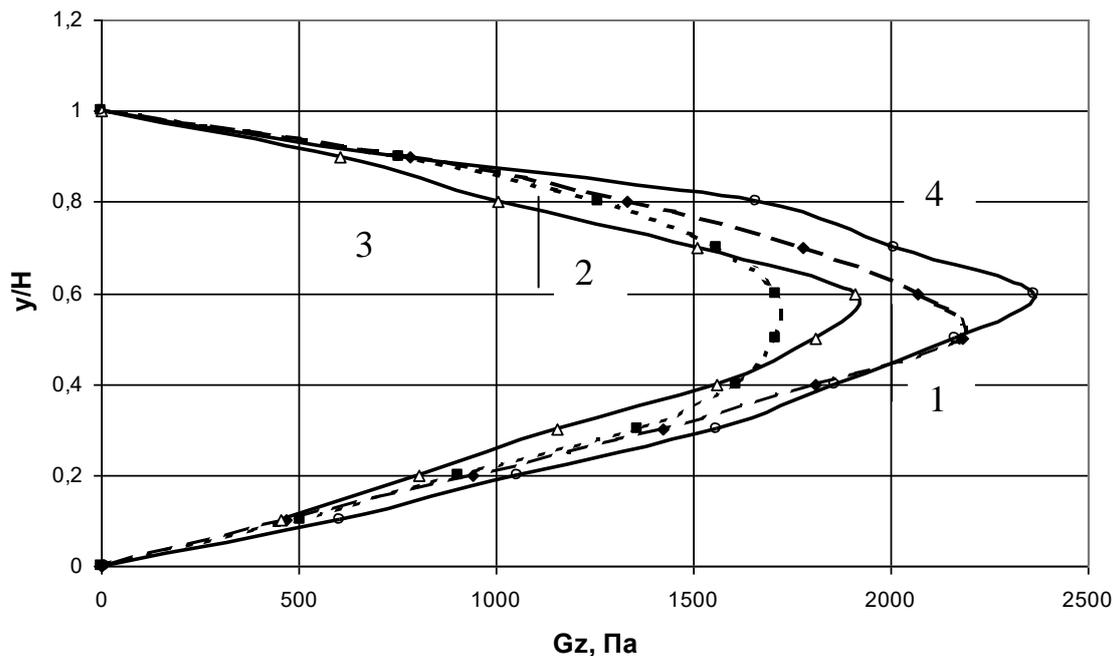
С увеличением σ_0 экстремум смещается к верхней границе конуса. При достижении значений $\sigma_0 \geq \rho g D/m$ величина напряжений в конической части по мере приближения к плоскости выпускного отверстия монотонно снижается.

Выражение (8) удовлетворительно описывает экспериментальные данные [3], приведенные на рисунке 2.

При использовании установленной зависимости для расчета вертикального напряжения на уровне выпускного отверстия оно существенно упрощается и приобретает вид:

$$q = \sigma_0 \left(\frac{d_0}{D}\right)^{\frac{m}{2tg\alpha_3}} + \frac{\rho g}{2tg\alpha_3 - m} \left[D \left(\frac{d_0}{D}\right)^{\frac{m}{2tg\alpha_3}} - d_0 \right]. \quad (12)$$

Решение для сжимаемого СМ может быть легко получено одним из численных методов при совместном рассмотрении (8) и функциональной зависимости объемной плотности от уплотняющего давления $\rho = \rho(\sigma_z)$.



1 – расчетные по отношению (3), 2 – расчетные 3 и 4 – соответственно экспериментальные минимальные и максимальные значения по А.В. Каталымову [3]

Рисунок 2 – Эпюры вертикального напряжения в конической части емкости

Показано, что установленные с учетом особенностей переработки углеродсодержащих СМ закономерности формирования полей напряжений и объемных плотностей в неподвижном слое СМ переменного сечения соответствуют экспериментальным результатам и представлениям большинства исследователей.

Библиографический список

1. Сорокин Н.В. Обобщение формулы Янсена для силосов, наполненных разнородными материалами / Н.В. Сорокин // Советское мукомолье и хлебопечение. – 1934. – №3. – С. 16 – 17.
2. Сорокин Н.В. Давление сыпучих тел на стены и дно силосов переменного сечения / Н.В. Сорокин // Советское мукомолье и хлебопечение. – 1935. – №4. – С. 17 – 20.
3. Каталымов А.В., Любартович В.А. Дозирование сыпучих и вязких материалов / А.В. Каталымов, В.А. Любартович. – Л.: Химия, 1990. – 240 с.

СОДЕРЖАНИЕ

I ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	2
О РАСЧЕТЕ ПОЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ В МАССИВЕ УГЛЕСОДЕРЖАЩЕГО МАТЕРИАЛА ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ <i>Гельгенберг И.О., Прошунин Ю.Е.</i>	3
О РАСЧЕТЕ ПОЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ В МАССИВЕ УГЛЕСОДЕРЖАЩЕГО СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА <i>Гельгенберг И.О., Прошунин Ю.Е.</i>	7
О ТЕОРЕТИЧЕСКОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОБЪЕМНОЙ ПЛОТНОСТИ УГЛЕСОДЕРЖАЩИХ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ <i>Гельгенберг И.О., Прошунин Ю.Е.</i>	11
РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ И СРЕДСТВ СНИЖЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА СОВРЕМЕННОЙ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ В УСЛОВИЯХ КУЗБАССА, НА ПРИМЕРЕ ШАХТЫ «ЕРУНАКОВСКАЯ-VIII» <i>Хабибулова А.Р., Коряга М.Г.</i>	15
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТАБЛИЧНЫХ ПРОЦЕССОРОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕХНОЛОГИЯ ОТРАБОТКИ ПОЛОГИХ ПЛАСТОВ» <i>Шинтев И.С., Володина А.В.</i>	20
РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДЕГАЗАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОРАЗРЫВА УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В УСЛОВИЯХ ШАХТ КУЗБАССА <i>Шинтев И.С., Коряга М.Г.</i>	23
ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЯ ВДОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОРОГ <i>Альвинский Я.А., Григорьев А.А., Мананников С.Д., Никитина О.Ю.</i>	28
АППАРАТ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ РЕЗКИ МАССИВА ПОРОД И РАСШИРЕНИЯ СКВАЖИН <i>Альвинский Я.А. Григорьев А.А. Мананников С.Д., Никитина А.М.</i>	32
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СКОРОСТИ КОЛЕБАНИЙ ПОВЕРХНОСТИ ОТ РАССТОЯНИЯ ДО ПАДАЮЩЕГО ГРУЗА <i>Апёнкин Д.Е., Михайлов Д.С., Волошин В.А.</i>	36
РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ВЛИЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВОВ И КОРРЕКТИРОВКА ПАСПОРТА БВР НА РАЗРЕЗЕ «МЕЖДУРЕЧЬЕ» <i>Апёнкин Д.Е., Михайлов Д.С., Волошин В.А.</i>	40
ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ СИБГИУ НА РАЗРЕЗЕ АО «МЕЖДУРЕЧЬЕ» «НОВАЯ ГОРНАЯ УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ» <i>Апенкин Д.Е., Михайлов Д.С., Волошин В.А.</i>	44
ОПТИМИЗАЦИЯ МОНТАЖНО-ДЕМОНТАЖНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ «СИБИРГИНСКАЯ» <i>Елкина Д.И., Никитина А.М.</i>	47

Научное издание

НАУКА И МОЛОДЕЖЬ: ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Выпуск 27

*Труды Всероссийской научной конференции студентов,
аспирантов и молодых ученых*

Часть II

Под общей редакцией
Технический редактор
Компьютерная верстка

С.В. Коновалова
Г.А. Морина
Н.В. Ознобихина

Подписано в печать 25.04.2023 г.

Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 21,0 Уч.-изд. л. 23,40 Тираж 300 экз. Заказ № 92

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42
Издательский центр СибГИУ