

Автор:

Лосик Анна Сергеевна

Ученица 10А класса

Руководитель:

Алиева Ольга Ивановна

учитель физики

ГУО «Средняя школа №4 г. Червенья»

Республика Беларусь

Минская область

г. Червень

## **Научно-исследовательская работа**

### **КОНИЧЕСКИЕ ГОРКИ**

Не прилипающий гранулированный материал может при насыпании образовать конусо-подобную горку. Исследовать параметры, которые влияют на образование конуса и угол наклона его боковой поверхности.

#### **Поставлены следующие цели:**

1. Исследовать различные материалы на образование конуса, используя метод фиксированной воронки.

2. Исследовать зависимость угла наклона боковой поверхности от гранулометрического состава, формы и удельного веса материала, используя методы наклона коробки, вращающегося диска и фотографии.

Воспроизведём теоретическую ситуацию. В случае, когда объемные гранулированные материалы выливаются на горизонтальную поверхность, образуется коническая свая. Внутренний угол между поверхностью сваи и горизонтальной поверхностью известен как угол покоя и связан с плотностью, площадью поверхности и формами частиц, коэффициентом

трения материала. Материал с небольшим углом покоя образует более плоские сваи, чем материал с высоким углом покоя.

Эксперимент был выполнен в соответствии с поставленными целями. Были исследованы следующие материалы: гречка (1), соль (2), сахар (3), перловка (4), овсяные хлопья (5), рис (6), крахмал (7), цемент (8), песок (9).



### **Порядок выполнения:**

#### ***Методом фиксированной воронки.***

Отмерили каждого материала (1-9) по 150 мл. Насыпали материал через воронку до образования конуса. Кончик воронки должен удерживаться вблизи растущего конуса и медленно подниматься по мере роста кучи, чтобы минимизировать воздействие падающих частиц. Насыпать материал следует лишь тогда, когда куча достигнет заданной высоты или основание заданной ширины.

Измерили несколько раз диаметр конуса линейкой.

Вычислили радиус по формуле  $r = d : 2$

Из формулы объёма конуса вычислили высоту воронки

$$h = \frac{3V}{3.14r^2}$$

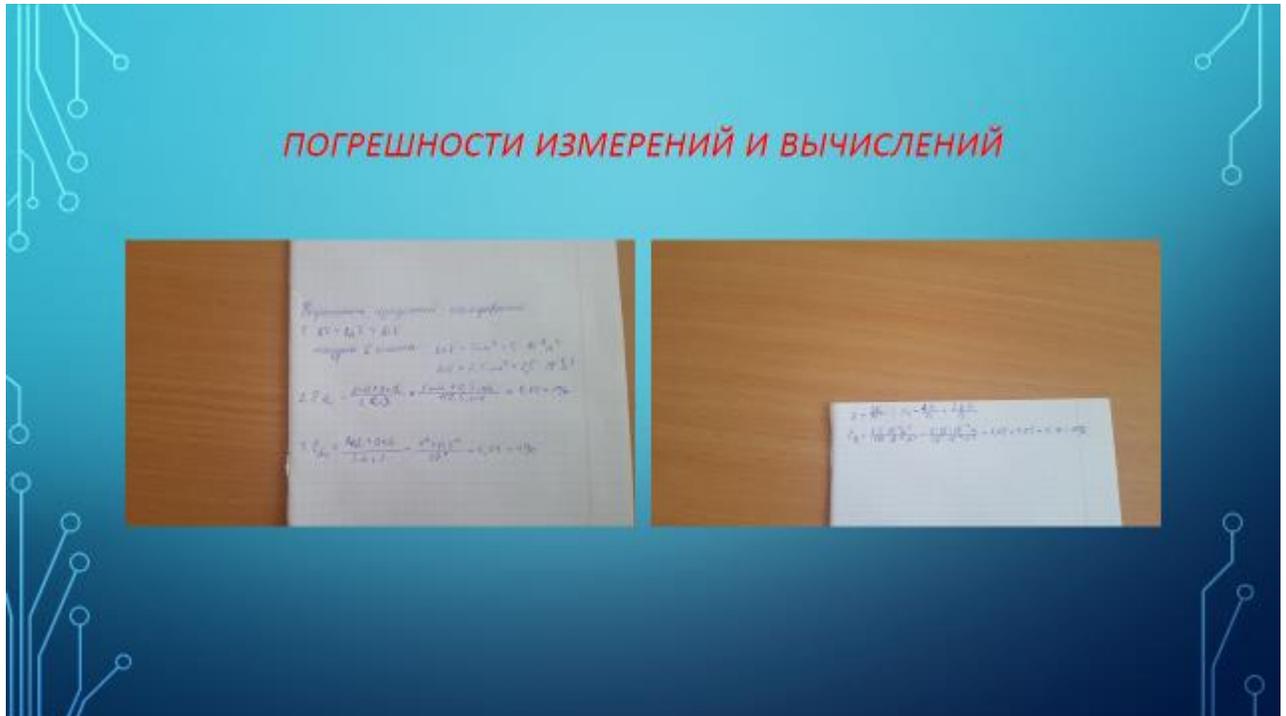
Вычислили тангенс угла покоя  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{r}$

По таблице нашли угол  $\alpha$

ЧЕМ ЛУЧШЕ СЫПУЧЕСТЬ МАТЕРИАЛА, ТЕМ МЕНЬШЕ УГОЛ.

№	Материал V= 150мл	Диаметр Сред.,м	Радиус м	Высота м	Тангенс угла $\alpha$	Величина угла $\alpha$ ,град.
1.	Гречка	0.1175	0.0587	0.0415	0.82029	37
2.	Соль	0.1325	0.0662	0.0326	0.49286	26
3.	Сахар	0.1200	0.0600	0.0398	0.66348	33.5
4.	Перловка	0.1150	0.0575	0.0433	0.72110	35
5.	Овсяные хлопья	0.1110	0.0555	0.0465	0.83830	38.5
6.	Рис	0.1225	0.0612	0.0382	0.62368	32
7.	Крахмал	0.1225	0.0612	0.0382	0.62368	32
8.	Цемент	0.1145	0.0572	0.0437	0.76375	37
9.	Песок	0.1160	0.0336	0.0426	0.73448	36

## Вычисление погрешностей измерений и вычислений:



Из полученных результатов исследования, можем сделать следующий вывод: *чем лучше сыпучесть материала, тем меньше угол.*

Рассмотрим зависимость угла покоя данных материалов от процесса увеличения их влажности.

Следует учитывать, что морфология материала влияет на угол покоя; гладкие, округлые песчаные зерна не могут быть сложены так круто, как грубые, блокирующие пески. На угол откоса также могут влиять добавки растворителей; если небольшое количество воды способно преодолеть промежутки между частицами, электростатическое притяжение воды к минеральным поверхностям увеличит угол покоя.

Для исследования зависимости угла наклона боковой поверхности от гранулометрического состава, формы и удельного веса материала взяты следующие материалы: Крахмал (1), Сода (2), Рис (3), Цемент (4), Снег (5).

В ходе эксперимента использованы методы наклона коробки, вращающегося цилиндра, фотографии.

*Для исследования зависимости угла наклона боковой поверхности от гранулометрического состава, формы и удельного веса мы взяли: крахмал, соду, снег, рис.*

*Проверили исследования используя метод наклона коробки, вращающегося цилиндра и фотографии.*



### ***Метод наклона коробки.***

Метод подходит для мелкозернистых, материалов с индивидуальным размером частиц менее 10 мм. Материал помещают в коробку с прозрачной стороной для наблюдения за гранулированным материалом. Сначала он должен быть ровным и параллельным основанию коробки. Коробка медленно наклоняется до тех пор, пока материал не начнет скользить по объему. Угол наклона измеряется.

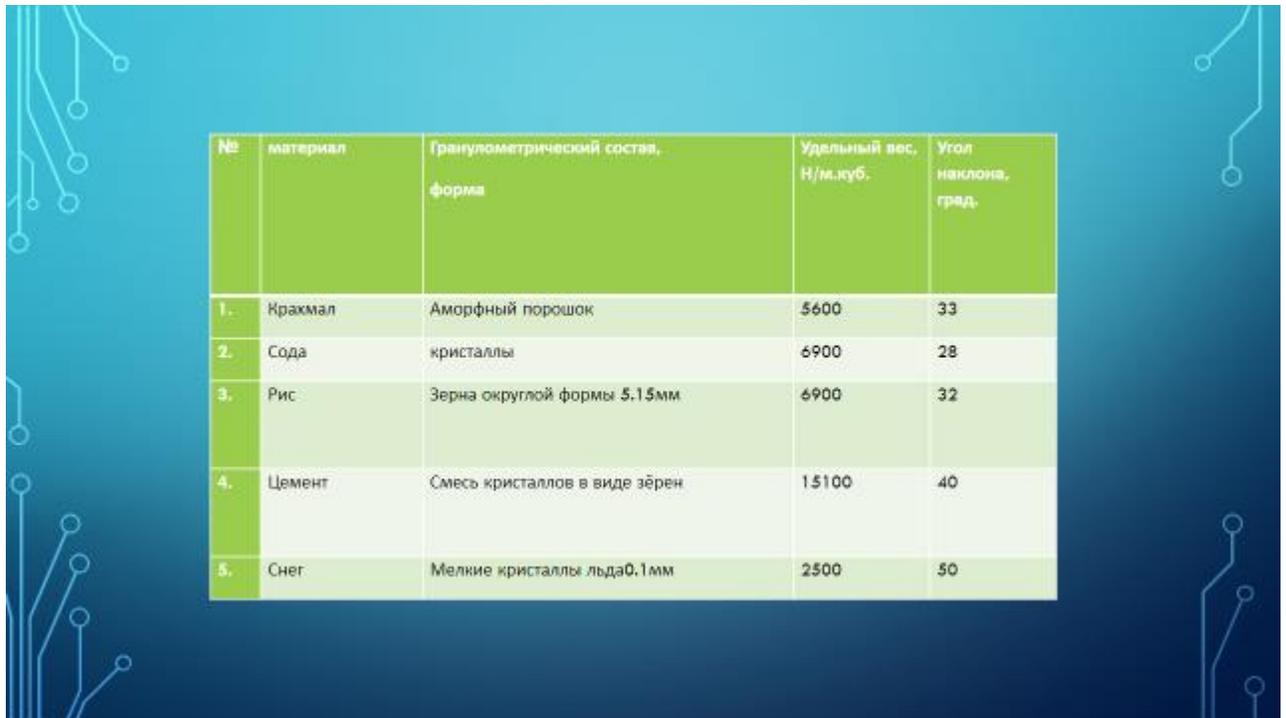
### ***Метод вращающегося цилиндра.***

Материал помещается в цилиндр с минимум одной прозрачной поверхностью. Цилиндр вращается с фиксированной скоростью, наблюдается за материалом, движущимся внутри вращающегося цилиндра. Гранулированный материал будет принимать определенный угол, поскольку он течет внутри вращающегося цилиндра. Этот метод

рекомендуется для получения динамического угла покоя. Полученный угол может отличаться от статического угла покоя, измеренного другими методами.

### ***Метод фотографии.***

Получив фотографии наклоненной коробки, измерили углы (предполагается меньшая погрешность измерений)



№	материал	Гранулометрический состав, форма	Удельный вес, Н/м.куб.	Угол наклона, град.
1.	Крахмал	Аморфный порошок	5600	33
2.	Сода	кристаллы	6900	28
3.	Рис	Зерна округлой формы 5.15мм	6900	32
4.	Цемент	Смесь кристаллов в виде зёрен	15100	40
5.	Снег	Мелкие кристаллы льда 0.1мм	2500	50

По результаты данного исследования следует, что *величина угла зависит и от гранулометрического состава материала.* Материал, состоящий из твёрдых гладких кристаллов, имеет меньшее значение угла покоя (напр. сода). Материалы, состоящие из очень мелкого аморфного порошка, или кристаллов неправильной сложной формы, имеют больший угол покоя (напр. крахмал, цемент, снег).

Выбор методов измерения угла покоя практически не оказывает влияния на величину угла покоя. Применение различных методов показывает примерно одинаковые результаты.

№	материал	Метод наклона коробки	Метод вращающегося цилиндра	Метод фотографии
		Угол наклона, град.		
1.	Крахмал	32	31	33
2.	Сода	29	27	28
3.	Рис	32	33	32
4.	Цемент	41	42	40
5.	Снег	52		50

### **Практическое применение**

Частицы вещества, находящиеся на свободной поверхности насыпи, испытывают состояние предельного (критического) равновесия. Угол естественного откоса связан с коэффициентом трения и зависит от шероховатости зёрен, степени их увлажнения, гранулометрического состава и формы, а также от удельного веса материала. Угол естественного откоса грунта является параметром прочности почв. По углам естественного откоса определяются максимально допустимые углы откосов уступов и бортов карьеров, насыпей, отвалов и штабелей.

Угол покоя используется при проектировании оборудования для обработки твердых частиц, создания бункера для хранения материала или определения некоторых характеристик конвейерной ленты для транспортировки материала. Угол покоя также имеет решающее значение для правильного расчета стабильности в сосудах.

### **Список литературы:**

1. <http://mash-xxl.info/info/30970/>
2. <http://www.morservice.com.ua/opredelenie-ugla-estestvennogo-otkosa/>
3. [http://lib.kstu.kz:8300/tb/books/Dorozhn@ie\\_mashin@i/teory/lect27.htm](http://lib.kstu.kz:8300/tb/books/Dorozhn@ie_mashin@i/teory/lect27.htm)