

влажный болотистый грунт, промерзающий на небольшую глубину, можно эффективно разрабатывать дискофрезерным рабочим органом малого диаметра, в нижележащие слои слабого талого грунта раздвигать с помощью пассивного рабочего органа типа выдвигного зачистного башмака.

Библиографический список

1. Зеленин А. Н. Основы разрушения грунтов механическими способами. М.: «Машиностроение», 1968, а. 375.
2. А. с. 594258 (СССР). Рабочее оборудование для разработки траншей (Л. К. Соколов и Б. В. Осипенко) — Оpubл. в Б. И. 1978, № 6.
3. Исследование динамических качеств системы подрессоривания лесохозяйственного трактора / С. С. Ш. Саая, С. Ч. Монгуш, А. А. Чълбак [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 2. – С. 546-548. – DOI 10.24412/2071-6168-2024-2-546-547. – EDN RXEVID.

УДК 004.942; 631.3

КАЛИБРОВКА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГРАНУЛИРОВАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ СОЗДАНИИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ

Мухаметдинов Айрат Мидхатович - к.т.н., доцент кафедры мехатронных систем и машин аграрного производства, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, airat102@mail.ru

Ямалетдинов Марсель Мусавирович - к.т.н., доцент кафедры мехатронных систем и машин аграрного производства, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, marselcxt@mail.ru

Фархутдинов Ильдар Мавляирович - к.т.н., доцент кафедры мехатронных систем и машин аграрного производства, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, ildar1702@mail.ru

***Аннотация:** В статье представлены результаты определения физико-механических параметров гранулированных минеральных удобрений. Производится калибровка параметров при создании цифровых двойников.*

***Ключевые слова:** гранулированные минеральные удобрения, калибровка параметров, физико-механические параметры.*

Введение. В настоящее время применяются инновационные технологии при создании сельскохозяйственных машин с использованием цифровых двойников на основе метода дискретных элементов [2,3,4].

Для эффективного внесения удобрений необходимо учитывать различные факторы [1,6,7,8]. Для создания цифрового двойника почвообрабатывающего и посевного орудия методом дискретных элементов необходимо подобрать контактную модель, произвести калибровку параметров контактной модели

гранулированных материалов. Для корректного применения данного метода и получения адекватных результатов необходимо уточнить характер взаимодействия между частицами выбрав наиболее подходящую модель контакта.

При этом многие параметры используемых моделей контакта подбирается путем калибровки сопоставлением результатов натуральных испытаний и моделирования с целью получения идентичных результатов с учетом интервалов варьирования. Для этого необходимо определить физико-механические параметры (геометрические размеры, влажность, упругость, коэффициент внутреннего трения, коэффициент витания, угол естественного откоса и обрушения и др.) сельскохозяйственных культур и гранулированных минеральных удобрений и сопоставить эти данные при тестировании каким-либо методом с результатами моделирования с определением значимых факторов.

Наиболее простым и эффективным методом калибровки параметров контактных моделей является тест по определению угла обрушения. В дальнейшей работе приведем краткий отчет с описанием методики и результатов исследования.

Цель. Калибровка физико-механических параметров минеральных гранулированных удобрений при создании цифровых двойников почвообрабатывающих и посевных машин.

Задача. Определить плотность, угол естественного откоса, угол обрушения минеральных гранулированных удобрений. Использовать эти параметры при калибровке цифрового двойника.

Материалы. Использование цифрового двойника позволяет моделировать процесс перемещения удобрений в бункере, семяпроводе, сошнике почвообрабатывающих и посевных машин. Для исследований взяты образцы удобрений: нитроаммофоска; карбамид с микроэлементами; диаммонийфосфат; азофоска; карбамид (мочевина) [1].

Экспериментально определение плотности проводили, используя стеклянный цилиндр. Проводили однообразное встряхивание при заполнении мерного стеклянного цилиндра для уплотнения гранул удобрений.

При этом в среднем плотность удобрений составила: нитроаммофоска - 1120 кг/м^3 ; карбамид с микроэлементами - 1020 кг/м^3 ; диаммонийфосфат - 1030 кг/м^3 ; азофоска - 1120 кг/м^3 ; карбамид (мочевина) - 760 кг/м^3 .

Плотность удобрения применяется при расчёте объёмной концентрации при определении зависимости коэффициента сопротивления гранул удобрений от числа Рейнольдса. Информация о плотности удобрений и гранул используются при определении грузоподъемности посевных комплексов и разбрасывателей удобрений.

В цифровом двойнике необходимо учитывать плотность гранулы. Масса удобрения - 10г.; минзурка объем воды - 10 мл. Масса удобрения деленная разницу в объеме. Производили измерения изменения объема после добавления пробы удобрения.

При этом в среднем плотность гранулы удобрений составила: нитроаммофоска - 1,69 г/см³; карбамид с микроэлементами - 1,64 г/см³; диаммонийфосфат - 1,61 г/см³; азофоска - 1,67 г/см³; карбамид (мочевина) - 1,25 г/см³. Плотность гранулы используется при калибровке параметров частиц удобрений в программном ROCKY DEM.

В таблице 1 представлен статистический анализ экспериментальных данных физико-механических параметров удобрений

Таблица 1

Статистический анализ экспериментальных данных физико-механических параметров удобрений

Наименование удобрений		Плотность,		Плотность гранулы г/см ³
		кг/дм ³	кг/м ³	
Нитроаммофоска	среднее	1,12	1120	1,69
	коэф. вариации k_v	3,06	-	3,99
Карбамид с микроэлементами	среднее	1,02	1020	1,64
	коэф. вариации k_v	2,9	-	1,05
Диаммонийфосфат	среднее	1,03	1030	1,61
	коэф. вариации k_v	1,86	-	1,34
Азофоска (нитроаммофоска)	среднее	1,12	1120	1,67
	коэф. вариации k_v	4,38	-	3,79
Карбамид (мочевина)	среднее	0,76	760	1,25
	коэф. вариации k_v	4,51	-	0,72

Определяли угол обрушения (коэффициент статического трения удобрение об удобрение). В настоящее время используются различные виды устройств для измерения угла естественного откоса [1]. Для испытаний на угол обрушения (угол свода) изготовили прямоугольный контейнер, изготовленный из пластин органического стекла, длина, ширина и высота которого составляли 340, 80 и 330 мм, соответственно. Толщина пластины из органического стекла составляла 4 мм. Процесс испытаний на был следующим. Сначала 2 кг удобрений высыпали в верхнюю часть прямоугольного контейнера. Затем с помощью нажатия на толкатель заслонка открывали и удобрения высыпали в нижнюю часть. Затем проводили замер угла естественного откоса и обрушения. На рисунке 3 представлена схема лабораторной установки для измерения угла естественного откоса и угла обрушения (угол свода).

Установочные эксперименты проводятся для частиц удобрений нитроаммофоска. Параметры контактной модели для частицы удобрений нитроаммофоска представлены в таблице 2.

Таблица 2

Параметры контактной модели частицы удобрений нитроаммофоска

№	Параметры	Значения
1	Модуль Юнга частиц удобрений E , МПа	2×10^6
2	Модуль Юнга стали (сошник) $E_{ст}$, МПа	2×10^7

3	Коэффициент Пуассона ν	0,25
4	Размер частиц, диаметр, мм	2,5
5	Плотность, $\text{кг}\backslash\text{м}^3$	1120

При этом в среднем угол естественного откоса и угол обрушения удобрений составляет: нитроаммофоска – 32° и 36° ; карбамид с микроэлементами - 31° и 34° ; диаммонийфосфат – 30° и 35° ; азофоска – 25° и 31° ; карбамид (мочевина) – 35° и 40° . Угол естественного откоса и угол обрушения используется при калибровке параметров частиц удобрений в программном ROCKY DEM.

На основе литературных источников и проведенных физических экспериментов для расчета были выбраны параметры контактной модели: Модуль Юнга частиц удобрений E , (2×10^6 МПа), коэффициент Пуассона (0,25), коэффициент статического трения частиц удобрений (0,32), размер частиц, диаметр (2,5 мм), плотность ($1120 \text{ кг}\backslash\text{м}^3$), коэффициент восстановления диаметр (0,48). На рисунке 1 представлен цифровой двойник измерения угла обрушения в программе ROCKY DEM. Установочные эксперименты проводятся для частиц удобрений нитроаммофоска. Параметры контактной модели для частиц удобрений представлены в таблице.

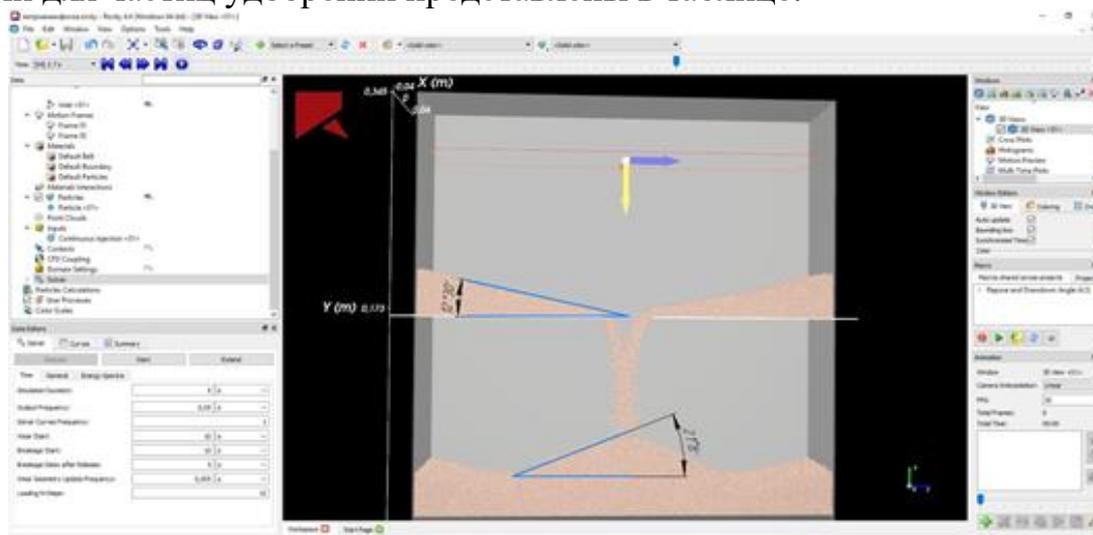


Рис. 1 Цифровой двойник измерения угла обрушения в программе ROCKY DEM

Выводы. Исследования проводились для удобрений нитроаммофоска 0,48 коэффициент восстановления диаметр 2,5мм. В дальнейшем будет составлена матрица проведения испытаний и проведён ряд экспериментов для всех остальных частиц удобрений с различными коэффициентами и физико-механическими параметрами. Сравнение полученных результатов с натурными экспериментами. Будут представлены обобщённые результаты калибровки физико-механических параметров с учетом интервалов варьирования гранулированных минеральных удобрений при создании технологического процесса работы цифровых двойников почвообрабатывающих и посевных машин с определением значимых факторов.

Сведения об источниках финансирования. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-76-10070, <https://rscf.ru/project/23-76-10070/>.

Библиографический список

1. Обухов, В. В. Обзор применяемых гранулированных минеральных удобрений в Республике Башкортостан / В. В. Обухов, А. М. Мухаметдинов, М. М. Ямалетдинов // Проблемы и перспективы развития инженерной науки в АПК : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию работы кафедры эксплуатации и ремонта машин инженерного факультета и 90-летию доктора технических наук, профессора, почетного работника высшего профессионального образования Российской Федерации Зорина Александра Ивановича, Ижевск, 13–15 февраля 2024 года. – Ижевск: Удмуртский государственный аграрный университет, 2024. – С. 121-126. – EDN MECWKC.

2. Mudarisov, S. G. Reasoning of modular-type tillage and seeding machines construction diagram and parameters / S. G. Mudarisov, I. I. Gabitov, R. S. Rakhimov [et al.] // Journal of the Balkan Tribological Association. – 2019. – Vol. 25, No. 3. – P. 695-707.

3. Mukhametdinov, A. Reasoning a construction diagram and parameters of tillers for primary cultivation /Rakhimov Z., Mudarisov S., Rakhimov I., Farkhutdinov I., Mukhametdinov A., Gareev R., Gabitov I., Rakhimov R., Alyabiev V., Tarkhova L.// Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. Т. 13. № S11. С. 8812-8818.

4. Мухаметдинов, А.М. Применение программных комплексов при разработке рабочего органа для обработки почвы/ Мухаметдинов А.М.// В сборнике: Научные основы повышения эффективности сельскохозяйственного производства. 2019. С. 84-88.

5. Мухаметдинов, А. М. Обзор современных технических средств для обработки почвы и посева для почвозащитной технологии / А. М. Мухаметдинов // Молодежная наука и АПК: проблемы и перспективы: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, Уфа, 22 декабря 2014 года / Башкирский государственный аграрный университет. Том II. – Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2014. – С. 52-56.

6. Шарафутдинов, А. В. Изменение урожайности зерновых культур при дифференцированном внесении минеральных удобрений/ М. Р. Ахметзянов, Ф. Н. Галлямов, А. В. Шарафутдинов, Р. Ш. Аблеев// Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2023. – № 1(65). – С. 107-112. – DOI 10.31563/1684-7628-2023-65-1-107-112.

7. Ямалетдинов, М. М. Разработка комбинированного почвообрабатывающей машины/ Т. Д. Хисамутдинов, М. М. Ямалетдинов, Ф. Н. Галлямов, А. М. Мухаметдинов// Актуальные вопросы научно-технологического развития агропромышленного комплекса: материалы

Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), Махачкала, 27 апреля 2023 года. – Махачкала: ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан», 2023. – С. 601-608.

УДК 4.3.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОГАЗА КАК ТОПЛИВА

А.Е.Ал-жавхар

Аннотация: в статье исследуются особенности и практика использования биогаза как топлива. Анализируется доступность биогаза как топлива. Приводятся примеры аналогичных ресурсов для использования его в качестве топлива, а также рассматриваются проблемы, сравниваются достоинства и недостатки каждого аналога биогаза в качестве топлива. В статье также исследуется экологичность использования биогаза в качестве топлива. Приводится преимущество биогаза по сравнению с другими видами топлива, анализируется спрос на биогаз, Его себестоимость, и продажи.

Ключевые слова: биогаз, экология, топливо, экономика, себестоимость, развитие, энергетика.

Для начала стоит отметить, что сейчас на рынке доступны несколько различных источников топлива. Часть из них ископаемые, условно считающиеся не возобновляемыми. К ним относится уголь, газ, нефть. Новое веяние солнечная и ветряная энергетика – это так называемые «зеленые» технологии получения энергии, альтернативные источники, экологически чистые, хотя это и не совсем так. Например, для изготовления солнечных батарей требуются панели из нефтяных смол. Несмотря на то, что доля ветровой и солнечной энергии в производстве электричества за последние четыре года удвоилась, ее доля в общем потреблении остается относительно малой, в основном из-за высокой себестоимости. Кроме борьбы за экологию в настоящее время в мире идет ожесточенная конкуренция, где стоимость энергии сильно влияет на себестоимость конечной продукции. Пока в качестве заметного представителя «зеленой» энергетики можно выделить гидрогенерацию, которая в целом оказывается даже меньшей, чем атомная. Тем временем, еще в середине прошлого века основными источниками энергии были: биотопливо (дрова, солома, торф и пр.), уголь и нефтепродукты (бензин, керосин, мазут и пр). Причем на долю нефтепродуктов приходилось 15-20% от общего потребления[1]. Основная часть энергии приходилась на уголь и биотопливо. По мере развития технологий, потребление биотоплива значительно снизилось, и стремилось к минимально возможным объемам. Например, основная часть электроэнергии производится в настоящее время на тепловых электростанциях (ТЭС). В качестве топлива используются уголь, мазут, сланцы, биогаз. Несмотря на то, что современные его виды (этанол,