УДК 631.303

DOI: 10.35887/2305-2538-2020-5-31-41

ИССЛЕДОВАНИЯ УГЛА ЕСТЕСТВЕННОГО ОТКОСА КОМПОНЕНТОВ ЗЕРНОСМЕСИ

¹Тишанинов Николай Петрович¹Анашкин Александр Витальевич¹Тишанинов Константин Николаевич¹Альшин Айдин Хайдер Джамиль Джабер¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. Представлен анализ приборов для определения угла естественного откоса (α) сыпучих материалов. Раскрыты недостатки приборов и процедур формирования конусных монолитов исследуемых сыпучих материалов, исключающих воспроизводимость условий замеров: не контролируется и не оговаривается динамика насыпания конусных монолитов; не учитывается смещение и «проседание» вершины конуса; не регламентируется вид материала и качество опорной поверхности; допускаются разные методы измерений и расчета угла α ; не учитывается форма и дисперсность частиц сыпучих материалов. Установлено, что указанные факторы вносят существенную вариативность в измерение угла α одних и тех же сыпучих материалов. Предложен прибор, позволяющий нивелировать влияние вида материала и качества опорной поверхности, усреднять замеры углов наклона образующих конусных монолитов полидисперсных и гигроскопичных сыпучих материалов. Выполнены исследования угла α для пяти компонентов зерносмеси с десятью видами материалов опорных поверхностей. Установлено, что на стеклах двух видов с идентичными технологиями производства и микрорельефом получен весьма значительный разброс замеров – 5,8 – 14,5° для исследуемых компонентов зерносмеси. В то же время, на разных по микрорельефу сторонах ДВП получены сопоставимые результаты замеров. Примесные частицы с высоким сопротивлением перекачиванию (семена сорго, колотые зерновки ячменя) имеют сопоставимые значения углов α с базой сравнения, где раскатывание частиц нижнего слоя конуса ограничивается буртиком. Среднее отклонение поверхностных свойств зерновок пшеницы от базы сравнения в 16 раз меньше, чем у ячменя. Выявлено, что для создания эталонного прибора необходимы: определенность конструктивного исполнения и размеров; ограничитель раскатывания частиц нижнего слоя; регламентация динамики формирования монолита из исследуемого сыпучего материала.

Ключевые слова: прибор, угол естественного откоса, измерение, сыпучие материалы, погрешность.

STUDIES OF THE ANGLE OF NATURAL SLOPE OF GRAIN MIX COMPONENTS

¹Tishaninov Nikolay¹Anashkin Alexander¹Tishaninov Konstantin¹Alshinayin Haider Jamil Jaber¹FSBSI "All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture"

Abstract. The analysis of devices for determining the angle of natural slope (α) of bulk materials is presented. Lacks of instruments and procedures for the formation of cone-shaped monoliths of the studied bulk materials, excluding the reproducibility conditions of measurement: not controlled by nor does it specify the dynamics of a broadcast conical monoliths; the offset is ignored and the "sinking" of the top of the cone; not regulated material and the reference surface; allowed different methods of measurement and calculation of angle α ; does not account for the shape and dispersion of particles of bulk materials. It is established that these factors contribute to a significant variability in the measurement of the angle α . Disadvantages of devices and procedures for the formation of conical monoliths of the studied bulk materials, excluding the reproducibility of measurement conditions, are disclosed: the dynamics of pouring conical monoliths is not controlled or specified; displacement and "subsidence" of the top of the

cone are not taken into account; the type of material and the quality of the supporting surface are not regulated; different methods of measuring and calculating the angle α are allowed; the shape and dispersion of particles of bulk materials are not taken into account. It was found that these factors introduce significant variability in the measurement of the angle α of the same bulk materials. A device is proposed that makes it possible to level the effect of the type of material and the quality of the supporting surface, to average the measurements of the angles of inclination of the forming conical monoliths of polydisperse and hygroscopic bulk materials. Investigations of the angle α for five components of a grain mixture with ten types of materials of supporting surfaces have been performed. It was found that on glasses of two types with identical production technologies and micro relief, a very significant scatter of measurements was obtained – 5.8 – 14.5 ° for the studied components of the grain mixture. Impurity particles with high rolling resistance (sorghum seeds, chopped barley kernels) have comparable values of the angles α with the reference base, where the rolling of particles of the lower layer of the cone is limited by a shoulder. The average deviation of the surface properties of wheat kernels from the comparison base is 16 times less than that of barley. It was revealed that to create a reference device, the following are necessary: certainty of design and dimensions; limiter of rolling particles of the lower layer; regulation of the dynamics of the formation of a monolith from the investigated bulk material.

Keywords: device, angle of natural slope, measurement, bulk materials, error.

Введение. Объективная и детальная оценка физико-механических свойств рабочих сред имеет важное значение для толкования сущности исследуемых процессов и выработки практических решений. Кроме того результаты исследований, имеющие некоторую универсальность и долговременность использования, должны быть «привязаны» к объективно оцененным свойствам рабочей среды. Без этого нельзя решать задачи проектирования технологий с использованием этих исследований. При проектировании и модернизации зерноочистительных технологий основным лимитирующим параметром является технологическая высота. Она связана со свойствами рабочей среды (с углом естественного откоса зерносмесей) и важна с экономической точки зрения, так как необоснованное завышение технологической высоты зерноочистительного комплекса пропорционально увеличивает его стоимость. В то же время, необоснованное занижение проектной высоты связано с рисками снижения технологической надежности оборудования и даже рисками потери работоспособности. Существенные приборы не позволяют объективно оценивать угол естественного откоса (α) сыпучих материалов из-за неопределенности вида материала опорной поверхности, ее качества, формы и дисперсности частиц. Поэтому исследования угла α на опорных поверхностях из различных материалов применительно к компонентам зерносмесей представляет собой актуальную задачу.

Материалы и методы. В работе использован новый прибор для определения угла естественного откоса, десять наименований материалов для опорных поверхностей, пять компонентов зерносмесей.

Результаты и обсуждение. Анализ существующих возможностей приборного контроля угла естественного откоса сыпучих материалов показывает следующее:

- в большинстве случаев при определении угла естественного откоса сыпучих материалов формируется контрольная физическая модель в виде насыпного конуса [1], рисунок 1;
- во всех случаях при формировании насыпного конуса не контролируется и не оговаривается динамика насыпания исследуемого материала, которая существенно влияет на результаты замеров;
- угол естественного откоса определяют по разному, включая замер наклона образующей конуса, замеры основания и высоты насыпного конуса с последующим расчётом угла естественного откоса и др.;
- форма насыпного конуса идеализируется (имеет место традиционный школярский подход), не учитываются и не оговариваются дисперсные свойства материала, форма частиц, свойства опорной поверхности;
- вершина насыпного конуса при динамическом воздействии финишными порциями исследуемого материала может смещаться и «проседать», нарушая (искривляя) форму образующих;
- частицы обширного перечня сыпучих материалов могут раскатываться по опорной поверхности, превращая контур вертикального осевого сечения «конуса» в синусоиду. К таким материалам относятся исследуемые нами примесные компоненты – семена сорго, проса, горчицы, вики и др. (рисунки 2 и 3)

1 – ящик; 2 – задвижка; 3 – опорная плоскость; 4 – прорезь

Рисунок 1 – Прибор для определения углов обрушения и естественного откоса

Рисунок 2 – Форма насыпного «конуса» семян вики на поверхности минерального стекла

Рисунок 3 – Форма насыпного «конуса» семян сорго на поверхности минерального стекла

- измерения параметров конуса коаксиальным цилиндром, сопряженным с полостью цилиндрической емкостью для сыпучего материала (по А.С. СССР № 122600) не обеспечивают объективной оценки угла естественного откоса. Коаксиальный цилиндр будет касаться только одной образующей конуса, другие в результате локальных «лавинок» при осыпании будут иметь разные углы наклона к горизонту (рисунок 4);

- ограничения раскатывания частиц по опорной плоскости кольцом или буртиком не снимают проблему воспроизводимости идентичных условий замеров из-за неконтролируемой динамики формирования насыпного конуса. Насыпание конуса из емкости через край не обеспечивает стабильности динамики процесса (все кто заполнял переноску – знает об этом), а стабильность насыпания конуса из емкости через калиброванное отверстие дискредитируется сводообразованием (А.С. СССР № 1295201, № 697792);

1 – корпус; 2 – основание тарельчатой формы; 3 – диск; 4 – буртик; 5 – фаска; 6 – полый цилиндр; 7 – кольцо; 8 – торец цилиндра; 9 – шкала

Рисунок 4 – Устройство для определения углов естественного откоса сыпучих материалов (А.С. СССР № 1226000)

- измерение угла естественного откоса способом подъема платформы, размещенной под слоем исследуемого материала (А.С. СССР № 615353), производится винтовым механизмом (рисунок 5). Он не обеспечивает идентичности формирования контролируемого монолита в сравнении с насыпанием материала на опорную поверхность. Подъем платформой слоя тонкодисперсного материала, обладающего высокой гигроскопичностью (мел, горчичный порошок, молотый перец и др.), может формировать по ее периметру отвесные стенки, которые не наблюдаются при насыпании из емкости того же материала на опорную поверхность.

1 – плоскость; 2 – буртик; 3 – регулируемая опора; 4 – столик; 5 – рейка; 6 – уровень; 7 – кронштейн; 8 – угломер

Рисунок 5 – Прибор для определения угла естественного откоса сыпучего материала (А.С. СССР № 615353)

Анализ возможностей приборов, приведенный выше, требует детальной оценки их принципов действия и конструктивных исполнений на основе базовых требований к измерительной технике.

Косновным свойствам измерительных приборов следует отнести: точность измерений; трудоемкость измерительных работ; стоимость прибора; универсальность относительно контролируемых сред (объектов); надежность в работе. Указанные качества измерительной техники во многом обеспечиваются рациональным способом измерений, техническим уровнем ее изготовления и возможностью воспроизведения идентичных условий замеров независимо от свойств контролируемых средств (объектов).

Однако, существующие приборы для измерения угла естественного откоса сыпучих материалов не в полной мере обладают указанными качествами и не обеспечивают сопоставимости оценок одних и тех же материалов по этому важнейшему показателю. Более того, по патентным материалам и описаниям приборов в литературных источниках в большинстве случаев бывает сложно оценить их возможности применительно к конкретной рабочей среде.

На рисунке 1 показан прибор для определения углов обрушения и естественного откоса сыпучих материалов, используемый в основополагающей работе [1] по механике насыпных грузов. Вместе с тем, принцип действия упомянутого прибора не вселяет уверенность в возможность воспроизведения условий замеров и его универсальность относительно свойств контролируемых сыпучих материалов.

Величина слоя h в ящике 1 не регламентирована, а размеры прорези 4 (см. рисунок 1) требуют обоснованной корректировки применительно к физико-механическим свойствам, гранулометрическому составу и форме частиц каждого контролируемого сыпучего материала. Для материалов с крупными частицами или с частицами, обладающими связностью, необходимы большие размеры прорези 4 с тем, чтобы обеспечить стабильность истечения (без сводообразования). Легкосыпучие материалы не требуют значительных размеров прорези 4 – стабильность их истечения более вероятна. Однако при разных параметрах прорези 4 и величинах слоя материала h в ящике 1 на формируемых конус будет оказываться различное динамическое воздействие выгружаемого из ящика 1 материала.

Кроме того, качество опорной плоскости 3 и свойства материала, из которого она изготовлена, не определены. Это также не соответствует одному из основных требований к приборам – воспроизводимости условий проведения замеров. Нижний слой сыпучего материала с частицами округлой или эллипсоидной формы будет раскатываться по гладкой опорной плоскости, искажая «конусную» форму насыпного монолита (рисунки 2 и 3). Это исключает применимость прибора для объективного контроля угла естественного откоса с частицами подобной формы.

На рисунке 4 представлено устройство по авторскому свидетельству СССР № 1226000 [2]. В этом устройстве опорная поверхность выполнена в виде тарелки с буртиком по периферии, который предотвращает раскатывание частиц округлой формы из нижних слоев под давлением верхних слоев формируемого конуса из контролируемого материала.

Однако, способ измерений параметров конусного монолита исследуемого материала с использованием предложенного устройства [2] предполагает его строго симметричное размещение относительно полого цилиндра 6 и соосного ему кольца 7. Вместе с тем сыпучие материалы, содержащие асимметричные частицы или частицы разных форм и размеров не позволяют сформировать подъемом полого цилиндра 6 идеальную форму конусного монолита. При осыпании таких частиц по различным образующим конуса с эффектом локальных «лавинок» они будут вносить вариативность в их угловое положение относительно горизонта.

Поэтому кольцо 7 будет соприкасаться в первую очередь с образующей, имеющей меньший угол наклона к горизонту. Этот замер будет отражать локальные условия формирования конусного монолита, что занижает реальное значение угла естественного откоса полидисперсных сыпучих материалов с частицами разных форм. Из-за этих недостатков устройство [2] ограничено в применении. Необходим прибор, который бы позволял производить множественные измерения образующих конусного монолита для последующего их усреднения расчетным путем.

На рисунке 5 показан прибор для определения угла естественного откоса сыпучего материала по авторскому свидетельству СССР № 615353 [3]. Принцип его действия также основан на измерении угла наклона образующих конусного монолита к горизонту. Отличие состоит в том, что конусный монолит формируется подъемом круглого столика 4, находящегося под слоем исследуемого сыпучего материала на горизонтальной плоскости 1 с буртиком 2 по периферии.

Прибор [3] имеет ряд весьма существенных недостатков. Во-первых, на круглом столике 4 не могут удерживаться частицы округлой и эллипсоидной формы. Из-за этого невозможно сформировать монолит сыпучего материала конусной формы. Во-вторых, при исследовании тонкодисперсных сыпучих материалов (порошков мел, горчичный порошок, молотый перец и др.), обладающих существенной гигроскопичностью, они в слое на горизонтальной плоскости 1 быстро приобретают свойство связности. По этой причине последующий подъем круглого столика 4 рейкой 5 так же не позволит сформировать на его поверхности монолит материала конусной формы.

При достаточной связности частиц стенки монолита на поднятом столике 4 могут оказаться вертикальными, что подчеркивает принципиальную разницу способов его формирования – насыпанием, подъемом слоя, выдавливанием из зон переуплотнения. В последних двух случаях наиболее вероятно образование вертикальных стенок, чего не может быть при насыпании монолита. Кроме того угломер 8 в приборе [3] зафиксирован на плоскости 1 и не позволяет производить множественные замеры углов наклона к горизонту скатных поверхностей монолита исследуемого материала, сформированного на столике 4.

Анализ указанных недостатков прибора [3] показывает, что его применение ограничено по физико-механическим свойствам исследуемых сыпучих материалов и достоверности оценок угла их естественного откоса. Недостатки приборов [1 – 3], состоящие в ограниченной применимости относительно физико-механических свойств и состав сыпучих материалов, неопределенности качества и состояния материалов опорных поверхностей, ограниченной воспроизводимости условий формирования конусного монолита исследуемого материала и проведения замеров, характерны и для приборов [4, 5].

Принципиально отличается от приборов [1 – 5] устройство по авторскому свидетельству СССР № 1401250 [6], представленное на рисунке 6. Оно обладает простотой конструкции и малой трудоемкостью измерений, так как содержит встроенную вертикальную измерительную шкалу и радиальную разметку на опорной поверхности (сектор 1). Кроме того устройство обеспечивает некоторую регламентацию формирования контролируемого (измеряемого) монолита сыпучего материала в форме части кругового конуса, находящегося между перегородками 3 и 4. Это достигается посредством трапециевидальной пластины 6, образующей с перегородками 3 и 4 наклонную воронку с отверстием 7.

1 - секторная опорная поверхность; 2 – шкала; 3, 4 – вертикальные перегородки; 5 – ребро;
6 – трапециевидальная пластина; 7 – отверстие; 8 – вертикальная шкала

Рисунок 6 – Устройство для определения угла естественного откоса сыпучих материалов
(А.С. СССР № 1401250)

Однако, устройство [6] также содержит ряд существенных недостатков. Качество и состав материала секторной опорной поверхности не определены. Ограничивающий раскатывание частиц исследуемого материала по опорной поверхности 1 буртик отсутствует. Отверстие 7 обеспечивает регламентацию формирования части кругового сектора только при исследовании тонкодисперсных легкосыпучих материалов. При исследовании полидисперсных сред над отверстием 7 возможно образование сводов, что исключает какую либо регламентацию условий замеров, а увеличение размеров отверстия 7 приведет к смещению оси конуса (смещению начала отсчета по шкале 2). Вертикальные перегородки вносят погрешность в процессе формирования монолита исследуемого материала за счет пристенных эффектов.

Для исключения погрешностей, обусловленных свойствами материала опорной поверхности, и нивелирования вариативности характеристик формируемого конусного монолита исследуемого материала предложен новый прибор для определения угла естественного откоса сыпучих материалов, рисунок 7.

1 – горизонтальная опорная плоскость; 2 – чаша; 3 – горизонтальный обод;
4 – подставка; 5 – диск; 6 – буртик; 7 – полый цилиндр; 8 – сыпучий материал;
9 – поводок; 10 – нить; 11 – механизм подъёма; 12 – угломер с контрольной стрелкой 13

Рисунок 7 – Прибор для измерения угла естественного откоса сыпучих материалов

Исследованиями было запланировано оценить вариативность замеров свойств одних и тех же сыпучих материалов, конусные монолиты которых формируются на плоскостях из разных материалов: ДВП – гладкая сторона; ДВП – шероховатая сторона; стекло органическое; стекло минеральное (оконное); лист из нержавеющей стали; лист стальной крашенный; тарельчатый диск полиэтиленовый; утеплитель – гладкая сторона; пенопласт; резина.

Результаты исследований угла естественного откоса компонентов зерносмеси на различных поверхностях в обобщенном виде представлены в таблице 1.

Измерения угла естественного откоса (α_r) с опорной поверхностью в виде тарельчатого диска приняты за базу сравнения, так как наличие буртика исключает вариативность замеров от: вида и качественного состояния опорной поверхности; формы частиц исследуемых сыпучих материалов.

Наиболее близкие значения углов естественного откоса к базе сравнения получены на опорных поверхностях из ДВП (шероховатая сторона) и стекла органического. Нужно отметить, что эти поверхности резко отличаются между собой по микрорельефу. Очевидно, что кроме качества поверхности по микрорельефу на величину α влияют и другие факторы – возможно электростатические свойства поверхностей.

Таблица 1 – Результаты исследований угла естественного откоса сыпучих материалов

№ п/п	Вид опорной поверхности	Наименование сыпучих материалов				
		Вика	Сорго	Ячмень цел.	Ячмень колот.	Пшеница цел.
1	ДВП – гладкая сторона	27,4 (26,4)* (20,9)**	34,9 (33,7) (30,0)	26,4 (26,1) (26,1)	37,3 (37,2) (30,5)	35,4 (35,7) (28,5)
2	ДВП – шероховатая сторона	29,7 (29,0) (21,6)	35,2 (34,9) (31,0)	31,2 (32,3) (24,7)	38,5 (38,7) (31,8)	36,7 (36,6) (29,5)
3	Стекло органическое	24,2 23,1 21,1	34,2 (34,5) (23,4)	32,8 (32,8) 24,2	31,2 (30,8) (23,8)	32,7 (32,6) (26,1)
4	Стекло минеральное (оконное)	23,7 (21,5) (15,2)	36,5 (38,0) (19,4)	27,0 (27,2) (24,9)	16,7 16,8 17,0	28,9 (28,7) (15,9)
5	Лист из нержавеющей стали	23,3 (23,4) (20,2)	33,0 (33,0) (26,0)	26,1 (25,7) (25,7)	32,2 (32,2) (24,3)	31,6 (31,5) (25,9)
6	Лист стальной, крашенный	24,5 (23,3) (21,7)	31,4 (31,3) (25,1)	32,0 (32,0) (25,4)	35 (35,1) (27,9)	34,9 (34,6) (27,4)
7	Тарельчатый диск полиэтиленовый	30,4 (30,7) (29,1)	33,2 (33,4) (31,7)	32,8 (32,0) (30,1)	36,0 (36,0) (35,1)	32,8 (33,1) (32,1)
8	Утеплитель – гладкая сторона	27,4 (26,9) (25,4)	32,5 (32,4) (30,1)	29,6 (29,6) (27,3)	34,8 (34,7) (30,9)	31,4 (31,3) (29,1)
9	Пенопласт	24,3 (23,6) (22,9)	33,4 (33,6) (29,7)	29,3 (29,1) (26,1)	36,6 (36,8) (31,4)	30,4 (30,1) (27,7)
10	Резина	26,0 (25,4) (21,1)	36,0 (36,3) (29,5)	31,2 (30,5) (26,2)	35,9 (35,4) (29,4)	34,9 (34,9) (29,6)

* - результаты измерений электронным угломером

** - расчетные значения по замерам основания конуса и его высоты

В пользу этого аргумента свидетельствует значительная разница углов α одноименных материалов на органическом и минеральном стеклах. По целым зерновкам ячменя она составляет $5,8^\circ$, а по колотым зерновкам ячменя – $14,5^\circ$. Разница огромная, если учесть, что качество поверхности этих материалов обеспечивается практически идентичными технологиями.

Кроме того, по четырем примесным компонентам (вика, сорго, колотые зерновки ячменя, пшеница) получены сопоставимые оценки углов α на принципиально разных по микрорельефу поверхностях – ДВП гладкая и ДВП шероховатая. Средняя (по четырем компонентам) величина $\bar{\alpha}_{\text{гл}}$ на гладкой поверхности меньше $\bar{\alpha}_{\text{шр}}$, полученной на шероховатой поверхности ДВП, всего на 3,8 %.

Для примесного компонента из семян вика величина угла α_{1i} на всех опорных поверхностях оказалась меньше базы сравнения α_{τ} . Это обусловлено низким сопротивлением перекатыванию семян вика по исследуемым опорным поверхностям. Их поверхность очень гладкая, а форма – эллипсоидная с незначительной разницей осевых размеров.

Семена сорго более шероховатые, поэтому величина α_{2i} на 2/3-тях опорных поверхностях превышает базу сравнения – α_{τ} . Исключение составляют стальные листы и гладкий утеплитель.

Цельные зерновки ячменя также обладают низким сопротивлением их перекатыванию по опорным поверхностям. Поэтому $\alpha_{3i} < \alpha_{\tau}$, но среднее значение снижения углов естественного откоса ($\Delta\bar{\alpha}_{3i}$) относительно базы сравнения (α_{τ}) несколько ниже, чем у семян вики (таблица 2):

$$\Delta\bar{\alpha}_{1i} = \sum_{i=1}^9 \Delta\alpha_{1i}/9 = -43,1/9 = -4,79 \text{ град}; \quad (1)$$

$$\Delta\bar{\alpha}_{3i} = \sum_{i=1}^9 \Delta\alpha_{3i}/9 = -\frac{29,6}{9} = -3,29 \text{ град}. \quad (2)$$

Таблица 2 – Сравнительная оценка углов естественного откоса i -го примесного компонента на j -ой опорной поверхности (α_{ij}) относительно α_{τ}

№ п/п	Вид опорной поверхности	Наименование сыпучих материалов				
		Вика	Сорго	Ячмень (цельные зерновки)	Ячмень (колотые зерновки)	Пшеница
1	ДВП – гладкая сторона	-3	+1,7	-6,4	+1,3	+2,6
2	ДВП – шероховатая сторона	-0,7	+2,0	-1,6	+2,5	+3,9
3	Стекло органическое	-6,2	+1,0	0	-4,8	-0,1
4	Стекло минеральное (оконное)	-6,7	+3,3	-5,8	-19,3	-3,9
5	Лист из нержавеющей стали	-7,1	-0,2	-6,7	-3,8	-1,2
6	Лист стальной, крашеный	-5,9	-1,8	-0,8	-1,0	+2,1
7	Тарельчатый диск полиэтиленовый	0	0	0	0	0
8	Утеплитель – гладкая сторона	-3	-0,7	-3,2	-1,2	-1,4
9	Пенопласт	-6,1	+0,2	-3,5	+0,6	-2,4
10	Резина	-4,4	+2,8	-1,6	-0,1	+2,1

Максимальная величина (α_{4max}) получена для колотых зерновок ячменя и опорной поверхности – ДВП шероховатая сторона ($\alpha_{4max} = 38,5$ град.), а минимальное значение получено для того же компонента на опорной поверхности из стекла минерального $-\alpha_{4min} = 16,7$ град. Очевидно, что максимальный диапазон значений α_4 объясняется значительной вариацией форм и размеров примесных частиц из колотых зерновок ячменя.

Из таблицы 2 следует, что поверхностные свойства зерновок ячменя и пшеницы существенно различаются, так как:

$$\Delta\bar{\alpha}_{5i} = \sum_{i=1}^9 \Delta\alpha_{5i}/9 = +\frac{1,7}{9} \approx +0,2 \text{ град}. \quad (3)$$

Величина $\Delta\bar{\alpha}_{5i}$ положительна, а по абсолютному значению в 16 раз меньше, чем $\Delta\bar{\alpha}_{3i}$.

Выводы:

- результаты оценок величин α всех примесных компонентов существенно зависят от вида и качества опорной поверхности;
- наличие буртика по периферии опорной поверхности нивелирует свойства частиц исследуемых сыпучих материалов, определяющих сопротивление перекатыванию по опорной поверхности, и их качество. Поэтому его наличие может быть принято в качестве необходимого конструктивного элемента эталонного прибора;
- большинство исследуемых опорных поверхностей за исключением нержавеющей стальной листа и гладкого утеплителя разнонаправленно влияют на величину $\Delta\alpha_{ij}$;

- для создания эталонного прибора необходимы регламентация динамики формирования конусного монолита из исследуемого сыпучего материала, определенность конструктивного исполнения и размеров, определенность по исследуемым материалам.

Список литературы

1. Зенков Р.Л. Механика насыпных грузов – М.: Машиностроение. – 1964. – 250 с.
2. Авторское свидетельство СССР № 1226000 G01B 3/56. Устройство для определения углов естественного откоса сыпучих материалов / Першин В.Ф., Мандрыка Е.А., Цетович А.Н. – № 3776750/25-28; заявл. 30.07.84; опубл. 23.04.86, Бюл. №15.
3. Авторское свидетельство СССР № 615353 G01B 5/24. Прибор для определения угла естественного откоса сыпучего материала / Макшанцев Ю.А., Амелянц А.Г. – № 2348784/25-28; заявл. 06.04.76; опубл. 15.07.78, Бюл. № 26.
4. Авторское свидетельство СССР № 1295201 G01B 5/24. Устройство для измерения углов обрушения и естественного откоса / Першин В.Ф., Мандрыка Е.А., Цетович А.Н., Молочнов В.С. – № 3950780/25-28; заявл. 10.09.85; опубл. 07.03.87, Бюл. № 9.
5. Авторское свидетельство СССР № 697792 G01B 5/00. Устройство для определения углов обрушения и естественного откоса сыпучих материалов / Пульчев И.К. – № 2594895/25-28; заявл. 27.03.78; опубл. 15.11.79, Бюл. № 42.
6. Авторское свидетельство СССР № 1401250 G01B 5/24. Способ определения угла естественного откоса сыпучих материалов и устройство для его осуществления / Дейнеко П.Ф., Зинзивер М.Г. – № 4102095/25-28; заявл. 11.08.86; опубл. 07.06.88, Бюл. № 21.

References

1. Zenkov R.L. Mehanika nasypnyh грузов – M.: Mashinostroenie. – 1964. – 250 s.
2. Avtorskoe svidetel'stvo SSSR № 1226000 G01B 3/56. Ustrojstvo dlja opredelenija uglov estestvennogo otkosa sypuchih materialov / Pershin V.F., Mandryka E.A., Cetovich A.N. – № 3776750/25-28; zajavl. 30.07.84; opubl. 23.04.86, Bjul. №15.
3. Avtorskoe svidetel'stvo SSSR № 615353 G01B 5/24. Pribor dlja opredelenija ugla estestvennogo otkosa sypuchego materiala / Makshancev Ju.A., Amel'janc A.G. – № 2348784/25-28; zajavl. 06.04.76; opubl. 15.07.78, Bjul. № 26.
4. Avtorskoe svidetel'stvo SSSR № 1295201 G01B 5/24. Ustrojstvo dlja izmerenija uglov obrushenija i estestvennogo otkosa / Pershin V.F., Mandryka E.A., Cetovich A.N., Molochnov V.S. – № 3950780/25-28; zajavl. 10.09.85; opubl. 07.03.87, Bjul. № 9.
5. Avtorskoe svidetel'stvo SSSR № 697792 G01B 5/00. Ustrojstvo dlja opredelenija uglov obrushenija i estestvennogo otkosa sypuchih materialov / Pul'chev I.K. – № 2594895/25-28; zajavl. 27.03.78; opubl. 15.11.79, Bjul. № 42.
6. Avtorskoe svidetel'stvo SSSR № 1401250 G01B 5/24. Sposob opredelenija ugla estestvennogo otkosa sypuchih materialov i ustrojstvo dlja ego osushhestvlenija / Dejneko P.F., Zinziver M.G. – № 4102095/25-28; zajavl. 11.08.86; opubl. 07.06.88, Bjul. № 21.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Тишанинов Николай Петрович – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: vniitinlab5@mail.ru.

Анашкин Александр Витальевич – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: av-anashkin@mail.ru.

Тишанинов Константин Николаевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: TishaninovKN@rambler.ru.

Альшинайин Хайдер Джамил Джабер – ведущий конструктор Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: haiderjjsh2000@yahoo.com.

Author credentials**Affiliations**

Tishaninov Nikolai – Full Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: vniitinlab5@mail.ru.

Anashkin Alexander – Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: av-anashkin@mail.ru.

Tishaninov Konstantin – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: TishaninovKN@rambler.ru.

Alshinayin Haider Jamil Jaber – leading designer of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: haiderjjsh2000@yahoo.com.

Поступила в редакцию (Received): 07.09.2020

Принята к публикации (Accepted): 19.10.2020

УДК 631.3.004.58

DOI: 10.35887/2305-2538-2020-5-41-51

**ВЫПОЛНЕНИЕ ОПЕРАЦИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАКТОРОВ
И ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ
ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

¹*Иванов Николай Михайлович*

¹*Криков Аркадий Максимович*

²*Федоров Александр Георгиевич*

³*Бердникова Рита Григорьевна*

¹*Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства ФГБУН «Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук»*

²*ФГКВОВ ВО «Новосибирский военный институт имени генерала армии И.К. Яковлева войск национальной гвардии Российской Федерации»*

³*Томский сельскохозяйственный институт – филиал ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет»*

Реферат. Важнейшим условием поддержания необходимого уровня работоспособности используемых в сельскохозяйственном производстве машин является проведение операций их технического обслуживания и технического диагностирования своевременно и качественно на основе имеющихся руководящих и нормативно-технических документов. Установлено, что одним из направлений дальнейшего совершенствования технической эксплуатации является изыскание приёмов и способов более эффективного оперирования информационным фондом, содержащимся в нормативно-технических документах и публикациях. Таковым направлением является формирование систем интегрированной документации решаемых задач. Описаны приёмы выполнения операций технического обслуживания (ТО) и технического диагностирования (ТД) с применением комплексной системы информационного обеспечения (КСИО), представленной на компьютере в виде взаимосвязанной совокупности трёх основных блоков: общесодержательного, видо-марочного и управляющего. Приводится описание основных функций блоков и общие приёмы их формирования. Процесс формирования варианта КСИО рассматривается поэтапно как подготовка информационных компонентов, подбор необходимого набора контента и представление его на компьютере в цифровом формате, компоновка самой КСИО. Затраты на процесс формирования КСИО сокращаются за счёт использования имеющихся блоков систем информационного обеспечения ТО грузовых автомобилей (тракторов). Перспективен приём создания и использования базы контентов по множеству марок машин. Предлагаемая КСИО