УДК 631.348: 631.54

DOI: 10.31563/1684-7628-2018-47-3-56-62

Р.Р. Камалетдинов, Э.Р. Хасанов, В.А. Ступин

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОСЛОЙНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СЕМЯН В БАРАБАННЫХ ПРОТРАВЛИВАТЕЛЯХ

Ключевые слова: барабан; протравитель; обработка семян зерновых культур; устройства для протравливания семян барабанного типа; виртуальное моделирование MSC ADAMS; защитно-стимулирующие препараты.

Введение. Обработка зерновых культур перед посевом защитно-стимулирующими препаратами сегодня является одной из основных технологических операций, гарантирующих получение стабильного урожая [1]. Для выполнения данной операции наибольшее распространение получили устройства шнекового, камерного и барабанного типов. В реализации усовершенствования устройств шнекового типа известны работы В.Г. Артемьева, В.И. Курдюмова [2], камерного типа с пневмомеханическими распылительными устройствами – И.М. Салахова, Э.Г. Нуруллина [3], А.Л. Мечкало [4]. На наш взгляд, на сегодняшний день наиболее перспективны простые по конструкции барабанные протравливатели, имеющую высокую производительность и оказывающие минимальное травмирующее воздействие на зерно [5]. Вместе с тем, как указывает В.А. Смелик [6], у существующих барабанных конструкций протравливателей недостаточная интенсивность перемешивания, что не обеспечивает агротехнические требования по равномерности покрытия, требует увеличения норм расхода рабочей жидкости и соответственного снижения концентрации в ней препарата. Это приводит к снижению общей эффективности процесса и более высокой влажности зерна на выходе по сравнению с камерными и шнековыми протравливателями.

Цели и задачи исследования: предложить техническое решение, обеспечивающее взаимное перемещение семян в различных плоскостях с целью повышения равномерности распределения рабочего препарата по поверхности и повышения эффективности процесса протравливания. Построить модель, произвести оценку модели технологического процесса, проверить адекватность разработанной модели экспериментальными исследованиями.

Условия, материалы и методы исследований. Изучению процесса движения сельскохозяйственных культур по различным поверхностям посвящены работы П.М. Василенко [7], В.М. Мартынова [8] и др.

Для проведения аналитических исследований нами рассматривался случай движения компоненты по усеченному конусу, при этом исходили из условий, что компонента в начальный момент неподвижна и находится в соприкосновении с поверхностью конуса, а в дальнейшем перемещается без вращения и опрокидывания. Учитывая форму и кинематику взаимодействующих поверхностей, рассмотрено перемещение компоненты вороха в цилиндрической системе координат ρ , φ , z . Полярный радиус ρ определяет расстояние до центра масс компоненты от оси вращения конуса Oz , при этом точка контакта взаимодействующих поверхностей находится на луче, проходящем перпендикулярно через ось Oz и центр масс компоненты.

Рисунок 1

Схема сил, действующих на компоненту зернового вороха, движущейся по внутренней поверхности усеченного конуса

Отклонение радиуса ρ от вертикали определяется полярным углом φ . Перемещение вдоль оси вращения конуса оценивается координатой z . Радиальное ускорение центра масс компоненты определяется как $\ddot{\rho} - \rho\dot{\varphi}^2$, тангенциальное ускорение – $\rho\ddot{\varphi} + 2\dot{\rho}\dot{\varphi}$, соответственно скорость и ускорение по оси Oz равны $\dot{z} = \dot{\rho}/\tan\alpha$ и $\ddot{z} = \ddot{\rho}/\tan\alpha$. На компоненту массой m воздей-

$$\left. \begin{aligned} m(\ddot{\rho} - \rho\dot{\varphi}^2) &= G \sin\beta \cos\varphi - N \cos\alpha - fN\dot{\rho}/\sqrt{v_o^2 + \dot{\rho}^2/\sin^2\alpha}; \\ m(\rho\ddot{\varphi} + 2\dot{\rho}\dot{\varphi}) &= -G \sin\beta \sin\varphi - fNv_o/\sqrt{v_o^2 + \dot{\rho}^2/\sin^2\alpha}; \\ m\ddot{z} &= m\ddot{\rho}/\tan\alpha = N \sin\alpha - G \cos\beta - fN\dot{\rho}/(tg\beta\sqrt{v_o^2 + \dot{\rho}^2/\sin^2\alpha}) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где $\sqrt{v_o^2 + \dot{\rho}^2/\sin^2\alpha}$ – абсолютная скорость компоненты V_k ; v_o – относительная окружная скорость компоненты, равная

$$v_o = \rho_1(\dot{\varphi} - \omega_0), \quad (2)$$

где ω_0 – угловая скорость вращения конического барабана; ρ_1 – полярный радиус расположения точки контакта компоненты с внутренней поверхностью усеченного конуса с учетом радиуса ρ_k компоненты, определяемый как сумма

$$\left. \begin{aligned} \ddot{\varphi} &= -\frac{1}{r} \left\{ 2\dot{\rho}\dot{\varphi} + g \sin\beta \sin\varphi + [\rho\dot{\varphi}^2 + g(\cos\beta \cdot tg\alpha + \sin\beta \cos\varphi)] \frac{fv_o \sin\alpha \cos\alpha}{\sqrt{v_o^2 \sin^2\alpha + \dot{\rho}^2}} \right\}; \\ \ddot{\rho} &= \sin\alpha [\rho\dot{\varphi}^2 + g(\cos\beta \cdot tg\alpha + \sin\beta \cos\varphi)] \left(\sin\alpha - \frac{f \cdot \dot{\rho} \cos\alpha}{\sqrt{v_o^2 \sin^2\alpha + \dot{\rho}^2}} \right) - g \cos\beta \cdot tg\alpha. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Численное решение системы (5) позволяет определять текущие значения угла φ и радиуса ρ для любого времени t или угла поворота конуса $\psi = \omega_0 t$. Начальный радиус $\rho = \rho_0$ в соответствии с (4) равен

$$\rho_0 = R_{min} - \rho_k \cos\alpha, \quad (6)$$

где R_{min} – радиус меньшего основания усеченного конуса. Этот радиус при заданных значениях угла α , радиуса большего основания R_{max} и высоте h_z усеченного конуса равен

$$R_{min} = R_{max} - h_z \cdot tg\alpha. \quad (7)$$

Текущая координата z при известном радиусе ρ равна:

$$z = (\rho + \rho_k/\cos\alpha - R_{min})/\tan\alpha. \quad (8)$$

Эти же условия справедливы в случае движения компоненты по внутренней поверхности цилиндрического барабана, так как при этом в решении системы уравнений (1) расчет сохраняется при условии, что угол β равен нулю. На рисунке 3а показано боковое смещение компоненты вороха при движении по внутренней поверхности вращающегося с угловой скоростью $\omega = 6 \text{ с}^{-1}$ цилиндрического барабана диаметром $D = 0.6 \text{ м}$ при различных коэффициентах трения, полученных на аналитической модели. Подтвер-

ждают следующие силы: тяжести $G = mg$, нормальная реакция N и сила трения fN , где f – коэффициент трения компоненты о поверхность образующей конуса. После проецирования всех действующих сил на цилиндрические оси координат с учетом инерционной составляющей точечной массы имеем следующую систему дифференциальных уравнений движения компоненты:

$$\rho_1 = \rho + \rho_k \cos\alpha. \quad (3)$$

Для исключения из системы уравнений неизвестной нормальной реакции N вычтем из третьего уравнения системы первое, предварительно разделив ее на $tg\alpha$. Выполнив преобразования, получим:

$$N = m \cos\alpha [\rho\dot{\varphi}^2 + g(\cos\beta \cdot tg\alpha + \sin\beta \cos\varphi)]. \quad (4)$$

После замены нормальной реакции система уравнений движения компоненты во вращающемся усеченном конусе принимает вид:

дить данные, на наш взгляд, возможно, исходя из анализа предложенных на сегодняшний день методов решений подобных задач при использовании среды виртуального моделирования машин MSC ADAMS.

При вращении барабана семенной материал поднимается на определенную высоту, характеризующуюся углом подъема. Угол подъема слоя зерна при вращении в цилиндрическом барабане в большинстве случаев определяется на основании общеизвестной зависимости [9]:

$$\alpha = \varphi + \arcsin \frac{\omega^2 r \sin\varphi}{g}, \quad (9)$$

где α – предельный угол подъема слоя зерна в барабане, φ – угол ската зерна, r – радиус барабана, ω – угловая скорость вращения барабана, g – ускорение свободного падения.

Вместе с тем при определении угла подъема в качестве значения угла ската ряд авторов использует угол естественного откоса зерновой смеси или другие углы трения зерен о внутреннюю поверхность барабана [10].

Технологический процесс барабанного протравливателя заключается в непрерывном движении барабана и обрабатываемого материала вверх вместе с барабаном, падением и (или) ссы-

панием части зерен вниз с последующими повторениями цикла. Падающие семена обволакиваются препаратом, распылённым в виде аэрозоля, а ссыпающееся семя обеспечивают взаимное перемешивание слоев. Таким образом, в первом случае определяющим является значение угла трения зерен о внутреннюю поверхность барабана, во втором – угол естественного откоса. При этом соотношение моментов, вызванных силой тяжести M_g и силами трения $M_{тр}$, приводят к следующим вариантам движения зернового материала: $M_{тр} \geq M_g$ – перемещается вверх вместе с барабаном; $M_{тр} = M_g$ – стоит на месте; $M_{тр} \leq M_g$ – соскальзывает вниз. Последний вариант на практике наблюдается в случае челночного режима, при котором динамическое трение скольжения существенно меньше статического трения покоя.

Для покрытия семян аэрозолем необходим угол подъёма, заканчивающийся падением семян, а для более интенсивного перемешивания целесообразнее безотрывное движение, т. е. подъем на угол до 90° [11].

С целью проверки соответствия и работоспособности (верификации) созданных моделей и связей проведём расчёты по упрощённым схемам, в частности рассмотрим движение идеального шара внутри цилиндрического барабана. Это позволяет выявить возможные неточности и существенно упростить и минимизировать трудоёмкость создания более сложных моделей.

На сегодняшний день, на наш взгляд, наиболее близко к реальному описанию процессов перемещения тел с учётом сил трения кулоновская модель [11], при которой в расчёте сил трения учитываются четыре основных показателя: коэффициент статического трения, используемый для расчёта силы, необходимой для преодоления трения, когда тело находится в состоянии покоя; скорость статического трения, при которой происходит переход неподвижного компонента в движущийся; коэффициент динамического трения, используемый для расчёта сил трения при превышении телом скорости статического трения; скорость динамического трения, при которой его величина становится постоянной.

Реализация кулоновской модели нами осуществлена в среде виртуального моделирования MSC ADAMS. Учитывая ограниченность возможностей встроенного графического редактора ADAMS/View, трёхмерная модель барабана была создана в среде Компас-3D в формате sat и импортирована в препроцессор ADAMS/View (рисунок 2). Диаметр барабана, исходя из допустимых граничных условий, был выбран равным $D = 0,7$ м, а длина образующей $l = 1,0$ м.

Для определения инерционных и контактных характеристик, определяемых геометрией тела, в нашем случае значениями величин трёх осей эллипсоидов и геометрическими образами барабанов, для расчётов введены характеристики материалов, в частности для клубней сорта «Невский» модуль упругости $E = 2,6$ МПа, плотность $\rho = 1140$ кг/м³, коэффициент Пуассона $k = 0,23$, диапазоны коэффициентов трения по резине скольжения $0,7\text{--}0,75$, качения – $0,35\text{--}0,37$, коэффициент восстановления скорости клубней при ударе о резину равен $0,7\text{--}0,76$.

Рисунок 2
Фрагмент виртуального эксперимента
в препроцессоре ADAMS/View

Для среднесуглинистых почвенных комков соответственно $E = 15$ МПа, $\rho = 1500$ кг/м³, $k = 0,35$. В качестве материала эластичного барабана была выбрана резина, обладающая следующими свойствами: $E = 7$ МПа, $\rho = 2500$ кг/м³, $k = 0,5$. При введении неголономных (кинематических) связей рассчитывались контактное взаимодействие компонентов вороха с поверхностью барабана на основе процедуры Restitution-based contact. В этом случае вычисляется контактная сила, исходя из параметра штрафа и коэффициента восстановления. Параметр Penalty (штраф) характеризует локальную жёсткость между взаимодействующими поверхностями. Чем больше ее значение, тем меньше взаимное проникновение. Коэффициент восстановления управляет энергией диссипации при контакте. Значение ноль задаёт абсолютно неупругий контакт. Значение единица – абсолютно упругий контакт без потери энергии. Численная реализация модели в среде ADAMS/View основывается на системе уровней Эйлера – Лагранжа, нашедшей применение в задачах оптимизации, которые совместно с принципом наименьшего действия являются классическими уравнениями движения и используются для вычисления тра-

екторий в механических и мехатронных системах. В этом случае при определении траектории тела исходят из того, что среди всех вариаций траекторий принимается та, для которой на всем интервале движения действие экстремально, то есть в направлении, где первая вариационная производная уравнений обращается в ноль.

В препроцессоре «геометрический образ барабана» трёхмерная модель преобразована в конечно-элементный объект, установлена связь с «фундаментом» в виде шарнира вращения, определены кинематические связи, воздействие силы тяжести, заданы свойства материалов и характеристики их контактных взаимодействий. Твёрдотельные модели семян созданы в редакторе самой программы в форме эллипсоидов, имеющих контактное взаимодействие с внут-

ренней поверхностью барабана. Далее проведена серия верификационных расчётов для проверки правильности задания связей, начальных и граничных условий, настроек взаимодействия объектов и выполнены соответствующие корректировки.

Результаты исследования. На основе проведённых исследований выявлено, что закон движения компоненты вороха по внутренней поверхности конуса зависит от угла образующей α , наклона β к горизонту оси вращения Oz , коэффициента трения f , а также угловой скорости ω_0 и радиуса ρ_k . Существенное влияние при этом оказывают начальные скорости $\dot{\rho}_0$ и $\dot{\phi}_0$, а также угол сектора подачи φ_0 компоненты на сепарирующую поверхность.

Рисунок 3

Поперечное смещение траектории компоненты вороха, полученное:

a – на аналитической; б – виртуальной модели при коэффициентах трения 1 – $f = 0,3$; 2 – $f = 0,5$; 3 – $f = 0,7$; 4 – $f = 0,9$

Рисунок 4

Предельные углы подъёма семян в зависимости от коэффициента трения о внутреннюю поверхность барабана для показателей кинематического режима: 1 – 0,77; 2 – 1,51; 3 – 1,73 и 4 – 2,04

На рисунке 4 приведены графики зависимости углов подъёма от коэффициентов трения се-

мян пшеницы о внутреннюю поверхность барабана для разных кинематических режимов его

работы. Из представленных графиков следует, что на углы подъёма зерен существенное влияние оказывают радиус и угловая скорость вращения барабана. При постоянных значениях кинематического режима $k = (\omega^2 r) / g$ данный показатель линейно связан с коэффициентом трения семян о внутреннюю поверхность барабана. Повышения качества процесса обработки барабанным протравливателем семенного материала на основе использования эффекта подъёма его на разные углы возможно добиться при различных кинематических режимах, т. е. изменением радиуса или угловой скорости на отдельных

участках по длине или чередованием их по времени, что достаточно сложно для конструктивного исполнения.

С учетом этого для повышения эффективности процесса перемешивания в барабанном протравливателе на основе эффекта подъёма семенного материала на разные углы предложено решение, заключающееся в установке внутри цилиндрического барабана кольцевых вставок из материалов, имеющих различные коэффициенты трения. На рисунке 5 представлены траектории подъёма зернового материала двух вариантов барабанов.

Рисунок 5

Траектории вертикального перемещения зерна в ADAMS/PostProcessor: а – сплошной барабан; б – составной барабан

Как показывают результаты машинных экспериментов, в первом варианте явно наблюдается задержка материала в верхней точке, что при непрерывной подаче приведет к выравниванию верхней линии траектории. Во втором варианте наблюдаются зоны резкого соскальзывания семени вниз, что гарантирует образование на отдельных участках зон подъёма и опускания.

В результате экспериментов на виртуальной модели выявлено, что семена, лежащие на внутренней поверхности колец, перемещаются по окружности по направлению вращения барабана, увлекая за собой верхние слои, при этом скорость перемещения верхних слоев уменьшается по мере удаления от семян, лежащих на внутренней поверхности колец, что обеспечивает их перемешивание. Достигнув предельного угла подъёма, часть семян под действием сил тяжести падает, а часть начинает радиальное движение вниз по дуге окружности и по образующей в сторону наклона барабана. При этом в зоне стыковок кольцевых вставок наблюдается резкое изменение характера взаимодействия семян с поверхностью барабана. В случаях перехода от участка с большим коэффициентом трения к участку с меньшим его значением нижние слои семян соскальзывают вниз, так как на данных вставках угол предельного подъёма семян меньше и движущиеся вниз семена не встреча-

ются с семенами, движущимися вверх. При переходе от участка с меньшим коэффициентом трения к участку с большим значением соответственно происходит обратный процесс: семена двигаются вверх. Это способствует взаимному перемешиванию семян не только за счет радиального, но и осевого послойного перемещения, что значительно повышает интенсивность и равномерность нанесения препарата на их поверхность.

На основании полученных результатов разработана конструкция и изготовлен опытный образец усовершенствованного протравливателя, схема которого представлена на рисунке 6.

Рисунок 6

Усовершенствованный барабанный протравливатель семян: 1 – барабан, 2 – кольцевые вставки, 3 – загрузочный бункер для семян, 4 – распылитель, 5 – нагнетательный трубопровод для подачи рабочей жидкости

Рисунок 7
Траектория движения семян пшеницы
в барабане усовершенствованного протравливателя

Устройство для предпосевной обработки содержит установленный с наклоном вращающийся барабан, внутри которого закреплены кольцевые вставки, образующие сплошную цилиндрическую поверхность. При этом кольцевые вставки имеют ширину S , соответствующую осевому перемещению обрабатываемого материала при подъёме на максимальный угол, т. е. прямо пропорционально коэффициенту трения, значения которого выбираются из условия оптимизации режимов работы отдельных участков барабана. С приподнятой стороны барабана

установлен загрузочный бункер для семян и распылитель с нагнетательным трубопроводом для подачи рабочей жидкости. Ширина S кольцевых вставок выбирается в зависимости от технологических показателей процесса (вид семян, их влажность и т. п.) и обеспечения оптимальной разницы высоты подъёма семян на отдельных участках по длине барабана. Экспериментальные исследования подтвердили достоверность предположений. На рисунке 7 показан фрагмент экспериментальной оценки траектории движения семян по внутренней поверхности усовершенствованного протравливателя, соответствующий выводам, полученным на основе анализа аналитических зависимостей и в среде виртуального моделирования MSC ADAMS.

Вывод. Предложенные аналитические выражения и виртуальное моделирование в среде MSC ADAMS, показавшие хорошую сходимость результатов, позволили получить техническое решение, обеспечивающее взаимное перемещение семян не только в радиальной, но и в продольной плоскости, за счёт чего повышается равномерность распределения рабочего препарата по поверхности семян и повышается эффективность процесса протравливания.

Библиографический список

1. Лепехин, Н.С. Что дает протравливание семян [Текст] / Н.С. Лепехин // Защита растений. 1994. № 3. С. 39.
2. Пат. 2366631 Российская Федерация, А 01 С1/08. Протравливатель семян / В.Г. Артемьев, В.И. Курдюмов, В.Н. Игонин, Х.Х. Губейдулли, Ю.М. Исаев, А.В. Шуреков (Россия); патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия» (Россия). № 2004110343/12; заявл. 05.04.2004; опубл. 27.12.2005, Бюл. № 36.
3. Салахов, И.М. Теоретическое обоснование расхода рабочей жидкости в пневмомеханическом протравливателе семян зерновых культур [Текст] / И.М. Салахов, Э.Г. Нуруллин // Инновационное развитие агропромышленного комплекса. Материалы всероссийской научно-практической конференции. Том 78, часть 2. Казань: Казанский ГАУ, 2011. С. 217–219.
4. Мечкало, А.Л. Камерный протравливатель семян [Текст] / А.Л. Мечкало // Сельский механизатор. 2009. № 11. С. 20.
5. Хасанов, Э.Р. Пути повышения качества обработки семян с минимальным травмированием [Текст] / Э.Р. Хасанов, М.Х. Байгускаров, М.Р. Биктимиров // Достижения науки – агропромышленному производству. Материалы XLVIII международной научно-практической конференции. Челябинск: ЧГАУ, 2009. Ч. IV. С. 260–263.
6. Смелик, В.А. Предпосевная подготовка семян нанесением искусственных оболочек [Текст]: монография / В.А. Смелик, Е.И. Кубеев, В.М. Дринча. СПб.: СПбГАУ, 2011. 272 с.
7. Василенко, П.М. Некоторые вопросы теории вибрационных процессов [Текст] / П.М. Василенко // Механизация и электрификация с.-х. 1962. № 3. С. 17–21.
8. Мартынов, В.М. Проектирование рабочих органов и машин для уборки корнеплодов [Текст] / В.М. Мартынов. Уфа: Башкирский ГАУ, 2011. 250 с.
9. Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин [Текст] / Под ред. В.П. Горячкина. Т. 3. М., 1936. С. 780, 593.
10. Хасанов, Э.Р. Перспективные направления совершенствования способов и конструкций машин для инкрустации семян защитно-стимулирующими препаратами [Текст]: рекомендации / Э.Р. Хасанов, Р.Р. Камалетдинов, Д.Ю. Широков; Министерство сельского хозяйства РФ, Башкирский государственный аграрный университет. Уфа, 2012.
11. Камалетдинов, Р.Р. Информации при имитационном моделировании процесса сепарации картофельного вороха [Текст] / Р.Р. Камалетдинов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2006. № 11. С. 8–10.

Сведения об авторах

1. **Камалетдинов Рим Рашитович**, доктор технических наук, доцент кафедры строительно-дорожных, коммунальных и сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, тел.: (347) 228-08-71, e-mail: krr53@mail.ru.

2. **Хасанов Эдуард Рифович**, доктор технических наук, профессор кафедры строительно-дорожных, коммунальных и сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, тел.: (347) 228-08-71, e-mail: hasan_ed@mail.ru.

3. **Ступин Владимир Анатольевич**, аспирант кафедры строительно-дорожных, коммунальных и сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: poshta-03@mail.ru.

Описан процесс взаимодействия семян с внутренней поверхностью барабанного протравливателя с учетом сил трения. В среде виртуального моделирования MSC ADAMS смоделирован процесс обработки и проведен анализ перемещения семян по поверхностям с различ-

ным коэффициентом трения внутри барабана. Предложен усовершенствованный барабанный протравливатель для обработки семян, проведены эксперименты, подтверждающие повышение эффективности процесса протравливания.

R. Kamaletdinov, E. Hasanov, V. Stupin

IMPROVING EFFICIENCY OF LAYER-BY-LAYER MOVEMENT OF SEEDS IN DRUM TREATERS

Key words: *drum; treater; grain crop seed treatment; drum treaters; MSC ADAMS virtual simulation; protection and stimulating preparations.*

Authors' personal details

1. **Kamaletdinov Rim**, Doctor of technical sciences, associate professor of the Road Construction, Municipal and Farm Machinery department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Otyabrya st., 34, e-mail: krr53@mail.ru.

2. **Khasanov Eduard**, Doctor of technical sciences, associate professor of the Road Construction, Municipal and Farm Machinery department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Otyabrya st., 34, e-mail: krr53@mail.ru.

3. **Stupin Vladimir**, Post-graduate student of the Road Construction, Municipal and Farm Machinery department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Otyabrya st., 34, e-mail: poshta-03@mail.ru.

The paper describes the way seeds interact with the inner surface of the drum treater with regard of the friction force. The treatment process is modelled in the virtual simulation environment MSC ADAMS. Seed

movement is analysed in terms of different friction coefficient inside the drum. An improved drum treater for seed treatment is offered, experiments were conducted to prove its efficiency in the treatment process.

© Камалетдинов Р.Р., Хасанов Э.Р., Ступин В.А.