УДК 631.33.021

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДОЗИРОВАНИЯ ТОРФА БУНКЕРОМ-ДОЗАТОРОМ

ШУХАНОВ Станислав Николаевич, *Иркутский государственный аграрный университет имени. А.А. Ежевского*

Получены аналитические зависимости, описывающие процесс дозирования торфа бункером-дозатором.

Введение. Создание новых технических средств и технологий [2–6] для механизации сельскохозяйственного производства является важной народно-хозяйственной задачей. В комплексе задач, стоящих перед агропромышленным комплексом страны, особое место отводится выведению перспективных сортов сельскохозяйственных культур.

Для ускорения севооборота все производство ведется, как правило, в теплицах. Сеянцы, в частности картофеля, высаживаются в горшки. В качестве субстрата обычно используется торф. Механизировать наполнение горшков предлагается с помощью бункера-дозатора. При рассмотрении теоретических аспектов процесса дозирования торфа бункером-дозатором была принята классическая теория механики насыпных грузов. Насыпной груз рассматривали как сплошную среду, что приводит к результатам с приемлемой для практики точностью.

С целью обоснования параметров бункера-дозатора рассмотрен процесс движения торфа в бункере с подвижным дном в виде ленточного питателя.

Методика исследований. При проведении аналитических исследований за основу была принята классическая теория насыпных грузов [1]. При этом оперировали торфом со следующими физико-механическими свойствами:

коэффициент внутреннего трения ρ, кг/м³;

коэффициент внешнего трения о стенки бункера $f_в$;

коэффициент внешнего трения о ленту питателя $f_б$.

В начале аналитическому исследованию подвергалось движение торфа в бункере с днищем в виде ленточного питателя при отсутствии дозирующей щели. Результаты экспериментальных исследований показали, что расход массы торфа Q отличается от величины, рассчитанной по формуле:

$$Q = \rho B H_{СЛ} V_{Л.П}, \quad (1)$$

где B – ширина бункера; $H_{СЛ}$ – высота слова торфа, м; $V_{Л.П}$ – скорость ленты питателя, м/с.

Это различие объясняется неравномерным распределением эпюры скоростей, т.е. различием скоростей некоторой части или всей перемещаемой массы и ленты питателя, происходящим из-за проскальзывания верхнего слоя массы относительно нижнего (см. рисунок) или проскальзывания ленты питателя относительно всей массы.

Результаты сследований. Для определения условия, при которых не будет происходить проскальзывание слоев перемещаемой массы относительно друг друга, рассмотрим слой I толщиной x. На него действуют сила трения о боковые стенки $F_{тр.ст.}$ и сила трения I о слой II $F_{тр.сл.}$, возникающая в результате касательных напряжений по плоскости А-А.

Движение всей массы торфа в бункере без скольжения слоя I относительно слоя II возможно при условии:

$$F_{тр.ст} \leq F_{тр.сл}. \quad (2)$$

Выразим стенки $F_{тр.ст}$ и $F_{тр.сл}$ через геометрические параметры бункера и физико-механические свойства торфа.

Для перемещения массы в бункере касательные напряжения в точках соприкосновения ее со стенками должны достигнуть предельного значения, определяемого формулой

$$\tau = f_б \delta, \quad (3)$$

где δ – нормальные к стенкам напряжения; $f_б$ – коэффициент внешнего трения о стенки бункера.

Для нахождения локальных значений предельных касательных напряжений необходимо знать распределение нормальных напряжений.

Давление сыпучего тела неа стенки бункера зависит от высоты (x), формы бункера, от процесса формирования сыпучего тела и от физико-механических свойств материала.

Для упрощения задачи предположим, что нормальное давление по поверхности А-А и на стенках бункера равно гидростатическому давлению, т.е. $\rho g x$ и стенки бункера строго вертикальные, тогда:

$$F_{тр.ст} = f_б\, 2 l n_б \int_0^x \rho g x dx = f_б l n_б \rho g x^2, \quad (4)$$

где l – длина бункера, м; $n_б$ – коэффициент бокового давления, определяется по формуле классической теории механики насыпных грузов [6].

Сила трения слоя I о слой II А-А определяется по формуле:

$$F_{тр.ст} = f_б B l \rho g x. \quad (5)$$

Отсюда

$$x \leq \frac{f_в B}{f_б n_б}. \quad (6)$$

Из выражения (6) видно, что высота слоя x при которой не будет послойного проскальзывания зависит от ширины бункера и характеристик торфа. Подставив в (6) вместо $f_в$ $f_{л.п}$ (трение о ленту питателя), получим высоту слоя торфа в бункере, который может двигаться без разрушения, исходя из допущения, что насыпной груз представляет собой сплошную среду.

С целью получения заданного расхода массы торфа может быть использована щель с регулируемой высотой h. Тогда секундную подачу массы торфа можно определить по формуле:

$$q = \rho B h V_{л.п} K_1, \qquad (7)$$

где K_1 – эмпирический коэффициент зависящий от высоты щели, скорости ленты питателя и физико-механических свойств торфа.

Поведение массы в бункере, существенно зависит от соотношения x и h.

Рассмотрим случаи.

Высота слоя x больше высоты дозирующей щели h, т.е. $x>h$. В результате этого производительность ленточного питателя будет больше пропускной способности щели, т.е.

$$xBV_{л.п.} > BhV_{л.п.}K_1. \qquad (8)$$

Таким образом, часть массы торфа, равная

$$q^+ = xBV_{л.п.} - BhV_{л.п.} = V_{л.п.}(x - hK_1) > 0 \qquad (9)$$

будет приводиться в движение за счет сообщения ей скорости и скапливаться (сгруживаться) у дозирующей щели, влияя тем самым на характер истечения массы через нее.

В результате анализа сил, действующих на слой торфа (6), установлено, что высота слоя зависит от ширины бункера B. Следовательно, одним из путей уменьшения слоя x является уменьшение ширины бункера, но так как нам необходимо обеспечить заданный расход массы q, этого можно добиться посредством установки делящих плоскостей. Так, при установке n плоскостей высота слоя находится из (6) заменой B на $\frac{B}{n+1}$.

Тогда

$$q^+ = xBV_{л.п.}\left(\frac{f_{л.п.}B}{f_б n_б (n+1)} - hK_1\right). \qquad (10)$$

С целью повышения качества дозирования нужно добиться, чтобы $q^+ \approx 0$, т.е. чтобы не было сгруживания. Этого можно добиться за счет подбора количества делящих плоскостей.

Приравняв (10) к нулю, положив при этом K=1, получим:

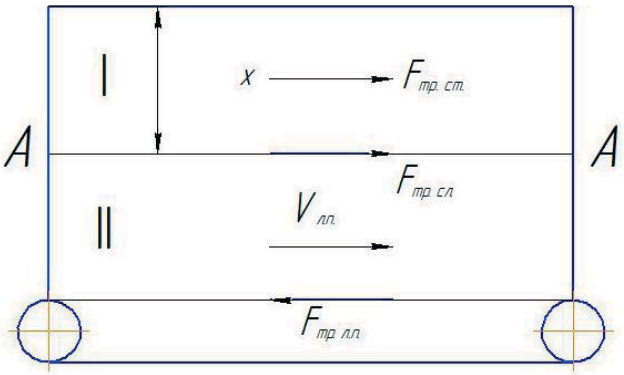

Схема сил, действующих на перемещаемый слой торфа

$$n = \frac{f_{л.п.}B}{f_б n_б h} - 1. \qquad (11)$$

Заключение. Таким образом, зная физико-механические свойства массы и геометрические размеры B и h, можно найти количество делящих плоскостей n, при котором будет осуществляться дозирование массы через дозирующую щель с высоким качеством.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зенков Р.Л.* Механика насыпных грузов. – М.: Машиностроение, 1964. – 210 с.

2. *Шуханов С.Н., Рыков И.Г.* Совершенствование технических средств для метания зерна // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 4. – С. 17–19.

3. *Шуханов С.Н., Арданов Ч.Е., Болоев П.А.* Модернизация сухого способа очистки корнеплодов // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 6. – С. 13–14.

4. *Шуханов С.Н., Болоев П.А., Коваливнич В.Д.* Опытный измельчитель корнеплодов // Вестник АПК Верхневолжья. – 2014. – № 2. – С. 86–87.

5. *Шуханов С.Н., Болоев П.А., Коваливнич В.Д.* Модернизация технических средств для измельчения корнеклубнеплодов // Аграрная наука. – 2015. – № 5. – С. 30–31.

6. *Шуханов С.Н.* Оптимизация технологических процессов при почвообработке и посеве зерновых культур // Аграрный научный журнал. – 2016. – № 11. – С. 59–62.

Шуханов Станислав Николаевич, *д-р техн. наук, проф. кафедры «Техническое обеспечение АПК», Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского. Россия.*

664038, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный.

Тел. : (83952) 23-73-30.

***Ключевые слова**: бункер-дозатор; торф; дозирование; процесс.*

ANALYTICAL RESEARCH OF DISPENSING OF PEAT WITH THE BUNKER-BATCHER

Shukhanov Stanislav Nikolaevich, *Doctor of Technical Sciences, Professor of the chair "Technical Support of Agro-industrial Complex", Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky. Russia.*

***Keywords:** bunker-batcher; peat; dispensing; process.*

The analytical dependences describing peat dispensing process by the bunker-batcher are recieved.