

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА СЕПАРАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СЕМЕННОЙ МАССЫ ОВОЩЕБАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР

Сергей Пастушенко, Николай Огиенко

Черноморский государственный университет имени Петра Могилы
54003 Украина, Николаевская обл., г. Николаев, ул. 68 Десантников 10
Николаевский государственный аграрный университет
54028, Украина, Николаевская обл., г. Николаев, ул. Крылова 17А

Аннотация. Разработаны математические модели гидродинамического поля вихревого течения однородной и сплошной среды, определена динамика тяжелых и легких частиц семенной технологической массы, под влиянием кавитации и барботации в центробежном поле гидропневмосепаратора. Приведены результаты математического моделирования процесса движения крупной фракции технологической массы овощебахчевых культур в цилиндрическом наклонном сепараторе.

Ключевые слова: Комплекс машин, технологическая линия, математические модели, теоретическое исследование.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка технологического оборудования механизированного процесса получения семян овощебахчевых культур предполагает глубокое теоретическое обоснование всех составляющих процессов, происходящих в машине, с целью правильного выбора ее технологических параметров, конструкции и рабочих органов.

Одна из машин [1], что предложена авторами для доработки технологической массы овощебахчевых культур рис. 1. и получения их семян объединяет два способа сепарации: гидравлический и пневматический. Рассматривая гидравлический способ сепарации свежесобранных семян, можно отметить, что твердые частицы, находясь в потоке вращающейся жидкости подвергаются воздействию центробежной силы. При этом частицы большей массы (как правило это кондиционные семена) переносятся к периферии, а частицы меньшей объемной массы (фрагменты кожуры, мякоть, некондиционные семена и другие включения)

собираются в центральной части, поднимаются и выносятся через сливное отверстие.

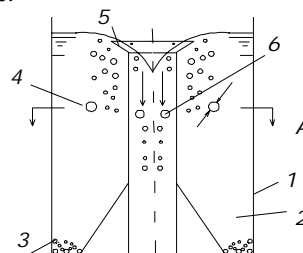


Рис. 1. Схема гидропневмосепаратора:
Fig. 1. Hidropnevmoseparatora scheme:
1 – корпус сепаратора; 2 – вода с частичками плода, семенами и т.д.; 3 – семена; 4 – трубки для подачи воды; 5 – сливная воронка; 6 – отходы

Для выделения остатков семян из предварительно переработанной технологической массы овощебахчевых культур предложено наклонный цилиндрический сепаратор [2], который может использоваться как самостоятельная установка для получения семян, или как отдельный элемент поточной линии для доработки

технологической массы. Цилиндрический роторный сепаратор (рис. 2) представляет собой сетчатый барабан, вращающийся вокруг центральной оси под углом к горизонту. Крупные частицы корки дыни или огурца подаются на внутреннюю поверхность барабана. Параметры роторного сепаратора (диаметр, число оборотов в минуту, наклон) подбираются так, чтобы перемещение объемных масс по решетке происходило без отрыва от поверхности барабана, для обеспечения трения корки, интенсифицируя при этом процесс просеивания семян сквозь решетку.

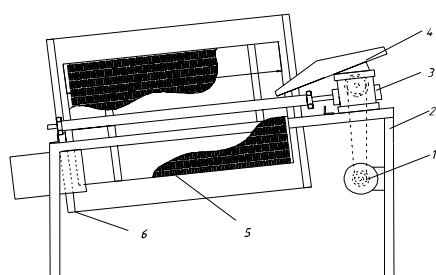


Рис. 2. Схема цилиндрического роторного сепаратора

1 – электродвигатель, 2 – рама, 3 – редуктор; 4 – подающий лоток; 5 – сетчатый барабан; 6 – подбарабанье

Fig. 2. The scheme of the cylindrical rotary separator

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Несмотря на простоту конструкции сепараторов, математическая модель их работы достаточно не однозначная, поэтому программу аналитических исследований построим из двух этапов. На первом этапе определяем гидродинамическое поле вихревого течения условно однородной и сплошной среды с некоторой плотностью, а также динамику тяжелых (кондиционные семена) и легких частиц (мезга, пустые семена и другие включения) в центробежном поле жидкости под влиянием кавитации и барботации, а на втором, рассмотрим математическую модель работы цилиндрического сепаратора.

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Исследование процессов, происходящих в машине при окружной подаче воды, описано в работах многих ученых. В цилиндрической системе координат движение такой среды в общем виде описывается уравнениями Навье-Стокса [2]. Однако исследования вихревой гидродинамики вязкой жидкости образованной семенной технологической массой до сих пор не встречались в научной литературе.

Проблеме кавитации, посвящено большое количество работ [2-6]. Большинство теоретических работ касаются разработки математических моделей динамики одиночного пузырька. При этом в упрощенных моделях [2] жидкость считалась несжимаемой. В других теоретических разработках учитывается сжимаемость жидкости [3, 4]. С точки зрения математической физики, задачи о динамике пузырьков являются краевыми задачами с подвижными границами для уравнения Лапласа или волнового уравнения. В последние десятилетия разработаны аналитические методы решения таких задач [7]. Анализу процесса барботации, всплытия газового пузырька, также посвящено множество работ. Отдельные научные работы, исследовали коллективное поведение пузырьков в жидкости. Наличие пузырьков в жидких средах меняет их свойства, определяющих динамику газожидкостных (двухфазных) сред [8, 9].

Изучению механизмов трения и их математическим моделям посвящено большое количество работ. Следуя [5], рассмотрим основные положения процесса определения коэффициента трения.

Р. Амонт и Ш. Кулон ввели понятие коэффициента трения как отношение силы трения к нагрузке:

$$F_{mp} = f_{mp} \cdot N, \quad (1)$$

где: N – сила нормального давления; F_{mp} – сила трения; f_{mp} – коэффициент трения.

Значение коэффициента трения для различных пар материалов приводятся в различных физико-технических справочниках, например в [6].

Дальнейшие исследования известных ученых показали, что коэффициент трения зависит не только от вида материала трущихся тел, но и от степени обработки поверхностей и их смазки. Далее выяснилось, что сила статического трения (при сдвиге с места) отличается от силы трения движения. Кулон изучал силу трения при медленном смещении контактирующих тел.

Известно, что введение смазки и просто смачивание водой уменьшает трение. Теория смазки (вязкого трения) была дана впервые Рейнольдсом в 1886 г. Если смазки недостаточно, то действуют все три механические силы трения: сила статического сопротивления сдвига с места, кулонова сила и сила вязкого трения. В 1902 г. Штробек экспериментально показал, что при отсутствии смазки сила трения при сдвиге не падает относительно кулоновой силы, а происходит постепенное ее снижение.

Зависимость коэффициента трения от скорости скольжения (относительного движения трущихся тел) крупной корки дыни или огурца в наибольшей мере отображается уравнением предложенным И. В. Крагельской и В. С. Щедровым [7] в виде:

$$f_{mp} = (a + b \cdot |v|)e^{-c|v|} + d, \quad (2)$$

где: a, b, c, d – постоянные, характеризующие режим скольжения и свойства материалов пары (измельченная корка, мякоть, решетное полотно);

ИЗЛОЖЕНИЕ МАТЕРИАЛА

На первом этапе жидкую среду с различными включениями считаем условно однородной, вязкой, несжимаемой жидкостью. Как было отмечено ранее, движение такой среды в общем виде описывается системой уравнений Навье-Стокса, которая в цилиндричной системе координат имеет вид:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial r} + v \frac{\partial u}{\partial \varphi} + w \frac{\partial u}{\partial z} = F_r - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + \left[\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 u}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right],$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + u \frac{\partial V}{\partial r} + v \frac{\partial V}{\partial \varphi} + w \frac{\partial V}{\partial z} = F_\varphi - \frac{1}{\rho r} \frac{\partial p}{\partial \varphi} + \left[\frac{\partial^2 V}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 V}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} \right],$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial r} + v \frac{\partial w}{\partial \varphi} + w \frac{\partial w}{\partial z} = F_z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \left[\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial r} + \frac{\partial^2 w}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right],$$

где u, V, w – соответственно радиальная, окружная и осевая скорости; v – кинематическая вязкость; ρ – плотность жидкости; F_r, F_φ, F_z – проекции массовых сил на оси координат; t – время; p – давление.

К системе уравнений движения (2) следует добавить уравнения неразрывности для несжимаемой жидкости:

$$\frac{\partial u}{\partial r} + \frac{u}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial \varphi} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0. \quad (3)$$

Всю область движения жидкой среды (рис.1) разобьем на две: ниже питающих трубок и выше питающих трубок. В нижней области движение жидкости изменяется вдоль оси z и при z = 0 считаем, что среда находится в покое. В верхней области считаем, что среда движется с одинаковой осевой скоростью вдоль координаты z.

Прежде всего, рассмотрим движение жидкости в нижней части. Через установившийся режим движения массы производные по времени равны нулю $\left(\frac{\partial}{\partial t} = 0 \right)$. Учитывая осесимметрич-

ной характер конструкции гидроневмосепаратора считаем, что производные по координате (углу) φ равны нулю. Массовые силы также равны нулю, т.е. $F_r = F_\varphi = F_z = 0$. Далее, из-за малости, пренебрегаем осевым и радиальным движением жидкости. В результате принятых допущений система уравнений (2), (3) принимает вид:

$$\frac{\partial^2 V}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial r} - \frac{V}{r^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 0, \quad (4)$$

где: r – радиальная координата ($R_1 \leq r \leq R_2$); z – осевая координата направленная вверх, на которой точка 0 расположена в центре круга (днище сепаратора) ($0 \leq z \leq H$).

Для поля окружной скорости в сепараторе получаем следующее представление:

$$V(z, r) = V_0 \frac{5\pi d^2}{16R_2 \delta} J_1 \left(\frac{5\pi}{4} \frac{r}{R_2} \right) \frac{\operatorname{sh} \left(\frac{5\pi}{4R_2} z \right)}{\operatorname{sh} \left(\frac{5\pi}{4R_2} H \right)}. \quad (5)$$

На рис. 3 та рис. 4 изображена зависимость:

$$\frac{V(z, r)}{V_0 \cdot J_1 \left(\frac{5\pi}{2 \cdot 4} \right)} = \frac{\operatorname{sh} \left(\frac{5\pi}{4R_2} z \right)}{\operatorname{sh} \left(\frac{5\pi}{4R_2} H \right)},$$

от радиуса и глубины емкости пневмосепаратора.

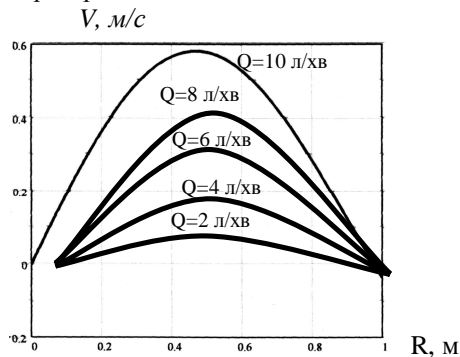


Рис. 3. Зависимость окружной скорости от радиуса емкости гидропневмосепаратора при различной величине подачи воды

Fig. 3. The dependence of the circumferential speed of the radius gidropnevmoseparatora capacity for different values of the water

Максимальная круговая скорость потока достигается при $z = 0$ и

$$r = \frac{R_2}{2}.$$

Одной из задач данного исследования является создание математической модели влияния процесса барботации на отмывание семян от составляющих технологической массы. Адекватность такой математической модели, описывающей физическую сущность процесса очистки технологической семенной массы, к реальным процессам, позволяет оптимизировать выбор конструктивных и технологических параметров машины.

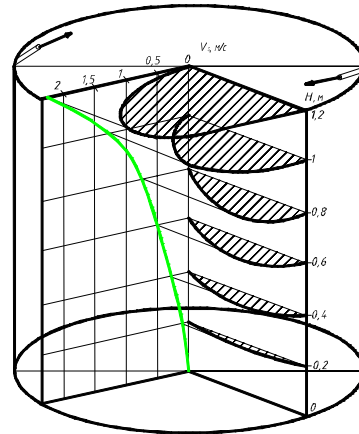


Рис. 4. Зависимость круговой скорости от глубины гидропневмосепаратора

Fig. 4. Dependence on the depth of the circular velocity gidropnevmoseparatora

Нами было спроектировано и разработано дополнительные узлы для подачи воздуха (барботеры), которые установлены в гидросепараторе и требуют теоретического исследования влияния их воздействия на качество процесса доработки семенной массы. За счет барботации происходит интенсивное трение слоев жидкости, что позволяет размывать слизь и желатиноподобную пленку до состояния клетчатки и сока, и обеспечивает лучшую очистку семян.

Что касается полученных ранее экспериментальных данных численных оценок скорости всплытия u , то они относятся к воде. В нашем случае жидкость имеет вязкость на порядок большую чем вода. Произведем оценку скорости всплытия пузырьков диаметром $(5 \div 6)$ мм с учетом коэффициента кинематической вязкости $\nu = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Равновесную скорость всплытия u_0 определим из условия равенства силы сопротивления подъемной силе:

$$\frac{4}{3} \pi a_0^3 (\rho_T - \rho_{жс}) g = c_y \rho_{жс} \pi a_0^2 \frac{u_0^2}{2}, \quad (6)$$

тут c_y – коэффициент сопротивления; a_0^3 – радиус пузырька в момент отрыва; ρ_T – плотность массы; d_0 – диаметр отверстия барботера; $\rho_{жс}$ – плотность жидкости; g – ускорение свободного падения.

Откуда получаем, что

$$u_0 = \frac{8}{3} \frac{a_0 g}{c_y(u_0)}, \quad (7)$$

Далее находим:

$$\sqrt{c_y} = 0,34 \left[1 + \sqrt{1 + 8,6 \left(\frac{24}{Re} \right)} \right], \quad (8)$$

$$Re = \frac{2a_0 u_0}{\nu}. \quad (9)$$

Уравнения (7), (8), (9) позволяют найти выражение для равновесной скорости всплытия пузырька. Подставляя (9) в (8) и тогда в (7), получим уравнение для определения u_0 :

$$u_0 = \frac{2,18 \cdot R_0}{(v_0/a_0) + 31,6 \sqrt{R_0}}, \quad (10)$$

где: a_0 – радиус; ν – вязкость.

Оценим скорость всплытия пузырька $R_0 = 2,5$ мм по формуле (10) при $v_0 = 10$:

$$u_0 \approx \frac{2,2 \cdot 2,5}{10/2,5 + 31,6 \cdot \sqrt{2,5}} \approx 0,1 \text{ м/с}.$$

Количество движения пузырьков

$$\begin{aligned} m_{жс} \cdot u_0 &= \frac{4}{3} \pi a_0^3 \rho_{жс} u_0 = \\ &= \frac{4}{3} 3,14 (2,5 \cdot 10^{-3})^3 1000 \cdot 0,1 \approx 0,6 \cdot 10^{-5} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}. \end{aligned}$$

Следует отметить, что здесь использована не масса газа в пузырьке, а присоединённая масса жидкости.

При всплытии большого числа пузырьков, в случае их равномерного распределения по объему, скорость коллективного всплытия можно оценить формуле:

$$\frac{u_k}{u_0} = \frac{1}{1 + k \cdot \vartheta \cdot \frac{1}{3}}, \quad (11)$$

где: u_0 – скорость всплытия одиночно-го пузырька; u_k – скорость коллективного всплытия; k – коэффициент, который учитывает пространственное распределение пузырьков ($k = 1,3 \div 2,1$); ϑ – объемная концентрация пузырьков.

Рассмотрим математическую модель работы цилиндрического

сепаратора, как случай квазистатики (постоянного малого проскальзывания) частицы на внутренней поверхности барабана [8]. Силы, действующие на семя в его относительном движении показано на рис. 5.

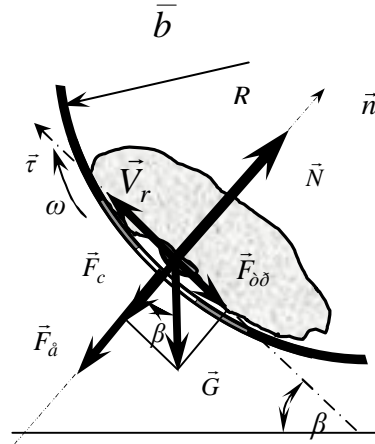


Рис.5. Схема сил, действующих на тело
Fig.5. Diagram of the forces acting on the body

Считаем, что тело находится в условиях равновесия сил

$$G \cdot \sin \beta - F_{mp} = 0,$$

где: β – угловая координата;

G – вес тела ($G = mg$),

m – масса тела,

F_{mp} – сила трения.

Силу трения определим с учетом вращения:

$$F_{mp} = (G \cdot \cos \beta + C) f_{mp}, \quad (12)$$

где: C – отцентровая сила давления

$$C = m \frac{V_0^2}{R}, \quad (13)$$

где: V_0 – постоянная окружная скорость; R – радиус.

После ряда преобразований приведенных выше зависимостей получим уравнение для определения равновесной скорости вращения тела:

$$V_0 = \sqrt{Rg \left(\frac{\sin \beta}{f_{mp}} - \cos \beta \right)}, \quad (14)$$

учитывая, что:

$$V_0 = \frac{\pi R n}{30}, \quad (15)$$

где n – число оборотов сепаратора.

Найдем число оборотов барабана из (15):

$$n = \left(\frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{R}{g}} \left(\frac{\sin \beta}{f_{mp}} - \cos \beta \right) \right)^{1/2}, \quad (16)$$

где $\frac{\sin \beta}{f_{mp}} > \cos \beta$.

Движение семени вместе с барабаном – это переносное движение с угловой скоростью ω .

Рассмотрим динамику движения корки некоторой массы m по внутренней поверхности сепаратора. Текущее ее положения определим угловой координатой $\beta(t)$.

Уравнения динамики корки в общем виде:

$$\sum_{i=1} M_i = 0, \quad (17)$$

где: M_i – i -тый момент, который действует на тело.

Момент силы инерции:

$$M_1 = J\ddot{\beta}, \quad (18)$$

где $\ddot{\beta}$ – угловое ускорение,

J – момент инерции тела принимаем

$$J = mR^2. \quad (19)$$

Момент силы скатывания:

$$M_2 = mg R \sin \beta. \quad (20)$$

Момент силы трения:

$$M_3 = -f_{mp} \left[mg \cos \beta + m \frac{(R\dot{\beta})^2}{R} \right] R. \quad (21)$$

Суммируя моменты с учетом их знаков, получаем:

$$\ddot{\beta} m R^2 + mg \sin \beta - f_{mp} \left[mg \cos \beta + m \frac{(R\dot{\beta})^2}{R} \right] R = 0 \quad (22)$$

тут $\dot{\beta}$ – угловая скорость.

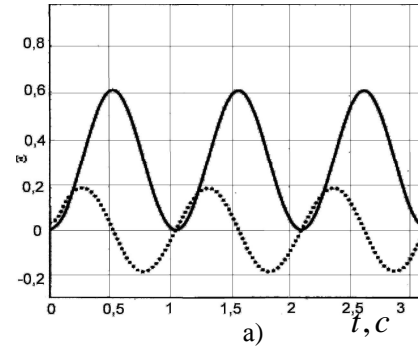
После ряда преобразований:

$$\ddot{\beta} + \left(\frac{g}{R} \right)^2 \sin \beta = f_{mp} \left[\dot{\beta}^2 + \left(\frac{g}{R} \right)^2 \cos \beta \right]. \quad (23)$$

На рис. 6 и 7 приведены результаты расчета автоколебаний корки внутри

барабана по уравнению (23) при постоянном значении коэффициента трения в пределах 0,3 ... 0,4 при котором возможно безотрывное перемещение с протиранием корки по решетке.

β, rad



β, rad

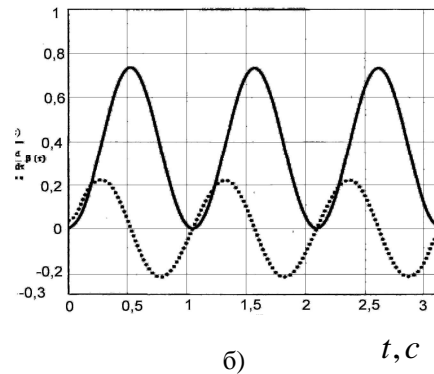


Рис. 6. Автоколебания тела по окружности сепаратора, при

Fig. 6. Self-oscillations of the body along the circumference of the separator, under

а) $f_{mp} = 0,3$, б) $f_{mp} = 0,35$

— $-\beta(\tau)$, $-0,1 \cdot d/dt \cdot \beta(\tau)$.

Из рис. 6, 7, а, видно, что в пределах изменения коэффициента трения от 0,3 до 0,4 наблюдается линейное увеличение амплитуды (в радианах) подъема корки. На рис. 7, б приведены результаты расчета автоколебаний корки по уравнению (23) при переменном коэффициенте трения. При увеличении коэффициента трения колебательное движение корки невозможно, так как она будет двигаться по окружности вместе с барабаном без протирания.

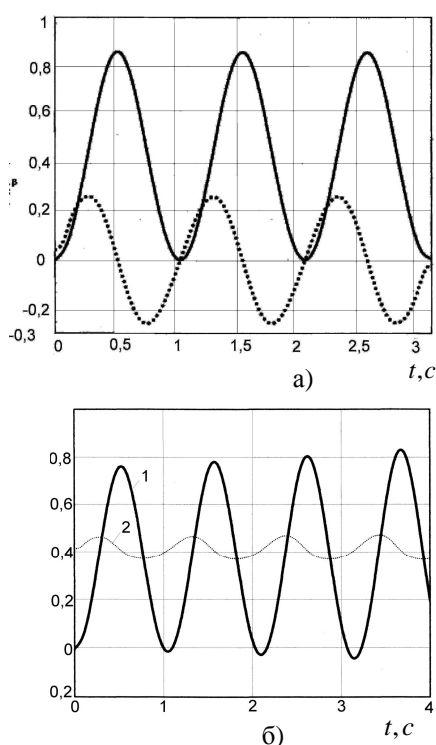


Рис. 7. Автоколебания тела по окружности сепаратора, при
Fig. 7. Self-oscillations of the body
in a circle the separator, the

а) $f_{mp} = 0,4$, б) 1. $\beta(t)$;

2. $f_{mp} = 0,35 + 0,2|6 - \beta|e^{-0,5|6 - \beta|}$

Анализируя полученные графические зависимости наблюдаем увеличение угла подъема корки при изменении коэффициента трения, в связи с этим можно утверждать, что для рабочей поверхности сепарирующего барабана нужно подбирать материалы, которые бы обеспечивали движение фрагментов корки с коэффициентом трения 0,37 ... 0,4, так как при данных значениях данного параметра увеличивается путь прохождения корки по внутренней поверхности барабана, и этим обеспечивается более полное отделение семян.

ВЫВОДЫ

1. В результате исследований получены математические модели кругового движения жидкости, и опреде-

лено количество подачи воды ($Q = 5 \dots 8$ л / мин) при которой достигается наиболее эффективная скорость движения жидкой среды ($V = 0,3 \dots 0,6$ м / с) для качественного отмывания семян.

С целью исследования влияния на очистку семян процесса барботации разработана и предложена математическая модель, аналитическая реализация которой позволила получить линейный закон роста пузырьков в барботере, а также установить зависимость частоты их отрыва ($f = 2-9$ шт/с) от количества подачи воздуха при отмывании семян от составляющих технологической массы.

2. В статье приведены результаты математического моделирования движения крупной фракции технологической массы овоще-бахчевых культур, а именно дыни и огурца. Получены уравнения расчета автоколебаний частиц корки и построены диаграммы зависимостей угла подъема корки указанных культур при различных значениях коэффициента трения что позволило, анализируя графики, определить высоту ($\beta = 0 \dots 1$ рад.) подъема корки и время ее прохождения вдоль барабана сепаратора для каждого из значений коэффициента трения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 29598 У Украина, МПК А23N15/00. Гид-ропневмосепаратор / Огиенко Н.Н., Пастушенко С.И., Горбенко А.А. / - заяв.30.03.07; опубликован. 25.01.08. Бюл.2

2. Пат. 30735 У Украине, А23N15/00. Цилиндры-ческий сепаратор семян овощебахчевых культур / Огиенко Н.Н., Пастушенко С.И., Горбенко А.А., Ду-Менко К.М. - Заявл. 09.11.07; Опубл. 11.03.08. Бюл. № 5.

3. Бэтчелор Дж., 1973, Введение в динамику жидкости. Перев. с англ. - М.: Мир., -758 .

4. Анисимов И. Ф, 1987, Машины и поточные линии для производства семян овощебахчевых культур. - Кишинев: Штиинца. - 292.

5. Камке Э. , 1965 Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. Перев. с немец - М.: Наука. - 704.
6. Хаппель Дж., Бренер Г., 1976, гидродинамика при малых числах Рейнольдса. Перев. с англ. - М.: Мир, - 630.
7. Кузнецов Д.С. , 1965, Специальные функции. - М.: Высш. шк. - 424.
8. Богомолов А.И., Михайлов К.А., 1972, Гидравлика. - М.: Стройиздат - 648.
9. Гегузин Я.Е. Пузыри / Гегузин Я.Е. , 1985 - М.: На-ука - 176.
10. Федоровский А.Д. Процессы переноса в сис-темах газ - жидкость / Федоровский А.Д., Никифоров-вич Е.И., Приходько Н.А. , 1988 - К.: Наук. мнение - 256.
11. Поздеев В.А. , 1981. Импульсные возмущения в га-зожидкостных средах / В.А. Поздеев, Н.М. Бескаравайный, В.Г. Ковалев. - К.: Наук. мысль - 190.
12. Поздеев В.А. , 1979, Нестационарные волновые поля в областях с подвижным границами. - К.: Наук. мысль - 192.
13. Кнэп Р., Дейл Д.Ж., Хэммит Ф., 1974, кавитации - М.: Мир. - 668.
14. Анисимов И.Ф. , 1987. Машины и поточные линии для производства семян овощебахчевых культур / И.Ф. Анисимов. - Кишинев: Штиинца.
15. Алешкевич В.А., Ахметьев В.М., 2002, Автоколебания в курсе общей физике / / Физическое образование в вузах. Т.8 № 3 - 7 -13.
16. Чичинадзе А.В. , 2001, Основы трибологии: Учеб-ник для технических вузов. - М.: Машиностроение - 352.
17. Первозванский А.А. , 1998, Трение - сила знако-мая, но Таинственная // Саратовский образовательный журнал, № 2 - 129 - 134.
18. Эберт Г., 1963, Краткий справочник по физике - М.: Физматгиз. - 552.
19. Справочник по триботехнике. Том 1. Теоре-тические основы , 1989 - Варшава: Машиностроение - 397.
20. Пастушенко С.И. , 2007. Экспериментальные исследования компонентов измельченной массы и физико-механических свойств семян овощебахчевых культур / С.И. Пастушенко, О.А. Горбенко, М.М. Огиенко // Вестник Харьковского НТУСГ им. П. Василенко. - Харьков. - Вып. 62. 318-323.
21. Шебанін В.С., 2007, Технологічна лінія для отримання насіння овоче-баштанних культур / Пастушенко С.І., Шебанін В.С., Думенко К.Н. MOTROL, MOTORYZACIA I ENERGETIKA ROLNICTWA/MOTORIZATION AND POWER INDUSTRY IN AGRICULTURE, TOM 9A, LUBLIN.
22. Шебанін В.С., 2007, Методика проведення випробувань машини для отримання насіння гарбузових культур / Пастушенко С.І. Домчук П.П. MOTROL, MOTORYZACIA I ENERGETIKA ROLNICTWA/MOTORIZATION AND POWER INDUSTRY IN AGRICULTURE, TOM 9A, LUBLIN.

THEORETICAL ASPECTS OF SEPARATION TECHNOLOGY RESEARCH MASS SEED CROPS AND MELONS CULTURES

Abstract. The mathematical model of hydrodynamic vortex flow field of a homogeneous and continuous medium, and defined the dynamics of heavy and light particles of seed technology of mass, under the influence of cavitation and barbotaiyi in a centrifugal field hidropnevmoseparatora. The results of mathematical modeling of traffic a large fraction of technological supply vegetable and melon crops in the old cylindrical separator.

Key words: Set of machines, technological lines, mathematical models, theoretical research.