

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ НА ПРИГОТОВЛЕНИЯ РАСТВОРА МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Ю.А. Шапошников, Н.А. Чернецкая

Одним из ресурсоемких процессов в тепличном овощеводстве является подкормка растений жидкими минеральными удобрениями. Для их растворения в поливной воде требуются определенные затраты энергии и времени на приготовление качественного питательного раствора, соответствующего агротехническим требованиям.

Повысить эффективность процесса получения смеси жидких минеральных удобрений можно посредством применения аппарата, с радиальной лопастной мешалкой.

Ключевые слова: ресурсосберегающий режим, горизонтальный аппарат, радиальная лопастная мешалка, режим работы, минеральные удобрения.

Повысить эффективность процесса получения смеси жидких минеральных удобрений можно посредством применения аппарата, с радиальной лопастной мешалкой. Использование такого смесителя в тепличном овощеводстве обеспечит снижение энергозатрат и времени на полное и равномерное перемешивание минеральных удобрений с поливной водой. Конструкция аппарата проста по устройству, обладает малой металло- и энергоемкостью, удобна в эксплуатации и обслуживании [1].

Питательные растворы наиболее удобно и выгодно производить путем механического перемешивания сухих минеральных удобрений с поливной водой. При этом создается большая турбулентность потока, необходимая для того, чтобы все частицы туков находились в жидкости во взвешенном состоянии и не выходили бы из зоны активного перемешивания, чего достаточно для обеспечения растворения туков. Кроме того, производится механическое воздействие лопастей на твердую фазу. Это активизирует процесс растворения твердых туков в воде, которые растворяются очень медленно (например, фосфорные удобрения). [2].

При вращении вала мешалки каждая лопасть перемещается в некотором объеме, равном диаметру смесительной емкости и ширине лопасти. Частицы туков находятся в контакте с поверхностью лопасти, а именно, перемещаются по определенной траектории, затем сходят с лопасти, продолжая участвовать в перемешивании (увлекаются потоком жидкости), попадают на другую лопасть, перемещаются по ее поверхности, сходят и продолжают такое перемещение по лопастям

до растворения.

Таким образом, задача сводится к выявлению режима работы смесителя, при котором частица как можно дольше будет находиться в контакте с лопастью.

Анализ поведения частицы туков при захвате ее лопастью показывает, что рациональная угловая скорость мешалки находится в пределах от $\omega=6,28$ рад/с до $\omega=10,47$ рад/с. В таком режиме работы частица движется по лопасти при повороте вала до угла 200° от нижнего вертикального положения лопасти в смесительной емкости, и затем сходит с нее и увлекается вращающейся средой. Это обеспечит взаимодействие частицы с жидкостью, и будет способствовать более быстрому растворению [3].

Для построения динамической модели взаимодействия частицы и лопасти рассмотрим схему относительного движения частицы по поверхности плоской лопасти при вращении мешалки. На рисунке 1 неподвижная система координат $K_0(0\xi\eta\zeta)$ связана с осью вращения лопастного вала, а подвижная система координат $K_1(0xyz)$ связана с лопастью и вращается вместе с ней. Тогда движение центра масс M частицы является относительным в системе K_1 , переносным - вместе с лопастью, абсолютным по отношению к системе K_0 . Положение точки M относительно подвижной системы отсчета определяется радиус-вектором $\vec{r}$, проведенным в точку M из начала этой системы O , или тремя координатами x, y, z в этой системе

$$\vec{r} = \hat{i}x + \hat{j}y + \hat{k}z.$$

Начало отсчета времени t соответствует моменту встречи частицы с лопастью в

начальной точке соединения лопасти и вала.

На частицу находящуюся, на вращающейся лопасти действуют следующие силы: P - вес частицы; N - реакция поверхности лопасти; F_T - сила трения частицы по поверхности лопасти; Φ_K - сила инерции Кориолиса; Φ_u - относительная сила инерции.

С учетом уравнения лопасти, которое записано в начальных условиях для координат $y=0$ и $\dot{y}=0$, а также текущих преобразований, уравнения движения точки имеют вид [4]:

$$\left\{ \begin{aligned} m\ddot{x} &= -f|N| \frac{\dot{x} + \omega \cos j z}{\sqrt{(\dot{x} + \omega \cos j z)^2 + (\dot{z} - \omega \cos j x)^2}} + \\ &+ m\omega^2 \cos^2 j x - 2m\omega \cos j \dot{x} \\ |N| &= -m\omega^2 \sin j \cos j x + 2m\omega \sin j \dot{x} \\ m\ddot{z} &= -mg - f|N| \frac{\dot{z} - \omega \cos j x}{\sqrt{(\dot{x} + \omega \cos j z)^2 + (\dot{z} - \omega \cos j x)^2}} + \\ &+ m\omega^2 z + 2m\omega \cos j \dot{x} \\ x &= x_0; -r \leq x_0 \leq r \\ z &= \sqrt{r^2 - x_0^2} \cos^2 j \\ \dot{x}_0 &= \omega \cos j z_0 \\ \dot{z}_0 &= -\omega \cos j x_0 \end{aligned} \right.$$

Систему дифференциальных уравнений решили с применением компьютерной системы проведения математических расчетов MatLAB путем интегрирования методом Рунге-Кутты 4-го порядка. В результате получили координаты $x(t)$ и $z(t)$ частицы на лопасти, проекции скорости частицы $\frac{dx(t)}{dt}$ и $\frac{dz(t)}{dt}$ на координатные оси, абсолютную скорость $V(t)$, а также путь $S(t)$ при различных значениях угловой скорости ω вала, угла φ наклона лопасти к плоскости вращения и в различные моменты времени t . Динамика взаимодействия частицы и лопасти имеет следующие особенности.

1. Величина пути l частицы изменяется прямо пропорционально угловой скорости ω вала и обратно пропорционально величине угла φ наклона лопасти к плоскости вращения. Данный вывод справедлив при изменении φ от 0° до 90° . При $\varphi = 90^\circ$ величина l остается постоянной и не зависит от измене-

ния ω . Увеличение частоты вращения позволит увеличить траекторию частицы на лопасти и обеспечить максимальный контакт с лопастью.

2. Траектории частицы представляют собой почти прямые линии с отклонением в сторону противоположную направлению вращения лопастного вала. Частица сходит с лопасти в различные моменты времени в зависимости от режима. При минимальной $\omega = 6,28$ рад/с частица остается на лопасти в течение $t = 0,1$ мин только при углах φ от 60° до 90° . При увеличении угловой скорости до $\omega = 10,47$ рад/с нижняя граница диапазона угла φ расширяется до $\varphi = 40^\circ$.

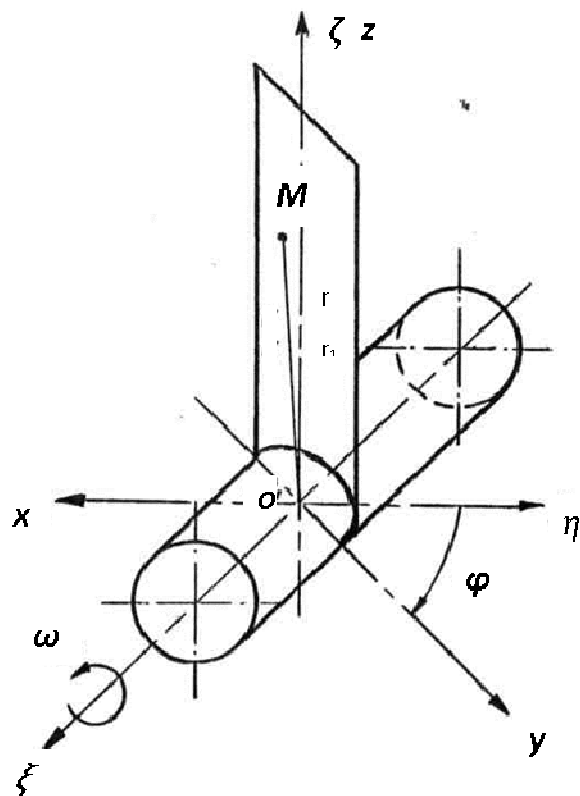


Рисунок 1 - Динамическая модель взаимодействия частицы и лопасти

3. Изменение абсолютной скорости $V(t)$ прямо пропорционально изменению ω и обратно пропорционально изменению φ . При максимальной угловой скорости $\omega = 10,47$ рад/с вала $V(t)$ увеличивается на 23% и достигает значения $V(t) = 1,38$ м/с при $\varphi = 0^\circ$. С возрастанием угла φ от 10° до 90° скорость частицы становится всё меньше и снижается процент её роста при увеличении ω . При $\varphi = 90^\circ$ частица движется с наименьшей скоростью $V(t) = 0,78$ м/с, которая оста-

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ НА ПРИГОТОВЛЕНИЯ РАСТВОРА МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

ся постоянной при любом ω в рассматриваемом диапазоне. Следовательно, при наибольшем контакте частицы и лопасти скорость будет принимать значение $V(t)=0,78$ м/с.

Несмотря на то, что при $\varphi=90^\circ$ частица проходит самый короткий путь, но зато он полностью идет по лопасти и длительность контакта наибольшая.

По результатам проведенных исследований сделаем вывод о том, что процесс перемешивания в лопастном механическом смесителе протекает наилучшим образом с угловой скоростью вращения вала $\omega=10,47$ рад/с и углом наклона лопасти к плоскости вращения $\varphi=90^\circ$. Такой режим работы и конструктивные параметры лопастного вала способствуют максимально долгому нахождению частицы на лопасти, распределению туков по всему объему приготавливаемой смеси, а также их активному растворению. Приготовленный питательный раствор будет иметь равномерное распределение всех питательных веществ в соответствии с агротехническими требованиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернецкая, Н.А. Обоснование параметров смесеприготовительного аппарата минеральных удобрений/ Н.А. Чернецкая, Ю.А. Шапошников//

Вестник Алтайского государственного аграрного университета № 9 (71) - Барнаул, 2010. - С. 78 - 81.

2. Чернецкая, Н.А. Определение факторов ресурсосберегающей технологии приготовления смесей. Труды Рубцовского индустриального института: Выпуск 20: Технические науки / Под ред. А.А. Апполонова / Рубцовский индустриальный институт. - Рубцовск, 2009. -С. 155 - 160.

3. Чернецкая, Н.А. Исследование движения частицы в аппарате с механической мешалкой/ Н.А. Чернецкая, А.К. Фокеев // Известия ТулГУ. Сер. Проблемы сельскохозяйственного машиностроения. Вып. 2. - Тула: Изд-во ТулГУ, 2005. - С. 25 - 31.

4. Чернецкая Н. А. К вопросу о движении частицы в сопротивляющейся среде. Труды Рубцовского индустриального института: Выпуск 17: Технические науки / Под ред. А.А. Апполонова, Э.С. Маршалова / Рубцовский индустриальный институт. - Рубцовск, 2007. - С. 126 - 133.

Шапошников Ю.А., д.т.н., профессор, каф. Автомобили и автомобильное хозяйство

Чернецкая Н.А., докторант

e-mail: friris@mail.ru

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 656038, Барнаул, просп. Ленина, 46, тел. (83852) 290822.