

Неразрывность потока птичьего помёта при его дозировании

А.М. Плаксин, д.т.н., профессор, С.М. Запевалов, аспирант, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ

При возделывании сельскохозяйственных культур с целью повышения их урожайности широко практикуется применение удобрений. По своей природной сущности растениями лучше усваиваются питательные вещества органических удобрений, при этом результаты целого ряда научных исследований свидетельствуют, что во всех почвенно-климатических зонах России совместное применение органических и минеральных удобрений даёт более высокий положительный результат, чем их одностороннее применение [1]. Это подвигло учёных на проведение исследований по разработке органоминеральных удобрений [2]. Эффективность применения такого удобрения оценивается возможностью как его приготовления, так и рационального внесения в почву. Основным и наиболее прогрессивным принципом организации технологического процесса приготовления органоминерального удобрения является поточность производственного процесса с применением гибких технологий, предусматривающих возможность быстрого изменения свойств получаемых удобрений. При приготовлении органоминерального удобрения в качестве основного компонента целесообразно применение отходов птицеводства – птичьего помёта [3].

Производимое удобрение должно быть сбалансированным по питательности. Процесс дозирования компонентов при приготовлении ор-

минеральной смеси при производстве удобрения состоит из пяти технологических операций (рис. 1).

В связи с тем что процесс смешивания птичьего помёта с минеральными компонентами осуществляется смесителем непрерывного действия, и процесс дозирования должен быть непрерывным [4].

Цель исследования заключается в создании математической модели потока птичьего помёта при его дозировании, которая в дальнейшем используется при проектировании технологического процесса дозирования помёта при приготовлении органоминерального удобрения.

Методы исследований. Для вывода уравнения неразрывности потока выделим в нём элементарный параллелепипед с рёбрами, параллельными осям координат (рис. 2).

Известно, что массовый расход помёта определяется уравнением:

$$M = \rho \cdot v \cdot S, \quad (1)$$

где ρ – плотность помёта, кг/м³;

v – скорость движения потока, м/с;

S – площадь сечения потока, м².

Если составляющая скорости потока вдоль оси X на грани $ABCD$ составляет v_x , то массовый расход птичьего помёта, проходящего через эту грань за время dt , составляет:

$$M_x = \rho v_x dydzdt. \quad (2)$$

На грани A' , B' , C' , D' плотность и скорость движения помёта могут отличаться от соответствующих значений на величину $(\partial v_x / \partial x)dx$ и

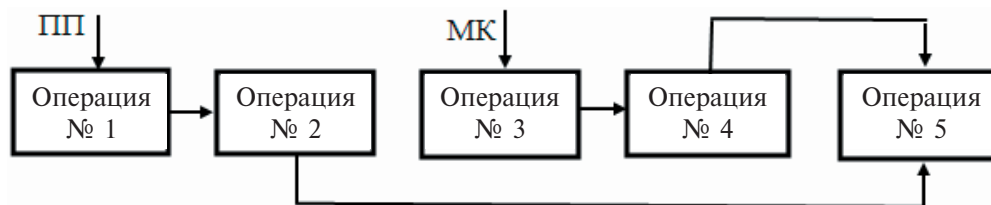


Рис. 1 – Структурная схема дозирования компонентов органоминерального удобрения:

№ 1 – загрузка бункера дозирующей станции птичьим помётом; № 2 – дозирование птичьего помёта; № 3 – загрузка бункера дозирующей станции минеральными компонентами; № 4 – дозирование минеральных компонентов; № 5 – подача помёта и минеральных компонентов на смешивание; ПП – птичий помёт; МК – минеральные компоненты

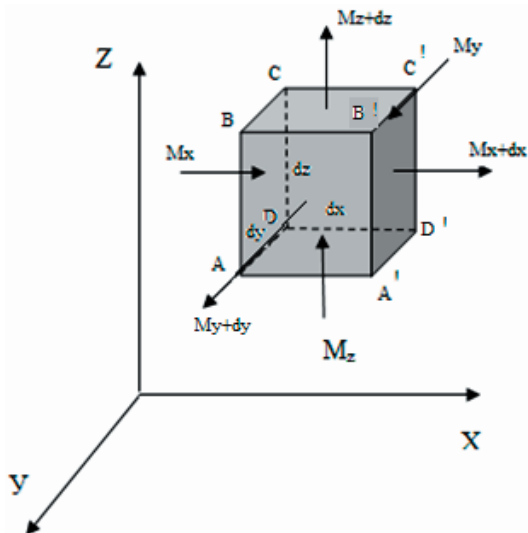


Рис. 2 – Параллелепипед с рёбрами, параллельными осям координат

$(\partial\rho/\partial x)dx$. Т.е. за время dt массовый расход помёта через эту грань составит:

$$M_{x+dx} = \left[\rho v_x + \frac{\partial(\rho v_x)}{\partial x} dx \right] dydzdt. \quad (3)$$

При этом приращение массового расхода помёта будет равно:

$$dM_x = M_x - M_{x+dx} = -\frac{\partial(\rho v_x)}{\partial x} dx dy dz dt. \quad (4)$$

Аналогично уравнению (4) приращение массового расхода помёта по осям Y и Z составит:

$$dM_y = M_y - M_{y+dy} = -\frac{\partial(\rho v_y)}{\partial y} dx dy dz dt, \quad (5)$$

$$dM_z = M_z - M_{z+dz} = -\frac{\partial(\rho v_z)}{\partial z} dx dy dz dt. \quad (6)$$

Общее приращение массового расхода птичьего помёта в рассматриваемом параллелепипеде за время dt , согласно уравнениям (4, 5 и 6), составляет сумму приращений по осям XYZ:

$$dM = -\left[\frac{\partial(\rho v_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho v_z)}{\partial z} \right] dx dy dz dt. \quad (7)$$

Изменение массового расхода по входу и выходу помёта в процессе его дозирования возможно только за счёт его уплотнения, т.е. в результате изменения плотности за время dt :

$$dM = \frac{d\rho}{dt} dx dy dz dt. \quad (8)$$

Результаты исследования. С учётом уравнений (7) и (8) получим дифференциальное уравнение неразрывности потока птичьего помёта при его дозировании:

$$\frac{\partial\rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho v_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho v_z)}{\partial z} = 0. \quad (9)$$

Для обеспечения равномерного дозирования помёта целесообразно шнековый питатель выполнить в форме усечённого конуса (рис. 3). Выделим на конусе сечение в верхней, средней и нижней его части. Уменьшение площади поперечного сечения способствует пропорциональному увеличению плотности помёта. В связи с тем что площадь каждого из указанных сечений переменная, для установившегося движения помёта по оси x интегрирование уравнения (9) даёт постоянство массового расхода:

$$\rho v S = const. \quad (10)$$

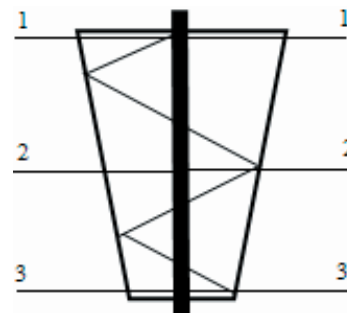


Рис. 3 – К выводу уравнения постоянства массового расхода помёта

В связи с этим для сечений 1–3 (рис. 3) это постоянство можно представить как:

$$\rho_1 v_1 S_1 = \rho_2 v_2 S_2 = \rho_3 v_3 S_3. \quad (11)$$

Т.е. массовый расход птичьего помёта, проходящего через каждое из сечений питателя, одинаковый:

$$M_1 = M_2 = M_3, \quad (12)$$

где M_1, M_2, M_3 – массовый расход птичьего помёта, проходящего соответственно через 1, 2 и 3 сечение питателя.

Изменение плотности дозируемого помёта от площади сечения потока при неизменном массовом расходе и скорости движения потока птичьего помёта в конусном шнековом питателе представлено на рисунке 4.

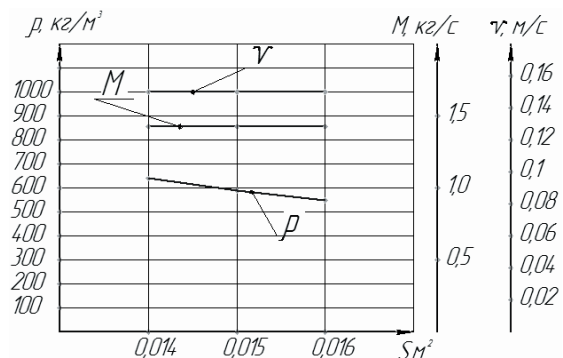


Рис. 4 – Изменение плотности дозируемого помёта от площади сечения потока:

ρ – плотность помёта, $\text{кг}/\text{м}^3$; M – массовый расход, $\text{кг}/\text{с}$; v – скорость потока, $\text{м}/\text{с}$

На графике видно, что с уменьшением площади сечения потока помёта в конусном питателе от 0,016 до 0,014 м² плотность увеличивается от 550 до 640 кг/м³, при этом скорость и массовый расход остаются постоянными: $v=0,15$ м/с и $M=1,4$ кг/с.

Вывод. В результате исследований получено дифференциальное уравнение неразрывности потока птичьего помёта при его дозировании, свидетельствующее о том, что в процессе дозирования птичьего помёта при изменении площади поперечного сечения питателя происходит пропорциональное изменение его плотности, следовательно, при неизменной скорости движения массовый расход остаётся постоянным. При неизменных

конструктивно-технологических параметрах дозатора его производительность можно регулировать путём изменения скорости потока помёта.

Литература

1. Способы внесения удобрений: сб. науч. тр. ВАСХНИЛ / под ред. В.С. Бугаевой. М.: Колос, 1976.
2. Запевалов М.В. Технология приготовления органоминерального удобрения на основе птичьего помёта (статья) // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. № 5. С. 84–90.
3. Запевалов М.В. Критерий эффективности применения органоминеральных удобрений (статья) // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 6. С. 35–37.
4. Запевалов М.В., Запевалов С.М., Глемба К. К вопросу дозирования птичьего помёта в составе органоминеральных компонентов // Общественная научная организация «Наука и хозяйство». 2014. № 2. С. 13–19.