

Введение

Одной из нерешенных научно-технических проблем в сельском хозяйстве является подача в биореакторы органической массы в широких пределах ее физико-механических свойств одним типом машин. Особенно это касается подачи органической массы низкой влажности ($W = 76\text{--}82\%$) в закрытые био-конверсные установки с нижней подачей. Активно ведутся научно-исследовательские работы с органической массой высокой влажности ($W = 85\text{--}99\%$), в результате исследований предложены высокоэффективные агрегаты.

Однако обоснование выбора технологической схемы агрегата для подачи органической массы в настоящее время проводят лишь отдельные исследователи, и то в части ее удаления из животноводческих помещений.

Существующие средства для подачи органической массы в биореакторы получили широкое использование в сельском хозяйстве. Среди них шнековые, винтовые, центробежные, осевые, вакуумные, поршневые насосы [1, 2, 3].

Результаты исследований установок для подачи органической массы показывают, что использование поршневого насоса для подачи органической массы низкой влажности целесообразно, хотя на практике мало исследовано.

На основе этого для интенсивной непрерывной подачи предлагается установка с двумя плунжерными парами [4, 5].

Были сформулированы цели исследования: разработать и изготовить экспериментальный образец установки для подачи органической массы в ферментер; провести экспериментальные исследования влияния конструктивных параметров и режимов работы установки для подачи органической массы на показатель удельной энергоемкости; определить оптимальные параметры экспериментальной установки для подачи органической массы.

Основная часть

Для исследования процесса подачи органической массы по криволинейному трубопроводу в ферментер в фермерском хозяйстве «Тимошевское» Черкасской области Каменского района разработана и изготовлена экспериментальная установка (рисунок 1).

Экспериментальная установка состоит из корпуса 1, над которым расположен бункер 2 и внутри которого размещен поршневой насос 3 (функциональная схема поршневого устройства для подачи органической массы показана на рисунке 2), винта 4, к корпусу подключен трубопровод 5, направляющий для переработки органическую массу в ферментер 6.

Установка для подачи органической массы работает следующим образом: органическая масса (жидкая, сыпучая или вязкая) из бункера попадает в рабочие камеры поршневого насоса. Далее поршень направляет органическую массу по трубопроводу в ферментер. Общий вид ферментера и установки для подачи органической массы представлены на рисунке 3.

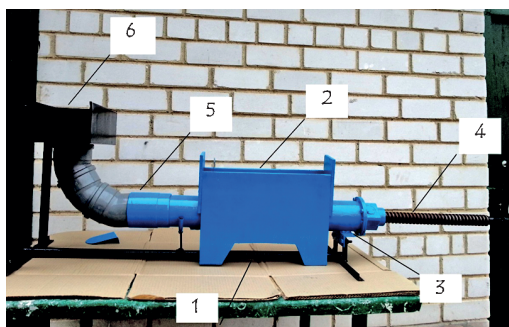
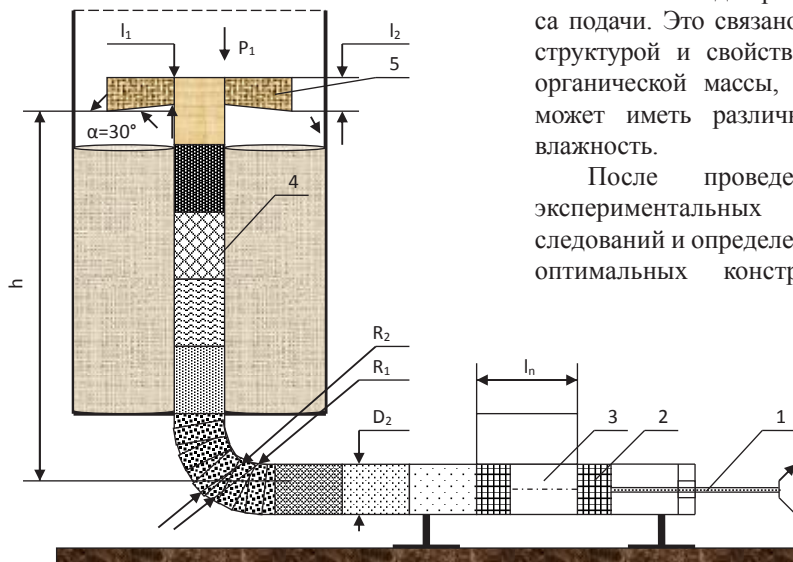


Рисунок 1. – Экспериментальная установка для подачи органической массы



1 – винт; 2 – поршень; 3 – поршневая камера; 4 – трубопровод;
5 – распределитель органической массы

Рисунок 2. – Функциональная схема поршневого устройства для подачи органической массы

Эксперименты по определению конструктивных и режимных параметров установки для подачи органической массы проводились с использованием методики планирования трехфакторных экспериментов [6–15].

Конструктивные и кинематические параметры установки для подачи органической массы оказывают значительное влияние на ход процесса подачи. Это связано со структурой и свойствами органической массы, она может иметь различную влажность.

После проведения экспериментальных исследований и определения оптимальных конструк-

ционных и режимных параметров установки для подачи органической массы определяли параметры энергоемкости и качества работы установки с фиксацией конструкционно-режимных параметров поршня на оптимальных уровнях.

Анализ результатов экспериментальных исследований установок для подачи органической массы показал, что на интенсивность данного процесса значительное влияние оказывают влажность органической массы, объем поршневой камеры загрузки и продолжительность цикла подачи органической массы.

Для определения регрессионной модели использовался D-оптимальный план Бокса-Бенкина. Трехуровневые планы Бокса-Бенкина по сравнению с ортогональными и рототабельными планами более экономичны по числу опытов, но они обладают их свойствами, а некоторые рототабельные планы близки к D-оптимальным.

Основным из преимуществ D-оптимальных планов является то, что они минимизируют общую дисперсию.

С экспериментальной точки зрения D-оптимальные планы заслуживают довольно пристального внимания, так как предлагают варьирование факторов (для описания поверхности отклика полиномом второго порядка) только на трех уровнях, что позволяет сократить время проведения экспериментов и повысить точность результатов экспериментального исследования.

В качестве изучаемых факторов приняты влажность органической массы W , объем поршневой камеры V , продолжительность цикла подачи органической массы t . Мы задались следующими уровнями варьирования факторов (таблица 1).

Таблица 1. – Уровни варьирования факторов

Уровни варьирования	Факторы		
	Влажность органической массы W , %	Объем поршневой камеры V , m^3	Продолжительность цикла подачи органической массы t , с
	x_1	x_2	x_3
Верхний (+1)	85	0,0085	15
Основной (0)	80	0,0075	10
Нижний (–1)	75	0,0065	5
Интервал варьирования ε	5	0,001	5



Рисунок 3. – Ферментер и установка для подачи органической массы

Для определения влияния факторов x_1-x_3 на критерии оптимизации проводили эксперимент с трехуровневой матрицей оптимального плана Бокса-Бенкина (B_3) для трех исследуемых факторов [16].

В результате обработки экспериментальных данных трифакторного эксперимента с помощью стандартного программного пакета Maple удалось получить следующие математические модели второго порядка для каждой из функций отклика и построить поверхности отклика удельной энергоёмкости процесса подачи органической массы (рисунки 4, 5, 6):

$$\eta = 267,9 - 6,3W - 2531,05V + 0,7864t + 10,9VW - 7,5Vt - 0,007Wt + 0,038W^2 - 0,003t^2 + 1,1 \cdot 10^5 V^2. \quad (1)$$

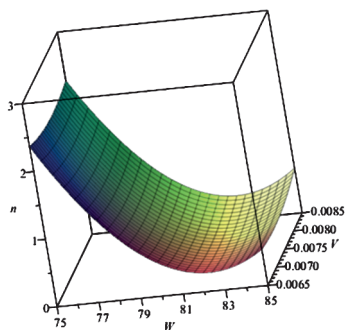


Рисунок 4. – Зависимость удельной энергоёмкости от объема поршневой камеры и влажности при продолжительности цикла подачи органической массы $t = 5$ с

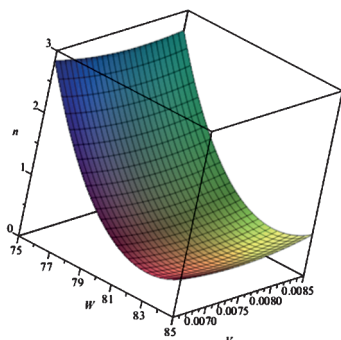


Рисунок 5. – Зависимость удельной энергоёмкости от объема поршневой камеры и влажности при продолжительности цикла подачи органической массы $t = 10$ с

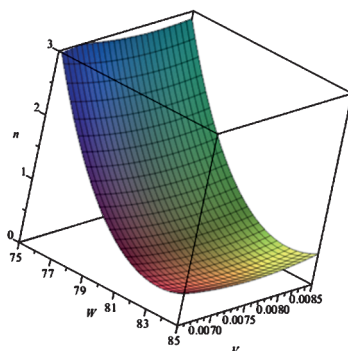


Рисунок 6. – Зависимость удельной энергоёмкости от объема поршневой камеры и влажности при продолжительности цикла подачи органической массы $t = 15$ с

Для поиска оптимального значения параметров по уравнению регрессии находим частные производные, приравниваем их к нулю и составляем систему уравнений:

$$\frac{d\eta}{dW} = -6,3 + 10,9V - 0,0007t + 0,076W;$$

$$\frac{d\eta}{dV} = -2531,05 + 10,9W - 7,5t + 2,2 \cdot 10^5 V;$$

$$\frac{d\eta}{dt} = 0,7864 - 7,5V - 0,007W - 0,006t.$$

При решении системы уравнений и определении неизвестных в программе Maple получаем оптимальные значения при глобальном экстремуме: влажность органической массы $W = 82,8 \%$, объем поршневой камеры $V = 0,0075 \text{ м}^3$, время цикла подачи органической массы $t = 10 \text{ с}$, удельная энергоёмкость $\eta = 0,34 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{т}$.

Заключение

На основе уравнения (1) установлено, что для процесса подачи органической массы в ферментер показатель удельной энергоёмкости с учетом надежности выполнения технологического процесса установкой для подачи органической массы приобретает минимальное значение при влажности органической массы $W = 82,8 \%$, объеме поршневой камеры $V = 0,0075 \text{ м}^3$, времени цикла подачи органической массы $t = 10 \text{ с}$, что существенно влияет на производительность установки для подачи органической массы.

По результатам аналитических и экспериментальных исследований были получены оптимальные параметры процесса подачи органической массы. Физико-механические свойства органической массы определяются переходящим от текучего к полужидкому состоянию.

13.08.2015

Литература

1. Андреев, В.А. Использование навоза свиней на удобрение / В.А. Андреев, М.Н. Новиков, С.М. Лукин. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 94 с.
2. Бацанов, И.Н. Уборка и утилизация навоза на свиноводческих комплексах / И.Н. Бацанов, И.И. Лукьяненко. – М.: Россельхозиздат, 1977. – 160 с.
3. Бекер, М.Е. Биотехнология / М.Е. Бекер, Г.К. Лиепиньш, Е.П. Райпулис. – М.: Агропромиздат, 1990. – 344 с.
4. Єрмоленко, В.О. Біологічно активні добрива: технологія виробництва // К.: Наук.-вироб. центр СТ «Вібір», 2002. – 152 с.
5. Установка для подачі органічної маси: патент № 483220 кл. України. C02F11/04; C02F3/00. / Л.О. Рудик, О.М. Зайченко, В.О. Єрмоленко. – № u200910448; заяв. 15.10.2009; опубл. 10.03.2010. // Промислова власність.
6. Математическая статистика: учебник / В.М. Иванова [и др.]. – 2-е изд, перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1981. – 371 с.
7. Барабашук, В.И. Планирование эксперимента в технике / В.И. Барабашук, Б.П. Креденцер, В.И. Мирошник; под. ред. Б.П. Креденцера. – К: Техніка, 1984. – 200 с.
8. Математическая теория планирования эксперимента / Под. ред. С.М. Ермакова. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 392 с.
9. Асатурян, В.И. Теория планирования эксперимента: учеб. пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1983. – 248 с.
10. Хайліс, Г.А. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин: навч. посібник / Г.А. Хайліс, Д.М. Коновалюк. – К.: НМК ВО, 1992. – 320 с.
11. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов / К. Хартман, Э. Лецкий, В. Шефер; под. ред. Э.К. Лецкого. – М.: Мир, 1977. – 541 с.
12. Гайдадин, А.Н. Использование метода композиционного планирования эксперимента для описания технологических процессов. Методические указания / А.Н. Гайдадин, С.А. Ефремова. – Волгоград, 2008. – 16 с.

13. Статистика. Словник термінів і позначення. Ч. 3: Планування експерименту: ДСТУ ISO 3534-3:2005. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 36 с.
14. Новик, Ф.С. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов / Ф.С. Новик, Я.Б. Арсов. – М.: Машиностроение; София: Техника, 1980. – 304 с.
15. Винарский, М.С. Планирование эксперимента в технологических исследованиях / М.С. Винарский, М.В. Лурье. – К.: Техніка, 1975. – 168 с.
16. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рощин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Колос. Ленингр. отделен., 1980. – 168 с.

УДК 634.437.8

В.В. Азаренко

*(Национальная академия наук
Республики Беларусь,
г. Минск, Республика Беларусь)*

А.Л. Мисун, А.Ю. Ларичев

*(УО «БГАТУ»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: LLM_90@mail.ru)*

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОПЕРАЦИЯМИ НА КЛЮКВЕННОМ ЧЕКЕ

Введение

Клюква крупноплодная американская – стелющийся кустарник высотой до 15–30 см. В отличие от других видов, у клюквы крупноплодной ярко выражены два типа побегов – стелющиеся и прямостоячие.

Особенностью технологии промышленного выращивания крупноплодной клюквы, предусматривающей выполнение на чеке таких механизированных работ, как обрезка и расчесывание стелющихся горизонтальных побегов клюквы, опрыскивание посадок, уборка ягод на искусственно затопленном водой клюквенном чеке, является то, что эти механизированные работы осуществляются в условиях изменяющихся параметров производственной среды, а сама высокочувствительная ягодная культура, продукция которой способствует выведению радионуклидов из организма человека, может плодоносить десятки лет на землях, непригодных для сельскохозяйственного производства – выработанных торфяниках, которых в Республике Беларусь образовалось более 300 тысяч гектаров.

Материалы и методы исследования

Для проведения исследований предложена методика, базирующаяся на результатах ранее проведенных исследований [1–5] и включающая пять основных этапов (рисунк 1):

1. Определение условий проведения исследований.
2. Оценка эксплуатационно-технологических показателей, качества и безопасности механизированного ухода за клюквенником и уборки ягод.