

## УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ПО ПРОИЗВОДСТВУ ВЕРМИКОМПОСТА

*Макаров С.А., Данилин А.В., Азизов Ир.Р., Алексеев В.С., Шишкин И.В., Азизов Ил.Р.*

*Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, Российская Федерация, Саратов*

**Ключевые слова:** вермикомпост, биогумус, вермикультивирование, автоматизация, вермиреактор, автоматизация процесса вермикультивирования, механизация и автоматизация вермиреактора.

**Аннотация.** Представлены результаты разработки опытной модели автоматизированного и механизированного устройства (вермикомпостер), для производства органического удобрения (вермикомпоста), осуществляемое за счет переработки вермикультурой (компостные черви *Eisenia foetida*) органических отходов животноводства и птицеводства, осадка сточных вод и других биологических отходов, позволяющего автоматический контролировать условия среды (температура, влажность, кислотность), путем применения компьютеризированных систем.

## THE DEVICE AND THE PRINCIPLE OF OPERATION OF THE AUTOMATED COMPLEX FOR THE PRODUCTION OF VERMICOMPOST

*Makarov S.A., Danilin A.V., Azizov Ir.R., Alekseev V.S., Shishkin I.V., Azizov Il.R.*

*Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Russian Federation, Saratov*

**Keywords:** vermicompost, vermicompost, vermiculture, automation, vermicultivator, automation of the vermiculture process, mechanization and automation of the vermicultivator.

**Abstract.** The results of the development of an experimental model of an automated and mechanized device (vermicomposter) for the production of organic fertilizer (vermicompost), carried out through the processing by vermiculture (compost worms *Eisenia foetida*) of organic waste from animal husbandry and poultry, sewage sludge and other biological waste, allowing automatic control of environmental conditions (temperature, humidity, acidity), through the use of computerized systems.

Развитие земледелия в России осуществляется в основном за счет использования интенсивных технологий с применением большого количества минеральных удобрений и химических средств защиты растений, что привело к резкому снижению плодородия почв, которое в значительной мере определяется запасами гумуса. При длительном использовании почвы гумус непрерывно минерализуется, а элементы питания в больших количествах вымываются с урожаями сельскохозяйственных культур. Уменьшение содержания гумуса в почве на 1% снижает урожайность зерновых культур в среднем на 5-6 ц/га, а в ряде случаев – до 10 ц/га [1,2].

Для устранения дефицита гумуса в почве необходимо вносить органические удобрения – навоз сельскохозяйственных животных и птичий помет. Систематическое применение органических удобрений является одним из важнейших условий превращения почв в культурное состояние, что также обеспечивает повышение эффективности использования минеральных удобрений на 15-20 % (в первую очередь азотных) и получение высоких урожаев. Однако их использование без предварительной подготовки нежелательно, так как в них содержатся огромного количества возбудителей кишечных и других инфекционных заболеваний, а также большого количества семян сорных растений. Из известных технологий переработки навоза и птичьего помета наиболее перспективными способами являются компостирование, термофильная анаэробная стабилизация, анаэробное сбраживание и вермикультивирование [1-3].

Вермикультивирование – производство органического удобрения (вермикомпоста), осуществляемое за счет переработки вермикультурой (компостные черви *Eisenia foetida*) органических отходов животноводства и птицеводства, осадка сточных вод и других биологических отходов [5, 6]. Вермикомпост по содержанию гумуса превосходит навоз, помет и компост в 4-8 раз и содержит большое количество ферментов и витаминов [4, 5, 7].

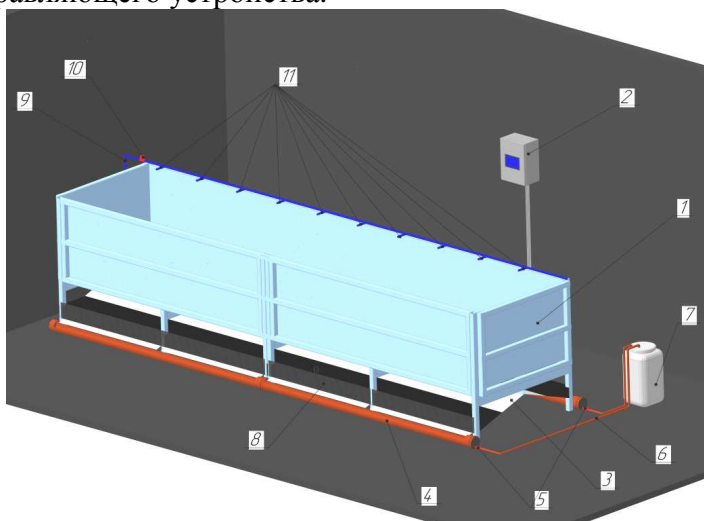
Однако производство вермикомпостов сдерживается отсутствием технических средств и автоматизации процессов обеспечивающих выполнение основных технологических операций.

С целью автоматизации процесса производства основного продукта – вермикомпоста, а также получения, в виде дополнительного продукта – жидкого вермикомпоста (вытяжка из основного продукта), на базе структурного подразделения УНПК «Агроцентр», был разработан производственно-технологический комплекс, в рамках проекта «Производственный участок по производству вермикомпоста и вермикультуры».

Автоматизированный производственный комплекс (рис. 1.) состоит из: вермикомпостера 1; влагозащищенного шкафа с компьютерным управлением 2; устройства сбора твердой и жидкой фракции вермикомпоста 3; желоба 4 для скапливания жидкой фракции биогумуса; водяной помпы для перекачки жидкой фракции; магистрали 6; емкости для сбора и хранения жидкого вермикомпоста 7; устройства для задержки скопившейся твердой фракции 8; водораспределителей 9; электромагнитного клапана 10; форсунок-распылителя 11.

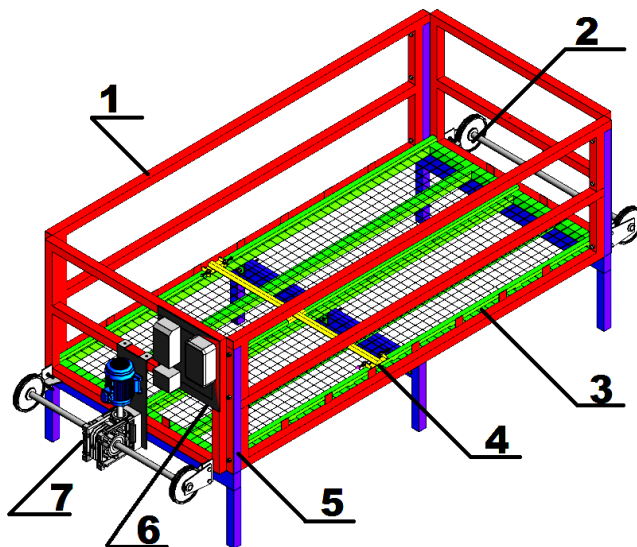
Вермикомпостер (рис. 2) состоит из секции 1, нижнее основание которой представляет собой перфорированную поверхность с равноудаленными отверстиями, отличающемся тем, что стенки секции поддерживаются системой опор 5. На нижнем основании 3 секции 1 установлены направляющие, по которым совершает возвратно-поступательное движение нож 4. Нож 4 в движение приводится при помощи мотора-редуктора 7. Скорость движения ножа 4 по направляющим изменяется

при помощи пульта управления 6. Нож (рис. 3) сварной конструкции, состоит из: систем крепления тросов 1, представляющей собой вал со шкивами, лезвия 2, и направляющих 3, 4. Скорость прохождения ножа, регулируется с помощью управляющего устройства.



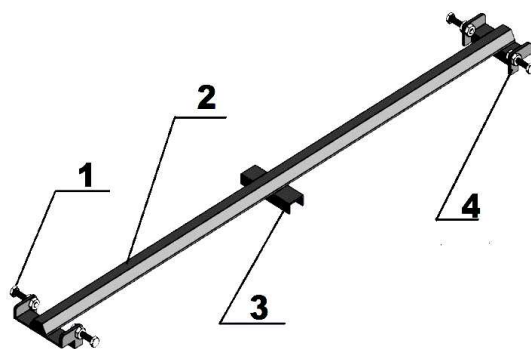
- 1 - вермикомпостер; 2 - влагозащищенный шкаф с компьютером управления; 3 - устройство сбора твердой и жидкой фракции вермикомпоста; 4 - Желоба для скапливания жидкой фракции вермикомпоста; 5 - Водяная помпа для перекачки жидкой фракции; 6 - магистраль; 7 - емкость для сбора и хранения жидкого вермикомпоста; 8 - устройство для задержки скопившейся твердой фракции; 9 - водораспределитель; 10 - электромагнитный клапан; 11 - форсунки-распылители

Рис. 1. Схема автоматизированного производственного комплекса



- 1 - секции корпуса, 2 - ось, 3 - нижнее основание, 4 - нож с системой крепления, 5 - система опор, 6 - пульт управления, 7 - мотор-редуктор с валами

Рис. 2. Конструкция вермикомпостера



1 - система крепления 2 - лезвие 3 - направляющая средняя, 4 - направляющая крайняя  
Рис. 3. Нож

От характера субстрата и сочетания составляющих его компонентов зависят общее состояние популяции червей, интенсивность его переработки, размножения и накопления биомассы, свойства готового вермикомпоста.

Влажность субстрата должна составлять 70-75 % и быть равномерной по всему объему субстрата, так как вермикультура покидает зоны пониженной или повышенной влажности, а также повышенной кислотности или погибает. Кислотность должна быть составляет рН 6,0-8,0, оптимальная около 7,0; температура – 20...23°C; содержание органического вещества – 70-80 % от массы сухих веществ. [4, 5]

Технологический процесс производства вермикомпоста осуществляется следующим способом. Приготовленный субстрат укладывают на дно вермикомпостера слоем не более 15 см. По мере готовности вермикомпоста, осуществляется вертикальная подкормка для вермикультуры.

Для поддержания оптимальной влажности субстрата осуществляется его полив. Излишки воды, частично смыв полезные вещества, стекают вниз и, скатываясь по наклонной поверхности, собираются в специальных желобах. Они установлены под не большим уклоном, что позволяет, жидкости стекать в сторону сброса, где установлена помпа. Включение помпы регулируется специальным поплавковым датчиком. Помпа перекачивает жидкий вермикомпост в специальный резервуар, наполнение которого фиксируется поплавковым датчиком, контроллер, получив сигнал о наполнении резервуара, фиксирует это событие в журнале базы данных и направляет соответствующее сообщение оператору.

После срезания нижнего слоя, готовый вермикомпост падает, на вибросито установленного под углом 20<sup>0</sup>С, где осуществляется сепарирование и подсушивание готового продукта.

Для реализации автоматизированного управления параметрами субстрата при производстве органического удобрения, была разработана компьютеризированная система на базе климатической установки торговой компании ООО «Авинси» (рис. 4).

Данная система позволяет в режиме реального времени производить мониторинг состояния среды (отходы производства грибов, шампиньонов)

обитания вермикультуры (калифорнийский червь, *Eisenia fetida*), сохранять полученные данные в базу данных и выводить в наглядном виде на информативных графиках. Также данная система, при условии подключения к сети интернет, позволяет производить дистанционный мониторинг и управление с любого устройства, если у клиента имеется адрес и пароль доступа.



Рис. 4. Компьютеризованная система контроля климата в влагозащитном корпусе

Система поддерживает неограниченное количество вермикомпостеров, при дополнительной установке модулей расширяющих порты под датчики и исполнительные механизмы.

Система позволяет производить мониторинг трех параметров среды.

1. Температура субстрата измеряется термистором, изменение сопротивления которого, в виду изменения температуры, фиксирует контроллер и определяет температуру.

2. Влажность субстрата, определяется специальным датчиком, принцип работы которого заключается в измерении сопротивляемости электрической проводимости среды.

3. Кислотность субстрата, определяется специальным датчиком, принцип работы которого основан на измерении проводимости электрического напряжения среды.

Также система позволяет производить мониторинг температуры воздуха в помещении.

По данным, полученным с мониторинга, с датчиков строятся информативные графики с наглядной демонстрацией измеренных величин относительно периода времени.

Исходя из данных полученных от датчиков температуры, влажности и кислотности система принимает решение о необходимости подачи воды и изменения температуры с целью корректировки фактических значений

субстрата, для комфортных условий для жизнедеятельности вермикультуры и оптимизации процесса производства вермикомпоста (рис. 6).

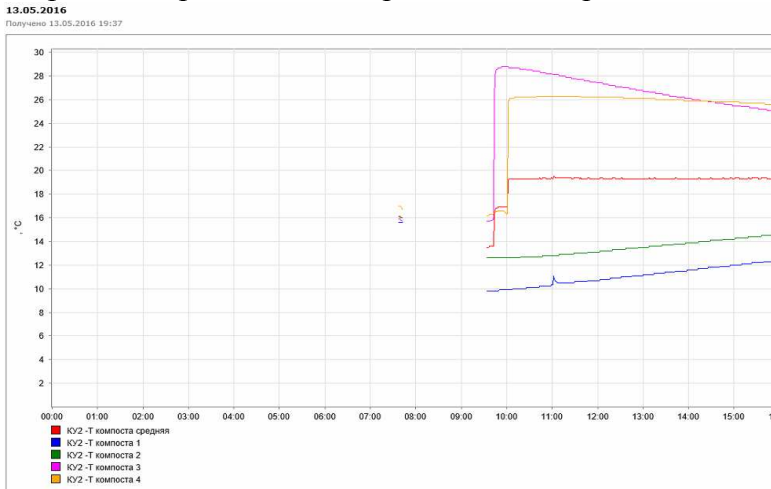
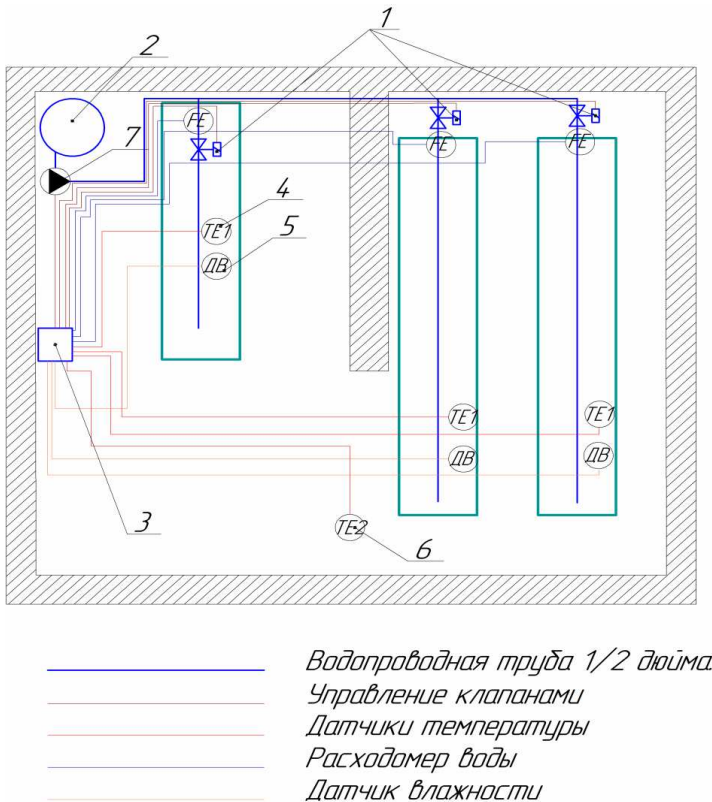


Рис. 5. График показаний датчиков температуры компоста за определенный промежуток времени



1 - электромагнитный водяной клапан; 2 - резервуар с водой; 3 - контроллер; 4.- датчики температуры субстрата; 5 - датчики влажности субстрата; 6 - датчик температуры воздуха; 7 - насос подачи воды на полив

Рис. 6. Схема системы контроля влажности для трех вермикомпостеров

Рассмотрим работу системы контроля параметров на примере поддержания оптимальной влажности субстрата (рис. 7). Контроллер, с заданной периодичностью опрашивает датчики влажности и определяет необходимости корректировки условий, зафиксировав отклонение в сторону нижнего предела параметра влажности, заданного оператором, для данного цикла производства. Определив адрес вермикомпостера, требующего корректировки влажности среды, система принимает решение о включении подачи воды. Команда от контроллера подается на исполнительные механизмы, включается насос подачи воды и клапан регулирующий с электрическим приводом на определенном трубопроводе вермикомпостера. Исполнительные механизмы активны до того момента, показания датчика влажности не достигнут верхнего предела заданного для данного этапа производства (рис. 7).

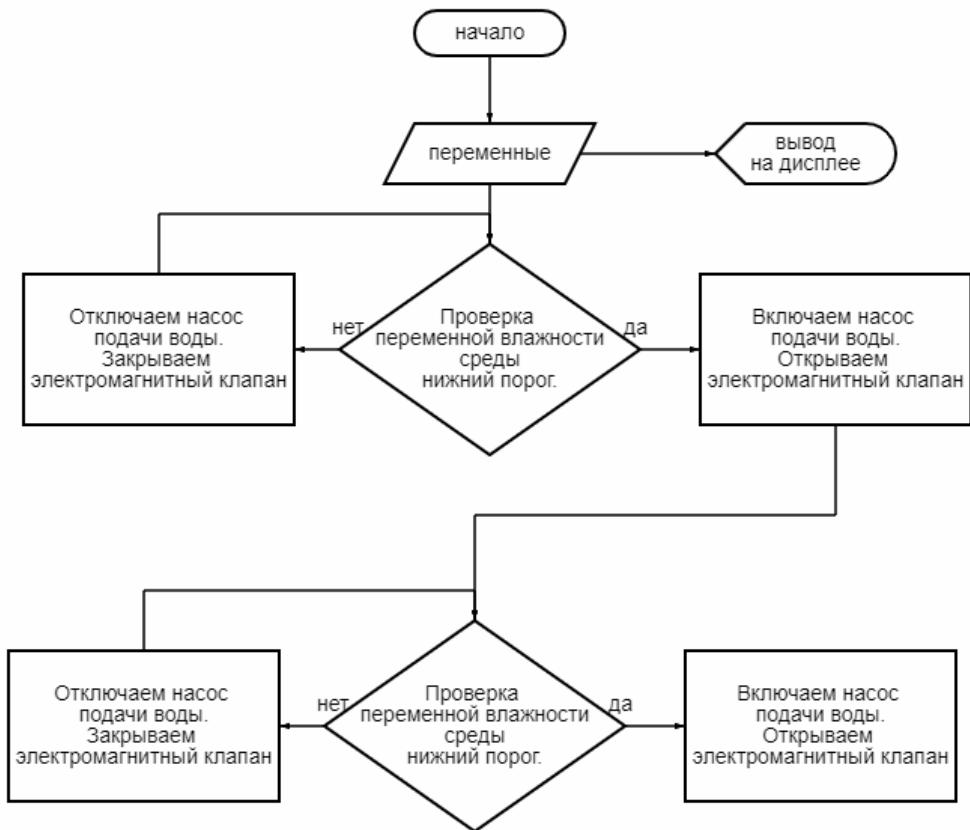


Рис. 7. Блок-схема алгоритма работы системы поддержания влажности автоматизированного производственного комплекса

Компьютеризированная система позволяет управлять процессом срезки готового вермикомпоста, как по заранее выставленному таймеру, непосредственно вручную на интерфейсе системы, так и дистанционно на удаленном устройстве.

Автоматизированный комплекс по производству вермикомпоста и вермикультуры позволяет в режиме реального времени производить мониторинг, получать оперативную информацию, а также осуществлять контроль и управление параметрами среды субстрата для получения вермикомпоста. Измеряемые параметры в режиме реального времени фиксируются и заносятся в базу данных, с возможностью оперативного выведения данных в виде наглядных информативных графиков. Данная система позволяет в автоматическом режиме осуществлять процесс срезки и подготовки, для последующих операций, твердой фракции биогумуса, а также подготовки и сбора, побочного продукта, жидкой фракции биогумуса (вермичай).

### **Список литературы**

1. Биогумус – ценное биологически активное органическое удобрение / В. Я. Спевак и др. // Степные просторы. – 1999. – № 1. – С. 15-17.
2. Бондаренко А.М. Механико-технологические основы процессов производства и использование высококачественных органических удобрений / А.М. Бондаренко. – Зеленоград: ВНИПТИМЭСХ, 2001. – 289с.
3. Винокуров И.Ю. Влияние вермикомпостов на устойчивость агроэкологических систем // Материалы 2-й Международной Научно-практической конференции «Дождевые черви и плодородие почв». – Владимир, 2004. – С. 133-135.
4. Влияние нетрадиционных удобрений на гумусное состояние почвы и продуктивности кукурузы. Органические удобрения в земледелии России / О.А. Ульянова и др. // Дождевые черви и плодородие почв : материалы 2-й Междунар. науч.-практ. конф. – Владимир, 2004. – С. 160-161.
5. Игопин А.М Дождевые черви: как повысить плодородие почв в десятки раз, используя дождевого червя – «старатель». – Ковров: Машиностроение, 2002. – 192 с.
6. Морев Ю.Б. Вермикультивирование, производство и применение биогумуса. – Екатеринбург, 1992. – 32 с.

### **References**

1. Biohumus is a valuable biologically active organic fertilizer / V.Ya. Spevak et al. // Steppe expanses. – 1999. – No. 1. – P. 15-17.
2. Bondarenko, A.M. Mechanical and technological bases of production processes and the use of high-quality organic fertilizers / A.M. Bondarenko. – Zelenograd: VNIPTIMESH, 2001. – 289 p.
3. Vinokurov I. The influence of vermicompost on the stability of agroecological systems // Materials of the 2nd International Scientific and Practical Conference "Earthworms and soil fertility". – Vladimir, 2004. – P. 133-135.
4. The influence of unconventional fertilizers on the humus state of the soil and corn productivity. Organic fertilizers in agriculture of Russia / O. A. Ulyanova



- et al. // Earthworms and soil fertility: materials of the 2nd International Scientific and Practical Conferenc. – Vladimir, 2004. – P. 160-161.
5. Igopin A.M. Earthworms: how to increase soil fertility tenfold by using an earthworm – "prospector". – Kovrov: Mechanical Engineering, 2002. – 192 p.
  6. Morev Yu. B. Vermicultivation, production and application of vermicompost / Yu.B. Morev. – Ekaterinburg, 1992. – 32 p.

<b>Макаров Сергей Анатольевич</b> – кандидат технических наук, доцент	<b>Makarov Sergey Anatolyevich</b> – candidate of technical sciences, associate professor
<b>Данилин Андрей Владимирович</b> – кандидат технических наук, доцент	<b>Danilin Andrey Vladimirovich</b> – candidate of technical sciences, associate professor
<b>Азизов Ирек Раилевич</b> – аспирант	<b>Azizov Irek Ravilevich</b> – postgraduate student
<b>Алексеев Владислав Сергеевич</b> – аспирант	<b>Alekseyev Vladislav Sergeevich</b> – postgraduate student
<b>Шишкин Игорь Валерьевич</b> – магистр	<b>Shishkin Igor Valeryevich</b> – master
<b>Азизов Илдус Раилевич</b> – студент irekmen97@yandex.ru	<b>Azizov Ildus Ravilevich</b> – student

*Received 06.02.2022*