



EVALUATION OF EFFECTIVE MANURE DISPOSAL SYSTEMS AND ITS INFLUENCE ON SOIL FERTILITY¹

Pawel I. Gridnev^a, Tamayana T. Gridneva^a, Julia.Y. Spotaru^a, Waclaw Romaniuk^b

^a All-Russian Research Institute of Animal Husbandry, Moscow, Russia

^b Institute of Technology and Life Sciences, Branch Warsaw, Poland

* Corresponding author: e-mail: vniimzh213@list.ru

ARTICLE INFO

Article history:

Received: July 2016

Received in the revised form:

August 2016

Accepted: September 2016

Key words:

*method of assessing,
environmentally safe system,
effective technical measures*

ABSTRACT

The paper presents main provisions of methodology of manure utilization systems evaluation. All costs, starting with the costs related to manure cleaning in premises to the costs of increasing the biological yield obtained from its use, including the soil fertility value changes, were considered. The target function is offered a minimum of complex costs of entering the required amount of nutrients and organic matter per unit area for the planned yield. The effective technical solutions of calculations based on the proposed method include: construction of a boom conveyor with a hydraulic drive and described performance, scraper and screw types of conveyors, automatic scraper loading installation of manure from livestock buildings. The proposed solutions will reduce losses of nutrients by 50-70%, and will allow production of 20 million tons of grain annually.

Введение

Для России, как и для всего мира важна проблема создания эффективных систем утилизации навоза, и со временем значимость этой проблемы возрастает. Это связано с рядом причин, которые вызвали за последние 20 лет сокращение площади пашни в России на 20 млн. га. Выведенные из оборота земли зарастают лесом, плодородие почвы из-за сокращения содержания гумуса снижается, длительное хранение навоза приводит к загрязнению окружающей среды.

Суммарная упущенная экономическая выгода не эффективного использования удобрительных ресурсов навоза достигает 165 млрд. рублей, ущерб от потерь гумуса в почвах России в зависимости от их типа оценивается в 81,4-739,2 тыс. руб.·га⁻¹, (Romaniuk и др., 2012; Ковалев, Гриднев, Гриднева, 2016; Гриднев и Гриднева, 2012; *www.knowledge.allbest.ru*, 2015; Romaniuk, 2009).

¹ “Interdisciplinary research on the improvement of energy efficiency and increase of RES participation in the energy balance of the Polish agriculture”. Agreement no. BIOSTRTEG1/269056/5/NCBR/2015 as of 11th August 2015 funded by the National Centre for Research and Development as a part of BIOSTRATEG 1 program

Плодородие почв – это не только богатство сегодняшнего дня, но и богатство будущего, поэтому необходим механизм материального интереса производителей продукции животноводства в системах утилизации навоза, обеспечивающий рост содержания гумуса в почвах.

В действующих нормативных документах источником возможного дохода от утилизации навоза в виде удобрений является ожидаемая прибавка урожая и реализация дополнительной продукции (биогаз, белковые добавки). Учитывая, что за последние годы цены на продукцию растениеводства изменились значительно меньше чем на: топливо, электроэнергию, технические средства и строительные материалы, хозяйства всех сфер не могут заниматься созданием современных систем утилизации навоза, так как затраты не окупаются реальными доходами.

Методика

С целью создания механизма объективной оценки утилизации навоза нами предложена методика, учитывающая все затраты, начиная от создания систем уборки навоза из животноводческих помещений до прибавки биологического урожая, а также дополнительной продукции в виде биогаза, белковых добавок и стоимостной оценки изменения плодородия почв (Гриднев и Гриднева, 2014).

Для особенностей природно-климатических зон расположения предприятия по производству продукции животноводства учитываются затраты. А именно: создание технологий утилизации навоза, методы по борьбе с сорняками, приобретение и внесение необходимого количества минеральных удобрений, компенсирующих материалов, ущерб окружающей среде от производства и использования органических удобрений, стоимость биологического урожая и дополнительной продукции, изменения плодородия почв.

В качестве целевой функции модели используется минимум комплексных затрат на внесение необходимого количества питательных элементов и органики на единицу площади под планируемую урожайность.

$$W_k = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_5 + \sigma_6 - \sigma_7 - \sigma_8 - \sigma_9}{S_k}, \quad (1)$$

где:

W_k – целевая функция модели, (руб.·га⁻¹)

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4, \sigma_5, \sigma_6$ –соответственно затраты на производство и внесение органических удобрений; приобретение и внесение компенсирующих материалов, минеральных и известковых удобрений; реализацию мероприятий по борьбе с сорняками; ущерба окружающей среды от производства и использования органических удобрений, (руб.)

$\sigma_7, \sigma_8, \sigma_9$ –соответственно стоимостная оценка изменения плодородия почв, биологического урожая, дополнительной продукции, (руб.)

S_k – расчетная площадь пашни, на которой используются произведенные из навоза органические удобрения, (га)

Анализ

Анализ зарубежного и отечественного опыта решения проблемы утилизации навоза, результатов теоретических и экспериментальных исследований различных процессов уборки и подготовки навоза к использованию показал, что в ближайшие годы в России следует развивать энергоресурсосберегающие экологически безопасные технологии переработки навоза в высококачественные органические удобрения.

Повысить эффективность системы уборки и подготовки навоза к использованию можно с помощью:

- сокращения количества выполняемых операций по каждой предлагаемой технологии;
- оптимизации места проведения каждой операции и грузопотоков;
- применения принципиально новых способов выполнения операций;
- минимизации количества технологической воды, попадающей в навоз;
- оптимизации конструктивных решений применяемых технических средств.

Экологическую безопасность создаваемых технологий предполагается обеспечить путем:

- минимизации потерь питательных веществ в процессах уборки, хранения и переработки навоза;
- исключения сброса продуктов переработки навоза в водоемы;
- при выборе систем утилизации навоза строго учитывать особенности природно-климатических зон размещения предприятий по производству продукции животноводства;
- применения органических удобрений в регламентированные агрономические сроки;
- точного соблюдения норм внесения органических удобрений.

Результаты

На основе высказанных соображений и результатов расчета возможных систем утилизации навоза до перспективных технологий и технических средств относятся:

- механические системы транспортирования навоза в животноводческих помещениях;
- производство комплексных органо-минеральных смесей под различные культуры севооборота с заданными физико-механическими и химическими свойствами;
- механическое разделение на фракции жидкого навоза и стоков;
- переработка навоза в анаэробных условиях.

По итогам первого исследования представляется перспективным создание технических средств, работающих на принципах транспортирования навоза к точке выгрузки кратчайшим путем, исключения технологически необоснованного многократного перемешивания, возможность применения автоматизированных систем управления при эксплуатации. Анализ основных технико-экономических показателей механических систем уборки навоза показал, что значительно повысить эффективность процесса можно за счет совершенствования конструкции штангового транспортера и в первую очередь привода тягового контура. В предложенной

конструкции транспортера привод тягового контура осуществляется от гидравлической станции. Длина рабочего хода плавно изменяется автоматическим реверсом тягового контура. Предложенный транспортер превосходит наиболее часто применяемые технические средства, такие как ТСН-160 и шнековые, соответственно:

- по металлоемкости в 1,8 и 3,0 раза;
- удельной энергоемкости 2,7 и 5,3 раза;
- суточному объему работ по удалению навоза для 100 коров – в 2,0 и 2,3 раза;
- стоимости – в 1,8 и 5,1 раза (Гриднев, Гриднева, Кузьманина, 2015).

В ходе экспериментальных исследований предложенной конструкции штангового транспортера установлено влияние степени заполнения канала навозом на максимально возможную производительность и энергоемкость процесса, предложены зависимости для расчета данных характеристик:

$$\begin{cases} M_1 = -0,104x^2 + 92,708x - 851,5 \\ M_2 = -0,558x^2 + 142,82x - 1899,3 \\ M_3 = -0,064x^2 + 69,28x - 546 \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} \mathcal{E}_1 = 0,0004x^2 - 0,0648x + 3,055 \\ \mathcal{E}_2 = 0,0004x^2 - 0,0755x + 3,71 \\ \mathcal{E}_3 = 0,0004x^2 - 0,071x + 3,145 \end{cases} \quad (3)$$

где:

M_1, M_2, M_3 – максимально возможная производительность транспортера соответственно при шаге расстановки скребков 0,5; 1,0 и 1,5 м, кг·ч⁻¹
 x – степень заполнения канала навозом, (%)

$\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \mathcal{E}_3$ – удельная энергоемкость процесса уборки навоза соответственно при шаге расстановки скребков 1,0; 0,5; 1,5 м, (кВт·ч·т⁻¹).

Зависимости 2 и 3 справедливы при длине рабочего хода 2,8 м и степени заполнения канала навозом от 25 до 100%. Максимальная производительность транспортера достигается при шаге расстановки скребков 0,5 м и 100% степени заполнения канала навозом. Минимальная удельная энергоемкость получена при шаге расстановки скребков 1,0 м, что объясняется меньшей деформацией тела волочения при возврате скребков из рабочего положения в исходное и обратно.

При беспривязном содержании животных возникает необходимость уборки навоза из каналов шириной до 3,5 м. Для механизации данного процесса предложена скреперная установка с гидравлическим приводом и пошаговым перемещением скрепера по длине продольного канала, рис. 1 и 2. От одной гидравлической станции, как и у штангового транспортера, может быть осуществлен привод до четырех контуров. Установленная мощность привода гидростанции 3кВт, длина продольного канала до 150 м, тип тяговой штанги – стальная полоса. Установка работает в автоматическом режиме, что особенно важно для молочных ферм, где возникает необходимость уборки навоза не реже шести раз в сутки. По основным технико-экономическим показателям установка не уступает лучшим зарубежным аналогам, а

по стоимости в 2,0-2,5 раза дешевле, наработка на отказ больше на 15-20%, материалоемкость меньше на 10-25%.

Установлено, что потребляемая мощность приводной станции при холостом ходе (гидроцилиндр не работает) составляет 0,506 кВт, при перемещении тягового контура (без перемещения скреперов) – 1,2 кВт. Потребляемая мощность приводной станции при работе скрепера в канале шириной 1,9 м изменяется от 1,25 до 1,44 кВт, в канале шириной 3,4 м – то 1,28 до 1,52 кВт. Изменение влажности убираемого навоза в пределах 92-96% не оказывает влияния на потребляемую мощность привода. Максимальная производительность скреперной установки при ширине канала 3,4 м и влажности навоза 96% составляет 4,5 т·ч⁻¹, а при ширине канала 1,9 м – 3,5 т·ч⁻¹.

При влажности навоза 92% и расстоянии транспортирования в пределах 50 м максимальная длина тела волочения в канале шириной 3,4 м составляет 3,2 м, а в канале шириной 1,9-2,4 м. При дальнейшем движении навоз перед скрепером уплотняется, длина тела волочения уменьшается, начинается процесс переваливания навоза через скрепер, что приводит к уменьшению показателя полноты уборки и увеличению энергоемкости процесса (Гриднев, Карпов, Гриднева, 2010; Romaniuk и др., 2009).



Рисунок 1. Скреперной установки в животноводческом помещении

Из технологий подготовки навоза к использованию наибольший интерес в России, как и во многих странах Европы, представляют: компостирование и механическое разделение на фракции жидкого навоза. Компостированию подвергают подстилочный навоз, удаляемый из помещений механическими средствами, а также твердую фракцию, получаемую в процессе разделения жидкого навоза.

С целью устранения недостатков технологий по производству компостных смесей нами предложено выполнять данную операцию в процессе уборки навоза из помещений (Гриднев и др., 2000), рис. 3.

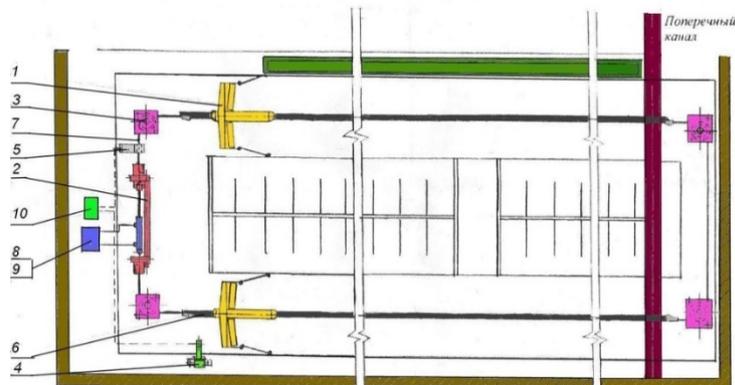


Рисунок 2. Общий вид и схема размещения скреперной установки в животноводческом помещении: 1 – скрепер; 2 – блок поворотный; 3 – канат стальной; 4 – датчик натяжения троса; 5 – станция приводная; 6- шкаф управления; 7 – гидростанция; 8 – магистраль гидравлическая в сборе; 9 – лента; 10 – механизм концевого выключателя

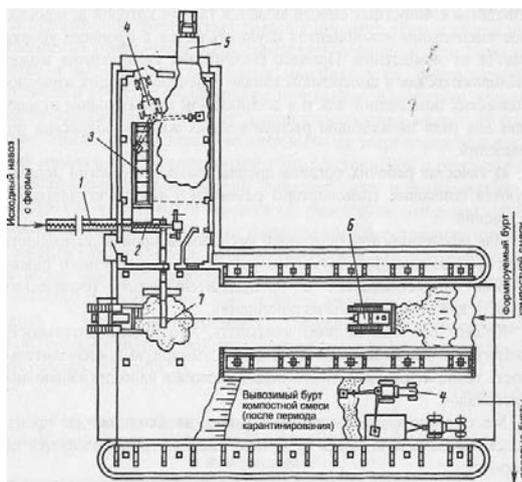


Рисунок 3. Принципиальная схема технологии производства компостных смесей в процессе уборки навоза из помещений: 1 – шнековый транспортер подачи исходного навоза; 2 – транспортер-смеситель шнековый; 3 – питатель-дозатор влагопоглощающих материалов; 4 – погрузчик грейферный; 5 – транспорт доставки влагопоглощающих материалов; 6 – бульдозер-буртователь; 7 – наклонный транспортер для выгрузки компостной смеси

При применении данной технологии на выходе из животноводческого помещения обеспечивается круглогодичное производство высококачественных компостных смесей с дозированной подачей компонентов и регулируемым качеством

смешивания. При этом более чем в два раза сокращается количество выполняемых операций, исчезает необходимость в строительстве дорогостоящих навозохранилищ, обеспечивается круглогодичное ритмичное производство органических удобрений, на 20-25% увеличивается количество и улучшается качество производимых удобрений. При проектировании технологий производства компостных смесей необходимо исходить из условий интенсивности протекания процесса биохимического разложения беззольного вещества, а также теплота биохимического окисления должна превышать потери в окружающую среду согласно уравнению теплового баланса для установившегося процесса биохимического окисления беззольного вещества:

$$Q_{об} = Q_б - Q_п, \quad (4)$$

где:

$Q_{об}$, $Q_б$, $Q_п$ – соответственно количество теплоты необходимое для созревания компостной смеси, выделяемое при биохимическом окислении беззольного вещества, теряемое в окружающую среду, (кДж)

Исследованиями (Афанасьев, и др.,1984; Туваев, 1984) установлено, что гарантированное обеззараживание компостных смесей достигается при их разогреве до 70°C и выдерживании не менее 72 часов. С учетом этого:

$$Q_{об} = m_k \cdot C_k (70 - t_k), \quad (5)$$

где

m_k – масса компостной смеси, (кг)

C_k – теплоемкость комнатной смеси, ($\frac{кДж}{кг \cdot ^\circ C}$)

t_k – первоначальная температура компостной смеси, (°C)

Количество тепла, выделяемое в процессе биохимического окисления, зависит от массы разложившегося вещества и удельной теплоты окисления:

$$Q_б = m_б \cdot L \cdot q, \quad (6)$$

где

$m_б$ – масса беззольного вещества компостной смеси, (кг)

L – требуемая степень распада беззольного вещества, в долях единицы;

q – удельная теплота биохимического разложения беззольного вещества, (кДж·кг⁻¹)

Масса беззольного вещества в компостной смеси состоит из массы беззольного вещества исходного навоза и влагопоглощающего материала:

$$m_б = Q_n (100 - W_n) (100 - A_c^n) \cdot 10^{-4} + Q_b (100 - W_b) (100 - A_c^b) \cdot 10^{-4}, \quad (7)$$

где:

Q_n , Q_b – масса исходного навоза и влагопоглощающего материала, (кг)

W_n , W_b – влажность исходного навоза и влагопоглощающего материала, (%)

A_c^n , A_c^b – зольность исходного навоза и влагопоглощающего материала, (%)

Масса требуемого количества влагопоглощающего материала определяется с учетом массы и влажности исходного навоза, влагопоглощающих материалов и компостной смеси:

$$Q_B = \frac{Q_H(W_H - W_K)}{W_K - W_B}, \quad (8)$$

где:

W_K – влажность компостной смеси, (%)

Для предварительных расчетов величина W_K принимается 70-75%, окончательно уточняется с учетом уравнения теплового баланса (4).

При гидравлических системах уборки подготовку жидкого навоза и стоков к использованию рекомендуется осуществлять механическим разделением на фракции отечественными фильтрующими центрифугами или установками прессующего типа, (Гриднев и Гриднева, 2015).

Следует отметить, что отечественный комплект оборудования для механического разделения навоза на фракции по сравнению с импортным по стоимости в 3,5-4,3 раза дешевле при сопоставимости затрат на строительство сооружений и эффективности процесса разделения по сухому веществу.

В результате выполненных исследований установлены зависимости для расчета допустимой производительности установки, эффективности разделения по сухому веществу, влажности жидкой и твердой фракций.

Допустимая производительность установки (Q) и эффективность разделения навоза по сухому веществу (E) при различных диаметрах отверстий фильтрующей перегородки d (от 0,5 до 2,0 мм) при влажности 97,5%:

для навоза КРС

$$Q = - 16,66d^2 + 73,47d - 3,47 \quad (9)$$

$$E = - 3,49d^2 + 2,39d + 52,18 \quad (10)$$

для свиного навоза

$$Q = 4,75d^2 + 42,06d + 24,6 \quad (11)$$

$$E = - 6,29d^2 + 1,97d + 55,1 \quad (12)$$

Масса твердой фракции ($Q_{тф}$) при механическом разделении навоза на фракции:

$$Q_{тф} = \frac{E \cdot \rho_u \cdot Q_u (100 - W_u)}{C_{тф}}, \quad (13)$$

где:

E – коэффициент эффективности разделения навоза на фракции по сухому веществу, (%)

ρ_u – плотность исходного навоза, ($\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$)

Q_u – объем исходного навоза, (м^3)

W_u – влажность исходного навоза, (%)

$C_{тф}$ – содержание сухого вещества в твердой фракции навоза, (%)

Массу жидкой фракции навоза ($Q_{жф}$) определяют как разницу между массой исходного навоза и твердой фракции:

$$Q_{жф} = \rho_u \cdot Q_u - \frac{E \cdot \rho_u \cdot Q_u (100 - W_u)}{C_{тф}} \quad (14)$$

Заклучение

Предложенные технологические решения по системам уборки и подготовки навоза к использованию, а также теоретические и экспериментальные зависимости. Методика эколого-экономической оценки систем утилизации навоза позволяют для любого типа предприятия по производству продукции животноводства с учетом конкретных природно-климатических условий зоны расположения объекта выбрать эффективные, экологически безопасные системы уборки и подготовки навоза к использованию, обеспечивающие сокращение потерь питательных элементов на 50-70%, повышение эффективности использования удобрений в 1,3-1,7 раза, дополнительное производство зерна в объеме до 20 млн. тонн в год.

Литература

- Афанасьев, В.Н., Цветков, С.А., Туваев, В.Н. и др. (1984). Производство твердых органических удобрений. *Методические указания*, 48.
- Гриднев, П.И. и др. (2000). Повышение эффективности функционирования технических систем подготовки навоза к использованию. *М. Росинформагротех*, 80.
- Гриднев, П.И., Гриднева, Т.Т. (2015). Анализ технического уровня средств уборки и подготовки навоза к использованию. *Вестник ВНИИМЖ*, № 1(17), 51-57.
- Гриднев, П.И., Гриднева, Т.Т. (2014). Экономико-математическая модель экологически безопасных технологических систем утилизации навоза. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*, № 4, 8-11.
- Гриднев, П.И., Гриднева, Т.Т. (2012). Основные направления совершенствования технологий и технических средств для уборки навоза из помещений и подготовки его к использованию. *Техника и оборудование для села*, № 3, 20-25.
- Гриднев, П.И., Гриднева, Т.Т., Кузьманина Ю.Ю. (2015). Результаты экспериментальных исследований процесса уборки навоза штанговым транспортером (Монография под ред. проф. докт. Вацлава Романюка) Фаленты-Варшава, 58-61.
- Гриднев, П.И., Карпов, В.П., Гриднева, Т.Т. (2010). Автоматизированная скреперная установка для уборки навоза при беспривязном содержании животных. *Техника и оборудование для села*, № 8, 18-19.
- Ковалев, Н.Г., Гриднев, П.И., Гриднева, Т.Т. (2016). Научное обеспечение развития экологически безопасных систем утилизации. *Аграрная наука евро-Северо-Востока*, № 1(50), 62-69.
- Romaniuk, W., Mazur, K., Domasiewicz, T., Wardal, W.J., Biskupska, K. (2012). Kształtowanie warunków środowiskowych w chowie bydła mlecznego - stan istniejący i propozycje przebudowy. *Монография, Inżynieria w Rolnictwie*, №4, 92.
- Romaniuk, W., Domasiewicz, T., Karbowy, A., Wardal, W.J. (2009). Ograniczenie wpływu produkcji zwierzęcej na środowisko. *Inżynieria Rolnicza*, №1(110), 233-242.

- Romaniuk, W. (2005). Wymagania formalno–prawne w zakresie standardów techniczno technologicznych w produkcji zwierzęce. *Inżynieria Rolnicza*, №3(63), 23-32.
- Туваев, В.Н. (1984). Технологические процессы и требования к комплексам технических средств для механизированного приготовления компостов на животноводческих фермах и птицефабриках, *Дис. канд. техн. наук – Ленинград – Пушкин*, 245.
- Оценка убытков и размера возмещения за ухудшение качества сельскохозяйственных земель [электронный ресурс] <http://knowledge.allbest.ru> (дата обращения: 16.06.2015).

OCENA SKUTECZNYCH SYSTEMÓW DO USUWANIA GNOJOWICY I ICH WPŁYW NA ŻYZNOŚĆ GLEBY

Streszczenie. Artykuł przedstawia główne punkty metodologii oceny systemów do utylizacji gnojowicy. Rozważania objęły wszelkie koszty, od kosztów związanych z oczyszczaniem gnojowicy w budynkach po koszty związane ze zwiększeniem biologicznego plonu uzyskanego w wyniku jego zastosowania, w tym zmiany wartości żyzności gleby. Funkcja celowa otrzymuje minimalną wysokość kosztów całościowych związanych z wprowadzeniem wymaganej ilości składników odżywczych i masy organicznej na jednostkę powierzchni planowanego plonu. Skuteczne rozwiązania techniczne obliczeń w oparciu o proponowane metody obejmują: budowę belkowego podajnika z napędem hydraulicznym, automatyczna instalacja ładująca gnojowicę z budynków inwentarskich. Proponowane rozwiązania zredukują straty składników odżywczych o 50-70% i pozwolą na produkcję 20 milionów ton zbóż rocznie.

Słowa kluczowe: metoda oceny, system bezpieczny dla środowiska, skuteczne metody techniczne