

## Исследование процесса переработки жидкого навоза свиноводческих ферм мобильной установкой

А.М. Бондаренко<sup>1</sup>, д-р техн. наук, профессор; Л.С. Качанова<sup>1</sup>, д-р экон. наук;

А.В. Барышников<sup>2</sup>, ст. преподаватель

<sup>1</sup> Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО Донской ГАУ

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО Донской ГТУ

Исследование выполнено с целью анализа процесса переработки жидкого навоза свиноводческих ферм с применением мобильной установки. Использование мобильной установки для разделения жидкого навоза способствует получению твёрдой и жидкой фракций, которые накапливаются на специальных двухсекционных площадках, где перерабатываются в твёрдые и жидкие органические удобрения. Мобильная установка, смонтированная на базе тракторного прицепа, имеет в наличии фекальный насос, установку для локальной переработки жидкого навоза в виде щёточного шнека с дожимным устройством, установленным в перфорированном жёлобе, а также систему задвижек и трубопроводов. Наличие указанной компоновки позволяет перерабатывать до 40 м<sup>3</sup>/ч жидкого навоза с эффективностью разделения более 66 %. Наличие фекального насоса и дожимного устройства обеспечивают получение твёрдой фракции влажностью менее 65 % и транспортирование жидкой фракции в отстойники-накопители. Разработана функциональная схема мобильной установки, состоящая из блоков подачи жидкого навоза, фильтрации, дообезвоживания осадка и выгрузки жидкой фракции в отстойник-накопитель. Выявлены режимные, конструктивные и технологические параметры, рациональное сочетание которых позволит реализовать рассматриваемый технологический процесс.

**Ключевые слова:** жидкий навоз, разделение навоза на фракции, мобильный агрегат, мобильная установка, функциональная схема, технологический процесс.

Свиноводство является наиболее скороспелой отраслью животноводства. Более 40 % свинины производится на малых, средних и крупных свиноводческих фермах с поголовьем от 1000 до 12000 гол.

Технологии содержания животных предусматривают производство жидкого, полужидкого и твёрдого навоза. Применительно к Южному федеральному округу жидкий навоз (ЖН) производят более 30 % свиноводческих ферм [1]. Существующие в настоящее время технологии переработки жидкого навоза не отвечают современным требованиям по ряду причин, основными из которых являются:

- использование малоэффективных и энергозатратных технологий и технических средств для переработки жидкого навоза;
- загрязнение окружающей среды в местах накопления и хранения жидкого навоза;
- отсутствие логистики при производстве органических удобрений из жидкого навоза.

**Материал и методы исследования.** Наиболее распространённой в настоящее время является технология переработки жидкого навоза на свиноводческих фермах, включающая приёмники-накопители, расположенные возле каждого технологического помещения (свинарника) с насосами и системами перемешивания, объёмы которых рассчитаны на суточное накопление навоза. Периодически (1 раз в сутки) навоз цистернами вывозится в прифермский двухсекционный отстойник-накопитель жидкого навоза. Каждая секция отстойника-накопителя рассчитана на 12-месячный объём накопления навоза от фермы [1, 2]. Как правило, отстойники-

накопители не имеют изоляционного покрытия основания и боковых стенок, что способствует проникновению необеззараженного навоза в подпочвенные воды и представляет опасность для окружающей среды [3]. В процессе естественного обеззараживания в течение года жидкий навоз расслаивается на осадок, который осаживается на днище отстойника-накопителя, осветлённую жидкость и верхний слой (корку), состоящий из включений, плотность которых меньше плотности осветлённой жидкости.

По истечении 12 мес. жидкие органические удобрения используются в растениеводстве, для чего требуется постоянное локальное перемешивание навоза миксером или насосной установкой в местах его забора. Это приводит к попаданию в атмосферу летучих соединений в виде аммиака, что способствует загрязнению атмосферы и снижению качества полученного жидкого органического удобрения [4–6].

На основании проведённого анализа целью представленной работы является исследование процесса переработки жидкого навоза свиноводческих ферм с применением мобильной установки.

Для переработки жидкого навоза свиноводческих ферм требуется наличие компактной установки, органично вписывающейся в технологический процесс производства свинины [7].

Исходя из экономической целесообразности для свиноводческих ферм от 1000 гол. (27 м<sup>3</sup>/сут) до 12000 гол. (324 м<sup>3</sup>/сут) целесообразно использование мобильной установки для разделения навоза на твёрдую (ТФ) и жидкую фракции (ЖФ). Свиноводческие фермы в зависимости от

поголовья содержат от одного до 12 технологических корпусов (свинарников). Жидкий навоз поступает в приёмники-накопители, имеющие две секции: для сбора жидкого навоза и сбора жидкой фракции. Секция сбора жидкого навоза рассчитана на суточное накопление навоза. В секциях отсутствуют насосы и системы перемешивания. Важным элементом предлагаемого технологического решения является применение мобильной установки для разделения жидкого навоза на твёрдую и жидкую фракции с последующей раздельной переработкой их в твёрдые и жидкие органические удобрения, необходимые для восполнения почвенного плодородия [8, 9].

Приёмы рассматриваемого системного исследования основаны на анализе, синтезе и соблюдении их единства на всех этапах исследования (рис. 1).

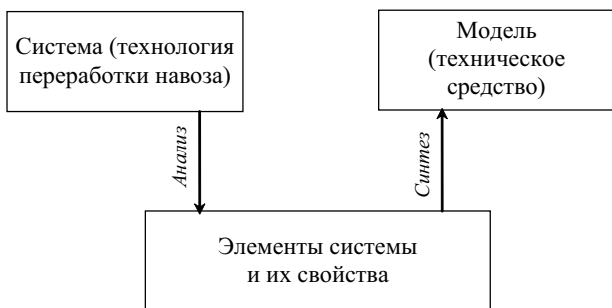


Рис. 1 – Анализ и синтез элементов рассматриваемой системы

Анализ системы предусматривает выделение её частей со всеми взаимосвязями (входами и выходами) с целью пояснения состава элементов системы.

Синтез рассматриваемого объекта предусматривает реальное соединение частей системы в единое целое для получения модели.

**Результаты исследования.** Мобильная установка, смонтированная на шасси тракторного прицепа, имеет в наличии фекальный насос, установку для локальной переработки навоза, систему задвижек и трубопроводов. Установка для локальной обработки навоза представляет собой установленный в перфорированном жёлобе щёточный шнек с дожимным устройством [1].

Жидкая фракция проходит через перфорированную U-образную перегородку и самотёком поступает в секцию для сбора жидкой фракции. Осадок поступает в зону дообезвоживания. Полученная твёрдая фракция грузится в транспортное средство и вывозится на площадку для её накопления и хранения. По окончании процесса переработки жидкого навоза насос на мобильной установке переключается для выгрузки жидкой фракции и подачи её по трубопроводам в секцию отстойника-накопителя. По окончании процесса переработки мобильная установка в составе мобильного агрегата переезжает к следующему приёмнику-накопителю, и цикл повторяется.

Функциональная схема процесса разделения навоза на фракции мобильной установкой представлена на рисунке 2. В основу разработки функциональной схемы положены известные принципы анализа и синтеза элементов системы (рис. 1).

Процесс разделения навоза на фракции включает в себя три основных блока и четвёртый – вспомогательный.

Входными параметрами блока I являются объём поступающего навоза ( $V_{ЖН}$ ), его влажность ( $W_{ЖН}$ )

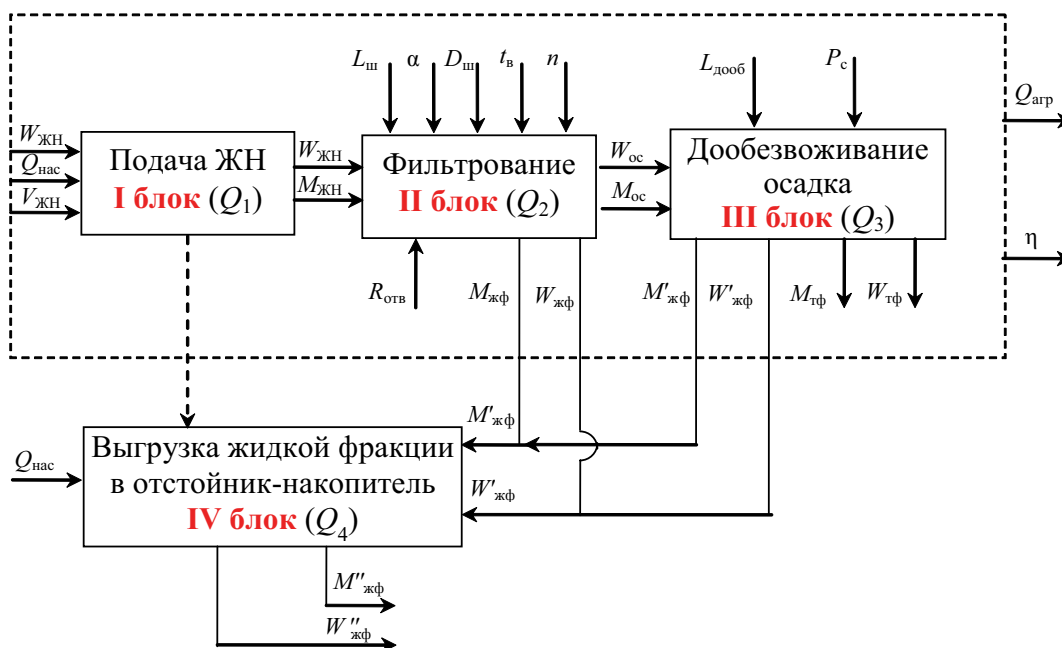


Рис. 2 – Функциональная схема процесса разделения навоза на фракции мобильной установкой

и производительность фекального насоса ( $Q_{\text{нас}}$ ). Выходные параметры –  $W_{\text{ЖН}}$  и масса жидкого навоза ( $M_{\text{ЖН}}$ ), подаваемого на установку для разделения навоза на фракции. Выходные параметры блока I являются входными параметрами блока II. Процесс фильтрования на шёточном шнеке обеспечивается рациональным сочетанием конструктивных и режимных параметров: длины зоны фильтрования ( $L_{\text{ш}}$ ), угла наклона шнека к горизонту ( $\alpha$ ), диаметра витка шнека ( $D$ ) и шага витков ( $t_{\text{в}}$ ), частоты вращения шнека ( $n$ ).

Важным параметром, влияющим на  $W_{\text{жф}}$ , является размер отверстия в перфорированном жёлобе ( $R_{\text{отв}}$ ). Выходными параметрами блока II являются масса жидкой фракции ( $M_{\text{жф}}$ ), влажность жидкой фракции ( $W_{\text{жф}}$ ), влажность осадка ( $W_{\text{ос}}$ ) и его масса ( $M_{\text{ос}}$ ). Входными параметрами блока III являются влажность поступающего осадка ( $W_{\text{ос}}$ ) и его масса ( $M_{\text{ос}}$ ). Процесс дообезвоживания осадка обеспечивается рациональным сочетанием длины зоны дообезвоживания ( $L_{\text{дооб}}$ ) и силой сжатия объёма осадка ( $P_{\text{сж}}$ ). Выходными параметрами блока III являются масса полученной твёрдой фракции ( $M_{\text{тф}}$ ), её влажность ( $W_{\text{тф}}$ ), а также масса образуемой при дожде жидкой фракции ( $M'_{\text{жф}}$ ) и её влажность ( $W'_{\text{жф}}$ ).

Вспомогательный блок IV в качестве своих входных параметров имеет  $Q_{\text{нас}}$ ,  $M_{\text{жф}}$ ,  $M'_{\text{жф}}$ ,  $W_{\text{жф}}$ ,  $W'_{\text{жф}}$ . Выходными параметрами являются  $W''_{\text{жф}}$  ( $W_{\text{жф}} + W'_{\text{жф}}$ ) и  $M''_{\text{жф}}$  ( $M_{\text{жф}} + M'_{\text{жф}}$ ). Посредством блока IV осуществляется выгрузка жидкой фракции навоза через заранее проложенную трубопроводную магистраль в секции отстойника-накопителя.

Обобщающим выходным параметром мобильной установки является производительность агрегата ( $Q_{\text{агр}}$ ) и качество разделения навоза ( $\eta$ ).

Производительность установки  $Q_{\text{уст}}$  складывается из производительности её отдельных блоков:

$$Q_{\text{уст}} \leq Q_1 \leq Q_2 \leq Q_3 \leq Q_4. \quad (1)$$

Производительность агрегата определяется по выражению

$$Q_{\text{агр}} = \frac{V_{\text{н}}}{T_{\text{ц}}}, \quad (2)$$

где  $T_{\text{ц}}$  – время цикла работы агрегата:

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{подг}} + T_{\text{ф}} + T_{\text{жф}} + T_{\text{пер}}, \quad (3)$$

где  $T_{\text{подг}}$  – время на подготовку агрегата к работе;  $T_{\text{ф}}$  – время на переработку навоза (фильтрование);

$T_{\text{жф}}$  – время на откачку жидкой фракции;

$T_{\text{пер}}$  – время на переезд к другому объекту.

$T_{\text{подг}}$  включает в себя две операции: подготовку к процессу разделения и подготовку систем сбора и подачи навозной массы к транспортировке.

По представленной на рисунке 2 схеме видно, что производительность блоков зависит от

основных режимных, конструктивных и технологических параметров [10]:

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= f(V_{\text{ЖН}}, Q_{\text{нас}}); \\ Q_2 &= f(L_{\text{ш}}, \alpha, D, t_{\text{в}}, \eta); \\ Q_3 &= f(L_{\text{дож}}, P_{\text{сж}}); \\ Q_4 &= f(V_{\text{жф}}, Q_{\text{нас}}). \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Производительность агрегата находится в прямой зависимости от производительности установки, эффективность которой определяется качеством разделения навоза на фракции ( $\eta$ ):

$$\eta = \frac{C_{\text{исх}} - C_{\text{ф}}}{C_{\text{исх}}} \cdot 100, \quad (5)$$

где  $C_{\text{исх}}$  – концентрация сухого вещества в исходном навозе;

$C_{\text{ф}}$  – концентрация сухого вещества в фильтрате (ЖФ).

Наличие в технологическом процессе переработки жидкого навоза мобильной установки позволяет также обслуживать все технологические корпуса на ферме и при необходимости выполнять аналогичную операцию на других свиноводческих фермах. В этом случае отпадает необходимость установки в приёмниках-накопителях насосных станций с перемешивающими устройствами, а также цистерн для откачки и транспортирования жидкого навоза в места его накопления, что снижает затраты на содержание животных и повышает рентабельность производства свинины.

**Выводы.** Исследование мобильной установки для разделения жидкого навоза на свиноводческих фермах позволяет снизить затраты на переработку органической массы, управлять процессами её логистики на всех этапах переработки, что способствует управлению производством жидких и твёрдых высококачественных органических удобрений, а также значительно снижает загрязнение окружающей среды в местах их накопления и хранения.

Для реализации процесса переработки жидкого навоза свиноводческих ферм мобильной установкой требуется экспериментальным путём определить технологические, режимные и конструктивные параметры процесса разделения навоза на твёрдую и жидкую фракции.

### Литература

1. Бондаренко А.М. Механико-технологические основы процессов производства и использования высококачественных органических удобрений: монография. Зерноград, ВНИПТИ-МЭСХ, 2001. 292 с.
2. Рекомендации по организации и проведению производственного экологического контроля систем переработки и использования навоза (помёта) (Порядок разработки технологического регламента) / А.Ю. Брюханов, Д.А. Максимов [и др.]. СПб.: Изд-во ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии, 2012. 59 с.
3. Справочная книга по производству и применению органических удобрений / А.И. Еськов, М.Н. Новиков, С.М. Лукин [и др.]. Владимир: ВНИПТИОУ, 2001. 496 с.

4. Participatory farm management adaptations to reduce environmental impact on commercial pilot dairy farms in the Netherlands / J. Oenema, H. Keulen, R.L.M. Schils, H.F.M. Aarts // *NJAS, Wageningen Journal of Life Sciences*. 2011. Vol. 58. P. 39–48.
5. Update of the Dutch protein evaluation system for ruminants: the DVE/OEB<sub>2010</sub> system / G.V. Van Duinkerken, M.C. Blok, A. Bannink, J.W. Cone, J. Dijkstra, A.M. Van Vuuren, S. Tamminga // *Journal of Agricultural Science*. 2011. Vol. 149. № 3. P. 351–367.
6. Effectiveness of multi-stage scrubbers in reducing emissions of air pollutants from pig houses / Y. Zhao, A.J.A. Aarnink, M.C.M. de Jong, N.W.M. Ogink, P.W.G. Groot Koerkamp // *Transactions of the ASABE / American Society of Agricultural and Biological Engineers*. 2011. Vol.54. P. 285–293.
7. Инновационные технологии, процессы и оборудование для интенсивного разведения свиней: брошюра / В.Ф. Федоренко, Н.П. Мишуrow, Т.Н. Кузьмина [и др.]. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. 128 с.
8. Инновационная техника для молочного скотоводства / В.Ф. Федоренко, Д.С. Буклагин, Д.П. Мишуrow [и др.] // *Инновационная техника для животноводства: по матер. Междунар. выст. «EuroTier-2012»*. М.: Росинформагротех, 2013. 208 с.
9. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 гг. Ч. I / С.Г. Бондаренко [и др.]; под ред. В.Н. Василенко. Ростов-на-Дону: Донской издательский дом, 2013. 240 с.
10. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. Определения, теоремы, формулы / под общ. ред. И.Г. Арамановича. М.: Наука, 1977. 832 с.

**Бондаренко Анатолий Михайлович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрный университет»

Россия, 347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 21

E-mail: bondanmih@rambler.ru

**Качанова Людмила Сергеевна**, доктор экономических наук, доцент

**Барышников Алексей Владимирович**, старший преподаватель ФГБОУ ВО «Донской государственной технической университет»

Россия, 344002, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

E-mail: kachanovakls@rambler.ru; aleksey080283@yandex.ru

## A study of the recycling process of liquid manure from pig farms with a mobile unit

**Bondarenko Anatoliy Mikhaylovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor

Azov-Black Sea Engineering Institute of Don State Agricultural University

21, st. Lenin, Zernograd, Rostov Region, 347740, Russian Federation

E-mail: bondanmih@rambler.ru

**Kachanova Lyudmila Sergeyevna**, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor

**Baryshnikov Alexey Vladimirovich**, Senior Lecturer

Don State Technical University, Rostov-on-Don

1, pl. Gagarin, Rostov-on-Don, Rostov Region, 344002, Russian Federation

E-mail: kachanovakls@rambler.ru; aleksey080283@yandex.ru

The study was carried out with the aim of analyzing the process of processing slurry of pig farms using a mobile unit. The use of a mobile installation for separating liquid manure contributes to the production of solid and liquid fractions, which are accumulated on special two-section sites, where they are processed into solid and liquid organic fertilizers. The mobile unit, mounted on the basis of a tractor trailer, has a fecal pump, a unit for local processing of liquid manure in the form of a brush auger with a booster device installed in a perforated chute, as well as a system of valves and pipelines. The presence of this arrangement allows processing up to 40 m<sup>3</sup>/h of liquid manure with a separation efficiency of more than 66%. The presence of a fecal pump and a booster device ensures the receipt of the solid fraction with a moisture content of less than 65% and the transportation of the liquid fraction to the storage tanks. A functional diagram of a mobile unit has been developed, consisting of blocks for feeding liquid manure, filtering, additional dewatering of sludge and unloading the liquid fraction into a storage tank. The regime, design and technological parameters are revealed, the rational combination of which will make it possible to implement the considered technological process.

**Key words:** liquid manure, separation of manure into fractions, mobile unit, mobile installation, functional diagram, technological process.