

Научная статья

УДК 631.86

EDN MVQCLA

DOI: 10.22450/19996837_2023_1_120

**Повышение эффективности работы метантенка
гидродинамическим возмущением сбрасываемого потока**

**Михаил Пурбаевич Таханов¹, Орозмамат Мамасалиевич Осмонов²,
Ирина Аркадьевна Савватеева³, Константин Константинович Горохов⁴**

¹ Иркутский государственный университет путей сообщения

Иркутская область, Иркутск, Россия

² Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия

³ Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова

Республика Саха (Якутия), Якутск, Россия

⁴ Арктический государственный агротехнологический университет,

Республика Саха (Якутия), Якутск, Россия

¹ takhanov93@mai.ru, ² osm.rom2011@yandex.ru,

³ karinushka_nv25@mail.ru, ⁴ agatu2020@mail.ru

Аннотация. В работе рассматривается использование гидродинамических возмущений сбрасываемого потока для повышения эффективности процесса анаэробного сбрасывания жидких навозных стоков. В целях повышения эффективности процесса анаэробного сбрасывания жидких навозных стоков предлагается конструктивное решение горизонтального метантенка с триггерным устройством, в котором обеспечиваются гидродинамические возмущения потока сбрасываемой жидкости, приводящие к повышению эффективности анаэробного сбрасывания субстрата за счет лучшего удаления иловых масс, предотвращения коагулирования, зарастания и забивки рабочего пространства метантенка. Для выявления основных факторов, воздействующих на эффективность процесса анаэробного сбрасывания, проведено теоретическое гидродинамическое исследование предложенной конструкции метантенка. Представленный гидродинамический анализ показал, что скорость движения субстрата в метантенке зависит от большого числа факторов, таких как физико-химические характеристики субстрата и технологические параметры анаэробного сбрасывания, а также конструктивные особенности установки.

Ключевые слова: анаэробное сбрасывание, биогаз, метантенк, триггер, гидродинамические возмущения

Для цитирования: Таханов М. П., Осмонов О. М., Савватеева И. А., Горохов К. К. Повышение эффективности работы метантенка гидродинамическим возмущением сбрасываемого потока // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 1. С. 120–127. doi: 10.22450/19996837_2023_1_120.

Original article

**Increase of the efficiency of the digester's work
by the hydrodynamic disturbance of the fermented flow**

**Mikhail P. Takhanov¹, Orozmamat M. Osmonov²,
Irina A. Savvateeva³, Konstantin K. Gorokhov⁴**

¹ Irkutsk State Transport University, Irkutsk region, Irkutsk, Russia

² Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

Moscow, Russia

³ North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov

Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russia

⁴ Arctic State Agrotechnological University, Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russia

¹ takhanov93@mai.ru, ² osm.rom2011@yandex.ru,

³ karinushka_nv25@mail.ru, ⁴ agatu2020@mail.ru

Abstract. The work considers the use of hydrodynamic disturbances of the fermented flow to increase the efficiency of the anaerobic fermentation of liquid dung drains. In order to increase the efficiency of the anaerobic fermentation process of liquid dung drains, a constructive solution to a horizontal digester with a trigger device is proposed. A horizontal digester with a trigger device provides hydrodynamic disturbances in the flow of fermented fluids, leading to an increase in the efficiency of anaerobic fermentation of the substrate due to better removal of silt masses, preventing collmatization, overgrowing and clogging of the digester working space. To identify the main factors affecting the effectiveness of the anaerobic fermentation process, a theoretical hydrodynamic study of the proposed design of the digester was carried out. The hydrodynamic analysis showed that the speed of the substrate in the digester was determined by large number of factors, such as the physico-chemical characteristics of the substrate and the technological parameters of anaerobic fermentation, as well as the design features of the installation.

Keywords: anaerobic fermentation, biogas, digester, trigger, hydrodynamic disturbances

For citation: Takhanov M. P., Osmonov O. M., Savvateeva I. A., Gorokhov K. K. Povyshenie jeffektivnosti raboty metantenka gidrodinamicheskim vozmushheniem sbrazhivaemogo potoka [Increase of the efficiency of the digester's work by the hydrodynamic disturbance of the fermented flow]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin.* 2023; 17; 1: 120–127. (in Russ.). doi: 10.22450/19996837_2023_1_120.

Введение. Животноводство – наиболее энергозатратная отрасль сельского хозяйства. Вместе с тем продукты жизнедеятельности животных обладают высоким вторичным потенциалом, как при их переработке, так и для внесения на поля в виде органических удобрений [1, 2, 3].

Известно, что при использовании гидравлической системы удаления навоза на свиноводческих комплексах с бесподстильным содержанием животных образуются огромные объемы жидких навозных стоков влажностью 95–98 % с низким содержанием органического вещества. Для утилизации таких стоков, являющихся источником вредных выбросов в окружающую среду и загрязняющих грунтовые воды, их подвергают анаэробному сбраживанию в метантенках с фиксированной биомассой (анаэробного фильтра) с последующим получением газообразного топлива, а также обеззараженного от патогенных бактерий и семян сорных растений экологически чистого органического удобрения [4].

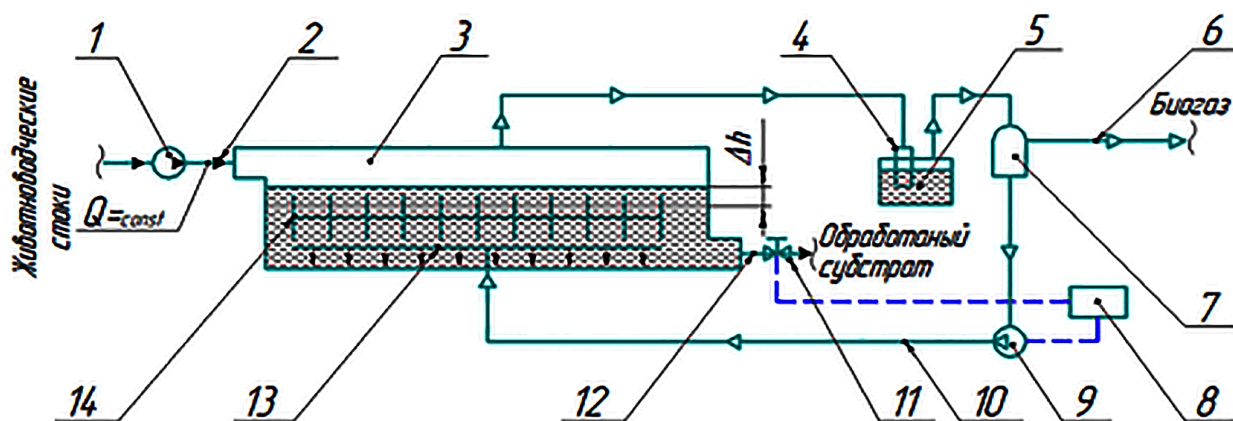
При этом известно, что в основе технологии анаэробного сбраживания навозных стоков лежит жизнедеятельность метанообразующих микроорганизмов [5]. Так как жидкие навозные стоки содержат

небольшое количество сухого органического вещества, используемого в качестве пищи метанообразующими микроорганизмами, их эффективная жизнедеятельность снижается, и актуальным является исследование способов повышения эффективности работы метантенков – анаэробных фильтров.

Цель настоящей работы – обоснование применения гидродинамических возмущений сбразживаемого потока для повышения эффективности работы метантенка с фиксированной биомассой (анаэробного фильтра).

Материалы и методы исследования. Для создания гидродинамических возмущений сбразживаемого потока навозных стоков предлагается конструктивное решение метантенка в виде горизонтальной емкости с фиксированной биомассой (рис. 1).

Процесс анаэробного сбраживания навозных стоков происходит в рабочем объеме метантенка и заключается в разложении органического вещества с выделением биогаза, который накапливается в газовом объеме метантенка. В результате постоянного выделения биогаза давление в метантенке возрастает. При достижении величины давления, соответствующей



- 1 – насос для подачи навозных стоков; 2 – патрубок для подачи стоков; 3 – метантенк с дополнительным устройством, создающим гидродинамические возмущения; 4 – патрубок отвода биогаза; 5 – гидравлический затвор; 6 – отводной патрубок для подачи биогаза потребителям; 7 – газгольдер; 8 – триггер; 9 – насос; 10 – линия подачи биогаза от газгольдера к метантенку; 11 – вентиль слива обработанного субстрата; 12 – патрубок для отвода обработанного субстрата; 13 – перфорированная труба; 14 – иммобилизованный носитель анаэробной биомассы

Рисунок 1 – Метантенк с триггером для организации гидродинамических возмущений сбраживаемого потока

глубине погружения патрубка, происходит отвод биогаза в корпус гидравлического затвора, а затем биогаз скапливается в газгольдере.

После достижения верхней отметки уровня колебания свободной поверхности, срабатывает триггер, подающий команду насосу, который подает некоторое количество биогаза из газгольдера через патрубок в перфорированную трубу. А затем триггер подает команды на выпуск отработанного субстрата. Последовательное действие барботажного перемешивания и опорожнения метантенка способствуют удалению иловых масс, предотвращая кольматирование, зарастание и забивку рабочего пространства метантенка. В результате, метантенк может обрабатывать сравнительно большие объемы навозных стоков, с необходимой эффективностью [6, 7].

В общем случае основная задача гидродинамики жидкости сводится к определению во всех интересующих точках потока жидкости двух основных параметров:

1) скорости движения частиц жидкости: $v = f_1(x, y, z, \tau)$;

2) давления в рассматриваемой точке жидкости: $p = f_2(x, y, z, \tau)$.

где x, y, z – координаты частиц жидкости; τ – время.

В данной работе рассматривается неустановившееся движение потока жидкости. Под потоком жидкости подразумевается непрерывная масса частиц жидкости в виде навозных стоков, движущаяся в определенном направлении. Конструктивное оформление метантенка с дополнительным триггерным устройством обеспечивает изменение скорости и колебание уровня свободной поверхности субстрата, а также изменение гидростатического давления в метантенке, и тем самым обеспечивает гидродинамические возмущения.

Результаты исследований и их обсуждение. В предложенной конструкции горизонтально расположенного метантенка с триггером, процессы, приводящие к повышению эффективности анаэробного сбраживания субстрата, происходят в результате комбинированного циклического возмущения, за счет изменения скорости сбраживаемого субстрата, колебания свободной поверхности и гидростатического давления [8, 9].

Цикл изменения давления и колебания уровня свободной поверхности состоит из двух фаз: заполнения и опорожнения.

1. Жидкие навозные стоки с постоянным расходом, который обеспечивается с помощью насоса, поступают на обработку в метантенк. При достижении верхней отметки уровня колебания свободной поверхности, а также величины давления, соответствующей глубине погружения патрубка, происходит отвод биогаза в корпус гидравлического затвора, а затем биогаз скапливается в газгольдере.

2. Далее триггер дает команду насосу, который подает некоторое количество биогаза из газгольдера через патрубок в перфорированную трубу для поднятия образующегося ила на дне реактора.

3. Затем происходит опорожнение метантенка с помощью триггера, который открывает вентиль на слив через патрубок. Открытие вентиля на слив приведет к понижению уровня свободной поверхности сбраживаемого субстрата и снижению давления в газовом объеме метантенка, что способствует эффективному пеногашению.

4. По достижении нижнего уровня колебания свободной поверхности сбраживаемого субстрата происходит закрытие вентиля на слив, и это есть окончание фазы опорожнения.

5. Начинается фаза заполнения с помощью насоса, который подает животноводческие стоки на обработку в метантенк непрерывно. Происходит постепенное заполнение емкости метантенка животноводческими стоками, а также увеличение давления в газовом объеме метантенка.

6. При достижении верхней отметки уровня колебания свободной поверхности, а также величины давления, соответствующей глубине погружения патрубка отвода биогаза, происходит отвод биогаза в корпус гидравлического затвора, что указывает на окончание фазы заполнения и начало фазы опорожнения – цикл завершается.

В фазе опорожнения метантенка происходят циклические возмущения, то есть переход от верхнего положения к нижнему. В процессе опорожнения понижается давление в газовом объеме метантенка,

что приводит к залповому выделению биогаза из сбраживаемой массы, а понижение уровня свободной поверхности субстрата способствует обновлению границ жидкой и твердой фаз. Чем быстрее будет понижаться уровень, тем интенсивнее будет происходить обновление.

Для оценки возмущений в данной фазе принимается скорость движения свободной поверхности жидких навозных стоков в метантенке. Скорость движения свободной поверхности стоков в метантенке можно определить, составив уравнение баланса объемного расхода. Для этого рассмотрим фазу опорожнения (рис. 2).

Отсчет координат проводится от плоскости сравнения $\theta - \theta$, проведенной через крайнее нижнее положение отводящего шлам патрубка. Движение жидкости в метантенке является неустановившимся, так как напор z_1 изменяется с течением времени, а, следовательно, меняется со временем скорость и расход вытекающей жидкости.

Допустим, что уровень жидкости метантенка в данный момент времени находится соответственно на высоте z_1 . За бесконечно малый промежуток времени опорожнения dt_{on} уровень в метантенке изменяется на dz_1 , течение жидкости можно считать установившимся. За это время из метантенка вытечет объем жидкости $Q_m dt_{on}$. В свою очередь, в метантенк постоянно поступает объем жидкости $Q_{nod} dt_{on}$; в тоже время из метантенка вытекает объем жидкости $Q_{выт} dt_{on}$. Тогда объем жидкости в метантенке изменится на величину dW_m .

Уравнение баланса для объема жидкости в метантенке по данным, представленным в работе [7], имеет вид (1):

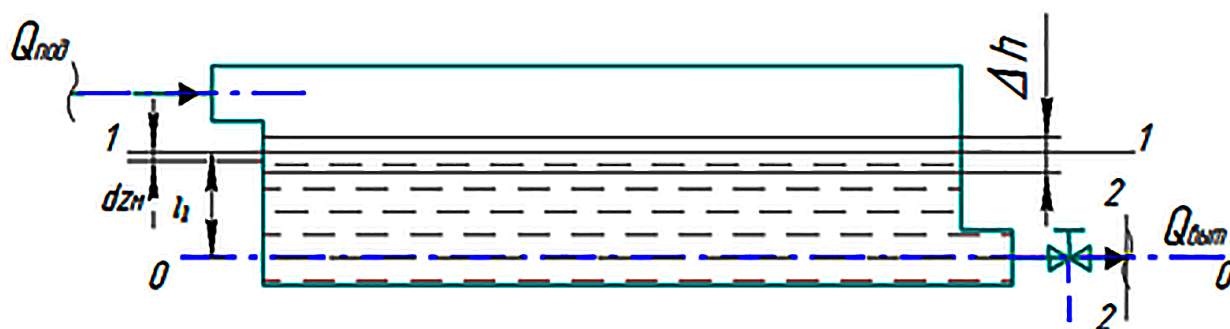
$$dW_m = Q_{выт} dt_{on} - Q_{nod} dt_{on} \quad (1)$$

При этом согласно расчетной схеме горизонтального метантенка (рис. 2), изменение объема метантенка для нашего случая можно выразить равенством (2):

$$dW_m = \omega_m dz_m \quad (2)$$

где dz_m – изменение высоты опорожнения субстрата, м.

Если приравняем правые части уравнений (1) и (2), то получаем выражение (3):



$Q_{под}, Q_{выт}$ – соответственно, объем загружаемого и выгружаемого субстрата (навозных стоков), м³;
 $dz_м$ – изменение высоты загрузки субстрата, м; Δh – изменение высоты сбраживаемого субстрата, м;
 l_1 – расстояние между осями метантенки и сливного патрубка, создающее напор при опорожнении метантенки, м

Рисунок 2 – Расчетная схема метантенки с гидродинамическим возмущением сбраживаемого потока навозных стоков

$$\omega_м dz_м = Q_{выт} dt_{он} - Q_{под} dt_{он} \quad (3)$$

Решим полученное уравнение (3) относительно изменения высоты $dz_м$:

$$dz_м = \frac{Q_{выт} dt_{он} - Q_{под} dt_{он}}{\omega_м} \quad (4)$$

Изменение скорости движения сбраживаемого субстрата в метантенке $dv_м$ можно определить, разделив уравнение (4) на время опорожнения $dt_{он}$:

$$dv_м = \frac{dz_м}{dt_{он}} = \frac{Q_{выт} - Q_{под}}{\omega_м} \quad (5)$$

Если рассматривать весь период опорожнения, то движение жидкости является неустановившимся, поэтому в уравнении (5) следует учесть изменение расхода в сливном патрубке:

$$dQ_{выт} = \omega_{омс} dv_{омс} \quad (6)$$

где $\omega_{омс}$ – площадь живого сечения сливного патрубка, м²;

$dv_{омс}$ – скорость движения субстрата в сливном патрубке, м/с.

С учетом выражения (6), скорость движения субстрата в сливном патрубке определится по уравнению (7):

$$dv_м = \frac{\omega_{омс} dv_{омс} - Q_{под}}{\omega_м} \quad (7)$$

Полученное уравнение (7) может быть записано в виде функциональной зависимости (8):

$$dv_м = f(d_{омс}; \Delta h; D_з; \omega_м; \varphi) \quad (8)$$

где $d_{омс}$ – диаметр сливного патрубка, м;
 Δh – высота колебания жидкости, м;
 $D_з$ – доза загрузки, %;
 φ – коэффициент скорости субстрата в сливном патрубке, м.

Расход опорожняемого субстрата зависит от скорости его слива. В свою очередь, скорость слива зависит от напора, создаваемого движением опорожняемого субстрата.

Поэтому для определения расхода субстрата в метантенке используем уравнение Бернулли с учетом инерционного напора. Согласно расчетной схеме, приведенной на рисунке 2, сечение 1–1 совпадает с высотой загрузки сбраживаемого субстрата в метантенке, а сечение 2–2 расположено в конце сливного патрубка.

С учетом этого уравнение Бернулли принимает вид выражения (9):

$$\frac{v_m^2}{2g} + z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = \frac{v_{oms}^2}{2g} + \frac{p_{атм}}{\rho g} + h\omega + \frac{1}{g} \int_{s_2}^{s_1} \frac{\partial v}{\partial t} ds \quad (9)$$

$$v_{oms} = \sqrt{\frac{\left(\frac{v_m^2}{2g} + z_1 + \frac{p_1 - p_{атм}}{\rho g}\right) \cdot 2g}{1 + \sum \zeta}} = \sqrt{\frac{v_m^2 + z_1 2g + \frac{2(p_1 - p_{атм})}{\rho}}{1 + \sum \zeta}}$$

Используя уравнение неразрывности, запишем выражение по определению расхода для сливного патрубка (10):

$$Q_{выт} = \omega_{oms} \cdot v_{oms} = \omega_{oms} \cdot \sqrt{\frac{v_m^2 + z_1 2g + \frac{2(p_1 - p_{атм})}{\rho}}{1 + \sum \zeta}} \quad (10)$$

где z_1 – напор, м.

Выражение (10) можно записать в виде функциональной зависимости (11):

$$Q_{выт} = f(v_m, z_1, (p_1 - p_{атм}), \sum \zeta) = f(T, W, K, l_{oms}, d_{oms}, z_1, \sum \zeta) \quad (11)$$

где T – температура стоков, °С;

W – влажность стоков, %;

K – химический состав стоков.

В результате анализа представленных уравнений, функциональная зависимость скорости движения сбрасываемого субстрата в метантенке имеет вид (12):

$$v_m = f(d_{oms}, D_3, \omega_m, T, W, K, l_{oms}, \sum \zeta, z_1) \quad (12)$$

Полученная функциональная зависимость показывает, что скорость движения субстрата в метантенке зависит от большого числа факторов, таких как физико-химические характеристики субстрата

(W, K), технологические параметры анаэробного сбраживания (D_3, T), а также конструктивные особенности установки ($d_{oms}, \omega_m, l_{oms}, z_1$).

При этом наиболее важными технологическими факторами для управления скоростью субстрата являются: d_{oms}, D_3 и z_1 . Причем увеличения d_{oms} и z_1 будут способствовать повышению скорости, а увеличение D_3 будет снижать скорость движения субстрата в метантенке.

Выводы. 1. На основании проведенных исследований установлено, что предлагаемое конструкторское решение в виде горизонтального метантенка с триггерным устройством повышает эффективность процесса анаэробного сбраживания жидких навозных стоков:

1) за счет наилучшего удаления иловых масс;

2) за счет предотвращения кольматирования, забивки и зарастания рабочего пространства метантенка.

2. Проведенные исследования позволили установить, что скорость движения субстрата в предлагаемом устройстве зависит от большого числа факторов, в том числе физико-химических характеристик субстрата; технологических параметров анаэробного сбраживания; конструктивно-технологических параметров установки.

3. Установлено, что скорость субстрата преимущественно обусловлена диаметром сливного патрубка, дозой загрузки и величиной напора. С увеличением величины диаметра сливного патрубка и величины напора скорость субстрата повышается. В тоже время увеличение дозы загрузки приводит к снижению скорости движения субстрата в метантенке.

Список источников

1. Исследование процесса производства гуминовых органоминеральных удобрений в системе экономической безопасности страны / А. М. Бондаренко, Л. С. Качанова, С. М. Челбин, А. Н. Головки // Дальневосточный аграрный вестник. 2022. Вып. 1 (61). С. 95–103.
2. Кривуца З. Ф., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е. Оптимизация энергетических затрат транспортно-производственного процесса // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 4 (56). С. 151–155.
3. Раднаев Д. Н. К методике проектирования технологических процессов // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В. Р. Филиппова. 2011. № 1 (22). С. 71–75.

4. Таханов М. П., Осмонов О. М. Установка по метановому сбраживанию // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК : материалы X нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Молодежный : Иркутский государственный аграрный университет, 2022. С. 202–205.
5. Осмонов О. М. Основы инженерного расчета автономных гелиобиоэнергетических установок : монография. М. : Энергия, 2011. 175 с.
6. Таханов М. П., Васильев Ф. А. Создание возмущений в метантенке // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. Вып. 80. С. 143–148.
7. Патент № RU 2 678 673 C1 Российская Федерация. Установка для анаэробного сбраживания : 2017132640 : заявл. 18.09.2017 : опубл. 30.01.2019 / Таханов М. П. Бюл. № 4. 8 с.
8. Таханов М. П., Васильев Ф. А., Евтеев В. К. Разработка технологии анаэробной переработки органических отходов сельского хозяйства // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК : материалы междунар. науч.-практ. конф. Молодежный : Иркутский государственный аграрный университет, 2019. С. 213.
9. Таханов М. П., Евтеев В. К. Технология анаэробной переработки животноводческих стоков на крупных свиноводческих комплексах // Молодая наука аграрного Дона: традиции, опыт, инновации : сб. науч. тр. Зерноград : Азово-Черноморский инженерный институт Донского государственного аграрного университета, 2018. С. 156–158.
10. Васильева А. С. Повышение эффективности анаэробной переработки навозных стоков свиноводческих предприятий : автореф. дис. .. канд. техн. наук. Благовещенск, 2017, 18 с.

References

1. Bondarenko A. M., Kachanova L. S., Chelbin S. M., Golovko A. N. Issledovanie processa proizvodstva guminovyh organomineral'nyh udobrenij v sisteme ekonomicheskoy bezopasnosti strany [Investigation of the process of production of humic organomineral fertilizers in the system of economic security of the country]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2022; 1 (61): 95–103 (in Russ.).
2. Krivutsa Z. F., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E. Optimizaciya energeticheskikh zatrat transportno-proizvodstvennogo processa [Optimization of energy costs of the transport and production process]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2020; 4 (56): 151–155 (in Russ.).
3. Radnaev D. N. K metodike proektirovaniya tekhnologicheskikh processov [To the methodology of designing technological processes]. *Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii imeni V. R. Filippova. – Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov*, 2011; 1 (22): 71–75 (in Russ.).
4. Takhanov M. P., Osmonov O. M. Ustanovka po metanovomu sbrazhivaniyu [Installation on methane fermentation]. Proceedings from Current issues of engineering, technical and technological support of the agro-industrial complex: *X Nacional'naya nauchno-prakticheskaya konferenciya s mezhdunarodnym uchastiem. – X National Scientific and Practical Conference with international participation*. (PP. 202–205), Molodezhnyj, Irkutskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022 (in Russ.).
5. Osmonov O. M. *Osnovy inzhenernogo rascheta avtonomnykh geliobioenergeticheskikh ustanovok: monografiya [Fundamentals of engineering calculation of autonomous heliobioenergetic installations: monograph]*, Moskva, Energiya, 2011, 175 p. (in Russ.).
6. Takhanov M. P., Vasil'ev F. A. Sozdanie vozmushchenii v metantenke [Creation of disturbances in the digester]. *Vestnik Irkutskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – Bulletin of the Irkutsk State Agricultural Academy*, 2017; 80: 143–148 (in Russ.).
7. Takhanov M. P. Ustanovka dlya anaerobnogo sbrazhivaniya [Anaerobic digestion plant] *Patent RF, no RU2678673C1 yandex.patent.ru* 2019 Retrieved from https://yandex.ru/patents/doc/RU2678673C1_20190130 (Accessed 25 December 2022) (in Russ.).

8. Takhanov M. P., Vasil'ev F. A., Evteev V. K. Razrabotka tekhnologii anaerobnoi pererabotki organicheskikh otkhodov sel'skogo khozyaistva [Development of anaerobic processing of organic agricultural waste]. Proceedings from Research and development for implementation in the agro-industrial complex: *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya. – International Scientific and Practical Conference.* (PP. 213), Molodezhnyj, Irkutskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2019 (in Russ.).

9. Takhanov M. P., Evteev V. K. Tekhnologiya anaerobnoi pererabotki zhivotnovodcheskikh stokov na krupnykh svinovodcheskikh kompleksakh [Technology of anaerobic processing of livestock spleen at large pig-breeding complexes]. Proceedings from *Molodaya nauka agrarnogo Dona: traditsii, opyt, innovatsii. – Young Science of Agrarian Don: traditions, experience, innovation.* (PP. 156–158), Zernograd, Azovo-Chernomorskij inzhenernyj institut Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2018 (in Russ.).

10. Vasil'eva A. S. Povyshenie effektivnosti anaerobnoi pererabotki navoznykh stokov svinovodcheskikh predpriyatii [Increase of the efficiency of anaerobic processing of manure drains of pig-breeding enterprises]. *Extended abstract of candidate's thesis.* Blagoveshchensk, 2017, 18 p. (in Russ.).

© Таханов М. П., Осмонов О. М., Савватеева И. А., Горохов К. К., 2023

Статья поступила в редакцию 13.01.2023; одобрена после рецензирования 18.02.2023; принята к публикации 03.03.2023.

The article was submitted 13.01.2023; approved after reviewing 18.02.2023; accepted for publication 03.03.2023.

Информация об авторах

Таханов Михаил Пурбаевич, преподаватель, Иркутский государственный университет путей сообщения, takhanov93@mai.ru;

Осмонов Орозмамат Мамасалиевич, доктор технических наук, профессор кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева, osm.rom2011@yandex.ru;

Савватеева Ирина Аркадьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта и автосервиса, Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, karinushka_nv25@mail.ru;

Горохов Константин Константинович, аспирант, Арктический государственный агротехнологический университет, agatu2020@mail.ru

Information about authors

Mihail P. Takhanov, Lecturer, Irkutsk State Transport University, takhanov93@mai.ru;

Orozमतam M. Osmonov, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Heat Engineering, Hydraulics and Power Supply of Enterprises, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, osm.rom2011@yandex.ru;

Irina A. Savvateeva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Operation of Motor Transport and Car Service, North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, karinushka_nv25@mail.ru;

Konstantin K. Gorokhov, Postgraduate Student, Arctic State Agrotechnological University, agatu2020@mail.ru