ISSN 2078-7138

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

АГРОПАНОРАМА

№ 2
апрель
2018

Обоснование закономерностей деформирования почв различных агрофонов под воздействием колес

Реологические характеристики и другие свойства жидкого навоза при его накоплении, хранении и удалении из каналов гидравлических систем

Определение скорости движения жидкого навоза при перемешивании его в навозохранилищах

Исследование процесса водопотребления при замачивании ржи в производстве солода

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БЕЛОРУССКИЙ РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Уважаемые коллеги!

Приглашаем Вас принять участие в работе 10-й Международной научно-практической конференции

«Формирование организационно-экономических условий эффективного функционирования АПК»,

которая состоится в Белорусском государственном аграрном техническом университете

24 - 25 мая 2018 г.

Основные направления работы конференции:

- *Повышение конкурентной устойчивости организаций АПК на основе инновационной модернизации производства*
- *Информационное обеспечение и системные методы в инновационной деятельности АПК*
- *Современные направления менеджмента и маркетинга в условиях развития интеграционных процессов*

г. Минск, пр-т Независимости, 99, кор. 1
Контактные телефоны: (+ 375 17) 267-60-64, 267-51-83
E-mail: Konf_2018@mail.ru
www.bsatu.by

АГРОПАНОРАМА 2 (126) апрель 2018

Издается с апреля1997 г.

Научно-технический журнал
для работников
агропромышленного комплекса.
Зарегистрирован в Министерстве
информации Республики Беларусь
21 апреля 2010 года.
Регистрационный номер 1324

Учредитель
Белорусский государственный
аграрный технический университет

Главный редактор
Иван Николаевич Шило

Заместитель главного редактора
Михаил Александрович Прищепов

Редакционная коллегия:

И.М. Богдевич
Г. И. Гануш
Л.С. Герасимович
С.В. Гарник
В.Н Дашков
Е.П. Забелло
П.П. Казакевич
Н.В. Казаровец
А.Н. Карташевич
Л.Я. Степук
В.Н. Тимошенко
А.П. Шпак

Е.В. Сенчуров – ответственный секретарь
Н.И. Цындрина – редактор

Компьютерная верстка
В.Г. Леван

Адрес редакции:
Минск, пр-т Независимости, 99/1, к. 220
Тел. (017) 267-47-71 Факс (017) 267-41-16

Прием статей и работа с авторами:
Минск, пр-т Независимости, 99/5, к. 602, 608
Тел. (017) 385-91-02, 267-22-14
Факс (017) 267-25-71
E-mail: AgroP@batu.edu.by

БГАТУ, 2018.
Формат издания 60 х 84 1/8.
Подписано в печать с готового оригинала-макета 23.04.2018 г. Зак. № 398 от 20.04.2018 г.
Дата выхода в свет 30.04.2018 г.
Печать офсетная. Тираж 100 экз.
Статьи рецензируются.
Отпечатано в ИПЦ БГАТУ по адресу: г. Минск, пр-т Независимости, 99/2
ЛП № 02330/316 от 30.01.2015 г.
Выходит один раз в два месяца.
Подписной индекс в каталоге «Белпочта» - 74884.
Стоимость подписки на журнал на 1-е п/г 2018 г.:
для индивидуальных подписчиков - 17,61 руб.;
ведомственная - 19,29 руб.;
Цена журнала в киоске БГАТУ - 5,19 руб.

При перепечатке или использовании публикаций согласование с редакцией и ссылка на журнал обязательны. Ответственность за достоверность рекламных материалов несет рекламодатель.

СОДЕРЖАНИЕ

Сельскохозяйственное машиностроение. Металлообработка

И.Н. Шило, Н.Н. Романюк, А.Н. Орда, В.А. Шкляревич, А.С. Воробей
Обоснование закономерностей деформирования почв различных агрофонов под воздействием колес....2

И.И. Скорб, А.М. Волк
Реологические характеристики и другие свойства жидкого навоза при его накоплении, хранении и удалении из каналов гидравлических систем....7

В.Я. Тимошенко, П.Н. Логвинович, Г.И. Кошля
Демпфирование колебаний жидкости в цистерне применением подвижных перегородок с упругими элементами....14

И.А. Шевченко, В.И. Харитонов, Э.Б. Алиев
Результаты производственных испытаний опытно-экспериментального образца машины для приготовления навозо-компостных смесей....17

Технологии производства продукции растениеводства и животноводства. Зоотехния

И.М. Швед, В.И. Передня, А.В. Китун
Определение скорости движения жидкого навоза при перемешивании его в навозохранилищах....22

Технологии переработки продукции АПК

А.М. Мазур
Исследование процесса водопотребления при замачивании ржи в производстве солода....26

Ресурсосбережение, экология

Ю.Д. Карпиевич, И.И. Бондаренко
Расчет экономического эффекта от использования микропроцессорной системы бортового диагностирования степени износа фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробок передач колесных и гусеничных машин....29

В.Г. Андруш, А.К. Евтух
Оценка уровня шума при стендовой обкатке автотракторных двигателей....34

Н.К. Толочко, В.М. Синельников, О.В. Сокол, П.С. Чугаев, Т.А. Богданович
Методологические аспекты оценки целесообразности применения аддитивных технологий для изготовления запасных деталей машин....37

Технический сервис в АПК. Экономика

Л.К. Голуб, Н.Н. Киреенко
Методические аспекты организации и проведения проверки расчетов организаций с фондом социальной защиты населения....42

В.В. Липницкая, З.Г. Близнюк, В.Б. Григорьева
Экономические аспекты экологизации сельскохозяйственного производства на основе вермикультивирования....46

УДК 631. 431

ОБОСНОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПОЧВ РАЗЛИЧНЫХ АГРОФОНОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ КОЛЕС

И.Н. Шило,
ректор БГАТУ, докт. техн. наук, профессор

Н.Н. Романюк,
первый проректор БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

А.Н. Орда,
зав. каф. теоретической механики и теории механизмов и машин БГАТУ, докт. техн. наук, профессор

В.А. Шкляревич,
ст. преподаватель каф. теоретической механики и теории механизмов и машин БГАТУ

А.С. Воробей,
ст. науч. сотр. РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», канд. техн. наук

В статье обоснованы зависимости между сопротивлением и осадкой почвы под воздействием колес. Рассмотрены варианты стерни и почвы, подготовленной под посев.

Ключевые слова: почва, колесо, напряжение, осадка, глубина следа, деформация почвы.

The relationships between the resistance and soil draft under the influence of the wheel have been substantiated in the article. Stubble and soil variants prepared for sowing have been considered.

Keywords: soil, wheel, tension, draft, trace depth, deformation of the soil.

Введение

В процессе эксплуатации почвообрабатывающих машинно-тракторных агрегатов происходит чрезмерное уплотнение почвы их ходовыми системами, в особенности колесными, приводящее к снижению урожайности сельскохозяйственных культур [1, 2]. Имеющиеся к настоящему времени результаты экспериментальных и теоретических исследований не отражают особенностей деформирования почв различных агрофонов при воздействии ходовых системам машинно-тракторных агрегатов [3, 4]. Поэтому требуется уточнение аналитических зависимостей, описывающих процесс вдавливания деформатора в почву.

Цель работы – установление зависимости между сопротивлением и осадкой почвы, отражающей особенности почвенного агрофона.

В земледельческой механике наибольшее распространение находит предложенная В. В. Кацыгиным зависимость между напряжением сжатия σ и осадкой штампа h, подчиняющаяся функции гиперболического тангенса [5].

$$\sigma = p_0 th\left(\frac{k}{p_0}h\right), \qquad (1)$$

где p_0 – предел несущей способности почвы, Па;

k – коэффициент объемного смятия почвы, Н/м^3.

Основная часть

Проанализируем, учитывает ли зависимость (1) особенности почвенных агрофонов, имеющих место при эксплуатации тракторов и сельскохозяйственных машин. Перед тем как изучать сжатие почвы в массиве, рассмотрим деформацию изолированных образцов почвы [4].

При сжатии почвы в жесткой обойме (компрессионном сжатии) зависимость между напряжением и осадкой штампа имеет вогнутый характер (рис. 1*а*). При неограниченном увеличении напряжения деформация почвы имеет определенный предел.

Зависимость между напряжением и деформацией при сжатии образца с возможностью бокового выпирания описывается выпуклой кривой (рис. 1*б*). Выпуклый характер кривой деформации почвы подтвержден экспериментально.

При вдавливании штампа в массив почвы одновременно происходят процессы сжатия почвы и сдвига ее в стороны от вертикальной оси. Поэтому кривая вдавливания имеет сложный вогнуто-выпуклый характер (рис. 1*в*).

Проанализируем возможность применения закономерностей деформирования почвы штампом к процессу передвижения колес (рис. 2).

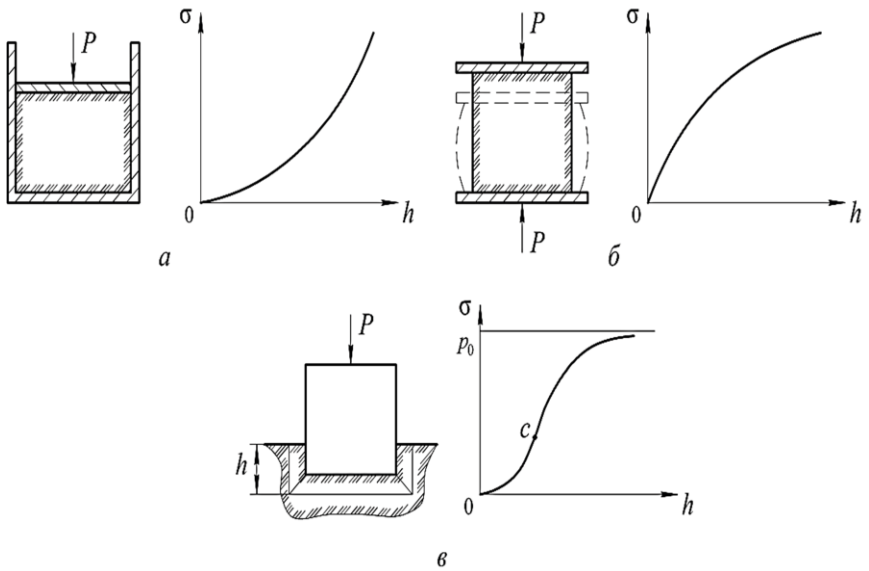


Рис. 1. Сопротивление почвы при деформации:
а – компрессионное сжатие; б – сжатие с возможностью бокового расширения; в – вдавливание штампа в массив почвы

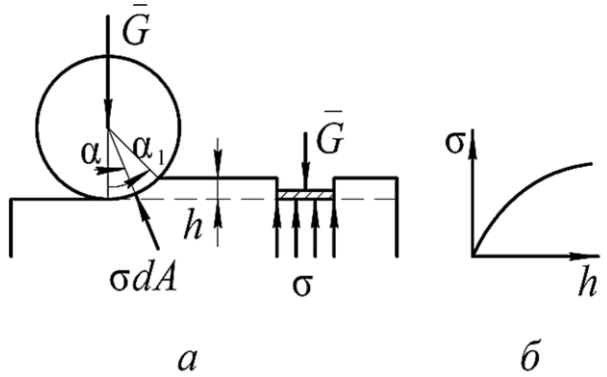


Рис. 2. Деформация почвы:
а – схема деформирования почвы колесом и штампом; б – зависимость между напряжением σ и деформацией почвы h ***[6]***

Для того чтобы можно было применить закономерности деформирования почвы штампом применительно к качению колеса, применяются следующие допущения [6]:

1. Сила реакции почвы на элементе поверхности колеса проходит через его ось и равна напряжению σ, умноженному на площадь элемента dA.

2. Напряжение σ под колесом равно напряжению под штампом, вдавленным в почву на глубину, на которой находится рассматриваемый элемент поверхности колеса.

При выполнении данных допущений можно применять зависимость между напряжением σ и осадкой штампа h для определения напряжений в размеченных точках контакта колеса с почвой.

Составим дифференциальное уравнение деформирования почвы, учитывающее процессы сжатия и сдвига почвы.

Для слоя почвы ограниченной высоты приращение деформации dh, происходящее от возрастания сжимающего напряжения на величину $d\sigma$, обратно пропорционально величине напряжения σ:

$$dh = \frac{d\sigma}{a\sigma}, \qquad (2)$$

где a – коэффициент пропорциональности.

Из рис. 3*а* видно, что для бесконечного полупространства почвы приращение осадки зависит также от высоты деформируемого слоя h_0 и возрастает с увеличением его, т. е.

$$dh = \frac{d\sigma}{a\sigma} c_0 h_0, \qquad (3)$$

где c_0 – коэффициент пропорциональности.

Поскольку высота деформируемого слоя h_0 возрастает с увеличением осадки, то уравнение (3) примет вид:

$$dh = b_1 \frac{d\sigma}{\sigma} h, \qquad (4)$$

где b_1 – коэффициент пропорциональности.

Дифференциальное уравнение (4) описывает процесс осадки почвы за счет ее уплотнения. Процесс осадки почвы за счет сдвига ее частиц в стороны от линии движения деформатора описывается таким уравнением [7]:

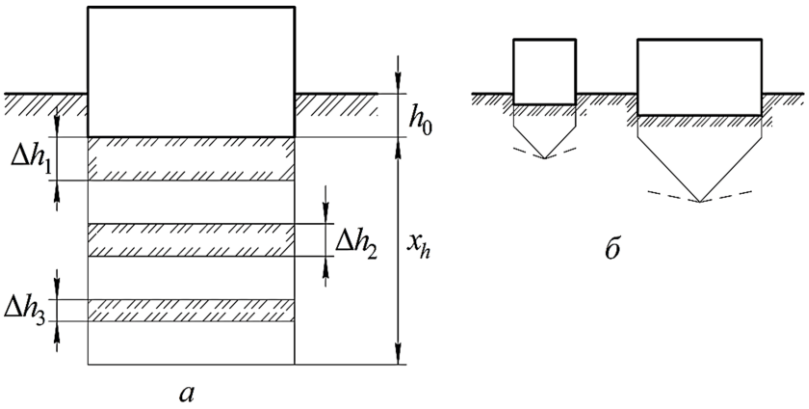


Рис. 3. Воздействие деформатора на почву:
а – формирование глубины следа; б – влияние размеров штампа на высоту уплотняемого слоя

$$dh = h\frac{d\sigma}{b_2\left(p_0 - \sigma\right)}, \quad (5)$$

где b_2 – коэффициент пропорциональности.

Дифференциальное уравнение осадки почвы с учетом происходящих процессов сжатия и сдвига имеет следующий вид:

$$bdh = h\frac{d\sigma}{\sigma\left(p_0 - \sigma\right)}, \quad (6)$$

где b – коэффициент пропорциональности;

Решив уравнение (6) относительно σ, получаем зависимость между сопротивлением и осадкой при внедрении штампа в почвенный массив (рис. 4а):

$$\sigma = \frac{p_0}{1 + 1/\left(ch^b\right)}, \quad (7)$$

где c – опытный коэффициент.

Чтобы определить характер зависимости (16), найдем производную σ по h

$$\sigma' = \frac{1}{h^{b+1}}\frac{p_0 cb}{\left(1 + \frac{1}{ch^b}\right)^2}. \quad (8)$$

Анализ показал, что зависимость (8) асимметрична относительно вертикали (рис. 4б). Следовательно, зависимость между сопротивлением и осадкой почвы (7) является асимметричной относительно точки перегиба. Однако параметры c и b определяют общий характер процесса и не в достаточной степени учитывают специфику начальной стадии деформирования.

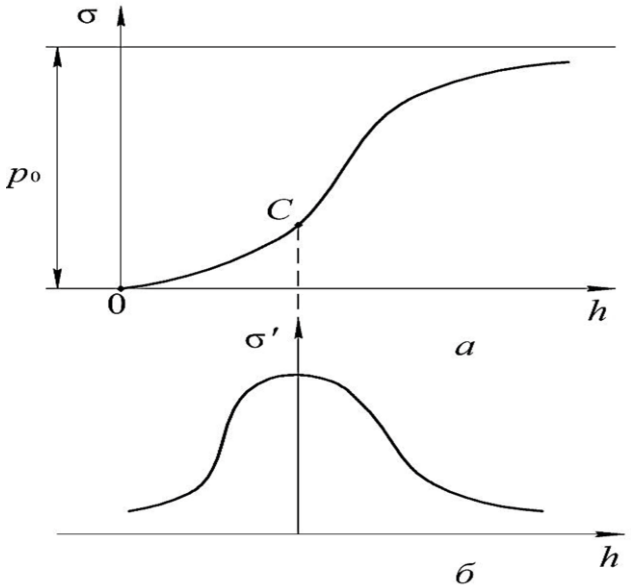


Рис. 4. Закономерности вдавливания штампа в почву: а) зависимость между сопротивлением и осадкой; б) зависимость между производной сопротивления и осадкой

Из рис. 3 *б* видно, что для деформаторов с большой опорной поверхностью в процесс деформирования вовлекаются более глубинные слои почвы. Поэтому для пневматических колес больших размеров важно учесть характер деформации почвы в начальной стадии деформирования. Процесс осадки будем характеризовать аналитическим описанием кривой вдавливания, состоящей из вогнутого и выпуклого участков (рис. 5).

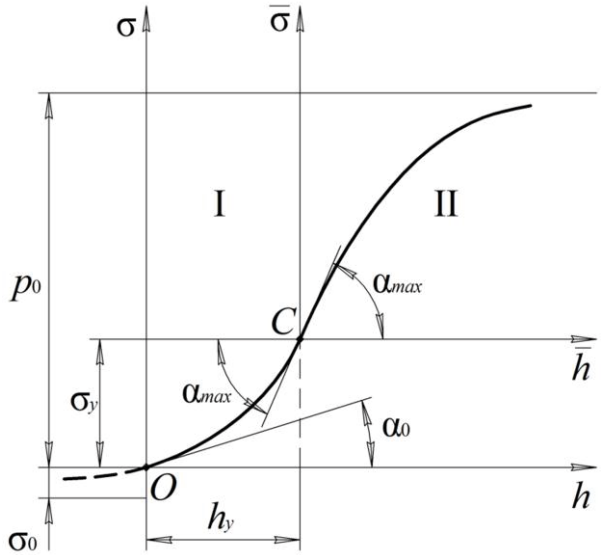


Рис. 5. Зависимость между сопротивлением и осадкой штампа

Для нахождения уравнения кривой вдавливания введем вспомогательную систему координат $\overline{\sigma}C\overline{h}$. Начало данной системы координат поместим в точку перегиба C. Для описания выпуклого участка кривой вдавливания в системе координат $\overline{\sigma}C\overline{h}$ воспользуемся уравнением (1)

$$\overline{\sigma} = p_0\, th\, \frac{k_m}{p_0}\overline{h}, \quad (9)$$

где p_0 – предел несущей способности в данной системе координат, равный $\left(p_0 - \sigma_y\right)$, Па;

σ_y – сопротивление вдавливанию в точку перегиба кривой, Па;

k_m – коэффициент объемного смятия почвы в точке перегиба C, Н/м^3.

Выражение, описывающее вогнутый участок, составим исходя из того, что производные уравнения первого и второго участков кривой вдавливания в точке C равны между собой [8]. Из этого следует, что в системе координат $\overline{\sigma}C\overline{h}$ коэффициенты объемного смятия в точке перегиба C для вогнутого и выпуклого участков равны друг другу $k_1 = k_2 = k_m$. Предел несущей способности для вогнутого участка $p_o = -(\sigma_y + \sigma_o)$.

После соответствующих преобразований получим выражение вогнутого участка кривой деформирования в системе координат σOh :

$$\sigma_y - \sigma_1 = \left(\sigma_0 + \sigma_y\right) th \frac{k_m}{\sigma_0 + \sigma_y}\left(h_y - h\right), \quad (10)$$

где σ_1 – сопротивление вдавливанию деформатора в первой стадии, характеризуемой вогнутым участком кривой, Па;

σ_0 – напряжение, обусловленное сцеплением почвы, Па;

k_m – коэффициент объемного смятия почвы в точку *C* перегиба, Па/м (равен тангенсу угла α_{max});

h_y – деформация почвы в точке перегиба *C*, м.

Зависимость между сопротивлением и осадкой для вогнутого участка примет такой вид:

$$\sigma_1 = \sigma_y - \left(\sigma_0 + \sigma_y\right) th \frac{k_m}{\sigma_0 + \sigma_y}\left(h_y - h\right). \quad (11)$$

Выразим напряжение σ_0, обусловленное сцеплением почвы, через коэффициент k_0 объемного смятия в начале процесса вдавливания ($k_0 = \mathrm{tg}\alpha_0$). Возьмем производную напряжения σ_1 по осадке *h* из уравнения (11), одновременно воспользовавшись тем, что при $h = 0$, $\sigma_1 = 0$, а $k_0 = d\sigma_1 / dh$ [9].

Тогда

$$\frac{d\sigma_1}{dh} = k_0 = \frac{k_m}{ch^2 \dfrac{k_m h_y}{\sigma_0 + \sigma_y}}. \quad (12)$$

Из выражения (12) найдем:

$$\sigma_0 + \sigma_y = \frac{k_m}{Arch\sqrt{\dfrac{k_m}{k_0}}}.$$

Зависимость сопротивления почвы от глубины деформации на вогнутом участке кривой вдавливания будет иметь вид:

$$\sigma_1 = \sigma_y - \frac{k_m h_y}{Arch\sqrt{\dfrac{k_m}{k_0}}} th\left(\frac{h_y - h}{h_y} Arch\sqrt{\frac{k_m}{k_0}}\right). \quad (13)$$

Для выпуклого участка зависимость между сопротивлением и осадкой запишем следующим образом:

$$\sigma_2 = \sigma_y + (p_0 - \sigma_y) th \frac{k_m}{p_0 - \sigma_y}(h - h_y), \quad (14)$$

где σ_2 – сопротивление вдавливанию деформатора во второй стадии, характеризуемой выпуклым участком кривой, Па.

В земледельческой практике обычно верхний рыхлый слой почвы подстилается более плотным основанием. В данном случае при осадке штампа происходит упрочнение структуры почвы. Как видно из рис. 4а, в начальной стадии кривая деформирования почвы имеет вогнутый характер. Этот участок кривой отражает процесс сближения (уплотнения) почвенных частиц. Для рыхлых почв, подстилаемых плотным основанием (почвы, подготовленные под посев), процесс деформирования описывается только вогнутым участком кривой (рис. 6).

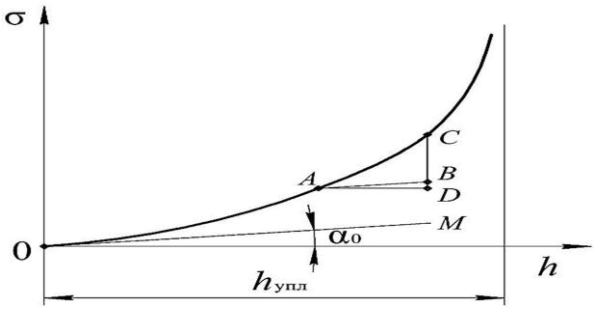


Рис. 6. Зависимость между сопротивлением и осадкой при наличии плотного подстилающего основания

Найдем зависимость между напряжением сжатия и осадкой почвы, подготовленной под посев. Из рис. 6 видно, что при увеличении осадки на величину *AD* сопротивление почвы возрастает на величину *CD*. Из геометрических построений, при которых прямая *AB* параллельна прямой *OM*, находим:

$$ВД = c_1 \cdot АД = СД - c_2 \cdot АД, \quad (15)$$

где c_1 – тангенс угла *BAD*;

c_2 – коэффициент, характеризующий изменение сопротивления почвы в результате упрочнения.

Зависимость (15) можно представить следующим образом:

$$d\sigma = (c_1 + c_2)dh \quad (16)$$

Коэффициент c_2 является функцией сопротивления почвы σ [5]:

$$\frac{dc_2}{d\sigma} = c_3\sigma, \quad (17)$$

где c_3 – коэффициент пропорциональности.

После разделения переменных получим

$$dc_2 = c_3 \cdot \sigma \cdot d\sigma. \quad (18)$$

После интегрирования уравнения (18) получим

$$c_2 = \frac{1}{2}c_3 \cdot \sigma^2 + c_4, \quad (19)$$

где c_4 – постоянная интегрирования.

Подставив значение c_2 в уравнение (16), получим

$$d\sigma = \left(c_1 + \frac{1}{2}c_3 \cdot \sigma^2 + c_4\right)dh. \quad (20)$$

Введем обозначения $c_1 + c_4 = \alpha^2$, $\frac{1}{2}c_3 = \beta^2$.

Тогда уравнение (20) примет вид:

$$\frac{d\sigma}{dh} = \alpha^2 + \beta^2\sigma^2 . \quad (21)$$

Находим общее решение дифференциального уравнения (21):

$$\sigma = \frac{a}{b} tg\left[ab\left(h+d\right)\right], \quad (22)$$

где d – постоянная интегрирования.

Постоянную интегрирования d находим из условия, что $\sigma = 0$ при $h = 0$. После подстановки нулевых значений σ и h в уравнение (22) и анализа его, получено, что $d = 0$. Тогда

$$\sigma = \frac{a}{b} tg\left(abh\right). \quad (23)$$

Для определения a найдем производную σ по h:

$$\sigma' = a^2 \frac{1}{cos^2\left(abh\right)}.$$

Далее находим, что $\sigma' = a^2$ при $h = 0$.

В то же время известно, что значение производной σ при $h = 0$ равно коэффициенту объемного смятия k. Тогда $a = \sqrt{k}$.

Для случая, когда деформацией подстилаемого основания можно пренебречь, получено следующее значение коэффициента b:

$$b = \frac{\pi}{2}\frac{1}{h_{упл}\sqrt{k}},$$

$$h_{упл} = H\frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_{\min}}{\left(1+\varepsilon_0\right)\left[1-2\nu\left(1+\varepsilon_{\min}\right)\right]},$$

где H – высота пахотного слоя, м;

$h_{упл}$ – предельная величина деформации, м;

ε_0 – коэффициент пористости почвы до нагружения;

ε_{min} – минимально возможный коэффициент пористости почвы;

ν – коэффициент бокового расширения почвы для случая деформирования с ограниченной возможностью бокового расширения.

Из кривой вдавливания штампа в общем случае (рис. 4а) видно, что во второй стадии зависимость «напряжение – осадка» имеет выпуклый участок. Это объясняется тем, что после определенного сжатия частиц почвы начинается ее разрушение, сопровождающееся сдвигом почвы в стороны от линии движения штампа.

Заключение

1. Зависимость (1) не отражает многообразия почвенных условий и описывает выпуклый участок кривой вдавливания. В общем случае деформирования, когда плотность почвы в различных горизонтах мало различима, зависимость между напряжениями сжатия и осадкой штампа имеет *S*-образный характер. График этой зависимости, имеющий вогнутый и выпуклый участки, является ассимметричным относительно точки перегиба.

2. Для описания процесса деформации рыхлого слоя почвы, подстилаемого плотным основанием (почва, подготовленная под посев), обоснована зависимость (23) , имеющая вогнутый характер по отношению к оси напряжений. Для стерни, имеющей одинаковые по глубине физические свойства, зависимость «напряжение сжатия – осадка» описывается уравнениями (11) и (14).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шило, И.Н. закономерности уплотнения почвы под воздействием колес сельскохозяйственных машин / И. Н. Шило, Н. Н. Романюк, А. Н. Орда, В. А. Шкляревич, А. С. Воробей // Агропанорама. – 2016. – № 2.– С. 2-8.

2. Романюк, Н. Н. Снижение уплотняющего воздействия на почву вертикальными вибродинамическими нагрузками пневмоколесных движителей: дис. … канд. техн. наук: 05.20.03; 05.20.01 / Н. Н. Романюк; Белор. гос. аграр. техн. ун-т.– Минск, 2008. – 206 с.

3. Орда, А. Н. Свойства почвы и их изменение под воздействием ходовых систем почвообрабатывающих машинно-тракторных агрегатов / А. Н. Орда, А.С. Воробей, В. А. Шкляревич // Инженерный вестник. – 2008. – №1 (25). – С. 68-73.

4. Орда, А. Н. Эколого-энергетические основы формирования машинно-тракторных агрегатов: автореф. дис. … д-ра техн. наук: 05.20.03 / А. Н. Орда; Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – Минск, 1997. – 36 с.

5. Кацыгин, В. В. Основы теории выбора оптимальных параметров мобильных сельскохозяйственных машин и орудий / В. В. Кацыгин // Вопросы сельскохозяйственной механики. – Минск: Сельхозгиз БССР. – 1964.– Т. 13. – С. 5-147.

6. Кулен, А. Современная земледельческая механика / А. Кулен, Х. Купперс. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 350 с.

7. Кацыгин, В. В. Сопротивление почв при воздействии ходовых систем / В. В. Кацыгин, А. Н. Орда // Взаимодействие ходовых систем с почвогрунтами: тезисы докладов научн.-практич. конф.– Минск. – 1980. – С. 3-5.

8. Кацыгин, В.В. Почвощадящие ходовые системы / В. В. Кацыгин, А. Н. Орда // Тягово-энергетические мобильные средства для сельскохозяйственного производства. – Минск, 1985. – С. 16-27.

9. Орда, А.Н. Закономерности деформирования почв под воздействием колес сельскохозяйственных машин / А. Н. Орда, В. А. Шкляревич, А. С. Воробей // Весці НАН Беларусі (серыя аграрных навук). – 2015.– № 1.– С. 98-104.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 20.03.2018

УДК 631.22.018

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ДРУГИЕ СВОЙСТВА ЖИДКОГО НАВОЗА ПРИ ЕГО НАКОПЛЕНИИ, ХРАНЕНИИ И УДАЛЕНИИ ИЗ КАНАЛОВ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

И.И. Скорб,
ст. преподаватель каф. технологий и механизации животноводства БГАТУ

А.М. Волк,
доцент каф. высшей математики БГТУ, канд. техн. наук, доцент

Рассмотрены реологические характеристики и другие свойства жидкого навоза при его накоплении, хранении и удалении из каналов гидравлических систем.

Ключевые слова: накопление, хранение, жидкость, осаждение, осадок, вязкость, дисперсная фаза.

Rheological characteristics and other properties of liquid manure when accumulating, storing and removing it from the channels of hydraulic systems are considered.

Keywords: accumulation, storage, liquid, precipitation, sediment, viscosity, dispersed phase.

Введение

Гидравлические системы удаления навоза в последние годы получают все большее распространение как наиболее простые и надежные в эксплуатации, позволяющие отказаться от применения трудоемких ручных операций и полностью автоматизировать технологический процесс, связанный с удалением и переработкой бесподстилочного навоза.

Применение гидравлических систем уборки навоза периодического действия позволяет сократить трудовые и материальные затраты на 10…30 % по сравнению с механическими средствами уборки. Удельная металлоемкость гидравлических систем уборки и транспортировки навоза в 4...6 раз меньше, а удельные капиталовложения на одно скотоместо ниже на 30…40 % по сравнению с механическими способами.

С началом применения гидравлических способов уборки навоза связаны исследования реологических и физико-механических свойств жидкого бесподстилочного навоза.

Основная часть

Основными факторами, определяющими процессы накопления и истечения навоза из каналов и их параметры, а также параметры и режимы оптимального функционирования гидротранспорта, являются: предельное напряжение сдвига и динамическая вязкость [1].

Главными параметрами самотечного канала являются: длина, ширина и глубина. Длину и ширину канала задают преимущественно конструктивно. В большинстве случаев она не превышает 50 м. Ширину каналов принимают преимущественно 0,8…1,2 м для свинарников и 0,8...1,5 м для коровников, глубину – 0,7...1,3 м. Минимальная глубина продольного канала самотечной системы периодического действия для крупного рогатого скота и свиней, которых содержат в групповых станках, составляет 0,8 м [2].

В канале, не перекрытом порожком или шиберной заслонкой, навозная масса накапливается до такой высоты, при которой статическое давление не превышает силу сопротивления массы, процесс истечения ее начинается при значительном увеличении высоты слоя, т.е. при переходе потенциальной энергии в кинетическую [1].

Ученый В.В. Гордеев вывел уравнение высоты слоя навоза h_c, находящегося в равновесном состоянии [3]:

$$h_c = \sqrt{\frac{LB\tau_0}{(k_1 B\rho g - 2k_2\tau_0)}}\,, \qquad (1)$$

где L −длина канала, м;

B − ширина канала, м;

k_1 − коэффициент гидростатического давления (k_1=0,333);

k_2 − относительная длина канала, ($k_2=L/B$);

ρ − плотность навоза, кг/м^3.

В полученном уравнении произведение $k_1B\rho g$ определяет удельную гидростатическую силу движения, $2k_2\tau_0$ – силу сопротивления сдвигу навоза в вертикальных плоскостях, $LB\tau_0$ – силу сопротивления движению навоза в горизонтальной плоскости. Уравнение описывает статическое состояние навоза в канале до начала движения (непрерывный режим) или после окончания (периодический режим). Для определения начала движения навоза по каналу определена [3] толщина приращения слоя навоза Δh, которая составила 0,02-0,05 м. Высота слоя в начале канала определяется по формуле:

$$h = h_c + \Delta h\,. \qquad (2)$$

Знание высоты слоя в начале канала, определяемой по этому выражению, обеспечивает стабильное удаление навоза из навозоприемного канала. Глубину канала с горизонтальным и наклонным дном соответственно можно определить по формулам:

$$H_Г = h_c + \Delta h + h_{зап}; \quad (3)$$

$$H_Н = h_c + \Delta h + Li + h_{зап}, \quad (4)$$

где $h_{зап}$ − расстояние между решетчатым полом и максимальным уровнем навоза (0,25-0,3 м);

i − уклон дна канала (i = 0,005…0,02).

Ширину самотечного канала B можно рассчитать из условия [2]:

$$B \geq L_ж - (A + D), \quad (5)$$

где $L_ж$ − длина животного, м;

A − ширина цельной бетонной полосы между кормушкой и каналом удаления навоза, м (для свиней 0,2-0,3 м);

D − ширина той части кормушки, которую занимает голова животного во время поедания корма, м (ее можно принять равной 2/3 всей ширины кормушки).

Подача самотечного канала $Q_{ск}$ определяется:

$$Q_{ск} = 3600 F_c \vartheta, \quad (6)$$

где F=0,8F; F − площадь поперечного сечения канала, $м^2$;

ϑ − скорость движения навоза в канале, м/с.

При самотечном способе уборки навоза периодического действия высота гидрозатвора (шиберной заслонки) определяется глубиной канала [3], т.е.

$$H_0 \leq H_{зат} \leq H_k,$$

где $H_{зат}$ −высота гидрозатвора (шиберной заслонки), м.

$H_к$ − высота канала, м.

За показатель эффективности работы самотечной системы принимают коэффициент надежности функционирования каналов $\eta_к$, представляющий собой отношение объема навоза $V_{ост}$, оставшегося в канале после истечения, к объему навоза, попавшего в канал за период эксплуатации $V_{полн}$, т.е. со дня постановки животных до их вывода или очистки канала.

Если принять, что $V_{ост} = H_s LB$ и $V_{полн} = H_0 LB$, то $\eta_к = 1 - V_{ост} / V_{полн}$ или $\eta_к = 1 - H_s / H_0$,

где H_s − высота слоя навозной массы, оставшейся в канале, м

$$H_s = (\tau_{ост} L + \sqrt{\tau_{ост}^2 L^2 + 2\tau_{ост} L \rho g B^2} / \rho g B), \quad (7)$$

где $\tau_{ост}$ − предельное напряжение сдвига, $\tau_{ост} \approx (0,3...0,35)\tau_{max}$.

Движение навозной массы в канале прекратится при достижении предельного напряжения сдвига равновесного значения $\tau_{ост}$ [4].

При решении ряда технических задач, связанных с использованием жидкого навоза, необходимо знать закономерности его движения [5].

К жидкому навозу с достаточной степенью приближения может быть применена теория Бингама. Согласно этой теории, пластичные тела могут характеризоваться двумя константами – предельным напряжением сдвига τ_0 и коэффициентом динамической вязкости η.

Реологические параметры τ_0 и η жидкого навоза определяются двумя методами: вискозиметрии и по анализу потерь напора в трубах (опытных установках).

Жидкий навоз обладает аномалией вязкости, а именно: η зависит от скорости вращения ротора (рис. 1) [5].

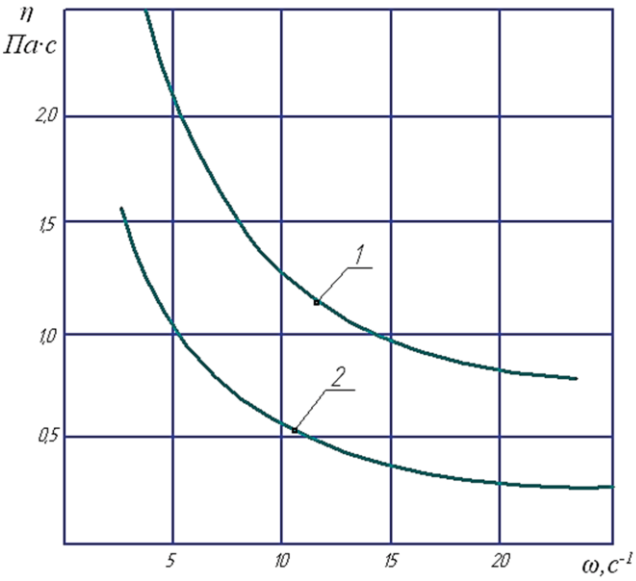


Рис. 1. Зависимость коэффициента динамической вязкости от угловой скорости ротора вискозиметра: 1 – навоз крупного рогатого скота (С=14%, t=4°С); 2 – навоз свиной (С=5.5%. t=0°С)

Анализ данных иточника [5] показывает, что изменение концентрации сухого вещества C влияет на вязкость и предельное напряжение сдвига жидкого навоза. Вязкость навоза крупного рогатого скота увеличивается в среднем в 24,1 раза с возрастанием C от 5 до 16 %, а свиного навоза – в 5,9 раза. Предельное напряжение сдвига при этом изменяется в 67,2 раза для навоза крупного рогатого скота и в 38,7 раза для свиного навоза. С увеличением температуры жидкого навоза происходит снижение как τ_0, так и η. Изменение температуры от 0° до 20° вызывает уменьшение τ_0 в среднем в 2 раза для навоза крупного рогатого скота и в 2,5 раза для свиного навоза, η при этом уменьшается в 2,4 раза и в 2 раза соответственно. Вязкость свиного навоза и навоза крупного рогатого скота при содержании сухого вещества до 8 % примерно одинакова. Однако при дальнейшем увеличении содержания сухого вещества у навоза КРС происходит интенсивное возрастание η, в то время как для свиного растет медленно. Предельное напряже-

ние сдвига свиного навоза во всех случаях ниже, чем у навоза КРС. Такое поведение τ_0 и η во многом объясняется разным гранулометрическим составом навоза КРС и свиней. Решающее влияние на реологические параметры имеют частицы, размером меньше 0,1 см. У навоза крупного рогатого скота их содержание доходит до 20 %, у свиного – не более 10 % частиц. При детальном анализе жидкого навоза в его составе обнаруживается также большое количество частиц коллоидной и молекулярной дисперсии. Характерным для жидкого навоза является то, что твердые и мелкие частицы имеют, так называемые, водные (сольватные) оболочки. Водные оболочки как бы прорастают друг в друга, в результате чего образуется структура, в которой твердые частицы оказываются связанными друг с другом дисперсионной жидкой фазой, содержащей растворимые соли, сырой жир, белковые вещества, придающие навозу свойства клейковидной многофазной дисперсной системы органического происхождения. Чем выше консистенция навоза и чем мельче частицы, тем прочнее структурные связи.

Динамическая вязкость η дисперсной фазы зависит от температуры (рис. 2) [5].

Из графика видно, что дисперсная фаза навоза КРС имеет значительно (в среднем в 2 раза) большую динамическую вязкость. Уменьшение вязкости и предельного напряжения жидкого навоза с увеличением температуры объясняется увеличением в нем газовых включений в связи с повышением брожения. Газовые оболочки между частицами жидкого навоза резко снижают и τ_0 и η.

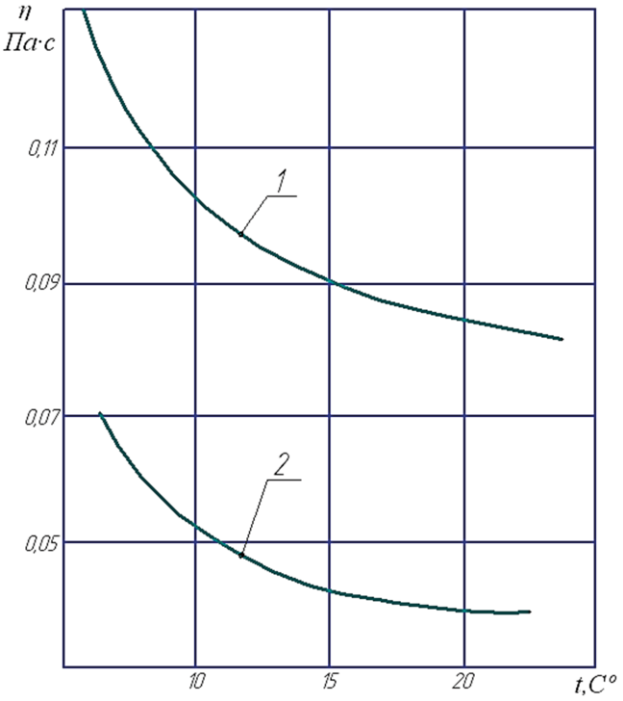


Рис. 2. Зависимость динамической вязкости от температуры дисперсной фазы:
1 – навоз крупного рогатого скота; 2 – свиной навоз

С увеличением влажности жидкого навоза значение η приближается к вязкости воды при данной температуре, то есть кривая $\eta = f(C)$ стремится к оси абсцисс. Предельное напряжение сдвига жидкого навоза в смеси с водой начинает проявляться только при некоторой концентрации в ней сухого вещества (C=3-4 %).

Жидкий навоз довольно медленно отдает свободную воду. Увеличение количества воды, добавляемой в процессе уборки навоза, приводит к более интенсивному расслоению массы, а наличие остатков кормов в навозе замедляет процессы осаждения, и тем более, чем выше их содержание.

В результате многочисленных исследований, установлено, что влажность бесподстилочного навоза крупного рогатого скота и свиней зависит от вида, возраста и пола животных, способов их содержания, кормления и составляет 70…91,5 % [6-13] и 82-91 % [8, 9, 14-20] соответственно.

Некоторые авторы утверждают, что влажность свиного навоза не зависит от рациона [14, 15].

Плотность жидкого навоза при различных типах содержания и кормления КРС и изменении влажности от 84 до 94 % составила 993…1300 кг/м^3, сухого вещества – 1250…1350 кг/м^3. Плотность навоза КРС меньше плотности свиного навоза [9, 21-28].

Многочисленными исследованиями установлено, что плотность свиного навоза изменяется в зависимости от влажности в пределах 1013…1400 кг/м^3, а плотность сухого вещества навоза составляет 1800 кг/м^3 и 1208…1320 кг/м^3 [8, 10, 14, 15, 18-20, 26, 29].

Исследованиями многих ученых установлено, что гранулометрический состав свиного навоза зависит от рациона кормления и места приготовления корма [6, 11, 19, 25, 27, 30, 31].

Исследования гранулометрического состава показали, что в свином навозе, при концентратном типе кормления, частиц размером 0,5 мм и меньше содержится более 50 %, в навозе КРС частиц размером до 0,5 мм – около 50 %, частиц размером от 3 до 10 мм – около 30 % [4].

По данным Н.М. Марченко и других авторов, средневзвешенная длина включений в навозе КРС составляет 2,2 мм, частиц длиной более 10 мм – не более 0,8 % [32].

С.Д. Дурдыбаевым установлено, что в навозе КРС содержится более 55 % частиц размером до 0,25 мм, в свином навозе – около 58 % частиц размером 0,25…1,0 мм [33].

Во время хранения жидкого навоза происходят сложные биофизико-химические процессы, вызывающие изменения состава его по глубине. Интенсивность этих процессов зависит от вида навоза, его состояния, условий хранения, погодных условий и т.д.

Жидкий навоз при хранении подвержен расслаиванию (разделению), которое обусловлено разной плотностью жидкой и твердой фракций. Так, исследованиями В.И. Якубаускаса установлено, что жидкий бесподстилочный навоз во время длительного

хранения расслаивается на верхний слой влажностью 73…78 %, высотой до 0,7 м, средний слой влажностью 92…96,5 % – до 1 м и нижний слой – осадок влажностью 87…88,9 % до 0,5 м [8].

Навоз крупного рогатого скота имеет меньший удельный вес, содержит больше (примерно в пять раз) коллоидов, чем свиной, поэтому расслаивается медленнее.

Верхний слой представляет собой рыхлую массу из подстилки, остатков корма и волокнистой части твердых выделений животных. Нижний слой включает остатки корма, песок, ил, образуемый тяжелыми частицами твердых выделений животных. Замечено, что свиной навоз склонен образовывать очень плотный осадочный слой (рис. 3). Между верхним и нижним слоями находится более однородный средний слой, почти не содержащий твердых и волокнистых включений [5].

Наиболее интенсивно процесс разделения протекает в первые 10 дней хранения (рис. 4) [5].

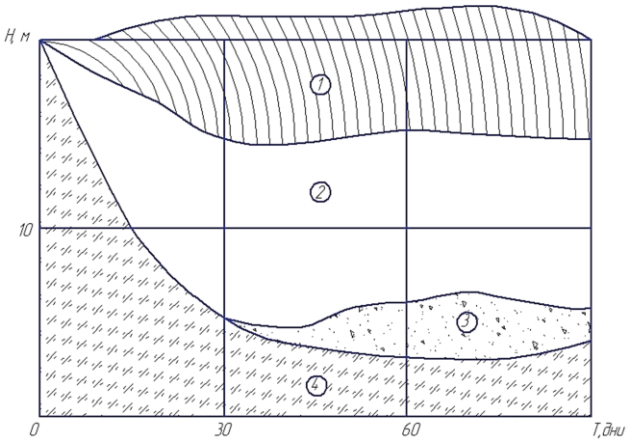


Рис. 3. Характер расслоения жидкого свиного навоза по глубине H в зависимости от продолжительности хранения: 1 - густой слой; 2 - жидкая часть навоза; 3 - полужидкий слой; 4 - полугустой слой

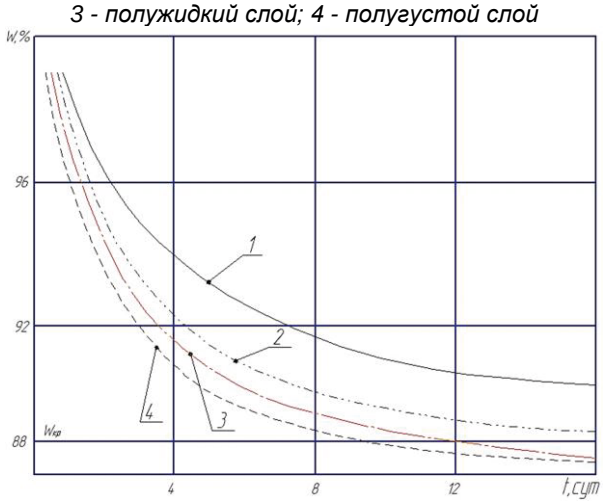


Рис. 4. Изменение влажности навоза крупного рогатого скота по глубине залегания в хранилище при различных сроках хранения: 1 - 0-25 см; 2 - 50 см; 3 - 100 см; 4 - 170 см

У свиного навоза осадок имеет плотность 1120...1180 кг/м^3, а у навоза крупного рогатого скота – 1050...1090 кг/м^3. По данным источника [5], влажность осадка навоза крупного рогатого скота составляет 83-86 %, свиного навоза – 78-84 %, влажность среднего слоя – 94-98 %.

С увеличением срока хранения по мере разложения навоза происходит некоторое изменение в толщине слоя. Нижний и верхний слои несколько уменьшаются, а средний увеличивается. Наиболее быстро процесс протекает в более жидком навозе. У такого навоза имеются более резкие переходные зоны между слоями.

По агротехническим требованиям разность влажности жидкого навоза при вывозке по высоте резервуара не должна превышать 2-3 %. Установлено, что после 2…3 часов разница влажности между слоями превышает норму агротехнических требований. Следовательно, в период хранения и использования жидкий навоз необходимо гомогенизировать через определенные промежутки времени.

Осаждение твердых частиц в свином навозе начинается при влажности выше 88 % [15]. Наибольшая скорость осаждения происходит по одним источникам в первые 15…20 минут, по другим – в течение 2…3 часов и заканчивается через 3…6 суток [27].

Наиболее интенсивно свиной навоз расслаивается при влажности 90 % и выше, а навоз крупного рогатого скота – при влажности более 91 % [5].

При исследовании физико-механических свойств свиного навоза получены уравнения для определения количества частиц, выпавших в единицу времени в осадок [34]:

$$G_0 V = 0,84(100 - W), \qquad (8)$$

где G_0 −масса взвешенных частиц в единице объема, г/см^3;

V −объем, м^3;

W −влажность исходного навоза, %.

При разделении жидкого навоза в цилиндрических отстойниках Н.М. Лукашевич [2] использовал понятие эффект осветления суспензии Э, который показывает на сколько снизилось содержание взвешенных (твердых) веществ в жидкой фракции $G_В$, и высчитывается в % к содержанию их в выходной массе $G_Г$:

$$Э = \frac{G_Г - G_В}{G_Г} 100. \qquad (9)$$

Чем выше величина эффекта осветления, тем меньше в жидком навозе взвешенных веществ.

На скорость осаждения частиц влияют их размеры, влажность и температура [35, 36, 37].

Интенсивное осаждение частиц происходит в течение часа и заканчивается через 4 часа (рис. 5) [35, 36]. С повышением влажности, температуры и увеличением размеров частиц скорость осаждения повышается [37]. В зависимости от размеров частиц скорость их осаждения составляет (1,5…5,2)10^{-2} м/с [35, 37].

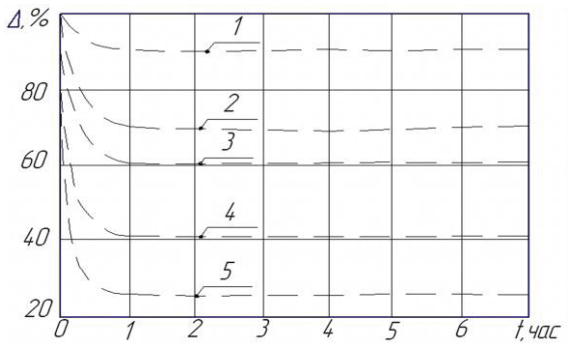


Рис. 5. График осаждения твердой фракции свиного навоза при различной влажности: 1 - при W=90 %; 2 - при W=92 %; 3 - W=94 %; 4 - W=96 %; 5 - W=98 %

Рассмотрим процесс осаждения твердой частицы навоза после перемешивания в канале гидравлической системы периодического действия под воздействием силы тяжести, которая является движущей силой процесса осаждения. Принимаем, что частицы имеют сферическую форму диаметра d, плотность ρ_T, объем V_T и массу m. Скорость частицы $\vec{\vartheta}$ по направлению совпадает с силой тяжести $\vec{G}$. При движении частицы на нее действует выталкивающая сила Архимеда $\vec{F}_A$ и сила сопротивления среды (сила Стокса) $\vec{F}_C$.

Напишем в декартовой системе координат уравнения движения твердой частицы в жидкости под воздействием силы тяжести [38]

$$m\frac{d\vec{\vartheta}}{dt} = \sum \vec{F}_i = \vec{G} + \vec{F}_C + \vec{F}_A . \qquad (10)$$

Спроецировав на ось y (рис. 6), получим:

$$m\frac{d\vartheta_y}{dt} = G - F_C - F_A . \qquad (11)$$

Рассмотрим силы, входящие в уравнение движения (11).

Сила тяжести:

$$G = mg = \frac{\pi d^3}{6}\rho_T g \ , \qquad (12)$$

где d – диаметр частицы, м;
ρ_T – плотность частицы, кг/м^3;
m – масса частицы, кг.

Сила Архимеда:

$$F_A = \rho_Ж V_T g = \frac{\pi d^3}{6}\rho_Ж g \ , \qquad (13)$$

где V_T – объем частицы, м^3.

Сила гидродинамического сопротивления среды, отнесенная к поперечному сечению, сила Стокса:

$$F_c = \varphi\frac{\pi d^2}{4}\cdot\frac{\vartheta^2}{2}\rho_Ж , \qquad (14)$$

где φ – коэффициент гидравлического сопротивления среды.

При условии постоянства скорости осаждения уравнение (11) примет вид:

$$G - F_C - F_A = 0 .$$

Подставляя выражения для действующих сил, получим:

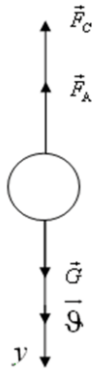


Рис. 6. Схема сил, действующих на частицу

$$\varphi\frac{\pi d^2}{4}\cdot\frac{\vartheta^2}{2}\rho_Ж = \frac{\pi d^3}{6}\rho_T g - \frac{\pi d^3}{6}\rho_Ж g . \qquad (15)$$

Отсюда получаем скорость осаждения:

$$\vartheta = \sqrt{\frac{4d(\rho_T - \rho_Ж)g}{3\varphi\rho_Ж}} . \qquad (16)$$

Коэффициент сопротивления φ зависит от числа Рейнольдса:

$$\mathrm{Re} = \frac{\vartheta d \rho_Ж}{\mu} .$$

Выполненные расчеты показывают, что режим является переходным ($2 < \mathrm{Re} < 500$). В данном случае коэффициент сопротивления будет:

$$\varphi = \frac{18,5}{\mathrm{Re}^{0,5}} .$$

Время осаждения:

$$t = b / \vartheta , \qquad (17)$$

где b – высота слоя жидкого навоза

Рассчитаем скорость и время осаждения твердых частиц различного диаметра. Плотность твердой частицы принимаем равной 1120 кг/м^3, а динамическую вязкость жидкости – 0,0001 Н·с/м^2. Результаты вычислений приведены в таблице 1.

Таблица 1. Скорость и время осаждения частиц различного диаметра

d, мм	0,5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
ϑ, м/с	0,01	0,02	0,03	0,041	0,051	0,061	0,071	0,081	0,091	0,102
Re	5,6	22,4	50,4	91,8	142,8	208,4	282,2	362,9	458,6	572,2
t, с	100	50	33,3	24,6	19,7	16,34	14,0	12,32	10,9	9,8

Заключение

Знание реологических характеристик и других свойств жидкого навоза при его накоплении и хранении в каналах гидравлических систем позволяет выбирать соответствующие технические средства для осуществления транспортировки, хранения и переработки, способствуя оптимальному функционированию систем и получению навоза хорошего качества. В статье определена скорость осаждения частиц различного диаметра в жидком навозе и время осаждения, знание которых позволяет оптимизировать функционирование гидравлических систем уборки навоза при решении технических задач, связанных с удалением жидкого навоза из гидравлических каналов таких систем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сарычев, П. П. Исследование процесса обезвоживания жидкого навоза / П.П. Сарычев, В.П. Капустин // Науч.-техн. бюллетень по электрификации сельского хозяйства. – М.: ВИЭСХ. – 1977. – Вып. 1 (31). – С. 33 -38.

2. Лукашевич, Н.М. Механизация уборки, переработки и хранения навоза и помета: учеб. пос. / Н.М. Лукашевич. – Мозырь: Белый Ветер, 2000. – 248 с.

3. Гордеев, В.В. Параметры и режимы работы универсальной самотечной системы удаления навоза из свинарников: автореф. дис. канд. техн. наук: В.В. Гордеев. – Л: Пушкин, 1989. – 18 с.

4. Капустин, В.П. Совершенствование систем уборки и транспортировки бесподстилочного навоза / В.П. Капустин. – Тамбов: ТГТУ, 2001. – 122 с.

5. Назаров, С.И. Механизация и внесение органических удобрений: учеб. пос. для с.-х. вузов по специальности «Механизация животноводства» / С.И. Назаров, В.А. Шаршунов. – Мн.: Ураджай, 1993. – 296 с.

6. Лер, Р. Переработка и использование сельскохозяйственных отходов: пер. с англ.; под. ред. А.Н. Шамко. – М.: Колос, 1979. – 415 с.

7. Семенов, М.Я. Бесподстилочный навоз и его использование для удобрения / М. Я. Семенов. – М.: Колос, 1978. – 271 с.

8. Якубаускас, В. И. Технологические основы механизированного внесения удобрений / В.И. Якубаускас. – М.: Колос,1973. – 231 с.

9. Берглунд С., Анианссон Г., Экесбу И. Транспортировка жидкого навоза: пер. со швед.; под ред. И. Ф. Ромашкевича. М.: Колос, 1962. – 183 с.

10. Бакулов. Обеззараживание навозных стоков в условиях промышленного животноводства / И.А. Бакулов, В.А. Кокурин, В.М. Котляров. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 126 с.

11. Вороневскнй, С. И. Механизация удаления и утилизации навоза на животноводческих фермах Молдавской ССР / С.И. Вороневский, А.Т. Перекрестов, Л.С. Полонский. – Кишинев: МолдПИИНТИ, 1974. – 62 с.

12. Сизов, В. Д. О критерии подобия при движении навозной массы в самотечной системе / В.Д. Сизов, Е.Е. Хазанов // Науч. тр. НИПТИМЭСХС., 1970. – Вып. 6. – С. 141 -143.

13. Марченко, Н.М. Технологические и научно-технические решения проблемы рационального применения органических удобрений в условиях интенсивного земледелия: автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.20.01 / Н.М. Марченко. – М., 1991. – с.

14. Голушко, А. С. Исследование линейных и местных сопротивлений в навозопроводах на свиноводческих фермах: автореф. … дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / А.С. Голушко – М., 1969. – 31 с.

15. Николаенков, А.И. Исследование и обоснование перспективной системы удаления навоза на свиноводческих фермах и комплексах в условиях БССР: автореф. … дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / А.И. Николаенков. – Минск, 1977. – 20 с.

16. Личман, Г. И. Исследование процесса движения навоза по напорным трубопроводам с целью обоснования их параметров и режимов транспортирования: автореф. … дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / Г.И. Личман. – М., 1975. – 27 с.

17. Максимовеский, Н. С. Методы очистки сточных вод свиноферм / Н.С. Максимовеский // Опыт проектирования, строительства и эксплуатации систем удаления, переработки и утилизации навоза на животноводческих комплексах: тезисы доклада к Всесоюз. совещанию-семинару, Москва, 13-17 мая 1973 г. – М., 1973. – С. 20-21.

18. Чиненова О. Д. Исследование и обоснование оптимальных параметров системы непрерывного удаления навоза из свинарников: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.01. – М., 1979. – 18 с.

19. Бацанов, И. Н. Уборка и утилизация навоза на свиноводческих комплексах / И.Н. Бацанов, И.И. Лукьяненко. – М.: Россельхозиздат, 1977. – 160 с.

20. Рекомендации по устройству и эксплуатации самотечной н смывной систем удаления навоза на свинарниках / И.И. Лукьяненков [и др.] М.: Россельхозиздат, 1973. – 48 с.

21.Яли, И. И. Исследование коэффициента трения навоза / И.И. Яли // Вопросы механизации и электрификации: Киев: УНИИМЭСХ. – 1962. – Т. – 4. – С. 18-23.

22. Письменов, В. Н. Уборка, транспортировка и использование навоза / В.Н. Письменов. – М.: Россельхозиздат, 1975. – 200 с.

23. Утилизация навоза на фермах промышленного типа / И.И. Кузьменко [и др.]. – Киев: Урожай. – 104 с.

24. Физико-механические свойства жидкого бесподстилочного навоза / В.М. Верховский [и др.] // Научные основы механизации внесения органических удобрений. – М., 1974. – С. 50-54.

25. Мельников, С. В. Гидравлический транспорт в животноводстве / С.В. Мельников, В.В. Калюга, Ю.К. Сафронов. – М.: Россельхозиздат, 1976. – 187 с.

26. Ковалев Н. Г., Глазков И. К. Проектирование систем утилизации навоза на комплексах. М.: Агропромиздат, 1989. – 160 с.

27. Лукьяненков, И. И. Перспективные системы утилизации навоза (в хозяйствах Нечерноземья) / И.И. Лукьяненко. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 176 с.

28. Рекомендации по проектированию и эксплуатации гидравлических систем уборки навоза на фермах КРС / И.И. Лукьяненков [и др.]. – М.: Россельхозиздат, 1975. – 27 с .

29. Мелер, Х. Постройки и оборудование для содержания КРС: пер. с нем.; под ред. В. С. Алимова. – М.: Колос, 1974. – 560 с.

30. Обоснование, исследование и совершенствование оптимальных способов и технических средств для уборки, обработки и транспортировки навоза на молочных (КРС) и свиноводческих промышленных комплексах, применительно к зоне ЦЧО: отчет о НИР (заключительный) / Тамбовский филиал ВИ'ЭСХ; рук. темы В.П. Капустин. – Тамбов, 1980. – 125 с. – № ГР 7707912.

31. Линник, Н.К. Исследование свойств фракций жидкого навоза / Н.К. Липник, И.М. Шкодкин, Н.Г. Ковалев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1986. – № 12. – С. – 32-33.

32. Марченко, Н.М. Механизация внесения органических удобрений / Н.М. Марченко, Г.И. Личман, А.Е. Шебалин. – М.: Агропромиздат, 1980. – 207 с.

33. Дурдыбаев, С.Д. Утилизация отходов животноводства и птицеводства: обзор / С.Д. Дурдыбаев, В.С. Данилкина, В.П. Рязанцев. – М.: Агропромиздат, 1989. – 56 с.

34. Марченко, П.М. Основные вопросы теории расчета движения жидкого навоза / П.М. Марченко, Г.И. Личман // Научные основы механизации внесения и приготовления удобрений. М.: Колос. – 1974. – С. 17-49.

35. Обоснование, исследование и совершенствование оптимальных способов и технических средств для уборки, обработки и транспортировки навоза на молочных (КРС) и свиноводческих промышленных комплексах, применительно к зоне ЦЧО: отчет о НИР (заключительный) / Тамбовский филиал ВИЭСХ; руководитель темы В.П. Капустин. – Тамбов, 1976. – 152 с. – № ГР 7707740.

36. Капустин, В. П., Саяпин В. А, Дудышев Е. С. Исследование расслаивания и скорости осаждения свиного навоза / В.П. Капустин, В.А. Саяпин, Е.С. Дудышев // Механизация и автоматизация животноводческих ферм: крат. тез. докл. конф. Тамбов, 1974. – Ч. 2. – С. 98-100.

37. Рекомендации по расчету и применению поточных технологических линий уборки, обработки и транспортировки жидкого навоза на животноводческих комплексах / В.П. Капустин [и др.]. – Тамбов, 1980. – 64 с.

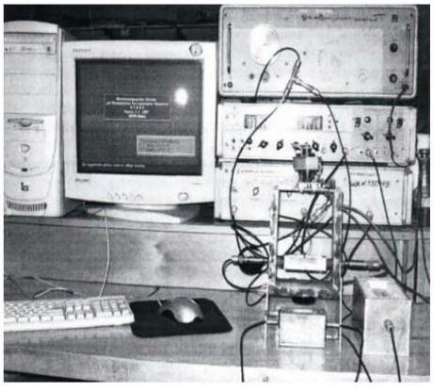
38. Соу, С. Гидродинамика многофазных систем / С. Соу. – М.: Мир, 1971. – 536 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 22.05.2017

Информационная измерительная система для измерений физических, геометрических, структурных характеристик материалов

Предназначена для исследования и тестирования состояния материалов и сред на основе анализа закономерностей параметрического воздействия изменяющихся во времени характеристик на частотно-фазовые соотношения зондирующих акустических и электрических колебаний.

Измерительная система успешно применена для изучения свойств и состояния магнитных и немагнитных металлов, полимерных композитов, включая кинетику их перехода к твердому состоянию.



Основные технические данные

Измеряемая величина	Диапазон измерения	Погрешность
Электрическая емкость	20... 1000 пФ	$3\cdot10^{-2}$ пФ
Индуктивность	10...1000 мкГн	$3\cdot10^{-2}$ мкГн
Удельная электрическая проводимость	10^{5}...$5\cdot10^{7}$ См/м	10^{-3} См/м
Диэлектрическая проницаемость	1...20	10^{-3}
Избыточная температура	100…500 К	10^{-3} К
Относительные изменения скорости ультразвука	300...6000 м/с	10^{-5}
Малые перемещения	0…1 мм	1 мкм

УДК 629.365:658.345

ДЕМПФИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ ЖИДКОСТИ В ЦИСТЕРНЕ ПРИМЕНЕНИЕМ ПОДВИЖНЫХ ПЕРЕГОРОДОК С УПРУГИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

В.Я. Тимошенко,
доцент каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

П.Н. Логвинович,
доцент каф. физики БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Г.И. Кошля,
ассистент каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ

В статье рассмотрены вопросы безопасности перевозки жидкостей в цистернах и пути совершенствования их конструкций.
Ключевые слова: цистерна, транспортное средство, перевозка жидких грузов.

The article deals with the safety of transportation of liquids in tanks and ways to improve their designs.
Keywords: tank, vehicle, transportation of liquid cargo.

Введение

В сельском хозяйстве для перевозки молока, химических удобрений, нефтепродуктов и других жидкостей используются автоцистерны. Для выполнения технологических операций по внесению жидких удобрений и обработке сельскохозяйственных культур используются прицепные емкости. Особенность использования последних состоит в том, что при их полном первоначальном заполнении они опорожняются постепенно, что приводит к увеличению амплитуды и частоты колебаний жидкости и в конечном счете к увеличению вероятности их опрокидывания, особенно при работе на склонах.

При перевозке жидких грузов имеют место аварии, приводящие не только к экономическим потерям, но и человеческим жертвам [1]. Случаются они вследствие несовершенства конструкций цистерн, в которых отсутствуют эффективные средства гашения инерционных сил жидкости, возникающих при торможении, трогании с места и поворотах транспортных средств.

Целью настоящей работы является анализ конструкций цистерн и обоснование их конструкции, обеспечивающей безопасность перевозки жидкостей.

Основная часть

Жидкости при нагревании значительно расширяются, поэтому при загрузке их в резервуар оставляется свободное пространство, что позволяет избежать разрывов оболочек их котлов. Так как различные жидкости расширяются по-разному, то уровень заполнения цистерн зависит от вида перевозимой жидкости [1]. При транспортировке частично заполненной цистерны возникают колебания жидкости, что приводит к существенному снижению продольной и поперечной устойчивости и управляемости транспортного средства. Влияние перемещения жидкости в цистерне на динамику транспортного средства существенно растет при увеличении веса транспортного средства и его размеров [2].

Встречающиеся при эксплуатации цистерн случаи аварий приводят к значительному ущербу для окружающей среды, связанному с утечкой перевозимых токсичных грузов.

Цистерны без устройств для гашения колебаний жидкости отличаются большими перемещениями центра масс груза в резервуаре. Это приводит к значительным продольным гидродинамическим нагрузкам, действующим на днища. С целью снижения этих нагрузок внутри цистерн устанавливают перегородки, как проницаемые, так и непроницаемые [2]. Однако возникающие в результате колебаний жидкости инерционные силы бывают настолько значительными, что имели место разрывы котлов цистерны в местах крепления к ним перегородок.

Представленные обзорные исследования показывают необходимость изучения механизма колебаний жидкости в цистерне и обоснования конструкции устройства для их демпфирования и его параметров.

Авторами публикации предложены новые технические решения, которые позволяют существенно снизить влияние колеблющейся жидкости, как на устойчивость движения цистерн, так и на нагруженность их резервуаров.

Белорусский государственный аграрный технический университет является обладателем патента на изобретение [3], в котором предложено демпфировать колебания жидкостей, возникающих при переходных режимах движения цистерн, путем использования специального устройства, устанавливаемого в резервуаре цистерны (рис. 1).

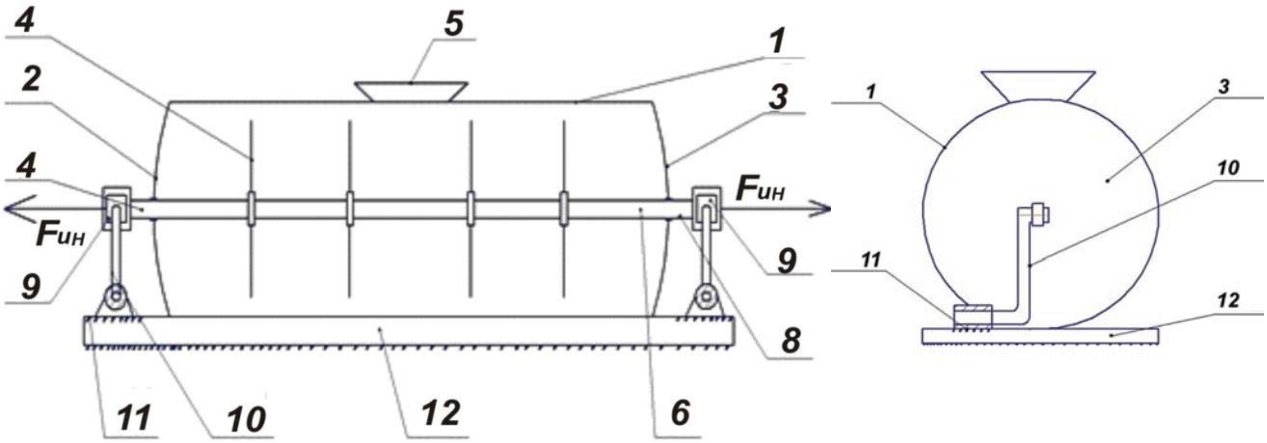


Рис. 1. Цистерна для перевозки жидких грузов: 1 – котел; 2 – переднее днище; 3 – заднее днище; 4 – поперечные перегородки; 5 – заливная горловина; 6 – продольный стержень; 7 – передний конец стержня; 8 – задний конец стержня; 9 – шарнирное соединение верхнего конца переднего торсиона с передним концом продольного вала; 10 – торсионы; 11 – жесткое соединение нижних концов торсионов с платформой транспортного средства; 12 – платформа

Суть предложения состоит в установке внутри цистерны подвижных перегородок, связанных между собой единым стержнем, выходящим наружу и передающим возникающие силы инерции на платформу через упругие элементы (торсионы).

Устройство работает следующим образом. Возникающие силы инерции $F_н$ жидкости, залитой через горловину 5 и находящейся в котле 1, между передним 2 и задним 3 днищами, действуют на поперечные перегородки 4, жестко соединенные с продольным стержнем 6, вызывая при этом его перемещение в направлении действия сил.

Торсионы 10, верхние концы которых шарнирно соединены с концами 7 и 8 продольного стержня 6 и жестко – с платформой 12, будут воспринимать силу инерции $F_{ин}$ центра масс жидкости и передавать ее на платформу, обеспечивая тем самым эффективное ее гашение (рис. 2).

В поперечных сечениях вертикальной части торсиона возникает изгибающий момент, который передается на закрепленную с платформой горизонтальную часть торсиона и создает внешний крутящий момент $M_{кр}$

$$M_{кр} = F \cdot h \text{ [Н} \cdot \text{м]},$$

где h – длина вертикальной части торсиона.

Поскольку касательные напряжения от сдвига примерно на порядок меньше касательных напряжений от кручения [4], то вертикальную часть стержня считаем абсолютно жесткой, что позволяет пренебречь деформацией изгиба.

В поперечных сечениях горизонтальной части торсиона возникает внутренний крутящий момент

$$M_т = -C\varphi, \quad (1)$$

где $C = \dfrac{GI_p}{l}$ – модуль кручения, Н·м/рад;

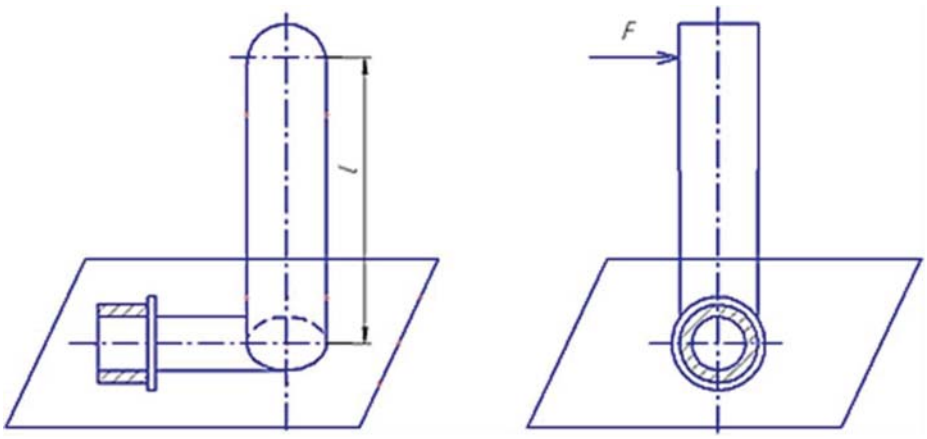


Рис. 2. Торсион (поз. 10, рис. 1), воспринимающий силу инерции центра масс перевозимой жидкости

l – длина стержня, м;

G – модуль сдвига, Н/м^2;

$I_p \approx 0{,}1D^4$ – полярный момент инерции торсиона, м^4;

D – диаметр торсиона, м;

φ – угол закручивания торсиона, рад;

Когда прекращается действие сил инерции, уравнение движение торсиона будет иметь вид:

$$J\ddot{\varphi} = -C\varphi - K\dot{\varphi}\ , \qquad (2)$$

где $-K\dot{\varphi} = M_d$ – момент демпфирования, обусловленный вязким трением в материале торсиона и в жидкости цистерны с перегородками;

K – удельный демпфирующий момент, кг·м^2/с;

J – момент инерции системы жидкость – перегородки, кг·м^2;

Разделим выражение (2) на J

$$\ddot{\varphi} + \frac{K}{J}\dot{\varphi} + \frac{C}{J}\varphi = 0 \qquad (3)$$

$$\ddot{\varphi} + 2\beta\dot{\varphi} + \omega_0^2\varphi = 0\,, \qquad (4)$$

где $\beta = \dfrac{K}{2J}$ – коэффициент демпфирования;

$\omega_0 = \sqrt{\dfrac{C}{J}}$ – частота собственных колебаний системы торсион – жидкость с перегородками.

Уравнение (4) является дифференциальным уравнением затухающих колебаний. Его решение зависит от соотношения между частотой собственных колебаний системы, которая определяется значениями модуля кручения торсиона и момента инерции жидкости с перегородками, и коэффициента демпфирования, который определяется вязкими свойствами материала торсиона и, в основном, конструкцией перегородок и вязкими свойствами жидкости.

При $\omega_0 > \beta$ происходят затухающие колебания системы, при этом колебания прекращаются тем быстрее, чем больше коэффициент демпфирования.

При $\omega_0 > \beta$ происходит апериодический процесс асимптотического возвращения системы в состояние покоя. Для такого движения необходимо, чтобы $K \geq 2\sqrt{CJ}$.

Таким образом, зная инерционные и вязкостные свойства перевозимой жидкости, предложенную конструкцию можно модифицировать в зависимости от геометрических характеристик цистерны и видов перевозимых грузов.

В предложенной конструкции цистерны значительно увеличивается коэффициент демпфирования и создается момент демпфирования, направленный против момента от сил инерции, пропорциональный скорости движения перегородок, т.е. жидкости в цистерне, т.к. момент демпфирования пропорционален скорости закручивания торсиона $M_d = -K\dot{\varphi}$.

Предложенная конструкция позволяет преобразовать кинетическую энергию транспортируемого жидкого груза в иные виды энергии, и тем самым эффективно гасить инерционные силы от колебания жидкостей по сравнению с существующими, и, в конечном счете, улучшить устойчивость и управляемость автомобильных цистерн, от которых зависит безопасность перевозок.

Заключение

1. Применение цистерн с устройством передачи инерционных сил на раму (платформу) позволит избежать аварий, часто встречающихся при использовании традиционных цистерн.

2. Предложенная конструкция цистерны за счет наличия подвижных перегородок с упругими элементами позволяет значительно снизить колебания жидкости и их воздействие на днища и котел цистерны.

3. Приведенные аналитические выражения могут использоваться для определения параметров устройства для демпфирования колебаний перевозимой жидкости.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Островский, А.М. Пути совершенствования транспортирования опасных грузов в условиях интенсификации перевозочного процесса: дис. д-ра техн. наук: 05.22.08 / А. М. Островский; Новосибирский институт инженеров железнодорожного транспорта. – Новосибирск, 1988. – 421 л.

2. Высоцкий, М. С. Динамика автомобильных и железнодорожных цистерн / М. С. Высоцкий, Ю. М. Плескачевский, А. О. Шимановский. – Мн.: Белавтотракторостроение, 2006. – 320 с.

3. Цистерна: патент 8273 Респ. Беларусь, МПК7 B 65D 88/12, B60 P 3/22 / В.Я Тимошенко, А.О. Шимановский, А.В. Новиков, Г.И. Кошля; заяв. Белорусский государственный аграрный технический ун-т. – № u 20110870; заявл. 2011.11.08; опубл. 2012.06.30.

4. Савкин, В.Н. Основы расчетов на прочность и жесткость типовых элементов транспортных средств / В.Н. Савкин, В.И. Водопьянов, О.В. Кондратьев. – Волгоград: ВолгГТУ, 2014. – С. 119.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 27.12.2017

УДК 631.636.4:636.5

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА МАШИНЫ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ НАВОЗО-КОМПОСТНЫХ СМЕСЕЙ

И.А. Шевченко,
директор Института масличных культур Национальной академии аграрных наук Украины, докт. техн. наук, профессор, чл.-кор. НААН Украины

В.И. Харитонов,
мл. науч. сотр. Института масличных культур Национальной академии аграрных наук Украины

Э.Б. Алиев,
зав. отделом Института масличных культур Национальной академии аграрных наук Украины, канд. техн. наук

В статье обоснованы рациональные конструктивно-технологические параметры машины для приготовления навозо-компостных смесей путем проведения соответствующих производственных испытаний.

Ключевые слова: органические удобрения, навозо-компостные бурты, аэрация, машина, приготовление, компост.

Rational constructive and technological parameters of the machine for the preparation of manure-compost mixtures are substantiated by carrying out appropriate production tests.

Keywords: organic fertilizers, manure-compost beads, aeration, machine, cooking, compost..

Введение

Учитывая масштабность переработки отходов животноводства, растениеводства и других органических отходов, наиболее распространенным и экономически оправданным (невысокая себестоимость и приемлемые эксплуатационные затраты) остается процесс биотермического компостирования на открытых площадках. Однако существующие машины для приготовления навозо-компостных смесей и технические средства не обеспечивают наибольшую эффективность выполнения указанного технологического процесса [1]. Поэтому механико-технологическое обоснование интенсивного биотермического процесса переработки органических отходов в искусственно созданных управляемых условиях для получения высококачественных органических удобрений и разработка соответствующих технических средств имеют народнохозяйственное значение и актуальны в настоящее время.

На основе выполненного анализа конструкций существующих машин, экспериментально-теоретического обоснования параметров и режимов их работы [2-4] авторами выбран аэратор с роторным барабанным рабочим органом. Барабанно-лопастный рабочий орган аэратора оснащен жестко закрепленными радиальными лопастями. Лопасти установлены по одной вдоль окружности барабана и образуют две винтовые линии, смещенные между собой на 180° [5, 6].

Целью настоящей работы является обоснование рациональных конструктивно-технологических параметров машины для приготовления навозо-компостных смесей путем проведения соответствующих производственных испытаний.

Основная часть

Для проведения испытаний был изготовлен опытно-экспериментальный образец аэратора компостов, общий вид которого представлен на рисунке 1.

Аэратор навозо-компостных буртов агрегатируется с трактором класса 1,4 т и устанавливается в начале бурта, после чего включается вал отбора мощности трактора для привода роторного барабана аэратора, и агрегат начинает движение вдоль бурта. При этом барабанно-лопастный рабочий орган имеет одновременно вращательное и поступательное движение вместе с агрегатом в процессе взаимодействия с буртом компостного материала. Наклонные лопасти, врезаясь в структуру компостного материала, выполняют фрезерование бурта, отделяют определенную его часть и одновременно смешивают, разрыхляют и перемещают массу с периферии бурта к центру. Позади барабана формируется новый структурированный бурт.

В ходе исследований, проведенных в Государственном научном учреждении «Украинский научно-исследовательский институт прогнозирования и испытания техники и технологий для сельскохозяйственного производства им. Л. Погорелого», использовался тензотрактор МТЗ-82, оснащенный карданным ротационным тензометрическим динамометром (КРТД) с прибором для измерения энергетических показателей на базе модуля Е14 140М [7, 8] (рис. 2).

Оцениваемые показатели определялись согласно

Рис 1. Общий вид аэратора навозо-компостных буртов: 1 – рама; 2 – опорные колеса; 3 – прицепное устройство; 4 – карданный вал; 5 – редуктор; 6 – барабанно-лопастный рабочий орган; 7 – емкость для воды; 8 – распылители

СОУ 74.3 37276: 2005 «Техника сельскохозяйственная. Машины и оборудование с приводом от двигателей внутреннего сгорания. Методы энергетической оценки» [9]. Для достоверности результатов исследований реализация измерений при скорости агрегата до 1 м/с не должна быть меньше 25 секунд.

Испытания аэратора, согласно технологическому процессу, проводились на малой скорости трактора при частоте вращения ВОМ – 540 и 1000 об/мин с барабанами диаметром 490 и 550 мм. Исследования выполнялись на компостном бурте шириной 2,7 и высотой 0,6 м с плотностью массы – 600 кг/м³. Для проведения исследований были выбраны четыре режима, которые характеризовались изменением частоты вращения ВОМ и диаметра барабана:

– режим 1 – 1000 об/мин. при диаметре барабана 490 мм;

– режим 2 – 540 об/мин. при диаметре барабана 490 мм;

– режим 3 – 540 об/мин. при диаметре барабана 550 мм;

– режим 4 – 1000 об / мин. и при диаметре барабана 490 мм.

В ходе исследований изучалось влияния установленных факторов на качественные и энергетические показатели работы аэратора, для чего был реализован трехфакторный план второго порядка. Кроме того, дополнительно изучалась неравномерность загрузки ведущих колес (правое и левое) в процессе работы, что имеет значение для работы с орудием несимметричной загрузки.

Матрица планирования экспериментов с уровнями варьируемых параметров приведена в таблице 1.

а)

б)

в)

г)

Рис. 2. Оборудование и приборы, которые использовались при испытаниях: а – датчик для определения нагрузки на каждое ведущее колесо; б – устройство для определения расхода топлива; в – карданный ротационный тензометрический динамометр (КРТД); г – прибор для измерения энергетических показателей на базе модуля Е14-140М

Таблица 1. Матрица параметров исходных факторов

Диаметр барабана D, мм	Частота вращения барабана n, об/мин.	Скорость перемещения аэратора $V_п$, м/с
490	1250	0,48
490	1250	0,48
490	1250	0,53
490	1250	0,53
550	1250	0,50
550	1250	0,51
490	675	0,55
490	675	0,51
490	675	0,55
490	675	0,50
550	675	0,50
550	675	0,51

Результаты полученных экспериментальных исследований представлены в таблице 2. Двухуровневое варьирование трех исследуемых факторов позволяет получить линейные регрессионные модели.

Обработка экспериментальных данных позволила получить следующие зависимости:

– мощность привода барабанно-лопастного рабочего органа, кВт

$$N_ф = 66{,}8029 - 0{,}0984 \cdot D + 0{,}0217 \cdot n - 31{,}7706 \cdot V_т \; ; \quad (1)$$

– производительность перелопачивания бурта, кг/с

$$Q = 146{,}092 - 0{,}2862 \cdot D - 0{,}0182 \cdot n + 536{,}2947 \cdot V_т \; ; \quad (2)$$

– общая энергоемкость (с учетом перемещения агрегата), Дж/кг

$$E_з = 343{,}756 - 0{,}371 \cdot D + 0{,}079 \cdot n - 290{,}906 \cdot V_т \; ; \quad (3)$$

– тяговое сопротивление перемещению аэратора, кН

$$F_{тт} = -3{,}265 + 0{,}01406 \cdot D - 0{,}00203 \cdot n - 0{,}03741 \cdot V_т \; ; \quad (4)$$

– загрузка двигателя трактора,%

$$k = 120{,}6103 - 0{,}1914 \cdot D + 0{,}0409 \cdot n - 31{,}6708 \cdot V_т \; ; \quad (5)$$

Статистическая оценка полученных функций отклика представлена в таблице 3.

Приняв за критерий оптимизации общую энергоемкость процесса аэрации бурта, определим его минимально допустимое значение – 54,3 Дж/кг. При этом диаметр барабанно-лопастного рабочего органа составит 0,55 м, частота вращения барабана – 675 об/мин., скорость агрегата – 0,5 м/с. Следовательно, производительность аэратора будет – 232,1 кг/с (835,5 т/ч.), мощность привода барабана – 12,2 кВт, тяговое сопротивление перемещению аэратора – 4,3 кН и загрузка двигателя трактора – 27,8 %.

При реализации первой повторности режима 1 (диаметр барабана D = 490 мм и скорость его вращения n = 1250 об/мин.), проведенного на скорости движения трактора $V_п$ = 0,48 м/с, усилия на ВОМ составляли от 335,0 Н·м до 284,6 Н·м. В связи с неоднородностью величины бурта компоста на одном из участков усилие на ВОМ выросло до 435,8 Н·м. Усилия на ведущих колесах составили: для правой полуоси – 1209 Н·м, для левой полуоси – 1166 Н·м.

В процессе реализации второй повторности, выполненной для тех же значений варьируемых факторов, усилие на ВОМ было в пределах от 322,4 Н·м до 211,7 Н·м. Усилия на ведущих колесах составили: для правой полуоси – 875 Н·м, для левой полуоси – 756 Н·м.

При 3-й повторности со скоростью движения трактора 0,53 м/с, усилие на ВОМ возросло до 302,3 Н·м и оставалось постоянным. Усилия на ведущих колесах составили: для правой полуоси – 968 Н·м, для левой – 875 Н·м.

При 3-й повторности, выполненной с теми же величинами варьируемых факторов, усилие на ВОМ плавно возрастает до 327,4 Н·м и плавно спадает. Усилия на ведущих колесах составляют: для правой полуоси – 1058 Н·м, для левой полуоси – 992 Н·м.

При первой повторности загрузка двигателя трактора составила 75 %, при выполнении второй повторности нагрузка на двигатель уменьшилась до 59 %. При увеличении скорости до 0,53 м/с (третья повторность) нагрузка на двигатель возросла до 66 %.

Таблица 2. Результаты экспериментальных исследований конструктивно-технологических параметров аэратора

Мощность привода фрезерования $N_ф$, кВт	Производительность агрегата Q, кг/с	Общая энергоемкость процесса E, кДж/кг	Тяговое сопротивление $F_{тт}$, кН	Мощность привода перемещения $N_т$, кВт	Расход топлива q, кг/ч	Коэффициент использования мощности двигателя k, %
36,83	240,08	146,8	1,08	0,52	10,0	75
28,48	240,08	113,50	0,81	0,39	8,7	59
31,65	265,09	113,84	0,42	0,22	9,3	66
29,00	265,09	104,61	0,68	0,36	8,8	61
21,98	236,93	85,25	1,76	0,88	7,9	47
18,46	241,66	72,06	3,31	1,69	7,3	41
19,93	289,58	71,57	2,74	1,51	7,8	47
18,98	268,52	74,10	3,41	1,74	7,4	43
11,39	289,58	41,20	1,87	1,03	6,0	27
8,54	263,25	34,60	2,16	1,08	5,5	21
14,00	242,19	55,74	2,56	1,28	6,4	32
15,78	247,03	61,10	2,33	1,19	6,7	35

Таблица 3. Статистическая оценка математических моделей

Оценочный показатель	Мощность на приводе барабана $N_ф$, кВт	Производительность агрегата Q, кг/с	Общая энергоемкость процесса E, кДж/кг	Тяговое сопротивление $F_{тт}$, кН	Мощность привода перемещения $N_т$, кВт	Расход топлива q, кг/ч	Коэффициент использования мощности двигателя k, %
Множественный коэффициент регрессии R	0,84925	0,99443	0,85411	0,7311	0,7311	0,8331	0,8329
Множественный коэффициент детерминации R^2	0,72124	0,98889	0,72950	0,5345	0,534527	0,6941	0,6937
Скорректированный коэффициент детерминации R^2	0,6167	0,98472	0,62806	0,3599	0,359975	0,5794	0,5789
Критерий Фишера $F_{05(3,8)}$	6,8996	237,42	7,1918	3,0622	3,062275	6,0511	6,0416
Уровень значимости p	<0,013	<0,0001	0,01166	0,0913	0,091363	0,0187	0,0187
Стандартная погрешность оценки	5,3443	2,3424	20,167	0,8077	0,807711	0,8907	10,6688

Во время первой повторности режима 2 (D = 490 мм, n = 675 об/мин.) На скорости $V_п$ = 0,55 м/с усилие на ВОМ изменяется в пределах от 327,4 Н·м до 352,6 Н·м. Фактически усилие на ВОМ, по сравнению с режимом 1, не изменилось, но из-за уменьшения частоты вращения ВОМ уменьшилась нагрузка на двигатель трактора. Усилие на ведущих колесах в начале опыта возросло: на правой полуоси до 3025 Н·м, для левой – 583 Н·м. В данном случае происходит увеличение нагрузки на правую полуось трактора.

При 2-й повторности, проведенной при движении трактора со скоростью 0,51 м/с, усилие на ВОМ возрастает до 352,6 Н·м и остается таковым до окончания опыта. Усилия на ведущих колесах составляют: для правой полуоси – 2420 Н·м, для левой полуоси – 1750 Н·м.

При 3-й повторности, выполненной на скорости трактора 0,55 м/с, усилие на ВОМ уменьшилось до 201,5 Н·м и практически сохранялось на протяжении всего опыта. Усилия на ведущих колесах составляют: для правой полуоси – 1512 Н·м, для левой полуоси – 1458 Н·м.

Во время 4-й повторности при скорости трактора 0,50 м/с усилие на ВОМ уменьшилось до 151,1 Н·м. Усилия на ведущих колесах составляют: для правой полуоси – 2268 Н·м, для левой полуоси – 875 Н·м.

В режиме 2 при частоте вращения барабана 675 об/мин. произошло уменьшение загрузки двигателя до 47 % (первая повторность) и до 21% при последующих повторностях. Однако по сравнению с режимом 1 произошел рост тягового сопротивления аэратора.

Во время 1-й повторности режима 3 (D = 550 мм, n = 675 об/мин.), выполненного при скорости движения трактора 0,50 м/с, усилие на ВОМ возрастает до 258,2 Н·м и сохраняется стабильным до конца опыта. Усилия на ведущих колесах составляют: для правой полуоси – 2571 Н·м, для левой полуоси – 875 Н·м.

При второй повторности со скоростью перемещения трактора 0,51 м/с усилие на ВОМ возрастает до 277,1 Н·м и сохраняется таковым до завершения опыта. Усилия на ведущих колесах составляют: для правой полуоси – 2419 Н·м, для левой полуоси – 875 Н·м. Увеличение диаметра барабана вызвало рост загрузки двигателя до 35 %.

При 1-й повторности режима 4 (D = 550 мм, n = 1250 об/мин.), при скорости трактора 0,50 м/с усилие на ВОМ уменьшается до 201,5 Н·м и сохраняется таковым до завершения опыта. Усилия на ведущих колесах составляют: для правой полуоси – 1966 Н·м, для левой полуоси – 875 Н·м.

При исполнении 2-й повторности со скоростью движения трактора 0,51 м/с усилие на ВОМ уменьшилось до 176,3 Н·м и оставалось стабильным до окончания опыта. Усилия на ведущих колесах составляют: для правой полуоси – 2571 Н·м, для левой полуоси – 1458 Н·м.

Таким образом, были определены значения и диапазоны максимальной несимметричной загрузки трактора и, соответственно, распределение усилий на раме аэратора в горизонтальной плоскости.

Проведенные исследования позволили внести изменения в несущую раму аэратора, что значительно улучшило ее надежность за счет усиления наиболее нагруженных элементов конструкции.

Заключение

Рациональными параметрами работы аэратора для условия минимальной энергоемкости процесса являются: диаметр барабанно-лопастного рабочего органа – 0,55 м, частота вращения – 675 об/мин., скорость агрегата – 0,5 м/с. Энергоемкость перелопачивания при этом составит 54,3 Дж/кг, производительность – 232,1 кг/с (835,5 т/ч), мощность привода барабанно-лопастного рабочего органа – 12,2 кВт, тяго-

вое сопротивление перемещению аэратора – 4,3 кН и загрузка двигателя трактора – 27,8 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондаренко, А. М. Обоснование и разработка процессов производства и использования концентрированных органических удобрений: дис. … докт. техн. наук: 05.20.01 / А.М. Бондаренко. – Зерноград, 2001. – 451 с.

2. Голуб, Г.А. Механіко-технологічне обґрунтування технічних засобів для агропромислового виробництва їстівних грибів: автореф. дис. докт. техн. наук: 05.05.11. / Г.А. Голуб; ННЦ «ІМЕСГ». – Глеваха, 2005. – 41 с.

3. Kromer, K.-H., Reloe H. Technik und Kosten der Kompostherstellung. – Landtechnik, 1988. – № 12. – P. – 494-499.

4. Голуб, Г.А. Агропромислове виробництво їстівних грибів. Механіко-технологічні основи: монографія / Г.А. Голуб. – Київ: Аграрна наука, 2007. – 332 с.

5. Змішувач-аератор компосту: пат. 73328 України, МПК (2011.01) A01C3/00 / В.І. Харитонов, І.А. Шевченко, О.О. Ляшенко; заяв. Інститут механізації тваринництва Національної академії аграрних наук. – № u 2012 00798; заявл. 26.01.2012; опублік. 25.09.2012.

6. Харитонов, В. І. Використання змішувача-аератора з устаткуванням для зволоження при отриманні збалансованих органічних добрив: зб. наук. праць ІМТ НААН «Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві» / В.І. Харитонов. – Запоріжжя: ІМТ НААН, 2011. – Вип. 1 (7). – С. 189-196.

7. Шевченко, І. А. Результати експериментальних досліджень змішувача-аератора компостів: зб. наук. праць ІМТ НААН «Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві» / І.А. Шевченко, В.І. Харитонов, Е.Б. Алієв. – Запоріжжя: ІМТ НААН, 2011. – Вип. 2 (8). – С. 80-88.

8. Протокол енергетичної оцінки змішувача-аератора компосту / Державна наукова установа «Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва ім. Леоніда Погорілого»; Львівська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2011. – 18 с.

9. Техніка сільськогосподарська. Машини та обладнання з приводом від двигунів внутрішнього згорання. Методи енергетичної оцінки: СОУ 74.3 37 276:2000. – Введен 01.08.2006.

10. Исследовательские испытания. Планирование экспериментов. Термины и определения: ГОСТ 24026-80. Введен 01.01.81. / Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам. – М., 1980.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 27.02.2018

Счетчик газа ультразвуковой СГУ001 типоразмеров G16-G25

Предназначены *для измерения объемного расхода горючего газа по ГОСТ 5542-87 или паров сжиженного углеводородного газа по ГОСТ 20448-90 с приведением измеренного объема газа к нормальным условиям, т.е. к температуре газа 20 °С и плотности 0,72 кг/м³ с отображением информации об объеме израсходованного газа на табло счетчика с возможностью передачи информации в централизованную систему учета.*

Основные технические данные

Рабочий диапазон температур, °С .....от - 30 до + 50
Рабочий диапазон расхода газа, м³/час.....от 0,16 до 40
Основная относительная погрешность, не более, %.....± 3
Порог чувствительности, не более, м³/час.....0,05
Наибольшее избыточное рабочее давление газа, кПа.....100
Число разрядов индикаторного табло счетчика.....8
Дополнительная относительная погрешность при изменении температуры окружающей среды от – 30 до +50 °С, не более.....0,01% на 1 °С

Цена изделий на 40-60% ниже зарубежных аналогов

Производство счетчиков освоено на ООО «Московский завод электроизмерительных приборов – 1», г. Брест. Завершается подготовка производства к выпуску счетчиков на ОАО «Агат - системы управления», г. Минск.

УДК 621.929:636(476)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОГО НАВОЗА ПРИ ПЕРЕМЕШИВАНИИ ЕГО В НАВОЗОХРАНИЛИЩАХ

И.М. Швед,
ст. преподаватель каф. технологий и механизации животноводства БГАТУ

В.И. Передня,
гл. науч. сотр. отдела механизации животноводства и кормопроизводства РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», докт. техн. наук, профессор

А.В. Китун,
зав. каф. технологий и механизации животноводства БГАТУ, докт. техн. наук, профессор

В статье рассматривается вопрос по определению скорости движения жидкого навоза при перемешивании его в навозохранилищах. Представлена формула по определению секундной производительности миксера для навоза. Определено условие, при котором осуществим рабочий процесс перемешивания навозной массы. Получено уравнение по определению скорости движения жидкого навоза при перемешивании его в навозохранилищах.

Ключевые слова: навоз, миксер, лопасть, мешалка, скорость, производительность, воронка.

The article deals with the problem of the determination of the speed of liquid manure movement with mixing it in manure stores. The formula to determine the second-hand capacity of a mixer for manure is given. The condition, under which the working process of mixing the manure mass is being carried out, is determined. The equation to determine the speed of liquid manure movement when it is being stirred in manure stores is obtained.

Keywords: manure, a mixer, the blade, a mixer, speed, productivity, a funnel.

Введение

Развитие АПК на современном этапе основывается на ускорении научно-технического прогресса, мощной материально-технической и энергетической базе.

Естественной энергии земли вполне достаточно, чтобы противостоять высоким и низким температурным перепадам внешней среды и стабильно поддерживать режим консервации навозной массы на протяжении всего года. Этому способствует и пористость коркового слоя [1-3].

В процессе хранения жидкий навоз расслаивается и его необходимо периодически перемешивать. Качественное его перемешивание зависит главным образом от скорости движения навозной массы.

Цель работы – определение скорости движения жидкого навоза при перемешивании его миксером в навозохранилищах.

Основная часть

Процесс перемешивания навоза в навозохранилищах производится миксером и является одной из энергоемких операций в животноводстве.

Миксеры предназначены для перемешивания жидкого навоза в резервуаре для достижения однородной консистенции. Это позволяет в процессе утилизации или при перекачивании жидкого навоза из хранилищ в емкости для получения биогаза перемещать его без разрыва потока.

Миксер (рис. 1), применяемый для перемешивания жидкого навоза, состоит из электропривода, вала, на котором закреплена лопастная мешалка.

Работает миксер следующим образом. При погружении миксера в массу жидкого навоза включается электропривод, передающий вращение на вал с мешалкой, которая создает вихревые потоки жидкой фракции навоза, чем поднимает осадок со дна хранилища, и затем вместе с жидкой фракцией перемешивается до однородного состояния. Так как навоз при длительном хранении расслаивается, то образуются слои и чтобы их перемешать, в процессе работы миксер поворачивают относительно вертикальной плоскости при помощи лебедки. Для перемешивания легких включений из соломы, сена и опилок, которые всплывают вверх, мешалку миксера поднимают, а для перемешивания осадка на дне мешалку миксера опускают.

В процессе перемешивания жидкого навоза в навозохранилище миксером с лопастной мешалкой образовывается турбулентный режим. При этом значение центробежного критерия Рейнольдса можно определить по формуле [4]:

$$\mathrm{Re}_{\text{ц}} = \frac{\omega d_{\text{м}}^2}{\mu}, \qquad (1)$$

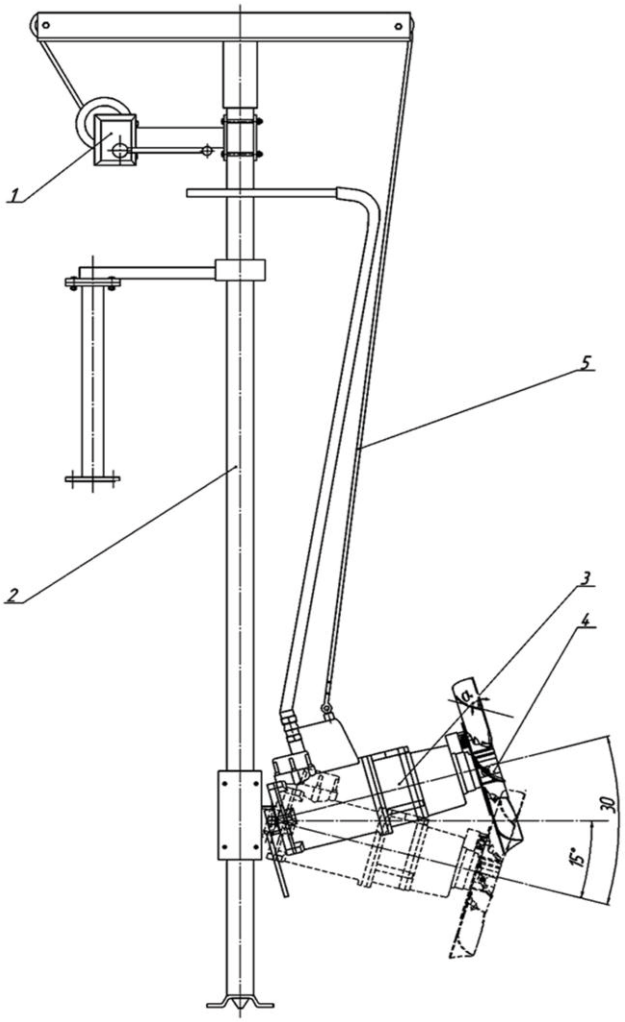


Рис. 1. Миксер для перемешивания жидкого навоза: 1 – лебедка; 2 – стойка; 3 – миксер; 4 – мешалка; 5 – трос

где $d_м$ – диаметр мешалки, м;

ω – частота вращения вала мешалки, $с^{-1}$;

μ – кинематическая вязкость жидкого навоза, $м^2/с$.

Скорости в жидком навозе определяются следующими факторами:

– внешними движущими силами, приложенными к навозу;

– гидродинамическим сопротивлением на неподвижных поверхностях, ограничивающих поток, уравновешивающий эти силы;

– обменом энергии между соседними слоями жидкости [5].

Так как навоз к мешалке подтекает со всех сторон, т.е. по полусфере с площадью $2\pi r^2$, то скорость u движения жидкого навоза на расстоянии l от мешалки определится по формуле [6, 7]:

$$u = \frac{Q_с}{2\pi l^2}, \qquad (2)$$

где $Q_с$ – секундная производительность миксера, $м^3/с$.

При вращении мешалки, на навоз в навозохранилище воздействует движущая его сила, с осевой скоростью, принуждающей массу навоза двигаться в продольном направлении.

При хранении навоз расслаивается, что приводит к получению массы навоза с разной плотностью. Так, на дне хранилища плотность навоза будет больше, чем на верхних уровнях, а это, в свою очередь, будет увеличивать нагрузку на мешалку, тем самым снижая производительность миксера. Поэтому при расчете секундной производительности миксера необходимо учесть уровень заполнения хранилища жидким навозом и высоту расположения миксера в процессе работы.

Коэффициент заполнения хранилища k определится по формуле:

$$k = \frac{h_м}{H}, \qquad (3)$$

где $h_м$ – высота размещения миксера при перемешивании навоза, м;

H – уровень жидкого навоза в навозохранилище, м.

Секундная производительность $Q_с$ миксера с учетом коэффициента заполнения хранилища определится по формуле:

$$Q_с = kvS, \qquad (4)$$

где v – осевая скорость движения жидкого навоза, м/с;

S – рабочая площадь мешалки при подаче массы жидкого навоза лопастями, $м^2$.

Осевая скорость движения массы жидкого навоза в продольном направлении определяется по формуле:

$$v = K\omega\cos^2\alpha, \qquad (5)$$

где K – шаг установки лопастей мешалки, м;

α – угол подъема винтовой линии лопастей мешалки, град.

Шаг установки лопастей мешалки определяется из выражения [8]:

$$K = \frac{\pi d_м}{z}, \qquad (6)$$

где z – число лопастей мешалки, шт.

Подставив выражение (6) в формулу (5), определим осевую скорость движения жидкого навоза:

$$v = \frac{\pi d_м \omega}{z}\cos^2\alpha. \qquad (7)$$

Производительность миксера для навоза будет зависеть от рабочей площади всех лопастей мешалки,

т.е., чем больше рабочая поверхность лопасти, тем больше будет и производительность. Рабочая площадь мешалки зависит от геометрического размера лопасти и их количества и определяется по формуле:

$$S = zLB\sin\alpha, \quad (8)$$

где L – длина лопасти, м;

B – ширина лопасти, м.

Для лопастных мешалок длина лопасти равна половине диаметра мешалки:

$$L = 0,5d_{м}. \quad (9)$$

Ширина лопасти определяется из выражения [7]:

$$B = \frac{bd_{м}}{100}, \quad (10)$$

где b – коэффициент максимальной ширины лопасти в плановой проекции, %.

Подставив выражения (9) и (10) в формулу (8), определим рабочую площадь мешалки:

$$S = 0,005bzd_{м}^{2}\sin\alpha. \quad (11)$$

Преобразуем выражение (4) для определения секундной производительности миксера, подставив полученные формулы (7) и (11):

$$Q_{с} = 0,005kb\pi d_{м}^{3}\omega\sin\alpha\cos^{2}\alpha. \quad (12)$$

При движении навоза в хранилище, наблюдается образование воронки вследствие вращения мешалки и образования в центре ее зоны пониженного давления, что приводит к подъему массы навоза у границ зоны перемешивания. Миксер может перемещаться по высоте хранилища, и при его работе, на верхних слоях, при низком уровне заполнения хранилища или большой высоте размещения миксера, образовывается воронка, и тогда кромки лопастей мешалки могут обнажаться, что приводит к уменьшению захватываемой лопастями массы навоза и снижению производительности миксера в целом.

Влияние воронки не сказывается на рабочем процессе перемешивания жидкого навоза, в случае соблюдения условия, когда вершина воронки располагается выше ступицы мешалки. Для выполнения условия перемешивания, в цилиндрических навозохранилищах должно соблюдаться следующее условие:

$$H \geq h_{в} + h_{\min}, \quad (13)$$

где H – уровень жидкого навоза в навозохранилище, м;

$h_{в}$ – глубина воронки в навозохранилище, м;

$h_{\min}$ – минимально допустимая высота расположения мешалки на дне навозохранилища, м.

Так как лопасти мешалки миксера расположены перпендикулярно дну хранилища, то высоту размещения миксера в придонной области можно определить по формуле:

$$h_{м} = h_{\min} = d_{м} + d_{м}\sin\beta = d_{м}\left(1+\sin\beta\right), \quad (14)$$

где β – угол наклона мешалки относительно горизонтальной плоскости, град.

Так как навозохранилище заполняется полностью, то при перемешивании навоза следует учесть высоту размещения миксера и угол наклона мешалки относительно горизонтальной плоскости, и тогда на верхних уровнях высота размещения миксера определится по формуле:

$$h_{м} = h_{микс} + h_{\min} = h_{микс} + d_{м}\left(1+\sin\beta\right), \quad (15)$$

где $h_{микс}$ – высота поднятия миксера на стойке, м.

Глубина воронки определяется по формуле [5]:

$$h_{в} = \frac{B\left(\psi_{1}\right)\left(\omega d_{м}\right)^{2}}{2g}, \quad (16)$$

где $B(\psi_1)$ – параметр глубины воронки в навозохранилище, который определяется по графику (рис. 2) [9];

g – ускорение свободного падения, м/с^2;

ψ_1 – параметр окружной скорости.

Подставив формулы (15) и (16) в зависимость

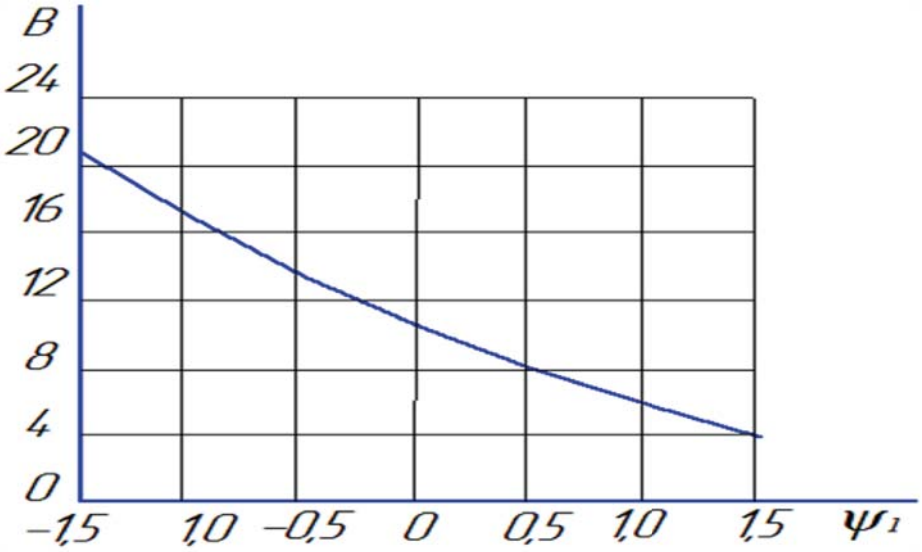


Рис. 2. График зависимости глубины воронки B от параметра профиля окружной скорости ψ_1

(13), получим выражение для определения уровня жидкого навоза в навозохранилище:

$$H \geq \frac{B(\psi_1)(\omega d_м)^2}{2g} + h_{микс} + d_м(1+\sin\beta). \quad (17)$$

Тогда, подставив полученные выражения (15) и (17) в формулу (3), для определения коэффициента заполнения хранилища, получим:

$$k = \frac{2g\left[h_{микс} + d_м(1+\sin\beta)\right]}{B(\psi_1)(\omega d_м)^2 + 2g\left[h_{микс} + d_м(1+\sin\beta)\right]}. \quad (18)$$

Подставив полученное выражение (18) в формулу (12), можно определить секундную производительность миксера:

$$Q_с = 0,01 b\pi d_м^3 \omega g \sin\alpha\cos^2\alpha \times$$
$$\times \frac{\left[h_{микс} + d_м(1+\sin\beta)\right]}{B(\psi_1)(\omega d_м)^2 + 2g\left[h_{микс} + d_м(1+\sin\beta)\right]}. \quad (19)$$

Далее определим скорость движения жидкого навоза при ламинарном режиме перемешивания, когда мешалка вращается с небольшой частотой вращения. Для этого подставим в формулу (2) полученное выражение (19). Тогда формула по определению скорости движения жидкого навоза примет вид:

$$u = \frac{0,01 b\pi d_м^3 \omega g}{l^2} \sin\alpha\cos^2\alpha \times$$
$$\times \frac{\left[h_{микс} + d_м(1+\sin\beta)\right]}{B(\psi_1)(\omega d_м)^2 + 2g\left[h_{микс} + d_м(1+\sin\beta)\right]}. \quad (20)$$

При образовании турбулентного режима перемешивания скорость движения жидкого навоза можно определить, учитывая его кинематическую вязкость, и подставив в формулу (20) выражение (1):

$$u = \frac{0,01 b\pi d_м \mathrm{Re}_ц \mu g}{l^2} \sin\alpha\cos^2\alpha \times$$
$$\times \frac{\left[h_{микс} + d_м(1+\sin\beta)\right]}{B(\psi_1)(\omega d_м)^2 + 2g\left[h_{микс} + d_м(1+\sin\beta)\right]}. \quad (21)$$

Заключение

На основании приведенных формул (20) и (21), можно сделать вывод, что скорость движения частиц жидкого навоза в навозохранилищах пропорциональна частоте вращения мешалки и ее геометрическим размерам, и обратно пропорциональна квадрату расстояния, пройденного частицей навоза в процессе перемешивания.

Качественное перемешивание жидкого навоза будет соблюдаться при условии, когда высота заполнения хранилища жидким навозом будет больше высоты расположения лопастей мешалки миксера, что снизит вероятность образования воронки, а, следовательно, уменьшит энергоемкость процесса перемешивания жидкого навоза.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданович, П. Ф. Основы энергосбережения: учеб. пос. / П. Ф. Богданович, Д. А. Григорьев, В. К. Пестис. – Гродно: ГГАУ, 2007. – 174 с.

2. Брагинский, Л. Н. Перемешивание в жидких средах / Л. Н. Брагинский, В. И. Бегачев, В. М. Барабаш. – Л.: Химия, 1984. – 336 с.

3. Кафаров, В. В. Процессы перемешивания в жидких средах / В. В. Кафаров. – М.: Госхимиздат, 1949. – 230 с.

4. Карпушкин, С. В. Расчеты и выбор механических перемешивающих устройств вертикальных емкостных аппаратов: учеб. пос. / С. В. Карпушкин, М. Н. Краснянский, А. В. Борисенко. – Тамбов: ТГТУ, 2009. – 168 с.

5. Брагинский, Л. Н. Перемешивание в жидких средах / Л. Н. Брагинский, В. И. Бегачев, В. М. Барабаш. – Л.: Химия, 1984. – 336 с.

6. Иванов, О. П. Аэродинамика и вентиляторы: учеб. для студентов высших учеб. заведений, обучающихся по специальности: «Холодильные и компрессорные машины и установки» / О.П. Иванов, В.О. Мамченко. – Л.: Машиностроение, 1986. – 280 с.

7. Александров, В. Л. Воздушные винты / В. Л. Александров. – М.: Государственное издательство оборонной промышленности, 1951. – 447 с.

8. Мелащенко, В. И. Методическое пособие по профилированию лопастей рабочих колес центробежных насосов: в 2 ч. / В. И. Мелащенко, А. В. Зуев. – М.: МВТУ им. Н. Э. Баумана, 1980. – Ч. 2 – 348 с.

9. Кафаров, В. В. Процессы перемешивания в жидких средах / В. В. Кафаров. – М.: Госхимиздат, 1949. – 230 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 20.10.2017

УДК 663.331

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИ ЗАМАЧИВАНИИ РЖИ В ПРОИЗВОДСТВЕ СОЛОДА

А.М. Мазур,
профессор каф. технологий и технического обеспечения процессов переработки сельскохозяйственной продукции БГАТУ, доктор техн. наук, профессор

Исследован процесс водопотребления при замачивании ржи в производстве ржаного солода. Разработана экспериментальная схема очистки и повторного использования моечной воды.
Ключевые слова: ржаной солод, замочный чан, очистка.

The process of water consumption during the soaking of rye in the production of rye malt has been studied. An experimental scheme for cleaning and reusing wastewater has been developed.
Keywords: rye malt, lock vat, cleaning.

Введение

Одним из источников амилаз растительного происхождения является ржаной солод, который получается путем проращивания зерна в искусственно созданных регулируемых условиях. При этом одной из основных задач солодоращения является накопление в солоде ферментов.

Богатый ферментами свежепророщенный солод применяют при осахаривании крахмалосодержащего сырья и в хлебопечении для повышения силы муки и обеспечения требуемого цвета хлеба, в качестве ферментсодержащего сырья для получения солодовых экстрактов, препаратов или кофе.

Техническая модернизация существующих производств направлена на импортозамещение и предусматривает разработку и совершенствование техники и технологии производства солода с использованием рациональной схемы водопотребления при экономии теплоэнергоресурсов [1, 2].

Для разработки эффективной схемы водопотребления необходимо провести исследование и уточнить особенности водопотребления в процессе замачивания ржи, определить возможность повторного использования моечной воды при производстве солода. Исследования проводились в лабораторных и производственных условиях ОАО «Машпищепрод» (г. Марьина Горка Минской области), где работает технологическая линия производства ржаного солода.

Основная часть

В настоящее время для замачивания ржи применяют цилиндрические или прямоугольные замочные чаны и аппараты с плоским днищем. Нижнюю часть делают конической формы с углом наклона 45-60°, что обеспечивает опорожнение аппарата.

Емкость замочного аппарата рассчитывают с учетом объема замачиваемого количества ржи, увеличения объема материала в ходе замачивания и объема для перемешивания замоченной ржи.

Общая вместимость всех замочных аппаратов должна быть рассчитана на максимальную продолжительность замачивания, включая время заполнения, слива, выгрузки и очистки [3].

При современных способах замачивания требуется 48 часов в установке для замачивания из 3-х замоченных аппаратов. Конструкция аппаратов для замачивания совершенствуется и усложняется. К имеющимся ранее трубопроводам для подвода и отвода воды, люкам для выгрузки и слива всплывшей ржи добавляется устройство для перекачки замоченного зерна, вентиляции под давлением, удаления диоксида углерода и орошения. Впуск и выпуск замоченного зерна должны обеспечивать быструю смену воды, чтобы можно было точно выдержать продолжительность замачивания. Длительность заполнения и разгрузка отдельного аппарата не должны превышать одного часа.

Схема установки для замачивания ржи приведена на рис. 1.

Водопотребление при различных способах замачивания колеблется в широких пределах и зависит от интенсивности процесса замачивания, частоты перекачек, способов спуска и частоты смены воды. Высокое расположение водослива в аппаратах увеличивает расход воды [4, 5].

Исследовали также изменение объема ржи при пневматическом способе замачивания и температуре помещения и воды 16 °С (табл. 1). Из таблицы видно, что до второго замачивания объем увеличивается на 11,0 %, а после него – на 31,0 %. Увеличение объема после третьего замачивания приводит к сильному росту корешков и комкованию массы зерна. Если рожь выровнять после замачивания в аппарате, то для ее покрытия необходимо количество воды, показанное в табл. 2.

Из таблицы 2 видно, что с увеличением длительности замачивания потребность в воде для покрытия ржи возрастает. Одним из мероприятий по сокращению расхода воды на 1т ржи с 0,4 до 0,26 м^3 является размещение водослива на такой высоте, чтобы рожь

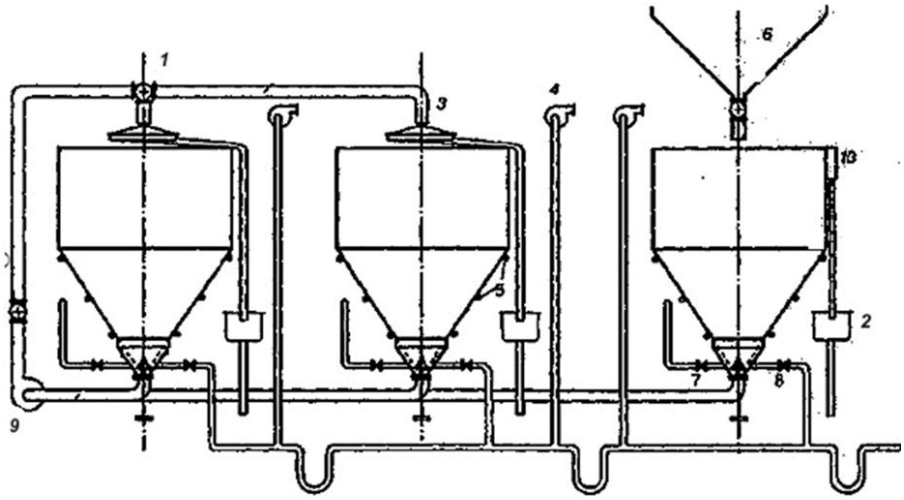


Рис. 1. Установка для замачивания:
1 – трехходовая задвижка; 2 – емкость для улавливания сплава; 3 – водоотделитель; 4 – воздуходувка; 5 – барботерные трубки; 6 – загрузочный бункер; 7 – вентиль свежей воды; 8 – вентиль стока; 9 – насос для перемещения замачиваемого материала; 10 – переливная емкость

Таблица 1. Изменение объема ржи при замачивании

Стадии процесса	Объем ржи, $м^3$	Увеличение объема ржи, %
Исходное состояние	1000	
После 4-х часов замачивания	1075	7,5
После 20-ти часов замачивания	1110	11,0
После второго замачивания	1310	31,0
После третьего замачивания	1540	54,0

Таблица 2. Потребность в воде для покрытия зерна

Цель расхода воды	Объем воды на $1м^3$ ржи, $м^3$
Чтобы рожь после 4-х часов замачивания находилась под водой	0,45
Чтобы рожь до конца второго замачивания находилась под водой	0,55
Чтобы рожь до конца третьего замачивания находилась под водой	0,72

можно было держать на той же высоте и после третьего замачивания. Для этого водослив в аппарате должен регулироваться.

Расход воды при замачивании, мойке и сливе сплава на предприятиях составляет от 1,6 до 2,0 $м^3$ на 1т ржи [6, 7].

Для экономии расхода воды при замачивании исследована экспериментальная схема очистки и повторного использования моечной воды (рис. 2).

Рожь поступает в моечный шнек, где вступает в интенсивный контакт с водой. Возникающее трение при одновременном всплытии легкого зерна и примесей обеспечивает хорошую очистку. Шнек устанавливается с углом наклона 30-35°. Нижний лоток шнека обеспечивает покрытие зерна слоем воды в 45-90 см. Для отделения ростков солода и обломков половы сточную воду подают на дуговое сито, а затем на гравийный фильтр.

Хлорирование моечной воды проводили гипохлоритом натрия с повышенными дозами хлора до 10 мг/л при продолжительности 14-15 минут. При этом содержание остаточного хлора составляло 0,4-0,5 мг/л. После хлорирования применяли процесс отстаивания моечной воды в течение 20-30 минут

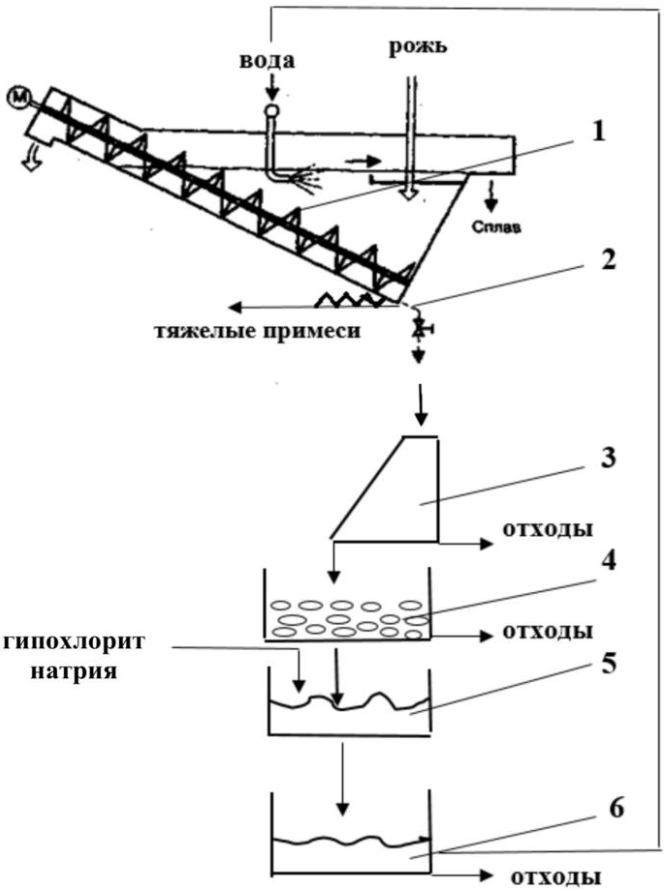


Рис. 2. Схема экспериментальной очистки и повторного использования моечной воды: 1 – моечный шнек; 2 – шнек тяжелых примесей; 3 – дуговое сито; 4 – гравийный фильтр; 5 – емкость для обработки; 6 – емкость для отстоя.

и затем использовали ее для повторного замачивания ржи. Такая схема позволяет сократить расход замочной воды более чем на 50-55 %.

Заключение

Установлено, что объем ржи при пневматическом способе замачивания и температуре помещения и воды 16 °С, увеличивается до второго замачивания на 11,0 %, а после него – на 31,0 %. Увеличение объема после третьего замачивания приводит к сильному росту корешков и комкованию массы зерна.

Потребность в воде для покрытия зерна с увеличением длительности замачивания не возрастает.

Разработана и испытана экспериментальная схема очистки и повторного использования моечной воды при замачивании ржи, позволяющая сократить расход замочной воды более чем на 50-55 %, и рекомендована для внедрения на производствах по выработке ржаного солода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ржаной солод: применение, свойства, способы интенсификации производства / А.М. Мазур [и др.] // Микробные биотехнологии: сб. науч. трудов. – Минск: Беларуская навука. – 2009. – С. 345-359.

2. Солод ржаной сухой. Технические условия: ГОСТ Р 520061. – 2003. – Введ. 28.05.2003 г. – № 165. – 20 с.

3. Технологическая инструкция по производству солода ржаного сухого (600124838.005-2002): утв. ОАО «Машпищепрод» 30.04.02. – Минск, 2002. – 6 с.

4. Нарцисс, Л. Технология солодоращения. Пивоварение / Л. Нарцисс; пер. с нем. – 7-е изд. – СПб.: Профессия, 2007. – Т.1. – 548 с.

5. Мазур, А.М. Роль анатомических частей ржи, выращенной в Республике Беларусь при производстве ржаного солода / А.М. Мазур // Вестник МГУП. – № 2 (15). – 2013. – С. 24-31.

6. Кроль, А.Н. Интенсификация процесса получения ржаного солода и разработка технологии кваса на его основе: автореф. … диссерт. канд. тех наук: 05.18.07 / А.Н. Кроль. – Кемерово, 2006. – 16 с.

7. Мазур, А.М. Научно-технические основы замачивания ржаного солода / А.М. Мазур //Агропанорама. – № 1 (101). – 2014. – С. 17-20.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 24.01.2018

Навесной оборотный плуг ПНО-3-40/55

Плуг навесной оборотный ПНО-3-40/50 предназначен для гладкой вспашки старопахотных не засоренных камнями почв с удельным сопротивлением до 0,09 МПа. Плуг агрегатируется с тракторами класса 2,0 («Беларус 1221»).

Преимущества разработки:

- регулируемая ширина захвата;
- цена на 30-40% ниже зарубежных аналогов.

Производство плугов освоено на ДП «Минойтовский ремонтный завод».

В 2010 году на сельскохозяйственной выставке в г. Москве плуг удостоен золотой медали.

Основные технические данные

Тип.....навесной
Тип корпуса.....полувинтовой
Производительность за 1 ч сменного времени, га.....0,65…1,14
Конструкционная ширина захвата корпуса, мм.....400/450/500/550
Рабочая скорость движения на основных операциях, км/ч.....7…9
Масса плуга конструкционная, кг….....не более 1150
Конструкционная ширина захвата плуга, м.....1,20/1,35/1,50/1,65

УДК 629.113-592.004.58

РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ БОРТОВОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СТЕПЕНИ ИЗНОСА ФРИКЦИОННЫХ ДИСКОВ ГИДРОПОДЖИМНЫХ МУФТ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ КОЛЕСНЫХ И ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН

Ю.Д. Карпиевич,
зав. каф. автомобилей БНТУ, докт. техн. наук, доцент

И.И. Бондаренко,
ст. преподаватель каф. тракторов и автомобилей БГАТУ

В статье рассмотрен расчет экономического эффекта от использования микропроцессорной системы бортового диагностирования степени износа фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробок передач. Выполнен на основе «Инструкции по оценке эффективности использования в народном хозяйстве республики результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ»

Ключевые слова: бортовое диагностирование, фрикционный диск, гидроподжимная муфта, коробка передач, колесные и гусеничные машины.

The article considers the calculation of the economic effect of the use of microprocessor system of on-board diagnosis of wear degree of friction discs of hydraulic couplings gearboxes. It is made on the basis of "Instructions for assessing the use effectiveness in the national economy of the Republic of the research results, experimental design and experimental technological works".

Keywords: on-board diagnostics, a friction disk, hydroporinae clutch, gear box, wheeled and tracked vehicles.

Введение

В условиях значительного усложнения конструкции коробок передач современных колесных и гусеничных машин возрастает роль качества проведения регулировочных работ и технического обслуживания, влияющих на их эксплуатационную надежность и безопасность движения [1].

Повышение эксплуатационной надежности колесных и гусеничных машин, снижение затрат на техническое обслуживание и ремонт возможны только при своевременном и объективном определении их технического состояния.

Эффективным способом решения проблемы повышения качества проведения технического обслуживания и ремонта, а также эксплуатационной надежности коробок передач является диагностирование их технического состояния [2].

Удельная трудоемкость диагностирования коробки передач сравнительно большая, что является следствием как низкой контролепригодности, так и несовершенства существующих методов и средств [3].

Получивший в настоящее время наибольшее распространение регламентный характер контрольно-диагностических работ не может обеспечить требуемого уровня технического состояния коробок передач, так как не учитывает индивидуальные особенности каждой машины, условия ее эксплуатации, технического обслуживания и проведенные ранее ремонтные воздействия [4].

Все перечисленные выше проблемы могут решаться за счет непрерывного контроля технического состояния коробок передач колесных и гусеничных машин.

В связи с этим в последние годы все ведущие фирмы приступили к созданию бортовых систем диагностирования коробок передач колесных и гусеничных машин, позволяющих перейти к техническому обслуживанию по фактической потребности, и за счет этого исключить, с одной стороны, возможность эксплуатации технически неисправной машины, а с другой – необоснованные материальные и трудовые затраты при преждевременном обслуживании.

Создание бортовых систем диагностирования целесообразно производить одновременно с разработкой микропроцессорных систем управления, что позволяет при помощи одних и тех же технических средств обеспечить выполнение, как задачи управления, так и задачи диагностирования колесных и гусеничных машин, и избежать, тем самым, необоснованного усложнения конструкции машин и необходимости разработки дополнительного диагностического оборудования [5].

Таким образом, бортовое диагностирование технического состояния коробок передач колесных и гусеничных машин в настоящее время весьма актуально.

Цель настоящей работы – расчет экономического эффекта от использования микропроцессорной си-

стемы бортового диагностирования степени износа фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробок передач колесных и гусеничных машин.

Основная часть

Рассмотрим новый метод бортового диагностирования технического состояния гидроподжимных муфт коробки передач в части оценки степени износа и величины остаточного ресурса фрикционных дисков, используя при этом работу трения как интегральный показатель [6]. Предположительно износ фрикционных дисков пропорционален работе трения.

Структурная схема системы бортового диагностирования степени износа фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробки передач представлена на рисунке 1.

Предлагаемый метод диагностирования степени износа фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробки передач отличается от традиционных, основанных на непосредственном измерении толщины пакета фрикционных дисков [7, 8, 9].

Система бортового диагностирования степени износа фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробки передач начинает свою работу при включении бортовой сети колесных и гусеничных машин.

Значения информационных сигналов от датчика момента трения фрикционных дисков гидроподжимной муфты, а также значения информационных сигналов от датчиков угловой скорости ведущих и ведомых фрикционных дисков гидроподжимной муфты коробки передач колесных и гусеничных машин поступают в бортовой компьютер.

После этого он определяет работу трения фрикционных дисков каждой гидроподжимной муфты колесных и гусеничных машин путем интегрирования по времени произведения значений информационных сигналов от датчика момента трения фрикционных дисков на разность значений информационных сигналов от датчиков угловой скорости, ведущих и ведомых фрикционных дисков гидроподжимной муфты коробки передач, взятых по модулю.

Полученные значения работы трения фрикционных дисков для каждой гидроподжимной муфты и после каждого ее включения и выключения прибавляются к сумме, полученной при предыдущих включениях и выключениях муфты. Общая сумма значений работы трения фрикционных дисков гидроподжимной муфты делится на наперед заданное числовое значение работы трения фрикционных дисков гидроподжимной муфты, соответствующее предельно допустимому износу ее фрикционных дисков. Затем это соотношение умножают на 100 % и определяют процент износа фракционных дисков каждой гидроподжимной муфты коробки передач колесных и гусеничных машин.

Все это можно записать следующим образом:

$$L = \int_{o}^{t} M \left| \left(\omega_g - \omega_e \right) \right| dt \qquad (1)$$

$$\Delta = \frac{\sum_{p=1}^{n} L_p}{L_0} \cdot 100\,\%, \qquad (2)$$

где L – текущие значения работ трения фрикционных дисков гидроподжимной муфты, Н·м;

ω_g, ω_e – текущие значения угловых скоростей ведущих и ведомых дисков гидроподжимной муфты коробки передач соответственно;

t – время трения фрикционных дисков гидроподжимной муфты, ч;

M – момент трения фрикционных дисков гидроподжимной муфты, Н·м;

Δ – степень износа фрикционных дисков гидроподжимной муфты, %;

$p = 1,2....,n,n$ – количество включений и выключений гидроподжимной муфты;

L_o – числовое значение работы трения, соответствующее предельно допустимому износу фрикционных дисков гидроподжимной муфты (определяется экспериментально), Н·м.

При достижении гидроподжимной муфтой значения работы трения, соответствующего предельно допустимому износу фрикционных дисков, на устройстве отображения информации (дисплее) появляется сигнал о замене данной муфты.

В результате проведенных исследований разра-

Рис. 1. Структурная схема системы бортового диагностирования степени износа фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробки передач

ботана и внедрена на ОАО «Минский тракторный завод» программа и методика испытаний «Бортовое диагностирование степени износа и величины остаточного ресурса фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробок передач тракторов «БЕЛАРУС» (рег. №16392/Б от 20.01.2015 г.)

Настоящая программа и методика испытаний устанавливает объем и метод бортового диагностирования технического состояния гидроподжимных муфт коробок передач тракторов марки «БЕЛАРУС» в части оценки степени износа и величины остаточного ресурса фрикционных дисков, используя при этом работу трения как интегральный показатель.

Расчет экономического эффекта от использования микропроцессорной системы бортового диагностирования степени износа фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробок передач выполнен на основе Инструкции по оценке эффективности использования в народном хозяйстве республики результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ, утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь 18. 05. 2002 № 637.

Также при расчетах использовались: ГОСТ 23728-88 «Техника сельскохозяйственная. Основные положения и показатели экономической оценки» и ГОСТ 23730-88 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки универсальных машин и техннологических комплексов».

Основные технико-экономические показатели для расчета экономической эффективности от использования микропроцессорной системы бортового диагностирования степени износа фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробки передач трактора «БЕЛАРУС-2103» приведены в таблице 1.

Экономическая эффективность от применения диагностирования коробок передач определяется величиной годового экономического эффекта Э:

$Э=П_1-П_2$,

где $П_1$ – затраты потребителя за счет мероприятий по необоснованному ремонту, руб.;

$П_2$ – затраты потребителя за счет внедрения диагностирования, руб.

Затраты потребителя $П$ в расчете на одну коробку передач определяются по формуле:

$$П = U + E \cdot K \ ,$$

где U – прямые эксплуатационные затраты, руб./ед.;

E – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

K – удельные капитальные вложения, руб.

Прямые эксплуатационные затраты рассчитываются по формуле:

$$U=З+A+P,$$

где $З$ – заработная плата обслуживающего персонала, руб.;

A – затраты на реновацию оборудования, руб.;

P – затраты на ремонт и планово-техническое обслуживание оборудования, руб.

Таблица 1. Исходные данные по определению эффективности диагностирования

Наименование показателей	Обозначение	Ед. изм.	Значение	Примечание
Балансовая стоимость оборудования для ремонтных работ	$Б_1$	руб.	725	Данные ОУП «Мостовский ремонтный завод»
Балансовая стоимость диагностического оборудования	$Б_2$	руб.	585	
Трудоемкость ремонта гидроподжимных муфт	t_1	ч	17,25	Нормы времени
Трудоемкость диагностирования гидроподжимных муфт	t_2	ч	0,55	Нормы времени
Коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату, отчисления на социальное страхование, размер премий из фонда материальных поощрений	$к_1$		2,6	
Коэффициент реновации оборудования для ремонтных работ	a_1	%	11	
Коэффициент реновации на диагностическое оборудование	a_2	%	8,3	
Годовые затраты на текущий ремонт оборудования для ремонтных работ	R_1	%	6,9	
Годовые затраты на ремонт диагностического оборудования	R_2	%	2,6	
Среднее число необоснованно ремонтируемых коробок передач от программы ремонта	n_1	%	20	
Общее число ремонтируемых коробок передач	N	шт.	200	
Число диагностируемых коробок передач	n_2	шт.	200	
Нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений	E		0,15	
Часовая тарифная ставка оплаты труда обслуживающего персонала: – при ремонте – при диагностировании	 r_1 r_2	 руб. руб.	 0,39 0,45	

Заработная плата обслуживающего персонала диагностики и ремонта будет определяться следующим образом:

$$З = r \cdot n \cdot t \cdot к_1 \cdot к_2,$$

где r – часовая тарифная ставка оплаты труда обслуживающего персонала диагностики и ремонта, руб.;

n – количество обслуживающего персонала диагностики и ремонта, чел.;

t – время разборки, сборки, ремонта или диагностирования, ч.;

$к_1$ – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату, отчисления на социальное страхование, размер премий из фонда материального поощрения;

$к_2$ – коэффициент, учитывающий прочие накладные расходы ($к_2$=1,9).

Затраты на реновацию оборудования:

$$A = \frac{Б \cdot a}{N \cdot 100},$$

где $Б$ – балансовая стоимость оборудования, руб.;

a – отчисления на реновацию, %;

N – число ремонтируемых или диагностируемых коробок передач, шт.

Затраты на ремонт и планово-техническое обслуживание оборудования определяются по выражению:

$$P = \frac{Б \cdot R}{N \cdot 100},$$

где R – коэффициент отчисления на ремонт и техническое обслуживание.

Удельные капитальные вложения можно найти следующим образом:

$$K = \frac{Б}{N}.$$

Заработная плата обслуживающего персонала:

– при ремонте гидроподжимных муфт коробок передач

$$З_1 = r_1 \cdot n \cdot t_1 \cdot к_1 \cdot к_2 =$$
$$= 0,39 \cdot 2 \cdot 17,25 \cdot 2,6 \cdot 1,9 = 66,47 \text{ руб.};$$

– при диагностировании гидроподжимных муфт коробок передач

$$З_2 = r_2 \cdot n \cdot t_2 \cdot к_1 \cdot к_2 =$$
$$= 0,45 \cdot 1 \cdot 0,55 \cdot 2,6 \cdot 1,9 = 1,22 \text{ руб.};$$

Затраты на реновацию оборудования:

– при ремонте

$$A_1 = \frac{Б_1 \cdot a_1}{N \cdot 100} = \frac{725 \cdot 11}{200 \cdot 100} = 0,4 \text{ руб.};$$

– при диагностировании

$$A_2 = \frac{Б_2 \cdot a_2}{N \cdot 100} = \frac{585 \cdot 8,3}{200 \cdot 100} = 0,24 \text{ руб.};$$

Затраты на ремонт и планово-техническое облуживание оборудования:

– при ремонте

$$P_1 = \frac{Б_1 \cdot R_1}{N \cdot 100} = \frac{725 \cdot 6,9}{200 \cdot 100} = 0,25 \text{ руб.};$$

– при диагностировании

$$P_2 = \frac{Б_2 \cdot R_2}{N \cdot 100} = \frac{585 \cdot 2,6}{200 \cdot 100} = 0,08 \text{ руб.};$$

Удельные капитальные вложения:

– при ремонте

$$K_1 = \frac{Б_1}{N} = \frac{725}{200} = 3,62 \text{ руб.};$$

– при диагностировании

$$K_2 = \frac{Б_2}{N} = \frac{585}{200} = 2,92 \text{ руб.};$$

Прямые эксплуатационные затраты:

– при ремонте гидроподжимных муфт коробок передач

$$U_1 = З_1 + A_1 + P_1 = 66,47 + 0,4 + 0,25 = 67,12 \text{ руб.};$$

– при диагностировании гидроподжимных муфт коробок передач

$$U_2 = З_2 + A_2 + P_2 = 1,22 + 0,24 + 0,08 = 1,54 \text{ руб.};$$

Общие затраты потребителя за счет мероприятий по необоснованному ремонту гидроподжимных муфт коробок передач

$$П_1 = (U_1 + E \cdot K_1) \cdot n_1 =$$
$$= (67,12 + 0,15 \cdot 3,62) \cdot 10 = 676,63 \text{ руб.};$$

Общие затраты потребителя за счет диагностирования гидроподжимных муфт коробок передач

$$П_2 = (U_2 + E \cdot K_2) \cdot n_2 =$$
$$= (1,54 + 0,15 \cdot 2,92) \cdot 10 = 395,6 \text{ руб.};$$

Общий годовой экономический эффект от внедрения диагностирования гидроподжимных муфт коробок передач

$$Э = П_1 - П_2 = 676,63 - 395,6 = 281,03 \text{ руб.}$$

Расчет экономического эффекта произведен в ценах 2017 года.

Заключение

1. Существующая в настоящее время планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта не может обеспечить требуемого уровня технического состояния коробок передач, так как не учитывает индивидуальные особенности каждой машины, условия ее эксплуатации и проведенные ранее ремонтные воздействия.

2. Использование работы трения как интегрального показателя при бортовом диагностировании степени износа фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробок передач позволит оперативно, в любой период эксплуатации тракторов «БЕЛАРУСЬ», определять остаточный ресурс фрикционных дисков, прогнозировать время их замены, а также перейти к техническому обслуживанию по фактической потребности, и за счет этого исключить, с одной стороны, возможность эксплуатации технически неисправного трактора, а с другой – необоснованные материальные

и трудовые затраты при его преждевременном техническом обслуживании.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Устройство прогнозирования степени износа и величины остаточного ресурса тормозных накладок каждого колеса транспортных и тяговых машин: пат. 9122 Респ. Беларусь, МПК B60 T17/22, G01M17/00/Ю.Д. Карпиевич, В.Е. Тарасенко, Н.Н. Романюк; заявитель Бел. гос. агр. техн. ун-т. – №u20120857; заявл. 2012.10.03; опубл. 2013.01.03.

2. Опанович, В.А. Технология диагностирования машин / В.А. Опанович, Ю.Д. Карпиевич // Наука и техника. – 2012. – №2. – С. 42-52.

3. Лукин, П.П. Конструирование и расчет автомобиля: учеб. для студентов, обучающихся по специальности «Автомобили и тракторы» / П.П. Лукин, Г.А. Гаспарянц, В.Ф. Родионов. – М.: Машиностроение, 1984. – 376 с.

4. Работа трения как интегральный показатель степени износа фрикционных накладок ведомого диска сцепления колесных и гусеничных машин / Ю.Д. Карпиевич, Ю.М. Жуковский, А.В. Захаров, Н.Г. Мальцев // Перспективные технологии и технические средства в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 11-12 апреля 2013 г.: в 2-х ч. – Ч. 2. – Минск: БГАТУ, 2013 – С. 125-128.

5. Сцепления транспортных и тяговых машин / И.Б. Барский [и др.]; под ред. Ф.Р. Геккера. – М.: Машиностроение, 1989. – 344 с.

6. Карпиевич, Ю.Д. Работа трения как интегральный показатель степени износа фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробок передач / Ю.Д. Карпиевич, В.Б. Ловкис, И.И. Бондаренко // Наука и техника. – 2014. – №2. – С. 32-35.

7. Метод диагностирования степени износа фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробок передач колесных и гусеничных машин / Ю.Д. Карпиевич [и др.] // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной ведущим ученым БГАТУ, создателям научной школы по автотракторостроению Д.А.Чудакову и В.А. Скотникову, Минск, 28-30 ноября 2013 г. – Минск: БГАТУ, 2013 – С. 66-70.

8. Способ определения времени работы двигателя внутреннего сгорания и устройство для его осуществления: пат. EA 012556 B1 / А.М. Каплунский; заявитель Белорусско-Российское ЗАО «Технотон»; заявл. 2007.11.23; опубл. 2009.10.30.

9. Мальцев, Н.Г. Современные методы контроля расхода топлива и их применение для мониторинга режимов работы автотракторной техники / Н.Г. Мальцев, Ю.Д. Карпиевич // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвященной ведущим ученым БГАТУ, создателям научной школы по автотракторостроению Д.А. Чудакову и В.А. Скотникову, Минск, 28-30 ноября 2013 г. – Минск: БГАТУ, 2013. – С. 35-39.

10 Карпиевич, Ю.Д. Развитие систем бортового диагностирования автомобилей / Ю.Д. Карпиевич, А.И. Гришкевич. – Минск, 1994. – 17 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 12.03.2018

Радиоволновой влагомер зерна

Предназначен для непрерывного измерения влажности зерна в процессе сушки на зерносушильных комплексах.

Влагомер обеспечивает непрерывный контроль влажности зерна в потоке и автоматическую коррекцию результатов измерения при изменении температуры материала, имеет аналоговый выход – 4-20 мА, а также интерфейс – RS-485.

Основные технические данные

Диапазон измерения влажности зерна	от 9 до 25 %
Основная абсолютная погрешность	не более 0,5 %
Температура контролируемого материала	от +5 до +65 °С
Цена деления младшего разряда блока индикации	0,1 %
Напряжение питания	220 В 50 Гц
Потребляемая мощность	30 ВА

УДК 331.628

ОЦЕНКА УРОВНЯ ШУМА ПРИ СТЕНДОВОЙ ОБКАТКЕ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В.Г. Андруш,
зав. каф. управления охраной труда БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

А.К. Евтух,
ассистент каф. управления охраной труда БГАТУ

Одним из наиболее опасных и вредных производственных факторов на промышленных предприятиях является шум. Исследования показали, что в условиях моторемонтного завода при стендовой обкатке наибольший уровень шума создает двигатель ЯМЗ-238. Величины превышений составляют от 7 до 30 дБ, при этом максимальные величины превышений, составляющие 28-29 дБ, наблюдаются в высокочастотной части спектра – 4000-8000 Гц.

Ключевые слова: стендовая обкатка, уровень шума, оператор, вредный фактор.

Noise is one of the most dangerous and harmful factors in production. Studies have shown that under the conditions of a motor-repair factory, at a test run, the YaMZ-238 engine generates the highest noise level. The magnitudes of the excess range from 7 to 30 dB, while the maximum values of the excess constituting 28-29 dB, are observed in the high-frequency part of the spectrum - 4000-8000 Hz.

Keywords: bench run-in, noise level, operator, harmful factor.

Введение

Обкатка и испытание двигателей внутреннего сгорания (ДВС) сопровождаются комплексным воздействием опасных и вредных производственных факторов на окружающую природную среду и на операторов испытательных станций.

Функции оператора при испытании ДВС сводятся к управлению, контролю протекания приработки, выявлению и устранению характерных неисправностей, регулировке основных технико-экономических характеристик двигателя. Продолжительность постоянного присутствия оператора на участке обкатки и испытания двигателей зависит от используемого оборудования, существующих систем управления и контроля, качества ремонта, степени автоматизации обкатки и других факторов.

Исследования функционального состояния операторов, занятых на обкатке дизельных автотракторных двигателей, показали, что к концу смены у них на 25 % увеличивается время скрытого периода двигательной реакции (на свет и звук), снижается сила (до 9,2 %) и выносливость к статическому усилию (до 29 %), увеличивается число ошибок.

Проводилось социологическое исследование по выявлению степени удовлетворенности условиями труда, определения наиболее опасных и вредных производственных факторов у операторов испытательных станций. Результаты аттестации рабочих мест показали, что из отдельных факторов условий труда, как наиболее неблагоприятных при проведении испытаний, более половины операторов (52,5 %) выделили сильный шум, 35,6 % – загазованность.

При обкатке поршневых двигателей основными источниками интенсивного шума являются: процесс сгорания топлива в цилиндрах; рабочие динамические процессы в механизмах и системах; процессы газообмена [1].

Цель настоящей работы – провести экспериментальное исследование уровня шума при стендовой обкатке автотракторных двигателей в условиях моторемонтного завода, выявить наиболее шумные режимы обкатки, определить, сколько времени и под воздействием какого максимального шума работник находится возле обкатываемого двигателя, и сравнить измеренные значения с допустимыми.

Основная часть

Для эффективного снижения эквивалентного (*LeqA*) и максимального уровня звука (*Lmax*) при обкатке двигателей внутреннего сгорания, необходимо учитывать время пребывания оператора на рабочем месте возле обкатываемого двигателя. Основными источниками интенсивного шума по мере снижения влияния на внешний шум являются:

– выпускная система;
– цилиндро-поршневая группа;
– система впуска двигателя;
– рабочие динамические процессы в механизмах и системах [2].

Если уровень шума отдельно взятого источника ниже общего уровня шума на 10 дБА и более, то снижение его шума не повлияет на общий уровень шума.

Общий уровень звукового давления и уровень звукового давления в октавных полосах частот в контрольных точках (в дБА) определяется:

$$\overline{L_A} = 10 lg \sum_{i=1}^{n} 10^{0.1 L_i - L_k}, \quad (1)$$

где L_i – средний квадратичный уровень звукового давления в октавных полосах частот, дБА;

L_k – корректированная характеристика по шкале А, дБА.

Для источников непостоянного шума устанавливаются следующие требования (СанПин 2.2.4/2.1.8.10-32-2011 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»): l_{eq} – 80 дБА, для восьмичасового рабочего дня l_{amax} – не более 110 дБА, а эквивалентный корректированный уровень шума в дБА определяется по формуле:

$$L_{eqA} = 10lg\frac{1}{8}(t_1 10^{L_{Ai}0.1L_i} + t_2 10^{L_{Ai}0.1L_i}), \quad (2)$$

где t – время воздействия шума, ч;

L_{Ai} – средний эквивалентный уровень звука в контрольных точках в дБА вычисляется по формуле, аналогичной фориуле (1);

L_i – средний квадратичный уровень звукового давления в октавных полосах частот.

Для оценки уровня шума были проведены исследования на участке испытания Слонимского моторемонтного завода с боксовой системой расположения обкаточно-испытательных стендов при обкатке двигателей Д-243, Д-260, ЯМЗ-238.

Для проведения измерения шума на рабочем месте испытателя автотракторных дизелей применяли шумомер ОКТАВА-110А 1-го класса по ГОСТ 17187-2010.

Измерения проводились при температуре, магнитных и электрических полях, допускаемых изготовителями аппаратуры. Перед началом проведения измерения проверялось соответствие условиям измерений.

При измерении шума микрофон устанавливался в местах нахождения оператора на уровне его уха. В каждой точке проводились 3 измерения по 30 секунд каждое [3]. Наибольший уровень шума создает двигатель ЯМЗ-238, превышение приходится на весь частотный спектр. Среднеоктавный уровень шума для двигателя ЯМЗ-238 составляет 107 дБА, что на 30 дБА превышает допустимые уровни шума. Уровни шума превышают предельно допустимые значения в 8 октавах из 9. Величины превышений составляют от 7 до 30 дБА, при этом максимальные величины превышений, составляющие 28-29 дБА, наблюдаются по всем октавным полосам. Для определения наиболее шумного режима обкатки двигателя ЯМЗ-238 провели измерения уровней звукового давления на режимах при холодной обкатке, горячей без нагрузки и горячей под нагрузкой. Данные измерений приведены в табл. 1.

Анализ полученных данных показал, что наиболее шумным является режим горячей обкатки под нагрузкой. Среднеоктавный уровень звукового давления на режиме горячей обкатки под нагрузкой составляет 107 дБА.

В боксе с обкаточно-испытательным стендом и у пульта проводился хронометраж рабочего времени, для того чтобы определить, сколько времени и шум какой интенсивности воздействует на человека в процессе обкатки (табл. 2).

График уровней шума звукового давления на стадии обкатки представлен на рис. 1.

Из табл. 2 можно сделать вывод о том, что в процессе обкатки двигателя работник находится под постоянным воздействием повышенного уровня шума, наибольшие его значения приходятся на режим горячей обкатки под нагрузкой – 96-99 дБА.

Для изучения распространения шума при стендовой обкатке автотракторных дизелей ЯМЗ-238, построили карту распространения шумовых полей в боксе (рис. 2) по измеренным данным.

Таблица 1. Уровни звукового давления двигателя ЯМЗ-238 на разных режимах обкатки

Режимы обкатки	Октавные уровни звукового давления, Гц									Среднеоктав-ный, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Холодная обкатка	91,9	90,3	89,7	90,5	90,9	89,4	88,9	87,3	86,4	99
Горячая без нагрузки	95,8	94,7	93,9	94,3	94,1	93,9	93,2	92,1	91,7	103
Горячая под нагрузкой	98,5	96,7	95,5	96,3	96	96,1	95,9	94,3	93,2	107

Таблица 2. Хронометраж рабочего времени при обкатке двигателей

Место измерения	L_A, дБА	L_{max}, дБА	Время пребывания, ч
У пульта	81	91	4
У двигателя со стороны 1-4 цилиндра, режим холодной обкатки	88	96	0,4
У двигателя со стороны 1-4 цилиндра, режим под нагрузкой обкатки	97	102	0,6
У двигателя со стороны 5-8 цилиндра, режим холодной обкатки	87	98	1
У двигателя со стороны 5-8 цилиндра, режим под нагрузкой обкатки	99	107	1
В боксе у двери	89	94	0,4

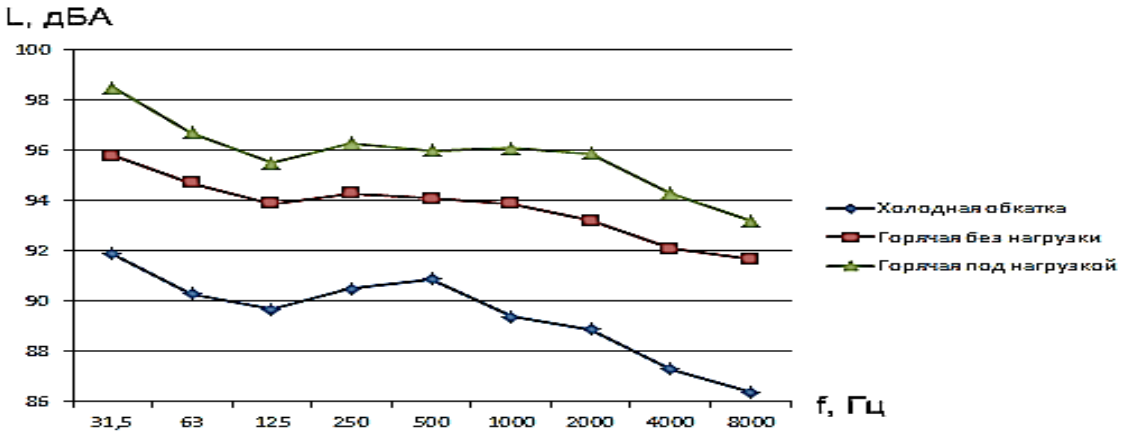


Рисунок 1. Уровни звукового давления на стадиях обкатки

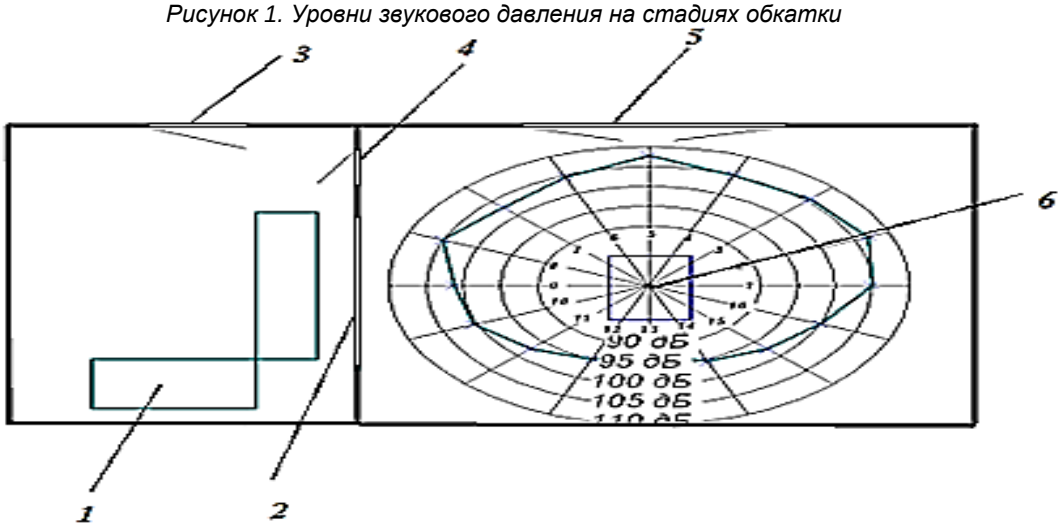


Рисунок 2. Карта распространения шумовых полей при обкатке двигателя ЯМЗ238:
1 – пульт управления обкаткой; 2 – смотровое окно; 3 – вход в комнату управления обкаткой; 4 – дверь из комнаты управления в бокс обкатки; 5 – дверь, через которую обкатываемый двигатель подается в бокс обкатки; 6 – обкатываемый двигатель

Заключение

Карта распространения шумовых полей показывает, что наибольшее распространение шума зафиксировано со стороны выпускной системы двигателя и в направлении двери, через которую обкатываемый двигатель подается в бокс обкатки. В момент обкатки двигателя среднеоктавный уровень шума в боксе непосредственно вблизи обкатываемого двигателя составляет 107 дБ, а уровень шума у пульта (на рабочем месте испытателя) – 81 дБ.

Недостаточная герметизация выпускной системы двигателя и двери, через которую обкатываемый двигатель подается в бокс обкатки, а также низкая звукоизолирующая способность ограждающих конструкций, не обеспечивают защиту оператора от воздействия повышенного уровня шума у пульта. Поэтому необходимо сократить время пребывания работника у работающего двигателя путем автоматизации обкатки и оптимизации продолжительности приработки трущихся поверхностей, также необходимы модернизация бокса для стендовой обкатки и контроль продолжительности нахождения оператора у работающего двигателя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Луканин, В.Н. Шум автотракторных двигателей внутреннего сгорания / В.Н. Луканин. – М.: Машиностроение, 1971. – 271 с.

2. Гедроить, Г.И. Снижение шума тракторов / Г.И. Гедроить, А.Ф. Безручко // Агропанорама. – 2016. – № 6. – С. 2-4.

3. Андруш, В.Г. Подходы к выбору методики измерения уровня шума при стендовой обкатке ДВС / В.Г. Андруш, А.К. Евтух // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: сб. статей II Междунар. науч.-практич. конф., Минск, 26-27 марта 2015 г. / БГАТУ; под ред. В.Я. Груданова [и др.]. – Мн: БГАТУ, 2015. – С. 196-199.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 11.07.2017

УДК 621.77.04

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАПАСНЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Н.К. Толочко,
профессор каф. технологии металлов БГАТУ, докт. ф.-м. наук, профессор

В.М. Синельников,
декан факультета предпринимательства и управления БГАТУ, канд. экон. наук, доцент

О.В. Сокол,
ст. преподаватель каф. механики материалов и деталей машин БГАТУ

П.С. Чугаев,
ст. преподаватель каф. технологии металлов БГАТУ

Т.А. Богданович,
студент факультета технического сервиса БГАТУ

Рассмотрена методология оценки целесообразности аддитивного производства запасных деталей при внеплановых ремонтах машин.
Ключевые слова: ремонт машин, запасные детали, аддитивные технологии.

The methodology for assessing the feasibility of additive production of spare parts for unscheduled repairs of machines is considered.
Keywords: repair of machines, spare parts, additive technologies.

Введение

С каждым годом растет число различных предприятий, проявляющих заинтересованность в применении аддитивных технологий (АМ-технологий – от англ. Additive Manufacturing). Главным фактором, сдерживающим их применение, является отсутствие у руководителей предприятий достаточных знаний о данных технологиях, что затрудняет оценку достоинств, недостатков и выбор наиболее приемлемых из них [1]. Сложность оценки и выбора этих технологий обусловлена их многообразием. Существует более десятка базовых АМ-технологий, различающихся расходными материалами (металлы, полимеры, керамика и др.) и процессами послойного построения изделий. Кроме того, существует большое количество разного по своим функциональным характеристикам АМ-оборудования.

В последнее время с целью содействия распространению АМ-технологий, консалтинговые компании, специализирующиеся в сфере инновационного менеджмента, начали консультировать предприятия по вопросам применения этих технологий. С другой стороны, фирмы, производящие АМ-оборудование, начали открывать собственные консалтинговые подразделения [1]. Это привело к развитию различных методологий, направленных на более активное привлечение предприятий к применению АМ-технологий. Так, известны методологии оценки экономических перспектив применения АМ-технологий [2], анализа организационных, технических, сбытовых и других факторов, стимулирующих применение АМ-технологий [3], подбора изделий, подходящих для изготовления с применением АМ-технологий [4], определения стоимости изготовления АМ-изделий [5]. Все они в обобщенном виде представлены в методологии оценки целесообразности применения АМ-технологий [1]. Ее основу составляет следующий алгоритм информационно-аналитических мероприятий:

1) ознакомление с АМ-технологиями;

2) определение возможностей изготовления изделий с применением АМ-технологий, в том числе в сочетании с традиционными технологиями;

3) анализ экономических последствий применения АМ-технологий.

При этом для повышения эффективности принимаемых решений о применении АМ-технологий предлагается использовать компьютерную систему поддержки принятия решений, позволяющую работать с базами данных, рассматривать различные сценарии развития производства с учетом соотношения производственных возможностей и требований к из-

готавливаемым изделиям, обосновывать принятие решений с помощью оптимизационных методов.

Следует отметить, что эта методология адресована в первую очередь тем предприятиям, которые планируют приобретать АМ-оборудование и, соответственно, создавать собственные производства, основанные на применении АМ-технологий. Вместе с тем имеется большое число предприятий, у которых нет необходимости в приобретении АМ-оборудования, поскольку у них в силу специфики производственной деятельности возникают лишь сравнительно редкие потребности в изготовлении единичных АМ-изделий. К ним относятся сельскохозяйственные, транспортные, мелиоративные, лесозаготовительные, дорожно-строительные и другие предприятия, имеющие в своем распоряжении сравнительно большой парк различных машин, для внепланового ремонта которых приходится приобретать запасные детали, в том числе путем их изготовления на стороне с применением АМ-технологий. При этом руководители таких предприятий должны иметь аргументированные основания для принятия соответствующих решений.

В данной статье кратко рассмотрены методологические аспекты оценки целесообразности применения АМ-технологий для изготовления запасных деталей машин при внеплановых ремонтах.

Актуальность рассматриваемых вопросов обусловлена необходимостью совершенствования методов оценки и использования АМ-технологий для обеспечения машин запчастями при их ремонте. На сегодняшний день затраты на приобретение запчастей составляют 50-70 % от стоимости ремонта [6]. При этом большинство последствий отказов машин устраняются благодаря использованию запчастей (например, у сельскохозяйственной техники они доходят до 70 %) [7]. Особенно актуально применение АМ-технологий в тех случаях, когда требуется провести ремонт техники, которая снята с серийного производства, а также в случаях, когда ожидание требуемых для ремонта запчастей приведет к длительному простою техники, что в свою очередь вызовет значительные производственные потери.

Основная часть

Внеплановые ремонты машин вызываются их отказами в работе, которые в большинстве случаев связаны с внезапным выходом из строя деталей по непредвиденным причинам. Такими причинами могут быть: нарушение правил эксплуатации машин, несвоевременное или некачественное техническое обслуживание и ремонт машин, заводской брак, стихийные бедствия и другие [8, 9].

Если вышедшие из строя детали не подлежат восстановлению, то их заменяют запасными деталями. Обычно потребности в запчастях определяются заблаговременно с помощью различных расчетных методик. Однако эти методики не позволяют достаточно точно предусмотреть все потребности в запчастях [10, 11]. Это связно с тем, что спрос на запчасти имеет неравномерную структуру, он может изменяться во времени в зависимости от сезонности, климатических условий, экономической ситуации на рынке и т.д. [10].

Несовершенство методик определения потребностей в запчастях, необоснованное снижение уровня их запасов на складе или несвоевременное пополнение ими склада могут привести к ситуациям, когда детали в процессе эксплуатации внезапно выходят из строя, а требуемые для их замены запасные детали отсутствуют на складе. В таких ситуациях предприятие, которому необходимо осуществить внеплановый ремонт, должно предпринимать меры по приобретению отсутствующих запасных деталей. Обычно предприятие их покупает, но если их покупка оказывается невозможной (например, из-за прекращения производства), то детали приходится изготавливать. Если предприятие не в состоянии изготовить их собственными силами, то оно вынуждено изготавливать их на стороне по специальным заказам. При этом предприятию важно выбрать такие технологии изготовления и такие предприятия-изготовители, чтобы можно было обеспечить требуемое качество деталей при минимальных затратах, связанных с ремонтом. В тех случаях, когда требуемые детали могут быть изготовлены с применением АМ-технологий, необходимо, прежде чем принимать соответствующее решение, оценить целесообразность применения этих технологий, для чего следует руководствоваться соответствующей методологией.

В основу такой методологии может быть положен следующий алгоритм информационно-аналитических мероприятий:

– определение принципиальных возможностей изготовления запасных деталей с применением АМ-технологий;

– определение возможных видов АМ-технологий, позволяющих изготовить запасные детали требуемого качества, в том числе в сочетании с традиционными технологиями;

– определение возможных предприятий-изготовителей запасных деталей;

– определение возможных способов доставки изготовленных запасных деталей;

– определение затрат, связанных с внеплановым ремонтом машин, для разных вариантов изготовления запасных деталей (для разных видов применяемых АМ- и/или традиционных технологий, а также для разных предприятий-изготовителей и способов доставки деталей).

Согласно этой методологии, для конкретных случаев внепланового ремонта, решения о целесообразности применения АМ-технологий для изготовления за-

пасных деталей по одному из возможных вариантов принимаются по результатам определения затрат, связанных с ремонтом, а именно: выбирается тот вариант изготовления, для которого затраты предприятия, осуществляющего ремонт, оказываются наименьшими.

Рассмотрим особенности выполнения перечисленных выше мероприятий.

1. Прежде чем анализировать возможные варианты изготовления запасных деталей с применением АМ-технологий, необходимо определить, подходят ли они для такого изготовления с учетом, с одной стороны, материалов, размеров и формы деталей, а с другой – возможностей АМ-технологий. Дело в том, что АМ-технологии позволяют создавать детали из ограниченного числа материалов. Кроме того, АМ-оборудование имеет ограниченные размеры рабочей зоны, которыми определяются максимально возможные размеры изготавливаемых деталей. Вместе с тем, с помощью АМ-технологий можно создавать детали весьма сложных форм, какие трудно обеспечить используя традиционные технологии. В этом состоит одно из главных преимуществ АМ-технологий, которое следует принимать во внимание при принятии решений об изготовлении деталей с применением этих технологий.

2. Для АМ-технологий существуют определенные пределы в достижении точности размеров и шероховатости поверхности деталей, которые задаются толщиной слоев материала, формируемых в процессе их изготовления. В силу послойного характера построения, детали приобретают поверхностный рельеф типа «ступенчатой лестницы». Для повышения точности размеров и снижения шероховатости поверхности АМ-детали дополнительно подвергают механической обработке (в частности, фрезерованию).

Существует два подхода к изготовлению деталей с применением АМ-технологий: прямое изготовление, когда готовые детали получают непосредственно с помощью АМ-технологий, и непрямое изготовление, когда с помощью АМ-технологий получают формообразующую оснастку, которая затем используется для получения деталей традиционными технологиями (литьем, штамповкой и др.). Выбор того, или иного подхода зависит от достигаемого качества изготавливаемых запасных деталей, а также затрат, связанных с внеплановым ремонтом.

При рассмотрении АМ-технологий следует иметь в виду, что в некоторых случаях они позволяют создавать детали, превосходящие по качеству аналогичные детали, получаемые по традиционным технологиям. Это достигается, например, формированием в АМ-деталях градиентных структур, либо внесением изменений в их конструкцию, в частности, путем создания внутренних полостей (каналов) для охлаждения или облегченных сетчатых конструкций, что не всегда можно обеспечить за счет традиционных технологий [11]. Однако необходимо заметить, что такого рода усовершенствования деталей требуют проведения соответствующих испытаний, что не предусматривается в рамках решения задач срочного изготовления запасных частей для внеплановых ремонтов машин.

3. При определении возможных предприятий-изготовителей запасных деталей следует учитывать, с одной стороны, виды АМ-технологий, которые будут применяться для изготовления деталей, в том числе в сочетании с традиционными технологиями, а с другой – производственную базу предприятий. При этом не исключена возможность изготовления деталей на двух и более предприятиях. Например, на одном предприятии с помощью АМ-технологий будет создаваться литейная оснастка, после чего на другом предприятии с помощью этой оснастки будут создаваться литые детали [11]. При такой форме организации производственного процесса полученная оснастка в определенных случаях может использоваться по мере необходимости для многократного изготовления деталей. Кроме того, следует учитывать месторасположение предприятий-изготовителей, которое может влиять на условия доставки готовых деталей на предприятие, осуществляющее внеплановый ремонт.

4. Основные характеристики процесса доставки изготовленных запасных деталей – стоимость и длительность доставки. Они зависят, как указывалось выше, от взаимного расположения предприятий-изготовителей и предприятия, осуществляющего ремонт машин (т.е. от их взаимной удаленности), а также от способов (средств) доставки деталей.

Особого учета требует длительность доставки деталей, которая, наряду с длительностью их изготовления, в значительной мере определяет длительность простоя машин в связи с ремонтом. Нередко потери основного производства от простоев машин оказываются в несколько раз выше стоимости самих запчастей, из-за отсутствия которых возникли простои [11, 13, 14].

5. Ранее, в ряде работ [15-18], рассматривались отдельные вопросы определения затрат, связанных с внеплановым ремонтом машин. С учетом этих работ, а также в соответствии с методологией, предложенной выше, затраты, связанные с внеплановым ремонтом, заключающимся в замене неисправной детали на запасную деталь, изготовленную на стороннем предприятии, можно определить в общем случае по формуле:

$$З_{Р} = З_{ВР} + П_{П}, \quad (1)$$

где $З_{ВР}$ – затраты на выполнение ремонта, руб.;

$П_{П}$ – потери из-за простоя в результате ремонта [15], ч.

$$З_{ВР} = З_{РР} + З_{ДД} + С_{Д}, \quad (2)$$

где $З_{РР}$ – затраты на проведение ремонтных работ по замене детали, руб.;

$З_{ДД}$ – затраты по доставке запасной детали с предприятия-изготовителя на предприятие, осуществляющее ремонт, руб.;

$С_{Д}$ – покупная стоимость запасной детали [15], руб.

$$З_{ДД} = З_{ДД(t)} t_{ДД}, \quad (3)$$

где $З_{ДД(t)}$ – затраты по доставке запасной детали, осуществляемой в течение единицы времени, руб.;

$t_{ДД}$ – длительность доставки запасной детали, ч.

$$П_{П} = П_{ПР} + П_{НД}, \quad (4)$$

где $П_{ПР}$ – понесенные из-за простоя расходы (зарплата рабочих основного производства за время вынужденного простоя и др. расходы), руб.;

$П_{НД}$ – неполученные из-за простоя доходы (упущенная выгода в результате простоя) [16, 17], руб.

$$П_{ПР} = П_{ПР(t)} t_{П} \quad (5)$$

и

$$П_{НД} = П_{НД\,(t)} t_{П}, \quad (6)$$

где $П_{ПР(t)}$ – расходы, понесенные из-за простоя в течение единицы времени, руб.;

$П_{НД(t)}$ – доходы, неполученные из-за простоя в течение единицы времени, руб.;

$t_{П}$ – длительность простоя, ч.

$$t_{П} = t_{РР} + t_{ИД} + t_{ДД}, \quad (7)$$

где $t_{РР}$ – длительность проведения ремонтных работ по замене детали, ч;

$t_{ИД}$ – длительность изготовления запасной детали, ч.

С учетом формул (2) – (7) формулу (10) можно представить в следующем виде:

$$З_{Р} = З_{РР} + З_{ДД(t)} t_{ДД} + С_{Д} + (П_{ПР(t)} + П_{НД\,(t)})(t_{РР} + t_{ИД} + t_{ДД}). \quad (8)$$

Проводя по формуле (1) расчет затрат, связанных с внеплановым ремонтом машин, и сравнивая полученные значения для разных вариантов изготовления запасной детали с применением АМ-технологий, можно сделать заключения о целесообразности применения одного из них, а именно того, для которого величина затрат оказывается наименьшей.

Как указывалось выше, каждый из возможных вариантов изготовления запасной детали характеризуется предварительно сделанным выбором применяемых АМ-технологий (в том числе в сочетании с традиционными технологиями), предприятия-изготовителя и способа доставки детали от предприятия-изготовителя к месту ремонта.

В формуле (8) регулируемыми параметрами являются:

– $С_{Д}$ и $t_{ИД}$ – зависят от выбранной технологии изготовления запасной детали;

– $З_{ДД(t)}$ и $t_{ДД}$ – зависят от выбранного транспортного средства доставки запасной детали, кроме того, $t_{ДД}$ зависит от удаленности выбранного предприятия-изготовителя от предприятия, осуществляющего ремонт.

С уменьшением этих параметров затраты, связанные с ремонтом машин, также уменьшаются. Следовательно, из возможных вариантов изготовления запасной детали следует выбирать тот, который приводит к уменьшению этих параметров. При этом необходимо учитывать, что влияние значения каждого из этих параметров на общую величину затрат может быть различным.

Рассмотрим для примера особенности выбора варианта изготовления запасной металлической детали с применением АМ-технологии исходя из условия минимизации затрат, связанных с ремонтом, рассчитываемых по формуле (8).

Важнейшим параметром, определяющим выбор варианта изготовления запасной детали, является ее стоимость ($С_{Д}$). В настоящее время металлические детали, получаемые с применением АМ-технологий прямого изготовления, оказываются весьма дорогими. Например, часто применяемая для этого технология SLM (Selective Laser Melting) характеризуется высокой стоимостью SLM-оборудования, а также расходных материалов в виде специально приготовленных металлических порошков [12]. Следует ожидать, что в ближайшем будущем данная проблема будет снята, поскольку по мере развития АМ-технологий их применение становится все более дешевым.

При определенных условиях может оказаться довольно выгодным изготавливать деталь по традиционным технологиям с помощью сравнительно недорогой формообразующей оснастки, полученной с применением АМ-технологий. Например, можно изготавливать деталь путем литья по выжигаемым полимерным моделям, изготовленным по Ink-Jet-технологии [12].

Немаловажным параметром, определяющим выбор варианта изготовления запасной детали, является длительность ее изготовления $t_{ИД}$, которая может быть существенно сокращена благодаря применению АМ-технологий. Особенно значительный выигрыш во времени достигается при создании с помощью АМ-технологий формообразующей оснастки.

Параметры $З_{ДД(t)}$ и $t_{ДД}$ могут оказывать влияние на выбор предприятия-изготовителя запасных деталей. На сегодняшний день во многих странах АМ-технологии еще не получили широкого распространения. Поэтому нередко приходится заказывать изготовление АМ-изделий на далеко расположенных предприятиях, в том

числе находящихся за рубежом, что приводит к увеличение значений $З_{ДД(t)}$ и $t_{ДД}$. Ожидается, что с развитием АМ-технологий будет реализована концепция распределенных производств, согласно которой предприятия, производящие АМ-изделия, будут располагаться вблизи потребителей этих изделий.

При выборе варианта изготовления запасной детали следует учитывать, что роль параметров $t_{ИД}$ и $t_{ДД}$, которыми определяется время простоя, может стать крайне важной в случае возникновения рисков получения больших убытков от простоя.

Заключение

Предложен алгоритм информационно-аналитических мероприятий по оценке целесообразности применения АМ-технологий для изготовления запасных деталей машин при внеплановых ремонтах. Рассмотрены особенности выполнения этих мероприятий с учетом современного уровня развития АМ-технологий, их достоинств и недостатков. Предложена методика расчета затрат, связанных с внеплановым ремонтом машин, для разных вариантов изготовления запасных деталей, в частности для разных видов применяемых АМ- и/или традиционных технологий, а также для разных предприятий-изготовителей и условий доставки деталей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. W. van der Haar. Assessing the appropriateness of additive manufacturing. Master thesis. University of Twente, Enschede, Netherlands, 2016. – 114 pp.

2. Weller, C. Economic Perspectives on 3D Printing. Doc. dissertation. Techn. University of Aachen, Germany, 2015. – 234 pp.

3. Mellor, S. Additive manufacturing: A framework for implementation / S. Mellor, L. Hao, D. Zhang // Int. J. Production Economics. – 2014. – Vol. 149. – P. 194-201.

4. Lindemann, C. Towards a sustainable and economic selection of part candidates for additive manufacturing / C. Lindemann, T. Reiher, U. Jahnke, R. Koch // Rapid Prototyping J. – 2015. – № 21 (2). – P. 216-227.

5. Baumers, M. Economic aspects of additive manufacturing: benefits, costs and energy consumption. Doc. thesis. Loughborough University, UK, 2012. – 266 pp.

6. Чеботарев, М.И. Проблемы и перспективы развития технического сервиса в АПК / М.И. Чеботарев, И.Г. Савин // Науч. журнал КубГАУ. – 2014. – №97 (03) . – С. 1-10.

7. Королькова, Л.И. Методы расчета показателей надежности сельскохозяйственной техники, производственных процессов ее ремонта и прогнозирование запасов: дис. … докт. техн. наук: 05.20.03 / Л.И. Корольков. – Челябинск, 2003. – 372 с.

8. Исследование причин отказов деталей зарубежной и отечественной лесозаготовительной техники / В.А. Марков [и др.] // Изв. СПбГЛТУ. – 2016. – Вып. 210. – С. 8-17.

9. Худова, А.Ю. Разработка программного средства для обеспечения запасными частями горной техники / А.Ю. Худова // Молодежь и наука: сб. матер. VIII Всерос. научно-тех. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 155-летию со дня рождения К.Э. Циолковского. – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2012 [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2012/section12.html. – Дата доступа: 17.01.2018.

10. Ходина, А.И. Создание системы автоматизированного управления пополнением склада запасных частей для предприятия по ремонту дорожно-строительной техники / А.И. Ходина // Автоматизация и управление в технических системах: сб. науч. тр. МАДИ. – М., 2012. – Вып. 2. – С. 19-21.

11. Филатов, М.И. Формирование резерва запасных частей для ремонта транспортно-технологических машин / М.И. Филатов, О.В. Юсупова // Вестник Оренбургского гос. ун-та. – 2014. – № 10 (171). – С. 213-218.

12. Зленко, М.А. Аддитивные технологии в машиностроении: пос. для инженеров / М.А. Зленко, М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш. – М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. – 220 с.

13. Головин, С.Ф. Повышение готовности машин при улучшенном сервисе / С.Ф. Головин // Механизация строительства, 2010. – № 37. – С. 9-15.

14. Симон, Д.В. Модульный принцип повышения эксплуатационной надежности зерноуборочных комбайнов: дис. … канд. техн. наук: 05.20.03 / Д.В. Симон. – Ростов-на-Дону, 2016. – 218 с.

15. Тимофеев, А.М. Повышение эффективности работы технологических комплексов машин природообустройства с учетом их надежности при обводнении торфяников: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.20.01 / А.М. Тимофеев. – Москва, 2013. – 19 с.

16. Сорвина, О.В. Контроль затрат промышленного предприятия на техническое обслуживание и внеплановый ремонт технологического оборудования на основе критериев оценки результативности ремонтного обслуживания / О.В. Сорвина // Известия ТулГУ: серия экон. и юрид. наук. – 2015. – № 4. – Ч. 1. – С. 432-436.

17. Конорева, Т.В. Методические аспекты экономического обоснования убытков компаний в результате вынужденных простоев / Т.В. Конорева, Л.Н. Гребенюк // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. – 2016. – № 3. – С. 46-52.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 08.02.2018

УДК 657.6

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЯ ПРОВЕРКИ РАСЧЕТОВ ОРГАНИЗАЦИЙ С ФОНДОМ СОЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ

Л.К. Голуб,
доцент каф. бухгалтерского учета, контроля и финансов БГЭУ, канд. экон. наук, доцент

Н.Н. Киреенко,
зав. каф. учета, анализа и аудита БГАТУ, канд. экон. наук, доцент

В статье рассмотрены методические аспекты организации внутреннего контроля в сельскохозяйственных организациях и определена последовательность осуществления проверки расчетов организаций с фондом социальной защиты населения (ФСЗН).

Ключевые слова: система внутреннего контроля, отчисления, процедуры контроля, страховые взносы, страховые выплаты.

The article deals with methodological aspects of internal control organization in agricultural organizations, the sequence of carrying out of checks' calculations of organizations with the fund of social protection of the population (FSPP) has been determined.

Keywords: the system of internal control, payments, procedures of control, insurance premiums, insurance payments.

Введение

Значительный удельный вес в платежах организаций в бюджет и внебюджетные фонды составляют обязательные страховые взносы в ФСЗН при Министерстве труда и социальной защиты. Неправильный расчет данных платежей и, как следствие, недоплата платежей в бюджет фонда влечет за собой достаточно жесткие штрафные санкции. Несмотря на определенные меры, предпринятые в целях создания условий для развития сельского хозяйства республики и привлечения инвестиций (предоставление в определенных случаях отсрочки погашения задолженности по обязательным платежам в ФСЗН, по суммам примененных экономических санкций, наложенных административных взысканий в виде штрафов и начисленных пеней), организации должны осуществлять постоянный контроль за правильностью определения сумм, подлежащих уплате в ФСЗН, и своевременным перечислением указанных взносов [1].

Для этих целей в организации должны уделить внимание нескольким аспектам работы соответствующих служб:

– организовать эффективно функционирующую систему внутреннего контроля;

– разработать документацию, позволяющую осуществлять эффективные контрольные мероприятия с учетом действующего в Республике Беларусь законодательства.

Основная часть

Необходимость эффективного функционирования системы внутреннего контроля доказана всеми теориями управления организацией. В то же время большинство руководителей уделяют все меньше внимания данному вопросу, полагаясь на компетентные органы контроля: ведомственный контроль инспекции Министерства по налогам и сборам, аудиторской организации и других. Однако обращает на себя внимание тот факт, что государство с целью повышения эффективности функционирования органов контроля в настоящее время делает основной упор на осуществление рискоориентированного контроля [2].

В связи с этим перед экономической службой сельскохозяйственных организаций вновь возникает необходимость организации эффективной системы внутреннего контроля – совокупности методов управления, организационных мер, методик и процедур, принятых и осуществляемых собственниками, руководством и другими работниками организации для обеспечения:

– достижения организацией поставленных стратегических целей и задач;

– эффективности, результативности финансовой и хозяйственной деятельности, ее платежеспособности;

– соответствия законодательству и локальным нормативным правовым актам организации совершаемых хозяйственных операций;

– эффективности управления имуществом и источниками его образования, сохранности активов;

– деятельности информационных систем, управления информационными потоками (получение и передача информации, обеспечение информационной безопасности);

– выявления, исправления и предотвращения искажений информации на уровне отчетности в целом и на уровне предпосылок ее подготовки;

– достоверности отчетности (внутренней и внешней).

Определяя форму функционирования системы

внутреннего контроля в организации, необходимо учитывать:

– сложность ее организационной структуры;

– правовую форму;

– виды и масштабы деятельности;

– целесообразность охвата контролем различных сторон деятельности;

– отношение руководства организации к контролю.

Субъектами системы внутреннего контроля сельскохозяйственной организации в зависимости от выбранной формы могут быть:

– работники, для которых выполнение контрольных процедур является прямой должностной обязанностью (сотрудники ревизионного отдела, ревизионные комиссии служб т.д.);

– административно-управленческий персонал организаций, который отвечает за управление организацией, (контроль осуществляется в связи с необходимостью эффективного управления);

– работники функциональных отделов и служб (планово-экономического, финансового, отдела кадров и т.п.), (контроль осуществляется через реализацию служебных функций должностных лиц);

– работники, осуществляющие контроль в силу производственной необходимости (например, рабочий, контролирующий качество работы оборудования);

– потребители услуг организаций.

Определив форму организации системы внутреннего контроля, необходимо выработать процедуры (совокупность методик, приемов) проведения контроля всех аспектов деятельности организации, в том числе и взаимных расчетов с бюджетом.

Порядок расчета сумм, подлежащих перечислению в ФСЗН, составляет достаточно непростую процедуру. С одной стороны, организации должны правильно определить объект для исчисления обязательных страховых взносов и рассчитать взносы, подлежащие уплате. С другой стороны, уплата обязательных страховых взносов производится за вычетом сумм расходов на выплаты, предусмотренные законодательством о государственном социальном страховании [3]. К таким выплатам относятся, в частности выплаты пособий по временной нетрудоспособности, беременности и родам, оплата ежемесячно предоставляемого по заявлению матери (другого лица), воспитывающей (воспитывающего) ребенка-инвалида в возрасте до 18 лет, одного дополнительного свободного от работы дня. Следовательно, для определения сумм, подлежащих уплате обязательных страховых взносов, нужно учесть все нормы законодательства, определяющие порядок расчета указанных выплат.

Определим последовательность проведения контрольных процедур с целью достоверного определения сумм обязательных страховых взносов, подлежащих уплате в ФСЗН сельскохозяйственными организациями.

Осуществление контроля правильности определения объекта для исчисления обязательных страховых взносов предполагает следующие процедуры:

1. Определение (в разрезе работников) сумм, подлежащих обложению взносами в ФСЗН.

2. Контроль ограничений на максимальный и минимальный размер.

3. Контроль правильности распределения сумм по отчетным периодам.

Объектом для начисления обязательных страховых взносов для работодателей и работающих граждан являются выплаты всех видов в денежном (натуральном) выражении, начисленные в пользу работающих граждан по всем основаниям независимо от источников финансирования, включая вознаграждения по гражданско-правовым договорам. Исключение составляют выплаты, на которые в соответствии с законодательством не начисляются обязательные страховые взносы [4].

Поскольку в организациях осуществляется, как правило, определенный набор выплат работникам, для проведения контроля целесообразно разработать перечень выплат, производимых в сельскохозяйственной организации, с указанием, облагается или не облагается данный вид выплат взносами в ФСЗН, имеются ли особенности обложения для данной организации или по данным выплатам.

После определения выплат, включаемых в объект для исчисления обязательных страховых взносов, необходимо провести контроль соответствия облагаемых в организации сумм установленным ограничениям.

Суммы выплат, превышающие пятикратную величину средней заработной платы работников в республике за месяц, предшествующий месяцу, за который уплачиваются обязательные страховые взносы, страховыми взносами не облагаются. В то же время сумма обязательных страховых взносов, подлежащая уплате за работающего гражданина за истекший месяц, не должна быть меньше суммы этих взносов, исчисленной из размера проиндексированной минимальной заработной платы. Для проведения контроля целесообразно построить вспомогательную таблицу, которая включала бы следующие показатели: название месяца, пятикратный размер средней заработной платы работников в республике за данный месяц (максимальное ограничение), размер проиндексированной минимальной заработной платы за данный месяц (минимальный ограничительный размер).

При исчислении обязательных страховых взносов и наличии «переходящих сумм» следует распределять суммы по разным отчетным периодам. Так, например, обязательные страховые взносы в ФСЗН по суммам отпускных, приходящихся на разные месяцы, следует рассчитывать отдельно по каждому месяцу, учитывая установленное максимальное ограничение сумм, подлежащих обложению страховыми взносами. Исходя из этого, отдельному контролю подлежат переходящие с одного отчетного периода на другой суммы выплат работникам.

Осуществив проверку правильности определения объекта для исчисления страховых взносов, необходимо, с учетом установленных ставок, проверить правильность определения сумм страховых платежей, подлежащих уплате организацией, а также правильность производимых удержаний из заработной платы работников.

При определении объекта для исчисления страховых взносов в ФСЗН, сельскохозяйственным организациям следует учесть ряд выплат, которые необходимо включать в расчет данных платежей. Так, осуществляя проверку, следует обратить внимание на правильность определения объекта для исчисления страховых выплат, в состав которых включаются выплаты, произведенные как в денежном, так и натуральном выражении. Соответственно, при выдаче сельскохозяйственной организацией работникам продукции в порядке натуральной оплаты труда, ее стоимость должна включаться в расчет страховых взносов. Кроме того, контролер должен проверить правильность производимых расчетов при привлечении на сельскохозяйственные работы учащихся, других лиц и выплате непосредственно им заработной платы, так как ее суммы также должны облагаться обязательными страховыми взносами. В то же время организации, принимающие студенческие отряды, освобождаются от уплаты обязательных страховых взносов на случай достижения пенсионного возраста, инвалидности и потери кормильца (пенсионное страхование) для работодателей в бюджет ФСЗН в части выплат, начисленных в пользу участников студенческих отрядов [6].

После проверки правильности определения сумм, подлежащих уплате в ФСЗН, необходимо осуществить контроль правильности выплат, зачтенных в счет уплаты обязательных страховых платежей. Наиболее распространенными выплатами, производимыми сельскохозяйственными организациями, являются выплаты пособий по временной нетрудоспособности, беременности и родам. Такие расчеты осуществляются на основании листков нетрудоспособности, которые должны быть оформлены в соответствии с установленными требованиями. Поскольку не принимаются к зачету в счет обязательных страховых взносов расходы на выплату пособий, исчисленных на основании листков нетрудоспособности, оформленных с нарушением установленных требований, необходимо осуществлять проверку правильности оформления принятых для расчета пособий листков нетрудоспособности. При осуществлении контроля следует обратить внимание на листки нетрудоспособности, имеющие исправления – на одном бланке допускается не более двух исправлений. Каждое исправление должно быть заверено подписью и печатью лечащего врача и печатью организации здравоохранения «Для листков нетрудоспособности и справок».

В установленных случаях решение о назначении пособия и его размере принимается созданной в организации комиссией по назначению государственных пособий семьям, воспитывающим детей, и пособий по временной нетрудоспособности. К таким случаям относятся случаи назначения пособия при утрате трудоспособности в связи с травмой в быту, нарушении пациентом режима, предписанного врачом, и другие. Решение комиссии о назначении (отказе в назначении) государственных пособий должно быть оформлено протоколом заседания комиссии. Соответственно при проведении контроля необходимо проверить наличие протоколов заседания комиссии, а также правильность и обоснованность принятых ею решений. Отсутствие в организации комиссии, а также принятие решений о назначении пособий без участия комиссии в случаях, когда такое решение необходимо, может быть расценено как исчисление пособий с нарушением законодательства.

При проведении контроля правильности назначения пособий необходимо не только проверить алгоритм их расчета, но и обратить внимание на ряд вопросов, при решении которых зачастую допускаются нарушения (типовые ошибки) (табл. 1).

Исчисленную сумму страховых взносов необходимо уплатить в установленные сроки. Соответственно, необходимо проверить своевременность и полноту перечисления страховых взносов в ФСЗН. Для сбора и систематизации проверяемой информации целесообразно использовать вспомогательную таблицу следующей формы (табл. 2).

Таблица 1. Объекты проверки при проведении внутреннего контроля правильности исчисления пособий по временной нетрудоспособности

Вопросы, подлежащие контролю	Последствия решения вопроса
Уплачивались ли за работника обязательные страховые взносы 6 месяцев и более.	Если страховые взносы за работника (или им самим) уплачивались менее, чем за 6 месяцев, пособие назначается в минимальном размере (за исключением установленных случаев). В данном случае не имеет значения, в течение какого времени работник работает в данной организации (менее 6 месяцев или более).
Правильно ли определен день, с которого следует назначать пособие.	Не всегда первый день освобождения от работы, согласно листку нетрудоспособности, является первым днем, с которого назначается пособие.
Правильно ли определен расчетный период для определения размера пособия.	Из расчетного периода должны быть исключены все дни, когда работник освобождался от работы в соответствии с законодательством (дни отпуска, временной нетрудоспособности и т.д.).
Правильно ли определены выплаты, включаемые в расчет пособий.	Из состава выплат, включаемых в расчет пособий, следует исключить выплаты, не носящие характер оплаты труда, выплаты единовременного характера, а также выплаты, которые не облагаются взносами в ФСЗН.
Правильно ли определены выплаты, включаемые в расчет пособий.	Из состава выплат, включаемых в расчет пособий, следует исключить выплаты, не носящие характер оплаты труда, выплаты единовременного характера, а также выплаты, которые не облагаются взносами в ФСЗН.

Продолжение таблицы 1

Вопросы, подлежащие контролю	Последствия решения вопроса
Во всех ли случаях проводится проверка размера исчисленного пособия на минимальную величину и правильность применения данной величины.	Размер пособия не должен быть ниже установленного минимального размера пособия. При его применении не применяется норма о том, что за первые 12 календарных дней пособие назначается в размере 80 %. Кроме того, при определении пособия в минимальном размере должен осуществляться его перерасчет при изменении бюджета прожиточного минимума в среднем на душу населения.
Осуществляется ли проверка размера пособия на максимальный размер.	В данном случае следует обратить особое внимание на размер пособия по беременности и родам, назначенного женщинам, работающим по гражданско-правовому договору. Размер такого пособия не должен превышать суммы обязательных страховых взносов, уплаченных в бюджет ФСЗН с вознаграждения, из которого исчислялось пособие.

Таблица 2. Вспомогательная ведомость проверки своевременности и полноты расчетов с ФСЗН

Период, за который перечисляются взносы	Следует перечислить согласно законодательству, руб., коп.	Фактически перечислены, руб., коп.	Наличие отклонений (+/-), руб., коп.	Пояснения (примечания)
Январь 2017 г.				
Февраль 2017 г.				
и т.д.				

При определении сроков уплаты страховых взносов необходимо учитывать то, что они должны быть уплачены не позднее наиболее ранней даты установленного в организации дня выплаты заработной платы за истекший месяц, или 20-го числа месяца, следующего за истекшим.

Несвоевременное перечисление страховых взносов влечет не только уплату пеней, но и применение административных взысканий.

Заключение

Таким образом, организация в соответствии с утвержденными ею локальными нормативными правовыми актами организовывает систему внутреннего контроля, соответствующую задачам и стратегии сельхозорганизации и обеспечивающую надлежащий уровень финансовой надежности и информационной безопасности. Деятельность по внутреннему контролю организации должна находить отражение практически во всех действиях ее руководства: в корпоративной политике, устной и письменной документации, а также принятии решений.

Для решения поставленных задач, в организации должны быть разработаны и утверждены локальные нормативные правовые акты, содержащие методики и процедуры внутреннего контроля, которые должны быть последовательными, иметь степень детализации, соответствующую масштабам и сложности деятельности организаций. Разработав такие документы, организации необходимо периодически (может быть ежегодно) подвергать их проверке на актуальность, и по результатам оценки вносить соответствующие дополнения или изменения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. О некоторых вопросах сельскохозяйственных организаций: Указ Президента Респ. Беларусь, 24 января 2011 г., № 34.

2. О совершенствовании контрольной (надзорной) деятельности в Республике Беларусь: Указ Президента Респ. Беларусь, 16 октября 2009 г., № 510 (ред. от 13.02.2017).

3. Положение об уплате обязательных страховых взносов, взносов на профессиональное пенсионной страхование и иных платежей в бюджет государственного внебюджетного фонда социальной защиты населения Республики Беларусь: утв. Указом Президента Респ. Беларусь, 16 января 2009 г., № 40.

4. Об утверждении перечня выплат, на которые не начисляются взносы по государственному социальному страхованию, в том числе по профессиональному пенсионному страхованию, в бюджет государственного внебюджетного Фонда социальной защиты населения Республики Беларусь и по обязательному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в Белорусское республиканское унитарное страховое предприятие «Белгосстрах»: постан. Совета Министров Респ. Беларусь, 25 января 1999 г., № 115.

5. Об организации деятельности студенческих отрядов на территории Республики Беларусь: Указ Президента Респ. Беларусь, 16 апреля 2012 г., № 181.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 19.10.2017

УДК 338.43: 631.4

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ВЕРМИКУЛЬТИВИРОВАНИЯ

В.В. Липницкая,
доцент каф. экономической теории и права БГАТУ, канд. экон. наук, доцент

З.Г. Близнюк,
ст. преподаватель каф. экономической теории и права БГАТУ

В.Б. Григорьева,
ст. преподаватель каф. экономической теории и права БГАТУ

В статье рассмотрена возможность экологизации сельскохозяйственного производства на основе вермикультивирования с привлечением венчурного капитала, как фактора, обеспечивающего эффективное и устойчивое развитие аграрной сферы в условиях современной рыночной среды.

Ключевые слова: устойчивое развитие аграрной сферы, биологизация сельскохозяйственного производства, вермикультивирование, вермикультура, биогумус, биомасса червей, венчурные фонды, венчурное инвестирование, кластер.

The article deals with the possibility of ecologizing of agricultural production on the basis of vermiculturing with the involvement of venture capital as a factor ensuring effective and sustainable development of the agrarian sector in the conditions of the modern market environment.

Keywords: sustainable development of the agricultural sector, biological agricultural production, vermicultivation, vermiculture, vermicompost, biomass of worms, venture capital funds, venture investment, cluster.

Введение

Современное сельское хозяйство является одной из отраслей экономики, которая оказывает огромное воздействие на окружающую среду. Сохраняющиеся в настоящее время тенденции формирования техногенного, природоразрушающего типа развития ведут к экологическому кризису в сельском хозяйстве. В силу этих обстоятельств, возникшие противоречия между экономической целесообразностью и экологической безопасностью требуют пересмотра сложившейся техногенной концепции развития АПК. Альтернативой традиционному сельскому хозяйству должно стать органическое (экологическое, биологическое) производство как форма ведения сельского хозяйства, в рамках которой происходит сознательная минимизация использования минеральных удобрений, пестицидов, регуляторов роста растений и кормовых добавок.

Целью данной статьи является теоретическое обоснование эффективности экологизации сельскохозяйственного производства на основе вермикультивирования с использованием венчурного капитала, как фактора, обеспечивающего эффективное и устойчивое развитие аграрной сферы в условиях современной рыночной среды.

Основная часть

В существующих условиях, когда органическое сельское хозяйство рассматривается как фактор устойчивого развития, особенно актуальным становится обоснование конкурентоспособности органических технологий производства на основе комплексного подхода с учетом экологической, экономической и социальной составляющих.

В отечественной агроэкономической науке теоретическая база по экологизации сельскохозяйственного производства применительно к специфике рыночных отношений только складывается. Анализ литературы по данной проблеме [1, 3] показал, что в экономическом аспекте проблема экологизации сельскохозяйственного производства рассматривается, как правило, с точки зрения экономического ущерба от несоблюдения экологических требований предприятиями, отсутствуют методологические подходы, позволяющие рассматривать экологизацию сельскохозяйственного производства как систему взаимосвязанных социально-экономических и организационно-технологических процессов. Нерешенными остаются теоретические и методологические вопросы, касающиеся формирования механизма перехода сельскохозяйственных предприятий на экологические методы хозяйствования.

По мнению авторов, одной из мер по улучшению экологической обстановки и изменению технико-технологической основы производства выступает вермикультивирование (от vermes – червь), т.е. промышленное разведение некоторых форм дождевых червей в искусственно созданных для этого условиях.

Данная агротехнология уже более полувека активно внедряется в мировой практике. А такие страны, как Япония, Южная Корея и другие, которые на государственном уровне внедрили вермитехнологии в свою экономику, за 10-15 лет на порядок подняли жизненный уровень всего населения. Кроме того, в местах переработки органических отходов вермикультурой кардинально и в лучшую сторону меняется экологическая ситуация.

Проведенный авторами анализ показал, что Беларусь располагает благоприятными условиями для внедрения технологии вермикультивирования. К факторам, способствующим внедрению данной агротехнологии, следует отнести наличие значительных объемов органических отходов растительного и животного происхождения, существование заброшенных помещений коровников, свинарников и т.п., которые недорого и довольно просто переделать в вермикультиваторы, имеющиеся на вооружении аграрного сектора энерго- и ресурсосберегающие технологии производства сельскохозяйственной продукции, а также емкий продовольственный рынок. К негативным условиям широкого внедрения вермикультивирования в республике следует отнести высокие расходы на отопление помещений в зимний период и особенно арефлексия потенциала и принципов партнерства государства и частного бизнеса, отсутствие заинтересованности государства в развитии альтернативных технологий и чрезмерное увлечение аграрного сектора республики минеральными удобрениями. До сих пор также не сложились ни внутренний, ни внешний рынки сбыта продуктов вермикультивирования (биогумуса, грунта на основе биогумуса и биомассы червей), которые при правильном подходе могут стать источником дополнительного дохода аграрного сектора Беларуси.

Для экономического обоснования возможности и целесообразности широкого распространения вермикультивирования в Республике Беларусь был произведен расчет себестоимости продуктов вермикультивирования (биогумуса и биомассы червя). Основываясь на предположении, что ежесуточная переработка кормового субстрата составит приблизительно 10 кг с 1 м^2, ежесуточный сбор биогумуса составит 6 кг с 1 м^2. Следовательно, для получения 1т биомассы червя в сутки с учетом организации технологических проездов потребуется около 2000 м^2 производственных площадей. При этом наилучшим помещением для круглогодичного выращивания вермикультуры может служить здание, построенное по типу овощехранилища, либо перекрытая и утепленная силосная яма с высотой потолка не более 2,5 м. Источником корма для червей в наших расчетах является навоз, который, как известно, в Беларуси стоит 3,5 доллара за 1 т, и его выход в среднем на все поголовье животных составит около 52,0 млн т.

Проведенные расчеты показали высокую конкурентоспособность биомассы червя и биогумуса не только на внутреннем, но и на внешнем рынке. Себестоимость производства биогумуса при самых неблагоприятных условиях в Беларуси составляет около 45 долларов США за 1 т, в то время как мировые цены за 1 т качественного биогумуса находятся в пределах от 400 до 2000 долларов. Производство биомассы червей при ее себестоимости в республике 600-670 долларов за 1 т животного белка также экономически выгодно, т.к. это дешевле цены приобретения 1 т соевого и молочного белка и рыбной муки за рубежом. Расчеты показали, что замещение соевого шрота и рыбной муки биомассой червя в животноводстве Беларуси обеспечит годовой экономический эффект в размере 71,5 млн долларов США, что позволит поднять на более высокий уровень отрасль животноводства.

Однако для широкомасштабного внедрения технологии вермикультивирования, как инновационного проекта, требуются значительные финансовые ресурсы. В настоящее время существуют различные способы их финансирования, такие как банковские кредиты, различные виды инвестиций, лизинг и др.

Наши исследования показали, что белорусские инвесторы предпочитают вкладывать средства в бизнес с быстрой оборачиваемостью, в пределах 3-х месяцев. Технологический цикл вермипроизводства составляет один год. Иностранные инвесторы требуют гарантий государства, однако в настоящее время Беларусь не проявляет интереса к вермитехнологиям.

Поэтому, по мнению авторов, в условиях ограниченности инвестиций венчурное финансирование представляется на сегодняшний день наиболее реальным и подходящим способом финансирования проекта по экологизации аграрного сектора экономики. Невзирая на то, что венчурный капитал ассоциируется, прежде всего, с инвестициями в высокотехнологические сферы деятельности, сегодня знаковые венчурные компании видят также многообещающие перспективы в сельском хозяйстве.

Движущей силой инвестирования в агротехнологии является растущий спрос на продовольственные товары в мировом масштабе, который побуждается глобальным ростом населения (по оценкам экспертов, население планеты достигнет

10 млрд человек к 2050 году). Помимо роста населения, повышается уровень и качество жизни во многих странах. В таких странах, как Китай и Индия, население начинает потреблять больше белковой продукции и, в частности, мяса [2].

В настоящее время инвесторы из Силиконовой Долины оценивают агротехнологии как мультитриллионный рынок, который созрел для внедрения более эффективных и экологических решений в сельском хозяйстве на всех уровнях. Если посмотреть последние отчеты организации AgFunder, которая проводит мониторинг работы венчурных инвестиционных фондов в сфере AgTech, можно увидеть, что всего лишь за три года финансирование в сфере агротехнологий выросло почти в 10 раз – до 4,6 млрд долларов в 2015 году. И если объемы инвестирования в 2016 году немного замедлились в сравнении с прошлым годом, то количество инвесторов возросло на 52 % – это произошло из-за большего числа заключенных сделок [2]. Всего на начало 2016 года в мире было около 13 венчурных фондов с капиталом в 1 млрд долларов, у которых основные инвестиции приходятся именно на сферу AgTech. Ожидается, что к 2050 году финансирование агротехнологий увеличится до 10 млрд долларов [3].

Однако ввиду слабой развитости инфраструктуры венчурного рынка Беларуси, и, в частности небольшого количества венчурных фондов, инкубаторов и профессиональных бизнес ангелов, ожидать финансовой поддержки от венчурных игроков в данный момент не приходится. Агротехнологии не являются приоритетным объектом инвестирования ни у одного из белорусских венчурных фондов. Поэтому следует целенаправленно формировать у предпринимателей интерес к развитию агротехнологий, а для того чтобы венчурные игроки проявили интерес своими инвестициями, следует систематически проводить работу по наращиванию технологического уровня развития аграрного сектора. Кроме того, в Беларуси целесообразно использовать опыт стран ЕС и мира по организации венчурного инвестирования в агротехнологии по производству органических продуктов, а также при разработке мероприятий и документов, обеспечивающих развитие производства и сбыта органических продуктов.

Для широкомасштабного внедрения вермикультивирования, по мнению авторов, целесообразно использовать кластерный подход, который может быть достаточно эффективным при выстраивании траектории развития органического земледелия аграрного сектора на региональном и районном уровнях. Взаимосвязь различных производственных структур посредством формирования устойчивых вертикальных и горизонтальных связей, использование современных информационных технологий, инновационных подходов позволит АПК достичь конкурентного уровня развития производства.

Привлечение венчурных инвесторов в целом, а также поддержание ими кластерных организаций будет способствовать повышению квалификации кадров, налаживанию внедренческой инфраструктуры для инноваций, а также реальному привлечению научных сотрудников и других лиц к различному роду изобретений, а, следовательно, эффективному развитию инновационной деятельности, как в АПК, так и иных сферах агропромышленного комплекса, а значит, создания верного источника долгосрочного экономического роста.

Заключение

У органического сельского хозяйства есть безусловный потенциал и перспективы развития, которые обеспечат создание эффективных аграрных производств с учетом принципа экологизации производства. Органический подход открывает новые пути мышления и инновационные решения в аграрной сфере экономики. Крайне низкая активность инновационной деятельности в аграрном секторе экономики Беларуси связана с несовершенством организационно-экономического механизма освоения новых технологий. Это усугубляет деградацию отраслей комплекса, ведет к росту себестоимости и низкой конкурентоспособности продукции, тормозит социально-экономическое развитие сельской местности, резко снижает качество жизни на селе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вермикомпостирование и вермикультивирование как основа экологического земледелия в XXI веке: проблемы, перспективы, достижения / С. Л. Максимова [и др.]. – Минск: Институт зоологии НАН Беларуси, 2010. – 164 с.

2. Главный обзор рынка AgTech 2016 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://aggeek.net/ru/markets/id/glavnyj-obzor-rynka-agtech-2016-goda-274. – Дата доступа: 05.06.2017.

3. Перспективы венчурного инвестирования технологических проектов в АПК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http: //agronews.ua/node/62559. – Дата доступа: 05.06.2017.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 03.08.2017

Правила для авторов

1. Журнал «Агропанорама» помещает достоверные и обоснованные материалы, которые имеют научное и практическое значение, отличаются актуальностью и новизной, способствуют повышению экономической эффективности агропромышленного производства, носят законченный характер. Статьи публикуются на русском языке.

Приказом ВАК от 4 июля 2005 г. № 101 (в редакции приказа ВАК от 2.02.2011 г. № 26) журнал «Агропанорама» включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным (зоотехния) наукам.

2. Объем научной статьи, учитываемой в качестве публикации по теме диссертации, должен составлять, как правило, не менее 0,35 авторского листа (14000 печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и др.), что соответствует 8 стр. текста, напечатанного через 2 интервала между строками (5,5 стр. в случае печати через 1,5 интервала).

Рукопись статьи, представляемая в редакцию, должна удовлетворять основным требованиям современной компьютерной верстки. К набору текста и формул предъявляется ряд требований:

1) рукопись, подготовленная в электронном виде, должна быть набрана в текстовом редакторе Word версии 6.0 или более поздней. Файл сохраняется в формате «doc»;

2) текст следует сформатировать без переносов и выравнивания правого края текста, для набора использовать один из самых распространенных шрифтов типа Times (например, Times New Roman Cyr, Times ET);

3) знаки препинания (.,!?:;...) не отделяются пробелом от слова, за которым следуют, но после них пробел обязателен. Кавычки и скобки не отделяются пробелом от слова или выражения внутри них. Следует различать дефис«-» и длинное тире «–». Длинное тире набирается в редакторе Word комбинацией клавиш: Ctrl+Shift+«-». От соседних участков текста оно отделяется единичными пробелами. Исключение: длинное тире не отделяется пробелами между цифрами или числами: 1991-1996;

4) при наборе формул необходимо следовать общепринятым правилам:

а) формулы набираются только в редакторе формул Microsoft Equation. Размер шрифта 12. При длине формулы более 8,5 см желательно продолжение перенести на следующую строчку;

б) буквы латинского алфавита, обозначающие переменные, постоянные, коэффициенты, индексы и т.д., набираются курсивом;

в) элементы, обозначаемые буквами греческого и русского алфавитов, набираются шрифтом прямого начертания;

г) цифры набираются шрифтом прямого начертания;

д) аббревиатуры функций набираются прямо;

е) специальные символы и элементы, обозначаемые буквами греческого алфавита, использованные при наборе формул, вставляются в текст только в редакторе формул Microsoft Equation.

ж) пронумерованные формулы пишутся в отдельной от текста строке, а номер формулы ставится у правого края.

Нумеруются лишь те формулы, на которые имеются ссылки в тексте.

3. Рисунки, графики, диаграммы необходимо выполнять с использованием электронных редакторов и вставлять в файл документа Word. Изображение должно быть четким, толщина линий более 0,5 пт, размер рисунка по ширине: 5,6 см, 11,5 см, 17,5 см и 8,5 см.

4. Цифровой материал должен оформляться в виде таблиц. Каждая таблица должна иметь заголовок и номер (если таблиц несколько). Рекомендуется установить толщину линии не менее 1 пт. В оформлении таблиц и графиков не следует применять выделение цветом, заливку фона.

Фотографии и рисунки должны быть представлены в электронном виде в отдельных файлах формата *.tif или *.jpg с разрешением 300 dpi.

Научные статьи, публикуемые в изданиях, включенных в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований, должны включать:

индекс УДК;

название статьи;

фамилию и инициалы, должность, ученую степень и звание автора (авторов) статьи;

аннотацию на русском и английском языках;

ключевые слова на русском и английском языках;

введение;

основную часть, включающую графики и другой иллюстративный материал (при их наличии);

заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;

список цитированных источников;

дату поступления статьи в редакцию.

В разделе «Введение» должен быть дан краткий обзор литературы по данной проблеме, указаны не решенные ранее вопросы, сформулирована и обоснована цель работы.

Основная часть статьи должна содержать описание методики, аппаратуры, объектов исследования и подробно освещать содержание исследований, проведенных авторами.

В разделе «Заключение» должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.

Дополнительно в структуру статьи может быть включен перечень принятых обозначений и сокращений.

5. Литература должна быть представлена общим списком в конце статьи. Библиографические записи располагаются в алфавитном порядке на языке оригинала или в порядке цитирования. Ссылки в тексте обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

6. Статьи из научно-исследовательских или высших учебных заведений направляются вместе с сопроводительным письмом, подписанным директором и приложенной экспертной справкой по установленной форме.

7. Статьи принимаются в электронном виде с распечаткой в одном экземпляре. Распечатанный текст статьи должен быть подписан всеми авторами. В конце статьи необходимо указать полное название учреждения образования, организации, предприятия, ученую степень и ученое звание (если есть), а также полный почтовый адрес и номер телефона (служебный или домашний) каждого автора.

8. Авторы несут ответственность за направление в редакцию статей, опубликованных ранее или принятых к печати другими изданиями.

9. Плата за опубликование научных статей не взимается.

10. Право первоочередного опубликования статей предоставляется лицам, осуществляющим послевузовское обучение (аспирантура, докторантура, соискательство), в год завершения обучения.

Авторские материалы для публикации в журнале «Агропанорама» направляются в редакцию по адресу:

220023, г. Минск, пр-т Независимости, 99, корп. 5, к. 602; 608. БГАТУ

Технология получения смазочно-охлаждающего технологического средства на основе отходов масложирового производства

Предназначена для приготовления смазочно-охлаждающего технологического средства (СОТС) при финишной абразивной обработке поверхностей деталей машин.

Основное достоинство СОТС: изготавливается на базе отходов жирового производства предприятий АПК, что приводит к значительному уменьшению отходов путем более глубокой переработки (до 95 %) исходного продукта.

Технология внедрена в ОАО «Гомельский моторoремонтный завод».

Физико-химические показатели СОТС на основе отходов масложирового производства

Плотность, кг/м^3	950-1000
pH 5 % эмульсии	8-9
Вязкость кинематическая, мм^2/с	20-30
Число омыления, мг КОН на 1 г масла	20-30
Размер частиц эмульсий, мкм	1-5
Массовая доля золы, %, не более	0,05
Массовая доля механических примесей, %, не более	0,05