

- 12 янв. 2012 г., № 37 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2012. – № 10. – 5/35113.
4. Лапотко, А.М. Конверсия кормов в производстве молока. Как повысить ее эффективность / А.М. Лапотко // Белорусское сельское хозяйство. – 2008. – № 5 (73). – С. 67.
5. Siloking: просто, разумно кормить [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.siloking.com>. – Дата доступа: 18.05.2012.
6. Тенденции развития сельскохозяйственной техники за рубежом. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 144 с.
7. Agrartechnik [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agrartechnik.agrarheute.com/>. – Дата доступа: 11.05.2012.

УДК 631.363

П.В. Авраменко

(УО «БГАТУ»,

г. Минск, Республика Беларусь)

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ КОНСЕРВАНТОВ В КОРМОВУЮ МАССУ

Введение

Увеличение производства продукции животноводства в Республике Беларусь невозможно без бесперебойной обеспеченности высококачественными кормами. Это делает заготовку кормов с сохранением их биологической и энергетической ценности одной из важнейших задач кормопроизводства [1, с. 29].

Наиболее эффективным способом снижения потерь и повышения качества заготавливаемого корма является интенсификация процесса подкисления корма путем обработки его химическими или биологическими консервантами. Кроме того, внесение консервантов позволяет повысить поедаемость кормов, снизить потери питательных и энергетических веществ, снизить огрехи в технологической цепочке заготовки. Добавление консервантов обеспечивает получение высококачественного силоса при любых погодных условиях [2, с. 105; 3].

Однако эффективность применения консервантов зависит от качества их внесения в измельченную растительную массу, которое определяется такими показателями, как отклонение от заданной дозы и равномерность распределения консерванта в обрабатываемом корме [4]. Ведущая роль в этом процессе принадлежит принятому способу внесения.

В последние годы в Республике Беларусь для обеспечения своевременной заготовки высококачественных кормов происходит интенсивное насыщение парка кормоуборочной техники современными высокопроизводительными кормоуборочными комбайнами отечественного и зарубежного производства [5].

Особенностью внесения консервантов на кормоуборочных комбайнах нового поколения является то, что процесс смешивания длится доли секунд, за которые консервант необходимо подать в пневмокормовой поток, обладающий высокими скоростными характеристиками (более 68 м/с), что приводит к высокой неравномерности внесения и потерям рабочей жидкости. Действующими агротехническими требованиями не допускается неравномерность внесения более 20 %. На практике для кормоуборочных комбайнов с высокой пропускной способностью этот показатель доходит до 30 % и более, что нельзя признать удовлетворительным. Косвенным свидетельством этого являются значительные объемы низкокласного и внекласного корма, ежегодно заготавливаемого в стране.

Вопросами внесения жидких консервантов в пневмокормовой поток на кормоуборочном комбайне занимался ряд ученых [6, 7, 8]. Исследовался диапазон скоростей потока $30\text{--}38 \text{ м/с}$.

Известны работы [9, 10], посвященные решению частной задачи по внесению консерванта в движущийся пневмокормовой поток в смесителе-разравнивателе. Исследовался диапазон скоростей потока $14\text{--}21 \text{ м/с}$.

Результаты данных работ в настоящее время имеют ограниченное применение, так как выполнены на кормоуборочных машинах (снятых с производства) с пропускной способностью в диапазоне от 1 до 8 кг/с . Современные кормоуборочные комбайны имеют пропускную способность от 11 до 41 кг/с и более, а также иную конфигурацию технологического тракта и существенно более высокую скорость пневмокормового потока – $38\text{--}68 \text{ м/с}$.

Автором данной работы исследовался характер взаимодействия факела распыла жидкого консерванта с высокоскоростным пневмокормовым потоком и определялись основные конструктивные и технологические параметры системы впрыска.

Основная часть

Рассмотрим силосопровод (рисунок 16), который представляет собой изогнутый желоб и имеет прямоугольное сечение. В нижней части желоба прикреплена распылительная форсунка, через которую вносится консервант. Предположим, что в начальный момент времени $t_0 = 0$ распылитель находится в начале координат $O(0, 0, 0)$, направление оси Ox совпадает с направлением струи консерванта, направление оси Oy совпадает с направлением пневмокормового потока, который движется вдоль боковой поверхности, а ось Oz перпендикулярна выбранным плоскостям.

Согласно рисунку 16, общая неравномерность внесения консерванта в пневмокормовой поток, движущийся по силосопроводу кормоуборочного комбайна, состоит из неравномерностей распределения консерванта в трехмерном пространстве по осям Ox , Oy , Oz , то есть

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2},$$

где v_x, v_y, v_z – неравномерность распределения консерванта по осям $Ox, Oy, Oz, \%$.

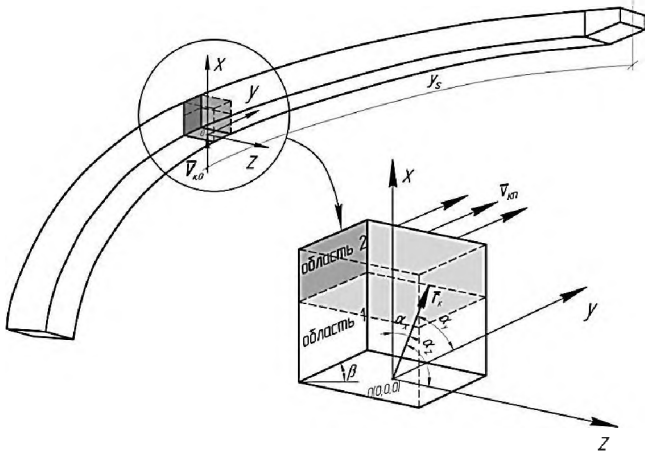


Рисунок 16 – Расчетная схема процесса внесения жидкого консерванта в силосопровод

Рассмотрим направления распространения факела консерванта в потоке. Согласно предварительным испытаниям установлено, что в направлении оси Oz при использовании форсунки с равномерным факелом распыла неравномерность распределения жидкости по ширине факела находится в диапазоне 3–4 %. Неравномерность внесения консерванта в направлении оси Oy при работе кормоуборочного комбайна на номинальном режиме загрузки двигателя составляет 7–8 %; в направлении оси Ox (предполагается распространение и распределение консерванта в поперечной плоскости потока) имеет место наибольшая неравномерность внесения – 28–34 %.

Таким образом, для снижения неравномерности внесения консерванта необходимо исследовать его распределение по оси Ox .

В работах [9, 10] получена зависимость, связывающая распределение консерванта в пневмокормовом потоке с глубиной его проникновения по оси Ox (при скоростях пневмокормового потока $v_{кн} = 14–21 \text{ м/с}$):

$$m_{\kappa}(x) = m_{\kappa,0} (1 - e^{-k_{\kappa} x_{\kappa} / a_{кн}}), \quad (1)$$

где $m_{\kappa,0}$ – начальная масса консерванта, кг;

k_{κ} – экспериментальный коэффициент;

x_{κ} – глубина проникновения консерванта м;

$a_{кн}$ – структурный параметр пневмокормового потока, м.

Распределение консерванта в пневмокормовом потоке согласно выражению (1) представлено на рисунке 17.

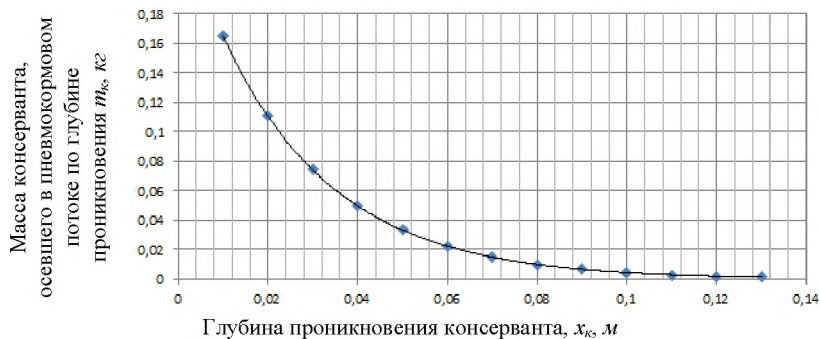


Рисунок 17 – Распределение консерванта в пневмокормовом потоке по глубине проникновения

Исходя из работ [7, 8] логично предположить, что изменение толщины пневмокормового потока, а также глубины проникновения консерванта может существенно влиять на характер его распределения в потоке, то есть для получения минимальной неравномерности внесения консерванта на кормоуборочном комбайне необходим выбор рационального соотношения толщины пневмокормового потока и глубины проникновения консерванта.

Поэтому требуется исследовать и экспериментально подтвердить выдвинутую гипотезу, связывающую влияние глубины проникновения x_k на неравномерность внесения консерванта v в зависимости от толщины пневмокормового потока h_{kn} . И на основании полученных результатов установить соотношения глубины проникновения консерванта x_k и толщины пневмокормового потока h_{kn} , при которых неравномерность внесения v будет минимальной.

Для проверки принятой гипотезы предварительно было проведено два эксперимента по установлению зависимости влияния скорости движения пневмокормового потока v_{kn} и начальной скорости впрыска консерванта $v_{k,0}$ на глубину его проникновения x_k :

$$x_k = f(v_{kn}, v_{k,0}), \quad (2)$$

где x_k – глубина проникновения жидкого консерванта, м;

v_{kn} – скорость пневмокормового потока, м/с;

$v_{k,0}$ – начальная скорость впрыска консерванта, м/с.

Первый эксперимент проводился без использования электростатической активации, а второй – при оптимальном значении напряжения электростатической активации $U_k = 37$ кВ.

Обработка экспериментальных данных позволила получить адекватные регрессионные модели:

$$y = 9,06 - 4,31x_1 + 0,42x_2 - 0,46x_1x_2 - 0,58x_1^2 - 0,75x_2^2, \text{ при } U_K = 0 \text{ кВ}; \quad (3)$$

$$y = 9,88 - 4,89x_1 + 0,78x_2 - 0,50x_1x_2 - 0,89x_2^2, \text{ при } U_K = 37 \text{ кВ}. \quad (4)$$

В связи с необходимостью экспериментального подтверждения выдвинутой ранее гипотезы проведены исследования влияния глубины проникновения x_K на неравномерность внесения консерванта v в зависимости от толщины пневмокормового потока h_{Kn} , то есть устанавливались зависимости для различной толщины пневмокормового потока:

$$v = f(x_K).$$

Реализованы однофакторные эксперименты с использованием полученных зависимостей (3)–(4) для варьирования глубины проникновения консерванта x_K .

Первоначально проведено 3 однофакторных эксперимента для толщин пневмокормового потока h_{Kn} (0,04 м; 0,06 м; 0,08 м) без электростатической активации консерванта при его внесении, далее проведено 3 однофакторных эксперимента с электростатической активацией консерванта на оптимальном напряжении $U_K = 37$ кВ.

Экспериментальные данные соответствуют взятым пробам из прицепа.

Обработка экспериментальных данных позволила получить адекватные регрессионные модели:

- без электростатической активации:

$$y = 25,22 - 6,44x_1 + 14,46x_1^2, \quad h_{Kn} = 0,04 \text{ м}; \quad (5)$$

$$y = 28,01 - 4,63x_1 + 12,68x_1^2, \quad h_{Kn} = 0,06 \text{ м}; \quad (6)$$

$$y = 39,96 - 12,38x_1 + 11,37x_1^2, \quad h_{Kn} = 0,08 \text{ м}; \quad (7)$$

- с электростатической активацией ($U_K = 37$ кВ):

$$y = 19,89 + 7,92x_1 + 12,49x_1^2, \quad h_{Kn} = 0,04 \text{ м}; \quad (8)$$

$$y = 20,20 + 10,67x_1^2, \quad h_{Kn} = 0,06 \text{ м}; \quad (9)$$

$$y = 23,73 - 0,76x_1 + 8,80x_1^2, \quad h_{Kn} = 0,08 \text{ м}. \quad (10)$$

По полученным экспериментальным данным построены графические зависимости, представленные на рисунках 18 и 19.

Анализ уравнений регрессии (5)–(10) показывает, что при увеличении глубины проникновения x_K консерванта изменение неравномерности внесения v происходит по параболическому закону.

Согласно полученным регрессионным моделям (3)–(4), минимальные значения неравномерности внесения v_{\min} для соответствующих толщин h_{Kn} (0,04 м, 0,06 м, 0,08 м) пневмокормового потока – $v_{\min(0,04)} = 24$ %, $v_{\min(0,06)} = 27$ %, $v_{\min(0,08)} = 35$ % – без использования электростатической активации не достигаются по причине недостаточной

глубины проникновения консерванта x_k , которая ограничена из-за возмущающего действия пневмокормового потока, заключающегося в сносе факела консерванта. Они составляют: $v_{(0,04)} = 35\%$, $v_{(0,06)} = 31\%$, $v_{(0,08)} = 38\%$. Максимальная глубина проникновения консерванта для толщин $h_{кп}$ (0,04 м, 0,06 м, 0,08 м) пневмокормового потока в этом случае: $x_{к(0,04)} = 0,04$ м, $x_{к(0,06)} = 0,09$ м, $x_{к(0,04)} = 0,13$ м.

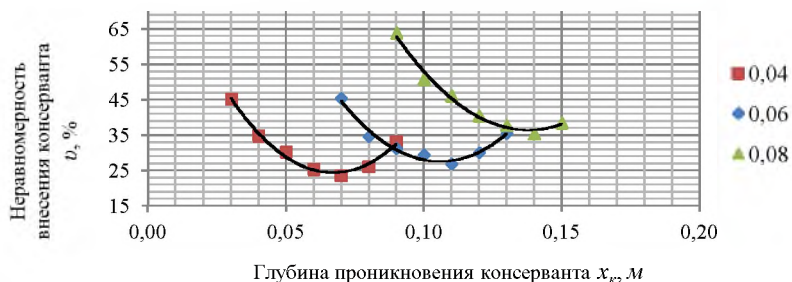


Рисунок 18 – Графические зависимости влияния глубины проникновения консерванта x_k на неравномерность внесения v при толщине пневмокормового потока $h_{кп}$ (0,04 м, 0,06 м, 0,08 м) без электростатической активации

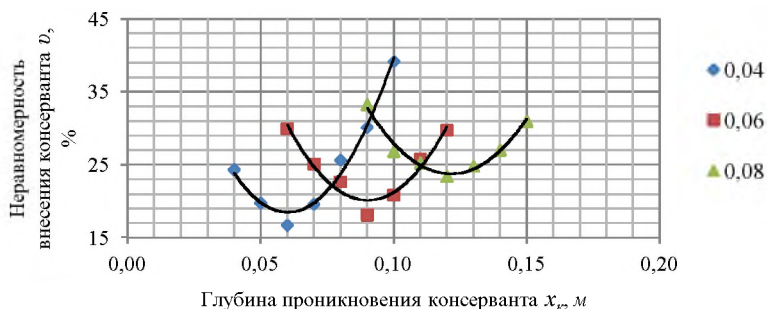


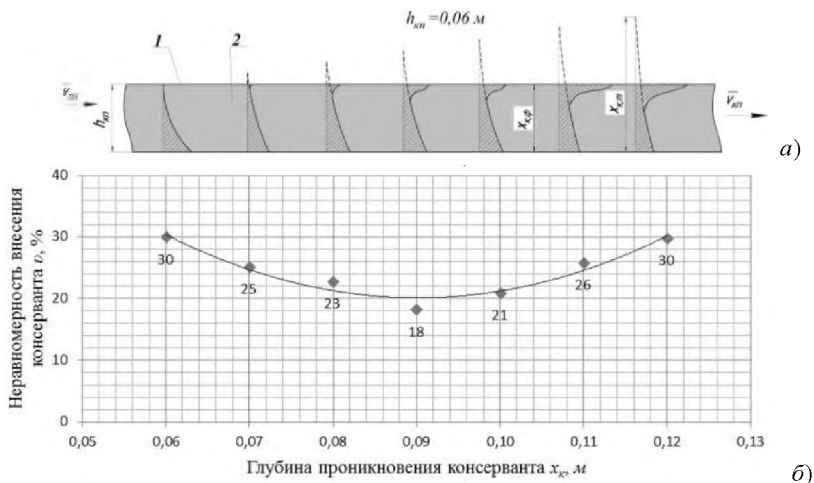
Рисунок 19 – Графические зависимости влияния глубины проникновения консерванта x_k на неравномерность внесения v при толщине пневмокормового потока $h_{кп}$ (0,04 м, 0,06 м, 0,08 м) и напряжении электростатической активации $U_k = 37$ кВ

На основании анализа уравнений регрессии (8)–(10) установлено, что напряжение электростатической активации является фактором, который оказывает значительное влияние на неравномерность внесения консерванта. Так, в частности, при толщине пневмокормового потока $h_{кп} = 0,06$ м неравномерность внесения v при использовании электростатической активации снижается с 27 % до 18 % (полученные лабораторные данные соответствуют данным взятия проб из прицепа).

Анализ уравнений регрессии (8)–(10) показывает, что значение минимальной неравномерности v_{min} при увеличении толщины пневмокормового потока $h_{кп}$ с 0,04 до 0,08 м при электростатической активации $U_k = 37$ кВ увеличивается с 17 % до 23 %, то есть минимальную неравномерность возможно получить при минимальной толщине пневмокормового потока. Тем не менее толщине пневмокормового потока $h_{кп} = 0,04$ м соответствует скорость потока $v_{кп} = 56$ м/с, при которой, согласно регрессионной модели (4), глубина проникновения консерванта x_k не превышает $x_{k,φ} = 0,04$ м, то есть не достигается оптимальное соотношение $x_k/h_{кп} = 1,5$.

Таким образом, экспериментально установлено, что каждой толщине пневмокормового потока $h_{кп}$ соответствует определенная глубина проникновения x_k , которая позволяет получить минимальную неравномерность внесения консерванта, то есть существует оптимальное соотношение: $K_v = x_k/h_{кп}$.

На рисунке 20б представлена графическая зависимость неравномерности внесения v от глубины проникновения консерванта x_k при толщине пневмокормового потока $h_{кп} = 0,06$ м. На данном рисунке показано, что



- а) 1 – силосопровод; 2 – пневмокормовой поток;
 $x_{k,φ}$ – глубина проникновения консерванта, м; $x_{k,φ}$ – глубина проникновения консерванта, ограниченная верхней стенкой силосопровода, м;
 б) эпюры распределения консерванта в пневмокормовом потоке при глубине его проникновения x_k (0,06–0,12 м);
 б) графическая зависимость неравномерности внесения консерванта от глубины его проникновения в пневмокормовой поток толщиной $h_{кп} = 0,06$ м

Рисунок 20 – Эпюры распределения консерванта и графическая зависимость неравномерности внесения от глубины его проникновения в пневмокормовой поток толщиной $h_{кп} = 0,06$ м

распространение консерванта в пневмокормовом потоке ограничивается верхней стенкой силосопровода, и его распределение происходит в прилегающих к стенке слоях потока. Данное явление, согласно полученным экспериментальным данным, существенно влияет на неравномерность распределения консерванта в измельченном растительном материале (эпюры распределения консерванта представлены на рисунке 20 а).

Минимальные значения неравномерности внесения консерванта без электростатической активации получены при соотношении глубины проникновения и толщины пневмокормового потока, равном $x_k/h_{kn} = 1,71$, с электростатической активацией при оптимальном напряжении $U_k = 37 \text{ кВ}$ соотношение равно $x_k/h_{kn} = 1,50$.

Заключение

1. Установлены зависимости (2)–(3) влияния скорости движения пневмокормового потока v_{kn} и начальной скорости впрыска консерванта $v_{k,0}$ на глубину его проникновения x_k .

2. Экспериментально подтверждена гипотеза о влиянии глубины проникновения консерванта на неравномерность его распределения. Установлено, что для каждой толщины пневмокормового потока h_{kn} существует оптимальная глубина проникновения консерванта $x_{опт}$, при которой неравномерность распределения будет минимальной. В частности, полученные соотношения x_k и h_{kn} без электростатической активации $K_v=1,71$, с электростатической активацией ($U_k = 37 \text{ кВ}$) $K_v = 1,5$.

24.09.13

Литература

1. Технологическое сопровождение животноводства: новые технологии: практическое пособие / Н.А. Попков [и др.]; НПЦ НАН Беларуси по животноводству. – Жодино: НПЦ НАН Беларуси по животноводству, 2010. – 496 с.
2. Производство грубых кормов / Д. Шпаар [и др.]; под. общ. ред. Д. Шпаара. – Торжок: ООО «Вариант», 2002. – Кн. 1. – 360 с.
3. Применение жидких бактериальных консервантов при заготовке силоса / Н.А. Попков [и др.] // Белорусское сельское хозяйство. – 2004. – № 6. – С. 7–10.
4. Соколов, А.В. Оценка качества внесения жидкого консерванта в растительную массу // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1990. – № 8. – С. 27.
5. Кукреш, Л.В. Инновационные технологии – основа развития АПК / Л.В. Кукреш, П.П. Казакевич // Агропанорама. – 2010. – № 6. – С. 2–18.
6. Грачев, А.В. Способы и технические средства повышения эффективности обработки силосуемой массы химическими консервантами: дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01 / А.В. Грачев. – М., 1987. – 167 л.
7. Ясинскас, А.А. Совершенствование технологии и средств механизации химического консервирования трав: дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01 / А.А. Ясинскас. – Елгава, 1988. – 161 л.
8. Соколов, А.В. Технологические и технические решения сохранности влажно-го сырья химическими консервантами: автореф. дис. ... д-ра. техн. наук:

05.20.01 / А.В. Соколов; Всероссийский науч.-исслед. ин-т механизации с/х-ва (ВИМ). – Москва, 1998. – 56 с.

9. Кузьмицкий, А.В. Механико-технологические основы внесения консервантов в силосуемые корма: дис. ... д-ра. техн. наук: 05.20.01 / А.В. Кузьмицкий. – Горки, 2001. – 390 л.
10. Дремук, В.А. Повышение эффективности заготовки силоса внесением жидких консервантов смесителем-разравнивателем в траншейном силосохранилище: дис.... канд. техн. наук: 05.20.01 / В.А. Дремук. – Горки, 2000. – 130 л.

УДК 631.363: 636.085.55

В.И. Хруцкий, А.А. Кувшинов
(РУП «НПЦ НАН Беларуси по
механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)

К ВОПРОСУ РАЦИОНАЛЬНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ КОМБИКОРМОВЫХ УСТАНОВОК

Введение

Активное развитие рынка микродобавок и наличие собственного зернового сырья сделали покупку комбикормовых установок выгодным и быстрокупаемым вложением: затраты на приготовление комбикорма сокращаются на 30 %, а установка, в зависимости от мощности, окупается в среднем за 4–12 месяцев.

Снижение себестоимости продукции – главная задача сельхозпроизводителя, занимающегося производством продукции животноводства, а корма в ее структуре имеют наибольший удельный вес – порядка 50–60 %.

Основная часть

Большинство животноводческих хозяйств располагает своим зерновым сырьем для производства комбикормов, но многие из них не имеют возможности его приготовить. Для этого им приходится обращаться на крупные комбикормовые заводы, что сопряжено с большими издержками: помимо стоимости приготовления комбикормов на сельхозпредприятие ложатся еще и транспортные расходы по перевозке зерна и готового продукта, которые в некоторых случаях составляют до трети стоимости готового комбикорма.

Расстояние до крупного производителя комбикормов (иногда такой завод – единственный в районе) может составлять от нескольких десятков до сотен километров, а цена на жидкое топливо постоянно увеличивается, значит, растут транспортные расходы сельхозпредприятия, а себестоимость готовой продукции – повышается. Фермерским хозяйствам с небольшим поголовьем животных пользоваться услугами больших комбикормовых заводов и вовсе нерентабельно. Именно поэтому для хозяйств, имеющих свое зерновое сырье, выгоднее готовить комбикорм на собственных установках.