

БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

РГБ ОА

10 ЯНВ 2000

УДК 636.085.631

ДРЕМУК Владимир Алексеевич

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАГОТОВКИ СИЛОСА
ВНЕСЕНИЕМ ЖИДКИХ КОНСЕРВАНТОВ СМЕСИТЕЛЕМ-
РАЗРАВНИВАТЕЛЕМ В ТРАНШЕЙНОМ СИЛОСОХРАНИЛИЩЕ**

05.20.01 – технологии и средства механизации сельского
хозяйства по техническим наукам

**Автореферат диссертации
на соискание учёной степени кандидата технических наук**

Горки – 2000

Работа выполнена в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии (БГСХА).

Научные руководители:

академик Академии аграрных наук Республики Беларусь
и Российской академии сельскохозяйственных наук,
Заслуженный деятель науки и техники БССР,
доктор технических наук, профессор Назаров С.И.

кандидат технических наук, доцент Кузьмицкий А.В.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Пнуновский И.И.

кандидат технических наук, доцент Улахович А.Е.

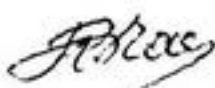
Оппонирующая организация – Белорусский аграрный технический университет (БАТУ)

Защита состоится “29” декабря 2000 г. в 10 часов
на заседании совета по защите диссертаций Д 05.30.02 при Белорусской
государственной сельскохозяйственной академии по адресу: 213410 ул.
Мичурина, 5, г. Горки, Могилёвской обл., тел. (02233) 2-15-45

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусской
государственной сельскохозяйственной академии.

Автореферат разослан “28” ноября 2000 г.

Учёный секретарь
совета по защите диссертаций

 Н.В. Чайчик

17072.823, 0

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Проблема продовольственной безопасности страны в ближайшие годы не может быть решена без применения в животноводстве силосуемых кормов. Одним из методов сохранения кормов, повышения их качества, поедаемости и продуктивного действия является силосование с помощью бактериальных заквасок и химических консервантов. Учитывая отсутствие серийно выпускаемого оборудования для внесения консервантов в Республике Беларусь, включение этой операции в технологический процесс заготовки силоса связано с решением ряда задач.

Применение ранее выпускаемого оборудования для внесения консервантов снижает производительность кормоуборочного комбайна на 26%, повышает расход топлива на 19,0...21,4%, а общие потери консерванта достигают 50%.

Анализ способов и устройств механизированного внесения жидких консервантов в странах СНГ показал, что наиболее перспективным является способ, при котором консерванты вносятся непосредственно в траншейном силосохранилище одновременно с перемешиванием, разравниванием и трамбовкой.

Однако известные способы и оборудование для внесения консервантов в траншейные силосохранилища не обеспечивают требуемую равномерность внесения.

Для разработки оборудования, которое позволяло бы вносить консерванты в траншейном силосохранилище с требуемой равномерностью их распределения в кормовой массе, исключало их воздействие на окружающую среду и обслуживающий персонал и не сдерживало кормозаготовительный процесс, необходимы как теоретические, так и экспериментальные исследования.

Связь работы с крупными научными программами. Исследования, составляющие основу данной работы, выполнены в соответствии с республиканской комплексной научно-технической программой "Механизация" Минсельхозпрода республики и республиканской научно-технической программой "Агрокомплекс", утверждённой Комиссией Президиума Совета Министров Республики Беларусь 16 октября 1991 г., №13/76 на 1991...1995 гг., а также в соответствии с договором № 420 между БелНИИМСХ и БСХА: "Разработать и внедрить средства механизации возделывания, уборки с.-х. культур и обработки продукции с использованием преимуществ энергоберегающих технологий".

Цель и задачи исследования. Цель исследования – повышение равномерности распределения консервантов в силосовой растительной массе путем их внутриобъемного внесения в кормовой поток смесителем-разравнивателем роторного типа, уменьшение количества работни-

ков и техники, соприкасающихся с консервантами, снижение затрат труда на консервирование кормов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить структурные свойства пористого стебельчатого материала.

2. Разработать математическую модель внутриобъемного способа внесения консервантов в кормовой поток.

3. Обосновать конструкцию и технологические режимы оборудования для внесения консервантов в процессе разравнивания и перемешивания растительной массы.

4. Провести исследования и испытания разработанного оборудования и выявить его технико-экономическую эффективность.

Объект исследования – измельченная растительная масса, химические консерванты, способы, процессы и рабочие органы для их внесения, дозирующие устройства, распылители.

Методология и методы проведенного исследования. Теоретические исследования проведены с применением методов теоретической механики и прикладной математики. Экспериментальные исследования выполнялись на специально изготовленной установке в лабораторных и лабораторно-полевых условиях с использованием методов математического моделирования, планирования многофакторного эксперимента. Результаты экспериментов обработаны методами математической статистики.

Достоверность технологических режимов и параметров рабочих органов, обеспечивающих выполнение агротехнических требований, проверялась на экспериментальном образце в производственных условиях.

Сбор первичной информации, планирование наблюдений и обработка результатов эксперимента осуществлялись в соответствии с ГОСТ 27502-83, ГОСТ 8.207-76, ГОСТ 24055-88, ГОСТ 24059-88, ГОСТ 23728-88, ГОСТ 23730-88 и другими нормативными документами.

Научная новизна и значимость полученных результатов. Разработана математическая модель взаимодействия факела распыленного консерванта с кормовым потоком, позволяющая определять параметры факела распыла в пористой среде, распределение дозы в зоне обработки, равномерность внесения. Определена порозность кормового потока. Новизна технического решения изложена в заявке на выдачу патента на изобретение «Агрегат для внесения жидких консервантов в силосохранителях траншейного типа», принятой к рассмотрению.

Практическая значимость полученных результатов.

Разработанный смеситель-разравниватель для внесения консервантов, обеспечивающий повышение равномерности обработки и снижение потерь консерванта и питательных веществ корма, внедрен в учхозе ГСХА, принят к внедрению Брестским облсельхозпродом, Кобринским райсельхозпродом и рядом колхозов и совхозов Брестской и Гомельской областей.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований могут быть использованы при разработке нового оборудования для внесения консервантов.

Достоверность основных положений, выводов и рекомендаций одтверждена экспериментальными данными лабораторных, лабораторно- полевых и хозяйственных испытаний, применением современных методов исследований и обработки опытных данных на ПЭВМ, ходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Апробация. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на научно-технической конференции "Ученые и специалисты – народному хозяйству области" (Могилёв, 1993); научно-практических конференциях БСХА (1991...2000); международных научно-практических конференциях в Белорусском научно-исследовательском институте механизации сельского хозяйства (БелНИИМСХ): "Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве (1997) и "Современные проблемы сельскохозяйственной механики" (1999); международных научных конференциях в Белорусском аграрном техническом университете (БАТУ): "Моделирование сельскохозяйственных процессов и машин" (1996) и "Современные технологии в АПК" (1997).

Опубликованность результатов. Материалы исследований опубликованы в 16 печатных работах, в том числе в сборниках научных работ – 2, научно-производственных журналах – 4, материалах научно-практических конференций – 10.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав, заключения, списка использованных источников, включающего 117 наименований, и приложения. Общий объём диссертации - 130 страниц, 49 рисунков и 11 таблиц.

На защиту выносятся следующие научные положения и результаты:

- математическая модель взаимодействия факела распыленного консерванта с пористым растительным материалом;
- технология внутриобъемного внесения консерванта в пористый растительный материал;

- результаты экспериментальных исследований по обоснованию основных конструктивных и технологических параметров рабочих органов;

- технологическая и конструктивная схема смесителя-разравнивателя для осуществления предлагаемой технологии.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе «СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ» проанализированы технологические схемы, способы и средства механизации для внесения жидких консервантов при заготовке силоса. Внесение консервантов на кормоуборочном комбайне в процессе скашивания или подбора с измельчением не обеспечивает требуемой равномерности и значительная часть консерванта уносится воздушным потоком. Введение консервантов в корм методом инъектирования исключает потери консерванта, но не обеспечивает требуемой равномерности по всей массе корма. При внесении консервантов методом поверхностного послыйного опрыскивания заложенной на хранение кормовой массы не обеспечивается равномерность внесения и необходимая точность дозирования, но при этом способе уменьшается количество людей и техники, соприкасающихся с консервантом. Так, если при внесении консервантов на комбайнах все кормоуборочные агрегаты и транспортные средства работают с обработанным кормом, то при внесении консервантов в траншее с обработанным кормом работает только один трактор-трамбовщик. Исходя из вышесказанного, следует, что необходимо разработать такое оборудование, которое позволяет равномерно вносить консерванты и исключает их воздействие на окружающую среду.

Проанализированы результаты исследований по внутриобъемному внесению жидкостей в процессе перемешивания растительной массы. На основании анализа был сделан вывод, что наиболее перспективной следует считать технологию внутриобъемного внесения консерванта в воздушно-кормовой поток в процессе перемешивания растительной массы активными рабочими органами.

Принципиальная схема устройства для осуществления предлагаемой технологии приведена на рис.1. Оно состоит из мобильного средства 1, на задней навесе которого навешена рама 2 с установленными на ней роторной швырялкой 3 и дополнительным ротором вильчатого типа 4 с приводом от ВОМ 5, направляющим щитком 7 и дозированной системы подачи консерванта от насоса по трубопроводам 8 к распылителям 9. Рабочий процесс осуществляется следующим образом.

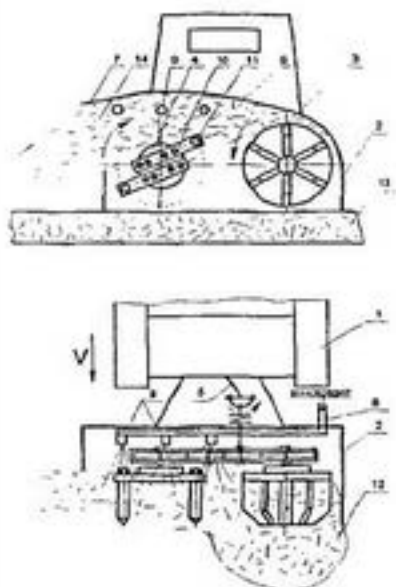


Рис. 1 Предлагаемая конструкция агрегата для внесения жидких консервантов в траншейном хранилище

изменения радиуса вращения пальцев планки 10 с пальцами 11 установлены на роторе 4 с возможностью смещения в радиальном направлении. Равномерность распределения частиц по поверхности ранее утрамбованного корма регулируется направляющим щитком 7, который крепится к кожуху 6. В дальнейшем агрегат с поднятой рамой и выключенным ВОМ производит трамбовку обработанного корма до необходимой плотности.

С учётом полученных выводов определены цель и задачи исследований.

Во второй главе «ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРИОБЪЁМНОГО ВНЕСЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ В КОРМОВОЙ ПОТОК» на основании теории движения частиц по шероховатым поверхностям теоретически обоснованы параметры ротора и выгрузной камеры смесителя-разравнивателя (рис. 2). Установлена зависимость угла разгрузки ψ_k от длины лопасти ротора.

При значении коэффициента внешнего трения частиц корма по лопасти $f_1 = 0,5...0,7$ рабочая длина лопасти равна

$$l_2 = (0,44...0,5)R, \quad (1)$$

где R – радиус ротора.

Агрегат подъезжает к куче выгруженной растительной массы 12, опускает раму 2 на поверхность ранее утрамбованного корма 13, включает ВОМ 5 и начинает движение с расчётной скоростью вдоль силосохранилища. Консервант от насоса подается по трубопроводам 8 к распылителям 9 и впрыскивается в воздушно-кормовой поток 14 растительного материала, создаваемый роторной швырялкой 3. В зоне выброса растительного материала установлен дополнительный ротор 4 с рабочим органом вильчатого типа, вращающийся навстречу кормовому потоку и заставляющий частицы корма, после удара о пальцы, изменять своё положение в пространстве относительно распылителей 9, что повышает равномерность внесения консерванта. Для

Направление вектора абсолютной скорости частиц корма в конце разгрузки должно быть параллельно горизонту. Направление абсолютной скорости определяется углом δ , который находится из выражения

$$\cos \delta = v_r / v, \quad (2)$$

где v_r и v – соответственно относительная и абсолютная скорость частиц.

Для лопасти оптимальной длины относительная скорость в конце разгрузки согласно расчётам равна окружной $v_r \approx v_e$, следовательно, угол $\delta = 45^\circ$. Угол начала разгрузки $\alpha = 180 - \delta - \psi_x$. Зная направление вектора абсолютной скорости и форму кожуха, близкую к параболе, можно графически определить высоту выгрузной камеры h (рис.2). Длина выгрузной камеры принималась равной расстоянию, которое пролетает частица корма за одну секунду, т.е. скорости U кормового потока, ширину выгрузной камеры b_x можно принять равной ширине лопасти B_p .

Порозность потока

$$\varepsilon = 1 - (0,17 D_p \cdot k_{\text{зам}} / h), \quad (3)$$

где $k_{\text{зам}}$ – коэффициент заполнения роторной швырляки;

D_p – диаметр ротора;

h – высота выгрузной камеры.

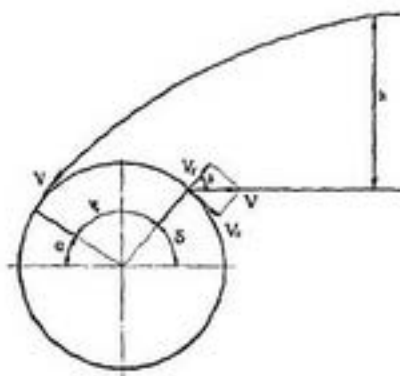


Рис.2 Расчетная схема для определения параметров выгрузной камеры

Построена номограмма, позволяющая определить количество распылителей в зависимости от диаметра сопла распылителя, дозы внесения и напора консерванта.

Для обоснования конструктивных и технологических параметров распыляющего устройства смесителя-разравнивателя разработана модель взаимодействия факела распыленного консерванта с кормовым потоком.

В основу теории положена стохастическая модель распространения капель в поровом пространстве движущегося растительного материала, обладающего скоростью U , порозистостью ε и длиной резки l_r .

Для построения кривой сноса рассмотрено движение капли консерванта в декартовой системе координат X, Y, Z .

На основании опытных данных принят закон изменения массы консерванта в процессе движения в виде

$$m(x) = m_0 e^{-\frac{kx}{a}}, \quad (4)$$

где a – структурный параметр;

k – опытный коэффициент.

Максимальная глубина проникновения факела консерванта в кормовой поток выражается зависимостью

$$L = \frac{a}{k} \ln(1 + 0,5kd_c^2 \rho_c V_0^2 a \cdot 10^8), \quad (5)$$

где d_c – диаметр сопла;

ρ_c – плотность консерванта;

V_0 – начальная скорость факела консерванта.

Снос факела консерванта кормовым потоком имеет вид

$$y = U \left(\frac{1}{A} \ln \frac{W}{(1+W)e^{-\frac{kx}{a}} - 1} - \frac{x}{V_0} \right), \quad (6)$$

где $W = 0,5kd_c^2 \rho_c V_0^2 a \cdot 10^8$;

$A = kD/a$;

$D = \frac{V_0 k a m_0 + b}{k a m_0}$,

где b – опытный коэффициент;

m_0 – масса консерванта, проходящая через распылитель за единицу времени;

$$m_0 = \mu \frac{\pi d_c^2}{4} \rho_c V_0 = 0,5 \rho_c d_c^2 V_0, \quad \text{при } \mu \approx 0,7, \quad \mu \frac{\pi}{4} \approx 0,5. \quad (7)$$

На основании вышесказанного построена номограмма для определения ширины кормопровода X с учётом сноса струи и распределения дозы по глубине проникновения (рис.3).

Ось OX – направление проникновения консерванта – направлена горизонтально. Вверх от нее откладывается снос $y(x)$. Графики сноса рассчитаны для различных значений V_0 и U . В нижней части номограммы расположен график $m(x)/m_0$ в процентах от впрыснутой дозы кон-

серванта. Вертикальные линии отмечают значение L (максимальная глубина проникновения) для различных V_0 и U .

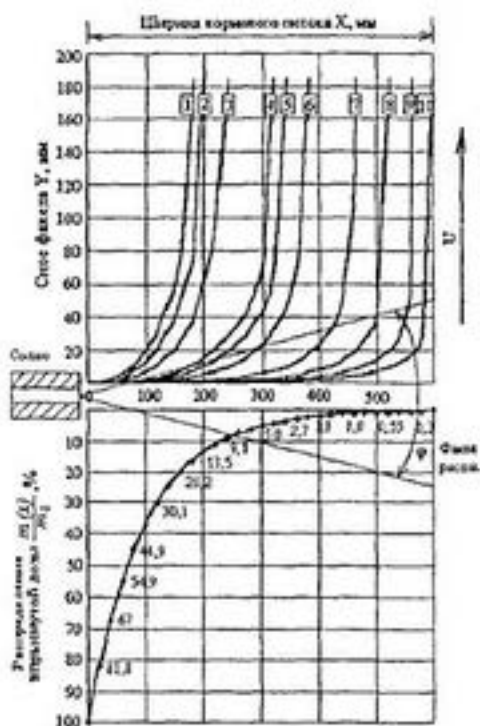


Рис.3 Номограмма для определения ширины кормопровода X с учетом сноса струи и распределения дозы по глубине проникновения ($d = 0,0015\text{ м}$, $a = 0,02\text{ м}$).

- 1 - $V_0 = 5\text{ м/с}$, $U = 15\text{ м/с}$;
- 2 - $V_0 = 5\text{ м/с}$, $U = 10\text{ м/с}$;
- 3 - $V_0 = 5\text{ м/с}$, $U = 5\text{ м/с}$;
- 4 - $V_0 = 10\text{ м/с}$, $U = 15\text{ м/с}$;
- 5 - $V_0 = 10\text{ м/с}$, $U = 10\text{ м/с}$;
- 6 - $V_0 = 10\text{ м/с}$, $U = 5\text{ м/с}$;
- 7 - $V_0 = 15\text{ м/с}$, $U = 5\text{ м/с}$;
- 8 - $V_0 = 20\text{ м/с}$, $U = 5\text{ м/с}$;
- 9 - $V_0 = 25\text{ м/с}$, $U = 5\text{ м/с}$;
- 10 - $V_0 = 30\text{ м/с}$, $U = 5\text{ м/с}$;

Разработана также модель для определения математического ожидания дальности проникновения капель в поровом пространстве движущегося растительного материала. Принято, что частицы корма расположены слоями (рис.4) со средним расстоянием между ними a и с толщиной слоя d . Площадь S равна площади, занимаемой частицами S_v , и площади пор S_0 . $S = S_v + S_0$. Рассмотрены случаи, когда частицы корма неподвижны и движутся, образуя кормовой поток.

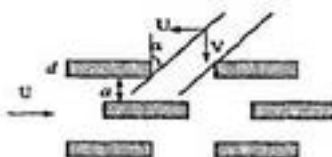


Рис.4 Схема к расчету параметров взаимодействия факела консерванта с кормовым потоком

Если частицы корма неподвижны, то математическое ожидание дальности проникновения капли:

$$M(l) = aq \cdot l / q^2 + dpq \cdot l / q^2 = (a + dp) / q . \quad (8)$$

Чем больше q (вероятность попадания на частицу в каждом слое), тем меньше $M(l)$ - средняя длина свободного пробега.

Если частицы корма движутся горизонтально со скоростью U , а капли консерванта вертикально вниз со скоростью V , то

$$M(l_U) = (a + d(p - d \cdot U / SV)) / (q + d \cdot U / SV) . \quad (9)$$

Если $U=0$, то $M(l_U) = M(l)$. Формула (9) справедлива при условии $p - dU / SV > 0$ или $U < pSV / d$, если это неравенство не выполняется, то капля достоверно остается в первом слое.

Полученные теоретические выражения позволяют рассчитать параметры зоны обработки, определить необходимое количество и диаметр сопла распылителей при различном напоре для обеспечения необходимой дозы внесения, параметры рабочих органов.

В третьей главе «ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ» приведена программа и методика исследования влияния основных конструктивных, кинематических и технологических факторов на равномерность внесения консерванта. Выбраны основные факторы и пределы их варьирования. Обосновано число повторностей опытов и приведена методика определения равномерности внесения консерванта и обработки экспериментальных данных. Лабораторная установка для исследования процесса внесения консерванта и изучения фракционного состава измельченной растительной массы приведена на рис. 5.

Основными узлами установки являются: рама 1, бункер для растительной массы 2, лопастная швырялка 3 с приводом 4 от электродвигателя 5, смеситель-питатель 6 с приводом 7 от двигателя постоянного тока 8, выгрузное окно 9 с заслонкой 10 и выгрузная камера 11 с секционным поддоном 12. Система дозирова-

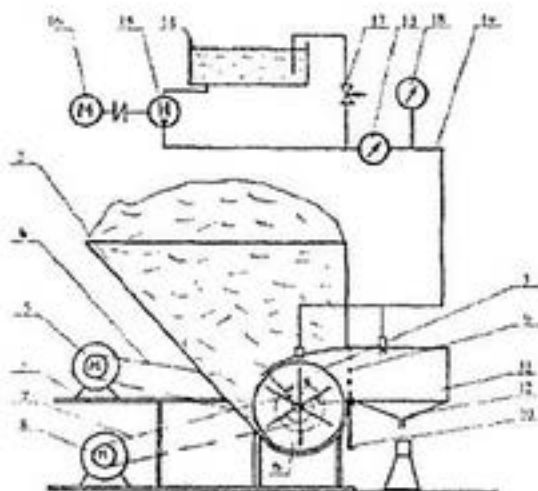


Рис. 5 Схема лабораторной установки

ния подачи консерванта включает расходомер 13 типа АИР - 50, ёмкость для рабочего раствора 14, шестерённый насос 15 (НШ-10) с приводом от электродвигателя 16, регулятор давления 17, манометр 18 форсунки-распылители 19 и соединительные шланги 20.

С целью уменьшения порозности материала в зоне обработки шнековый смеситель-питатель выполнен с переменным шагом: на входе $p_1 = 1,6R$, на выходе $p_2 = 2R$.

Варианты установки распылителей: а) три распылителя под углом 120° на входе в шнек; б) три распылителя на выходе из шнека; в) три распылителя на выходе из швырляки (внесение в воздушно-кормовой поток); г) по одному распылителю на входе и выходе из шнека и на выходе из швырляки.

Установка позволяет:

- осуществлять внесение жидкости в опытный образец растительного материала в процессе его перемешивания;
- осуществлять внесение жидкости под напором до 2 МПа;
- изменять интенсивность перемешивания;
- регистрировать величину сноса факела консерванта в зависимости от массовой скорости кормового потока.

В четвёртой главе «РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ» приведены результаты влияния напора, дозы внесения консерванта и частоты вращения ротора на равномерность распределения консерванта по силосуемой массе экспериментальных исследований в лабораторных, лабораторно-полевых и хозяйственных условиях.

В ходе лабораторных исследований изучался вопрос распределения консерванта в неподвижном растительном материале и в кормовом потоке с целью проверки и уточнения выдвинутых теоретических положений, а также регистрировались потери консерванта при различных типах распылителей. Опыты проводились по программе однофакторного эксперимента в трехкратной повторности. Материал – измельченная масса клевера с средневзвешенной длиной частиц $l_c = 0,08$ м влажностью $W = 79,1\%$.

Определялся коэффициент вариации в зависимости от напора, дозы внесения и схемы установки распылителей при различных рабочих органах.

Установлены рациональные параметры впрыска, при которых достигается требуемая равномерность внесения консерванта: доза внесения $Q_k = 20 \dots 30$ л / т; напор $H_k = 0,4 \dots 0,6$ 5 МПа и частота вращения ротора $\omega = 14 \dots 20$ с⁻¹.

В ходе лабораторно-полевых испытаний рабочий процесс смесителя-разравнивателя исследовался с использованием методики планирования эксперимента. В качестве основных факторов были выбраны

напор рабочего раствора H_k (давление впрыска), доза внесения Q_c и частота вращения ротора ω . Опыты проводились при силосовании измельченной массы влажностью 76...77 % в траншейном силосохранении.

В качестве параметра оптимизации был выбран коэффициент вариации ($v, \%$) распределения консерванта в силосуемой массе.

После обработки результатов эксперимента на ЭВМ получено уравнение регрессии

$$v = 67,056 - 52,76H_k - 4,74Q_c - 0,96\omega - 0,644H_kQ_c + 0,028Q_c\omega + 1,41H_k\omega + 0,143Q_c^2 + 0,013\omega^2. \quad (10)$$

Адекватность модели изучаемому процессу проверялась по критерию Фишера. При этом табличное значение критерия Фишера для уровня значимости 0,05 ($F_{0,05} = 2,1$) оказалось больше расчетного ($F_{расч} = 0,444$), что свидетельствует об адекватности модели исследуемому процессу.

Зависимость неравномерности внесения консерванта (коэффициента вариации) от вносимой дозы Q_c при различных значениях напора H_k и постоянной частоте вращения роторов $\omega = 10 \text{ с}^{-1}$, полученная из уравнения (12), представлена на рис.6.

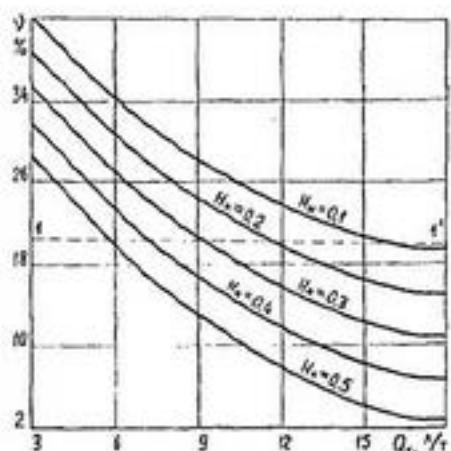


Рис.6 Зависимость коэффициента вариации распределения консерванта в силосуемой массе от дозы Q_c при различных значениях напора H_k и постоянной частоте вращения ротора $\omega = 10 \text{ с}^{-1}$. Материал — измельченная масса кукурузы влажностью 76,3% и длиной резки 60...80 мм.

Как следует из графика, для обеспечения требуемой равномерности обработки корма с коэффициентом вариации $v = 20\%$ (ниже пунктирной линии) доза рабочего раствора должна находиться в пределах от 6,0 при $H_k = 0,5$ МПа до 18 л/т при $H_k = 0,1$ МПа.

Уравнение (10) исследовалось методом двумерных сечений поверхности отклика (рис.7).

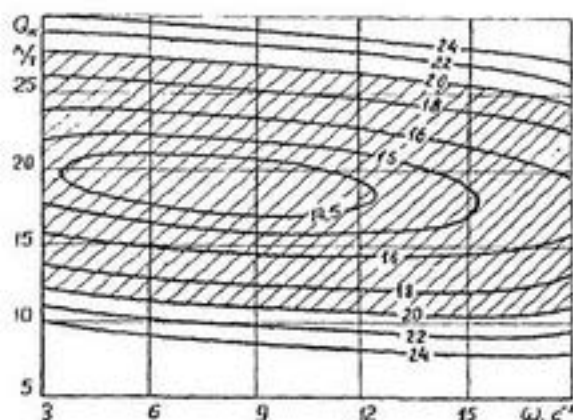


Рис.7 Проекция двумерных сечений поверхности отклонка v на плоскость $Q_{\text{ж}}$, ω при $H_{\text{ж}} = 0,2$ МПа.

Двумерное сечение, приведенное на рис.7, показывает, что оптимальное значение коэффициента вариации достигается при частоте вращения ротора $8,0 \dots 9,0 \text{ с}^{-1}$ и дозе вносимой жидкости $Q_{\text{ж}} = 12 \dots 27 \text{ л/т}$.

В ходе хозяйственных испытаний установлена производительность за час основного (чистого) $W_0 = 118 \text{ т/ч}$, эксплуатационного $W_{\text{эк}} = 53,1 \text{ т/ч}$, сменного $W_{\text{см}} = 54,28 \text{ т/ч}$ и технологического $W_{\text{тех}} = 62,54 \text{ т/ч}$ времени.

В пятой главе «РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ» приведены методика расчёта конструктивных и технологических параметров смесителя-разравнивателя и результаты экономической оценки заготовки силоса с внесением консервантов смесителем-разравнивателем.

Задавшись дальностью отбрасывания частиц корма, получена окружная скорость ротора $V_{\text{с}} = 6,4 \text{ м/с}$ и диаметр ротора $D_{\text{р}} = 0,75 \text{ м}$. Рабочая скорость трактора трамбовщика $V_{\text{мин}} = 1,72 \text{ км/ч}$.

Расчёт показателей экономической эффективности применения смесителя-разравнивателя по сравнению с базовой машиной показал, что снижение прямых затрат труда на годовой объём работ составляет 339 часов, годовой экономический эффект 1665 у.е.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Имеющееся в настоящее время оборудование для внесения химических консервантов при силосовании кормов не обеспечивает равномерное распределение консервантов в кормовой массе, отрицательно влияет на окружающую среду и обслуживающий персонал и сдерживает кормозаготовительный процесс. Внутриобъёмное внесение жидких

консервантов в процессе перемешивания, разравнивания и уплотнения растительной массы в траншейном хранилище смесителем-разравнивателем способно решить эту задачу [2].

2. Разработанная математическая модель взаимодействия факела распыленного консерванта с кормовым потоком позволяет получить аналитические зависимости радиуса распыливания консерванта от порозности кормового потока, его скорости, напора консерванта, диаметра сопла и др. факторов. Определена траектория сноса центра факела и оптимальные параметры кормопровода с учетом скорости и плотности кормового потока [16].

3. По результатам лабораторных исследований установлено, что при напоре 0,1 МПа на участке от 0 до 0,035 м от сопла задерживается до 80% консерванта от впрыснутой дозы. С увеличением напора до 0,6 МПа распределение дозы выравнивается с 33% на участке 0,035 м до 10,5% на расстоянии 0,2 м. [2,10]. Наиболее рациональные значения напора следует принимать в интервале 0,4...0,65 МПа, дозы рабочего раствора 20...30 л/т, и частоты вращения ротора 14...20 с⁻¹. С увеличением массового расхода потока с 37 до 67 кг/(м²·с) коэффициент сноса увеличивается с 0,59 до 0,64 при скорости кормового потока 14 м/с и с 0,68 до 0,76 при скорости 21 м/с [5, 7, 14].

4. Построенная номограмма позволяет определить требуемое количество распылителей в зависимости от их типа, напора и дозы внесения рабочего раствора. Наиболее рациональной схемой расстановки распылителей является комбинированная, при которой распылители устанавливаются на входе ротора, на выходе из ротора и в зоне полета частиц корма [2].

5. Требуемое значение коэффициента вариации распределения консерванта в растительном материале достигается при частоте вращения ротора 8,0...9,0 с⁻¹, напоре 0,1...0,2 МПа и дозе вносимой жидкости 12...27 л/т, неравномерность дозирования консерванта между распылителями при возрастании напора от 0,05 до 0,15 МПа уменьшается с 15,8 до 9,6%. [1, 8, 9, 12, 13, 15].

6. По результатам хозяйственных испытаний установлено, что производительность разравнивателя за час основного времени составляет 118 т/ч, за час сменного времени – 54,28 т/ч. Питательность силоса из тимофеевки, заготовленного по предлагаемой технологии, составляет 0,25 к.ед., что на 0,05 выше чем при заготовке без консервантов. Годовой экономический эффект от внедрения смесителя-разравнивателя составляет 1665 у.е., годовая экономия труда – 339 чел.-ч. [1, 8, 9, 12, 13, 15].

Основные положения диссертации опубликованы в следующих печатных работах:

1. Смеситель-разравниватель для внесения жидких консервантов силосохранилища траншейного типа // Ученые и специалисты - народному хозяйству области: Тез. докл. науч. конф., Могилев, 19 — 20 м: 1993 г. / Могилёвский облисполком. Могилёвский машиностроительный ин-т. — Могилёв, 1993. — С. 233. (соавтор А.В. Кузьмицкий).

2. К вопросу внесения жидких консервантов при силосовании кормов // Совершенствование технологических процессов и средств механизации в кормопроизводстве и животноводстве: Сб. науч. тр. / Белорус. с.-х. акад.; Редкол.: Г.П. Цыганок (отв. ред.) и др. — Горки, 1995. — С. 16–22. (соавтор А.В. Кузьмицкий).

3. Выбор, оптимизация состава и оценка эффективности уборочно-транспортного комплекса на заготовке кормов // Моделирование сельскохозяйственных процессов и машин: Тез. докл. науч. конф., Минск 21–23 мая 1996 г. / Акад. аграр. наук Респ. Беларусь. Белорус. аграр. техн. ун-т. — Минск, 1996. — С. 144–145. (соавторы С.И. Назаров, А.Е. Кузьмицкий, В.В. Куприянич).

4. Выбор, оптимизация состава и оценка эффективности уборочно-транспортного комплекса на заготовке кормов // Перспективи розвитку механізації, електрифікації, автоматизації та технічного сервісу сільськогосподарського виробництва: Тез. докл. науч. конф., Глеваха, 1–3 октября 1996 г. / Укр. акад. аграр. наук. Ин-т мех. и эл. с. х-ва. — Глеваха, 1996. — С.5. (соавторы С.И. Назаров, А.В. Кузьмицкий, В.В. Куприянич).

5. Экспериментальная установка и результаты исследований внутриобъемного исследования жидких добавок в процессе перемешивания растительного материала // Механизация мелиоративных работ: Сб. науч. тр. / Белорус. с.-х. акад. — Горки, 1997. — С. 69–73. (соавтор А.В. Кузьмицкий).

6. Комплектование и оценка эффективности уборочно-транспортного комплекса на заготовке кормов // Эксплуатация, ремонт и восстановление сельскохозяйственной техники: Тез. докл. науч. конф., Горки, 24–28 июня 1997 г. / Мин. сел. х-ва и прод. Респ. Беларусь. Белорус. с.-х. акад. — Горки, 1997. — С. 192–194. (соавторы С.И. Назаров, А.В. Кузьмицкий, В.В. Куприянич).

7. Внесение жидких консервантов при силосовании кормов // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: Тез. докл. науч. конф., Минск, 18–19 сент. 1997 г. / Акад. аграр. наук Респ. Беларусь. Белорус. науч.-исслед. ин-т мех. с. х-ва. — Минск, 1997. — С. 111–112.

8. Оборудование для внесения жидких консервантов к разравнивающе-трамбуящему агрегату при силосовании кормов // Современные технологии в АПК: Тез. докл. науч. конф., Минск, 22–24 окт. 1997 г. /

Мин. сел. х-ва. и прод. Респ. Беларусь. Белорус. аграр. техн. ун-т. — Минск, 1997. — С. 72–73. (соавтор А.В. Кузьмицкий).

9. Внутриобъемное внесение жидких консервантов смесителем-разравнивателем при силосовании кормов в траншейных силосохранилищах // Повышение эффективности использования сельскохозяйственной техники: Тез. докл. науч. конф., Горки, 10 - 12 нояб. 1998 г. / Мин. сел. х-ва. и прод. Респ. Беларусь. Белорус. с.-х. акад.— Горки, 1998.— Часть 2 — С. 34–41. (соавтор А.В. Кузьмицкий).

10. Моделирование внутриобъемного впрыска консерванта в кормовой поток //Современные проблемы сельскохозяйственной механики: Тез. докл. науч. конф., Минск, 26 — 27 мая 1999 г. / Акад. аграр. наук Респ. Беларусь. Белорус. науч.-исслед. ин-т мех. с. х-ва. — Минск, 1999. — Часть 2 — С. 30–33. (соавтор А.В. Кузьмицкий).

11. Моделирование взаимодействия струи жидкости с пористой средой // Проблемы мелиорации и водного хозяйства на современном этапе: Тез. докл. науч. конф., Горки, 4 — 5 июня 1999 г. / Мин. сел. х-ва. и прод. Респ. Беларусь. Белорус. с.-х. акад.— Горки, 1999.— Часть 2 — С. 99–103. (соавторы А.В. Кузьмицкий, А.И. Назаров).

12. Закладка сенажа и силоса в траншейные силосохранилища с внутриобъемным внесением жидких консервантов // Кормопроизводство. — № 9. — 1999 г. С. 30–32. (соавторы В.А. Шаршунов, А.В. Кузьмицкий, Л.П. Лазарев).

13. Внутриобъемное внесение жидких консервантов при закладке сенажа и силоса. // Достижения науки и техники АПК. — № 7. — 1999 г. — С. 27–29. (соавторы В.А. Шаршунов, А.В. Кузьмицкий, Л.П. Лазарев).

14. Обоснование параметров навесного оборудования для внесения консервантов в траншейном силосохранилище // Агрорадиорама. — № 6. — 1999 г. — С. 8–10. (соавторы В.А. Шаршунов, А.В. Кузьмицкий).

15. Внутриобъемное внесение жидких консервантов смесителем – разравнивателем в траншейных силосохранилищах // Весці акадэміі аграрных навук Рэспублікі Беларусь. — № 1.— 2000 г. — С. 86–88. (соавторы В.А. Шаршунов, А.В. Кузьмицкий, Л.П. Лазарев).

16. Моделирование внутриобъемного впрыска консервантов в кормовой поток // Аграрная наука на рубеже XXI века: Материалы Общего собрания, Минск, 16 нояб. 2000 г. / Акад. аграр. наук Респ. Беларусь. — Минск, 2000. — С. 273–278. (соавторы А.В. Кузьмицкий, А.И. Назаров).

РЕЗЮМЕ

Дремук Владимир Алексеевич
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАГОТОВКИ СИЛОСА ВНЕСЕ-
НИЕМ ЖИДКИХ КОНСЕРВАНТОВ СМЕСИТЕЛЕМ-
РАЗРАВНИВАТЕЛЕМ В ТРАНШЕЙНОМ СИЛОСОХРАНИЛИЩЕ

Ключевые слова: Смеситель-разравниватель, консервант, измельчённая растительная масса, ротор, неравномерность, доза, напор.

Объектом исследования является измельчённая растительная масса, химические консерванты, способы, процессы и рабочие органы для их внесения, дозирующие устройства, распылители.

Цель работы: повышение равномерности распределения консервантов в силосуемой растительной массе путем их внутриобъемного внесения в кормовой поток смесителем-разравнивателем роторного типа, уменьшение количества работников и техники, соприкасающихся с консервантами, снижение затрат труда и средств на консервирование кормов.

Разработана математическая модель взаимодействия факела распыленного консерванта с кормовым потоком, позволяющая определить параметры факела распыла в пористой среде, а также обосновать рациональные параметры рабочих органов и кормового потока с учётом распределения консерванта в зоне обработки.

Для улучшения качества силоса предложена усовершенствованная конструкция смесителя-разравнивателя для внесения консервантов при силосовании кормов в траншейном силосохранилище.

Экспериментальные образцы смесителя-разравнивателя испытывались в учхозе БГСХА, приняты к внедрению Брестским облсельхозпродом, Кобринским райсельхозпродом и рядом колхозов и совхозов Брестской и Гомельской областей.

Применение оборудования для внесения консервантов обеспечивает повышение равномерности обработки и снижение потерь консерванта и питательных веществ корма. Результаты теоретических и экспериментальных исследований могут быть использованы при разработке нового оборудования для внесения консервантов.

РЭЗІЮМЭ

Дрэмук Уладзімір Аляксеевіч

**ПАВЫШЭННЕ ЭФЕКТЫЎНАСЦІ НАРЫХТОЎКІ СІЛАСУ
ЎНЯСЕННЕМ ВАДКІХ КАНСЕРВАНТАЎ ЗМЕШВАЛЬНІКАМ-
РАЗРАЎНОЎВАЛЬНІКАМ У ТРАНШЭЙНЫМ СІЛАСАСХОВІШЧЫ**

Ключавыя словы: змешвальнік-разраўноўвальнік, кансервант, здробленая раслінная маса, ротар, нераўнамернасць, доза, націск.

Аб'ектам даследавання з'яўляецца здробленая раслінная маса, хімічныя кансерванты, спосабы, працэсы і рабочыя органы для іх унясення, дазіравальныя ўстройства, распыляльнікі.

Мэта працы: павышэнне раўнамернасці размеркавання кансервантаў у сіласуемай расліннай масе шляхам іх унутрыаб'ёмнага ўнясення ў кармавы паток змешвальнікам-разраўноўвальнікам ротарнага тыпу, змяншэнне колькасці работнікаў і тэхнікі, якія кантактуюць з кансервантамі, затрат працы і сродкаў на кансерваванне кармоў.

Распрацавана матэматычная мадэль узаемадзеяння факела распыленага кансерванту з кармавым патокам, якая дазваляе вызначыць параметры факела распыльвання ў сітаватым асяроддзі, а таксама абгрунтаваць рацыянальныя параметры рабочых органаў і кармавога патоку з улікам размеркавання ў зоне апрацоўкі.

Для паляпшэння якасці сіласу прапанавана ўдасканаленая канструкцыя змешвальніка-разраўноўвальніка для ўнясення кансервантаў пры сіласаванні кармоў у траншэйным сіласасховішчы.

Эксперыментальныя ўзоры змешвальніка-разраўноўвальніка выпрабаваліся ў вучгасе БДСГА, прыняты да ўкаранення Брэскім аблсельгасхарчам, Кобрынскім райсельгасхарчам і шэрагам калгасаў Брэсцкай і Гомельскай абласцей.

Выкарыстанне абсталювання для ўнясення кансервантаў забяспечвае павышэнне раўнамернасці апрацоўкі і змяншэнне стратаў кансерванту і пажыўных рэчываў корму. Вынікі тэарэтычных і эксперыментальных даследаванняў могуць быць выкарыстаны пры распрацоўцы новага абсталювання для ўнясення кансервантаў.

SUMMARY

Dremuk Vladimir Alexeevich

THE RAISING OF ENSILAGE EFFICIENCY WHEN APPLYING LIQUID CONSERVANTS BY THE MIXER-LEVELLER IN A TRENCH SILO.

Key words: mixer-leveller, conservant, reduced vegetation mass, rotor, uniformity, dose, pressure.

The object of the research is the reduced vegetation mass, chemical conservants, methods, processes and equipment for their application, dosing apparatus, sprayers.

The aim of research: to increase the uniformity of conservant distribution throughout the vegetation mass in a forage stream by the mixer-leveller of the rotor type, to decrease the number of workers and machines dealing with conservants to reduce inputs of labour and means on forage conservation.

There has been worked out the mathematical model of interaction between the stream of sprayed conservants and forage stream allowing to determine the parameters of spraying in a porous environment, and also to ground the rational parameters machines and forage stream taking into account the conservant distribution in the zone of treatment.

To improve the quality of silage, there has been suggested the improved model of the mixer-leveller for conservant application under siloing in a silo trench.

The experimental models of the mixer-leveller have been tested at the Experimental Farm of the Belorussian state Agricultural Academy and have been adopted for introduction by the Brest regional and the Kobrin district agricultural units and by a number of collective and state farms of Brest and Gomel regions.

The usage of the equipment for conservant application provides increase in the uniformity of treatment and decrease in conservant losses and forage nutrients. The results of theoretical and experimental research may be used when developing new equipment for conservant application.

