

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И  
ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

---

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ И КАДРОВ

---

БЕЛОРУССКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

---

---

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Часть 2

Материалы международной научно-практической конференции,  
посвященной 70-летию академика С.И. Назарова

(г.Горки, 10 – 12 ноября 1998г.)

Горки 1998

Редакционная коллегия: В.А. ШАРШУНОВ (научный редактор),  
Н.В. ЧАЙЧИЦ (ответственный редактор), Ю.Т. ВАГИН,  
А.С. ДОБЫШЕВ, А.В. КЛОЧКОВ, А.И. КУПЧЕНКО, В.Е. КРУГЛЕНЯ  
(зам. ответственного редактора), Г.Н. САПЬЯНИК, И.А. ШАРШУКОВ  
(отв. секретарь).

Рецензенты: доктор техн. наук А.В. КЛОЧКОВ; кандидаты техн. наук  
В.Ф. БЕРШАДСКИЙ, Н.В. ЧАЙЧИЦ, В.А. ХИТРИК, Л.Ф. БАРАНОВ;  
С.А. БОРТНИК, Л.И. САВЕНКО, М.В. ЗАХАРЕВИЧ, А.С. СЕНТЮРОВ,  
А.В. АДАСЬ, Г.А. ВАЛЮЖЕНИЧ, А.В. КУЗЬМИЦКИЙ, В.М.  
ГОРЕЛЬКО, Р.Н. ВАЛЮЖЕНИЧ, Ю.И. ШАДИД, В.А. ВАЛЕТОВ, А.А.  
МИРЕНКОВ, В.Е. КРУГЛЕНЯ, П.Я. КОТИКОВ, Е.И. МАЖУТИН, М.А.  
ЖАРСКИЙ, А.И. КУПЧЕНКО, А.К. ТРУБИЛОВ.

## СОДЕРЖАНИЕ

И.И. Пиуновский. Пути решения проблем механизации заготовки кормов из трав в XXI веке. ....	3
Ю.К. Приекулис. Экономическая эффективность технологических вариантов производства молока в крестьянских хозяйствах Латвии. ....	6
С.А. Иванов. Повышение эффективности рулонных технологий уборки льна и заготовки кормов в Латвии. ....	9
Н.И. Бохан, Н.А. Маслюков, О.Б. Забродина, В.А. Пик, В.М. Пайцаков. Автоматизация процесса очистки молочного оборудования. ....	12
С.А. Бортник, С.А. Мельник, К.К. Курнлович, С.М. Костюкевич. Результаты исследования процесса псевдооживления комбикорма ПК-6. ....	15
В.Е. Кругленя, А.Н. Кудрявцев, С.В. Курзенков. Выбор конструктивных параметров молотильного устройства вальцового типа. ....	18
В.Е. Кругленя, А.Н. Кудрявцев, С.В. Курзенков, Н.Н. Ракуть. Обоснование конструктивных и технологических параметров вальцового молотильного устройства. ....	23
А.В. Червяков, С.В. Курзенков. Выбор конструктивных параметров смесителя непрерывного действия с вибрационным рабочим органом. .	27
А.Р. Лаурс. Результаты теоритических исследований молочных линий доильных установок. ....	30
А.В. Кузьмицкий, В.А. Дремук. Внутриобъемное внесение жидких консервантов смесителем-разравнивателем при силосовании кормов в траншейных силосохранителях. ....	34
В.А. Шаршунов, А.В. Червяков, С.И. Козлов. Установка для приготовления экструдированных кормов. ....	41
В.М. Короткин. Определение уровня воды в ванне мойки. ....	44
В.М. Короткин. Обоснование параметров насосной установки для мойки. ....	45
В.М. Булгаков, Н.М. Хелемендик, Н.Г. Березовый. Расчётная математическая модель барабанного очистителя корнеплодов сахарной свеклы. ....	47
И.В. Букшнайтис. Анализ магнитодвижущих сил трехфазных обмоток асинхронных электродвигателей. ....	55
А.Н. Карташевич, В.А. Белоусов, А.А. Сушнев. Определение удельного содержания твердых частиц в отработавших газах автотракторных дизелей с использованием оптического метода измерений. ....	60
В.К. Ярошевич, Дж. Ахмад. Выбор рациональных технологий и оборудования для восстановления коленчатых валов автомобильных двигателей. ....	66
А.Б. Якубовский. Новые рабочие органы для увеличения эффективности использования водных ресурсов при проведении моечно-очистных работ на предприятиях АПК. ....	69
Н.Е. Стеликов. Прогнозирование долговечности деталей сельскохозяйственных машин, работающих в условиях статического нагружения. ....	70
Н.Б. Костецкая, О.В. Зазимко. Значение механохимических процессов в обеспечении надежности узлов трения и рабочих органов сельскохозяйственных машин. ....	72
А.В. Королев. Анализ состояния , использования и сервисного обслуживания автомобильного транспорта предприятий МИНСЕЛЬХОЗПРОДА. ....	76
К.В. Буйкус. Восстановление деталей трибосопряжений сельскохозяйственной техники активированной дуговой металллизацией. ....	79

УДК 636.085

А.В. КУЗЬМИЦКИЙ, канд. техн. наук;  
В.А. ДРЕМУК, инженер

### ВНУТРИОБЪЁМНОЕ ВНЕСЕНИЕ ЖИДКИХ КОНСЕРВАНТОВ СМЕСИТЕЛЕМ-РАЗРАВНИВАТЕЛЕМ ПРИ СИЛОСОВАНИИ КОРМОВ В ТРАНШЕЙНЫХ СИЛОСОХРАНИЛИЩАХ

Наиболее широко распространенным методом консервирования трав и кукурузы является силосование, однако потери питательных веществ при таком способе заготовки кормов ещё велики и составляют около 30%, из них неизбежные — до 15%. Эти потери отрицательно влияют на кормовую базу животноводства, вызывая потребность в дополнительных площадях под кормовые культуры и увеличение себестоимости продукции. Поэтому вопрос о качестве заготовленного силоса остается одним из самых главных, тем более, что расширить указанные площади в условиях сокращения поставок зерна и муки в Беларусь не представляется возможным.

В связи с этим представляет интерес предложенная в Финляндии фирмой “Фармос” система кормления крупного рогатого скота под названием “Фармлайн” [1]. Этот недорогостоящий метод обеспечивает экономически выгодное кормление, основанное на высоком удельном весе в рационе силоса с консервантом и низким концентратов. Такое соотношение силоса и концентратов создает оптимальные условия для ферментации в рубце искусной кислоты, что способствует повышению удоев молока и его качества, тогда как преобладание в рационе концентратов приводит к ферментации

преимущественно пропионовой кислоты, которая вызывает значительное отложение жира в теле коровы.

По данным П.С. Авраменко, при кормлении коров только сеном расходуется зерна почти в 1,4 раза а белковых концентратов — в 6,4 раза больше, чем при силосном типе кормления. Исходя из этого кормление коров при высоком удельном весе концентрированных кормов значительно дешевле и позволяет экономить зерно.

Практическое использование оборудования для внесения консервантов на кормоуборочных комбайнах в процессе скашивания и измельчения растительной массы (УВК-Ф-1, НР-20 и др.) показало, что наряду с достоинствами (простота конструкции, низкая материалоемкость) эти приспособления значительно снижают производительность уборочного комплекса (до 20% и выше), требуют присутствия на поле заправочного агрегата, ухудшают условия труда комбайнера вследствие отрицательного воздействия паров консерванта на органы дыхания, способствуют повышенному коррозионному разрушению дорогостоящей кормоуборочной техники. Кроме того, уровень потерь консерванта при внесении его в шнегрузной силосопровод достигает 30...50% за счёт выдувания (эффект пульверизатора). Всё это заставляет изыскивать новые пути решения данной проблемы.

В соответствии с проведенными в БСХА исследованиями [2], а также работами зарубежных авторов [3, 4] наиболее перспективным следует считать внутриобъемный способ внесения, исключающий потери консерванта и позволяющий применять консерванты с сильными фунгицидными свойствами (ЛИВ-2, "Вихер", "Фарми" и т.п.). Однако, как показывает производственный опыт, эффективность применения консервирующих добавок практически полностью определяется качеством их внесения, т.е. равномерностью распределения в растительном материале и соблюдением дозировки, что, в свою очередь, предъявляет жесткие требования к технологии и конструкции применяемого оборудования.

Для реализации внутриобъемного способа предложена конструкция смесителя - разравнивателя с системой подачи консервантов к трамбуемому агрегату (рис.1), осуществляющего процесс внесения их непосредственно в силосохранилище траншейного типа одновременно с перемешиванием корма, его разравниванием и трамбовкой.

Рабочий процесс осуществляется следующим образом. Агрегат подается к куче выгруженной растительной массы 14, рама 2 опускается до упора опорных башмаков 6 в поверхность ранее утрамбованного корма 15, включается ВОМ и начинается движение с расчетной скоростью вдоль силосохранилища. Консервант из емкостей 8 с помощью насоса дозатора 9 подается по трубопроводам 11, шлангам 12 к распылителям 13 и впрыскивается через распылители в растительный материал. Обработанный материал попадает на лопасти вращающихся роторов 4 и отбрасывается в стороны, равномерно распределяясь по поверхности ранее утрамбованного корма 15. Равномерность распределения регулируется направляющими щитками 7 и опорными башмаками 6. В дальнейшем агрегат с поднятой рамой и выключенным ВОМ производит трамбовку уложенного слоя массы до необходимой плотности.

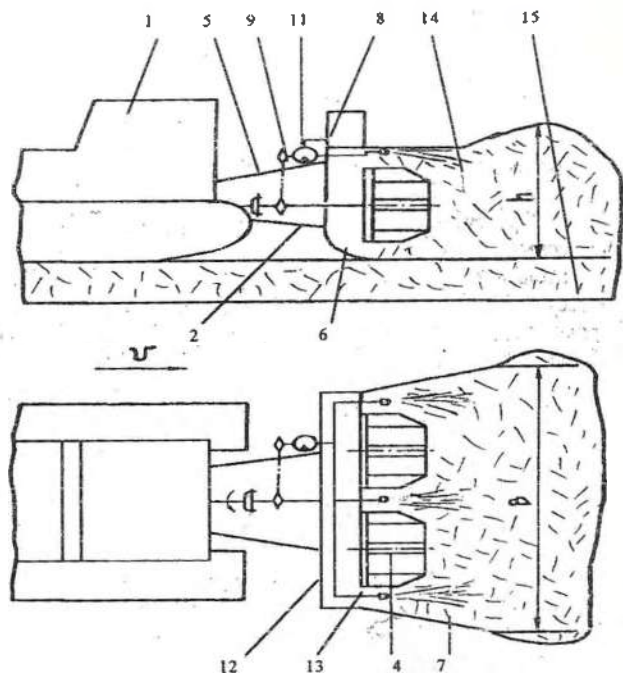


Рис. 1. Схема рабочего процесса смесителя - разравнивателя с системой подачи консервантов

Для оценки качества внесения жидких консервантов в измельченный растительный материал могут быть применены общие положения теории смешивания. При этом будем считать смесь двухкомпонентной, где один компонент (контрольный) — объем растительного материала, обработанный в статическом состоянии системы (до перемешивания), второй — необработанный растительный материал. По степени распределения контрольного компонента в массе можно сделать вывод о качестве смеси.

В качестве количественной оценки завершенности процесса смешивания принимают степень однородности, которая в данном случае будет представлять собой отношение обработанного растительного материала в анализируемой пробе к содержанию этого же компонента в идеальной смеси. Степень однородности определяется по эмпирическим формулам А.А. Лапшина. Она выражается в процентах или долях единицы, и чем значения ближе к 100% или единице, тем лучше завершен процесс смешивания и качественнее смесь.

Критерием оценки процесса смешивания может служить коэффициент неоднородности (вариации), выраженный в процентах. Физический смысл коэффициента вариации заключается в том, что он измеряет среднеквадратическое отклонение доли контрольного компонента в единицах

среднего значения случайной величины. Величину коэффициента неоднородности смешивания  $v$  определяют по выражению

$$v = 10^2 C_0^{-1} \sqrt{\sum (C_i - C_0)^2 / (n-1)}, \quad (1)$$

где  $C_0$ ,  $C_i$  — соответственно заданное и фактическое содержание компонента в смеси.

Для большинства смесителей, в том числе и для оборудования по внесению консервантов, значение  $v=20\%$  считается достаточным.

Для того чтобы определить расчетным путем содержание контрольного компонента, необходимо определить объем растительного материала, обработанного в статическом состоянии системы, т.е. без перемешивания. Исходной величиной для определения указанного объема является радиус распыливания консерванта в пористом растительном сырье. Радиус распыливания консерванта определяется по выражению

$$L = \eta a (4 \ln a - 2 \ln d_c - 2 \ln H_k - 5,6) / (3 \ln m), \quad (2)$$

где  $\eta$  — коэффициент, учитывающий уплотнение материала вокруг иньектора ( $\eta = 0,8 \dots 0,85$ );

$d_c$  — диаметр сопла распылителя, м;

$H_k$  — напор консерванта, м вод. ст.;

$m$  — пористость материала;

$a$  — структурный параметр растительного материала, м.

Зная радиус распыливания консерванта  $L$ , можно определить объем материала  $V_u$ , обрабатываемый одним распылителем в статическом состоянии как объем шарового сектора:

$$V_u = 2\pi L^2 h / 3, \quad (3)$$

где  $h$  — высота шаровой части сектора, м,

$V$  — также объем, обработанный всеми распылителями  $V$  (контрольный):

$$V = V_u n. \quad (4)$$

Величина  $V$  есть не что иное как заданное расчетом содержание контрольного компонента в смеси (см. выражение (3)).

Для обоснования технологических параметров смесителя - разравнивателя и оценки неравномерности внесения жидких консервантов в сыпучую массу были проведены экспериментальные исследования в лабораторных условиях. Рабочий процесс смесителя - разравнивателя исследовался с использованием методики планирования эксперимента. В качестве основных факторов были выбраны напор рабочего раствора  $H_k$  (давление вилки), доза внесения  $Q_k$  и частота вращения роторов  $\omega$ . Опыты

проводились при силосовании измельченной массы кукурузы влажностью 76,3...75,8% в траншейном силосохранилище.

В качестве параметра оптимизации был выбран коэффициент вариации ( $v, \%$ ) распределения консерванта в силосуемой массе. При этом количественное определение содержания консерванта в пробах производилось с помощью вещества-метки (использовалась поваренная соль  $\text{NaCl}$ ). Анализ отобранных проб проводился лабораторией химических исследований НИС БСХА на спектрофотометрическом комплексе АДМ-300. Матрица планирования эксперимента и результаты опытов по коэффициенту вариации распределения консерванта приведены в таблице. Обработка результатов эксперимента на ЭВМ методом пошаговой множественной регрессии позволила получить уравнение регрессии второго порядка

$$v = 67,056 - 52,76H_k - 4,74Q_k - 0,96\omega - 0,644H_k Q_k + (5) \\ + 0,028Q_k \omega + 1,41H_k \omega + 0,143Q_k^2 + 0,013\omega^2.$$

Адекватность модели второго порядка изучаемому процессу проверялась по критерию Фишера. При этом табличное значение критерия Фишера с числом степеней свободы числителя  $f_1 = 11$  и знаменателя  $f_2 = 30$ , равное для уровня значимости  $0,05 F_{0,05} = 2,1$ , оказалось больше расчетного ( $F_{\text{расч}} = 0,444$ ), что свидетельствует об адекватности модели исследуемому процессу.

На рис. 2 приведена зависимость неравномерности внесения консерванта (коэффициента вариации) от вносимой дозы  $Q_k$  при различных значениях напора  $H_k$  и постоянной частоте вращения роторов  $\omega = 10 \text{ с}^{-1}$ , полученная из уравнения (5).

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  $H_k = 0,5 \text{ МПа}$  до 18 л/т при  $H_k = 0,1 \text{ МПа}$ . Учитывая, что доза внесения таких консервантов, как АИВ-2, "Вихер", КНМК и др., составляет в зависимости от степени силосуемости сырья 3...6 л/т, можно рекомендовать разбавление их водой перед внесением в соотношении от 1:1 до 1:2, что соответствует требованиям инструкции по применению указанных препаратов.

Уравнение (5) исследовалось также методом двумерных сечений. На рис. 3 приведено двумерное сечение поверхности отклика плоскостями  $v = \text{const}$  с интервалом  $v = 5\%$ , позволяющее установить взаимосвязь между дозой вносимого раствора и напором при номинальной частоте вращения роторов  $\omega = 18 \text{ с}^{-1}$ . Для обеспечения требуемой равномерности обработки значения указанных технологических параметров следует выбирать выше линии  $v = 20\%$ .

Двумерное сечение, приведенное на рис. 4, показывает, что основное влияние на неравномерность внесения консерванта оказывает доза  $Q_k$ , в то время как влияние частоты вращения роторов  $\omega$  на коэффициент вариации  $v$  выражено более слабо. Расширение области эксперимента с помощью возможностей ЭВМ по фактору дозы рабочего раствора  $Q_k$  показывает, что оптимальное значение коэффициента вариации достигается при частоте вращения роторов  $8,0...9,0 \text{ с}^{-1}$  и дозе вносимой жидкости около 20 л/т.

Матрица планирования эксперимента

№ опыта	Уровни и значения факторов						Результаты эксперимента			
	Верхний (+)	0,3	15	20	Коэффициент вариации распределения консерванта в растительной массе $v, \%$					
	Нижний (-)	0,14	5	10						
	Основной (0)	0,22	10	15						
	Интервал варьирования	0,08	5	5						
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$H_k$ , Мпа	$Q_k$ , л/т	$\omega$ , $c^{-1}$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$
1	+	+	+	0,3	15	20	8,63	15,14	9,47	11,08
2	+	+	-	0,3	15	10	6,83	10,14	10,32	9,09
3	+	-	-	0,3	5	10	25,63	36,10	21,79	27,84
4	+	-	+	0,3	5	20	29,13	28,95	26,21	28,09
5	-	+	+	0,14	15	20	16,39	10,61	24,34	17,11
6	-	+	+	0,14	15	20	15,25	14,65	19,13	16,34
7	-	-	+	0,14	5	20	42,26	33,43	29,62	35,10
8	-	-	-	0,14	5	10	30,31	35,26	30,59	32,05
9	+	0	0	0,3	10	15	12,25	14,29	17,88	14,81
10	-	0	0	0,14	10	15	17,13	16,42	28,59	20,71
11	0	+	0	0,22	15	15	19,23	12,63	15,85	15,90
12	0	-	0	0,22	5	15	30,13	24,38	27,21	27,24
13	0	0	+	0,22	10	20	21,48	15,12	19,26	18,62
14	0	0	-	0,22	10	10	18,34	14,75	21,02	18,04
15	0	0	0	0,22	10	15	16,59	17,47	23,86	19,31

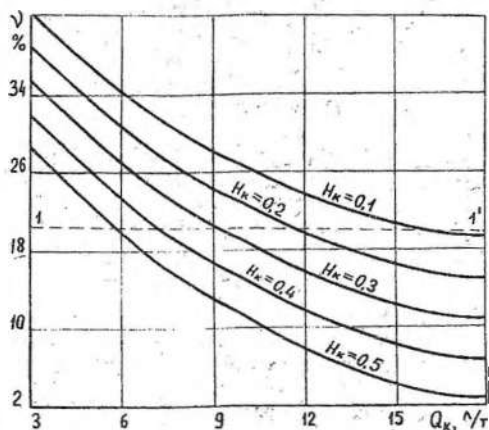


Рис. 2. Зависимость коэффициента вариации распределения консерванта в силосуемой массе от дозы  $Q_k$  при различных значениях напора  $H_k$  (частота вращения роторов  $\omega = 10 \text{ c}^{-1}$ , материал — измельчённая масса кукурузы, влажность 76,3%, длина режки 60...80 мм).

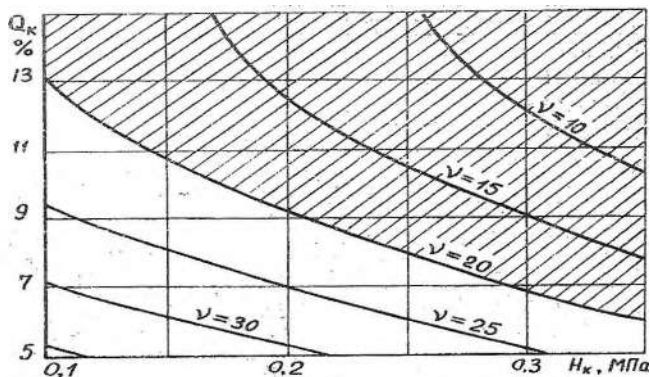


Рис. 3. Проекция двумерных сечений поверхности отклика  $v$  на плоскость  $X_1(H_k) - X_2(Q_k)$  при  $\omega = \text{const}$ . Характеристика сечений: тип линий — гиперболический; координаты центра:  $X_1 = -33,58$ ;  $X_2 = -60,03$ ; угол поворота новой оси абсцисс относительно  $X_1$ ,  $-51,26^\circ$ .

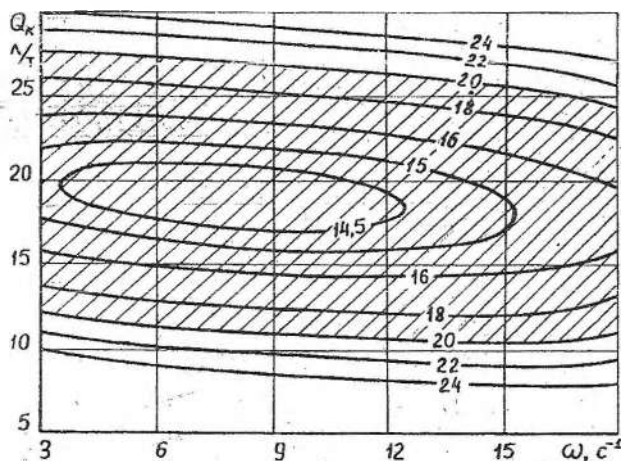


Рис. 4. Проекция двумерных сечений поверхности отклика  $v$  на плоскость  $X_2(Q_k) - X_3(\omega)$  при  $H_k = 0,2$  МПа. Характеристика сечений: тип линий — эллиптический; координаты центра:  $X_3 = 8,65$ ;  $X_2 = 16,18$ ; угол поворота новой оси относительно  $X_3$  -  $83,92^\circ$ .

В результате испытаний смесителя-разравнивателя установлено также, что неравномерность дозирования консерванта между распылителями при возрастании напора от 0,05 до 0,15 МПа уменьшается с 15,8 до 9,6 %. Производительность смесителя - разравнивателя за час основного времени составила 180, за час сменного времени — 115 т/ч.

#### Литература

1. Перспективные технологии заготовки травянистых кормов /Под ред. П.С. Авраменко. Мн.: Ураджай, 1990.
2. Кузьмицкий А.В. Инъекционное внесение жидких химических консервантов мобильным агрегатом при силосовании кормов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Горки, 1987.
3. Грачев А.В. Способы и технические средства повышения эффективности обработки силосуемой зеленой массы химическими консервантами: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1987.
4. Поединок В.Е., Николаенко Л.И. Внесение химических консервантов в силосую массу //Техника в сельском хозяйстве. 1986. № 8, с. 16.