

мелкие частицы. Повышение дисперсности почвы ведет к повышению прилипаемости к клубням картофеля.

В качестве критериев оценки прилипаемости почвы к картофелю предлагается использовать параметры уравнения Розина-Раммлера. Для почвы оптимального фракционного состава параметры уравнения Розина-Раммлера имеют следующие значения: показатель однородности частиц $n=2-4$, показатель крупности $d_e = 5-6$ мм. Для современных технологий почвообработки при возделывании картофеля фракционный состав почвы характеризуется следующими значениями параметров уравнения Розина-Раммлера: $n = 0,7-0,8$; $d_e = 12-23$ мм. При уменьшении показателя однородности n увеличивается процентное содержание мелких частиц, а следовательно и прилипаемость почвы к картофелю.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орда, А.Н. Эколого-энергетические основы формирования машинно-тракторных агрегатов: дис. ... докт. техн. наук: 05.20.03/А.Н.Орда; БИМСХ. – Минск, 1997. – 269с., ил.

2. Вадюнина, А.Ф. Методы исследования физических свойств почв/ А.Ф. Вадюнина, З.А.Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416с.

3. Бабков, В.Ф. Основы грунтоведения и механики грунтов/ В.Ф. Бабков, В.М. Безрук. – Москва. – 1976. – С. 327.

4. Лиштван, И.И. Физические свойства торфа и торфяных залежей/ И.И. Лиштван, Е.Т. Базин, В.И. Косов. – Минск: Наука и техника, 1985. – 239 с., ил.

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

6. Ревут, И.Б. Физика почв/ И.Б. Ревут. – Л.: Колос, 1972. – 387с., ил.

7. Орда, А.Н. Оценка воздействия на почву ходовых систем и рабочих органов почвообрабатывающих машинно-тракторных агрегатов/ А.Н.Орда, Н.А. Гирейко, А.Б. Селеш. // Агропанорама, 2006. – №2. – С. 6-9.

8. Кислов, Н.В. Аэродинамика измельченного торфа/ Н.В. Кислов. – Минск.: Наука и техника, 1987. – 175 с.

9. Дмитриев, А.М. К вопросу крошения почвы рабочими органами/ А.М. Дмитриев, Н.И. Бохан// Науч. труды ЦНИИМЭСХ. – Т.7. – Минск, 1969. – С. 24-30.

УДК 636. 085. 51

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 24.02.2011

СПОСОБ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СТЕБЕЛЬНЫХ КОРМОВ

С.В. Основин, канд. с.-х. наук, доцент, Л.Г. Основина, канд. техн. наук, доцент, Е.Г. Бусько, докт. биолог. наук, профессор (БГАТУ)

Аннотация

Предлагается способ приготовления стебельных кормов с пригрузкой зеленой массы статической нагрузкой.

The technology of preparing the ensilage fodder with the use of tightening weight onto the caulescent substance by static load is suggested.

Введение

Одним из направлений развития кормовой базы в современных условиях является совершенствование процессов кормоприготовления, что позволяет повысить качество и снизить затраты на их производство. Это относится к циклу работ по заготовке кормов (уборка трав, погрузочно-разгрузочные работы, хранение и использование).

Поэтому для повышения качества стебельных кормов необходимо использовать рациональные технологии их заготовки.

Использование различных материалов в процессе деформирования показывает сложность наблюдаемых явлений и разнообразие обнаруживаемых

свойств. Изучение свойств стебельной массы требует изучения их индивидуальных особенностей.

Сопrotивление стебельной массы деформированиям зависит от степени измельчения, скорости деформирования, температуры массы в процессе ее деформации и других физико-химических характеристик.

Для получения качественных стебельных кормов необходимо учитывать физико-механические и некоторые биологические свойства стебельных кормов:

– характеризующие свойства стебельной массы: сроки уборки, влажность, скорость движения воздуха, время заготовки, температуру воздуха и материалов, степень измельчения и форму частиц;

– характеризующие деформирование стебельной массы: реологические и биохимические характери-

стики стеблевой массы, величину и способ приложения сил (метод воздействия на стеблевую массу).

Разнообразие природно-климатических зон и сырья для приготовления кормов требует разработки и применения адаптивных гибких технологий консервирования и хранения кормовых средств, обеспечивающих высокую эффективность использования их в кормлении животных.

Основная часть

Силос в структуре заготавливаемых кормов имеет первостепенное значение – доля его по питательности составляет около 40% общего количества объемистых кормов. И на перспективу силос останется основным сочным кормом для скота в зимний период.

Совершенствование технологий приготовления высококачественного силоса будет осуществляться в направлении повышения сухого вещества в исходном растительном материале до 30-39%, применения микробиологических заквасок, ферментных препаратов.

Многолетние травы в основном использовали для заготовки сена. Высокие потери питательных веществ, особенно при сушке бобовых трав, заставили обратить внимание на способ приготовления сенажа, который позволял консервировать травы независимо от их естественной силосуемости. Способ этот известен давно. В 20-30-х годах его разработали Ф. Сомарани, А.М. Михин, А.А. Зубрилин [1].

Исследованиями И.С. Колтушкина установлена зависимость пористости от относительной влажности материала [2].

Структурные свойства стеблевого материала изучали И.В.Грачев, А. В. Кузьмицкий [3, 4].

Первые попытки приготовления сенажа с влажностью около 40% показали, что, хотя и удастся сохранить корм, потери питательных веществ так высоки, что заготовка сенажа теряет смысл. Кроме того, при низких показателях влажности проявленная трава сильно разогрелась. В связи с этим необходимо было определять параметры, которые обеспечили бы получение корма высокого качества с минимальными потерями.

Поэтому для получения доброкачественных кормов необходимы прогрессивные технологии их приготовления. Но для их внедрения нужны машины, хранилища и консерванты.

Основные условия повышения доброкачественности кормов:

- внедрение новых технологий приготовления кормов и соблюдения технологического регламента;
- строительство специальных хранилищ;
- механизация.

Экспериментальные исследования показали, что характер деформирования стеблевой массы измельченных трав и торфяных грунтов аналогичен. Исследования явлений ползучести связных грунтов и других материалов проводились К Терцаги, Н.Н. Масловым,

М.Н. Гольдштейном., Г.И. Покровским, В.А. Флоринным. и другими. Однако единого мнения по данному вопросу в литературе нет [5, 6, 7]. Поэтому в теории ползучести применяют метод отображения свойств тела при помощи механических моделей, состоящих из упругих, вязких и пластических элементов. Комбинируя эти элементы, получают различные модели идеализированных сложных сред и соответствующие им те или иные реологические уравнения.

Исследования реологических свойств стеблевой массы не проводились. Однако достаточно хорошо изучены упруго-кинетические процессы в торфе [8, 9]. М.П. Воларович, Н.И. Малинин [10, 11] установили, что инвариантность таких характеристик торфа, как вязкость, модуль условно-мгновенных деформаций, предельного напряжения сдвига и других показателей не соблюдается в силу значительного изменения их в процессе уплотнения или разуплотнения торфа. Поэтому общую деформацию торфа можно разделить на условно-мгновенную и эластичную, или деформацию упругого последствия, развивающуюся во времени. Для напряжения сдвига меньше некоторого критического значения $\tau < \theta_s$, зависимость деформаций от времени может быть представлена уравнением Фукада-Ребиндера:

$$\gamma = \gamma_0 [1 + k \cdot \lg(c + t)], \text{ для } \tau = \text{const}, \quad (1)$$

где k и c – постоянные величины;

γ_0 – функция приложенного напряжения.

Исходя из того, что условно-мгновенный модуль при $\tau = \theta_s$ уменьшается незначительно, а зависимость между напряжением и деформацией нелинейная, Н.И. Малинин предложил для торфа, содержащего волокнистый каркас, использовать уравнение Савареги, Танигута и Фурути, полученное для резин с сажевым наполнителем:

$$\sigma = \sigma_m \left[1 - \exp \left(-\varepsilon \frac{E_0}{\sigma_m} \right) \right], \quad (2)$$

где σ_m – предел прочности;

ε – деформация;

$$E_0 = \frac{d\sigma}{d\varepsilon} \text{ – модуль упругости.}$$

Данные выводы и предпосылки справедливы для случая растяжения или сдвига без учета уплотнения и упрочнения системы в процессе деформирования. П.А. Ребиндером [12] для пластинок слюды получено уравнение, аналогичное уравнению (1):

$$\varepsilon = \varepsilon_0 (1 + k \cdot \lg t), \quad (3)$$

где ε – относительное удлинение.

С.С. Корчунов, изучая деформирование торфа под круглыми штампами, установил, что деформации во времени можно описать в зависимости от некоторой величины условной стабилизированной деформации h_∞ :

$$h = h_{\infty} \frac{t}{t + \beta}, \quad (4)$$

где t – время;
 β – коэффициент, характеризующий скорость деформирования.

Для описания процесса уплотнения торфа Г.И. Покровским [6] получено следующее уравнение:

$$l = \rho \cdot \ln(\gamma \cdot t + 1), \quad (5)$$

где ρ, γ – постоянные параметры, характеризующие свойства торфа.

Основываясь на лабораторных и полевых опытах с осадкой штампов на торфяных грунтах, П.А. Дрозд [13] рекомендовал в формулу (5) вводить дополнительный член β , определяющий мгновенную упругую деформацию:

$$l = \beta + \rho \cdot \ln(\gamma \cdot t + 1). \quad (6)$$

Однако при практических расчетах деформации торфа под круглым штампом он рекомендует использовать уравнение:

$$l = a \cdot t^n, \quad (7)$$

где a – эмпирический коэффициент, численно равный осадке штампа за период времени $t = 1$;

n – коэффициент, учитывающий интенсивность развития деформации во времени.

В.Н. Зайцем и П.К. Черником [14] получено уравнение для осадки штампов в торфяном грунте естественной структуры:

$$l = l_H \left\{ \left(1 + k \cdot \ln \frac{t_1}{t_H} \right) + \frac{k}{m} \left[\left(\frac{t}{t_1} \right)^m - 1 \right] \right\}, \quad (8)$$

где t_H – время приложения нагрузки;
 l_H – деформация к моменту завершения процесса приложения нагрузки на штамп;
 k, m – реологические параметры торфа.

Для времени t , меньшего чем t_1 , значения деформации могут быть определены по первому слагаемому в формуле (8). Ее структура свидетельствует о том, что интенсивность процесса деформирования во времени неодинакова и на различных промежутках времени описывается различными функциями. Параметр k , характеризующий интенсивность деформаций на начальном этапе, можно принять постоянным, не зависящим от величины уплотняющей нагрузки. Параметр m , характеризует интенсивность на последующем после $t > t_1$ участие процесса деформирования.

Таким образом, на основании приведенного анализа можно сделать вывод, что процесс деформирования торфа и других мате-

риалов может быть описан логарифмической или экспоненциальной функциями.

Деформации стебельной массы измельченных трав, как и грунтов, можно разделить (качественно и количественно) на восстанавливающиеся (обратимые) и остаточные (пластические). Обратимые деформации могут быть разделены на мгновенно восстанавливающиеся и восстанавливающиеся с последствием.

В зеленой массе, под нагрузкой, возникают указанные виды деформаций. Чтобы разделить полную деформацию массы на составляющие части, производят разгрузку и измеряют восстанавливающиеся деформации.

На рис. 1 показан характер процесса нарастания во времени деформации уплотнения и разуплотнения для двух образцов трав с различной влажностью и плотностью для различных значений уплотняющей нагрузки. Аналогичный характер процесса уплотнения наблюдался и в опытах с другими значениями влажности и уплотняющей нагрузки.

Возникновение их не связано с перемещениями элементов кристаллической решетки, слагающих материал частиц, а вызвано изменениями толщины водных пленок, обволакивающих частицы и имеющих различные формы связи. Для стебельной массы трав это положение относится не к пленкам воды между отдельными структурными агрегатами (частицами травы), а к пленкам воды между элементарными частицами, из которых состоят эти структурные агрегаты и которые содержат на поверхности пленки воды различной толщины и разной формы связи с твердой частицей.

Для перемещения молекул воды от контактов между элементарными частицами в сторону пор под действием уплотняющей нагрузки и в обратном направлении, при разгрузке, требуется некоторое время. Этим и можно объяснить процесс восстановления деформаций во времени (рис. 1).

Объектом исследования является способ приго-

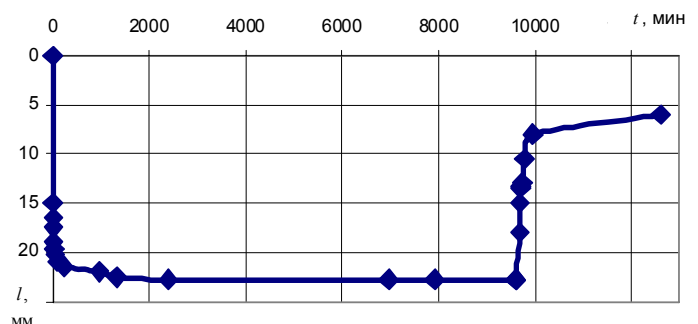


Рисунок 1. Деформация уплотнения и разуплотнения массы из измельчённых трав:

$$P = 0,015 \text{ МПа}; \rho_0 = 0,37 \text{ т/м}^3; W = 0,67$$

товления стебельных кормов.

Методы исследований включают анализ научно-исследовательских работ и патентный поиск по способам заготовки стебельных кормов.

В Республиканском научном дочернем унитарном предприятии «Институт мелиорации» на уровне изобретения разработан способ приготовления стебельных кормов [15].

Развитие отрасли скотоводства и ее эффективность зависят в основном от объемов и качества заготавливаемых стебельных кормов, так как в рационах животных в стойловый период до 80% сухого вещества должно обеспечиваться за счет стебельных кормов.

Для получения качественных стебельных кормов необходимо выполнять следующие условия:

– как можно быстрее заполнить хранилище, чтобы масса не успела сильно разогреться;

– как можно лучше уплотнить массу, чтобы кислород в оставшейся после уплотнения части воздуха в массе после герметизации мог бы использоваться в течение короткого промежутка времени при дыхании растительных клеток, в результате чего создались бы анаэробные условия;

– как можно лучше герметизировать уложенную массу, чтобы не допустить проникновения воздуха в хранилище в процессе брожения корма.

Несоблюдение любого из этих требований неизбежно ведет к большим потерям питательных веществ, как в процессе заполнения хранилищ, так и в процессе брожения и хранения корма.

Практически весь объем стебельных кормов в республике в настоящее время приготавливается в горизонтальных хранилищах (облицованных траншеях), построенных 30 и более лет тому назад. В результате длительного использования и агрессивности стебельных кормов к бетону, траншеи начали разрушаться, а их днища и нижняя часть стенок закальмированы и стали водонепроницаемы.

Переход в ближайшие годы в республике на новые технологии приготовления стебельных кормов, интенсивно разрабатываемые в последние 30 лет в зарубежных странах, является нереальной задачей из-за их высокой стоимости, необходимости использования комплекса специальных машин и новых материалов. Поэтому в обозримой перспективе особую актуальность для республики приобретает поиск простейших приемов, направленных на совершенствование применяемой в настоящее время технологии приготовления стебельных кормов в существующих горизонтальных хранилищах, и в первую очередь направленных на снижение воздухообмена в хранилищах в процессе брожения корма.

Масса из измельченных трав даже при значительных плотностях, которых можно достигнуть в

результате уплотнения при трамбовании тракторами, характеризуется высокой пористостью, а, соответственно, и высокой воздухопроводностью.

Известен способ заготовки стебельных кормов, включающий измельчение стебельной массы, укладку ее в хранилище, уплотнение и герметизацию. Недостатком способа, предусматривающего уплотнение укладываемой в хранилище массы, трамбованием тракторами (динамической нагрузкой) является тот факт, что, в силу упругих свойств, масса после каждого прохода трактора разуплотняется, и в нее всасывается воздух. В результате, в процессе заполнения хранилища происходит постоянное поступление в уплотненную массу кислорода, инициирование деятельности аэробных бактерий и торможение процесса молочнокислого брожения, который происходит в анаэробных условиях. При этом масса сильно разогревается.

Если масса разогрелась, то после окончания загрузки и герметизации хранилища высокая температура сохраняется в процессе брожения корма в течение длительного промежутка времени (2 месяца и более). Для разогрева массы требуется много энергии, которая выделяется в результате «сгорания» питательных веществ, что неизбежно ведет к снижению энергетической ценности корма и денатурации белка.

Известно, что при температуре массы выше 38°C на каждый градус превышения этого порога на 2% снижается перевариваемость протеина. Например, если температура в хранилище достигла 60°C, то перевариваемость протеина снижается на $(60-38) \times 2 = 44\%$.

Если масса разогрелась, то герметизировать хранилище с помощью полиэтиленовой пленки невозможно, так как воздух в хранилище проникает через грунт, прилегающий к стенкам траншеи, бетон плит и стыки между ними под действием температурных градиентов. Наблюдения показали, что разница между температурой массы в центре траншеи и в пристенных зонах достигает до 20°C, что свидетельствует об интенсивном воздухообмене в процессе брожения корма.

Известен способ заготовки зеленых кормов, включающий измельчение стебельной массы, укладку ее в хранилище, уплотнение и герметизацию, при этом уплотнение уложенной в хранилище массы осуществляется статической нагрузкой. При заполнении хранилища стебельной массой, осуществляется лишь разравнивание и смятие ее ограниченным числом проходов бульдозера при разравнивании массы. Дополнительная трамбовка массы в процессе заполнения хранилища исключается. После заполнения хранилища на всю высоту, с превышением над верхом траншеи на величину ожидаемой деформации от уплотнения, немедленно осуществляется нагружение уложенной в хранилище массы статической нагрузкой, равной 0,03-0,05 МПа (в

зависимости от влажности массы, вида трав, степени измельчения). Такая величина нагрузки эквивалентна слою грунта, толщиной 1,5-2,5м.

Недостатком указанного способа является большой объем работ по пригрузке грунтом (1,5-2,5м).

Поэтому Республиканским научным дочерним унитарным предприятием « Институт мелиорации » предлагается способ приготовления стебельной массы, состоящий в том, чтобы ускорить процесс уплотнения массы и обеспечить снижение в течение короткого промежутка времени после герметизации хранилища содержания воздуха в массе за счет уплотнения, при котором достигается инициирование молочно-кислого брожения.

Сущность предлагаемого способа заключается в измельчении стебельной массы 8, укладке ее в хранилище, уплотнении и герметизации хранилища полиэтиленовой пленкой 6, при этом уплотнение уложенной в хранилище массы после герметизации хранилища осуществляется путем откачки воздуха с помо-

щью вакуум-насоса через заложенную в нижнюю часть траншеи 5 перфорированную трубу 1, один конец которой выведен за пределы траншеи и за пределами траншеи не перфорирован (рис. 2.). На этом конце трубы расположен вентиль 2 и штуцер 3 для подключения к насосу. После откачки воздуха вентиль закрывают и отсоединяют вакуум-насос. При укладке влажной массы и большой ширине траншеи закладывают батарею перфорированных труб, подсоединенных к коллектору 4 (рис. 3). Уплотнение массы происходит под действием давления, равного разности между атмосферным давлением и давлением в массе, достигнутом в процессе откачки.

Поставленная цель достигается при условии полной герметизации хранилища. Однако на практике обеспечить полную герметизацию хранилища полиэтиленовой пленкой практически невозможно. Поэтому после заполнения и герметизации хранилища, перед откачкой воздуха осуществляют пригрузку уложенной массы статической нагрузкой, равной

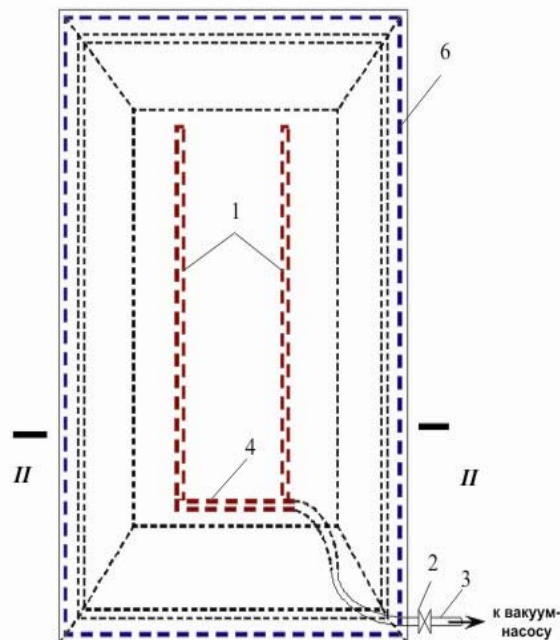
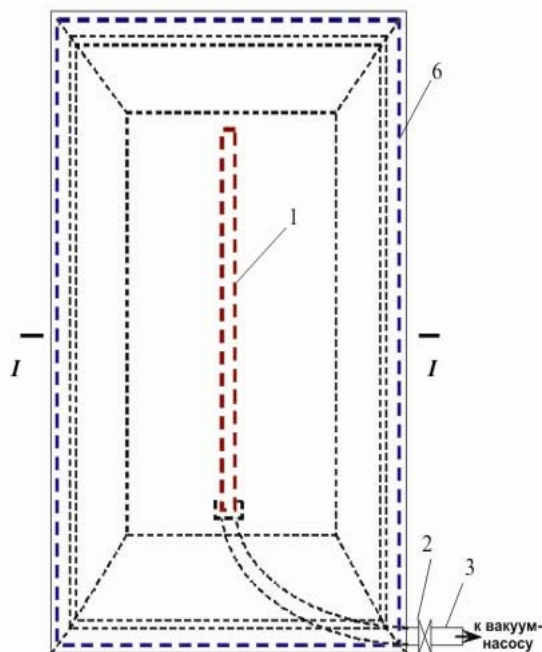
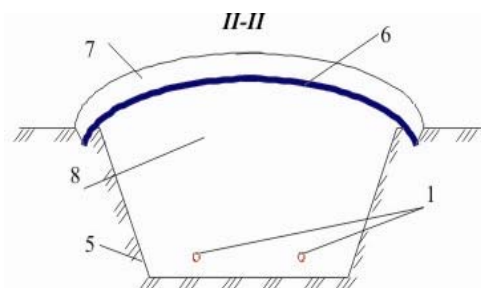
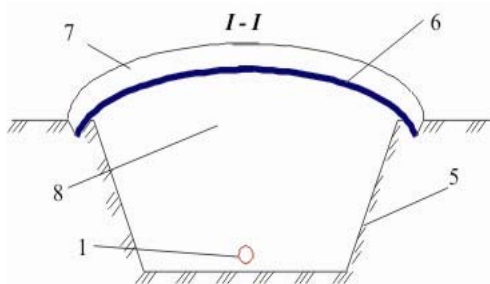


Рисунок 2. Способ приготовления стебельных кормов и устройство для его осуществления

Рисунок 3. Способ приготовления стебельных кормов и устройство для его осуществления при большой ширине траншеи

0,003-0,005МПа, что эквивалентно слою минерального грунта, толщиной 20-30 см. Указанная нагрузка предотвращает разуплотнение массы в результате уменьшения величины уплотняющей нагрузки при увеличении давления в массе, достигнутого при откачке воздуха при неполной герметизации хранилища и тем самым снижает до безопасного порога влияние всасываемого в траншею воздуха.

Как показали данные экспериментов, пригрузкой слоев грунта, толщиной 20-30 см, практически исключает восстанавливающиеся (упругие) деформации и позволяет снизить количество воздуха, поступающего в хранилище в результате разуплотнения до безопасного порога, при котором не происходит снижение интенсивности процесса молочнокислого брожения.

Предлагаемый способ позволяет за счет сокращения сроков уплотнения массы после герметизации хранилища обеспечить иницирование процесса молочнокислого брожения и снизить потери питательных веществ в процессе брожения корма в сравнении с применяемыми технологиями силосования в горизонтальных хранилищах.

Заключение

1. Способ приготовления стебельных кормов, включающий измельчение зеленой массы, укладку ее в хранилище, уплотнение и герметизацию, отличающийся от известных тем, что уплотнение уложенной в хранилище массы осуществляют под действием давления, равного разности между атмосферным давлением и давлением, создаваемым путем откачки из уложенной в хранилище массы воздуха, после герметизации хранилища полиэтиленовой пленкой, через перфорированную трубу, заложенную в нижнюю часть траншеи при ее заполнении.

2. Перед откачкой воздуха из хранилища уложенную и герметизированную массу дополнительно пригружают статической нагрузкой, равной 0,003-0,005МПа.

3. При высокой влажности массы и большой ширине траншеи в измельченную массу закладывают батарею перфорированных труб, соединенных коллектором, который через запорный вентиль соединен с вакуум-насосом или вакуумной системой насосов.

4. Траншея на всю ее длину оснащена батареей, состоящей из перфорированных труб, соединенных между собой коллектором, который через запорный вентиль, соединен с вакуум-насосом или вакуумной системой насосов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зубрилин, А.А. Как силосовать корма/ А.А. Зубрилин. – М.: Сельхозгиз, 1954. – 56 с.

2. Колтушкин, И.С. Исследование стебельной массы растений как пористого материала в технологических процессах заготовки стебельных кормов: автореф. дисс...канд. техн. наук. – Горки, 1987. – 17 с.

3. Грачев, А.В. Способы и технические средства повышения эффективности обработки силосуемой массы химическими консервантами: автореф. дисс...канд. техн. наук. – М., 1987. – 19 с.

4. Механико-технологические основы консервирования стебельчатых кормов: монография / БГСХА; А.В. Кузьмицкий. – Горки, 1999. – 80 с.

5. Гольдштейн, М.Н. О прочности глинистых грунтов/ М.Н. Гольдштейн // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1961. – № 3. – С. 12-20.

6. Покровский, Г.И. Моделирование прочности грунтов/ Г.И. Покровский. – М.: Госстройиздат, 1939. – 154 с.

7. Флорин, В.А. Основы механики грунтов. – М.: Госстройиздат/ В.А. Флорин. – 1961. – Т. 2. – 543 с.

8. Гораздовский, Т.Е. Реологические исследования торфа/ Т.Е. Гораздовский// Торфяная промышленность. – 1949. – № 8. – С. 7-13.

9. Силин, В.А. Исследование упругой и остаточной деформации торфа/ В.А. Силин// Коллоидный журн. – 1951. – Т. 13, вып. 1. – С. 21- 23.

10. Воларович, М.П. Исследование реологических свойств торфов политенной влажности/ М.П. Воларович, Н.И. Малинин// Коллоидный журн. – 1958. – Т. 20. – № 3. – С. 8-10.

11. Малинин, Н.И. Исследование реологических свойств торфа/ Н.И. Малинин// Тр. Моск. торф. ин-та. – 1959. – Вып. 10. – С. – 14 -15.

12. Ребиндер, П.А. Физико-химические исследования процессов деформации твердых тел. – М.: Изд-во АН СССР, 1947. – 124 с.

13. Дрозд, П.А. Прочность торфяной залежи при статических нагрузках/ П.А. Дрозд, А.Н. Рубан // Осн. результаты науч.-исслед. работы ин-та за 1958 г. – Мн.: АСХН БССР, 1960. – 65 с.

14. Заяц, В.Н. Исследования характера восстановления деформаций торфа/ В.Н. Заяц, П.К. Черник / Мелиорация и исполъз. осушенных земель. – 1966. – № 14. – С. 3 - 6.

15. Способ приготовления силосованных кормов: патент 13437 Респ. Беларусь, МПК (2009) А 23К 3/00/ П.К. Герник, С.В. Основин, А.В. Безгунов; заявит. Респ. науч. дочер. унит. пред-е «Институт мелиорации». – № а 20070024; заявл. 30.08.2008; опубл. 30.06.2010 // Афiц. бюл. / Нац. цэнтр iнтэл. уласн. – 2010. – №4 (75). – С. 50.