

Заключение. Департамент по энергоэффективности Госстандарта Республики Беларусь на основании опыта эксплуатации биогазовых установок и разработки отечественной биогазовой установки в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, показанной на рисунке 1, рекомендует дальнейшее внедрение биогазовых технологий для выработки электрической и тепловой энергии на собственные нужды предприятий Беларуси. С этой целью также необходимо сохранить повышенные коэффициенты для продажи электрической энергии в общую сеть.

Список цитируемых источников

1. Яновская, О. Производство биогаза: недорого и экологично / Яновская О. // Родная прырода. — 2021. — №11. — С. 2—4.

УДК 631.243.2

И. В. Дубень¹, М. А. Макаревич¹, С. И. Козлов²

¹Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь

²Учреждение образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», Горки, Республика Беларусь

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАМБОВЩИКОВ ПРИ ЗАКЛАДКЕ СИЛОСА И СЕНАЖА В ТРАНШЕИ

Введение. При закладке и хранении качественного силоса и сенажа в траншеях важными условиями является равномерное распределение и тщательное уплотнение зеленой массы. Слои ежедневно укладываемой должен составлять не менее 80 см, плотность укладки при влажности массы 70 % и ниже — 650...700 кг / м³, свыше 70% — 700...800 кг / м³. При влажности сырья 70...75 % уплотнение должно производиться в течение 3...4 часов после завершения подвозки массы, и только при влажности более 75 % — только в процессе укладки и разравнивания [1, 2].

Уплотнение зеленой массы в траншеях обычно осуществляется путем многократного прохода колесной техники с большим удельным контактным давлением на грунт. Для этого используют тракторы тягового класса 5—8, погрузчики «Амкорд 352С» и другую тяжелую технику [1]. Использование тракторов только с бульдозерными навесками приводит к неоправданному перерасходу топлива, материальных и трудовых затрат из-за большого количества необходимых рабочих ходов агрегата. Задача создания современных средств механизации, обеспечивающих быстрое и качественное уплотнение силосуемого сырья в траншеях, имеет практическую значимость для современного животноводства.

В настоящее время получают распространение специализированные машины для трамбовки зеленой массы различных типов, что позволяет существенно увеличить давление рабочих органов, обеспечить большую плотность массы в сравнении с обычным прикапыванием колесами трактора, тем самым сократить необходимое количество проходов до достижения требуемой плотности массы и сократить расход топлива.

Навесные трамбовщики «Геркулес» фирмы «Этра» (Россия, г. Шебекино) имеют от 9 до 13 железнодорожных колес, предназначены для агрегатирования с тракторами мощностью от 180 до 250 л.с. Масса орудия составляет от 3,3 до 45 т [3]. Аналогичные по конструкции трамбовщики силоса ТСК-2,6 и ТСК-3.0 производства (ОАО «Вятка-АгроДизель», г. Киров, Россия) предназначены для агрегатирования с тракторами тягового класса 3 и 5. По заявлениям производителя, трамбовщик массой 3800...4500 (при числе железнодорожных колес от 9 до 13) обеспечивает уплотнение силосной массы до плотности 750 кг/м² за два прохода по слою зеленой массы до 200 мм, создаваемое удельное давление при этом — 1,7 кгс/см² [4]. В Беларуси разработан аналогичный по конструкции уплотнитель зеленой массы КУС-3,1 [5].

Альтернативой являются различные варианты конструкций дисковых трамбовщиков, в которых рабочим органом служит водоналивной барабан с периодически расположенными на его наружной поверхности дисками толщиной 12...20 мм. К примеру, трамбовщик силоса и сенажа КТ-3 (ООО «Компания ЛоГус», Россия) оборудован одним водоналивным катком с 12 дисками, выступающими на 15 см. Рабочая ширина — 3000 мм, масса без балластного груза составляет 2 т, с балластной водой в барабане — до 3 т [6].

Трамбовщики силосной массы *Holaras Stego* (Нидерланды) имеют диски диаметром 0,9 м и дополнительные утяжелители массой по 300 кг. В результате давление на поверхность в 5...6 раз больше, чем у стандартной тракторной шины, и в 2,5...3 раза выше, чем у трамбовщика из железнодорожных колес. Ширина захвата в базовой комплектации — от 2 до 4,85 м, дополнительно могут быть установлены подъемные боковые секции и гидравлической регулировкой бокового смещения [7].

Трамбовщики с дисковыми рабочими органами диаметром 900...1200 мм и толщиной 15—16 мм при меньшей в 2,1...2,4 раза материалоемкости способны оказывать в 4...5 раз больше давление в зоне контакта, чем трамбовщики с железнодорожными колесами, особенно при первых проходах — до 150...210 кПа. По мере уплотнения зеленой массы погружение рабочих колес в нее уменьшается, в результате контактное давление

существенно возрастает — до 210...234 кПа у трамбовщиков с железнодорожными колесами (в рабочем процессе участвуют главным образом реборды) и до 270...380 кПа у трамбовщиков с дисковыми рабочими органами [8].

Главным преимуществом агрегатов для уплотнения зеленой массы обоих типов является увеличение площади обрабатываемой поверхности: если при трамбовке только колесами трактора уплотнение происходит только по следам колес, то при использовании трамбовщиков — по всей ширине захвата рабочих органов.

Определим количество проходов агрегата, необходимых для однократного уплотнения массы в траншее. При работе трактора без трамбовщика возможны два варианта.

1. Последовательное перемещение агрегата от одного края траншеи до другого челночным способом (рисунок 1), при этом при каждом последующем проходе агрегат смещается относительно предыдущего на расстояние $b_{ш}(1 - k_n)$, где k_n — коэффициент перекрытия следов.

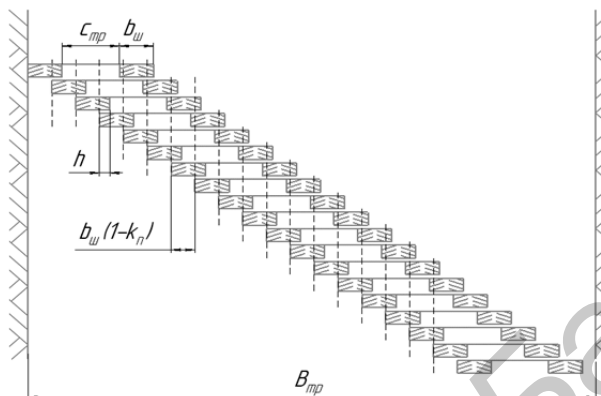


Рисунок 1 — Схема последовательного однократного уплотнения зеленой массы по ширине траншеи колесами трактора

Необходимое количество проходов можно определить по формуле

$$n = \frac{B_{т} - b_{т} - 2b_{ш}}{b_{ш}(1 - k_n)},$$

где $B_{т}$ — ширина траншеи, мм;

$b_{т}$ — колея трактора, мм;

$b_{ш}$ — ширина шины задних колес трактора, мм.

При этом будет происходить однократное уплотнение по краю траншеи на расстоянии $b_{т}$ от ее борта и многократное уплотнение одних и тех же участков правыми и левыми колесами в средней части траншеи.

2. Перемещение агрегата «по полосам», при котором после первого прохода по необработанному участку требуется несколько проходов для уплотнения массы в промежутках между следами колес трактора (рисунок 2).

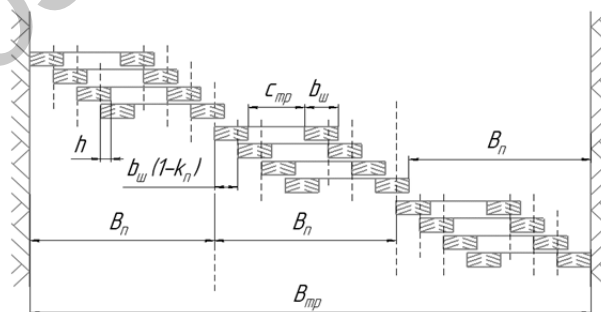


Рисунок 2 — Схема однократного уплотнения зеленой массы по ширине траншеи колесами трактора при его движении «по полосам»

Количество проходов для обработки одной такой полосы

$$m = \left[1 + \frac{c_{тп}}{b_{ш}(1 - k_n)} \right] = \left[\frac{b_{тп} / b_{ш} - k_n}{1 - k_n} \right], \quad (1)$$

где $c_{тп}$ — ширина промежутка между шинами колес трактора, мм: $c_{тп} = b_{тп} - b_{ш}$.

Ширина одной такой полосы с учетом (1) $B_n = b_{тр} + mb_{ш}(1 - k_n) = 2b_{тр} - b_{ш}k_n$.

Количество таких полос по ширине траншеи $n = B_r / B_n$.

В этом случае количество проходов трактора для однократного уплотнения массы по всей траншее При использовании трамбовщика количество проходов можно определить по формуле (рисунок 3)

$$n = \frac{B_r}{B_a(1 - k_n)},$$

где B_a — ширина захвата агрегата, м.

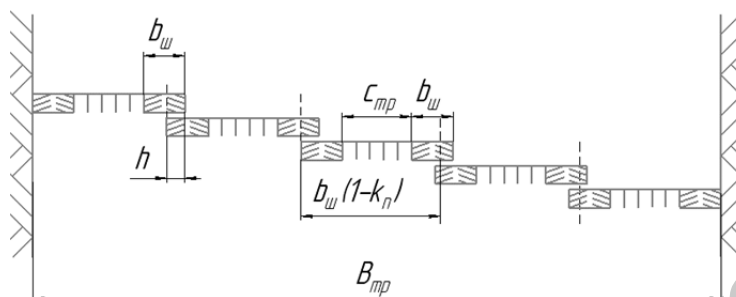


Рисунок 3 — Схема однократного уплотнения зеленой массы по ширине траншеи колесами трактора и трамбовщиком

Выполненные нами расчеты позволяют сравнить три вышеуказанных варианта работы агрегатов на основе различных энергетических средств (таблица 1), в т. ч. сельскохозяйственной версии погрузчика «Амкодор-352С-2» [9].

Т а б л и ц а 1 — Количество проходов агрегата для однократного уплотнения массы на поверхности траншеи

Тип энергосредства	Амкодор-352С	К-730М	Беларус 3022	Беларус 3522
1. Без трамбовщика, последовательное перемещение агрегата				
Количество проходов агрегата n	15,0	14,0	19,0	15,0
2. Без трамбовщика, перемещение агрегата «по полосам»				
Количество проходов для обработки одной полосы m	4	4	5	4
Ширина полосы b_n , м	4,2	4,6	4,5	4,5
Количество полос n_n	2,8	2,6	2,7	2,6
Количество проходов n	11,3	10,4	13,4	10,6
3. С трамбовщиком, последовательное перемещение агрегата				
Ширина захвата агрегата, м	3,88	3,88	3,88	3,88
Количество проходов агрегата n	4	4	4	4

Заключение. Использование трамбовщиков при закладке силоса и сенажа в траншее создает предпосылки для существенного сокращения необходимого числа проходов техники: для однократного уплотнения по всей поверхности траншеи в сопоставимых условиях требуется в 2,6...3,3 раза меньшее число проходов по сравнению с уплотнением только колесами трактора. Следует добавить, что сходные результаты расчетов отражены в материалах фирмы «Логус», согласно которым при трамбовке трактором *John Deere* 8270 с трамбовщиком КТ-3 затраты на топливо снижаются в 2,4 раза по сравнению с работой этого трактора без трамбовщика [6].

Резервы дальнейшего совершенствования водоналивных дисковых трамбовщиков состоят в применении модульной конструкции катков с дисками, оптимизации расположения модулей с учетом колеи агрегируемых энергетических средств, а также применении вместо гладких дисков сегментных рабочих органов, расположенных в шахматном порядке [10].

Список цитируемых источников

1. Технологии и техническое обеспечение производства высококачественных кормов: рекомендации / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию», РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», РНДУП «Институт мелиорации». — Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2013. — 74 с.

2. Технологический регламент, техническое обеспечение и технологические карты заготовки кормов из трав: РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». — Минск, 2011. — 73 с.

3. Трамбовщик «Геркулес» [Электронный ресурс] // Сайт фирмы «Этра». — Режим доступа: <http://atra-agro.ru/>. — Дата доступа: 09.04.2023.

4. Трамбовщики силоса ТСК 3 и ТСК 2.6 [Электронный ресурс] // Сайт ОАО «Вятка-АгроДизель». — Режим доступа: <https://vyatka-agro.ru/>. — Дата доступа: 09.04.2023.
5. КУС-3.1. Каток для уплотнения силосной, сенажной массы в траншейных хранилищах: руководство по эксплуатации (ОАО «Столбцовский райагросервис») [Электронный ресурс] // Сайт ООО «ГолдКовАгро». — Режим доступа: https://gcagro.by/assets/files/rukovodstvo-po-jekspluatácii-trambovshhika-silosa-i-senazha-goldkovagro_compressed.pdf. — Дата доступа: 09.04.2023.
6. Трамбовщик силоса и сенажа КТ-3 «*JECK*» и «*JECKMAX*» [Электронный ресурс] // Сайт компании «Логус». — Режим доступа: <http://logus-reck.ru/?page=kt3>. — Дата доступа: 14.04.2023.
7. Silagepacker — Stego [Электронный ресурс] / Сайт фирмы Holaras (Нидерланды). — Режим доступа: <https://www.holaras.nl/en/products/silaging-en/silagepacker>. — Дата доступа: 09.04.2023.
8. Дубень, И. В. Эффективность машин для уплотнения зеленой массы при закладке сенажа в хранилища траншейного типа / И. В. Дубень, В. Д. Косухин // *Материалы III Междунар. науч.-практ. конференции «Наука – практике»*, 19 мая 2022 г., г. Барановичи, БарГУ. — В 3 ч. Ч. 2. — Барановичи, 2022. — С. 20—23.
9. Невдах, С. С. Концепция агрегата для закладки зеленой массы в сенажные траншеи на базе погрузчика «Амкордор» / С. С. Невдах, И. В. Дубень // *Материалы II Междунар. науч.-практ. конф. «Наука — практике»*, 13 мая 2021 г. — Барановичи, БарГУ, 2021. — С. 180—182.
10. Дубень, И. В. Совершенствование рабочих органов для уплотнения зеленой массы при закладке сенажа в хранилища траншейного типа / И. В. Дубень, М. А. Макаревич, В. Д. Косухин // *Материалы IV Междунар. науч.-практ. конференции «Наука – практике»*, 19 мая 2023 г., г. Барановичи, БарГУ. — В 2 ч. Ч. 1. — Барановичи, 2023. — С. 285—287.

УДК 631.312.021

И. В. Дубень, М. А. Покровский, А. В. Дубешко
*Учреждение образования «Барановичский государственный университет»,
 Барановичи, Республика Беларусь*

ПОСТРОЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СЕТЧАТОЙ МОДЕЛИ ЛЕМЕШНО-ОТВАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПЛУГА

Введение. При проектировании отвальных плугов в отечественной практике обычно используются лемешно-отвальные поверхности цилиндрического типа — цилиндрические, культурные и полувинтовые. Их рабочая поверхность образована направляющей кривой в вертикальной плоскости, перпендикулярной лезвию лемеха, с заданным законом изменения угла наклона касательной к горизонтали $\varepsilon = f(Z)$ и совокупностью горизонтальных образующих с заданным законом изменения угла их наклона к продольно-вертикальной плоскости $\gamma = f(Z)$ [1, 2]. В результате лемешно-отвальная поверхность представляет собой совокупность точек горизонтальных образующих, ограниченных контуром ее лобовой проекции.

Касательную плоскость к горизонтальной образующей лемешно-отвальной поверхности (например, в точке M на рисунке 1) можно представить как поверхность элементарного трехгранного клина, параметрами которого в системе координат $X'Y'Z'$ наряду с углами γ и ε служат углы α , β и γ : угол α характеризует сжатие почвенного пласта в продольно-вертикальной плоскости и его подъем в вертикальном направлении; угол β характеризует оборот пласта; угол γ характеризует смещение почвы в боковом направлении [2, 3]. Таким образом, при исследовании геометрической формы отвала ставится задача определения углов α , β , γ и ε для всех точек лемешно-отвальной поверхности, что может быть с достаточной точностью выполнено на основе разработанного нами метода измерений с использованием лазерного дальномера [4, 5].

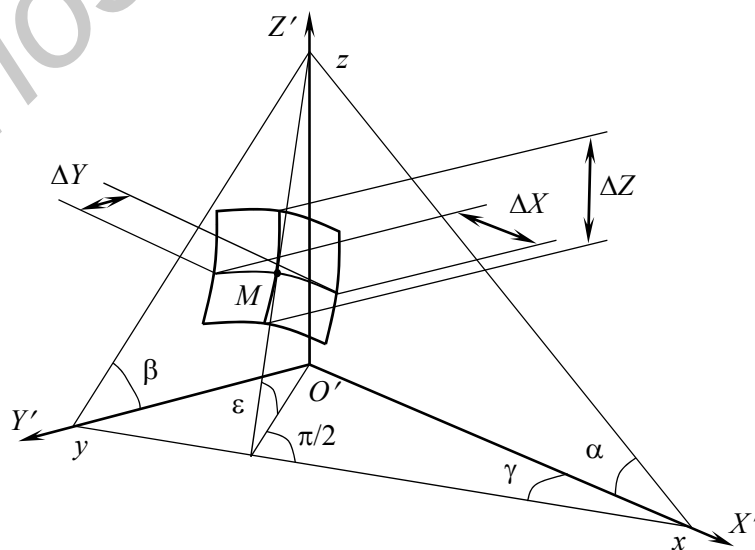


Рисунок 1 — Параметры касательной плоскости в точке M лемешно-отвальной поверхности