

Список цитируемых источников

1. Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений [Электронный ресурс]. — Режим доступа <http://robelsemena.by/harakteristiki-sortov>. — Дата доступа 10.09.2021
2. Влияние отдельных элементов технологии возделывания на урожайность новых сортов ярового кормового ячменя / А. А. Зубкович [и др.] // Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси : сб. науч. тр. / под ред. И. Ф. Привалова ; РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». — Минск : ИВЦ Минфина. — 2016. — № 52. — 2016. — С. 101—108.
3. Яровой ячмень : основные элементы технологии возделывания / А. А. Зубкович [и др.] // Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси : сб. науч. материалов / под ред. И. Ф. Привалова ; РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». — 3-е изд., доп. и перераб. — Минск : ИВЦ Минфина. 2017. — С. 161—176.
4. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. — Минск : Беларус. навука, 2011. — 293 с.
5. Буга, С. Ф. Роль протравителей семян / С. Ф. Буга // Защита и карантин растений. — 2001. — № 3. — С. 16—17.
6. Азизбеян, С. «Золотой ключик урожайности» / С. Азизбеян // Наука и инновации. — 2015. — № 6. — С. 27—29.

УДК 378.14

И. В. Дубень, В. Д. Косухин

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

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАШИН ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ ПРИ ЗАКЛАДКЕ СЕНАЖА В ХРАНИЛИЩА ТРАНШЕЙНОГО ТИПА

Введение. Основными условиями получения доброкачественного силоса и сенажа в траншеях является равномерное распределение и тщательное уплотнение зеленой массы с целью вытеснения из нее воздуха. Так, при плотности трамбовки 120 кг сухого вещества на один кубический метр массы (кг СВ / м³) воздух проникает в силосную массу на глубину 0,5...1,0 м. При плотности 270 кг СВ / м³ глубина сокращается до 0,15...0,20 м [1]. Слой ежедневно укладываемой массы при загрузке траншей 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 производится в течение 3...4 часов после завершения подвозки массы, более 75 % — только в процессе укладки и разравнивания [2, 3].

Использование на уплотнении массы в сенажных траншеях только тракторов с бульдозерными навесками может привести к неоправданному увеличению расхода топлива, материальных и трудовых ресурсов. Таким образом, проблема создания и совершенствования средств механизации, обеспечивающих быстрое и качественное уплотнение силосуемого сырья, имеет высокую научно-практическую значимость.

Основная часть. Известные конструкции навесных машин для трамбования зеленой массы при закладке в траншеи можно разделить на два основных типа: с рабочими органами, изготовленными из колес железнодорожных вагонов, и с дисковыми рабочими органами водоналивного типа [4].

Трамбовщики с рабочими органами в виде железнодорожных колес просты по конструкции, однако имеют большую металлоемкость. Так, прикатывающие катки серии «Слон» и «Геркулес» (таблица 1) имеют от 9 до 17 колес и предназначены для агрегатирования с тракторами мощностью от 150 до 250 л. с. [5; 6]. Отличительной особенностью трамбовщика КУС-3.1 [7] является двухсторонняя навеска для агрегатирования с тракторами тяговых классов 5 и 8 с навесными устройством типа «Кировец», НУ-3 и НУ-4. Удельное давление на трамбуемую массу — 2,9 кг / см², по реборде — 4,5 кг / см². Достижимая плотность массы при ее влажности 50...55 % составляет 550...600 кг/м³, силоса из трав при влажности 65...70% — 650...700 кг / м³, силоса из кукурузы восковой спелости — 750...800 кг / м³.

Т а б л и ц а 1 — Техническая характеристика трамбовщиков с рабочими органами из железнодорожных колес [5—7]

Показатель	Марка								
	«Геркулес» КТС-09	«Геркулес» КТС-11	«Геркулес» КТС-13	Слон-2,7	Слон-3,2	Слон-4,0	Слон-4,4	Слон-4,9	КУС-3.1
Масса, т	3,30	3,90	4,50	3,36	3,88	4,85	5,80	6,38	4,20
Ширина захвата, м	2,5	3	3,5	2,750	3,250	4,040	4,39	4,89	3,10
Высота, м	1,3	1,3	1,3	1,615	1,6	1,6	1,6	1,6	1,8
Длина, м	1,3	1,3	1,3	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	
Количество колес	9	11	13	9	11	13	15	17	11

В конструкциях трамбовщиков с рабочими органами в виде стальных дисков необходимая рабочая масса машины и, соответственно, давление на уплотняемую массу достигается за счет заполнения внутренней полости дисковых барабанов водой или песком, а также установкой балластных ящиков с песком.

Трамбовщик силоса КТС-3,6 [8] и КТ-3 «ЈЕСК» [9] по сравнению с тракторами «Кировец» обеспечивают увеличение полезной ширины захвата с 1,44 м до 3 м и максимального давления с 0,9 до 3,3 кг / см². Модификация КТ-3 «ЈЕСКМАХ» имеет балластные ящики для песка, что позволяет увеличить рабочую массу машины до 4 т. Трамбовщик *Holaras Stego* [10] имеют утяжелители массой 900 кг и возможность заполнения катка водой или песком, в результате давление в 5...6 раз больше, чем у тракторных шин, и в 2,5...3 раза выше, чем у трамбовщика из железнодорожных колёс. Дополнительно трамбовщики могут быть оснащены боковыми секциями уплотнителей и гидравлической регулировкой бокового смещения.

Дисковый уплотнитель агрегата АРУК-5 [11] навешивается на заднюю навеску трактора тягового класса 5 или 8. Заявленная производительность при закладке силоса составляет 40 т / ч, сенажа — 30 т / ч. Эксплуатационная масса машины — 2,0 т, количество дисков — 14 шт. диаметром 1050 мм, рабочая скорость агрегата — 3...6 км / ч. Технические характеристики дисковых трамбовщиков представлены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2 — Техническая характеристика дисковых трамбовщиков [8—10]

Тип	Stego 200-PRO	Stego 285-PRO	Stego 400-PRO	Stego 485-PRO	КТС-3,6	КТ-3
Масса, кг	1205	1465	2500	2700	1800	1890
Рабочая ширина, м	2,00	2,85	4,00	4,85	3,6	3,0
Объем балластной жидкости, л	470	735	950	1250	1350	1110
Количество дисков	9	12	19	22	16	12
Диаметр дисков, м	0,90	0,90	0,90	0,90	0,903	1,20

Таким образом, трамбовщики с рабочими органами из железнодорожных колес имеют значительно большую металлоемкость — 1,2...1,35 т массы машины на метр ширины захвата, в то время как у дисковых трамбовщиков — 0,5...0,63 т / м в сухой массе и 0,8...1,0 т / м с балластом. Исходя из меньшей в 2,1...2,4 раза материалоемкости можно предположить, что дисковые трамбовщики имеют меньшую стоимость. В то же время трамбовщики с дисковыми рабочими органами диаметром 900...1200 мм и толщиной 15—16 мм способны оказывать значительно большее давление в зоне контакта. Так, изготовитель трамбовщика КТ-3 указывает [12], что по сравнению с колесами трактора типа «Кировец» расчетное максимальное давление возрастает с 900 до 330 кПа (0,9 до 3,3 кг / см²), т. е. в 3,7 раза.

Противоречивые данные производителей о значениях максимального расчетного давления нуждаются в уточнении, в т. ч. в зависимости от состояния уплотняемой массы.

Максимальное давление p (Па) определяется по формуле

$$p = \frac{mg}{nS} = \frac{mg}{nBL} \cdot 10^4, \quad (1)$$

где m — рабочая масса машины, кг;

g — ускорение свободного падения, м / с²;

n — количество рабочих колес трамбовщика;

S — площадь опоры одного рабочего колеса, см²;

B — ширина рабочего колеса в зоне контакта с уплотняемой зеленой массой, м;

L — длина пятна контакта рабочего колеса с зеленой массой, м.

При известном заглублении H (м) колеса в массу длина пятна контакта (рисунок 1)

$$L \approx 2\sqrt{2HR - H^2} \quad (2)$$

Максимальное давление в зоне контакте (Па)

$$p \approx \frac{mg \cdot 10^4}{2nB\sqrt{2HR - H^2}}. \quad (3)$$

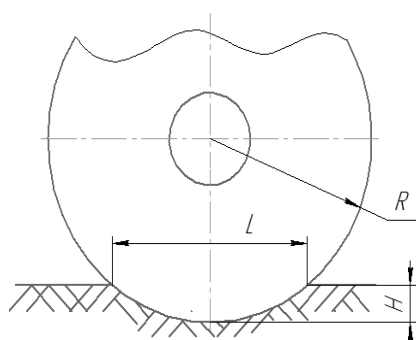


Рисунок 1 — Схема к определению длины пятна контакта колеса с зеленой массой

По полученной формуле (3) нами проведен расчет значений максимального удельного давления (таблица 3) для трамбовщиков, варианты комплектации и параметры которых приведены в таблицах 1 и 2, при следующих исходных данных: радиус рабочего колеса $R = 0,45$ м, погружение в зеленую массу $H = 0,2$ м при первом проходе агрегата и $H = 0,05$ м при проходе по ранее уплотненной зеленой массе. При этом учитывалось, что при работе рабочих колес трамбовщика, изготовленных их железнодорожных колес по неуплотненной зеленой массе (первый проход) колесо опирается на массу всей рабочей поверхностью, ширина которого составляет 130 мм. При работе на уплотненной массе (третий и последующие проходы) основную нагрузку воспринимает ребро колеса, ширина которой составляет 40 мм. При работе дискового трамбовщика рабочая ширина диска (в расчете принято

$B = 0,016$ м) остается неизменной, изменение давления обусловлено только погружением колеса в массу и соответствующим увеличением длины пятна контакта.

Анализ полученных результатов расчетов показывает, что при первом проходе трамбовщики с железнодорожными колесами оказывает на массу относительно небольшое контактное давление (36...40 кПа), что обусловлено большой площадью опоры рабочих колес. В то же время трамбовщик с дисковыми рабочими органами обеспечивает давление в 4...5 раз больше — 150...210 кПа, что. По мере уплотнения зеленой массы погружение рабочих колес в нее уменьшается, в результате давление в контакте существенно возрастает — до значений 210...234 кПа у трамбовщиков с железнодорожными колесами и 270...380 кПа у трамбовщиков с дисковыми рабочими органами.

Т а б л и ц а 3 — Результаты расчета удельного давления рабочих органов трамбовщиков

Тип трамбовщика	С рабочими колесами из железнодорожных колес		С дисковыми рабочими органами	
Рабочая ширина колеса, м	0,13	0,04	0,016	
Погружение рабочего колеса H , м	0,2	0,05	0,2	0,05
Длина пятна контакта L , м	0,75	0,41	0,75	0,41
Площадь опоры колеса S , м ²	0,097	0,016	0,012	0,007
Удельное давление p , кПа	36...40	210...234	150...209	272...379

Закключение. Применение машин для уплотнения зелёной массы при закладке в хранилища траншейного типа позволяет существенно увеличить давление рабочих органов и тем самым обеспечить большую плотность массы в сравнении с обычным прикатыванием трактором. Выполненные нами расчеты показывают, что применение трамбовщиков с рабочими органами в виде дисков толщиной 16 мм при меньшей в 2,1...2,4 раза металлоемкости способны обеспечить большее контактное давление на уплотняемую зеленую массу: при первых проходах агрегата — в 4...5 раз, при последующих — в 1,3...1,5 раза. На основании вышеизложенного можно предположить, что применение трамбовщиков с рабочими органами в виде дисков толщиной 16 мм в производственных условиях является более эффективным.

Список цитируемых источников

1. Практическое руководство по консервированию кормов: целевые показатели качества, технология и менеджмент силосования, оценка качества ферментации : пер. с нем. изд.: Praxishandbuch. Futterkonservierung: Silagebereitung, Siliermittel, Dosiergeräte, Silofolien. 7. Auflage 2006. — 354 с. — Немецкое сельскохозяйственное общество / под ред. Г. Бондаренко, А. Чигрина. — Киев, 2012. — 64 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 Технологии и техническое обеспечение производства высококачественных кормов (рекомендации) [Электронный ресурс] // Сайт Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. — Режим доступа : <https://mshp.gov.by/arekomendacii/zs/rekomendacii2013.pdf>. — Дата доступа : 22.04.2022.
4. Дубень, И. В. Конструкция модульного трамбовщика для закладки силосной массы в траншеи / И. В. Дубень, А. В. Филиппов // Техника и технологии в сельскохозяйственном производстве : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 29—30 апр. 2021 г. / ФГБОУ ВО Приморская ГСХА ; отв. ред. И. Н. Ким. — Уссурийск, 2021. — С.36—43.
5. Прикатывающие катки серии «СЛОН» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://traktorist.ua/catalog/tehnika-dlya-tvarinnitstva-kotok-dlya-silosa-zavod-kobzarenka-slom-32-id128559>. — Дата доступа : 09.04.2022.
6. Трамбовщик «Геркулес» [Электронный ресурс] // Сайт фирмы «Этра». — Режим доступа: <http://atra-agro.ru/>. — Дата доступа : 09.04.2022.
7. Трамбовщик КУС-3.1 (ОАО «Столбовский райагросервис») [Электронный ресурс] // Сайт ОАО «Кроника-агро». — Режим доступа : <https://kronika-agro.ru/rambovshhik-silosa-i-senazha.html>. — Дата доступа : 09.04.2022.
8. Трамбовщик силоса колесный КТС-3,6 [Электронный ресурс] // Сайт ООО «Рэд Стар производство» (РФ). — Режим доступа : <https://www.redtractor.ru/product-page/трамбовщик-силоса-кТС-3-6>. — Дата доступа : 09.04.2022.

9. Трамбовщик силоса и сенажа КТ-3 «JECK» и «JECKMAX» [Электронный ресурс] // Сайт компании «ЛоГус». — Режим доступа : <http://logus-reck.ru/?page=kt3>. — Дата доступа : 14.04.2022.
10. Silagepacker — Stego [Электронный ресурс] // Сайт фирмы Holaras. — Режим доступа : <https://www.holaras.nl/en/products/silaging-en/silagepacker>. — Дата доступа : 09.04.2022.
11. Агрегат для распределения и уплотнения кормов в хранилищах АРУК-5 [Электронный ресурс] // Режим доступа : <https://belagromech.by/catalog/agregat-dlya-raspredeleniya-i-uplotneniya-kormov-v-hranilishhah-aruk-5>. — Дата доступа : 09.04.2022.
12. Трамбовщик силоса и сенажа КТ-3 «JECK» и «JECKMAX» [Электронный ресурс] // Сайт компании «ЛоГус». — Режим доступа : <http://logus-reck.ru/?page=kt3>. — Дата доступа : 14.04.2022.

УДК 631.243.2

И. В. Дубень, М. А. Макаревич

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

СПОСОБЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ ПРИ ЗАКЛАДКЕ В ХРАНИЛИЩА ТРАНШЕЙНОГО ТИПА

Введение. Для получения силоса и сенажа высокого качества необходимо быстрое заполнение хранилища и тщательное уплотнение закладываемой на хранение зеленой массы. Слой ежедневно укладываемой массы при загрузке траншей должен быть не менее 80 см. Плохо уплотненная сенажная масса сильно разогревается, при этом повышение температуры на каждые 5 °С сверх нормативной (37 °С) снижает переваримость протеина на 9 % [1, 2]. Причинами некачественной трамбовки зачастую является стремление к быстрому заполнению хранилищ. В результате часто производится неравномерно распределенной массы по траншее, укладываются слишком толстые слои и не достигается необходимая плотность трамбовки, что приводит к порче корма, уменьшению срока хранения, потере питательных характеристик. Особенно остро стоит проблема обеспечения качества корма у стен и по краям силосной траншеи, где сложно обеспечить требуемое уплотнение. Для правильной трамбовки массу следует распределять от центра к стенам, в этом случае более эффективно трамбуются края траншеи [3].

Для разравнивания зеленой массы в траншее в большинстве случаев используются бульдозерные отвалы на колесных тракторах тяговых классов 5 и 8, которые используются и для трамбовки массы. Существует также специальное навесное оборудование с рабочими органами пассивного и активного типов. В настоящей работе сделана попытка анализа достоинств и недостатков известных конструкций таких машин.

Основная часть. К рабочим органам пассивного типа относятся бульдозерный отвал типа «Богатырь-3700» шириной захвата 3,7 м [4] и поворотный отвал НБО-04 (ширина захвата 4,06 м, угол поворота — 30 °) для тракторов К-701 и К-704 [5]. С тракторами Беларусь 3022 и 3522 используется отвал-планировщик БЛ-3022 шириной захвата 3,1 м [6]. На работе в траншеях используется погрузчик АМКОДОР 352С-02 сельскохозяйственного назначения, которая оснащена широкопрофильными шинами шириной 720 мм. Погрузчик может агрегатироваться с ковшом вместимостью 3, 4,2 и 5,0 м³, отвалами типа 352С.59.00 шириной захвата 2,6 м и 352С.45.64 шириной захвата 3,08 м. Машина более маневренна и удобна в управлении по сравнению с тракторами, благодаря чему возможно утрамбовывать труднодоступные места хранилищ, а также более экономична: если «Кировец» расходует до 24 л / ч топлива, то «Амкодор» — 12...13 л / ч [7].

В состав комплекса сменного оборудования АЗВК к универсальному шасси «Амкодор 352С-02» входят складывающиеся вилы 352С.45.42 шириной захвата 2,85...4,50 м. Применение машины позволяет снизить расход топлива до 19 л / ч и на 20% повысить производительность [8].

К машинам для распределения зеленой массы с активными рабочими органами относятся навесные машины на переднюю или заднюю навеску с приводом от вала отбора мощности трактора. Фирма *Holaras* (Нидерланды) выпускает распределители *Viking* и *Jumbo*, которые имеют два ротора с вертикальной осью вращения (таблица 1).

Т а б л и ц а 1 — Технические параметры распределителей зеленой массы фирмы *Holaras* [9]

Модель	Масса, кг	Особенности конструкции
Jumbo	1050	Гидравлический поворотный механизм
Jumbo-G	1250	Гидравлическое складывание и выдвижение ограничителей
Jumbo-KF	1350	Для передней навески трактора
H-Jumbo-KS	1400	Для агрегатирования с колесным погрузчиком. Гидромоторный привод
Viking	2250	Для тракторов мощностью более 180 л.с.