

Обоснование технологической схемы и параметров механизма уплотнения сена в сборочной камере

¹*АБУЛХАИРОВ Дармен Каратаевич, д.т.н., профессор, академик КазНАЕН, talgar_45@bk.ru,

²САГЫНГАНОВА Индира Кенесовна, PhD, старший преподаватель, sagynganova_ik@enu.kz,

¹УСЕРБАЕВ Муратбек Турарбекович, к.т.н., зав. кафедрой, usermur@mail.ru,

¹Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Казахстан, 010011, Нур-Султан, пр. Женис, 62,

²Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Казахстан, 010008, Нур-Султан, ул. Сатпаева, 2,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Анализ литературных источников показывает, что использование уборочно-транспортных агрегатов на заготовке сена, имеющих возможность сбора массы в камеру без потерь времени на остановки для ее уплотнения, способствует повышению производительности уборочного процесса. Цель статьи – на основе анализа существующих вариантов стогообразователей обосновать рациональную технологическую схему сжатия, при которой масса поступающего сеносоломистого материала, воздействуя на нижние слои, обеспечивает переход их упругих свойств в пластические. Предложен механизм перемещения и уплотнения материала в сборочной камере, состоящий из цепочного транспортера и планчатых рабочих органов. Установлены математические выражения для определения мощности, необходимой для уплотнения массы сена в камере, которая зависит от высоты и толщины планки, скорости перемещения транспортера.

Ключевые слова: технологический процесс уплотнения, рабочие органы, цепочно-планчатый транспортер, скорость перемещения, сила давления планки, плотность сена, планка транспортера.

Введение. Обзор технических средств по уплотнению сеносоломистого материала в камерах копнителей, стогообразователей указывает на целесообразность осуществления этих операций при движении агрегата по полю, когда масса поступает в емкость непрерывно. Исследования показывают, что применение на операции подбора сена из валков стогообразующей емкости с механизмом уплотнения материала, выполняющей технологический процесс без остановки агрегата, позволяет повысить производительность агрегата на 30% [1].

С учетом перечисленных факторов были разработаны два варианта рабочих органов для уплотнения сеносоломистого материала в сборочной емкости [2].

Обоснование технологической схемы уплотнения. Таким образом, учитывая низкую материалоемкость конструкции, возможность выполнения технологического процесса уплотнения сеносоломистого материала без остановки агрегата, а также простоты и надежности в эксплуатации был выбран вариант механизма уплотнения с рабочими органами цепочно-планчатого транс-

портера [3].

Рассмотрим схему 3 (см. таблицу) с уплотняющим устройством, расположенным на дне сборочной емкости, в котором путем горизонтального перемещения рабочих элементов со скоростью V происходит сжатие и уплотнение растительного материала нижних слоев.

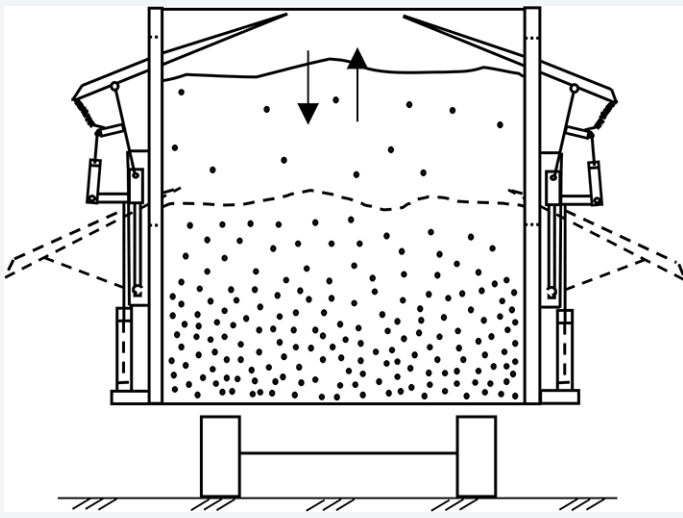
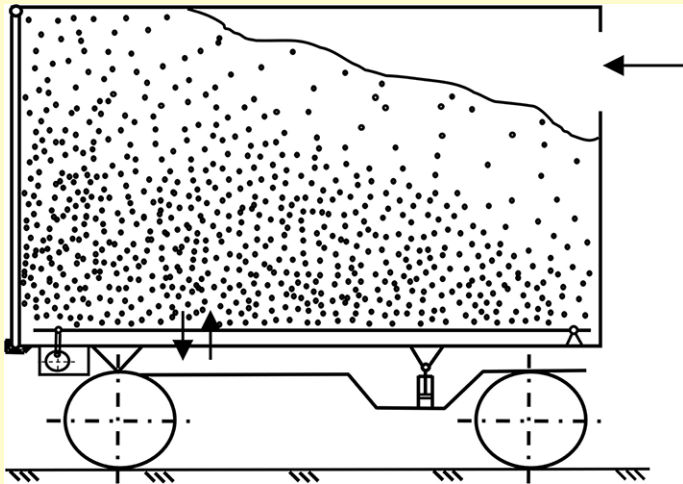
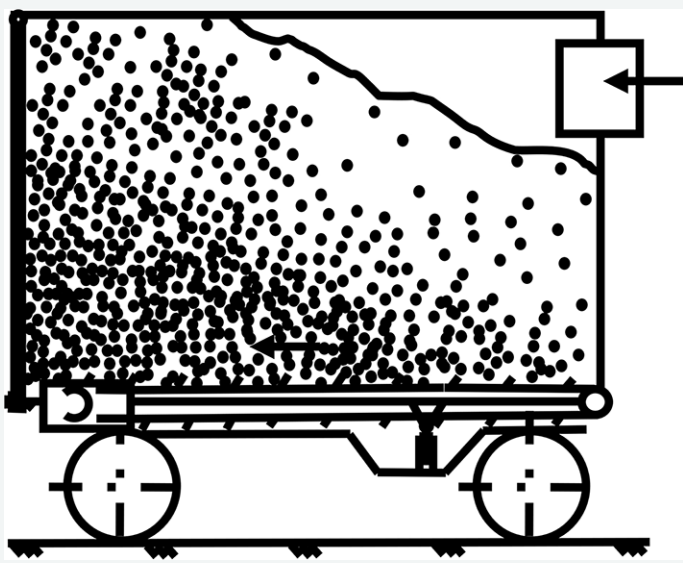
Обоснование параметров. Основными параметрами рабочего органа предлагаемого механизма уплотнения материала внутри сборочной емкости являются [4]:

V_t – скорость перемещения уплотняющего транспортера внутри, внизу сборочной емкости, м/с;

N – мощность, затрачиваемая на работу транспортера, кВт.

Очевидно, когда поступающая в сборочную емкость масса опускается вниз, то она сразу же подвергнется уплотняющему воздействию планок транспортера (рисунок 1).

Мощность, необходимая для уплотнения массы сена в сборочной емкости, зависит от скорости перемещения транспортера и силы, вызывающей это перемещение:

Схемы машин и их технические характеристики		
Схемы машин	Масса, кг	Потребляемая мощность на уплотнение, кВт
<p>1</p>  <p>Существующая ЖС-10</p>	4450	39,8
<p>2</p>  <p>Камера с подвижным дном, совершающим колебательные движения</p>	Не более 2800	Не более 16
<p>3</p>  <p>Сборочная камера, с цепочно-планчатый транспортером для перемещения массы</p>	Не более 2800	Не более 16

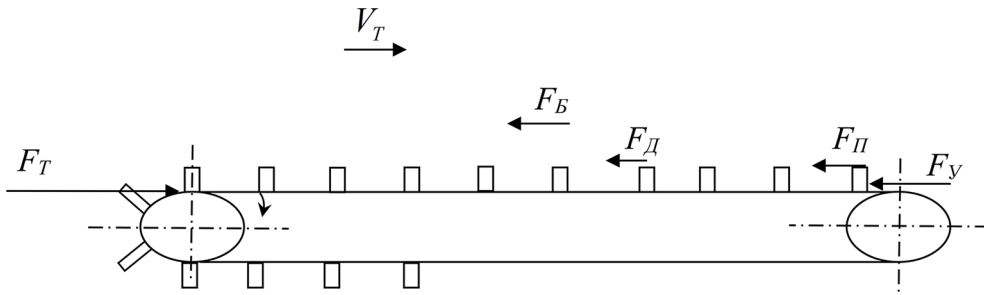


Рисунок 1 – Расчетная схема для обоснования параметров рабочих органов транспортера

$$N_T = V_T \cdot F_T, \quad (1)$$

где V_T – скорость перемещения транспортера, м/с;
 F_T – сила, используемая на перемещение транспортера, Н.

Сила, используемая на перемещение транспортера F_T , равна сумме сил, возникающих при взаимодействии сенокосилового материала с рабочими органами и емкостью:

$$F_T = F_y + F_B + F_П + F_Д, \quad (2)$$

где F_y – сила сопротивления сена уплотнению планкой, Н;

F_B – сила трения сена о боковые стенки бункера, Н;

$F_П$ – сила трения планки о сено, Н;

$F_Д$ – сила динамического давления порции сена на планки, Н.

Сила сопротивления сена уплотнению планкой складывается из сил давления сжатия сена и веса сена в емкости (рисунок 2):

$$F_T = F_y + F_B + F_П + F_Д, \quad (3)$$

где $p_{СЖ}$ – давление сжатия порции сена планкой, Па;

$F_{ПЛ}$ – сила давления планки (равная по значению силе сопротивления сена уплотнению планкой $F_{ПЛ} = F_y$), Н;

S_y – площадь планки, воздействующая на сено, м²;

G_y – вес уплотненного сена в емкости над сжимаемой порцией сена, Н;

S_T – площадь, на которую воздействует вес сена, м²;

$h_{ПЛ}$ – высота планки, м;

b_T – ширина транспортера, м;

$l_{СЖ}$ – длина порции сена, подвергаемой сжатию, м.

Сила веса сена, находящегося над сжимаемой порцией сена, определяется как произведение объема над сжимаемым участком на максимальную плотность сена в емкости:

$$G_y = m_y \cdot g = \rho_c \cdot l_{СЖ} \cdot B_B \cdot g \cdot (H_{С.МАХ} - h_{ПЛ}), \quad (4)$$

где m_y – масса уплотненного сена над сжимаемой порцией сена, кг;

g – ускорение свободного падения;

ρ_c – плотность сена после сжатия, кг/м³;

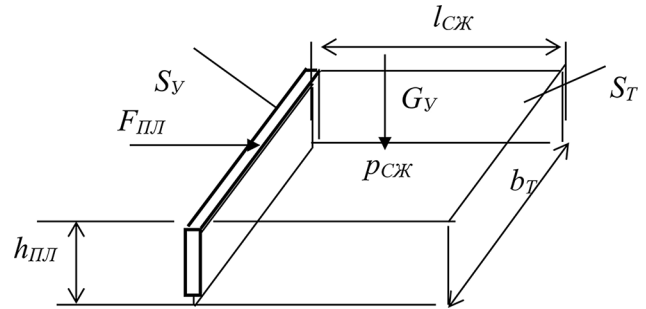


Рисунок 2 – Схема к определению силы сопротивления сена уплотнению планкой

B_B – ширина емкости, м;

$H_{С.МАХ}$ – максимальная высота сена в сборочной емкости, м.

Выразим из формулы (3) силу сопротивления сена уплотнению планкой, подставив значение веса из уравнения (4), получим:

$$F_y = h_{ПЛ} \cdot [p_{СЖ} \cdot b_T - \rho_c \cdot B_B \cdot g \cdot (H_{С.МАХ} - h_{ПЛ})]. \quad (5)$$

Ширина транспортера b_T зависит от конструкции сборочной емкости и должна быть не больше ее ширины B_B :

$$b_T \leq B_B. \quad (6)$$

Давление сжатия порции сена планкой о противоположную стенку сборочной емкости рассчитаем по экспоненциальной зависимости давления от плотности и учитывая перевод из кгс/см² в Па:

$$p_{СЖ} = 98100 \cdot c \cdot (e^{a \cdot (\rho_c - \rho_0)} - 1), \quad (7)$$

где 98100 – коэффициент перевода из кгс/см² в Па;

c, a – константы материала;

ρ_0 – начальная плотность сена, кг/м³.

Сила трения сена о боковые стенки емкости зависит от силы давления массы сена на боковую стенку:

$$F_B = 2 \cdot f_c \cdot P_B, \quad (8)$$

где f_c – коэффициент трения сена о стенку емкости, $f_c = 0,36$;

P_B – сила давления массы сена на боковую стенку, Н.

Силу давления массы сена на боковые стенки можно найти аналогично силе давления жидко-

сти на стенку сосуда:

$$P_B = \frac{\rho_c \cdot g \cdot H_P}{2} \cdot S_B = \frac{\rho_c \cdot g \cdot H_P}{2} \cdot h_{пл} \cdot L_B, \quad (9)$$

где H_P – высота сена в бункере над точкой приложения силы, м;

S_B – площадь боковой стенки емкости, на которую давит перемещающаяся часть сена, м²;

L_B – длина сборочной емкости, м.

Высоту сена в сборочной емкости над точкой приложения силы давления массы сена можно выразить следующим образом:

Тогда сила трения сена о боковые стенки сборочной емкости будет выражаться так:

$$F_B = f_c \cdot g \cdot \rho_c \cdot h_{пл} \cdot L_B \cdot \left(H_{с.макс} - \frac{h_{пл}}{2} \right). \quad (10)$$

Сила трения планки о сено зависит от массы части сена, находящейся над планками в соответствии с рисунком 3:

$$F_{П} = f_c \cdot G_{пл} = f_c \cdot m_{пл} \cdot g, \quad (11)$$

$$H_P = H_{с.макс} - \frac{h_{пл}}{2}, \quad (12)$$

где $F_{П}$ – сила трения планки по сено, Н;

$m_{пл}$ – масса части сена, находящейся над планками, кг.

Масса части сена, находящейся над планками, выражается через высоту и толщину планки, через ширину транспортера и максимальную высоту сена в сборочной емкости:

$$m_{пл} = \rho_c \cdot V_{пл} = \rho_c \cdot b_T \cdot b_{пл} \cdot \left(H_{с.макс} - h_{пл} \right), \quad (13)$$

где $V_{пл}$ – объем части сена, находящейся над планками, м³;

$b_{пл}$ – толщина планки транспортера, м.

Подставив выражение массы в формулу (11) для определения силы трения планок о проходящее сверху сено, получим:

$$F_{П} = n_{пл} \cdot f_c \cdot g \cdot \rho_c \cdot b_T \cdot b_{пл} \cdot \left(H_{с.макс} - h_{пл} \right), \quad (14)$$

где $n_{пл}$ – количество планок транспортера в работе, шт.

Сила динамического давления порции сена на планки (рисунок 4) определяется аналогично расчету силы динамического давления пласта почвы на рабочую поверхность клина:

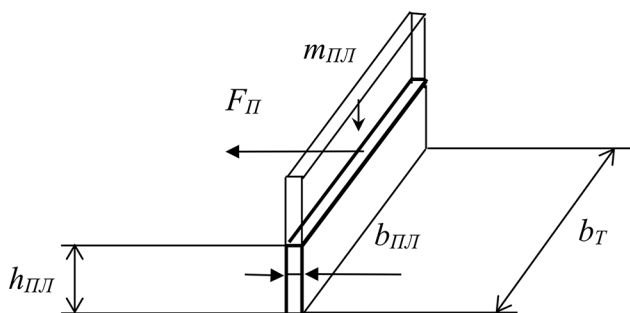


Рисунок 3 – Схема к определению силы трения планки по сено

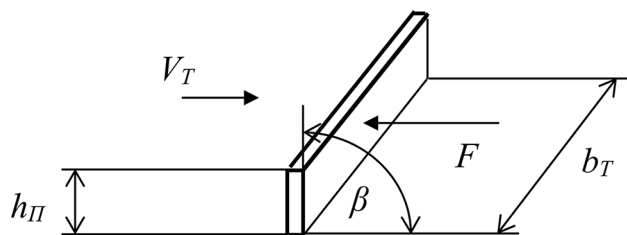


Рисунок 4 – Схема к определению силы динамического давления порции сена

$$F_{Д} = 2 \cdot \frac{h_{пл} \cdot b_T \cdot \gamma_c}{g} \cdot V_T^2 \cdot \sin \frac{\beta}{2}, \quad (15)$$

где γ_c – объемный вес сена в сборочной емкости после сжатия, Н/м³;

β – угол установки планки, град (β принимается 90 град).

Выразив через плотность сена после сжатия ρ_c , получим:

$$F_{Д} = 2 \cdot \rho_c \cdot b_T \cdot h_{пл} \cdot V_T^2 \cdot \sin \frac{\beta}{2}. \quad (16)$$

В результате формула для определения силы, используемой на перемещение транспортера, после подстановки всех сил и учитывая, что максимальная высота сена в сборочной емкости равна его высоте $H_{с.макс} = H_B$, выглядит следующим образом:

$$F_T = h_{пл} [p_{сж} b_T - \rho_c B_B g (H_B - h_{пл}) + f_c g \rho_c \times \left[L_B \left(H_B - \frac{h_{пл}}{2} \right) + n_{пл} b_T b_{пл} \frac{(H_B - h_{пл})}{h_{пл}} \right] + 2 \rho_c b_T V_T^2 \sin \frac{\beta}{2}]. \quad (17)$$

Мощность, необходимая для уплотнения массы сена в емкости. Она будет зависеть от высоты $h_{пл}$ и толщины $b_{пл}$ планки, и от скорости перемещения транспортера V_T :

$$N_T = V_T h_{пл} [p_{сж} b_T - \rho_c B_B g (H_B - h_{пл}) + f_c g \rho_c \times \left[L_B \left(H_B - \frac{h_{пл}}{2} \right) + n_{пл} b_T b_{пл} \frac{(H_B - h_{пл})}{h_{пл}} \right] + 2 \rho_c b_T V_T^2 \sin \frac{\beta}{2}]. \quad (18)$$

В ходе экспериментальных исследований планируется установить влияние высоты рабочих органов (сменные рабочие органы) и скорости движения транспортера на изменение плотности сена в емкости и соответствующие затраты мощности.

Заключение: обоснована технологическая схема уплотнения и механизм перемещения и сжатия растительного материала в сборочной камере, состоящей из цепочного транспортера и планчатых рабочих органов. Установлены математические выражения для определения мощности, необходимой для уплотнения массы сена в камере, которая зависит от высоты и толщины планки, скорости перемещения транспортера, силы давления планки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алшинбаев М.Р. Применение четырехзвенных механизмов в сельскохозяйственных машинах // Проблемы механизации сельскохозяйственного производства Республики Казахстан: Сб. научных тр. – Алматы: РНИ «Бастау», 1997. – С. 51-57.
2. Предпатент № 6562 РК. Копнообразователь / Абулхайров Д.К., Исмагулов Ж.Т., Алшинбаев М.Р.; опубл. 15.09.1995, Бюл. № 3.
3. Предпатент № 19009 РК. Прицеп-стогообразователь / Абулхайров Д.К., Дерепаскин А.И., Бобков С.И. и др.; опубл. 15.01.2008, Бюл. № 1.
4. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин / Ред. М.И. Клецкин. – М.: Машиностроение, 1967. – Т.1. – 722 с.

Құрастыру камерасында шөпті тығыздау механизмінің технологиялық схемасы мен параметрлерін негіздеу

¹*АБІЛҚАЙЫРОВ Дәрмен Каратайұлы, т.ғ.д., профессор, ҚазҰАЕН академигі, talgar_45@bk.ru,

²САҒЫНҒАНОВА Индира Кенесқызы, PhD, аға оқытушы, sagynganova_ik@enu.kz,

¹ӨСЕРБАЕВ Мұратбек Тұрарбекұлы, т.ғ.к., кафедра меңгерушісі, usermur@mail.ru,

¹С. Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университеті, Қазақстан, 010011, Нұр-Сұлтан, Жеңіс даңғылы, 62,

²Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, 010008, Нұр-Сұлтан, Сәтпаев көшесі, 2, *автор-корреспондент.

Аңдатпа. Әдеби дереккөздерді талдау көрсеткендей, шөп жинау кезінде жинау-тасымалдау агрегаттарын пайдалану, оны тығыздау үшін уақытты жоғалтпай камераға масса жинау мүмкіндігі бар, жинау процесінің өнімділігін арттыруға көмектеседі. Мақаланың мақсаты-шөп өсірушілердің қолданыстағы нұсқаларын талдау негізінде төменгі қабаттарға әсер ететін кіріс шөп-сабан материалының массасы олардың серпімді қасиеттерінің пластике ауысуын қамтамасыз ететін ұтымды технологиялық сығымдау схемаларын негіздеу. Тізбекті конвейерден және жалпақ жұмыс органдарынан тұратын құрастыру камерасында материалды жылжыту және тығыздау механизмі ұсынылған. Камерадағы шөп массасын тығыздау үшін қажетті қуатты анықтау үшін математикалық өрнектер орнатылды, ол штанганың биіктігі мен қалыңдығына, конвейердің қозғалу жылдамдығына байланысты.

Кілт сөздер: тығыздау процесі, жұмыс органдары, тізбекті планк конвейері, қозғалыс жылдамдығы, планк қысымының күші, шөптің тығыздығы, конвейер тақтасы.

Justification of the Technological Scheme and Parameters of the Hay Compaction Mechanism in the Assembly Chamber

¹*ABULKHAIROV Darmen, Dr. of Tech. Sci., Professor, Academician of KazNAEN, talgar_45@bk.ru,

²SAGYNGANOVA Indira, PhD, Senior Lecturer, sagynganova_ik@enu.kz,

¹USSERBAYEV Muratbek, Cand. of Tech. Sci., Head of Department, usermur@mail.ru,

¹S. Seifullina Kazakh Agrotechnical University, Kazakhstan, 010011, Nur-Sultan, Zhenis Avenue, 62,

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, 010008, Nur-Sultan, Satpayev Street, 2,

*corresponding author.

Abstract. Analysis of literature sources shows that the use of harvesting and transport units on hay harvesting, which have the ability to collect mass into the chamber without wasting time on stops for its compaction, contributes to improving the productivity of the harvesting process. The purpose of the article is to substantiate a rational technological compression scheme based on the analysis of existing stack-forming options, in which the mass of incoming hay-straw material acting on the lower layers ensures the transition of their elastic properties into plastic ones. A mechanism for moving and compacting the material in the assembly chamber, consisting of a chain conveyor and slatted working bodies, is proposed. Mathematical expressions have been established to determine the power required to seal the mass of hay in the chamber, which depends on the height and thickness of the bar, the speed of movement of the conveyor.

Keywords: technological process of compaction, working bodies, chain-slat conveyor, speed of movement, pressure force of the bar, hay density, conveyor bar.

REFERENCES

1. Alshinbaev M.R. Primenenie chetyrekhzvennykh mekhanizmov v sel'skokhozyajstvennykh mashinakh // Problemy mekhanizacii sel'skokhozyajstvennogo proizvodstva respublik Kazakhstan: Sb. nauchnykh tr. – Almaty: RNI «Bastau», 1997. – pp. 51-57.
2. Predpatent no. 6562 RK. Kopnoobrazovatel' / Abulkhairov D.K., Ismagulov Zh.T., Alshinbaev M.R.; opubl. 15.09.1995, Byul. No. 3.
3. Predpatent no. 19009 RK. Pricsep-stogoobrazovatel' / Abulkhairov D.K., Derepaskin A.I., Bobkov S.I. i dr.; opubl. 15.01.2008, Byul. No. 1.
4. Spravochnik konstruktora sel'skokhozyajstvennykh mashin / red. M.I. Kleczkin. – Moscow: Mashinostroenie, 1967. – T. 1. – 722 p.