

RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY OF HARVESTING LEAF MASS AND SEEDS OF LEGUMES AND TECHNICAL RESOURCES FOR IMPLEMENTATION

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УБОРКИ ЛИСТОВОЙ МАССЫ И СЕМЯН БОБОВЫХ ТРАВ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ИХ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Professor, Doctor of Technical Sciences O.Zh. Zhortuylov, Doctor of Technical Sciences A.S. Adilshiev, Ph.D student E.S. Kulshikova, U.E. Bekenov, master student M.K. Uissinbayev.

LLP «Kazakh scientific research institute mechanization and electrification of agriculture», Republic of Kazakhstan.

E-mail: kazniimesh@yandex.kz

Профессор, доктор технических наук О.Ж. Жортуылов, доктор технических наук А.С. Адильшеев, докторант Ph.D Э.С. Кульшикова, У.Е. Бекенов, магистрант М.К. Уйсинбаев.

Казахский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства, Республика Казахстан.

E-mail: kazniimesh@yandex.kz

Резюме: Описаны анализ способов уборки листьев и семян бобовых трав, преимущества и недостатки технических средств для их осуществления. Приведены конструкция навесного очесывающего устройства роторного типа, аналитические зависимости, характеризующие траекторию, скорости движения конца гребня очесывающего барабана от скорости движения машины. Показаны результаты лабораторно-полевых исследований и производственных испытаний машин.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ОЧЕС СЕМЯН, ЛИСТЬЯ, СУШИЛЬНАЯ УСТАНОВКА, СОЛНЕЧНЫЙ ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЬ, ПРЕСС-ЭКСТРУДЕР, ЭКСТРУДИРОВАНИЕ, МОЩНОСТЬ.

Abstract: We describe the analysis of ways of harvesting the leaves and seeds of legumes, the advantages and disadvantages of technical means to implement them. There are described design stripper rotary devices, analytical dependencies describing the trajectory, speed of movement the end of the ridge from the stripper drum of machine speeds deliver results. This work shows the results of laboratory and field research and testing machines.

KEYWORDS: HARDS OF SEEDS, LEAVES, DRYING PLANT, A SOLAR AIR HEATER, PRESS EXTRUDER, EXTRUSION, POWER.

1 Введение

Наиболее ценной из многолетних по содержанию протеина, каротина, витаминов и минеральных веществ является люцерна. Зеленая масса ее пригодна для приготовления белково-витаминной муки, сена, силоса, сенажа, гранул и брикетов. В Казахстане намечено увеличить посевные площади под эту культуру более чем на 3,4 млн. га. Однако расширение посевных площадей люцерны во многом сдерживается недостатком семян, из-за трудоемкости их получения. Применяемые в настоящее время способы уборки люцерны на сено вызывают значительные потери урожая. В зависимости от комплекса машин, применяемого при уборке люцерны, потери листьев достигают 50%, что значительно снижает качество заготавливаемого корма [1]. Для наиболее полного сохранения питательных веществ и витаминов из люцерны приготавливают травяную муку. При этом используют всю зеленую массу растений, состоящую из листовой и стеблевой частей. В травяной муке в 3...5 раз больше, чем в зерновых культурах, сахара, в 10...15 раз – каротина, в 5 раз – минеральных веществ, таких как: кальций, фосфор, калий, магний, натрий, железо, марганец, бор, медь, кобальт, молибден, никель, хлор, йод и некоторые другие [2]. Поэтому она широко применяется в качестве незаменимого сырья в комбикормовой промышленности, включают ее в кормовые рационы.

Ранее для производства травяной муки применялся сложный комплекс машин и оборудования, агрегаты для приготовления травяной муки типа АВМ [2]. Результаты внедрения технологии приготовления травяной муки показали, что наиболее энергоемок процесс сушки измельченной травы (в среднем 3600 кВт.ч./т), причем около 80...90% затрат энергии падает на сушку. При влажности свежескошенной травы 75...80% для получения 1 тонны травяной муки АВМ-0,4 расходуется не менее 250...350 кг условного топлива [3].

Значение витаминной травяной муки в кормлении птицы и свиней не утрачено, однако производство ее значительно сократилось и продолжает снижаться. Обусловлено это не

только большими затратами энергии топлива, но и сравнительно низким качеством муки по содержанию сырого протеина и клетчатки, а также витаминов [4]. В связи с высокими энергетическими затратами, себестоимостью производства травяной муки и сравнительно низким содержанием в ней сырого протеина в Казахстане оно прекратилось.

Недостаточное производство семян люцерны вызвано, в основном, двумя причинами. Первая из них – низкая урожайность (0,5...3,0 ц/га, в редких случаях до 5,0 ц/га). Вторая – большие потери (до 50...90%) при уборке урожая, обусловленные морфологическими особенностями этой культуры [5]. Уборку на семена производят, в основном, двумя способами: прямым комбайнированием с помощью переоборудованных зерноуборочных комбайнов – главным образом при уборке ранних сеяных трав на больших площадях; раздельной уборкой – при неблагоприятных погодных условиях, когда семена не успевают достичь необходимых стандартных показателей, а также на изреженных и сильно засоренных участках и при возделывании трав специально на семена [6]. Однако эти способы дают значительные потери семян, т.к. специализированных машин для их уборки пока нет, а ворох от комбайна транспортируется не приспособленными для этой цели средствами [7, 8].

Специальных машин для уборки семенников трав промышленность не выпускает, поэтому их убирают зерноуборочными комбайнами или дорогими зарубежными селекционно-семеноводческими комбайнами (DELTA-Wintenseiger AG (Австрия), САМРО-2010 (Финляндия).

В Казахстане с 2001 г. ведутся работы по приготовлению кормовой витаминно-травяной муки из листовой массы люцерны без применения высокотемпературных сушильных агрегатов. Технология включает процессы: скашивания трав, сгребания в валки высушенной травы до влажности 20...22% на прокосах, подбор валков с измельчением в подборщике-измельчителе и безрешетном измельчителе, сепарирования листовой части из предварительно измельченного сена и измельчения листовой части трав в муку в решетных измельчителях кормов [9].

Недостатком этого способа является продолжительность проявления скошенной массы в процессе ее заготовки для кормов. Скошенная масса растений, уложенная в прокос, сушится в течение 30...35 часов на солнце, что приводит к высоким потерям питательных веществ, особенно каротина и протеина. Известно, что за каждый час проявления трав в поле количество каротина за счет его разрушения солнечными лучами снижается на 2...3%. На стационар поступает вся цельная скошенная масса, которая подвергается сушке, повторному обмолоту, просеванию листьев, повторному измельчению стеблей и листьев, что требует специальных машин для их осуществления и приводит к большим затратам энергии и средств.

Данная работа финансируется Комитетом Науки Министерства образования и науки Республики Казахстан по бюджетной программе 217 «Развитие науки», подпрограмме 102 «Грантовое финансирование научных исследований».

2 Предпосылки к созданию машины для отделения листьев люцерны

В области исследований и разработок по технологиям заготовки сенажа и травяной муки к лидирующим группам относится «ВНИИ кормов» им. В.Р.Вильямса (Россия). Профессор В. Бондарев разработал технологию приготовления высокобелковой энергонасыщенной травяной муки. Получают листовую массу путем среза верхней их части, нижняя же, условно называемая «стеблевой», сушится на сено. Для отделения листовой и стеблевой массы предложен комбайн с двумя режущими аппаратами: верхний – для среза верхней части растений примерно на половину их высоты и измельчения на частицы не крупнее 30 мм, а нижний – для скашивания нижней части на сено. Листовая масса верхней части травы высушивается на высокотемпературном сушильном агрегате типа АВМ-0.4. Продолжительность сушки листовой массы, в сравнении с сушкой измельченной массы из цельных растений, снижается на 2 минуты. Расход топлива снижается в среднем на 10% (225...315 кг/т) и значительно снижается расход электроэнергии. Однако расходы энергии на сушку остаются еще высокими, что сдерживает широкое ее внедрение [10].

Уборка семян по безотходной технологии – сбор всего биологического урожая путем скашивания с измельчением травянистой массы с последующей транспортировкой, сушкой, обмолотом и очисткой семян на стационаре может обеспечить снижение потерь до 5...10%, но связана с большими энергетическими затратами. Одним из возможных путей обеспечения максимального сбора урожая семян трав является переход к уборке методом очеса растений на корню. Такой прием обеспечивает сбор вороха в виде «невейки» до 30% от всей биологической массы растений, что значительно сокращает затраты на транспортировку, сушку и обработку массы на стационаре.

Очесывание как способ уборки семян сельскохозяйственных культур нашло наиболее эффективное применение в машинах для уборки льна, риса и лекарственных растений. Были проведены также исследования на уборке пшеницы, ячменя, овса, проса, сорго, рапса и др. [11].

Исследованиям и разработке простых эффективных конструкций и приспособлений для уборки семян трав за рубежом уделяется большое внимание. В США наряду с комбайновым способом уборки запатентовано несколько интересных технических решений на базе специальных машин, совершенствующих технологию получения семян трав. Эти аппараты позволяют получать семена растений методом очеса на корню. К их числу относится и способ сбора семян путем ударного воздействия на них роторно-щеточного барабана [6]. Анализ материалов по патентной литературе показывает, что было выдано свыше 90 авторских свидетельств на изобретения и патентов на устройства и машины для уборки семян методом очеса растений на корню [11]. Эти устройства условно можно классифицировать следующим образом: по типу рабочих органов – гребневые, щелевые и комбинированные; характеру движения очесывающих элементов – вращательные и движущиеся прямолинейные; форме элементов рабочих органов – прямые, круглые, изогнутые зубья, гладкие или рифленые била, щетки и

др.; конструктивному оформлению – транспортерные, барабанные, вальцовые, шнековые, дисковые, гребневые и др.; направлению вращения рабочего органа – сверху вниз, снизу вверх и перпендикулярно к травостоя; транспортированию убранной массы – бункерные, пневматические, транспортерные и комбинированные; способу агрегатирования – фронтальные или боковые, навесные или прицепные [11]. Анализ показал, что наиболее распространенным рабочим очесывающим органом является барабан с зубьями различной формы.

Цель работы – разработка универсальной машины для уборки листьев и семян люцерны методом очесывания на корню и погрузки их в транспортные средства для перевозки к месту сушки с одновременным скашиванием оставшейся части стеблей растений с образованием валков для приготовления сена.

Высушивание листьев и семян осуществляется при низкотемпературном тепловом режиме с использованием гелиовоздухоагрегатора на пневматической сушильной установке по принципу вихревой сушки в псевдоожиженном слое. Поскольку листья сохнут в 4...6 раз быстрее, чем стебли, энергоемкость процесса сушки снижается в 2...3 раза, то снижаются затраты на сушку листьев. При выходе листьев и семян из циклона сушильной установки они разделяются на сепараторе, листья подвергаются гранулированию, а семена направляются на дальнейшую послеуборочную обработку. Листовая масса может использоваться как непосредственно для скармливания животным, так и для получения гранул, позволяющих дольше сохранять их питательную ценность. Травяные гранулы из листьев люцерны изготавливаются пресс-экструдером методом экструдирования. Экструзия является эффективным способом получения высококачественных экстрадатов, которая состоит из нескольких стадий обработки, имеющих следующие преимущества: тепловая обработка; стерилизация, обеззараживание, увеличение объема, измельчение, смешивание, обезвоживание.

Новизна ресурсосберегающей технологии получения высококачественных экстрадатов заключается в том, что для экстрадатов используются листья верхней части люцерны, где протеина больше на 30...35%, чем в нижней части растений. Научная новизна подтверждена исследованиями многих физиологов о том, что в листьях и стеблях трав витамины и питательные вещества распределяются неодинаково: в листьях каротина содержится больше в 6...10 раз, протеина в 2...3 раза, а клетчатки – 2...3 раза меньше, чем в стеблях, а в листьях верхних ярусов содержится каротина больше на 30...35%, чем в нижних [12]. Поэтому, убирая травы в обычных фазах вегетации, можно при помощи отделения их на две фракции (листовую и стеблевую) добиться желаемых результатов.

3 Результаты и дискуссия

В КазНИИМЭСХ разработан очесыватель для уборки семян и листьев кормовых растений, который агрегируется с колесным трактором и монтируется на его передней раме. Основные узлы очесывателя: приемный кожух с установленным внутри него очесывающим барабаном с гребнями и планками, накопительный бункер, поддерживающий щит, нижний кожух. В задней части накопительного бункера оборудован ветровой щит из металлической сетки, а в верхней части расположена горловина для выхода воздушного потока. На барабане параллельно оси расположены парами плоские планки с определенными шагом и рядами, внутри которых укреплены гребни, воздействующие на семена. Свободные концы гребней имеют форму клина для лучшего захода в растения.

Технологический процесс очесывания семян и листьев растений осуществляется следующим образом. При движении машины по полю с растениями, барабан с гребнями очесывает семена и листья растений, вращаясь снизу вверх, и совместно с кожухом и поддерживающим щитком создает всасывающий воздушный поток, который удерживая растения в процессе очесывания в вертикальном положении, перемещает их в накопительный бункер. Рабочими элементами очесывающего барабана являются планки с гребнями, расположенные равномерно

в 6 или 8 рядов параллельно оси по направляющей поверхности барабана. Барабан приводится во вращение при помощи клиноремной передачи с различной угловой скоростью.

Гребни барабана, вращаясь вокруг горизонтальной оси и одновременно двигаясь поступательно вместе с машиной, совершают сложное движение. Траектория этого движения должна быть согласована с высотой расположения колосьев. В противном случае гребни не будут очесывать растения, а будут отталкивать их вперед.

Рассмотрим схему очесывающего барабана. Ось барабана располагается над линией дна корпуса очесывающего устройства M и установлена на высоту очеса h растений по горизонтали (рисунок 1), начальное положение гребня примем, когда он находится на вертикальном диаметре, т.е находится в точке A_0 .

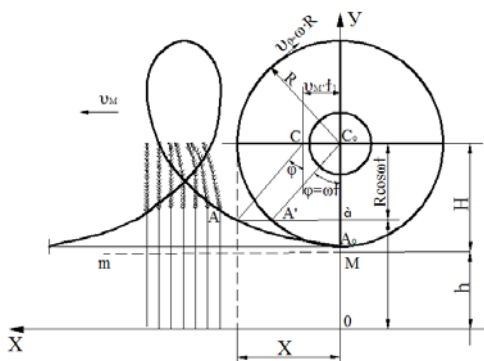


Рисунок 1 – Схема работы очесывающего барабана

Пользуясь рисунком 1, определяем координаты точки A :

$$\left. \begin{aligned} x &= aA = AA' + A' \cdot a \\ y &= OC_0 - C_0 a \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Принимая во внимание, что $AA' = CC_0 = v_M \cdot t$; $A'a = R \cdot \sin \omega t$ и $C_0 a = R \cdot \cos \omega t$, а также, что $OC_0 = H + h$, где H – высота оси барабана над линией дна корпуса очесывающей машины, получим:

$$\left. \begin{aligned} x &= v_M t + R \cdot \sin \omega t \\ y &= (H + h) - R \cdot \cos \omega t \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Эти выражения представляют собой уравнения траектории описываемой точкой A гребня барабана. Траекторией в абсолютном движении гребня является циклоида-трохоида (рисунок 1). В зависимости от поступательной скорости v_M машины и относительной скорости вращения барабана $v_0 = R \cdot \omega$ вид траектории может изменяться. Степень воздействия гребня на растения определяем по формуле [14]:

$$\lambda = \frac{v_0}{v_M} \quad (3)$$

Условие функционирования очесывающего барабана, т.е. вхождение гребней в растения и их очесывание происходит при $\lambda > 1$, т.е. когда $v_0 > v_M$. Обычно λ принимают в пределах 1,5...1,7. При $\lambda \geq 1,7$, гребни ударяя по колосу, могут вымочить семена, создавая потери, а при $\lambda < 1,5$, наоборот, очесывающий барабан будет захватывать мало стеблей и большая часть стеблестоя не будет подвергаться его воздействию [11].

Взяв производную по времени от уравнения (2), определим проекции скорости точки гребня барабана:

$$\left. \begin{aligned} v_x &= v_M + R \cdot \omega \cdot \cos \omega t \\ v_y &= R \cdot \omega \cdot \sin \omega t \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

учитывая, что $v_0 = R \cdot \omega$, $\varphi = \omega t$

$$\left. \begin{aligned} v_x &= v_M + v_0 \cdot \cos \omega t = v_M + v_0 \cdot \cos \varphi \\ v_y &= v_0 \cdot \sin \omega t = v_0 \cdot \sin \varphi \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

На рисунке 2 схематично представлена работа гребней шестипланкового барабана, ось которого расположена на одной вертикали с передней линией дна корпуса очесывателя.

Вход стеблей между пальцами гребенок происходит в зоне A_0B на участках ΔX пути перемещения машины, так, что каждый гребень очесывает колосья тех стеблей, которые встречаются ему на этом отрезке.

Из рисунка 2 видно, что

$$\Delta X = X_1 + X_2 \quad (6)$$

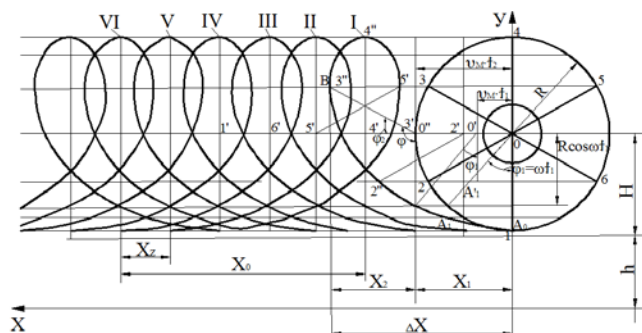


Рисунок 2 – Взаимодействие гребней очесывающего барабана со стеблями растений

С другой стороны, при $0 \leq X_1 \leq (v_M t_2 = v_M t_1 + R \cdot \sin \varphi_1)$ согласно формулы (2):

$$X_1 = v_M t_2 = v_M t_1 + R \cdot \sin \varphi_1 \quad (7)$$

где $\varphi_1 = \omega \cdot t_1$, $t_1 = \varphi_1 / \omega$.

При $0 \leq X_2 \leq R \cdot \cos \varphi_2$, аналогично (7) определим абсциссу X_2 точки B :

$$X_2 = R \cdot \cos \varphi_2 \quad (8)$$

$$\Delta X = v_M t_2 + R \cdot \cos \varphi_2 \quad (9)$$

Подставляя $v = \frac{R\omega}{\lambda}$, получаем окончательно:

$$\Delta X = \frac{R}{2\lambda} (\pi + 2\varphi_2 + 2\lambda \cdot \cos \varphi_2) \quad (10)$$

На отрезке пути машины каждый ряд гребней захватывает и очесывает колосья стеблей растений. Если у барабана Z планок с гребнями и за один полный оборот барабана машина переместится на расстояние X_0 , равное:

$$X_0 = v_M \cdot T = v_M \cdot \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi R}{\lambda} \quad (11)$$

то все Z планок с гребнями последовательно захватят колосья стеблей растений и очесывают на общей длине $Z \cdot \Delta X$.

Коэффициент воздействия гребней на колосья стеблей растений – это отношение пути, на котором гребни захватывают и очесывают колосья стеблей, ко всему пути, пройденному машиной за то же время:

$$\eta = \frac{Z \cdot \Delta X}{X_0} = \frac{Z}{4\pi} (\pi + 2\varphi_2 + 2\lambda \cdot \cos \varphi_2) \quad (12)$$

Шаг очесывающего барабана с планками и гребнями – это перемещение вала (оси) очесывающего барабана X_z за время поворота на угол $\varphi_z = \frac{2\pi}{z}$:

$$X_z = \frac{X_0}{z} = \frac{2\pi R}{\lambda \cdot z} \quad (13)$$

Обычно $\eta = 0,2 \dots 0,8$. Чтобы увеличить коэффициент воздействия гребней на стебли, следует увеличить число планок Z а также величину λ . С возрастанием λ от 0,3 до 2,1 коэффициент воздействия η увеличивается более чем в 4 раза.

При вращении барабана с гребнями и планками возникает аэродинамический эффект. При этом воздушный поток интенсифицирует выделение семян и их транспортирование.

Следовательно, необходимо определить аэродинамические (количественные и качественные) характеристики очесывающего устройства. Аэродинамические характеристики – это кривые изменения напора H , потребной мощности N и КПД η в зависимости от расхода воздуха Q [15].

Рабочая скорость C''_{cp} воздушного потока на выходе из бункера должна превышать критическую скорость, скорость витания $U_{кр}$ элементов, которые должны быть вынесены за пределы машины. Это условие определяется формулой:

$$C''_{cp} = aU_{кр} \tag{14}$$

Для колосьев без зерна $U_{кр} = 3,0 \dots 5,0$ м/с, для семян житняка $0,8 \dots 5,2$ м/с, для семян люцерны – $2,5 \dots 8,0$ м/с. При транспортировании продуктов обмола та семенного вороха для обмолоченных колосьев $a = 1,5 \dots 3,0$.

Динамическое давление воздуха $H_{дин}$ на выходе из бункера определяется по средней скорости воздушного потока:

$$H_{дин} = \frac{\gamma \cdot C''^2_{cp}}{g \cdot 2} \tag{15}$$

где γ – удельный вес воздуха, кг/м³; g – ускорение свободного падения тела, м/с²; $H_{дин}$ – динамическое давление воздуха, Па.

Статическое давление воздуха $H_{ст}$ определяется по формуле:

$$H_{ст} = \frac{1 - K^2}{K^2} \cdot H_{дин} \tag{16}$$

где K – коэффициент, характеризующий потери энергии воздушного потока на трение воздуха о стенки каналов, изменения направления движения и др., $K = 0,25 \dots 0,45$.

Полный напор H определяется как сумма динамического и статического давлений:

$$H = H_{дин} + H_{ст} \tag{17}$$

а, теоретический напор H_t определяется по формуле:

$$H_t = \frac{H}{\eta_n} \tag{18}$$

где $\eta_n = 0,5 \dots 0,6$.

Полный напор H воздуха, перемещаемого к выходу, принимается в зависимости от скорости всасывания C' воздуха через входное окно, определяемой по эмпирической формуле:

$$C' = 4K\sqrt{H} \tag{19}$$

Расход воздуха определяем по формуле

$$Q = F_n \cdot C' \tag{20}$$

где F_n – площадь выходного окна воздуха очесывающего барабана, м²; C' – скорость воздуха на выходе, м/с.

Частота вращения барабана определяется по формуле:

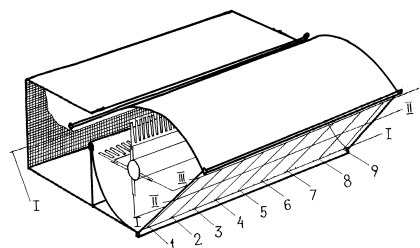
$$n = \frac{30}{\pi \cdot r_2} \sqrt{\frac{H_t \cdot g}{\varphi \cdot \gamma}} \tag{21}$$

где r_2 – расстояние от оси вращения барабана до конца гребни, м; $\varphi = 0,7 \dots 0,9$ для радиальных лопаток.

Проведены лабораторно-полевые исследования и производственные испытания очесывателя. Испытывались 2 варианта исполнения очесывателя. В первом варианте очесывающее устройство монтировалось на переднюю раму самоходного шасси Т-16М, а во втором – навешивалось на переднюю раму трактора МТЗ-80.

Скорости воздушного потока определялись во входном и во выходном окнах очесывателя (рисунок 3). Для этого площади сечений входного и выходного окон очесывателя разбивались на плоскости и прямоугольники. В точках пересечения

производились замеры в трехкратной повторности. Для замера воздушного потока использовался анемометр цифровой переменной АП1-1.



I; II и III – нижняя, средняя и верхняя плоскости входного окна; I₁ – верхняя плоскость выходного окна.

Рисунок 3 – Схема точек замера аэродинамических характеристик в очесывающем устройстве

Значения скоростей воздушного потока приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения скоростей воздушного потока

Средняя скорость воздушного потока	$n = 400$ об/мин			$n = 800$ об/мин		
	во входном окне			во входном окне		
	нижняя плоскость	средняя плоскость	верхняя плоскость	нижняя плоскость	средняя плоскость	верхняя плоскость
v , м/с	4,0	4,3	3,2	5,0	6,2	5,8

Продолжение таблицы 1

Средняя скорость воздушного потока	$n = 400$ об/мин	$n = 800$ об/мин
	в выходном окне	
v , м/с	4,2	10,6

На опытном поле Казахского научно-исследовательского института земледелия (КИЗ) Алматинской области проводились производственные испытания очесывателя на уборке семян кормовых трав: люцерны, овсяницы луговой и райграса пастбищного соответственно на площади 1,7, 1,4 и 1,5 га (таблица 2) [16].

Таблица 2 – Характеристика убираемых трав

Наименование	Люцерна	Овсяница луговая	Райграс пастбищный	Житняк
Высота, см	95,0	70...75	55...60	40...60
Урожайность семян, ц/га	3,0	2,5	2,5	2,65
Количество растений, шт/м ²	420,0	310,0	270	210,0
Влажность семян, %	18,0	11,0	12,5	14,0
Влажность стеблевой массы	65,0	40,0	43,0	30,0

Мощность, необходимая для вращения очесывающего барабана, определялась по формуле:

$$N_{пр.м} = \Delta P \cdot Q_{дм} / 612 \cdot \eta_{гм.м} \tag{22}$$

где $\Delta P = P_1 - P_2$ – перепад давления жидкости в подводящем P_1 и отводящем P_2 трубопроводах, МПа;

$\eta_{гм.м}$ – гидромеханический КПД, учитывающий потери, возникающие при вращении, а также потери давления, возникающие при движении жидкости по внутренним каналам, $\eta_{гм.м} = 0,95$.

Действительный расход гидродвигателя 210.20 определялся по формуле:

$$Q_{\text{дм}} = v_{\text{м}} \cdot n_{\text{м}} / \eta_{\text{в}}, \quad (23)$$

где $n_{\text{м}}$ – частота вращения очесывающего барабана, мин^{-1} ;
 $v_{\text{м}}$ – рабочий объем гидродвигателя, $0,548 \text{ дм}^3/\text{об}$;
 $\eta_{\text{в}}$ – объемный КПД, 0,97.

Давление масла в гидродвигателе определялось манометром, подключенным в магистраль гидросистемы.

Испытания показали, что при частоте вращения барабана с гребнями $n = 520 \text{ об/мин}$, линейной скорости гребня $v_0 = 17,96 \text{ м/с}$, $v_{\text{м}} = 1,4 \text{ м/с}$, $\lambda = v_0/v_{\text{м}} = 12,82$ потери листьев осыпанием составляли 2,3...2,5%, а при $n = 720 \text{ об/мин}$, линейной скорости гребня $v_0 = 24,87 \text{ м/с}$, $v_{\text{м}} = 1,4 \text{ м/с}$, $\lambda = v_0/v_{\text{м}} = 17,76$ потери листьев осыпанием 2,2...2,4, а недочесом – 0,5...0,7%. Потребная мощность двигателя на привод очесывающего барабана составила 7,2 кВт.

Очесыватель испытывался:



Рисунок 4 – На уборке семян люцерны;



а- до уборки



б- после уборки

Рисунок 5 – На уборке семян лука.

Результаты испытаний очесывателя на сборе семян указанных культур показали, что он надежно выполняет технологический процесс уборки семян. При этом частота вращения очесывающего барабана составляла 750 мин^{-1} , скорость движения машины $0,5...1,0 \text{ м/с}$. Производительность машины с шириной захвата 2 м составляла $0,8...1,0 \text{ га}$. Качество очеса – в пределах допустимой нормы. Потери семян составляли 2,5...5,0 %, из-за большого живого сечения сетки выгрузного окна.

4 Заключение

За рубежом активно внедряется технология уборки семенников трав методом очесывания на корню. Разработанный и испытанный для этого очесыватель с роторно-планчатый гребенчатый рабочим органом устойчиво выполняет технологический процесс. При этом ударное воздействие рабочих органов на семена сочетается с аэродинамическим эффектом воздушного потока.

Очесыватель составляет основу разрабатываемой машины. Разработанная машина может быть использована для уборки семян и листьев люцерны путем очесывания на корню и погрузки их в транспортные средства, а оставшаяся стеблевая часть скашивается с одновременным образованием валков для приготовления обычного сена.

Высушивание листьев и семян осуществляется при низкотемпературном режиме с использованием гелио воздухогревателя на пневматической сушильной установке по принципу вихревой сушки в пневдооживленном слое. Листовая масса

может быть использоваться как непосредственно для скармливания животным, так и для получения гранул, позволяющих дальше сохранять их питательную ценность.

Травяные гранулы из листьев люцерны изготавливаются пресс-экструдером методом экструдирования. Экструзия является эффективным способом получения высококачественных экструдатов.

5 Литература

- 1 Демишкевич Э.Б. Исследование отделения листьев люцерны и рабочего органа для осуществления этого процесса // Труды ВИСХОМ: Исследование технологических процессов и рабочих органов машин для заготовки кормов.– М.,1972.– С.108-129.
- 2 Кольвах И.А. Технология производства травяной муки.– М.: Высшая школа, 1982.– 224 с.
- 3 Валушис В. Перспективы сушки кормов горячими газами // в кн.: Технология уборки, консервирования и хранения кормов /под ред. Блажека Н.М.– М.:Агропромиздат, 1985.– С.93-95.
- 4 Шпаков А.С., Бондарев Б.А. Прогрессивные технологии производства кормов из многолетних трав и проблемы их освоения //Кормопроизводство.– 2003.– №6.– С.27-30.
- 5 Жаринов В.И. Ключ В.С. Люцерна.– Киев: «Урожай», 1983.– 239 с.
- 6 Чернышков А.А. Новые методы уборки семенников трав за рубежом // Тракторы и сельхозмашины, 1986.– №5.– С.58-60.
- 7 Пенкин М.Г., Тушанов Е.Ф. Совершенствование технологии уборки семенной люцерны // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана.– 1992.– №4.– С.110-112
- 8 Садыков Ж.С. Новые технологии и машины для уборки семенных посевов сельскохозяйственных культур: аналитический обзор.– Алматы, 1992.–89 с.
- 9 Абижанов Д.Т., Абижанулы Т. Теоретическое обоснование кинематического режима сеператора мелкой листовой части трав // Тракторы и сельхозмашины.– 2014.– №7.– С.32-35.
- 10 Бондарев В.А. Приготовление травяной муки из бобовых трав // Комбикорма.– 2005.– №2.– С.62-63.
- 11 Ахламов Ю.Д., Шевцов А.В., Отрошко С.А., Жалнин Э.В. Очес семян трав // Техника и оборудование для села.– 2000.–№8.– С.10.
- 12 Зафрен С.Я. Технология приготовления кормов.– М.: Колос, 1977.– С.153-163.
- 13 Жортуылов О.Ж., Куаныш А.Г. Теоретические основы процесса очесывания семян, листьев кормовых растений роторным рабочим органом // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана.– 2001.– №1.– С. 71-74.
- 14 Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / под ред. Г.Е. Листопада.– М: Агропромиздат, 1986.– 688 с.
- 15 Турбин Б.Г., Лурье А.Б., Григорьев С.М., Иванович Э.М., Мельников С.В. Сельскохозяйственные машины. Теория и технологический расчет.– Л: Машиностроение, 1967.– 494 с.
- 16 Жортуылов О.Ж., Куаныш А.Г. Машина для уборки семян кормовых, овощных и других сельскохозяйственных культур // Материалы Международной научно-практической конференции «Проблемы научного обеспечения сельского хозяйства Республики Казахстан, Сибири и Монголии».– Улан-Батор, 2001, С.330-331.