

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

УДК 631.353.6

В.В. Морозов, М.В. Стречень, И.В. Кокунова
V.V. Morozov, M.V. Strechen, I.V. Kokunova

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МАШИНЫ ДЛЯ ПЛЮЩЕНИЯ ТРАВ

SUBSTANTIATION OF THE DESIGN AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF A GRASS CRUSHER

Ключевые слова: заготовка кормов, объемистые корма, сено, погодные условия, плющение, плющильный аппарат, плющилки трав, качество корма, полнота плющения, энергозатраты.

Сено является одним из необходимых видов грубых кормов в рационах кормления жвачных животных. Качественно приготовленное сено богато витамином Д, стимулирующим всасывание кальция в органах пищеварительного тракта животных, а также витамин Д необходим для нормального белково-углеводного обмена и функционирования желез внутренней секреции. Однако заготовить качественный объемистый корм удается не всегда. В регионах с нестабильными погодными условиями, характеризующимися значительной облачностью неба и частыми атмосферными осадками в период проведения уборочных работ, для сокращения продолжительности сушки скошенных трав в поле необходимо использовать специальные приемы и применять технические средства, ускоряющие этот процесс. В Великолукской ГСХА ведется научно-исследовательская работа по разработке универсальной машины для плющения растительной массы с различными вариантами сменных адаптеров. В зависимости от оснащения машины определенным комплектом рабочих органов она сможет выполнять различные технологические операции: плющение растений, плющение с оборачиванием валка и его укладкой на сухое место, плющение с ворошением растительной массы. С целью определения рациональных параметров машины для плющения расти-

тельной массы нами была разработана экспериментальная установка и проведены лабораторные исследования. По результатам проведенного эксперимента и полученных математических зависимостей было установлено, что минимальные значения энергозатрат для осуществления технологического процесса при полноте плющения растительного материала 91% достигаются при частоте вращения ребристых плющильных вальцов 670 мин.⁻¹, скорости подачи растительной массы на плющильный аппарат 2,0 м/с и зазоре между плющильными вальцами 0,02 м.

Keywords: forage conservation, bulk feed, hay, weather conditions, crushing, crusher, grass crusher, feed quality, crushing completeness, energy consumption.

Hay is one of the essential roughages in ruminant diets. Properly made hay is rich in vitamin D which stimulates the absorption of calcium in the digestive tract of animals; vitamin D is also essential for normal protein and carbohydrate metabolism and the functioning of the endocrine glands. However, it is not always possible to prepare high-quality bulk feeds. In regions with unstable weather conditions, characterized by significant cloudiness and frequent precipitation during harvesting, to reduce the duration of drying of mown grasses in the field, it is necessary to use special techniques and use technical means that facilitate this process. The staff of the Velikiye Luki State Agricultural Academy conducts research work on the development of the universal

equipment for crushing crop herbage with different options of interchangeable adapters. Depending on the equipment of the crusher with a certain set of working bodies, it can perform various technological operations: plant crushing, crushing followed by rolling and stacking in a dry place, crushing with turning the herbage. In order to determine the rational parameters of the grass crusher, we developed a pilot unit and conducted labora-

tory studies. By the results of the conducted experiment and the obtained mathematical dependences it was found that the minimum value of energy consumption for the implementation process with crushing completeness of 91% was achieved at the rotation of ribbed crushing rollers of 670 min⁻¹, feeding rate of plant material to the crusher of 2.0 m s and the gap between the crushing rolls of 0.02 m.

Морозов Владимир Васильевич, д.т.н., проф., каф. «Автомобили, тракторы и сельскохозяйственные машины», Великолукская государственная сельскохозяйственная академия. Тел.: (81153) 7-52-82. E-mail: rektor@vgsa.ru.

Стречень Марат Владимирович, преп., каф. «Эксплуатация и ремонт машинно-тракторного парка», Великолукская государственная сельскохозяйственная академия. E-mail: smav67@rambler.ru.

Кокунова Ирина Владимировна, к.т.н., доцент, каф. «Автомобили, тракторы и сельскохозяйственные машины», Великолукская государственная сельскохозяйственная академия. E-mail: i.kokunova@yandex.ru.

Morozov Vladimir Vasilyevich, Dr. Tech. Sci., Prof., Velikiye Luki State Agricultural Academy. Ph.: (81153) 7-52-82. E-mail: rektor@vgsa.ru.

Strechen Marat Vladimirovich, Asst., Velikiye Luki State Agricultural Academy. E-mail: smav67@rambler.ru.

Kokunova Irina Vladimirovna, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Velikiye Luki State Agricultural Academy. E-mail: i.kokunova@yandex.ru.

Введение

Сено является одним из основных видов грубых кормов, используемых в рационе кормления жвачных животных. Несмотря на невысокую питательность сена, оно считается обязательным компонентом рационов кормления крупного рогатого скота, овец, коз, лошадей как основной источник клетчатки и жизненно важных элементов питания – белков, углеводов, витаминов и минеральных веществ. По сравнению с другими видами объемистых кормов качественно приготовленное сено богато витамином Д, который необходим животным для стимулирования всасывания кальция в органах пищеварительного тракта. Взрослым особям витамин Д необходим также для нормального белково-углеводного обмена и функционирования желез внутренней секреции. Кроме того, сено богато витаминами комплекса В, витамином Е и каротином. Однако сравнительно невысокая концентрация обменной энергии в сухом веществе сена ограничивает его использование для высокопродуктив-

ных животных. По результатам исследований ряда ученых определенную положительную роль оказывает скармливание сена на производство отдельных видов твердых сыров, а также сено рекомендуется в качестве диетического корма при болезнях скота [1, 2].

Технологический процесс заготовки сена в значительной степени зависит от погодных условий, складывающихся в регионе в период проведения уборочных работ. Современное сельскохозяйственное производство располагает различными технологиями заготовки сена, отличающимися друг от друга эффективностью производства, комплексом технических средств, применяемым при кормозаготовке, технологиями хранения корма. Несмотря на имеющиеся между ними различия, общим требованием для всех технологий является быстрая сушка скошенных трав в поле, так как от продолжительности этого процесса зависит величина потерь питательных веществ. Известно, что даже при быстрой сушке скошенных растений в поле в

результате биохимических процессов происходит потеря сухого вещества до 5-10%. Кроме того, наблюдаются и механические потери корма, которые могут достигать 20-30%. Если не применять специальные приемы по интенсификации сушки скошенных трав в поле, то продолжительность ферментативной деятельности в растительной массе увеличивается, что приводит к снижению качественных показателей корма. Резкое увеличение потери питательных веществ наблюдается при попадании подвяленных трав под атмосферные осадки [3, 4].

Одним из наиболее широко применяемых приемов интенсификации сушки трав в поле и выравнивания скоростей сушки листьев и стеблей, особенно при уборке бобовых культур, является плющение растений. Выполняется эта операция обычно при скашивании трав, однако в ненастную погоду это может привести к еще большему переувлажнению расплющенной массой [5]. Известна перспективная группа кормоуборочных машин, которые выполняют плющение (рекондиционирование) ранее подвяленных растений. В Великолукской ГСХА ведется научно-исследовательская работа по разработке нового технического средства для плющения стеблей скошенных трав с различными комплектами сменных адаптеров [6]. В зависимости от оснащения машины сменными рабочими органами она сможет выполнять различные технологические операции: плющение растений, плющение с оборачиванием валка и его укладкой на сухое место, плющение с ворошением растительной массы и ее расстилом на поле.

Цель исследования – разработка конструктивно-технологической схемы универсальной машины для плющения скошенной растительной массы и обоснование ее параметров.

В связи с поставленной целью необходимо было решить следующие **задачи**: разработать лабораторную установку машины для плющения растительной массы с различными вариантами сменных рабочих органов; провести экспериментальные исследования и определить рациональные конструктивные и технологические параметры предложенной конструкции.

Материалы, методы и объекты исследования

Объектом исследования является технологический процесс, осуществляемый техническим средством для плющения растительной массы с новыми рабочими органами.

Экспериментальные исследования проводились в научной лаборатории инженерного факультета академии по стандартным и частным методикам испытаний сельскохозяйственной техники, основанных на использовании методов планирования многофакторного эксперимента. В качестве исследуемого материала использовалась подвяленная растительная масса, состоящая из смеси бобово-злаковых культур.

Экспериментальная установка состоит из плющильного аппарата 1 с ребристыми вальцами, отражателя 2, пружинного предохранителя 3, питающего транспортера 4, аппаратуры управления 5, привода питающего транспортера 6, электродвигателя 7, привода плющильного аппарата 8, дефлектора 9 (рис. 1).

При проведении эксперимента подвяленную травяную массу укладывали по форме валка на питающий транспортер 7, который подавал ее к плющильному аппарату 1. Привод питающего транспортера осуществлялся асинхронным электродвигателем мощностью 0,5 кВт и цилиндрическим редуктором, который позволял регулировать линейную скорость движения транспортерной ленты от 1,66 до 2,7 м/с.

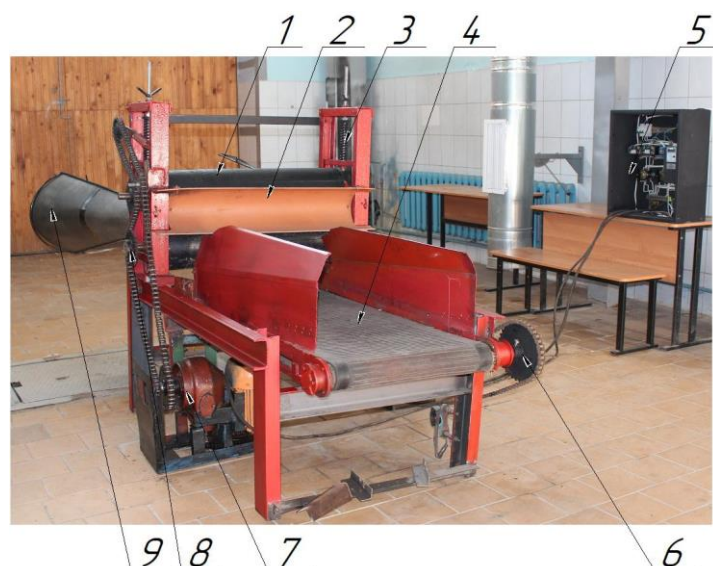


Рис. 1. Экспериментальная установка для плющения растительной массы:
1 – плющильный аппарат; 2 – отражатель; 3 – пружинный предохранитель;
4 – питающий транспортер; 5 – аппаратура управления;
6 – привод питающего транспортера; 7 – электродвигатель;
8 – привод плющильного аппарата; 9 – дефлектор

Давление, создаваемое плющильными вальцами, регулировали пружинным предохранителем 3 в диапазоне от 2 до 8 кН на 1 м длины вальца. Для привода плющильного аппарата использовался электродвигатель 7 мощностью 1,5 кВт. Передача движения осуществлялась цепной передачей через одноступенчатый редуктор, обеспечивающий изменение частоты вращения плющильных вальцов от 400 до 950 мин.⁻¹.

Теоретический анализ процесса плющения показал, что качество работы машины для плющения трав зависит от целого ряда факторов. При подготовке лабораторных исследований использовали методику многофакторного эксперимента [7]. Экспериментальные исследования проводили при одновременном варьировании трех факторов, уровни которых принимались по данным анализа источников литературы, нормативных документов, проведенным расчетам и определялись опытным путем, при этом число опытов сводилось к минимуму. В ка-

честве математической модели нами была выбрана зависимость вида

$$y = f(x_1, x_2, \dots). \quad (1)$$

Согласно этому были выбраны три фактора, оказывающие наибольшее влияние на работу плющильного аппарата машины, с учетом возможностей реализации эксперимента. К ним относятся: $V_{тр}$ – скорость подачи растительной массы на плющильный аппарат, м/с; Δ – зазор между плющильными вальцами, м; n – частота вращения плющильных вальцов, мин.⁻¹. Влияние перечисленных факторов на процесс плющения оценивали качественными показателями: N – требуемая мощность на плющение, кВтч; λ – полнота плющения растительной массы, %.

Результаты и их обсуждение

В результате многофакторного регрессионного анализа, проведенного на основе полученных результатов исследования, установлена зависимость полноты плющения растительного материала от частоты вра-

щения плющильных вальцов, зазора между плющильными вальцами и скорости подачи травяной массы на плющильный аппарат:

$$\lambda = 89,67 + 2,44n_{\text{вр}} - 1,41\Delta + 0,325v_{\text{тр}} + 1,725\Delta v_{\text{тр}} + 2,875n_{\text{вр}}v_{\text{тр}} - 8,858n_{\text{вр}}^2 - 2,808\Delta^2 - 6,283v_{\text{тр}}^2 \quad (2)$$

С учетом значений коэффициентов полученной математической модели, анализируя поверхность отклика (рис. 2), установлено, что с увеличением зазора между плющильными вальцами полнота плющения растительной массы уменьшается, а с увеличением скорости подачи материала на плющильный аппарат до 1,97 м/с увеличивается, затем наблюдается ее резкое снижение.

Полученная математическая модель процесса плющения растительной массы позволила определить рациональные значения входящих факторов для получения максимальной полноты плющения травяной массы 90-92%, зазор между плющильными вальцами при этом должен составлять 0,017-0,02 м, а скорость подачи материала на плющильный аппарат должна находиться в интервале 2,0-2,1 м/с.

Проведенные исследования по энергозатратам на процессы подбора и плющения

растительной массы позволили получить математическую модель (3). В результате многофакторного регрессионного анализа, проведенного с учетом результатов исследования, установлена зависимость энергозатрат от частоты вращения плющильных вальцов, зазора между ними и скорости подачи травяной массы на плющильный аппарат:

$$N = 9,5 + 0,41n_{\text{вр}} - 0,2825\Delta + 0,1275v_{\text{тр}} - 0,1n_{\text{вр}}\Delta + 0,9658n_{\text{вр}}^2 + 0,8108\Delta^2 + 0,3008v_{\text{тр}}^2 \quad (3)$$

Принимая во внимание значения коэффициентов полученной математической модели, анализируя поверхность отклика (рис. 3), установлено, что при значениях частоты вращения плющильных вальцов 620-680 мин.⁻¹ происходит снижение необходимой мощности на привод машины для плющения растительного материала до 9,9-10,4 кВт, а в дальнейшем наблюдается увеличение мощности до 11,4 кВт. Минимальные значения требуемой мощности привода машины для плющения растительной массы достигаются при значении зазора между плющильными вальцами в диапазоне от 0,018 до 0,02 м.

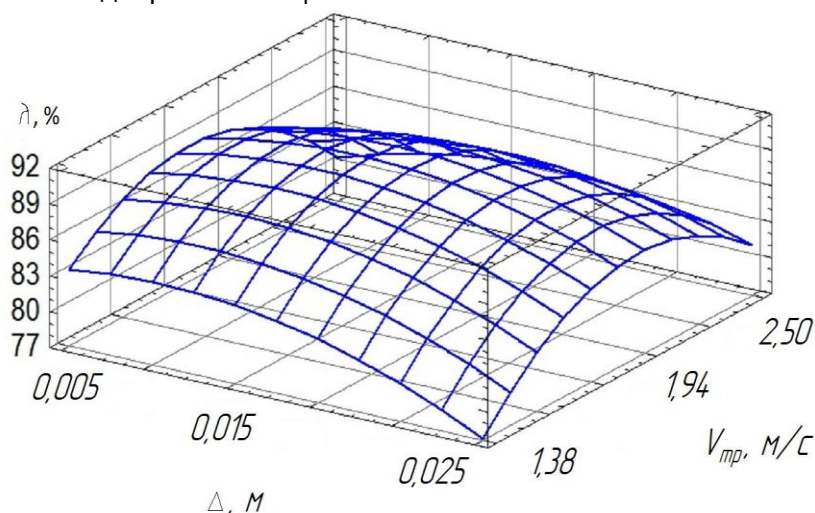


Рис. 2. Зависимость полноты плющения растительной массы от зазора между плющильными вальцами и скорости подачи на плющильный аппарат

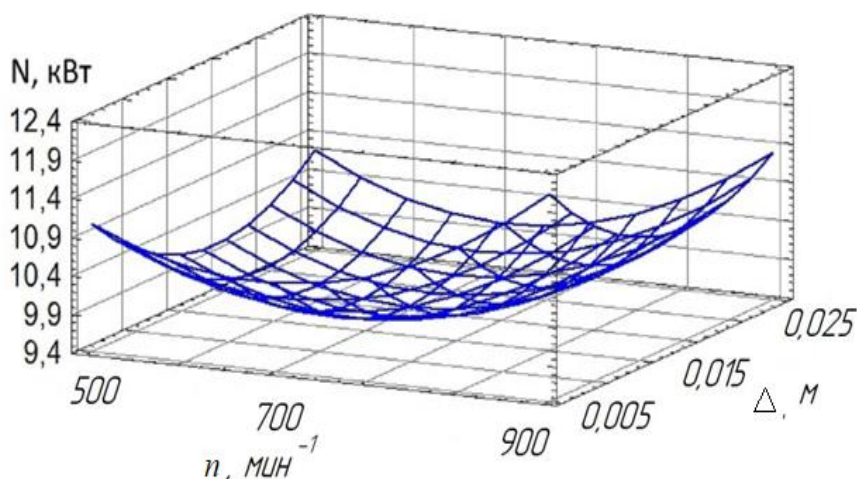


Рис. 3. Зависимость мощности привода машины от частоты вращения плющильных вальцов и зазора между вальцами

Выводы

Таким образом, проведенные исследования создают предпосылки для разработки нового универсального технического средства с различными вариантами сменных рабочих органов, предназначенного для заготовки стебельчатых кормов высокого качества в нестабильных погодных условиях регионов.

Полученные уравнения регрессии позволяют определить рациональные параметры проектируемой машины. Минимальные значения энергозатрат 9,9 кВт и оптимальная полнота плющения растительной массы 91% достигаются при частоте вращения плющильных вальцов 670 мин.⁻¹, скорости подачи растительной массы на плющильный аппарат 2,0 м/с и зазоре между плющильными вальцами 0,02 м.

Библиографический список

1. Попов, В. Д. Способы и технологические процессы заготовки высококачественного сена в условиях повышенного увлажнения / В. Д. Попов, А. Н. Перекопский, М. Ш. Ахметов, А. В. Терентьев. – Санкт-Петербург: ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии, 2012. – 72 с. – Текст: непосредственный.

2. Кокунова, И. В. Особенности заготовки высококачественных травяных кормов в природно-климатических условиях Северо-Запада России / И. В. Кокунова, М. В. Стречень, В. А. Ружьев. – Текст: непосредственный // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 36. – С. 230-236.

3. Кокунова, И. В. Влияние климатических рисков на процесс производства растительных кормов в регионе Псковско-Чудского озера / И. В. Кокунова, В. В. Морозов, М. В. Стречень, О. С. Титенкова. – Текст: непосредственный // Сборник материалов XVII Международного экологического форума «День Балтийского моря». – Санкт-Петербург: ООО «Свое издательство», 2016. – С. 29-30.

4. Kokunova I.V., Titenkova O.S. (2016). Foraggio di qualita - la base della produzione di prodotti animali ecologicamente puliti. *Italian Science Review*. 1 (34): 35-37.

5. Стречень, М. В. Расчет параметров прицепной машины для плющения растительной массы / М. В. Стречень, Ю. И. Волошин, И. В. Кокунова, В. Г. Игнатенков. – Текст: непосредственный // Техника в сельском хозяйстве. – 2013. – № 2. – С. 7-8.

6. Патент на полезную модель RU 117772. Машина для плющения стеблей скошенных трав: 21.12.2011 / Кокунова И. В., Стречень М. В., Смирнов Р. Н. – Текст: непосредственный.

7. Шкляр, М. Ф. Основы научных исследований / М. Ф. Шкляр. – Москва: ИТК «Дашков и К», 2017. – 208 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Popov, V.D. Sposoby i tekhnologicheskie protsessy zagotovki vysokokachestvennogo sena v usloviyakh povyshennogo uvlazhneniya / V.D. Popov, A.N. Perekopskiy, M.Sh. Akhmetov, A.V. Terentev. – Sankt-Peterburg: GNU SZNIIMESKh Rosselkhozakademii, 2012. – 72 s.

2. Kokunova, I.V. Osobennosti zagotovki vysokokachestvennykh travyanykh kormov v prirodno-klimaticheskikh usloviyakh Severo-Zapada Rossii / I.V. Kokunova, M.V. Strechen, V.A. Ruzhev // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – No. 36. – S. 230-236.

3. Kokunova, I.V. Vliyaniye klimaticheskikh riskov na protsess proizvodstva rastitelnykh

kormov v regione Pskovsko-Chudskogo ozera / I.V. Kokunova, V.V. Morozov, M.V. Strechen, O.S. Titenkova // Sbornik materialov KhVII Mezhdunarodnogo ekologicheskogo foruma «Den Baltiyskogo morya». – Sankt-Peterburg: ООО «Svoe izdatelstvo», 2016. – S. 29-30.

4. Kokunova I.V., Titenkova O.S. (2016). Foraggio di qualita - la base della produzione di prodotti animali ecologicamente puliti. *Italian Science Review*. 1 (34): 35-37.

5. Strechen, M.V. Raschet parametrov pritsepnoy mashiny dlya plyushcheniya rastitelnoy massy / M.V. Strechen, Yu.I. Voloshin, I.V. Kokunova, V.G. Ignatenkov // Tekhnika v selskom khozyaystve. – 2013. – No. 2. – S. 7-8.

6. Патент на полезную модель RU 117772. Машина для плющения стеблей скошенных трав: 21.12.2011 / Кокунова И. В., Стречень М. В., Смирнов Р. Н.

7. Шкляр, М. Ф. Основы научных исследований / М. Ф. Шкляр. – Москва: ИТК «Дашков и К», 2017. – 208 с.



УДК 621.3.064

А.С. Серебряков, В.Л. Осокин, С.А. Капусткин
A.S. Serebryakov, V.L. Osokin, S.A. Kapustkin

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ НА РАЗНЫХ СТУПЕНЯХ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

ENERGY SAVING AT DIFFERENT LEVELS OF VOLTAGE AT COMPENSATION OF REACTIVE POWER IN DISTRIBUTION NETWORKS

Ключевые слова: емкостная компенсация реактивной мощности, система внешнего электропитания, распределительные сети, энергосбережение, фильтрокомпенсирующие установки, активная мощность, напряжение, сопротивление.

Keywords: capacitive compensation of reactive power, external power supply system, distribution networks, energy saving, filter compensating installations, active power, voltage, resistance.