Безбабченко Александр Владиславович – руководитель структурного подразделения, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр лубяных культур», Россия, г. Тверь, e-mail: fnc_lk44@mail.ru.

Author credentials

Affiliations

Koroleva Evgenia – Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Center of Bast Crops”, Russia, Tver, e-mail: e.koroleva@fnclk.ru.

Novikov Eduard – candidate of technical sciences, associate professor, head of the bast processing laboratory of Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Center of Bast Crops”, Russia, Tver, e-mail: edik1@kmtn.ru.

Khaitov Nurullo – graduate student of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Kostroma State University”, Russia, Kostroma, e-mail: khaitov_7375@mail.ru.

Bezbabchenko Alexander – head of the structural unit, senior researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Center of Bast Crops”, Russia, Tver, e-mail: fnc_lk44@mail.ru.

Поступила в редакцию (Received): 08.07.2019 Принята к публикации (Accepted): 16.08.2019

УДК 631.22

DOI: 10.35887/2305-2538-2019-4-49-55

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ДОСТАВКИ И ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ

[1]Брусенков Алексей Владимирович

[1]Капустин Василий Петрович

[1]ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Реферат: *Известно, что современным подходом к изучению сложных, многомерных и взаимосвязанных систем, в которых протекают процессы физической и биохимической природы, является системный анализ с применением методов математического моделирования для описания количественных закономерностей на всех уровнях иерархии системы. Проведённый анализ показал,что животноводческий комплекс в целом или любой отдельный технологический процесс могут рассматриваться как многоуровневые системы. При этом более сложная система определяется не столько числом входящих в неё элементов, сколько сложностью их свойств и связей, реализуемых между собой на разных ступенях (или уровнях) иерархической структуры. Установлено, что развиваемый подход к анализу технологической линии доставки и приготовления корнеклубнеплодов позволяет рассматривать и решать не только задачи оптимального функционирования системы при получении целевых продуктов с точки зрения её технико-экономических показателей, но и устанавливать рациональные связи системы с внешней средой, то есть оценивать экологическую эффективность производства. Поэтому, данная задача становится в настоящее время решающей при разработке новых технологий и структурных схем, направленных на создание малоотходных и безотходных производств с максимальным использованием сырьевых и энергетических ресурсов внутри системы.*

Ключевые слова: *биотехнологическая система, системный анализ, технологическая линия, корнеклубнеплоды.*

ANALYSIS OF THE TECHNOLOGICAL LINE OF THE DELIVERYAND PREPARATION OF ROOT CROPS

[1]Brusenkov Alexey

[1]Kapustin Vasilii

[1]FSBEI HE “Tambov state technical University”

***Abstract**: It is known that the modern approach to the study of complex, multidimensional, and interrelated systems in which the processes of physical and biological nature, is a system analysis with application of mathematical modeling methods for describing quantitative regularities at all levels of the system hierarchy. The analysis showed that the livestock sector as a whole, or any separate process can be considered as a multilevel system. In this more complex system is determined not so much by the number of its elements as their properties and relationships that are implemented between the different stages (or levels) of the hierarchical structure. Established that the developed approach to the analysis of the technological line of the delivery and preparation of root crops allows us to consider and to solve not only the problem of optimal functioning of the system in producing the targeted products from the point of view of its technical and economic indicators, but also to establish rational communication with the external environment, that is, to assess the environmental performance of production. Therefore, this task is currently crucial in the development of new technologies and structural schemes aimed at the creation of low-waste and waste-free production with maximum use of raw materials and energy resources within the system.*

***Keywords**: biotech system, system analysis, technological line, root crops.*

Введение. Выбор способа и средств подготовки рациона кормления коров зависит от породы, возраста, способа содержания животных, надоя молока, наличия соответствующего набора кормов в хозяйстве и уровня механизации их приготовления. Например, при увеличении надоя рацион должен меняться (повышаться) в количественном и качественном отношении. Уровень механизации процессов позволяет повысить производительность кормораздаточных машин, соблюдать режим кормления, снижать уровень стресса животных и затраты труда и трудоёмкость выполнения процессов.

Если технологии подготовки кормов к скармливанию и их раздачу рассматривать в отрыве друг от друга, без учёта количества и качества получаемого молока, то невозможно создать энергосберегающие экологически безопасные системы [1].

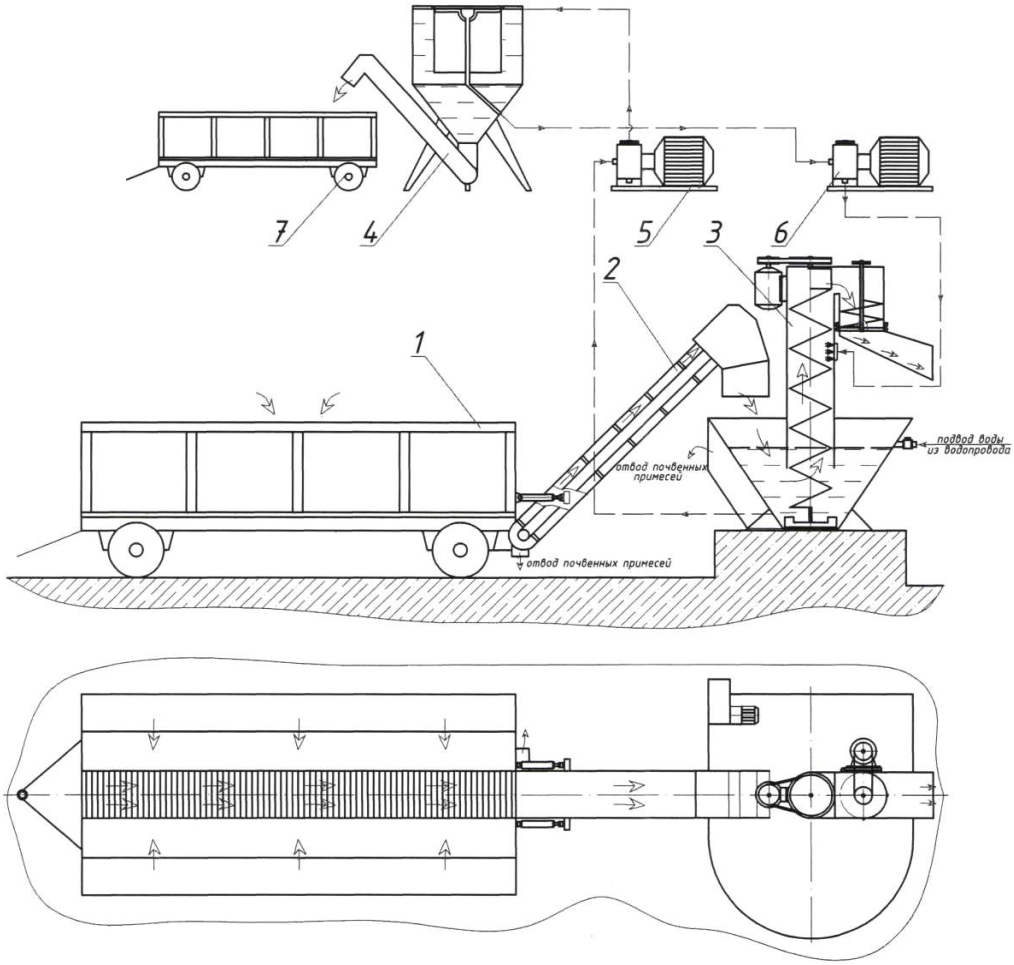
Анализ литературных источников по производству молока, содержанию животных, подготовки рациона кормления позволили создать схему биотехнологической системы (БТС) приготовления рационов кормов с включением в их состав корнеклубнеплодов, очищенных от загрязнений и измельчённых в соответствии с зоотехническими требованиями.

В настоящее время при исследовании современных химико-технологических систем, распространением биотехнологий в микробиологии, генной и клеточной инженерии и других областях науки акад. Овчинниковым Ю.А. дано определение биотехнологии: «Под технологией в широком смысле понимают любое использование биологических процессов для получения нужных человеку продуктов» [2].

В нашем случае, для получения необходимой животноводческой продукции (мяса, молока) в системе участвуют биологические объекты – животное, человек, корнеклубнеплоды и технические средства, обеспечивающие выполнение в полном объёме технологических процессов в соответствии с заданными зоотехническими требованиями.

Результаты и их обсуждение. Большое количество факторов, влияющих на эффективность технологических процессов при получении продукции животноводства, их сложный характер, различие оценочных критериев значимости, сложные взаимосвязи, делают необходимым использование системного подхода к их получению. Биотехнологическая система, состоящая из совокупности технологических процессов, начиная от подготовки рациона кормления, включающего мойку и измельчение корнеклубнеплодов и заканчивая получением животноводческой продукции с помощью машин и оборудования, обеспечивающих их функционирование, рассматривается впервые.

На рисунке 1 представлена технологическая схема БТС доставки корнеклубнеплодов к пункту приготовления для их мойки, измельчения и последующей выдачи животным в соответствии с рационом кормления коров. Она включает в себя питатель-дозатор 1 с наклонным транспортёром 2, мойки-измельчителя 3 и отстойника 4.



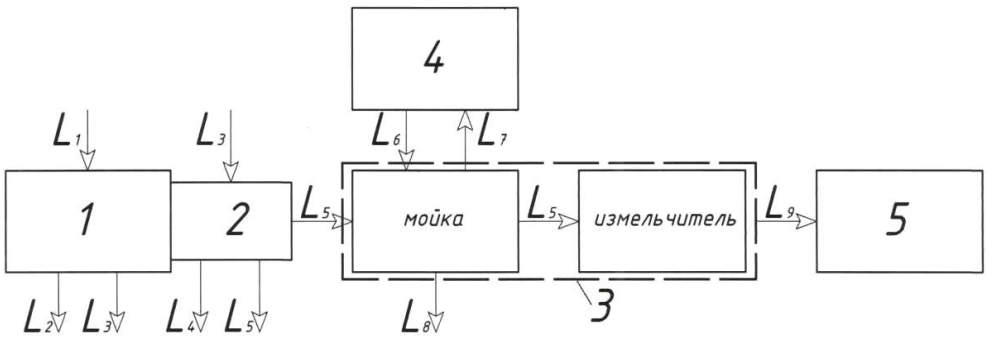
1 – питатель-дозатор; 2 – наклонный скребковый транспортёр;
3 – мойка-измельчитель ИКМ-Ф-10; 4 – отстойник; 5, 6 – насосы;7 – тракторный прицеп

Рисунок 1 – Схема БТС доставки и приготовления корнеклубнеплодов

Установлено, что совокупность упорядоченно расположенных и находящихся во взаимодействии взаимообусловленных элементов можно представить в виде иерархической структуры, для изучения которой используют системный подход и системный анализ [3, 4, 5]. Системный анализ в настоящее время является основным методом научного изучения сложных систем, включающих совокупность процессов и явлений различной природы. С позиций системного анализа решаются задачи математического моделирования и оптимизации как отдельных аппаратов и подсистем технологических схем, так и системы в целом. При этом, методология системного подхода сохраняется при анализе иерархических уровней системы.

При рассмотрении любого производства с позиций системного анализа в нём можно выделить ряд элементов, каждый из которых в свою очередь может рассматриваться как биотехнологическая система. Каждый из этих элементов (подсистем) характеризуется сложной иерархической структурой связей, к которой также применим системный подход. Применительно к технологическому процессу приготовления корнеклубнеплодов к скармливанию, включая доставку, мойку, измельчение и использование их в рационе кормления коров под БТС следует понимать сложную иерархическую структуру упорядоченно расположенных взаимозависимых и взаимосвязанных устройств, обеспечивающих преобразование материальных (рационы кормления) и энергетических потоков в процессе получения и переработки корма в целевые

продукты – мясо и молоко. Эту взаимосвязь целесообразно проанализировать, используя аппарат теории графов [6, 7]. На основе технологической схемы БТС составим схему в виде технологических операторов (рисунок 2), условия работы которой представлены следующим образом.



1 – питатель-дозатор; 2 – наклонный скребковый транспортёр;3 – мойка-измельчитель; 4 – отстойник; 5 – кормораздатчик-смеситель

Рисунок 2 – Операторная схема БТС доставки и приготовления корнеклубнеплодов

Корнеклубнеплоды загружаются в бункер питателя-дозатора 1 и доставляются трактором к линии приготовления. Тракторист задним ходом подъезжает к мойке-измельчителю 3 и с помощью гидроцилиндров совмещает выгрузное окно наклонного транспортёра 2 с загрузочным окном мойки-измельчителя. Из бункера питателя-дозатора 1 корнеклубнеплоды под собственным весом поступают на продольный цепочно-планчатый транспортёр (поток L_1). За счёт трения между корнеклубнеплодами во время движения их по наклонным бортам боковых стенок бункера питателя-дозатора 1 и перемещения по расположенного внутри него скребкового транспортёрапроисходит первоначальное отделение загрязнений(почвенные примеси, камни и другие тяжёлые предметы) и их отвод (поток L_2). Далее корнеклубнеплоды поступают на наклонный скребковый транспортёр 2 (поток L_3), где также за счёт трения между собой и их перемещения происходит дополнительное отделение загрязнений и их отвод (поток L_4). Далее поток L_5 корнеклубнеплодов поступает в мойку, где они окончательно отмокают и отмываются в ванне от загрязнений, омываются струёй очищенной воды (поток L_6), создаваемойнасосом изотстойника 4. Одновременно происходит отвод загрязнённой воды (поток L_7) насосом в отстойник 4 и удаление камней из ванны выгрузным транспортёром мойки (поток L_8). В измельчитель попадает поток L_5, где происходит измельчение корнеклубнеплодов в соответствии с зоотехническими требованиями.По выгрузному лотку измельчителя корнеклубнеплоды поступают в самоходный кормораздатчик-смеситель 5 (поток L_9) с электронной системой взвешивания компонентов рациона.

Технологические потоки взаимодействуют последовательно между собой, БТС и окружающей средой, что способствует целенаправленной работе всей системы в целом. Условные потоки отображают потери вещества или энергии элементов БТС в окружающую среду и различные материальные и энергетические возмущающие воздействия внешней среды на действие БТС.

Характеристика потоков по схеме технологических операторов следующая:

$$L_1 = \{q_1; W_1; \rho_1; \lambda_1\}; L_2 = \{q_2; W_2; \rho_2; \lambda_2\}; L_3 = \{q_3; W_3; \rho_3; \lambda_3\};$$

$$L_4 = \{q_4; W_4; \rho_4; \lambda_4\}; L_5 = \{q_5; W_5; \rho_5; \lambda_5\}; L_6 = \{q_6; W_6; \rho_6; \lambda_6\};$$

$$L_7 = \{q_7; W_7; \rho_7; \lambda_7\}; L_8 = \{q_8; W_8; \rho_8; \lambda_8\}; L_9 = \{q_9; W_9; \rho_9; \lambda_9\},$$

где q - норма выдачи корнеклубнеплодов; W - влажность корнеклубнеплодов; ρ - плотность корнеклубнеплодов; λ - степень измельчения корнеклубнеплодов.

Основу анализа БТС составляет расчёт материальных и энергетических балансов в условиях установившегося технологического режима. При этом составляют и решают системы уравнений балансов. Система уравнений баланса БТС образуется совокупностью независимых уравнений, включающих в себя уравнения материальных балансов.

При анализе работы БТС рассматривают внешние источники (корнеклубнеплоды), которые поступают в технологическую линию для их приготовления, и внутренние, которые отображают изменения в элементах системы. Для каждого элемента БТС на основе законов сохранения массы и энергии составляют системы уравнений материальных балансов по общему массовому расходу вещества физических потоков. Такое уравнение имеет следующий вид:

$$\sum_{j=0}^{n} m_{\mathrm{j}} = 0 \tag{1}$$

Уравнение материального баланса по массовому расходу физических и фиктивных материальных потоков:

$$\sum_{j=0}^{n} m_{\mathrm{j}} c_{\mathrm{ji}} + \sum_{n=0}^{k} G_{\mathrm{a}} = 0 \tag{2}$$

где m_{j} – общий массовый расход вещества; c_{ji} – доля i – го элемента компонента в единице общего расхода вещества; G_{a} – массовый расход a – го материального фиктивного потока.

Для j – го элемента БТС справедливо линейное уравнение баланса каждого типа обобщённых потоков:

$$\sum_{j=0}^{n} Q_{\mathrm{ij}} = 0 \tag{3}$$

где Q_{ij} – i – й обобщённый поток, связанный с элементами БТС.

Совокупность уравнений, составленных для всех элементов системы, образуют систему линейных уравнений балансов одного типа обобщённых потоков БТС [6,7]:

$$[A] + [Q] = 0 \tag{4}$$

где $[A] = \lfloor a_{\mathrm{ij}} \rfloor$ – матрица системы уравнений, элементы которой

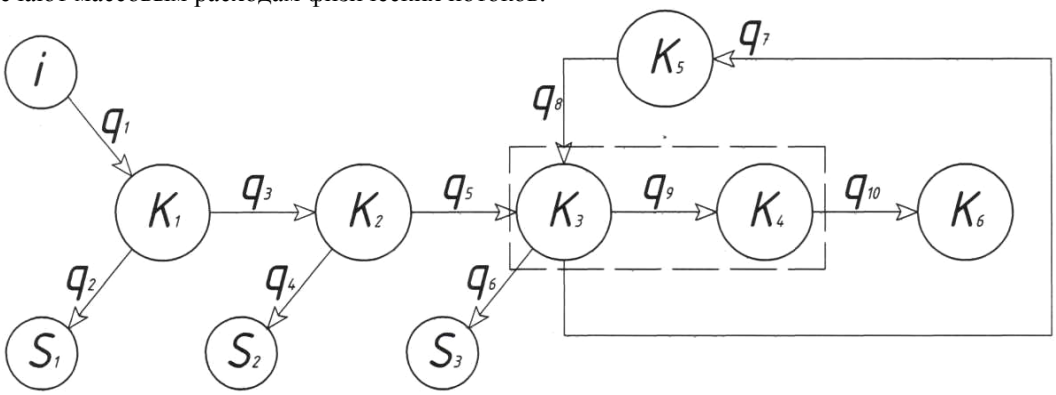
$$a_{ij} = \begin{cases} +1(-1), & \text{если } j - \text{й обобщенный элемент поток входит (выходит) в } i - \text{й элемент} \\ 0, & \text{если } j - \text{й обобщенный поток не связан с } i - \text{м элементом} \end{cases}$$

Для рассматриваемой БТС на основе закона сохранения массы можно составить девять уравнений материального баланса по массовым расходам потоков обрабатываемых продуктов (корнеклубнеплодов). Полученная система будет содержать девять уравнений материального баланса с известными (свободными) и неизвестными (базисными) переменными. Выбрать свободные переменные рассматриваемых уравнений БТС довольно сложно, так как необходимо выполнить большой объём вычислений. Решение указанной задачи можно значительно упростить, если проанализировать топологические свойства БТС. При этом каждой системе можно поставить в соответствие потоковый граф, являющийся некоторой топологической моделью одного типа обобщённых или физических потоков данной системы. Потоковые графы используют для анализа технологических систем и позволяют выполнять структурные преобразования, упрощающие анализ. Сложность анализа БТС состоит в большой размерности задач, а также в том, что в ней имеется рецикл, затрудняющий моделирование такой системы. Используя технологические процессы в виде графов и анализ матрицы смежности, удаётся провести декомпозицию системы на подсистемы меньшей размерности и исследовать работу БТС через её подсистемы.

Уравнения материального баланса на основе анализа операторной схемы БТС (рисунок 2) позволяют определять нагрузки на все элементы, входящие в БТС. При этом свободные переменные системы целесообразно выбирать на основе анализа её топологических свойств.

На рисунке 3 представлен потоковый материальный граф для установившегося технологического режима БТС.

Вершины графа по общему массовому расходу физических потоков соответствуют элементам K системы приготовления корнеклубнеплодов, которые трансформируют общие массовые расходы физических потоков, источника i и стокам S веществ физических потоков. Дуги отвечают массовым расходам физических потоков.



K – элементы; i – источник; S – стоки; q – потоки

Рисунок 3 – Потоковый материальный граф

Анализируя потоковый материальный граф (рисунок 3) видим, что доставка и приготовление корнеклубнеплодов происходят в непрерывном потоке. Потери массы корнеклубнеплодов и их питательных свойств при сокращении технологических операций БТС снижаются пропорционально числу элементов системы. При этом время приготовления корнеклубнеплодов в БТС сокращается в несколько раз по сравнению с общепринятыми на животноводческих фермах и комплексах аналогичными системами.

Выводы. Все это позволяет сделать вывод о том, что загрязнение окружающей среды при применении БТС сведено к минимуму, а полученные уравнения материального баланса позволяют определять нагрузки на все элементы, входящие в БТС. Кроме того, последовательное изучение природы и силы этих связей позволяет разрабатывать и принимать наиболее рациональные решения с целью повышения эффективности использования техники.

Список литературы

1. Черновол Ю.Н. Обоснование технологического процесса и параметров установки порционной уборки навоза из коровников: автореф. диссерт. канд. техн. наук. –Москва, 2018. 26с.

2. Овчинников Ю.А. Биотехнология сегодня и завтра // Экономическое сотрудничество стран СЭВ, 1985. – №3. – С.15-19.

3. Капустин В.П. Системные исследования процессов уборки, транспортировки и переработки бесподстилочного навоза: 3-я науч. конф. в рамках тез. докл. / Тамбовск. техн. ун-т, Тамбов, 1996. – С.33.

4. Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Д. Мако, И. Такахара; пер. с англ. М.: Мир, 1973. 344с.

5. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. М. Наука, 1981. 487с.

6. КафаровВ.В., ПеровВ.В., Мешалкин В.Л.Принципы математического моделирования химико-технологических систем. М.: Химия, 1974. 344с.

7. КафаровВ.В., ВинаровА.Ю., ГордеевЛ.С.Моделирование и системный анализ биохимических производств. М.: Лесн. пром-сть, 1985. 280с.

References

1. CHernovol YU.N. Obosnovanie tekhnologicheskogo processa i parametrov ustanovki porcionnoj uborki navoza iz korovnikov: avtoref. dissert. kand. tekhn. nauk. – Moskva, 2018. 26 s.

2. Ovchinnikov YU.A. Biotekhnologiya segodnya i zavtra // Ekonomicheskoe sotrudnichestvo stran SEV, 1985. – №3. – S.15-19.

3. Kapustin V.P. Sistemnye issledovaniya processov uborki, transportirovki i pererabotki bespodstilochnogo navoza: 3-ya nauch. konf. v ramkah tez. dokl. / Tambovsk. tekhn. un-t, Tambov, 1996. – S.33.

4. Teoriya ierarhicheskih mnogourovnevyh sistem / M. Mesarovich, D. Mako, I. Takahara; per. s angl. M.: Mir, 1973. 344s.

5. Moiseev N.N. Matematicheskie zadachi sistemnogo analiza. M. Nauka, 1981. 487s.

6. Kafarov V.V., Perov V.V., Meshalkin V.L. Principy matematicheskogo modelirovaniya himiko-tekhnologicheskih sistem. M.: Himiya, 1974. 344s.

7. Kafarov V.V., Vinarov A.YU., Gordeev L.S. Modelirovanie i sistemnyj analiz biohimicheskih proizvodstv. M.: Lesn. prom-st', 1985. 280s.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Брусенков Алексей Владимирович – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: aleksei_brusenkov@mail.ru.

Капустин Василий Петрович – доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: prof@yandex.ru.

Author credentials

Affiliations

Brusenkov Alexey – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: aleksei_brusenkov@mail.ru.

Kapustin Vasily – Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: prof@yandex.ru.

Поступила в редакцию (Received): 17.07.2019 Принята к публикации (Accepted): 19.08.2019

УДК 631.363.28
DOI: 10.35887/2305-2538-2019-4-55-62

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАГОТОВКИ И ХРАНЕНИЯ КОРМОВ НА ПРИМЕРЕ СЕНАЖА

[1]Шварц Анатолий Адольфович
[2]Шварц Сергей Анатольевич
[1]ФГБОУ ВО «Курская государственная сельскохозяйственная академия»
[2]ООО «Меридиан»

Реферат. *Известно, что закладка кормовых культур на сенаж вместе с концентратами может сократить, и даже заменить, силос, сено и корнеплоды. Определены закономерности изменения урожайности, питательности и потерь растительной массы от продолжительности уборки. Установлено, что оптимальный период заготовки корма, не должен превышать 9 дней, растительную массу необходимо подбирать при достижении влажности 45-55%. Показана возможность применения механизированной технологии заготовки и хранения сенажа в прессованном виде с обвязкой и без обвязки тюков. Предложены технические решения для поршневого пресс-подборщика с целью получения тюков без обвязки шпагатом (или проволокой) путем исключения из конструкции дорогостоящего и не надежного в работе вязального аппарата и установке на поршне пяти пуансонов. Погрузка тюков в транспортную машину производится боковым погрузчиком пресс-подборщика без остановки.Потери растительной массы при погрузке в кузов транспортной машины определялись путем сбора и взвешивания с*