

УДК 631.363

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агро-промышленного комплекса (технические науки, сельскохозяйственные науки)

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭКСТРУДЕРОВ

Шухов Александр Александрович
инженер
shuxaa@yandex.ru

Коновалов Владимир Иванович
доцент кафедры «Процессы и машины в агробизнесе»,
SPIN-код 4413-4190, ABH-7546-2020
Scopus Author ID: 57190000996, ORCID 0000-0003-2740-2010
konovalov.v.i@mail.ru

Сергунцов Александр Сергеевич
доцент кафедры «Процессы и машины в агробизнесе»,
Scopus Author ID: 57204663296
РИНЦ SPIN-код: 5094-5312
sasha2008_9191@mail.ru
*ФГБОУВО «Кубанский ГАУ им. И.Т. Трубилина»,
Краснодар, Россия*

В настоящее время экструдирование является одним из наиболее эффективных способов подготовки и формирования кормовой смеси для сельскохозяйственных животных. Конструктивно-технологическая схема любого экструдера включает в себя ряд базовых сборочных единиц и разнообразный перечень дополнительных элементов, использование которых направленно на повышение качества экструданта, повышение производительности процесса, снижения энергоёмкости и других технических результатов. В статье представлен анализ перспективных направлений конструктивно-технологического совершенствования экструдеров, определены основные технические результаты, на которые они направлены, и выявлены основные пути для их достижения

Ключевые слова: ЭКСТРУДЕР, АНАЛИЗ, КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА, СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ, КАЧЕСТВО, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, ЭНЕРГОЁМКОСТЬ

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-191-038>

UDC 631.363

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences, agricultural sciences)

ANALYSIS OF PROMISING AREAS OF STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL IMPROVEMENT OF EXTRUDERS

Shukhov Alexander Alexandrovich
engineer
shuxaa@yandex.ru

Konovalov Vladimir Ivanovich
Associate Professor, Department of Processes and Machines in Agribusiness, RSCI SPIN-code 4413-4190, ABH-7546-2020, Scopus Author ID: 57190000996, ORCID 0000-0003-2740-2010
konovalov.vi@mail.ru

Serguntsov Alexander Sergeevich
Associate Professor of the Department "Processes and Machines in Agribusiness", Scopus Author ID: 57204663296, RSCI SPIN-code: 5094-5312
sasha2008_9191@mail.ru
FSBEIHE "Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin", Krasnodar, Russia

Currently, extrusion is one of the most effective ways to prepare and form a feed mixture for agricultural animals. The design and technological scheme of any extruder includes a number of basic assembly units and a diverse list of additional elements, the use of which is aimed at improving the quality of the extruder, increasing the productivity of the process, reducing energy consumption and other technical results. The article presents an analysis of promising areas of structural and technological improvement of extruders, identifies the main technical results they are aimed at, and identifies the main ways to achieve them

Keywords: EXTRUDER, ANALYSIS, DESIGN AND TECHNOLOGICAL SCHEME, IMPROVEMENT, QUALITY, PRODUCTIVITY, ENERGY INTENSITY

Актуальность исследования

Традиционно на территории нашей страны особую часть продовольственной безопасности составляет производство продукции животноводства, поскольку именно оно обеспечивает население необходимым объемом белков, жиров, аминокислот и других жизненно необходимых элементов животного происхождения. При производстве продукции животноводства большая часть всех трудовых, материальных и энергетических затрат приходится на получение кормового рациона [8, 9]. Поэтому снижение себестоимости продукции животноводства путем снижения расходов потребляемых кормов, а также использование рациональных кормовых смесей является актуальнейшей задачей зоотехнии и механизации технологических процессов [30, 31].

Используемые в настоящее время кормовые рационы не всегда отвечают зоотехническим требованиям, имеют низкую усвояемость и переваримость, что в конечном итоге, повышает их расход и себестоимость продукции [29]. Наиболее перспективным направлением повышения питательной ценности кормов является их подготовка, выражающаяся в их измельчении, плющении, термической обработки и т.д., а также использование зоотехнически обоснованных кормовых смесей, позволяющих полностью обеспечить животное всем объемом питательных элементов [33]. Из всех применяемых способов, повышающих качественные показатели кормов, наиболее перспективным является экструдирование. Согласно результатам исследований множества отечественных и зарубежных ученых, при использовании экструдатов в рационах кормления сельскохозяйственных животных расход кормового сырья снижается до 12%, его усвояемость подымается до 40%, а рост продуктивности сельскохозяйственных животных может достигать 30% [30, 33].

Постановка задачи

В качестве основы любой кормовой смеси используется продукция растениеводства, зерно, бобы, зеленная масса и т.д. Многие исследователи рекомендуют использовать в качестве источника белков в рационах сельскохозяйственных животных зерна сои, содержащих помимо белка в своем составе также большое количество клетчатки, минералосодержащих веществ, связанной и свободной воды. Кроме этого в бобах сои содержатся жиры, моно- и дисахариды, и крахмал [33]. В процессе экструзии все трудноусваиваемые или не полностью усваиваемые элементы переходят в доступную для желудочно-кишечного тракта сельскохозяйственных животных форму, разрушаются антипитательные вещества, например, клетчатка частично переходит в простые моносахариды и аминокислоты, крахмал клейстерезуется и декстринизуется с образованием крахмального геля, белки денатурируются, повышаются вкусовые и органолептические свойства кормов и в значительной степени снижается патогенная микрофлора [4]. Кроме того, такие элементы как ингибиторы протеолитических ферментов, гемагглютинины, алколоиды, уреазы и прочие нейтрализуются, а естественные антиоксидантные вещества – лецитин и токоферолы, не уменьшают свою биологическую активность, тем самым повышая питательную ценность корма.

Для экструдирования используются экструдеры различной конструкции, но наибольшие распространение в сельском хозяйстве получили одношнековые, обладающие общей структурно-кинематической схемой, включающей в себя цилиндрический корпус, расположенный в нем шнековый рабочий орган, привод, загрузочную воронку и матрицу с фильерой [31].

Процесс экструзии представляет собой механическое и баротермическое воздействие на исходный материал в результате его перемещения

внутри цилиндрического корпуса шнековым рабочим органом. При этом за счет высоких сдвиговых деформаций от сил трения, создаваемых между шнековым рабочим органом, корпусом экструдера и исходным сырьем, последние значительно разогреваются, повышается его давление, а сам процесс протекает кратковременно. Температура, давление и время протекание процесса зависит от многих факторов, например, геометрические параметры шнека и корпуса, скорость его вращения и д.р., и могут достигать соответственно 200 °С, 50 атм., 90 с и более, но как правило, их величина зависит от вида исходного сырья и требований к конечному продукту, поскольку в процессе экструзии меняется ее физико-механические свойства и структурное строение.

Для надежного протекания процесса и высококачественного конечного продукта в конструкции экструдера выделяют три основные зоны. В первой зоне происходит перемешивание, измельчение и предварительное уплотнение исходного сырья, поэтому ее называют зоной питания. При дальнейшем перемещении исходного сырья шнековым рабочим органом вдоль цилиндрического корпуса оно попадает в так называемую зону плавления или пластификации, поскольку именно в этой зоне под действие значительных сдвиговых напряжений происходит ее разогрев и значительное уплотнение. В результате этого изменяются реологические свойства исходного сырья, и оно приобретает пластические свойства. Затем исходное сырье переходит в следующую зону, которая оканчивается, как правило, конической матрицей с фильерой. Именно наличие матрицы с фильерой позволяет накопить исходное сырье, окончательно сформировать требуемое давление и полностью расплавить его передавая ему одинаковое строение. Поэтому эту зону называют зоной гомогенизации или прессования. При выходе из зоны гомогенизации за счет резкого перепада давления и температуры до атмосферного, происходит резкое изменение внутренне-

го структурного-клеточного строения исходного сырья, оно увеличивается в объеме и приобретает конечные свойства.

Одним из необходимых этапов конструктивно-технологического совершенствования любого технического средства, а равно и экструдеров, является структурно-технологический анализ перспективных технических решений, позволяющий выделить ее основные направления и соответствующие способы их достижения, на основе которых уже и будут разрабатываться прорывные конструктивно-технологические схемы, учитывающие в своей работы все конструктивные и технологические параметры устройства и стохастические параметры процесса [5, 6, 7, 32, 34].

Исследовательская часть

В качестве объектов исследований использовались перспективные конструктивно-технологические схемы экструдеров предлагаемыми отечественными и зарубежными изобретателями, содержащие в базах данных ФИПС со сводным правом доступа. Объем исследуемых патентов превысил 80 шт., а область их применения была направлена в основном на использование в сельскохозяйственном, пищевом и полимерном производствах. Предварительный анализ исследуемых объектов перспективных конструктивно-технологические схемы экструдеров позволил сформировать следующие основные технические результаты, на достижение которых они ориентированы:

- повышение качества конечного продукта;
- повышение производительности процесса экструдирования;
- снижение энергоемкости процесса экструдирования;
- повышение технической и технологической надежности процесса;
- расширение функциональных возможностей экструдеров;
- упрощение конструкции и повышение ремонтпригодности.

С целью повышения производительности процесса экструзии, расширения его функциональных возможностей и повышения качества конечного продукта Хоменко А. М. предложен экструдер, состоящий из корпуса 1 (рис. 1), рабочей камеры 2, шнека 3 с валом 4, загрузочной воронки 5 и направляющего канала 6 [1]. Для достижения заявленного технического результата автором предлагается в кольцеобразном направляющем канале квадратного сечения выполнить подвижные элементы 7, имеющие впадины 8, зубья 9 и 10, и выемки 11 и 12.

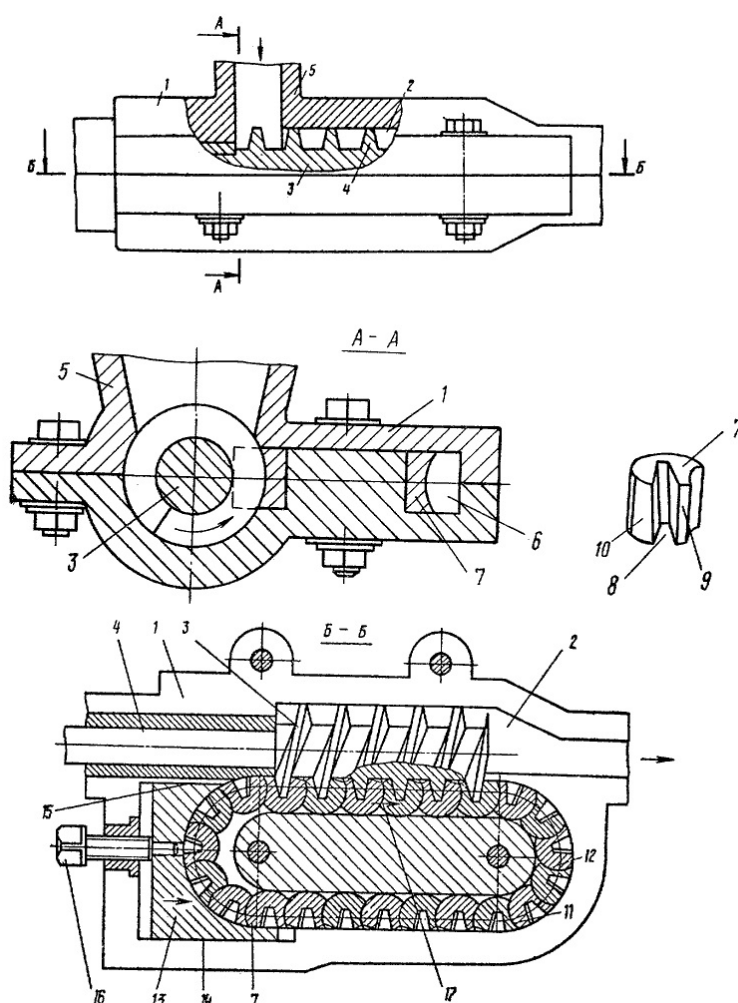


Рисунок 1 – Экструдер по авторскому свидетельству SU 1219397 [1]:

1 – корпус; 2 – рабочая камера; 3 – шнек; 4 – вал; 5 – загрузочная воронка; 6 – направляющий канал; 7 – рабочий элемент; 8 – впадина; 9 и 10 – зуб; 11 и 12 – выемка; 13 – вкладыш; 14 и 15 – направляющая; 16 – регулировочный винт; 17 – направление движения

В процессе экструдирования витки шнека 3 входят во взаимодействие с впадинами 8 рабочих элементов 7, приводя их тем самым в движение по кругу внутри направляющего канала 6, тем самым обеспечивая их постоянный контакт. Для изменения зазора между витками шнека 3 и рабочими элементами 7 обеспечена возможность перемещения последних в направляющих 14 и 15 за счет регулировочного винта 16. Такое конструктивное решение позволит обеспечить регулировку создаваемого внутри рабочей камеры давления, непосредственно влияющего на качественные показатели конечного продукта, предотвратить обратный ток исходного сырья, путем создания затвора, а также самоотчистку витков шнека, предотвращая необходимость его остановки для обслуживания. Существенным недостатком предлагаемой конструкции является сложность конструкции, а, следовательно, и низкая техническая надежность.

Для упрощения конструкции экструдера при сохранении указанных результатов в ООО «Новые технологии» Винокуровым В. В. и рядом других изобретателей (US. Patent 4, 763, 569, US. Patent 3, 117, 006) предлагается использовать корпус с внутренней конической поверхностью с конусностью 1/20-1/10, на его внутренней части выполнить спиралевидную нарезку, а конфигурацию шнека выполнить соответствующие этой нарезке и конусности корпуса [19]. Недостатком такого технического решения является сложность его изготовления и эксплуатации.

Предлагается конструкция экструдера для приготовления кормов из биополимеров (рис. 2), состоящего из корпуса 1 с воронкой для загрузки биополимеров 2 и шнека 3 с выполненными на нем эксцентрично в зоне пластификации проточками 4, расположенными по касательной к поверхности сердечника 5 [2]. При этом винтовой канал в зоне пластификации состоит из больших 6 и меньших 7 чередующихся объемов.

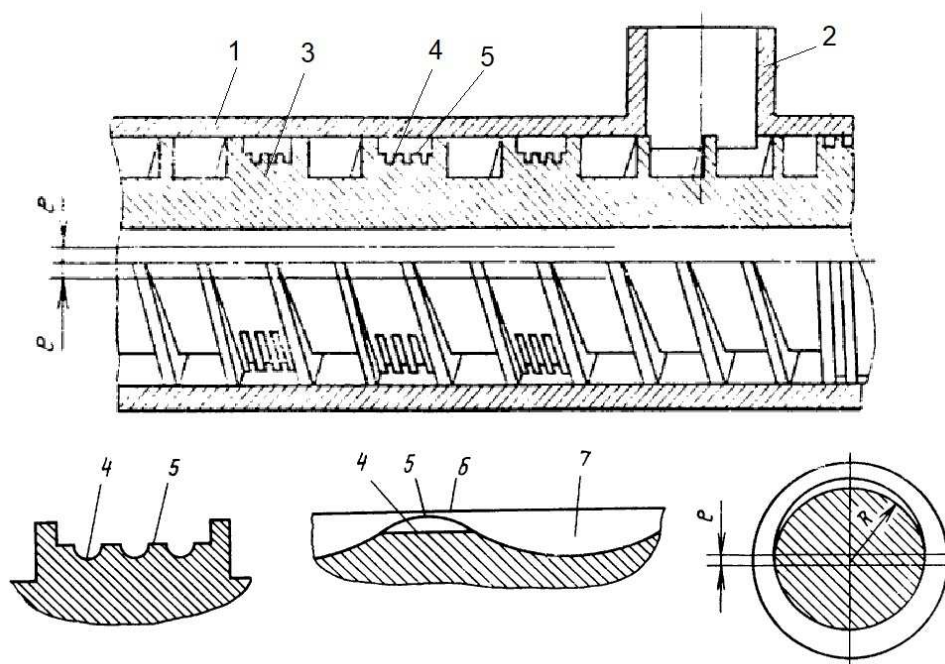


Рисунок 2 – Экструдер для приготовления корма по А.С. 1493240 [2]:

1 – корпус; 2 – загрузочная воронка; 3 – шнек; 4 – проточка; 5 – сердечник;

При работе предлагаемого экструдера перемещая биополимер по его зонам при помощи шнека, в зоне пластификации, за счет плавно изменяющихся объемов 6 и 7, на него воздействует пульсирующее давление, передавая ему большую касательную деформацию. Таким образом достигается интенсификация термодинамического воздействия на биополимер. Кроме того, попадая в проточки 4, биополимер начинает делиться на отдельные слои, что позволит повысить качество его смешения и гомогенизации. К существенному недостатку предлагаемой конструкции можно отнести отсутствие самоотчистки и, следовательно, снижению надежности технологического процесса. Кроме того, пульсирующее воздействие давления не позволит получить конечный продукт с одинаковыми параметрами.

Авторами из Воронежского технологического института предлагается экструдер для производства комбикорма повышенного качества (рис. 3) включающий в себя корпус 1, с установленным сверху загрузочным патрубком 7, внутри которого расположен шнек 2 [3]. На одном конце шнека

расположен привод, а с другой стороны установлена матрица 3 с механизмом резки 4. На внешней части корпуса 1 установлены электронагреватели 5. Для охлаждения внутри корпуса имеется контур с хладагентом, связанная с теплообменником 8. Механизм резки расположен внутри вакуум-камеры 6, а на шнеке выполнены радиальные прорезы 9, ориентированные меньшей стороной к вакуум-камере 6.

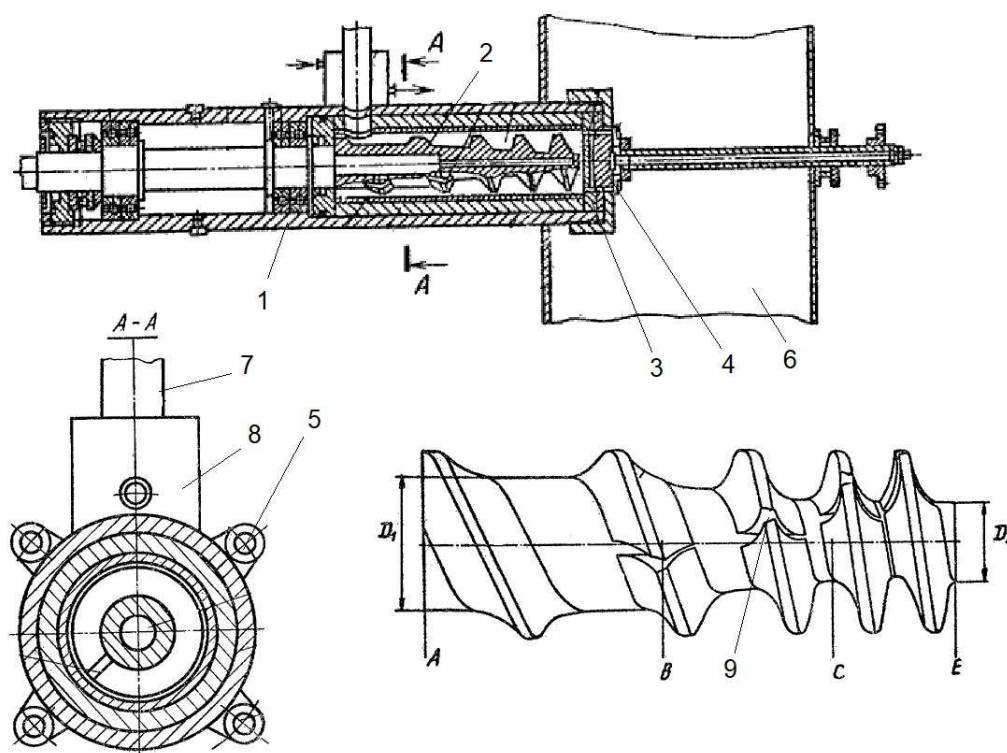


Рисунок 3 – Экструдер по А.С. 1620089 [3]:

1 – корпус; 2 – шнек; 3 – матрица; 4 – механизм резки; 5 – электронагреватель; 6 – вакуум-камера; 7 – загрузочный патрубок; 8 – теплообменник; 9 – радиальная прорезь

При работе предложенной конструкции, рабочая камера экструдера предварительно разогревается до температуры 120-200 °С, затем подается исходный продукт. В процессе перемещения исходного продукта вдоль рабочей камеры, его температура поддерживается за счет термобарического взаимодействия со шнеком и корпусом экструдера. Выполнение ради-

альных проточек с ориентацией их меньшей стороны в сторону вакуум-камеры позволяет увеличить турбулентность движения исходного продукта между отдельными витками шнека.

При выходе расплавленного продукта из матрицы в вакуум-камеру происходит ее взрыв при меньшей температуре, поскольку температура кипения воды в вакууме имеет меньшую величину чем при атмосферном давлении. За счет предварительного нагрева рабочей камеры и интенсификации передавливания исходного сырья между витками минимизируется ее высокотемпературный скачок, тем самым достигается потеря термолабильных питательных элементов. Таким образом, заявленный технический результата предлагается достичь путем применения «мягких» режимах протекания процесса, предусматривающий перегрев исходного сырья.

Учеными «Целинсельхозмеханизация» предложено изобретение по патенту РФ 2013071 «Экструдер для приготовления кормовой массы из измельченной соломы» (рис. 4.) направленный на повышение производительности процесса. Конструктивно-технологическая схема предложенного экструдера включает в себя бункер 10 с загрузочным патрубком 1 и камерой 12, которые установлены на корпусе 2. Внутри корпуса расположен шнек 3, состоящий из отдельных секций 4, между которыми расположены затворы 5. Напротив затворов 5 расположены рыхлители 6 с приливами 7 и закрепленные на корпусе с возможностью радиального перемещения при помощи винтов 8 и болтов 9.

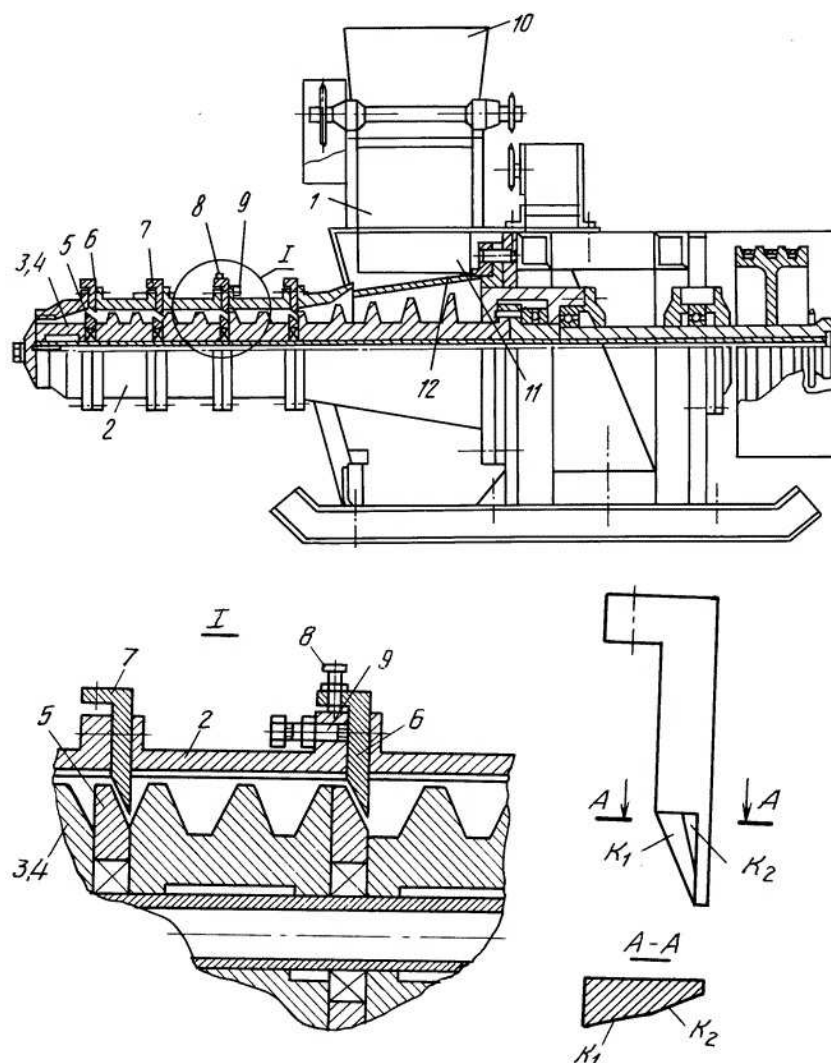


Рисунок 4 – Экструдер по патенту РФ 2013071[10]:

1 – загрузочный патрубок; 2 – корпус экструдера; 3 – шнек; 4 – секция; 5 – затвор; 6 – рыхлитель; 7 – прилив; 8 – винт; 9 – болт; 10 – бункер; 11 – транспортер; 12 – камера

При выполнении технологического процесса экструзии измельченной соломы, она подвергается объемному сжатию и перемещению, что приводит к росту ее температуры и изменению реологических свойств, а, следовательно, к тенденции прилипания к затворам 5. Проходя затворы 5, за счет установки рыхлителей 6, солома начинает счищаться и направляется вдоль оси шнека. Таким образом, повышается технологическая надёжность процесса, а изменение зазоров между рыхлителями и затворами поз-

волит выполнять регулирование температурного режима процесса. К недостаткам указанного экструдера следует отнести пульсирующее изменения давления, а, следовательно, и температуры исходного продукта вдоль рабочей камеры, что будет приводить к перегреву исходного сырья.

В. Баумгартеном из компании Крупп Машинентехник ГмбХ (Германия) предложен шнековый экструдер (рис. 5), позволяющего повысить производительность процесса, упростить конструкцию и повысить самоочистку рабочей камеры [11].

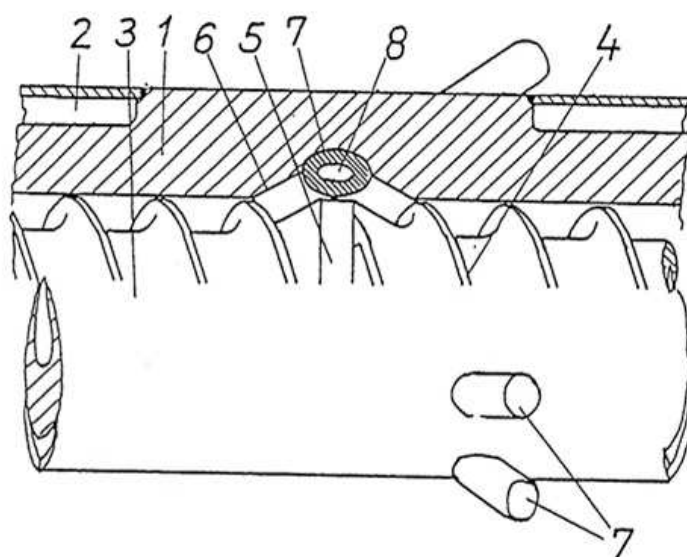


Рисунок 5 – Шнековой экструдер по патенту РФ 2108911[11]:

1 – корпус; 2 – камера для нагрева; 3 – шнек; 4 – виток шнека; 5 – цилиндрическая часть шнека; 6 – выемка корпуса; 7 – штифт; 8 – отверстие

Шнековый экструдер состоит из цилиндрического корпуса 1, в котором выполнены камеры для нагрева 2 исходного сырья. Внутри цилиндрического корпуса расположен шнек 3 и изготовленными на нем витками 4 и имеющий цилиндрические части 5. В цилиндрическом корпусе 1 напротив цилиндрической части шнека 5 выполнена трапецеидальная выемка 6. В цилиндрической части шнека 5 в отверстиях 8 расположены тангенциальные штифты 7, имеющие полое строение. При работе завяленного экстру-

дера исходный продукт перемещается вдоль оси цилиндрического корпуса, подвергаясь сжатию и разогреву за счет сил трения теплоносителя в камерах для нагрева. При движении исходный продукт заходит в выемку между цилиндрическими частями корпуса и шнека, в которых дополнительно совершают вращательное движение тангенциальные штифты, что приводит к более интенсивному воздействию на него тем самым повышая эффективность пластификации, производительность и производя самоочистку рабочей камеры. Регулировка параметров процесса экструдирования может выполняться изменением угла наклона и количества тангенциальных штифтов, температурой теплоносителя, избегая при этом перегрев исходного сырья, а также величиной подачи и числа оборотов шнека. К недостаткам такого экструдера следует отнести сложность его изготовления и высокую энергоемкость. Использование дополнительных штифтов было также предложено учёными из Пермской ГСА, однако установить и подпружинить их предлагается с наружной стороны корпуса [27].

Схожая идея была реализована в Нижегородском государственном инженерно-экономическом университете по патенту РФ 2655760, отличительной особенностью которой является использование на шнеке измельчительных выступов.

Авторами Касперович В.Л., Поповым В.П. и Куприяновым А.В. из Оренбургского государственного университета предложена конструкция формующего узла (рис. 6), позволяющего расширить функциональные возможности пресс-экструдера, путем создания продукции с внутренним наполнителем и внешней защитной оболочкой [12]. Для этого в корпусе 1 формующего узла (рис. 6) в канале 2 установлены решетчатая шайба 3 и питающий канал 4, причем питающий канал имеет внешний 6 и внутренний 5 каналы, а его оболочка проходит через центральную часть шайбы 2. На выходе из корпуса 1 формующего узла имеется механизм резки 7 с

приводом 8, а под ним расположены конический барабан 9 с нагревательным элементом 10.

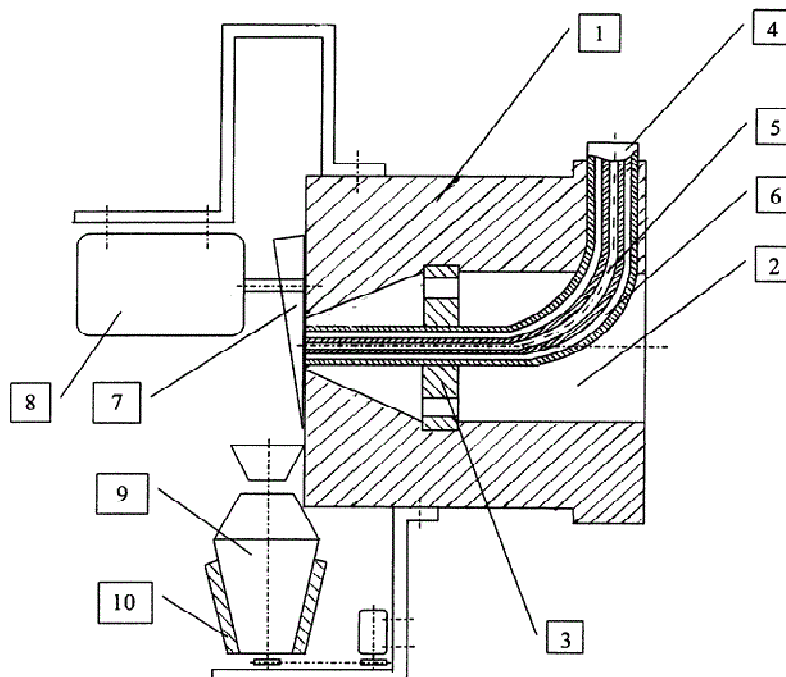


Рисунок 6 – Формующий узел по патенту РФ 21726977 [12]:

1 – корпус; 2 – канал; 3 – решетчатая шайба; 4 – питающий канал; 5 – внутренняя трубка; 6 – внешняя трубка; 7 – механизм резки; 8 – привод; 9 – конический барабан; 10 – нагревательный элемент

В процессе экструзии, гомогенизированный исходный материал проходит через решетчатую шайбу, образуя цилиндр полого сечения, в который по внутренней трубке подается наполнитель, а по внешней пленкообразователь, тем самым формируя заполненную внутри и покрытую с наружи структуру конечного продукта. На выходе из корпуса полученный продукт нарезается механизмом резки на отдельные элементы, поступающие затем во вращающийся нагретый конический барабан, где его оболочка окончательно уплотняется и клейстерезуется. Схожую по исполнению и техническому результату конструкцию экструзионной головки предлагается авторами компании ХИЛТС ПЕТ НЬЮТРИШИН, ИНК, которая также

предусматривает наличие дополнительных каналов для ввода наполнителя [19].

С целью повышения технической надежности конструкции авторами из Пермской ГСА предлагается экструдер (рис. 7), состоящий из корпуса 1, рабочей камеры 2, в которой расположен шнек 3 с конусом 4 и имеющий привод 6 [13]. С наружной части рабочей камеры 2 установлен мундштук 7, образующий с конусом 4 конический зазор. Сверху рабочей камеры расположен бункер для загрузки исходного сырья.

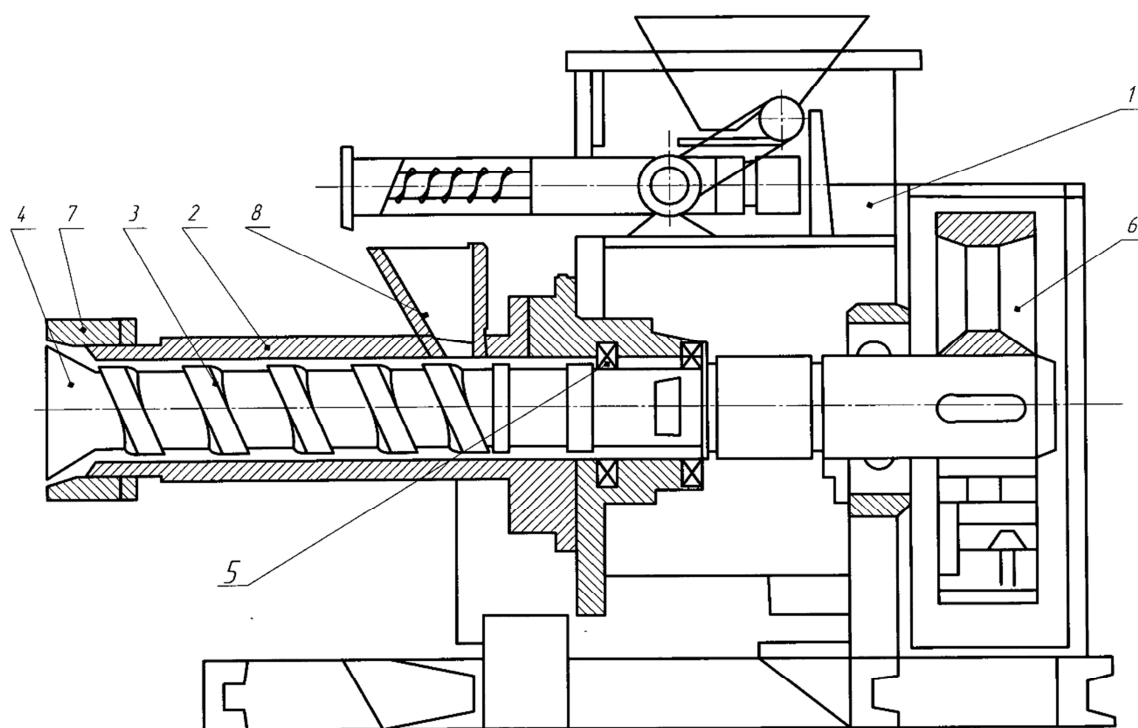


Рисунок 7 – Экструдер по патенту РФ 125028 [13]:

1 – корпус экструдера; 2 – рабочая камера; 3 – шнек; 4 – конус; 5 – подшипник радиальный; 6 – привод; 7 – мундштук; 8 – бункер

При рабочем процессе экструдера, исходное сырье подается через бункер внутрь рабочей камеры, захватывается шнеком и продвигается к коническому зазору между конусом и мундштуком. При проходе экструданта конусного зазора, усилие в осевом направлении действующее на конус с его стороны уравнивает осевые усилия от исходного сырья, дей-

ствующие на витки шнека, что предотвращает поломки шнека и приводит к достижению заявленного технического результата. Кроме того, регулировка величины конусного зазора путем перемещения мундштука по резьбе на рабочей камере позволит регулировать давление и температуру внутри нее, что позволит увеличить производительность экструдера и качественные показатели конечного продукта.

По такому же принципу достижения аналогичного технического результата выполнена конструктивная схема по патенту РФ 2236941, за исключением того, что авторы утверждают, что при прохождении конического кольцевого затвора будут компенсироваться радиальные усилия, создаваемые на шнеке экструдера, что по всей видимости имеет большее подтверждение.

По схожей схеме компоновки выполнен экструдер по патенту РФ 2313998 ООО «Промтехагро», различие с аналогом заключается в том, что предлагается на выходе из регулируемого конического кольцевого зазора установить клиновидные ножи для предварительного формирования длины готовой продукции.

Предложен экструдер для приготовления кормовой массы из измельченной соломы, технический результат которого направлен на повышение качества конечной продукции путем стабилизации давления во время процесса экструдирования [14].

Экструдер по патенту РФ 2225144 состоит из корпуса 1 (рис. 8), внутри которого расположен шнек, состоящий из прессующей 3 и подающей 4 частей, с выполненными на нем витками, причем подающая часть шнека выполнена из упругой полосы в форме прямого геликоида, а ее шаг больше шага прессующей части [8].

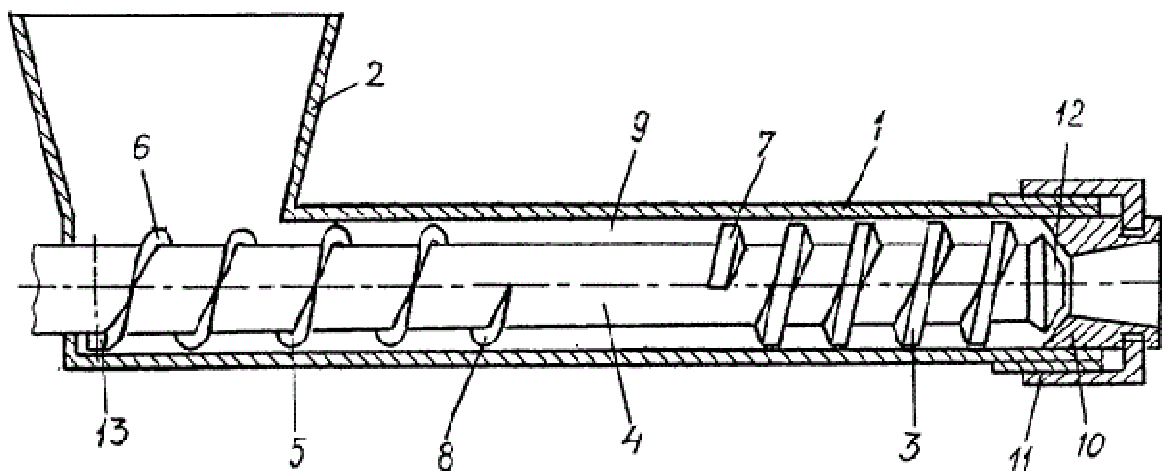


Рисунок 8 – Экструдер по патенту РФ 2225144 [14]:

1 – корпус; 2 – загрузочный бункер; 3 – прессующий шнек; 4 – хвостовик; 5 – подающий шнек; 6 – задний виток подающего шнека; 7 – задний виток прессующего шнека; 8 – передний виток подающего шнека; 9 – рабочая камера; 10 – втулка; 11 – гайка; 12 – коническая головка; 13 – гильза

Между передним витком подающего шнека, задним витком прессующего шнека и корпусом образована рабочая камера 9. Сверху корпуса расположен загрузочный бункер, а в его выходной части устройство для регулировки давления внутри корпуса, выполненная в виде втулки 10, и гайки 11. По задумки авторов, при работе предлагаемого экструдера, изменяющееся внутри рабочей камеры 2 давление сжимает подающий шнек, что позволяет изменить шаг его витков, а, следовательно, уменьшить подачу исходного сырья для стабилизации процесса. Кроме того, предлагаются схожие конструкции экструдера по патентам РФ 2348334, 97038 и 151573, которые конструктивно отличается от вышеописанного тем, что подающая и прессующая части шнека выполнены разного диаметра, в рабочей камере имеется коническая поверхность или она снабжена втулкой с вогнуто-выпуклой поверхностью, а витки подающего шнека выполнены с проточками различного профиля. Работоспособность предлагаемой кон-

струкции вызывает большие сомнения, а ее изготовление будет высокотехнологичным и трудозатратным.

Баженовым В. Л. и Архиповым С. В. предложена конструкция выпускной головки экструдера для приготовления кормов, целью которой является повышения ремонтпригодности и возможности регулирования зазора в матрице на выходе из рабочей камеры экструдера [15]. Предложенная конструкция выпускной головки состоит из корпуса 1 (рис. 9), который крепится к корпусу экструдера 2.

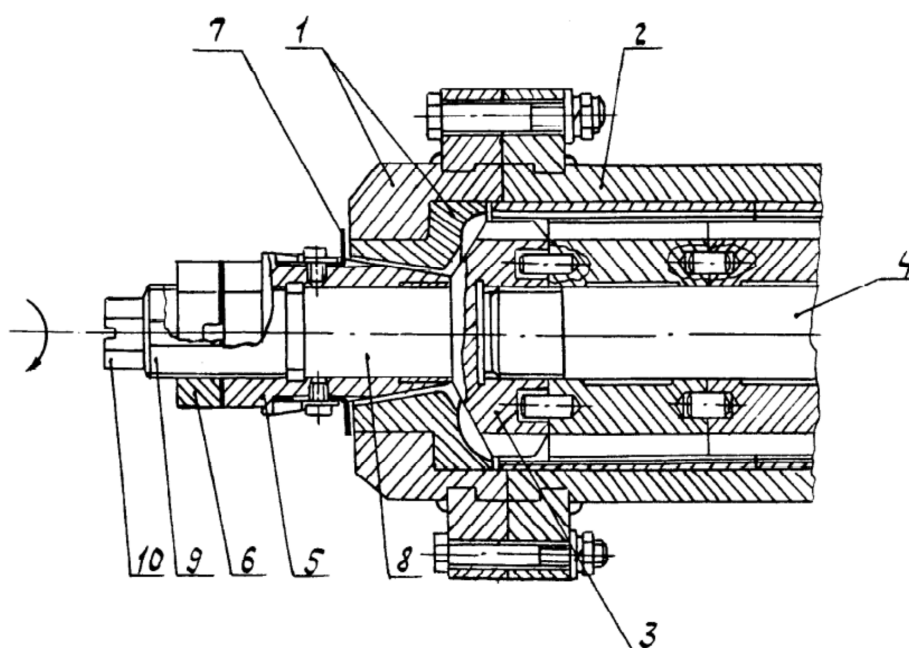


Рисунок 9 – Выпускная головка экструдера для приготовления кормов по патенту РФ 2251363 [15]:

1 – корпус головки; 2 – корпус экструдера; 3 – коническая гайка; 4 – шнек; 5 – коническая втулка; 6 – контргайка; 7 – режущий механизм; 8 – цилиндрический выступ; 9 – резьбовой участок; 10 – шестигранник

Внутри корпуса экструдера расположен шнек 4, на конец которого закрепляется коническая гайка 3 и коническая втулка 5, причем коническая часть втулки и корпуса головки образуют конический кольцевой зазор, величину которого можно изменять путем перемещения конусной

втулки при ее закреплении контргайкой 6. На конической втулке 5 при выходе из образовавшегося конического кольцевого зазора установлен режущий механизм, позволяющий разделять готовый экструдант на отдельные порции. Работа и регулировки предлагаемой конструкции аналогичны ранее описанному изобретению по патенту РФ 2236941, а путь достижения заявленного результата имеют схожие черты с заявками SU 1572489, SU 791369, SU 1493340 и РФ 2013071.

Существенным недостатком представленных разработок является отсутствие возможности оперативного изменения конического кольцевого зазора, а, следовательно, давления и температуры в рабочей камере, что будет перегреву исходного сырья в виду неравномерности его подачи и физико-механических свойств.

Учеными из Оренбургского госуниверситета предложен способ ввода водных суспензий в корма и экструдер для его осуществления, целью использования которого является расширение функциональных возможностей процесса и повышения качества экструданта [16]. Достижение заявленного технического результата предлагается вести путем исполнения шнека (рис. 10) полым, в который через подводящий канал будет подаваться водная суспензия. В процессе экструзии корма из отверстий 10 в шнеке 4 водная суспензия будет подаваться непосредственно в зону уплотнения исходного сырья.

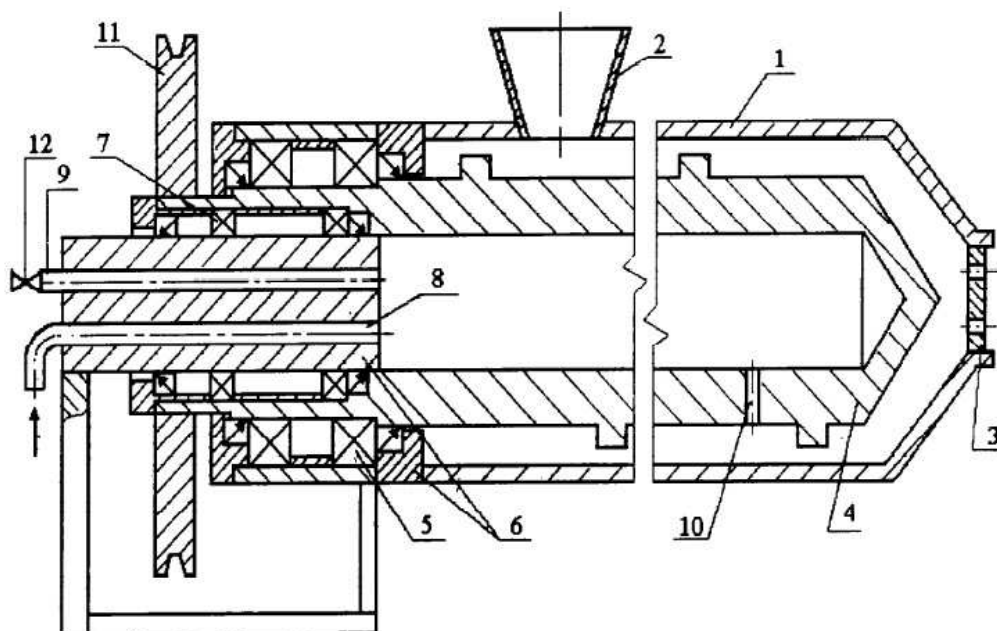


Рисунок 10 – Экструдер по патенту РФ 2266677 [16]:

1 – корпус экструдера; 2 – загрузочная воронка; 3 – матрица; 4 – шнек; 5 – подшипниковая опора; 6 – втулка; 7 – подшипник; 8 – подводящий канал; 9 – отводящий канал; 10 – отверстие; 11 – шкив; 12 – перепускной клапан; 13 – резьбовая пробка

Суть и реализация указанного изобретения аналогична с техническим решением по патенту РФ 21726977. В патенте РФ 2264473 авторы из ГНУ ВНИИПБТ РАСХН также предлагают вводить в экструдант водный раствор, однако не на этапе уплотнения исходного сырья, а уже непосредственно после его выхода из матрицы, что позволит получать гидролиз из крахмалосодержащего сырья и достичь упрощение конструкции самого экструдера.

С целью повышения степени деструкции исходного сырья Костиным В.В. по патенту РФ 48872 предлагается в зоне уплотнения расположить измельчающие ножи. Однако исходя из назначения указанной зоны исходный материал пройдя зону пластификации уже должен иметь практически однородную среду, а давление, создаваемое в зоне уплотнения бу-

дет приводить к поломке измельчителей. Этим же автором для достижение такого же технического результата предложено по патенту РФ 47804 устанавливать в корпусе экструдера в зоне уплотнения резцы, которые будут ориентированы таким образом, что будут заходить в проточки, выпаленные на шнеке. Не смотря на большую работоспособность предлагаемой конструкции, она будет обладать теми же недостатками.

Предлагается конструкция экструдера по патенту РФ 2250050 с целью упрощения конструкции, расширения функциональных возможностей, снижения энергоемкости и повышения надежности путем использования вместо матрицы стакана 3 (рис. 11) [17].

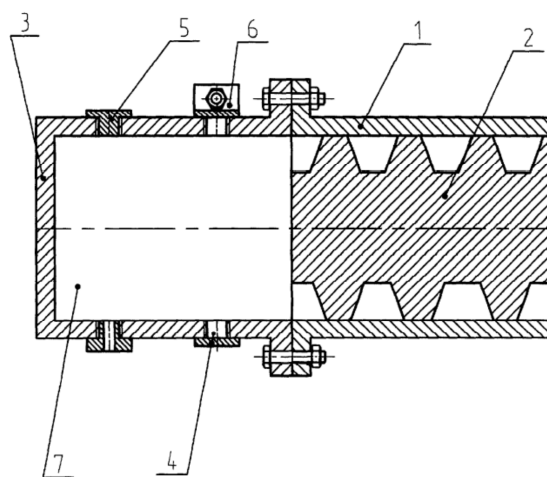


Рисунок 11 – Экструдер по патенту РФ 2250050 [17]:

1 – корпус; 2 – шнек; 3 – стакан; 4 – отверстие; 5 – винт; 6 – хомут; 7 – продукт

Авторами предполагается, что использование стакана с разным количеством открытых отверстий и их диаметром можно будет достичь заявленного технического результата, однако, как будет достигаться равномерность сжатия продукта в зоне уплотнения не указывается, что позволяет сделать вывод о несоблюдении требований к однородности конечного экструданта.

Учеными Самарской ГСА предложена конструкция экструдера для переработки кормового продукта, обеспечивающая стабилизацию процесса экструдирования при заданной величине давления [20]. Экструдер состоит из корпуса 1 с расположенном внутри него шнеком 2 с витками 15 и коническим передним концом 4. На выходе из корпуса при помощи гайки 7 и стакана 8 установлена втулка 3, имеющая внутреннюю часть в виде конуса и образующая с передним концом шнека 4 кольцевой канал 13 и камеру 14. На внешней стороне корпуса 1 между стаканом 8 и гайкой 7 установлена пружина сжатия 11 [14].

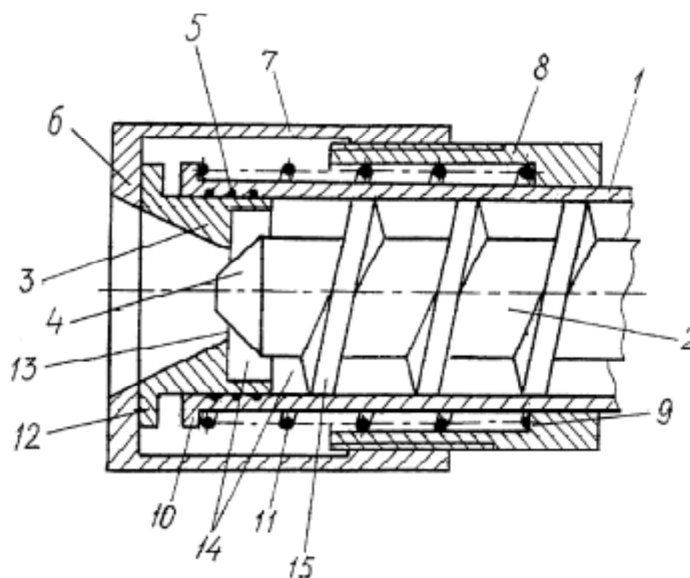


Рисунок 12 – Экструдер для переработки кормового продукта по патенту РФ 2348335 [20]:

1 – корпус; 2 – прессующий шнек; 3 – втулка; 4 – передний конец прессующего шнека; 5 – сальниковое уплотнение; 6 – фланец; 7 – гайка; 8 – стакан; 9 – заплечико; 10 – наружный венец; 11 – пружина сжатия; 12 – буртик; 13 – кольцевой канал; 14 – камера; 15 – виток шнека

При работе предлагаемой конструкции экструдера исходный продукт захватывается витками шнека и начинает перемещаться к выходу из

корпуса в камеру 14, а оттуда в кольцевой канал 13. За счет установки пружины сжатия 11 стакан 9, а вместе с ним и гайка 7 с фланцем 6 и втулкой 3, перемещается в осевом направлении образуя фиксированную величину кольцевого канала. По мере накопления экструдированного сырья в камере 14, давление в ней увеличивается и начинает сжимать пружину 11, увеличивая при этом величину кольцевого канала, а, следовательно, и объем выхода экструданта из корпуса. При снижении давления пружина возвращается в исходное положение, образуя заданную величину кольцевого канала. Для фиксирования заданной величины давления предложено схожее техническое решение по патенту РФ 2415616, которое предусматривает оснащение пружины регистратором. При регулировке усилия преднатяга пружины сжатия можно достичь различного давления, температуры и режима работы предлагаемого экструдера. К недостаткам предлагаемого экструдера можно отнести возможность регулировки давления только в камере прессования.

Группой авторов предложено изобретение по патенту РФ 2306775, представляющее собой шнековый экструдер, обеспечивающий снижение обратного тока экструдированного материала из прессовочной камеры [21]. Отличительной особенностью предлагаемого шнекового экструдера (рис. 13) является замена местами витков на шнеке и канавок в прессующей зоне экструдера друг на друга.

Предложенное техническое решение позволит снизить обратный ток экструдированного материала из прессовочной камеры, однако забивание его рабочих элементов будет повышенным, что приведет к снижению производительности.

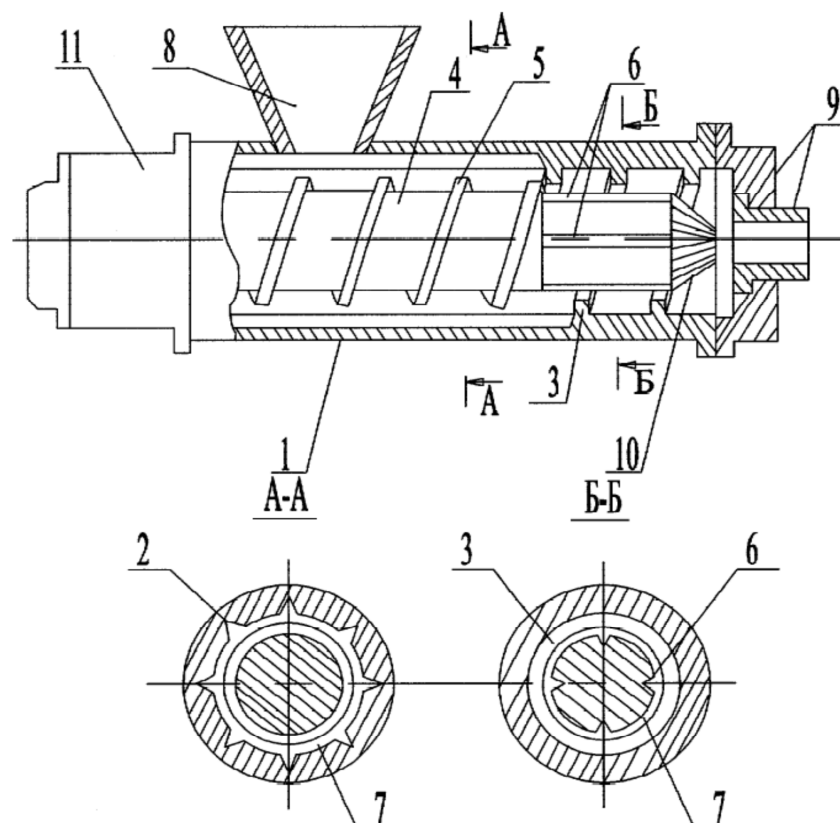


Рисунок 13 – Шнековый экструдер по патенту РФ 2306775 [21]:

1 – корпус; 2, 6 – направляющие канавки; 3, 5 – винтовая нарезка; 4 – шнек; 7 – кольцевой зазор; 8 – загрузочное устройство; 9 – матрица; 10 – разрыхляющая насадка; 11 – привод

Рядом авторов предложены патенты РФ 2315485, 2202897, 2338388, 2393001, 2399295, 85119, 2606908 и др., целью которых является повышение качественных показателей экструданта, для чего предлагается использовать при экструдировании обоснованные соотношения между компонентами, заданный технологический режим работы и конструктивные параметры самого экструдера. Кроме того, авторами из компании ХИЛТ`С ПЕТ НЬЮТРИШИН, ИНК предложены технические решения на конструкцию экструдера по патентам РФ 2361419 и 2363236, предусматривающие также использование обоснованных режимов работы и компонент-

ного состава экструданта, а также для повышения усилий сдвига внутри прессующей камеры использовать в матрице пластины Вентури.

Костиным В. В. с целью снижения энергоемкости и повышения качества экструданта предложена конструкция экструдера (рис. 14), предусматривающая использование механических узлов 6, состоящих из плоских колец 7 и 8, расположенных на корпусе 1 и шнеке 5 друг на против друга, с образованием конических кольцеобразных зазоров, ориентированных меньшей стороной к выходу из корпуса 1 [22].

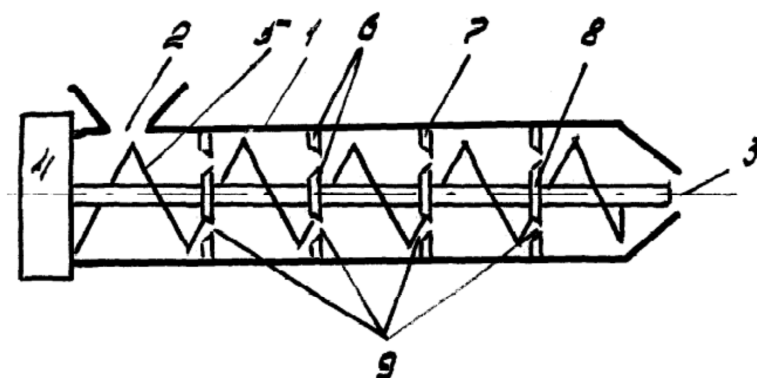


Рисунок 14 – Экструдер по патенту РФ 86846 [22]:

1 – корпус; 2 – загрузочное отверстие; 3 – выпускное отверстие; 4 – привод;
5 – шнек; 6 – механический узел; 7, 8 – кольцо; 9 – зазор

Использование так называемых механических узлов предусматривает под собой создание затворов, позволяющих в действительности повысить давление и температуру внутри рабочей камеры экструдера, однако их наличие предусматривает пульсирующие поднятия этих показателей, что может приводить к перегреву исходного сырья, кроме того предложенная конструкция не будет иметь самоотчистки, что приведет к их забиванию. Схожая конструкция предложена учеными Оренбургского госуниверситета по патентам РФ 2317760 и 2351265, которыми также предлагается использование затворов в виде колец.

Учеными Воронежской государственной технологической академии при экструдировании многокомпонентных смесей для повышения качества конечного продукта и снижения энергоемкости процесса, предложен смеситель-экструдер (рис. 15), отличительной особенностью которого является наличие трех отдельных камер, через которые проходит общий вал [23]. В первых двух камерах 7 и 8 (рис. 15) производится высококачественное смешивание исходных компонентов смеси за счет использования конусообразного нагнетающего шнека, двух ленточных спиралей 10 разного размера и штырей 23. В случае необходимости в камере 7 производится добавление через распылительные форсунки 12 жидких или вязких компонентов, а в третьей камере 9 экструдирования, шнек имеет витки 21 переменного шага и диаметра.

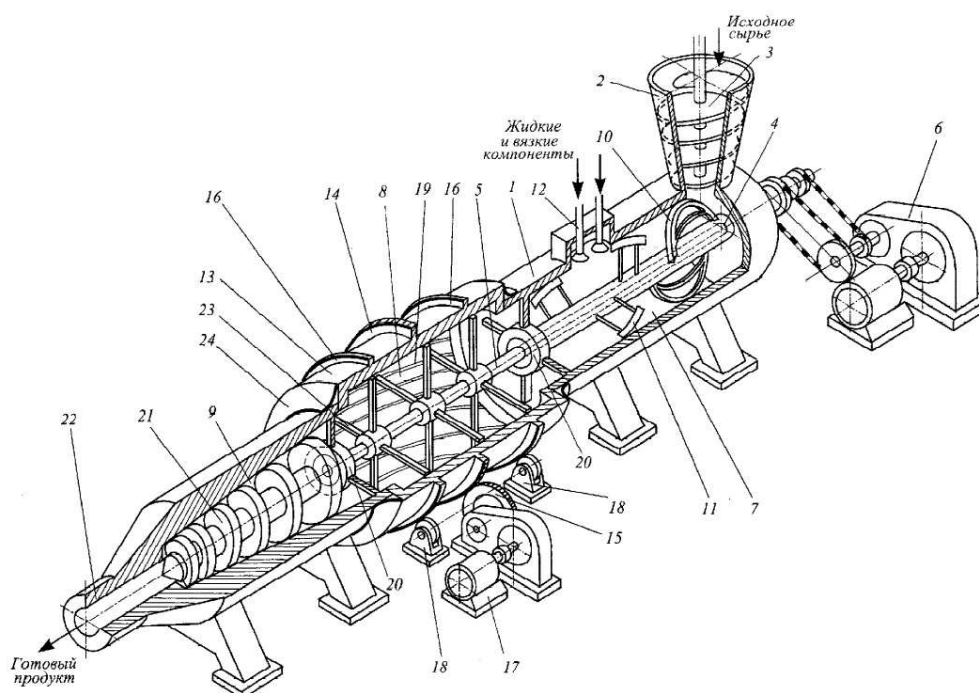


Рисунок 15 – Смеситель-экструдер по патенту РФ 2347606 [23]:

1 – корпус; 2 – загрузочный патрубок; 3 – нагнетающий шнек; 4, 5 – вал;
6, 17 – привод; 7, 8, 9 – камера; 10 – ленточная спираль; 11 – перемешивающая лопасть; 12 – форсунка распыления; 13 – цилиндрический барабан;
14 – венцовая шестерня; 15 – приводная шестерня; 16 – опорное бандажное

кольцо; 18 – опорная станция; 19 – насадка; 20 – опора; 21 – виток шнека;
22 – матрица 23 – штырь; 24 – резиновое уплотнение;

ТИСНИТС Йоханнес Э. предложил по патенту РФ 2386537 в конструкции экструдера использовать два циркуляционных канала, проходящих внутри корпуса вдоль шнека и оснащенные клапанами позволяющие перепускать экструдированный материал на повторную обработку для достижения им заданных параметров [24].

Блах Йозеф А. предложил ряд конструктивных решений по патентам РФ 2350468, 2568726, 2441754, предусматривающие наличие двух и более шнеков, с разновеликими навивками, которые входят в друг друга для снижения силового воздействия на них, самоотчистки и достижения однородности экструдированного сырья.

Для снижения энергоемкости технологического процесса экструдирования, повышения степени гомогенизации и качества конечного сырья приложенное техническое решение по патенту РФ 2644878 предусматривает использование шнека с регулируемым углом наклона витков за счет перемещения связанного с ними резьбового вала внутри основного шнека.

Существенным недостатком предлагаемых конструкций является высокая техническая сложность в их изготовлении и эксплуатации.

Учеными из Кубанского госагроуниверситета под руководством Фролова В. Ю. предложен ряд технических решений для изготовления экструдеров по патентам РФ 2622163, 2637661, 2319424, 2559330 и 2176139, обладающими общими признаками. Пресс-экструдер состоит из корпуса 2 (рис. 16) с рифленой внутренней поверхностью 3, сверху которого установлена загрузочная воронка 1, конической матрицей 6 с коническими отверстиями 7. Внутри корпуса 1 расположен вращающийся шнек 4, в загрузочной части которого выполнены отверстия 5 в виде полукругов или трапе-

ций. Сам шнек имеет коническую форму, а его витки выполнены с уменьшающимся шагом к выходу из пресс-экструдера.

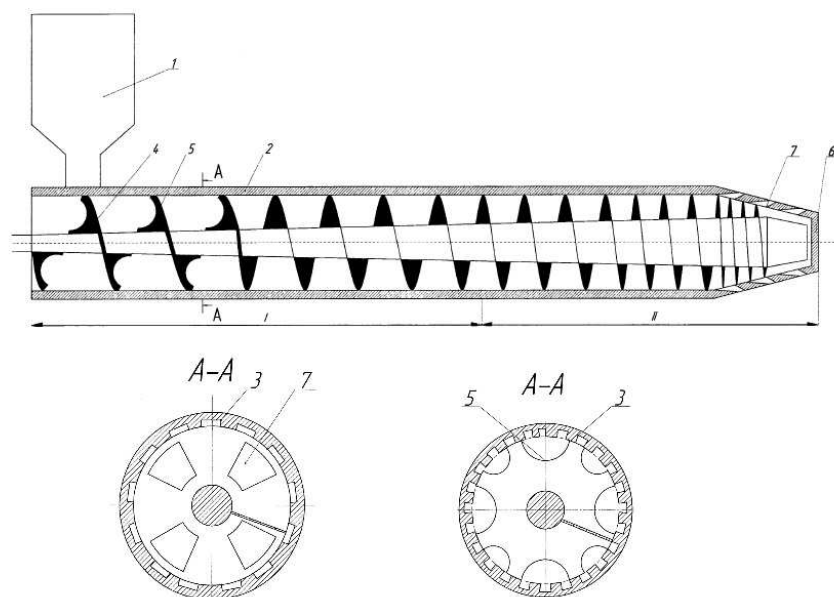


Рисунок 16 – Пресс-экструдер по патенту РФ 2622163 [25]:

1 – загрузочный бункер; 2 – корпус; 3 – профилированная внутренняя поверхность; 4 – шнек; 5 – вырез; 6 – коническая матрица; 7 – отверстие

При работе предлагаемого пресс-экструдера, исходный материал в зоне смешивания за счет вырезов на шнеке дополнительно измельчается и подаются в зону пластификации. При движении исходного материала вдоль корпуса, за счет выполненной на нем рифленой поверхности, дополнительно разогревается, способствуя его осевому перемещению и гомогенизации. Дополнительно в патенте РФ 2761465 предлагается использовать в зоне смешивания шнек с синусоидальной конфигурацией навивки и уменьшающимся шагом. Существенным недостаткам представленных разработок является отсутствие самоотчистки рифленой поверхности, возможности изменения давления и температуры в рабочей камере, что будет приводить к перегреву исходного сырья в виду неравномерности его подачи и физико-механических свойств.

Схожая идея была реализована компанией КРАУССМАФФАЙ ТЕКНОЛОДЖИЗ ГМБХ по патенту РФ 2623262. Для повышения расплавляющего действия, предлагаемый одношнековый экструдер оснащен в зоне пластификации полигональным шнеком с волнообразно изменяющейся глубиной выступов, а также дополнительными реборами, входящими в соответствующие минимальные или максимальные глубины соответствующих волн [26]. Существенным недостатком предлагаемой конструкции является высокая техническая сложность в их изготовлении и эксплуатации.

Для регулирования давления внутри рабочей камеры экструдера авторами из АРЛАНКСЕО ДОЙЧЛАНД ГМБХ предложено использовать на выходе из нее золотниковый клапан [28]. Предложенная конструктивно-технологическая схема обладает работоспособностью и эффективностью, однако сложна в изготовлении и эксплуатации, что приведет к снижению технической и технологической надежности.

Предложена конструкция шнека для экструдера по патенту РФ 2685123, витки которого выполнены по спирали Архимеда с уменьшающимся шагом к выходу из экструдера. Однако выполнение витков по спирали Архимеда является не возможным, поскольку она имеет переменную величину кривизны. Этим же автором также предложен ряд решений по патентам РФ 2693072, 2694573, 2694573, 2646092, 2706188, 2677137, 2693741, 2690882, 2735625 др. работоспособность которых вызывает сомнение.

Известны конструкции по патентам РФ 2350468, 196166, 123626, 103448, 2686439, 2782257, 167744, 103324, 162744, 2120380 22666777, 2369633 и др. которые в той или другой степени включают все уже описанные технические результаты и способы их достижения, поэтому их описание является не целесообразным.

Апробация полученных результатов

Проведя анализ перспективных конструктивно-технологических схемы экструдеров по способу достижения поставленных технических результатов можно выделить следующие основные пути:

- использование в конструкции элементов в виде шнеков с разным шагом навивки, угла их наклона и их регулирование, вырезов различной формы, позволяющих повысить интенсивность сдвига исходного сырья;
- использование в конструкции дополнительных элементов, позволяющих выполнять более интенсивное измельчение и смешивание исходного сырья;
- использование в конструкции дополнительных элементов, позволяющих выполнять самоотчистку рабочей камеры и способствующие осевому перемещению исходного сырья вдоль нее;
- использование в конструкции дополнительных элементов в виде ТЭН-ов, вакуум-камер, дополнительных каналов для нагрева или поддержания заданного температурного режима исходного сырья;
- использование дополнительных устройств для создания конического кольцевого зазора на выходе из рабочей камеры и его регулирования;
- использование затворов различной конструкции и места их использования;
- использование дополнительных каналов, позволяющих получать экструдант с внутренним наполнением или его повторной обработки до достижения им требуемых параметров.

Использование всех перечисленных способов достижения заявленных технических результатов в основном направлены на создание, поддержание и регулировку заданных показателей температуры и давления исходного сырья внутри рабочей камеры при протекании технологического процесса экструдирования. Использование на внутренней части корпуса и внешней цилиндрической части шнека дополнительных нарезок различ-

ного профиля будет способствовать ее самоотчистки и осевому перемещению исходного сырья. Однако большинство разработок не учитывают, что при использовании в качестве исходного сырья многокомпонентных смесей или отдельного компонента с изменяющейся плотностью, внутри рабочей камеры создаются пульсации давления и, следовательно, температуры, что приводит к перегреву исходного сырья и снижению питательной ценности конечного продукта. Использование же регулируемых конических кольцевых зазоров будет регулировать давление прежде всего в пресующей части шнека.

Выводы

Проведенный анализ перспективных конструктивно-технологических схемы экструдеров показывает, что подавляющее большинство всех разработок направлено на повышение качества конечного сырья. Поэтому при разработке перспективных конструктивно-технологических схем прежде всего стоит уделять внимание именно на этот показатель. На следующем этапе необходимо рассматривать его технологическую надежность, а затем уже энергоемкость и производительность. При проектировании экструдера для малых крестьянско-фермерских хозяйств в качестве необходимого элемента совершенствование обязательно учитывать возможность расширения его функциональных возможностей. В качестве ограничений при оценки полученных конструктивно-технологических схем рекомендуется использовать их техническую надежность и ремонтпригодность.

Список литературы

1. Авторское свидетельство SU 1219397, МПК В29С 47/38. Экструдер А. М. Хоменко [Текст] / А. М. Хоменко; заявитель и патентообладатель А. М. Хоменко - №3768688/23-05; заявл. 12.07.1985; опубл. 23.03.1986 Бюл. № 11.
2. Авторское свидетельство SU 1493240 А1, МПК А23N 17/00. Экструдер для приготовления кормов [Текст] / Г. И. Лопатин; заявитель и патентообладатель Г. И. Лопатин - №4321247/30-15; заявл. 26.10.1987; опубл. 15.07.1989 Бюл. № 26.

3. Авторское свидетельство SU 1620089 A1, МПК A23L 1/164. Экструдер [Текст] / А. Н. Остриков, А. А. Шевцов, А. Ш. Бакиров; заявитель и патентообладатель Воронежский технологический институт - №4615989/13; заявл. 05.12.1988; опубл. 15.01.1991 Бюл. № 2.
4. Ваншин, В. В. Экструзионная обработка растительного сырья : учебное пособие / В. В. Ваншин ; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2021. – 108 с. ISBN 978-5-7410-2609-0.
5. Коновалов, В. И. Влияние конструктивно-технологических параметров дисковых рабочих органов на высоту гребня дна борозды / В. И. Коновалов, С. И. Коновалов, В. В. Жадько // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 184. – С. 63-76. – DOI 10.21515/1990-4665-184-008. – EDN ZPNQIC.
6. Коновалов, В. И. Анализ направлений развития машин для выкопки саженцев / В. И. Коновалов, А. Г. Коновалов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 179. – С. 33-54. – DOI 10.21515/1990-4665-179-004. – EDN XABXIU.
7. Конструктивно-технологическая схема многофункционального высевающего аппарата / А. Э. Богус, В. И. Коновалов, В. Д. Станин, В. А. Руснак // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 183. – С. 61-74. – DOI 10.21515/1990-4665-183-005. – EDN VIEVND.
8. Кушнир В.Г. Использование экструдеров при переработке продукции растениеводства в Республике Казахстан. Учебно-методическое пособие для обучающихся в профильной магистратуре в рамках ГПИИР-2. В.Г.Кушнир, Н.В.Гаврилов, С.А.Ким. Костанай, 2016. - 128 с. ISBN 978-601-7481-78-0.
9. Оценка эффективности использования ресурсного потенциала сельского хозяйства / Т. Г. Гурнович, Ю. К. Кастиди, А. А. Зайцева, М. С. Стадник // Естественно-гуманитарные исследования. – 2023. – № 1(45). – С. 99-103. – EDN IEWLJJ.
10. Пат. РФ 2013071, МПК A23N 17/00. Экструдер для приготовления кормовой массы из измельченной соломы [Текст] / Ю.П.Широв, А. С. Безин, А. С. Козлов, В. В. Старших; заявитель и патентообладатель Научно-производственное объединение по механизации и электрификации сельского хозяйства "Целинсельхозмеханизация". - №4936146/15; заявл. 12.05.1991; опубл. 30.05.1994 Бюл. № 5.
11. Пат. РФ 2108911, МПК B29C 47/64. Шнековый экструдер [Текст] / В. Баумгартен; заявитель и патентообладатель Крупн Машинентехник ГмбХ. - №94040383/25; заявл. 11.12.1993; опубл. 20.04.1998 Бюл. № 32.
12. Пат. РФ 21726977, МПК B29C 47/06. Формующий узел пресса-экструдера [Текст] / В. Л. Касперович, В. П. Попов, А. В. Куприянов; заявитель и патентообладатель Оренбургский государственный университет. - №99121168/12; заявл. 07.10.1999; опубл. 27.08.2001 Бюл. № 24.
13. Пат. РФ 125028, МПК A23P 1/00. Экструдер [Текст] / М. А. Трутнев, Е. В. Славнов, М. Ю. Четвириков; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.Н. Прянишникова». - №2012131005/13; заявл. 19.07.2012; опубл. 27.02.2013 Бюл. № 6.
14. Пат. РФ 2225144, МПК A23N 17/00, A23P 1/12. Экструдер для приготовления кормовой массы из измельченной соломы [Текст] / С. В. Денисов; В. В. Новиков; Ю. В. Ларионов, Н. В. Фролов; заявитель и патентообладатель Самарская государ-

ственная сельскохозяйственная академия. - №2001124536/13; заявл. 03.09.2001; опубл. 10.03.2004 Бюл. № 7.

15. Пат. РФ 2251363, МПК A23N 17/00, Выпускная головка экструдера для приготовления кормов [Текст] / В. Л. Баженов, С. В. Архипов; заявители и патентообладатели В. Л. Баженов и С. В. Архипов. - №2002135656/13; заявл. 26.12.2002; опубл. 10.05.2005 Бюл. № 13.

16. Пат. РФ 2266677, МПК A23K 1/06, Способ ввода водных суспензий в корма и экструдер для его осуществления [Текст] / В. П. Попов, С. П. Василевская, В. П. Ханин, В. Ю. Полищук; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет». - №2003123654/13; заявл. 25.07.2003; опубл. 27.12.2005 Бюл. № 36.

17. Пат. РФ 2250050, МПК A23P 1/12, Экструдер [Текст] / В. В. Костин, И. В. Коротков, В. А. Матанцев, С. Б. Головизнин; заявитель и патентообладатель Костин В. В. - №200213416/13; заявл. 19.12.2002; опубл. 20.04.2005 Бюл. № 11.

18. Пат. РФ 58441, МПК B29C 47/00, Экструдер [Текст] / В. В. Винокуров; заявитель и патентообладатель ООО «Новые Технологии». - №2006115887/22; заявл. 11.05.2006; опубл. 27.11.2006 Бюл. № 33.

19. Пат. РФ 2303526, МПК B29C 47/30, Экструзионная головка, пригодная для приготовления корма с двойной текстурой для домашних животных, и способ приготовления корма с двойной текстурой для домашних животных [Текст] / Брент К. Поуп, Джерри Д. Милликан, Тимоти Глен Ванде Гиссен; заявитель и патентообладатель ХИЛЛ`С ПЕТ НЬЮТРИШИН, ИНК». - №2003133135/13; заявл. 11.04.2002; опубл. 27.07.2007 Бюл. № 21.

20. Пат. РФ 2348335, МПК A23N 17/00, Экструдер для переработки кормового продукта [Текст] / В. В. Новиков, Д. В. Беляев, Н. А. Дыренкова; С. В. Зотеев, А. Л. Мишанин, Ю. В. Ларионов; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Самарская государственная сельскохозяйственная академия. - №2007112369/13; заявл. 03.04.2007; опубл. 10.03.2009 Бюл. № 7.

21. Пат. РФ 2306775, МПК A23P 1/12, Шнековый экструдер [Текст] / В. Г. Коротков, А. Ю. Рогулин, В. П. Попов, В. П. Ханин, М. Ю. Шрейдер; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет». - №2006112172/13; заявл. 12.04.2006; опубл. 27.09.2007 Бюл. № 27.

22. Пат. РФ 86846, МПК A23N 17/00, Экструдер [Текст] / В. В. Костин, О. И. Погорельская; заявитель и патентообладатель Костин В. В. - №2009114976/22; заявл. 20.09.2009; опубл. 20.09.2009 Бюл. № 26.

23. Пат. РФ 2347606, МПК B01F 7/02, Смеситель-экструдер [Текст] / А. А. Шевцов, Л. И. Лыткина, И. Б. Чайкин; Е. А. Острикова; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Воронежская государственная технологическая академия». - №2007146093/15; заявл. 11.12.2007; опубл. 27.02.2009 Бюл. № 6.

24. Пат. РФ 2386537, МПК B29C 47/72, Мини-экструдер [Текст] / Й. Э. Тиснитс; заявитель и патентообладатель ДСМ АйПи АССЕТС Б.В. - №2007131588/12; заявл. 17.01.2006; опубл. 20.04.2010 Бюл. № 11.

25. Пат. РФ 2622163, МПК A23N 17/00, Пресс-экструдер [Текст] / В. Ю. Фролов, Д. П. Сысоев, С. С. Горб; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный аграрный университет». - №2016120421; заявл. 25.05.2016; опубл. 13.06.2017 Бюл. № 17.

26. Пат. РФ 2623262, МПК В29С 47/62, Одношнековый экструдер со снабженной пазами системой подачи [Текст] / Ф. Й. Шнайдер, Й. Папе; заявитель и патентообладатель КРАУССМАФФАЙ ТЕКНОЛОДЖИЗ ГМБХ. - №2014140754; заявл. 18.04.2013; опубл. 23.06.2017 Бюл. № 18.
27. Пат. РФ 2674211, МПК В29С 47/38, Экструдер [Текст] / М. А. Трутнев, Н. В. Трутнев, А. В. Костицин, Е. В. Пепеляева; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.Н. Прянишникова». - №2017119872; заявл. 06.06.2017; опубл. 05.12.2018 Бюл. № 34.
28. Пат. РФ 2777361, МПК В29С 48/36, Экструзионная система с устройством регулирования давления [Текст] / Й. Кирххофф, Т. Кёнинг; заявитель и патентообладатель АРЛАНКСЕО ДОЙЧЛАНД ГМБХ. - №2020105868; заявл. 06.07.2018; опубл. 02.08.2022 Бюл. № 22.
29. Планирование и прогнозирование хозяйственной деятельности в АПК : Учебник / Т. Г. Гурнович, Ю. И. Бершицкий, Н. Р. Сайфетдинова [и др.]. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Издательский Дом МИРАКЛБ", 2018. – 228 с. – ISBN 978-5-6041287-0-1. – EDN XZNGHR.
30. Производство и использование экструдированных энергопротеиновых концентратов в молочном скотоводстве: справочник. – / Ш.К. Шакиров, Н.Н. Хазилов, Ф.С. Гибадуллина, Е.О. Крупин, Р.Р. Хузин, Р.Н. Файзрахманов, Ф.К. Ахметзянова, Р.Р. Зайдуллин, Ф.Р. Вафин, С.Р. Сабиров, В.А. Хабибуллина, Л.Н. Шаяхметова. – Казань: Центр инновационных технологий, 2016. – 48 с. ISBN 978-5-93962-770-2.
31. Технологии и оборудование для экструдирования растительного сырья: учеб. пособие / В.И. Пахомов, Д.В. Рудой, Т.И. Тупольских, А.Н. Соловьев, С.В. Брагинцев, О.Н. Бахчевников ; Донской гос. техн. ун-т. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2018. – 108 с. ISBN: 978-5-7890-1480-6.
32. Сохт К. А. Статистические методы исследований процессов и машин в агробизнесе: [Тест] учеб. пособие / К. А. Сохт, Е. И. Трубилин, В. И. Коновалов. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 217 с.
33. Фролов В.Ю. Теоретические и экспериментальные аспекты разработки технологий и технических средств, приготовления концентрированных кормов на основе соевого белка: Монография. - Краснодар, 2010. - 140 с., ил.
34. Konovalov, V. I. Analysis of the directions of the development of mechanization units for processing the neartrunk area in the garden / V. I. Konovalov, S. I. Konovalov // E3S Web of Conferences, Sevastopol, 07–11 сентября 2020 года. – Sevastopol, 2020. – P. 01013. – DOI 10.1051/e3sconf/202019301013. – EDN DAASWB.

References

1. Avtorskoe svidetel'stvo SU 1219397, MPK V29C 47/38. Jekstruder A. M. Homenko [Tekst] / A. M. Homenko; zajavitel' i patentoobladatel' A. M. Homenko - №3768688/23-05; zajavl. 12.07.1985; opubl. 23.03.1986 Bjul. № 11.
2. Avtorskoe svidetel'stvo SU 1493240 A1, MPK A23N 17/00. Jekstruder dlja prigotovlenija kormov [Tekst] / G. I. Lopatin; zajavitel' i patentoobladatel' G. I. Lopatin - №4321247/30-15; zajavl. 26.10.1987; opubl. 15.07.1989 Bjul. № 26.
3. Avtorskoe svidetel'stvo SU 1620089 A1, MPK A23L 1/164. Jekstruder [Tekst] / A. N. Ostrikov, A. A. Shevcov, A. Sh. Bakirov; zajavitel' i patentoobladatel' Vornezhskij tehnologicheskij institut - №4615989/13; zajavl. 05.12.1988; opubl. 15.01.1991 Bjul. № 2.

4. Vanshin, V. V. Jekstruzionnaja obrabotka rastitel'nogo syr'ja : uchebnoe posobie / V. V. Vanshin ; Orenburgskij gos. un-t. – Orenburg : OGU, 2021. – 108 s. ISBN 978-5-7410-2609-0.

5. Konovalov, V. I. Vlijanie konstruktivno-tehnologicheskikh parametrov diskovykh rabochih organov na vysotu grebnja dna borozdy / V. I. Konovalov, S. I. Konovalov, V. V. Zhad'ko // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – № 184. – S. 63-76. – DOI 10.21515/1990-4665-184-008. – EDN ZPNQIC.

6. Konovalov, V. I. Analiz napravlenij razvitija mashin dlja vykopki sazhencev / V. I. Konovalov, A. G. Konovalov // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – № 179. – S. 33-54. – DOI 10.21515/1990-4665-179-004. – EDN XABXIY.

7. Konstruktivno-tehnologicheskaja shema mnogofunkcional'nogo vysevajushhego aparata / A. Je. Bogus, V. I. Konovalov, V. D. Stanin, V. A. Rusnak // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – № 183. – S. 61-74. – DOI 10.21515/1990-4665-183-005. – EDN VIEVND.

8. Kushnir V.G. Ispol'zovanie jekstruderov pri pererabotke produkcii rastenievodstva v Respublike Kazahstan. Uchebno-metodicheskoe posobie dlja obuchajushhihsja v profil'noj magistrature v ramkah GPIIR-2. V.G.Kushnir, N.V.Gavrilov, S.A.Kim. Kostanaj, 2016. - 128 s. ISBN 978-601-7481-78-0.

9. Ocenka jeffektivnosti ispol'zovanija resursnogo potenciala sel'skogo hozjajstva / T. G. Gurnovich, Ju. K. Kastidi, A. A. Zajceva, M. S. Stadnik // Estestvenno-gumanitarnye issledovaniya. – 2023. – № 1(45). – S. 99-103. – EDN IEWLJJ.

10. Pat. RF 2013071, MPK A23N 17/00. Jekstruder dlja prigotovlenija kormovoj massy iz izmel'chennoj solomy [Tekst] / Ju.P.Shirov, A. S. Bezin, A. S. Kozlov, V. V. Starshih; zajavitel' i patentoobladatel' Nauchno-proizvodstvennoe ob#edinenie po mehanizacii i jelektrifikacii sel'skogo hozjajstva "Celinsel'hozmehanimizacija". - №4936146/15; zajavl. 12.05.1991; opubl. 30.05.1994 Bjul. № 5.

11. Pat. RF 2108911, MPK V29S 47/64. Shnekovyj jekstruder [Tekst] / V. Baumgarten; zajavitel' i patentoobladatel' Krupp Mashinentehnik GmbH. - №94040383/25; zajavl. 11.12.1993; opubl. 20.04.1998 Bjul. № 32.

12. Pat. RF 21726977, MPK V29S 47/06. Formujushhij uzel pressajekstrudera [Tekst] / V. L. Kasperovich, V. P. Popov, A. V. Kuprijanov; zajavitel' i patentoobladatel' Orenburgskij gosudarstvennyj universitet. - №99121168/12; zajavl. 07.10.1999; opubl. 27.08.2001 Bjul. № 24.

13. Pat. RF 125028, MPK A23R 1/00. Jekstruder [Tekst] / M. A. Trutnev, E. V. Slavnov, M. Ju. Chetvirikov; zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija «Permskaja gosudarstvennaja sel'skohozjajstvennaja akademija imeni akademi-ka D.N. Prjanishnikova». - №2012131005/13; zajavl. 19.07.2012; opubl. 27.02.2013 Bjul. № 6.

14. Pat. RF 2225144, MPK A23N 17/00, A23R 1/12. Jekstruder dlja prigotovlenija kormovoj massy iz izmel'chennoj solomy [Tekst] / S. V. Denisov; V. V. Novikov; Ju. V. Larionov, N. V. Frolov; zajavitel' i patentoobladatel' Samarskaja gosudarstvennaja sel'skohozjajstvennaja akademija. - №2001124536/13; zajavl. 03.09.2001; opubl. 10.03.2004 Bjul. № 7.

15. Pat. RF 2251363, MPK A23N 17/00, Vypusknaja golovka jekstrudera dlja prigotovlenija kormov [Tekst] / V. L. Bazhenov, S. V. Arhipov; zajaviteli i patentoobladateli V. L. Bazhenov i S. V. Arhipov. - №2002135656/13; zajavl. 26.12.2002; opubl. 10.05.2005 Bjul. № 13.

16. Pat. RF 2266677, MPK A23K 1/06, Способ ввода водных суспензий в корма и екструдер длѧ его осушхествленѧ [Текст] / V. P. Popov, S. P. Vasilevskaja, V. P. Hanin, V. Ju. Polishhuk; заявитель и патентообладатель Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniѧ «Orenburgskij gosudarstvennyj universitet. - №2003123654/13; заявл. 25.07.2003; опубл. 27.12.2005 Бжл. № 36.
17. Pat. RF 2250050, MPK A23R 1/12, Екструдер [Текст] / V. V. Kostin, I. V. Korotkov, V. A. Matancev, S. B. Goloviznin; заявитель и патентообладатель Kostin V. V. - №200213416/13; заявл. 19.12.2002; опубл. 20.04.2005 Бжл. № 11.
18. Pat. RF 58441, MPK V29S 47/00, Екструдер [Текст] / V. V. Vinokurov; заявитель и патентообладатель ООО «Novye Tehnologii». - №2006115887/22; заявл. 11.05.2006; опубл. 27.11.2006 Бжл. № 33.
19. Pat. RF 2303526, MPK V29S 47/30, Екструзионная головка, пригодная длѧ приготовления корма с двойной текстурой длѧ домашних животных, и способ приготовления корма с двойной текстурой длѧ домашних животных [Текст] / Brent K. Poup, Dzherri D. Millikan, Timoti Glen Vande Gissen; заявитель и патентообладатель HILL'S PET N'JuTRISHIN, INK». - №2003133135/13; заявл. 11.04.2002; опубл. 27.07.2007 Бжл. № 21.
20. Pat. RF 2348335, MPK A23N 17/00, Екструдер длѧ переработки кормового продукта [Текст] / V. V. Novikov, D. V. Beljaev, N. A. Dyrenkova; S. V. Zoteev, A. L. Mishanin, Ju. V. Larionov; заявитель и патентообладатель FGOU VPO Samarskaja gosudarstvennaja sel'skohozjajstvennaja akademija. - №2007112369/13; заявл. 03.04.2007; опубл. 10.03.2009 Бжл. № 7.
21. Pat. RF 2306775, MPK A23R 1/12, Шнековый екструдер [Текст] / V. G. Korotkov, A. Ju. Rogulin, V. P. Popov, V. P. Hanin, M. Ju. Shrejder; заявитель и патентообладатель Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniѧ «Orenburgskij gosudarstvennyj universitet. - №2006112172/13; заявл. 12.04.2006; опубл. 27.09.2007 Бжл. № 27.
22. Pat. RF 86846, MPK A23N 17/00, Екструдер [Текст] / V. V. Kostin, O. I. Pogorel'skaja; заявитель и патентообладатель Kostin V. V. - №2009114976/22; заявл. 20.09.2009; опубл. 20.09.2009 Бжл. № 26.
23. Pat. RF 2347606, MPK V01F 7/02, Смеситель-екструдер [Текст] / A. A. Shevcov, L. I. Lytkina, I. B. Chajkin; E. A. Ostrikova; заявитель и патентообладатель Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniѧ «Voronezhskaja gosudarstvennaja tehnologicheskaja akademija». - №2007146093/15; заявл. 11.12.2007; опубл. 27.02.2009 Бжл. № 6.
24. Pat. RF 2386537, MPK V29S 47/72, Mini-екструдер [Текст] / J. Je. Tisnits; заявитель и патентообладатель DSM AjPi ASSETS B.V. - №2007131588/12; заявл. 17.01.2006; опубл. 20.04.2010 Бжл. № 11.
25. Pat. RF 2622163, MPK A23N 17/00, Press-екструдер [Текст] / V. Ju. Frolov, D. P. Sysoev, S. S. Gorb; заявитель и патентообладатель Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniѧ «Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet». - №2016120421; заявл. 25.05.2016; опубл. 13.06.2017 Бжл. № 17.
26. Pat. RF 2623262, MPK V29S 47/62, Odnoshnekovyj екструдер со снабженной пазми системой подачи [Текст] / F. J. Shnajder, J. Pape; заявитель и патентообладатель KRAUSSMAFFAJ TEKNOLODZhIZ GMBH. - №2014140754; заявл. 18.04.2013; опубл. 23.06.2017 Бжл. № 18.
27. Pat. RF 2674211, MPK V29S 47/38, Екструдер [Текст] / M. A. Trutnev, N. V. Trutnev, A. V. Kosticin, E. V. Pepeljaeva; заявитель и патентообладатель Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniѧ «Permskaja gosu-

darstvennaja sel'skohozjajstvennaja akademija imeni akademika D.N. Prjanishnikova». - №2017119872; zajavl. 06.06.2017; opubl. 05.12.2018 Bjul. № 34.

28. Pat. RF 2777361, MPK V29S 48/36, Jekstruzionnaja sistema s ustroystvom regulirovanija davlenija [Tekst] / J. Kirhhoff, T. Kjonning; zajavitel' i patento-obladatel' AR-LANKSEO DOJChLAND GMBH. - №2020105868; zajavl. 06.07.2018; opubl. 02.08.2022 Bjul. № 22.

29. Planirovanie i prognozirovanie hozjajstvennoj dejatel'nosti v APK : Uchebnik / T. G. Gurnovich, Ju. I. Bershickij, N. R. Sajfetdinova [i dr.]. – Moskva : Obshhestvo s ograničenoj otvetstvennost'ju "Izdatel'skij Dom MIRAKL'", 2018. – 228 s. – ISBN 978-5-6041287-0-1. – EDN XZNGHR.

30. Proizvodstvo i ispol'zovanie jekstrudirovannyh jenergoproteinovyh koncentratov v molochnom skotovodstve: spravochnik. – / Sh.K. Shakirov, N.N. Hazipov, F.S. Gibadullina, E.O. Krupin, R.R. Huzin, R.N. Fajzrahmanov, F.K. Ahmetzjanova, R.R. Zajdullin, F.R. Vafin, S.R. Sabirov, V.A. Habibullina, L.N. Shajahmetova. – Kazan': Centr innovacionnyh tehnologij, 2016. – 48 s. ISBN 978-5-93962-770-2.

31. Tehnologii i oborudovanie dlja jekstrudirovanija rastitel'nogo syr'ja: ucheb. posobie / V.I. Pahomov, D.V. Rudoj, T.I. Tupol'skih, A.N. Solov'ev, S.V. Braginec, O.N. Bahchevnikov ; Donskoj gos. tehn. un-t. – Rostov-na-Donu: DGTU, 2018. – 108 s. ISBN: 978-5-7890-1480-6.

32. Soht K. A. Statisticheskie metody issledovanij processov i mashin v agrobiznese: [Test] ucheb. posobie / K. A. Soht, E. I. Trubilin, V. I. Konovalov. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – 217 s.

33. Frolov V.Ju. Teoreticheskie i jeksperimental'nye aspekty razrabotki tehnologij i tehničeskikh sredstv, prigotovlenija koncentrirovannyh kormov na osnove soevogo belka: Monografija. - Krasnodar, 2010. - 140 s., il.

34. Konovalov, V. I. Analysis of the directions of the development of mechanization units for processing the neartrunk area in the garden / V. I. Konovalov, S. I. Konovalov // E3S Web of Conferences, Sevastopol, 07–11 sentjabrja 2020 goda. – Sevastopol, 2020. – P. 01013. – DOI 10.1051/e3sconf/202019301013. – EDN DAASWB.