

УДК 631.3-1/-9

UDC 631.3-1/-9

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

05.20.01-Technologies and means of agricultural mechanization (technical sciences)

ИССЛЕДОВАНИЕ СГЛАЖИВАЮЩИХ СВОЙСТВ КАМЕР ПРЕССОВАНИЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ИЗ ЛИСТЬЕВ

STUDY OF THE SMOOTHING PROPERTIES OF THE PRESSING CHAMBERS IN THE PREPARATION OF AN ORGANOMINERAL COMPLEX MADE FROM LEAVES

Губанова Алина Дмитриевна
аспирант
email: lina.gubanova.95@mail.ru

Gubanova Alina Dmitrievna
postgraduate student
email lina.gubanova.95@mail.ru

Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия

Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, Ryazan, Russia

Сбор листьев является существенной проблемой для многих учреждений в осенний период, поэтому данная статья посвящена проблеме утилизации листвы, а точнее исследованию параметров конструкции установки по утилизации листвы для обеспечения наилучших сглаживающих свойств при образовании органо-минерального комплекса. В ведение описаны физико-химические свойства листьев и декстрина, который используется в качестве связующего вещества. Приведен состав органо-минерального комплекса, а также представлена конструкция исследуемой установки. В методологии описываются формулы, следуя которым можно добиться наилучших показателей сглаживающих свойств при переработке состава смеси в экструзию. В итоге получена конструкция камер прессования с параметрами, используя которые можно добиться наилучших сглаживающих свойств, при этом во время изготовления устройства использовать стандартные материалы, что не повлечет за собой дополнительные материальные затраты

Getting rid of fallen leaves is a significant problem for many institutions in the autumn period, so this article is devoted to the problem of foliage utilization, or rather to the study of the design parameters of the plant for the utilization of foliage to ensure the best smoothing properties in the formation of an organo-mineral complex. The article describes the physical and chemical properties of the leaves and dextrin, which is used as a binder. The composition of the organo-mineral complex is presented, as well as the design of the plant under study. The methodology describes the formulas that can be used to achieve the best smoothing properties when processing the mixture composition into extrusion. As a result, the design of the pressing chambers with parameters that can be used to achieve the best smoothing properties, while using standard materials during the manufacture of the device, which will not entail additional material costs

Ключевые слова: УТИЛИЗАЦИЯ ЛИСТЬЕВ, УДОБРЕНИЕ ИЗ ЛИСТЬЕВ, РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УДОБРЕНИЯ ИЗ ЛИСТЬЕВ, УСТАНОВКА ПО СБОРУ И УТИЛИЗАЦИИ ЛИСТЬЕВ, ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ИЗ ЛИСТЬЕВ

Keywords: UTILIZATION OF LEAVES, FERTILIZER FROM LEAVES, RHEOLOGICAL PROPERTIES OF FERTILIZER FROM LEAVES, PLANT FOR COLLECTION AND UTILIZATION OF LEAVES, ORGANOMINERAL COMPLEX FROM LEAVES

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-168-023>

Введение

Осенью главной проблемой для многих предприятий сельскохозяйственной промышленности является сбор и утилизация листвы. Чтобы решить данную проблему часто используют такой метод

как заправка, мульчирование, транспортировка в места сбыта, однако все эти методы недостаточно оправданы, основываясь на больших трудозатратах при их использовании. Поэтому необходимо создать такую установку, которая преобразовывала листья в полезный для почвы материал при минимальных трудозатратах. Таким методом может стать установка для сбора и утилизации листьев, которая преобразует их в органо-минеральный комплекс. При этом возникает задача, которая состоит в правильном способе подготовки листьев к экструдированию. Решение данной проблемы будет описываться в данной статье.

Изучим свойства листьев. Зелёный лист имеет такой цвет из-за присутствия пигмента, известного как хлорофилл. Когда он в большом количестве содержится в клетках, что происходит во время периода роста, зелёный цвет хлорофилла преобладает, затмевая цвета любых других пигментов, которые могут содержаться в листе. Поэтому листья летом имеют характерный зелёный цвет и начинают желтеть ближе к осени.

Хлорофилл обладает жизненно важной функцией фотосинтеза: перехват солнечных лучей и преобразование полученной энергии в питательное вещество — глюкозу, которая получается из воды и углекислого газа. Эта глюкоза является основой питания растений — источником углеводов, необходимых для роста и развития. Во время процесса производства питательных веществ хлорофилл разрушается, так как непрерывно используется. Несмотря на это, в течение сезона роста, растения снова и снова восстанавливают запасы хлорофилла. Большой запас хлорофилла позволяет листьям оставаться зелёными.

Поздним летом жилки, переносящие соки в лист и из листа, постепенно закрываются. Это происходит по мере того, как в основании каждого листа формируется пробковый клеточный слой. С нарастанием этого слоя, количество воды и минералов, поступающих в лист, уменьшается из этого лист источается и поверхность листа становится

более хрупкой. Сначала медленно, но затем этот процесс ускоряется. В течение этого времени количество хлорофилла начинает снижаться, а каротиноиды, имеющие оранжевую и желтую окраску, становятся более заметными на его фоне. Антоцианы имеют красные цвета и начинают появляться в листьях только после того, как не начнёт падать уровень хлорофилла[9].

Из выше сказанного следует, что материал, который будет подвергаться последующей переработке в органоминеральный комплекс, к осеннему периоду времени потеряет свои питательные свойства, становится более хрупким, но при этом период его разложения может составлять до 1,5 года, поэтому необходимо включить в состав органоминерального комплекса компонент, ускоряющий процесс разложения и питающий почву полезными микроэлементами, таким препаратом может стать КАС – 32. В природной среде листья могут иметь разнообразную влажность, колеблющаяся от 30 – 45%, поэтому для механического воздействия на листья подойдет метод влажного прессования (экструдирование), так как при нем не нужно учитывать изначальную влажность материала и органоминеральный комплекс примет окончательную форму.

Экструдирование – это процесс продавливания вязкого материала через формирующее отверстие. Так как имеется материал с высокой влажностью и устойчивостью к деформации, необходимо обратить внимание на процесс подготовки листьев к экструдированию. Шаги переработки листьев могут быть следующими.

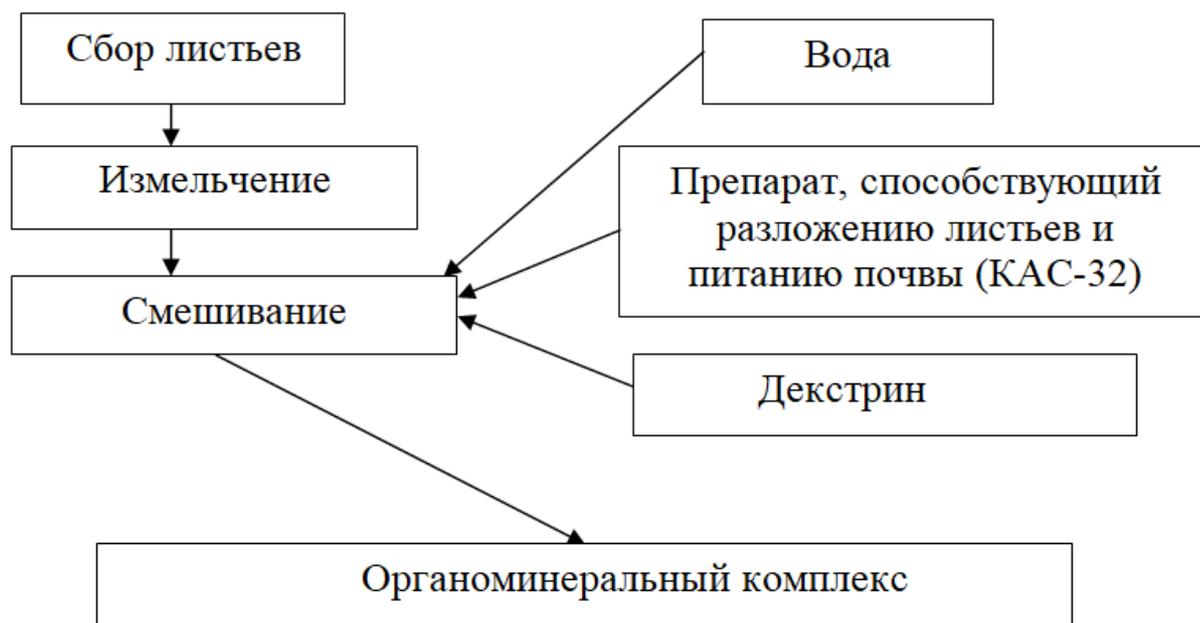


Рисунок 1 – Схема переработки листьев для получения органоминерального комплекса.

На рисунке 1 схематично представлена схема переработки листьев в органоминеральный комплекс. Рассмотрим основные этапы данного процесса: сбор листьев может осуществляться любым способом, в исследуемой установке по сбору и утилизации листы данный процесс осуществляется с помощью аэродинамической трубы засасывающей листья в устройство, оснащенной турбинным измельчителем (садовый пылесос), тем самым подвергая листву предварительному измельчению и проталкивая по сообщающейся трубе на следующий этап измельчения. При проектировании данного этапа особое внимание необходимо уделить созданию циклона. Следующим этапом является основное измельчение листьев.

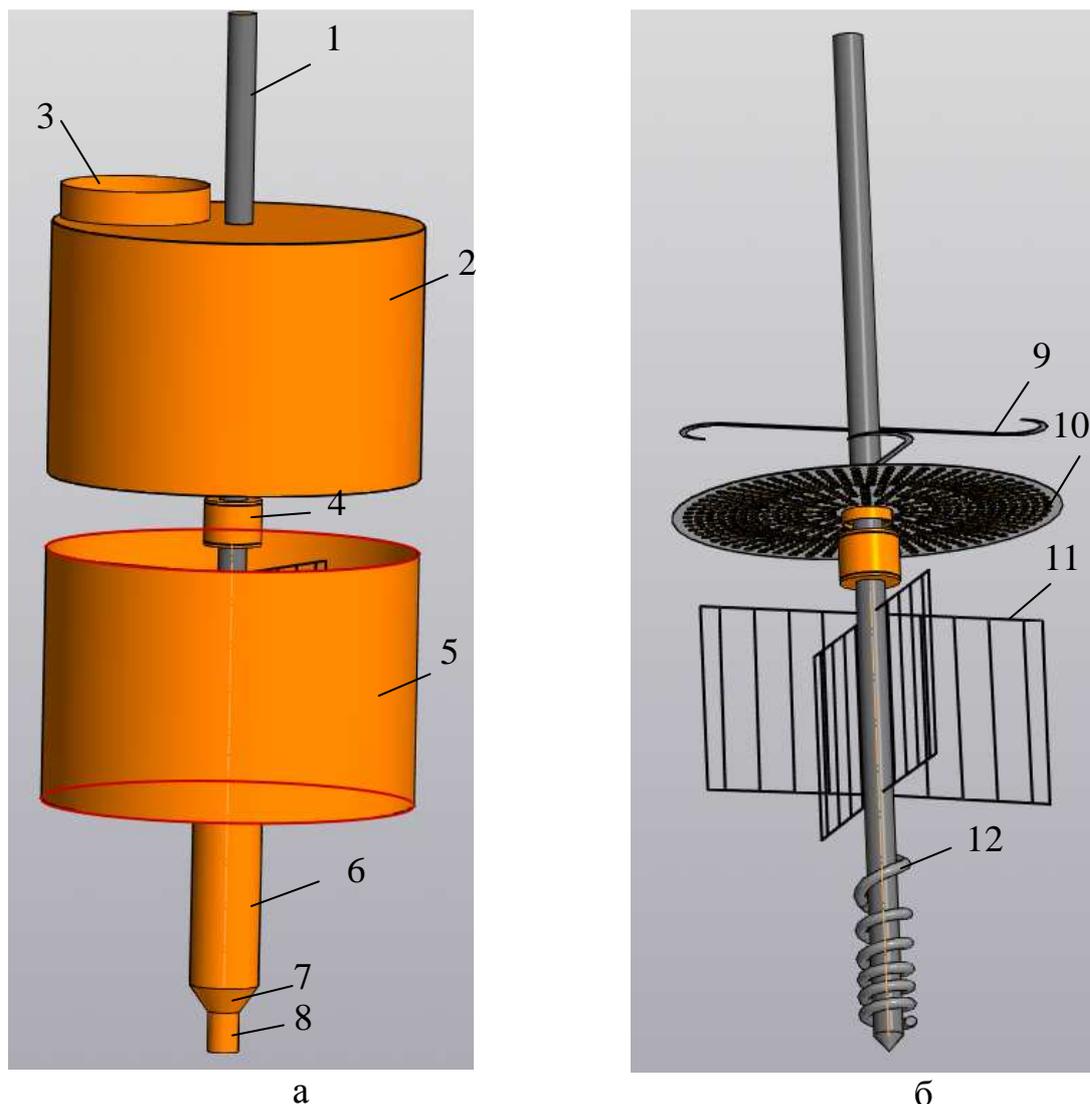


Рисунок – 2 3D модель установки для утилизации листвы

На рисунке 2 изображена модель 3D установки для утилизации листвы, где а – модель в корпусе; б- модель без корпуса; 1-вал; 2- корпус камеры измельчения; 3- загрузочное окно; 5- корпус камеры смешивания; 6- цилиндрическая камера прессования экструдера; 7 – конусообразная камера прессования экструдера; 8 – формирующая камера прессования экструдера; 9 – режущие пластины; 10- матрица с фильерами; 11 – смешивающие крылья; 12 – навивка шнека.

Данный процесс осуществляется в цилиндрической камере, оборудованной четырьмя режущими пластинами, с заостренными и изогнутыми под 30 градусов кончиками. Измельчение происходит благодаря вращению расположенного в центре вала по обе стороны,

которого располагаются режущие пластины. Дно выполнено в виде матрицы с фильерами площадью $0,5\text{мм}^2$, когда листья измельчается до такого уровня, что смогут пройти сквозь отверстия, попадают на третий этап преобразования – смешивание.

Смешивание происходит в камере с размерами эквивалентными камере измельчения и расположенной непосредственно под ней и имеющей общий вал, к которому прикреплены смешивающие крылья, осуществляющие процесс смешивания и выполненные в данной форме, позволяющей добиться максимальной степени смешивания благодаря сохранению максимально полезной площади и при этом, не утяжеляя конструкцию. Листья попадают вверху через фильеры, расположенной сверху камеры измельчения, и одновременно происходит наполнение данной 1/3 камеры раствором, состоящий из воды, связующего элемента и гуматосодержащего препарата. Регулирование заполнения камеры происходит через смотровое окно. После смешивания, необходимо открыть заслонку и получившаяся масса начинает стекать по валу в экструдер, где начинается последний этап преобразования листьев в удобрение.

Экструдер состоит из вала, с переменным шагом наливки, соединенным с основным валом камер прессования и смешивания. Корпус экструдера прикреплен в центре дна камеры смешивания и состоит из двух сменяющих друг друга цилиндрической и конической части, прессуя листовую смесь. При стекании массы в экструдер, вал экструдера начинает проталкивать ее через цилиндрическую, а затем коническую часть, спрессовывая материал, затем через выгрузочное окно начинает выходить получившийся органоминеральный комплекс.

Рассмотрим состав раствора, который необходим для получения качественного органоминерального комплекса. Из - за того что листья достаточно сложно подвергнуть экструдированию их необходимо

правильно подготовить (процесс подготовки описан выше) и смешать с гуматосодержащим раствором, однако этого недостаточно, так как приведет только к увеличению влажности, что недостаточно для получения экструзии. Необходимо подобрать такое вещество, которое при попадании в воду образует вязкую субстанцию и при этом безопасно для окружающей среды. Таким веществом может стать декстрин.

Декстрин $(C_6H_{10}O_5)_n$ – это вещество полученное путем расщепление крахмала, посредством термической обработки различных видов крахмалов. Получить данное вещество можно из картофельного, пшеничного или кукурузного крахмала двумя способами: влажным, то есть с добавлением кислот, затем термической обработкой 190-200 градусов Цельсия при этом образуется белая камедь, и сухим с помощью термического воздействия на сухой крахмал с такой же температурой при этом получают декстрины жёлтого цвета. Декстрин белого и желтого цвета имеет достаточно высокой уровень растворимости в воде до 87%. Декстрин обладает клеящейся способностью и применяется в качестве загустителя и стабилизатора в пищевой промышленности (пищевая добавка E1400). Декстрин занимает промежуточное положение между гликогеном и глюкозой, а поэтому обладает ценным питательным веществом и разрешена к применению в пищевой промышленности в России, Украине, странах Европы. К тому же декстрин широко применяется в промышленности нетоксичности и низкой цены.

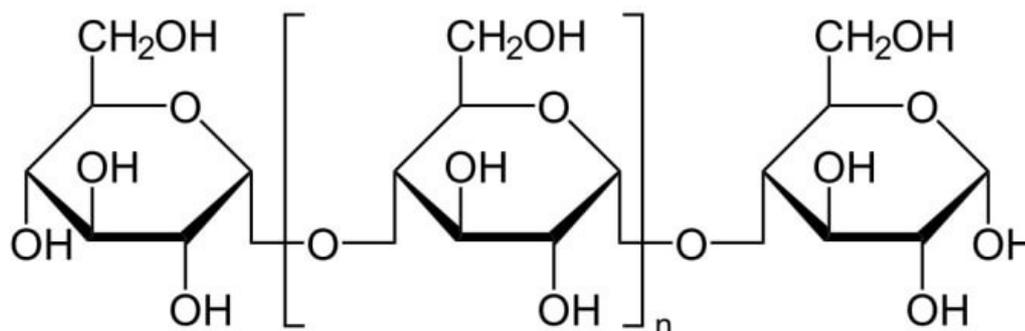


Рисунок – 3 Структурная формула декстрина

На рисунке 3 представлена структурная формула декстрина, которая представляет собой цепочку из 5-20 структурных единиц (остатков α-глюкозы) и имеет разветвленное строение. Выглядит декстрин как желтый, белый или коричневый порошок, обладающий хорошей растворимостью образуя оптически активные вязкие растворы[8]. Имея в виду все изложенное, декстрин будет являться отличным связующим веществом.

Объекты исследований

Во время последней стадии переработки, то есть при экструдировании листовенной массы в органоминеральный комплекс, основной проблемой остается повышение качества структурно-механических свойств получаемого удобрения. Высокое качество заданного критерия можно достичь при постоянном поддержании следующих параметров: давления, температуры и объемов производительности.

При проведении исследований по экструдированию листовенных масс на установке, где конструкция рабочих органов выполняющих экструдирование аналогична, тем что исследуются в данной статье стало известно, что в ходе образования экструзии температура гранул из листовенного материала составляла 35-44°C при изначальной влажности листьев 40-50%, а давление при этом достигает 1-2МПа. Средняя производительность составила около 14,5 кг/ час, однако зафиксированы колебания данного показателя в области 30% [10].

При процессе экструдирования смеси из листовенной массы нестабильный показатель производительности происходит из-за пульсации давления, которые происходят в камере, расположенной перед выгрузочным отверстием. Данное явление стало объектом исследования, описанное в данной статье.

Методика исследований

Рассмотрим методику расчета пульсаций происходящих в камере, расположенной перед выгрузочным отверстием. Данный процесс происходит из-за конструкции самого шнека, который при вращении создает перепад давления. Данный процесс циклический, то есть происходит с определенной периодичностью.

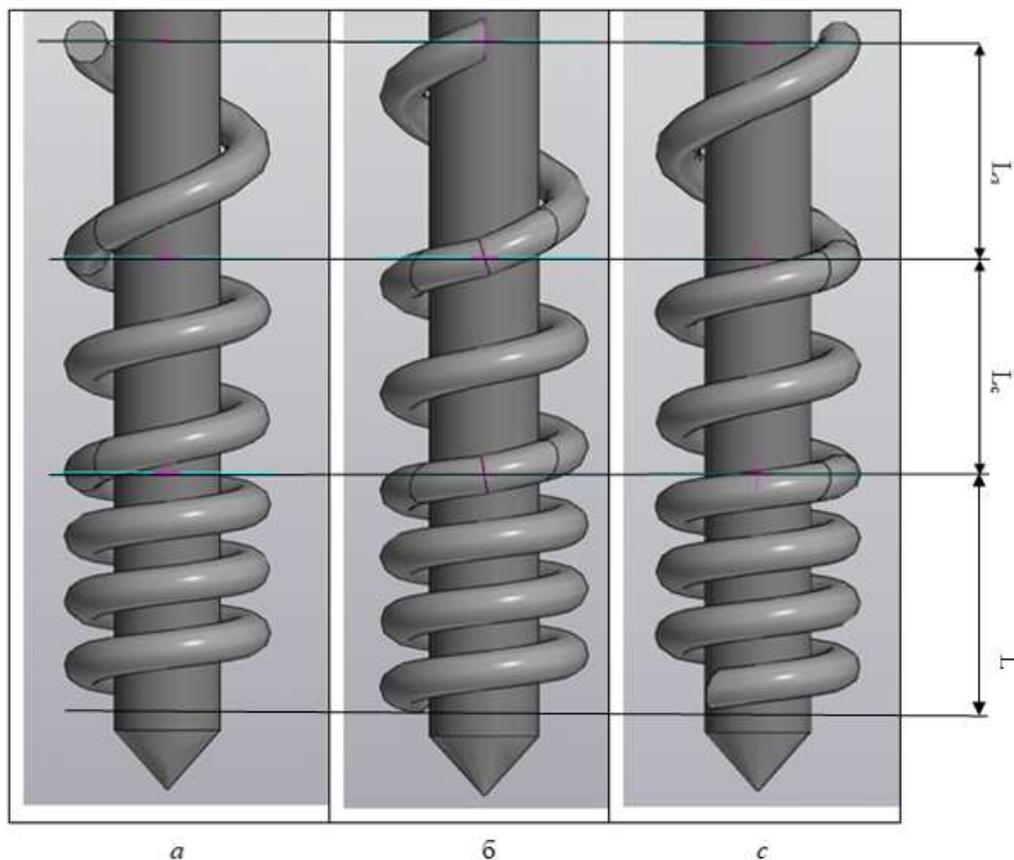


Рисунок – 4 Схема расположения навивки шнека при повороте на 90°

Рассмотрим механизм перепада давления(рисунок 4) на примере шнека, установки которой описывается в данной статье. [38]. Зрительно разобьем шнек длиной L и диаметром $D_{ш}$ на зону загрузки длиной L_z зону смешивания длиной L_c , и зону сжатия длиной L_k , посмотрим как будет изменяться расположение навивки при повороте шнека на 90° . При повороте шнека с частотой ν расположение витка навивки будет меняться на величину равную шагу навивки и обозначим ее как d . Данный процесс

можно отнести к изотермическим, так как изменение температуры незначительно и ее можно считать постоянной. Производительность зоны загрузки не зависит от длины и остается в течении полного оборота шнека неизменной, потому что экструдер имеет вертикальное расположение (рисунок 2). При этом изменение длины зоны дозирования должно проявляться в виде периодических пульсаций давления, которое можно наблюдать на выходе шнека. Если не учитывать зону сжатия, то длину зоны смешивания за один оборот можно рассчитать с помощью следующей формулы.

$$L_c = L - L_s - tvd \quad (1)$$

где

t-время $0 < t \leq 1$, с

Теперь нам потребуется выразить давление, которое формируется в ходе функционирования шнека. С этой целью нам потребуется рассмотреть уравнение производительности одношнекового экструдера, а также уравнение, которое будет устанавливать взаимную связь между имеющимися объемами расхода материалов в формирующем канале и перепадом давления. Это все будет определяться следующей формулой:

$$\Delta P = \frac{k}{b + \frac{c}{L - L_s - tvd}} \quad (2)$$

где

k, b, c - коэффициенты, которые можно определить с помощью следующих выражений:

$$k = 6\pi^2 D_u^2 v \left(1 - \frac{e}{t}\right) \sin \varphi \cos \varphi A_o \phi \eta v \quad (3)$$

$$b = 12K \quad (4)$$

$$c = \pi D_u v^3 \left(1 - \frac{e}{t}\right) \sin^2 \varphi A_o \quad (5)$$

где

v - скорость вращения шнека

φ - угол подъема навивки,

η - вязкость смеси

K – коэффициент $K \rightarrow 0$, который зависит от геометрии канала и реологических свойств смеси измельченной лиственной массы и связующего вещества. При этом очевидно, что чем меньше величина оценочного коэффициента K , тем меньше влияние пластичных свойств неньютоновской среды на перепад давления и характер течения материала по каналу и тем ближе по своим свойствам вязко-пластичная среда к ньютоновской.

Для того чтобы определить амплитуду колебаний давления A_d , требуется рассмотрение разности максимального и минимального значения давления в конкретные промежутки времени. Это можно определить при помощи следующего выражения:

$$A_o = \frac{k}{2\left(b + \frac{c}{\sigma - t}\right) - 2\left(b + \frac{c}{\sigma}\right)} \quad (6)$$

где

σ - коэффициент, который определяется по формуле:

$$\sigma = L - L_s \quad (7)$$

где

L_k -длина конусообразного канала

$R_{кн}$ - радиус в начале конусообразного канала

$R_{кк}$ -радиус в конце конусообразного канала

Исходя из этого выражения, следует, что давление, которое формируется в ходе работы шнека, является функцией, зависящей от времени, которая линейно возрастает от своего минимального до максимального значения в период равный одному обороту шнека, а также резко падающая к минимальному значению. Подобное определение перепадов давления совпадает с экспериментальными данными, которые были получены Д.М. Мак-Келви [3].

С точки зрения практики крайне интересным фактором является использование аналитических методов исследования влияния глубины шнекового канала, а также таких критериев и параметров, как длина и диаметр шнека. Далее предлагается сопоставление полученных критериев с целью определения их влияния на амплитуду пульсаций давления, которые развиваются шнеком. Исходя из проведенных ранее исследований, наибольшее влияние на амплитуду пульсаций оказывает именно диаметр шнека, а его длина является фактором с наименьшей степенью воздействия.

При анализе устройства формующих машин довольно очевидно, что все устройства со шнековыми нагнетателями используют предматричную конусообразную камеру, благодаря которой становится возможным объединение шнековой цилиндрической камеры с формующим каналом. Предматричная камера используется для того, чтобы придавать прямолинейное движение закрученному винтообразному потоку материала, который выпрессовывается в системе. Это необходимо для создания эффекта сглаживания пульсаций давления материала при его выходе из формующего канала.

Проанализируем перечень характеристик и свойств, который представляют интерес при проведении анализа сглаживающих свойств камеры, находящийся перед выходным окном. Данные характеристики являются динамическими. Для проведения их исследования предлагается использование частотных методов, которые в своей основе используют преобразования по формулам Фурье, преобразованных для исследуемой конструкции экструдера, и которые уже отлично зарекомендовали себя при исследовании аналогичных свойств и особенностей объектов автоматического управления.

По своей конструкции камера, расположенная перед выходным окном, является емкостью с определенной геометрии. Согласно

динамическому отношению она является некоторым апериодическим звеном первого порядка, обладающим коэффициентом усиления, равным единице. Чтобы определить передаточную функцию W подобного звена используется следующее выражение[6]:

$$W(S) = \frac{1}{TS + 1} \quad (8)$$

где

T – постоянная времени для камеры, расположенной перед выходным окном;

S – оператор Лапласа.

От постоянной времени T зависят инерционные свойства рассматриваемой камеры, расположенной перед выходным окном, которая определяется отношением ее объема V к расходу проходящего через нее материала Q :

$$T = V / Q \quad (9)$$

Возникающие периодические пульсации на входе в камеру, расположенную перед выходным окном, которые формируются в ходе работы шнека, определяются по следующей формуле:

$$A = \frac{\Delta P_{\max}}{2} - \frac{\Delta P_{\min}}{2} \quad (10)$$

В данной формуле ΔP_{\max} и ΔP_{\min} являются минимальными и максимальными значениями давления, которое развивается нагнетателем в ходе его функционирования в различные промежутки времени.

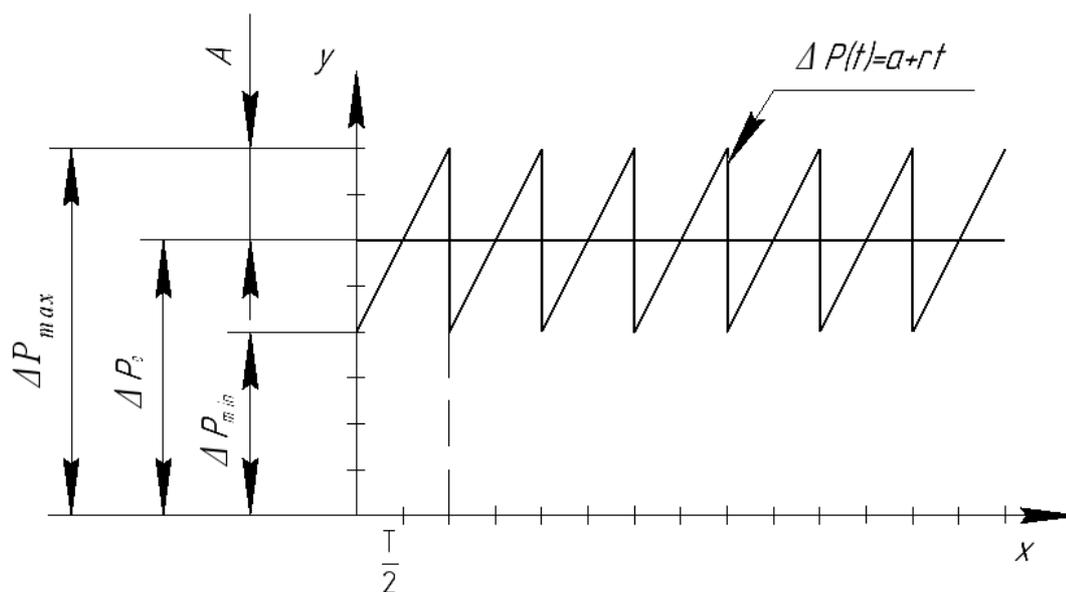


Рисунок - 5 График функции изменения давления в конусообразной камере

На рисунке 5 на координатной плоскости с единичным отрезком равным $T/2$ изображен график функции изменения давления в камере, расположенной перед выходным окном. Рассматривая данный график можно сделать вывод, что колебания давления во времени носят характер пилообразной функции с периодом T и является отклонением давления от номинального ΔP_0 значения, которое развивает шнек, определяемое по следующей формуле:

$$\Delta P_0 = \frac{Q\eta}{K} \quad (11)$$

В таком случае для описания закона изменения давления на входе в камере, расположенной перед выходным окном, может использоваться следующее выражение:

$$\Delta P(t) = a + rt \quad (12)$$

Где, a и r являются коэффициентами пилообразной периодической функции. Определим данные коэффициенты для дальнейшего их использования:

$$a = \Delta P_{\min}, \text{ при } t=0 \quad (13)$$

$$r = \frac{\Delta P_{\max}}{T} - \frac{\Delta P_{\min}}{T}, \text{ при } t=T \quad (14)$$

Отталкиваясь от полученных выражений коэффициентов можно записать закон изменения давления на входе матричной камеры в следующем виде:

$$\Delta P(t) = \Delta P_{\min} + \frac{\Delta P_{\max} - \Delta P_{\min}}{T} t \quad (15)$$

В результате подобных преобразований получили дифференциальное уравнение первого порядка, которое по своей сути отражает динамику изменения давления на выходе камеры, расположенной перед выходным окном, которое при учете предыдущих формул приобретает следующий вид:

$$T \frac{d(\Delta P(t))}{dt} + \Delta P(t) = a + rt \quad (16)$$

Для того чтобы решить данное неоднородное дифференциальное уравнение требуется нахождение общего решения однородного уравнения и частного решения уравнения.

$$\Delta P = Ce^{-\frac{t}{T}} + rt + rT + a \quad (17)$$

При установлении опытным путем, что изменение давления при продвижении материала к концу формирующей камеры ΔP_k эквивалентно значению минимального изменения давления в начале камеры (формирующей камеры) ΔP_{\min}^H расположенной непосредственно перед выходным окном, тогда решение примет вид:

$$\Delta P_k = Ce^{-\frac{t}{T}} + rt + rT + a \quad (18)$$

$$C = \Delta P_{\min}^H - rt - a \quad (19)$$

Отталкиваясь от того, что коэффициент r аналогично определяется как при входе в формирующую камеру, так и при выходе, тогда закон изменения давления материала в формирующей матрице будет иметь следующий вид[1,2]:

$$\Delta P_{\kappa}(t) = \Delta P_{\min}'' + \frac{\Delta P_{\max}'' - \Delta P_{\min}''}{T} \left[T e^{-\frac{t}{T}} + t - T \right] \quad (20)$$

Результаты исследований

Аналитически рассмотрен механизм возникновения пульсаций давления, развиваемого шнеком. Изучено влияние частоты вращения шнека, его диаметра и длины на амплитуду пульсаций давления, получены законы изменения давления на входе и выходе формирующей камеры, учитывающие геометрию шнека, формирующей камеры и реологические характеристики перерабатываемого материала. Предложено выражение для приближенного определения коэффициента сглаживания пульсаций давления, учитывающего геометрические характеристики формирующей камеры и параметры работы шнека.

При анализе функции, изображенной на рисунке 2, можно сделать вывод о характере изменений значений входного и выходного давления. По своей сути эти возмущения также являются функцией времени, которая изменяется, отталкиваясь от особенностей пилообразного закона, то есть возрастающей от минимального до максимального значения за период одного полного оборота шнека. Однако стоит отметить одно ключевое отличие между давлением на входе и выходе у формирующей камеры. Давление на выходе, в отличие от давления на входе, возрастает по экспоненциальному закону. Это объясняется механическими особенностями устройства, в частности, особенностями реакции апериодического звена первого порядка на возникающее входное возмущение. В автоматическом управлении данное возмущение называется рамповым возмущением.

Еще одним важнейшим моментом является тот факт, что в каждый момент времени давление на входе отличается от давления на выходе по амплитуде. Здесь все определяется по следующему принципу: чем больше постоянная времени формирующей камеры, тем будет меньшим значение

амплитуды пульсации давления на выходе, если сравнивать с аналогичным давлением на входе.

Для того, чтобы охарактеризовать сглаживающих свойств формирующей камеры, то есть ее способность противодействовать и подавлять пульсации давления материала, в формуле используется следующее выражение[4,5]:

$$\frac{T + j - m}{T_n} \quad (21)$$

Становится очевидно, что если частота колебаний достигнет нуля, то давление на входе и выходе формирующей камеры станет эквивалентным. Таким образом, если зафиксировать медленные темпы изменения давления, то в случае при малочастотном изменении давления шнека, выходное давление материала будет изменяться по тем же законам, что и давление материала на входе в формирующую камеру, при этом полностью отсутствует сдвиг фазы между давлениями материала на входе и выходе камеры. Полученные результаты представим в виде 3 логарифмических функций амплитудно-частотных характеристик. Функцию, которую обозначим цифрой 1 при постоянной времени равной 1с., функцию 2 при постоянной времени равной 6 с. и функцию 3 при постоянной – 10 с., тогда график будет иметь следующий вид:

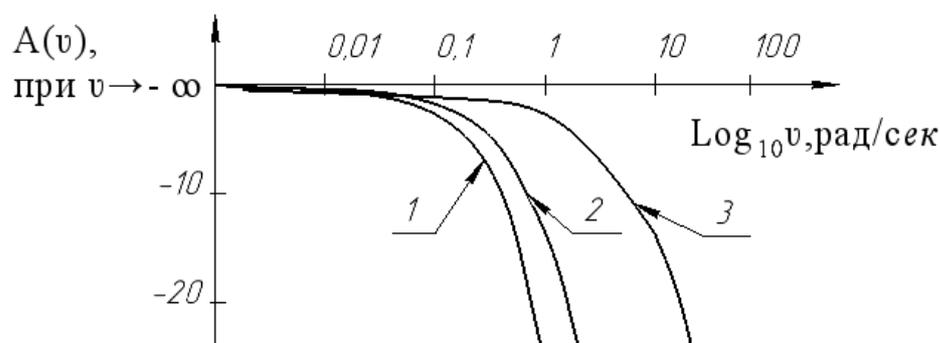


Рисунок - 6. График функций логарифмических амплитудно-частотных характеристик формирующей камеры с заданными значениями постоянной времени

На рисунке 6 изображен график функций логарифмических амплитудно-частотных характеристик формирующей камеры с заданными значениями постоянной времени, проанализировав который можно сделать следующий вывод: динамика частоты колебаний будет уменьшаться и стремиться к минимальному значению при условии, что частота будет неограниченно возрастать. Таким образом, можно сделать вывод, что сглаживающие свойства усиливаются с увеличением постоянной времени, которых можно достичь путем уменьшения угла в конусообразной камере и увеличением длины формирующей камеры, а так же путем увеличения внутреннего диаметра формирующей камеры, тогда конструкция конусообразной и формирующей камеры будет иметь следующий вид:

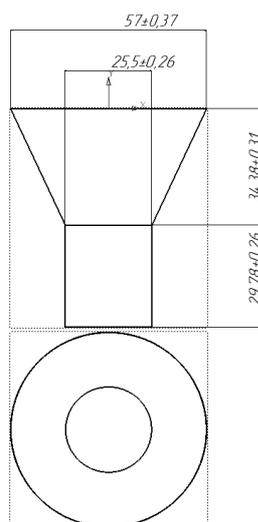


Рисунок – 7 Чертеж конструкции конусообразной и формирующей камеры.

На рисунке 7 изображен чертеж конструкции конусообразной и формирующей камеры с параметрами наиболее оптимальными с точки зрения наличия стандартных материалов на складах торговых точек, что значительно уменьшит стоимость изготовления конструкции, т.к. не нужно будет изготавливать детали по заданным чертежам. Данные показатели длины и угла боковой стенки в конусообразной камере увеличивает сглаживающие свойства в 2,1раз.

Список используемой литературы:

1. Полосин А. Н. Моделирование и оптимизация процессов смешения термопластичных материалов в одношнековых экструдерах // Информационные технологии моделирования и управления. — 2009. — № 2. — С. 297–305. URL: <http://www.crm.ics.org.ru/journal/article/references/2123/>
2. Полосин А. Н. Библиотека математических моделей для исследования и перенастройки процессов получения рукавных пленок/ Полосин А. Н., Чистякова Т. Б., Блинов И. Г. // Математические методы в технике и технологиях — ММТТ-25: сб. тр. XXV Междунар. науч. конф. Саратов: СГТУ им. Гагарина Ю. А., 2012. — С. 9–14. URL: <http://www.crm.ics.org.ru/journal/article/2123/>
3. Шарафутдинов Р.Ф. Модель течения расплавов полимеров в формирующих каналах экструзионных установок/ Шарафутдинов Р.Ф., Галимов Э.Р., Снигерев Б.А., Абдуллин И.А. // Вестник Казанского технологического университета. 2014. №21. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/model-techeniya-rasplavov-polimerov-v-formuyuschih-kanalah-ekstruzionnyh-ustanovok> (дата обращения: 09.04.2021).
4. Берман Г.К. Выравнивание скоростей выпрессовывания макаронных изделий/ Г.К. Берман, Ю.А. Калошин // Хлебопек, и конд. пр-ть, 1967, №12, с. 30 - 32. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01007688775>
5. Берман Г.К. Влияние кинематических и геометрических параметров шнека на пульсацию давления в предматричной камере макаронного пресса / Г.К. Берман, Ю.А. Калошин // ЦНИИТЭИпищепром. Хлебопек, и макаронная промышленность, 1977, №6, с. 28-32. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-geometricheskikh-parametrov-shneka-na-rabotu-ekstrudera>
6. Журавлев А. А. Разработка процесса и устройства для смешивания и формирования помадной массы на основе порошкообразного сахаро-паточного полуфабриката // диссерт. на соиск. уч. степени кандидата технических наук Специальность 05.18.12 Воронеж – 2004. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01003244158>
7. Amit Bhaduri. Mechanical Properties and Working of Metals and Alloys // Part of the Springer Series in Materials Science book series (SSMATERIALS, volume 264) 2018 pp 599-646. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-7209-3_13
8. Lee, H.Y. Synthesis and characterization of dextrin derivatives by heterogeneous esterification/ Lee, H.Y., Danjo, T. & Iwata, T. // J Polym Res 25, 183 – 2018. URL: <https://doi.org/10.1007/s10965-017-1333-1>
9. Crang R Leaves/ Crang R., Lyons-Sobaski S., Wise R. Leaves // In: Plant Anatomy. Springer, Cham. – 2018. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-77315-5_12
10. Губанова А.Д. Обоснование параметров технических средств для утилизации опавших листьев/ Губанова А.Д., Костенко М.Ю., Костенко Н.А., Ремболович Г.К. // Вестник РГАТУ с.104-112– 2021г. URL: <http://vestnik.rgatu.ru/2020/06/29/archiv/>

References

1. Polosin A. N. Modelirovanie i optimizaciya processov smesheniya termoplastichny`x materialov v odnoshnekovy`x e`kstruderax // Informacionny`e tehnologii modelirovaniya i upravleniya. — 2009. — № 2. — С. 297–305. URL: <http://www.crm.ics.org.ru/journal/article/references/2123/>
2. Polosin A. N. Biblioteka matematicheskix modelej dlya issledovaniya i perenastroyki processov polucheniya rukavny`x plenok/ Polosin A. N., Chistyakova T. B., Blinov I. G. // Matematicheskie metody` v tekhnike i tehnologiyax — ММТТ-25: sb. tr. XXV Mezhdunar. nauch. konf. Saratov: SGTU im. Gagarina Yu. A., 2012. — С. 9–14. URL: <http://www.crm.ics.org.ru/journal/article/2123/>

3. Sharafutdinov R.F. Model` techeniya rasplavov polimerov v formuyushhix kanalah e`kstruzionny`x ustanovok/ Sharafutdinov R.F., Galimov E`.R., Snigerev B.A., Abdullin I.A. // Vestnik Kazanskogo texnologicheskogo universiteta. 2014. №21. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/model-techeniya-rasplavov-polimerov-v-formuyuschih-kanalah-ekstruzionnyh-ustanovok> (data obrashheniya: 09.04.2021).

4. Berman G.K. Vy`ravnivanie skorostej vy`pressovy`vaniya makaronny`x izdelij/ G.K. Berman, Yu.A. Kaloshin // Xlebopek, i kond. pr-t`, 1967, №12, s. 30 - 32. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01007688775>

5. Berman G.K. Vliyanie kinematicheskix i geometricheskix parametrov shneka na pul`saciyu davleniya v predmatrichnoj kamere makaronnogo pressa / G.K. Berman, Yu.A. Kaloishn // CzNIITE`Ipishheprom. Xlebopek, i makaronnaya promy`shlennost`, 1977, №6, s. 28-32. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-geometricheskix-parametrov-shneka-na-rabotu-ekstrudera>

6. Zhuravlev A. A. Razrabotka processa i ustrojstva dlya smeshivaniya i formovaniya pomadnoj massy` na osnove poroshkoobraznogo saxaro-patochnogo polufabrikata // dissert. na soisk. uch. stepeni kandidata texnicheskix nauk Special`nost` 05.18.12 Voronezh – 2004. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01003244158>

7. Amit Bhaduri. Mechanical Properties and Working of Metals and Alloys // Part of the Springer Series in Materials Science book series (SSMATERIALS, volume 264)2018 pp 599-646. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-7209-3_13

8. Lee, H.Y. Synthesis and characterization of dextrin derivatives by heterogeneous esterification/ Lee, H.Y., Danjo, T. & Iwata, T.// J Polym Res 25, 183 - 2018. URL: <https://doi.org/10.1007/s10965-017-1333-1>

9. Crang R Leaves/ Crang R., Lyons-Sobaski S., Wise R. Leaves // In: Plant Anatomy. Springer, Cham. – 2018. URL:https://doi.org/10.1007/978-3-319-77315-5_12

10.Gubanova A.D. Obosnovanie parametrov texnicheskix sredstv dlya utilizacii opavshix list`ev/ Gubanova A.D., Kostenko M.Yu., Kostenko N.A., Rembolovich G.K.// Vestnik RGATU s.104-112– 2021g. URL: <http://vestnik.rgatu.ru/2020/06/29/arxiv/>