

УДК 631.363

Обоснование конструкционных параметров экструдера и определение качества экструдата

Д-р техн. наук В. Г. КУШНИР, канд. техн. наук Н. В. ГАВРИЛОВ, инж. А. С. КУШНИР
(Костанайский ГУ, valkush@mail.ru)

Аннотация. Дан обзор конструкций экструдеров и шнеков. Описаны основные известные методы определения качества материала. Предложено техническое решение, улучшающее конструкцию экструдера, — двухзаходный шнек, который устанавливается в зоне формирования материала.

Ключевые слова: кормоприготовление, экструдер, методы определения качества, шнек, матрица, материал.

Substantiation of design parameters of extruder and determination of extrudate quality

V. G. KUSHNIR, N. V. GAVRILOV, A. S. KUSHNIR (Kostanay State University, valkush@mail.ru)

Summary. The article reviews the designs of extruders and screws. It describes the main known methods of determination of material quality. As a technical solution improving the design of extruder, a double-threaded screw that should be installed in the material forming zone is proposed.

Keywords: feed preparation, extruder, methods of quality determination, screw, matrix, material.

Формирование математической модели одношнекового экструдера зависит от множества геометрических параметров: параметров фильеры (ее диаметра, длины, геометрии); параметров и конструкции корпуса; конструкции шнека (его числа заходов, геометрии, шага и др.).

Предположительно для решения поставленной задачи исследований, включающей выявление факторов, которые влияют на эффективность процесса экструдирования кормосмеси и повышение производительности экструдера, обрабатываемая кормосмесь в канале кор-

пуса экструдера представляет собой вязкопластический материал. Тогда движение этого материала по рабочим органам осуществляется с проскальзыванием, а скорость перемещения материала зависит от указанных параметров, в т. ч. от геометрии шнека и его конструкции.

Существует множество одношнековых конструкций экструдеров, которым присущи общие закономерности: винтовое движение материала от входа к выходу; деформации сдвига частиц материала вдоль и поперек винтового канала; минимальный технологический зазор

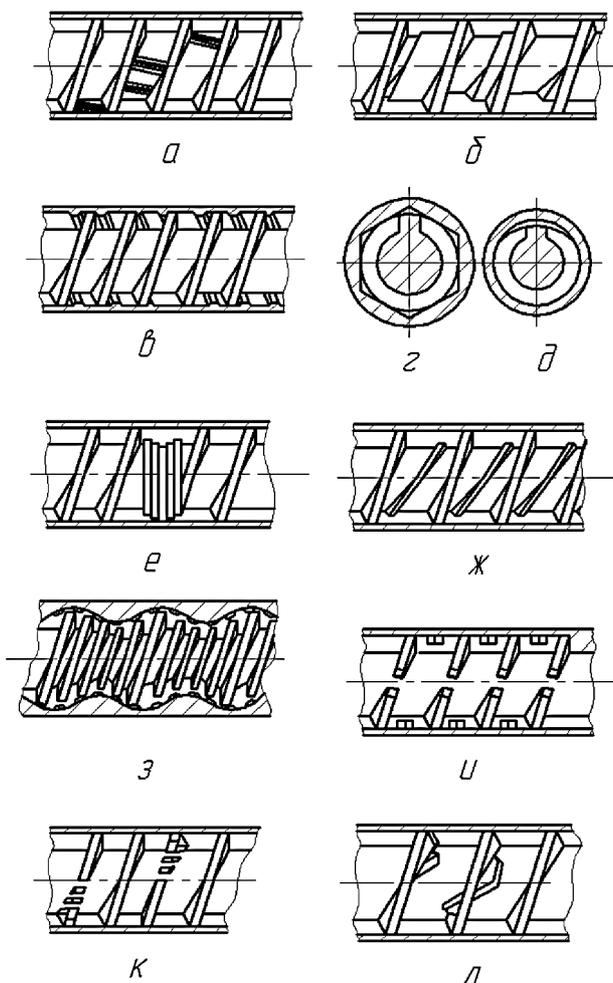


Рис. 1, а—л. Конструкции специальных шнеков

между корпусом и шнеком; минимальные застойные зоны; возможный обогрев или охлаждение через рубашку корпуса.

На рис. 1, а—л показаны основные конструкции специальных шнеков, обеспечивающих повышение производительности экструзионных одношнековых машин [1].

На рис. 1, а витки шнека подрезаны с целью создания дополнительных зазоров для перетока материала.

На рис. 1, б на сердечнике шнека выполнена примыкающая к его витку спираль в виде выступа с шириной, возрастающей в направлении перемещения материала.

На рис. 1, в наличие винтовых канавок на внутренней поверхности корпуса в смесительной зоне обеспечивает циркуляцию и высокий сдвиговый эффект.

Для повышения гомогенизирующего воздействия шнек может быть оснащен пазами в форме многогранника (см. рис. 1, з), или ось шнека располагают эксцентрично оси отверстия корпуса (см. рис. 1, д).

На рис. 1, е показан шнек со ступенчато установленными кулачками, что повышает пластификацию материала, проходящего по зазорам.

Экструдерный винт Маклифа представляет собой двухзаходный шнек, в котором от основного транспортирующего гребня ответвляется гомогенизирующий гребень с несколько большим шагом (см. рис. 1, ж). Это

позволяет деформировать материал в более узком зазоре между гребнем и корпусом.

На рис. 1, з изображен трансферный смеситель системы Френкеля. Большая эффективность смешения в экструдере достигается за счет того, что глубина нарезок винтов шнека и корпуса переменная, в процессе работы материал вынужден непрерывно переходить из винтовых каналов корпуса в канал шнека, что ускоряет процессы смешивания.

В шнековой машине системы Ко-Кнелер благодаря вращению шнека, осуществляющего возвратно-поступательное движение (см. рис. 1, и), достигается высокая эффективность смешивания.

Для повышения качества смешивания по окружности шнека возможна установка с определенным интервалом нескольких рядов штифтов, изменяющих направление центральной части потока (см. рис. 1, к) [1, 2].

С целью усиления смесительного воздействия боковые поверхности винта можно снабдить выступами (см. рис. 1, л).

Усовершенствования в конструкциях перечисленных шнековых машин направлены на переориентацию потока материала в каналах машины при гидродинамической сложности процессов смешения и гомогенизации. Исходя из этого решение задач о течении полимерных материалов в каналах шнековых машин возможно только на примерах конструкционного применения, т. е. на практике.

На рис. 2 представлено конструкционное решение поставленной задачи по повышению производительности экструдера при переработке кормосмеси.

Наряду с множеством достоинств процесс экструдирования обладает и недостатком — ресурсоемкостью. В связи с этим решение задачи снижения энергоемкости с одновременным повышением качества экструдированного материала актуально для приготовления кормов.

Конструкционные изменения, вносимые в механизм пресс-экструдера, позволят повысить его производительность, обеспечат возможность направления и предотвращения разбрасывания выходящего экструдата [2].

Прототипом служит устройство для экструдирования кормов методом сухой экструзии, содержащее питатель, корпус, шнек и матрицу с формирующими отверстиями [предварительный патент КЗ № 16535]. Его недостаток заключается в том, что при экструдировании материал (экструдат) выходит за счет высокого давления, приобретаемая скорость и разлетаясь в разные стороны.

Задача рассматриваемого изобретения — повышение производительности процесса экструдирования путем

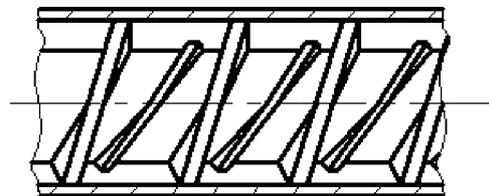


Рис. 2. Схема двухзаходного шнека, установленного в зоне пластификации материала

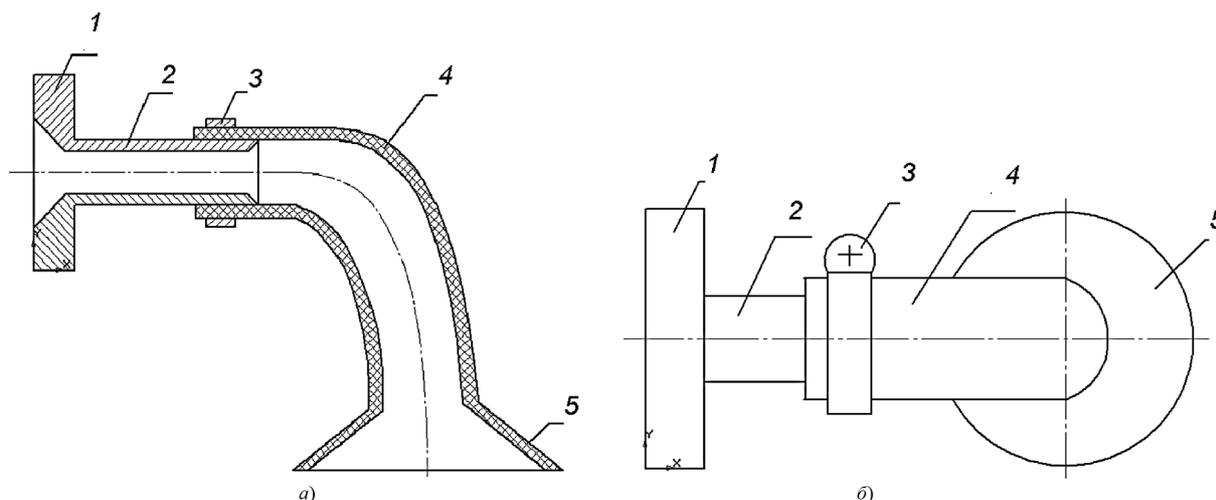


Рис. 3. Разрез матрицы по оси канала фильеры (а) и вид на матрицу в плане (б)

совершенствования конструкции экструдера. Для ее решения в известном устройстве, включающем загрузочную камеру, винт, корпус, компрессионный затвор и фильеру, на корпус фильеры в зоне выхода материала устанавливается устройство, обеспечивающее направление выходящего экструдата (рис. 3) [заключение о выдаче инновационного патента на изобретение № 27084].

На рис. 3 показаны разрез матрицы по оси канала фильеры и вид на матрицу в плане. На корпусе 1 матрицы выполнен патрубок 2, на котором хомутом 3 закреплена трубка 4. В нижней части патрубка находится расширение 5.

Комбинированные корма должны отвечать требованиям нормативно-технической документации, разработанной для половозрастных и видовых групп животных. Государственные стандарты предусматривают большой перечень показателей качества готовой продукции.

В полнорационных комбикормах строго определены содержание влаги, сырого протеина, клетчатки, кальция, фосфора, поваренной соли, лизина, метионина с цистеином, песка, а также крупность. Разработаны научно обоснованные требования к качеству гранулированных комбикормов для различных видов животных.

В ГОСТах предъявляются высокие требования к ветеринарно-санитарному состоянию комбикормов: органолептическим показателям; наличию вредных примесей, целых семян; зараженности вредителями, содержанию бактериальной и патогенной флоры, пестицидов, нитритов и нитратов, госсипола, афлатоксинов и др.

В зависимости от уровня вредных и токсичных веществ в сырье установлены нормы его ввода в комбикорма, регламентированы предельно допустимые остаточные количества ядовитых соединений в готовой продукции [3, 4].

Контроль качества готовой продукции необходимо начинать с отбора проб (сырье для экструдирования должно соответствовать ГОСТ Р 50257—92, ГОСТ 9268—90). Из проб составляют образцы, в которых определяют следующие показатели:

- органолептические (вид, цвет, запах);
- технические (крупность, наличие крупных зерен и металломагнитных примесей);

— химические (влажность, сырой протеин, поваренная соль, клетчатка).

Анализ экструдированных кормов для крупного рогатого скота и свиней выборочно делают по количеству сырой клетчатки, определяют содержание биологически активных веществ (витаминов А и Е) [4].

Все результаты проверки фиксируют в журналах установленной формы, оформляют акт отбора образцов, выписывают удостоверение качества.

Испытания гранул на крошимость проводятся на установке ППГ-2 с использованием технических лабораторных весов. При этом методе крошимость гранул, %, рассчитывают по формуле:

$$И = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \cdot 100,$$

где $M_1 = 500$ — масса гранул до испытания, г; M_2 — масса гранул после испытания (истирания и просеивания), г.

При параллельных испытаниях в одном и том же образце допустимо абсолютное расхождение не более 1 %, при контрольном анализе — не более 1,5 % [3].

Метод определения содержания крахмала основан на способности диастазы переходить в мальтозу и расщепляться при нагревании со слабыми кислотами до глюкозы. При анализе применяют формулу:

$$X = \frac{b \cdot 50 \cdot 0,9}{H},$$

где H — масса навески вещества, г; b — содержание крахмала в навеске, мг; 0,9 — коэффициент перевода глюкозы в крахмал; 50 — разведение навески.

Этот метод особенно важен для определения качества экструдированных грубых кормов.

Количество декстринов в экструдате определяется методом введения антронового реактива во взаимодействие с декстринами и сахарами при помощи построения калибровочной кривой, составленной по глюкозе. Содержание декстринов, %, рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{CVV_2}{HV_1V_3 \cdot 10},$$

где C — количество декстринов, найденное по калибровочной кривой, мг; $V = 100$ — первоначальный объем экстракта, мл; $V_1 = 1$ — количество экстракта, взятое на разведение, мл; $V_2 = 50$ — конечное разведение, мл; $V_3 = 0,5 \dots 1$ — количество фильтрата, взятое на цветную реакцию, мл.

Для определения наличия водорастворимых углеводов применим метод выпаривания (сжигания) исследуемого образца. Содержание водорастворимых углеводов, %, при этом определяют по формуле:

$$X = \frac{b \cdot 100}{H},$$

где b — масса осадка с зольными элементами, г.

Определение содержания глюкозы основано на определении способности редуцирующих сахаров восстанавливать щелочной раствор окиси меди до закиси. Закись меди окисляется серноокислым окисным железом. При определении содержания глюкозы пользуются таблицей Бертрана [3].

Расчет глюкозы в экструдате, %, производят по формуле:

$$X = \frac{b \cdot 2,5}{H},$$

где b — количество глюкозы в 20 мг вытяжки, мг; 2,5 — коэффициент для подсчета количества глюкозы во всей навеске.

Выводы

Проведенный анализ конструкций и обоснованная конструкция экструдера позволяют сделать следующие выводы.

1. Число заходов шнека влияет на производительность экструдера и качество выполнения процесса.

2. Применение насадки в виде раструба обеспечивает уменьшение потерь при экструдировании.

3. Полученная экспериментальная модель экструдера дает возможность на основании выделенных конструктивных параметров шнека (диаметра, глубины нарезки, ширины витка, угла между направлением движения материала и рабочей боковой поверхностью винтового канала) сформировать параметры эффекта.

4. Выбранный в качестве внутренней характеристики системы рабочий орган (двухзаходный шнек в зоне пластификации) позволяет сформировать модель параметров эффекта процесса экструдирования комбикормов.

5. Качество экструдата должно соответствовать требованиям ГОСТа по вышеперечисленным показателям, поэтому перед кормлением животных необходимо проводить анализ качества экструдата.

Литература и источники

1. Груздев И. Э. и др. Теория шнековых устройств. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1978.

2. Бостанджиян А., Столин А. М. Течение неньютоновской жидкости между двумя параллельными плоскостями // Известия АН СССР. Механика. — 1965, № 1.

3. Правила организации и ведения технологического процесса производства продукции комбикормовой промышленности. — Воронеж: ВНПО "Комбикорм", 1991.

4. Комбикорма. Справочник по качеству сырья и готовой продукции. — Алма-Ата: Кайнар, 1983.