

# ЭКСТРУЗИЯ КОРМОВ ДЛЯ ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ\*

Г. РОКИ, компания «Венгер», США

## ПРИВОД ЭКСТРУДЕРА

Привод создает механическую энергию для перемещения продукта по всей длине корпуса экструдера и продавливания его через формующую головку. Привод экструдера обычно состоит из электродвигателя, устройства, понижающего угловую скорость и передающего крутящий момент, и подшипниковых опор.

Выбор электродвигателя зависит от технологических свойств обрабатываемого продукта. Например, в некоторых случаях будет достаточно небольшого электродвигателя мощностью 10 кВт, а при экструдировании продукта с низкой насыпной плотностью, который требует наибольших сдвиговых напряжений, необходим электродвигатель мощностью 120 кВт.

Снижение угловой скорости и передача крутящего момента происходит либо через клиноременную передачу, либо через редуктор. По сравнению с редуктором привод с клиноременной передачей имеет меньшую стоимость, работает более плавно и бесшумно, защищает оборудование при перегрузках. Однако такая передача применяется только при мощности двигателя не более 300 кВт. Редуктор же характеризуется малыми габаритами, продолжительным сроком эксплуатации, постоянным передаточным числом, но при этом требуется установка дополнительного устройства, ограничивающего крутящий момент при перегрузках. Таким устройством оснащают также основной электродвигатель, соединенный непосредственно с валом высокоскоростных экструдеров.

Подшипниковые опоры на валу большинства одношнековых экструдеров с электродвигателем мощностью более 75 кВт относительно просты. Как правило, вал такого экструдера закрепляют на трех подшипниках, два из которых установлены за пределами корпуса экструдера и воспринимают радиальную нагрузку вала, третий — осевую нагрузку, возникающую от давления продукта внутри оборудования.

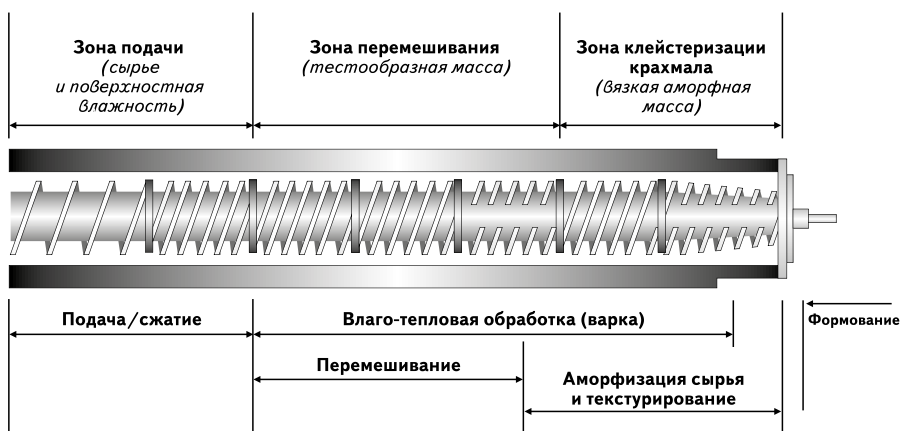
## ВАРОЧНЫЙ ЭКСТРУДЕР

Экструдер состоит из вращающегося вала, на котором установлены сегменты шнека и затворы, из неподвижного корпуса (отдельные секции), формующей головки и ножевого узла. Соотношение длины цилиндра экструдера к его диаметру может быть различным, так же как и размеры каждого его компонента.

Шнек экструдера перемещает и смешивает продукт. Нагрев и давление в экструдере зависят от конструкции шнека. Стандартная конструкция одношнекового экструдера показана на рисунке. Вращающийся шнек и затворные элементы экструдера последовательно перемещают и нагревают материал посредством рассеивания механической энергии. Движение и преобразование материала внутри цилиндра экструдера могут быть описаны как три процесса: подача; смешивание и перемещение; влаготепловая обработка.

Плотность сухого или прошедшего кондиционирование продукта, составляет в среднем 450–650 кг/м<sup>3</sup>. Большая глубина нарезки и длинный шаг витков, с почти вертикальным профилем, в начале шнека позволяют максимально перемещать материал внутри цилиндра. Эта первичная секция предназначена для перемещения продукта из зоны подачи в зону обработки, в которой он под действием влаги и тепла клейстеризуется и пластифицируется. Для эффективного ввода пара в продукт предусмотрена различная конфигурация шнека, изменяющаяся в зависимости от секции, при этом характеристики, влияющие на сжатие, растут. Температура влажного материала поднимается в последние несколько секунд его пребывания внутри цилиндра экструдера.

Плотность сухого или прошедшего кондиционирование продукта, составляет в среднем 450–650 кг/м<sup>3</sup>. Большая глубина нарезки и длинный шаг витков, с почти вертикальным профилем, в начале шнека позволяют максимально перемещать материал внутри цилиндра. Эта первичная секция предназначена для перемещения продукта из зоны подачи в зону обработки, в которой он под действием влаги и тепла клейстеризуется и пластифицируется. Для эффективного ввода пара в продукт предусмотрена различная конфигурация шнека, изменяющаяся в зависимости от секции, при этом характеристики, влияющие на сжатие, растут. Температура влажного материала поднимается в последние несколько секунд его пребывания внутри цилиндра экструдера.



Процессы и зоны в экструдере

\* Окончание. Начало в № 1-2013

По мере продвижения продукта в зону перемешивания его плотность увеличивается за счет добавления воды и пара. Для лучшего смешивания шаг витков шнека, как и угол их наклона, в этой зоне уменьшены. Высокая сила трения, создаваемая на стенках корпуса, препятствует вращению продукта со шнеком.

Наибольший нагрев продукта в экструдере происходит за счет преобразования механической энергии, вызванной вращением шнека, в тепловую; дополнительный нагрев — за счет подачи пара или с помощью внешних источников тепла (нагреватели). Количество образующейся механической энергии зависит от конструкции шнека, а именно от шага витка, глубины его нарезки, прерывистости винтовой линии, наличия на валу дополнительных элементов (лопастей). Все эти факторы также влияют на перемещение пластифицированного материала внутри экструдера.

В конечной зоне, зоне влаготепловой обработки, плотность продукта продолжает увеличиваться. Ближайшая к формирующей головке секция шнека, как правило, конической формы, что позволяет накапливать продукт в данной зоне и увеличивать давление на матрицу.

В кормовой отрасли применяют три типа экструдеров: одношнековые; двухшнековые с параллельными шнеками, вращающимися в одну сторону; двухшнековые с коническими шнеками, вращающимися в одну сторону.

В течение более 40 лет одношнековый экструдер для влаготепловой обработки был основным оборудованием при производстве сухих кормов для домашних животных (непродуктивных). Многие годы проводились всесторонние комплексные испытания и исследования конструкции шнека и корпуса экструдера. Лучшее понимание взаимодействия между машиной и обрабатываемым материалом позволило усовершенствовать конструкцию шнека и цилиндра одношнековых экструдеров, эффективнее преобразующих механическую

энергию в тепловую через трение. Эти шнеки способствуют увеличению производительности, позволяют подавать больше пара в экструдер.

### КЛАПАН ОБРАТНОГО ДАВЛЕНИЯ

Характеристики готового продукта зависят от давления на формирующей головке. Для его регулирования обычно используют клапан обратного давления, который устанавливают перед формирующей головкой. Только за счет изменения давления в точке разгрузки экструдера, без изменения конфигурации шнека или формирующей головки, плотность производимого продукта может варьировать в пределах 25%.

Положением клапана регулируются удельная механическая энергия, сдвиговые напряжения и давление внутри экструдера, которые влияют на насыпную плотность, размеры частиц, однородность структуры, клейстеризацию крахмала, форму, водо- и жиропоглощение корма (см. таблицу).

### ЭКСТРУЗИЯ КОРМОВ ДЛЯ ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ

Основные виды кормов для домашних животных: сухие увеличенные в объеме, полувлажные, мягкие увеличенные в объеме и лакомства. Наибольшим спросом пользуются сухие корма для домашних животных, которые занимают более 60% от общего объема продаж. Их производят из злаковых и бобовых культур, в частности из сои, и продуктов их переработки, продуктов животного происхождения, молочных продуктов, жиров и масел, минеральных и витаминных добавок. Вкусовая привлекательность кормов повышается за счет распыления на их поверхность жира и/или усилителей вкуса. Сухой корм для собак производят в виде крупки, гранул, подушечек или экструдата, полученного путем сухой экструзии, для кошек — обычно в виде экструдата, полученного при экструзионной варке. Влажность сухих увеличенных в объеме кормов для домашних животных составляет 8–10%. В пересчете на сухое веще-

#### Контроль плотности корма с помощью клапана обратного давления

Закрытие клапана обратного давления, %	Индекс скорости экструдера	Плотность неглазированного продукта, кг/м <sup>3</sup>	Содержание жира в конечном продукте после вакуумной пропитки, %
45	1,0	654	16,2
55	1,0	628	19,5
65	1,0	530	23,8
65	1,3	504	28,4
70	1,2	420	37,8
70	1,3	392	40,5

Как свидетельствуют данные различных отчетов, процесс производства экструдированных кормов стабильнее с применением клапана обратного давления и системы кондиционер/экструдер. При этом применяется более щадящий температурный режим обработки, что позволяет сохранить питательную ценность корма. Неотъемлемая часть клапана — обходной канал, который отводит продукт от матрицы в специальную емкость до выхода экструдера на рабочий режим.

ство содержание жира в сухих кормах для собак — 5–12,5%, для кошек — 8–12%; сырого протеина — 18–30% и 30–36% соответственно.

Компоненты корма смешиваются, измельчаются в молотковых дробилках до частиц диаметром не более 1,2 мм и подаются в экструдер для производства корма желаемого размера и формы. Процесс экструзии, как правило, включает кондиционирование продукта с добавлением воды и пара для повышения эффективности экструдирования. Кроме того, внутри

экструдера продукт также клейстеризуется благодаря воздействию на него сил трения и сдвига, температуры и давления. При выходе из формирующей головки вязко-аморфная масса, попадая в область атмосферного давления, расширяется, приобретая определенную форму в зависимости от отверстия формирующей головки, и срезается до необходимой длины внешним вращающимся ножом.

Для обеспечения правильного хранения влажность кормов, выходящих из экструдера, снижают с 22–28% до 8–10%, применяя сушилку или комбинацию сушилки и охладителя. В процессе сушки также уменьшается насыпная плотность корма с 352–400 кг/м<sup>3</sup> до 320–352 кг/м<sup>3</sup>.

Другой вид кормов для домашних животных — полувлажные корма. Они также проходят экструзионную обработку, как и сухие корма, но отличаются от них рецептурой — в сухую зерновую смесь перед экструдированием добавляют измельченные до эмульсии мясные субпродукты. Соотношение в рецепте сухих и влажных компонентов у разных производителей колеблется.

Полувлажные корма при выходе из матрицы сохраняют свою форму, соответствующую отверстию формирующей головки, так как невозможно расширять продукт, в котором содержится высокий уровень жира или масла, вызванный добавлением мясной эмульсии. В данном случае экструзионная обработка используется для достижения максимальной готовности продукта.

Кроме того, полувлажные и сухие расширенные корма для домашних животных отличаются конечной влажностью — 20–30% и 8–10% соответственно. После выхода продукта из экструдера его влажность не снижают, чтобы конечный продукт оставался мягким. Насыпная плотность полувлажных кормов при экструдировании и на конечной стадии упаковки составляет 480–560 кг/м<sup>3</sup>.

Третий вид кормов для домашних животных — мягкие увеличенные в

объеме корма. Эта категория представляет собой инновационный тип продукта. Мягкие корма схожи с сухими расширенными кормами предварительным кондиционированием компонентов перед экструдированием, а также расширением продукта на выходе из формирующей головки экструдера. Однако по составу они похожи на полувлажные корма относительно высоким содержанием в них жира и масла, а также мяса или мясных субпродуктов, которые добавляются также перед экструдированием. Таким образом, хотя мягкие корма по структуре и расширенные, но в то же время они эластичные, подобно настоящему мясу.

Влажность мягких расширенных кормов для собак и кошек составляет 25–32%. Чтобы обеспечить правильное хранение этих продуктов в комнатных условиях (без охлаждения в холодильнике), в их состав необходимо вводить консерванты (сахар, сиропы, соли или пропиленгликоль), которые связывают воду со снижением ее активности в конечном продукте до 0,60–0,80. Тем самым предотвращается рост микроорганизмов. Кроме того, необходимо регулировать pH, удерживая его на уровне 4–5,5 ед., а также включать в состав продукта противогрибковые добавки, такие как сорбат калия. Состав полувлажных и мягких расширенных кормов практически идентичен. Разница лишь в том, что в полувлажных кормах продукты животного происхождения содержатся обычно в сыром виде, в мягких — обезвоженные. По насыпной плотности мягкие расширенные корма схожи с сухими.

Последний вид кормов, представленный на рынке кормов для домашних животных, — экструдированные лакомства. Их получают по наиболее сложной технологии, которая, как правило, требует определенных изменений технологического процесса, применяемого для производства стандартных сухих расширенных кормов для домашних животных. Лакомства бывают четырех видов:

расширенные; нерасширенные; экструдированные с начинкой; экструдированные двухцветные или трехцветные (созкструзия).

В заключении следует отметить, что выбор технологического оборудования для завода по производству кормов для домашних животных — нелегкая задача. Необходимо устанавливать такое оборудование, обеспечивающее наибольшую эффективность производства и гибкость технологического процесса при меньших затратах, в соответствии с желаемой производительностью. При этом следует предусмотреть вероятность ее увеличения в будущем. Например, изначально установить на заводе накопительные бункера большей вместимости и конвейеры большей производительности.

В прошлом очень часто выбор был направлен в пользу экономики, но меняющиеся в современном обществе тенденции свидетельствуют о важности экологических вопросов. «Экологически дружественные» корма востребованы и потребителем. Сегодняшнее производство должно обеспечивать максимальную эффективность кормов при скармливании их животным с тем, чтобы высвободить, например, зерно для использования его в продовольственных целях, снизить отходы жизнедеятельности животных, исключить болезни, связанные с потреблением недоброкачественных кормов. В связи с тем, что научно разрабатываемые рецепты кормов усложняются, отвечая специфическим физиологическим потребностям животных и экологическим ожиданиям населения, перерабатывающие технологии, такие как экструзия, являются важным фактором в кормовой отрасли.

*В статье автором использованы следующие литературные источники: «Аппарат прекондиционирования для экструдера» В. В. Хауск, патент США №4,752,139 (1983); «Технология экструзии и пищевые последствия» G.J. Rokey (1995). ■*