

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВ НА ОСНОВЕ ТЕРМО-ВАКУУМНОЙ ОБРАБОТКИ ОТХОДОВ С/Х ПРОИЗВОДСТВА

А. А. Курочкин, Д. И. Фролов

Работа посвящена обоснованию совершенствования технологии переработки отходов животного и растительного происхождения на кормовые цели за счет интенсификации термовакуумного воздействия на сырье в процессе экструдирования.

*Ключевые слова:* отходы животного и растительного происхождения, пористая структура, термовакуумная сушка, экструдер, вакуумная камера.

### Введение

Одной из основных задач, решение которой позволит вывести производство продукции животноводства на траекторию устойчивого развития, является совершенствование технологий производства кормов. Особую нишу в этих технологиях занимают процессы переработки отходов сельскохозяйственного производства и перерабатывающих предприятий, которые в общем случае подлежат утилизации. К таким отходам, в первую очередь, относятся так называемые биологические – ветеринарные конфискаты, непищевые отходы и малоценные в пищевом отношении продукты, получаемые при переработке животных, птицы и рыбы, а также отходы производства пищевой, технической и специальной продукции.

Являясь весьма ценным вторичным сырьём, эти отходы могут и должны использоваться в производстве кормов и кормовых добавок. При этом одной из наиболее эффективных технологий производства кормов из такого сырья считается экструзионная обработка, в основе которой лежит способ горячей экструзии.

Считается, что основную проблему в процессе реализации этой технологии представляет высокая влажность отходов (до 85%) и для её решения измельчённые отходы животного происхождения предварительно смешивают с растительным наполнителем. В результате этого можно добиться снижения влажности обрабатываемого в экструдере сырья 28–30% и получить пригодный для кормления свиней, птицы и пушных зверей продукт. В качестве наполнителя обычно используют зерноотходы, отруби и различные шроты. Объём наполнителя в 3–5 раз больше отходов животного происхождения и определяется их влажностью [1].

В процессе экструзионной обработки смесь отходов животного и растительного происхождения подвергается следующим изменениям:

- стерилизуется и обеззараживается (болезнетворные микроорганизмы, грибки, плесень полностью уничтожаются);
- увеличивается в объёме (вследствие разрыва

молекулярных цепочек крахмала и стенок клеток при выходе из экструдера);

- гомогенизируется (процессы измельчения и перемешивания сырья в тракте экструдера продолжают, продукт становится полностью однородным);

- стабилизируется (нейтрализуется действие ферментов, вызывающих прогоркание продукта, инактивируются антипитательные факторы, токсины);

- обезвоживается (влажность снижается на 50–70% от исходной) [1].

Технология приготовления кормов на основе экструзионной обработки смеси отходов животного и растительного происхождения включает измельчение отходов животного происхождения, их смешивание в определённой пропорции с растительным наполнителем, экструзию смеси, охлаждение, затаривание. К недостаткам технологии можно отнести то, что влажность экструдированной смеси ограничена примерно 30%, а для хранения экструдата его необходимо дополнительно подсушивать до влажности 14,0%.

Указанные недостатки в определенной мере удается устранить за счет технического решения, согласно которому полуфабрикат, выходящий из экструдера, подается в емкость, где под действием специальной пневмосистемы производится быстрый отсос пара и горячего воздуха и, как следствие, быстрое охлаждение экструдата при одновременном очень качественном высушивании экструдата.

В результате проведения цикла «экструдирование-пневоотсос» влажность экструдата уменьшается вдвое. При этом если общая влажность смеси исходных компонентов составляет 29% и более, то производится повторное экструдирование с последующим пневоотводом пара и воздуха из экструдата. В этом случае обеспечивается необходимый для длительного хранения уровень влажности (не более 14,5%) [2].

Данный способ переработки отходов имеет следующие недостатки:

1. Недостаточно высокая скорость обезвожи-

вания получаемого экструдата, связанная с тем, что термовакуумная сушка осуществляется циклически: сначала в специальную емкость подается экструдат, а затем из нее производится быстрый отсос пара и горячего воздуха. При этом недостаточно развитая пористость получаемого экструдата и ограниченная площадь поверхности испарения продукта обуславливают изначально низкую интенсивность сушки. Объясняется это тем, что образующаяся на поверхности обезвоживаемого продукта (экструдата) пленка ухудшает условия перемещения водяных паров к его поверхностному слою посредством капиллярно-пористой структуры и быстрому удалению влаги вместе с откачиваемым воздухом за пределы емкости. По существу в данном случае имеет место поверхностный тепло- влагообмен вместо объемного.

2. Влажность получаемого продукта (экструдата) не регулируется, а зависит от содержания воды в обрабатываемом сырье. В описании технологии не приводятся два важнейших параметра термовакуумной сушки – времени нахождения полученного экструдата в емкости и величины давления (вакуума) в ней, а утверждается лишь то, что влажность обрабатываемого материала снижается в 2 раза.

Для термовакуумной сушки, которая является основой как описанного выше способа переработки отходов животного и растительного происхождения, так и предлагаемого способа производства кормов, скорость удаления влаги из обрабатываемого материала зависит от его структуры (характера капиллярно-пористого строения), температуры нагрева, площади поверхности испарения и давления в зоне испарения [3].

Важно отметить, что в применяемых ранее экструзионных технологиях фактор, связанный с капиллярно-пористым строением высушиваемого материала не учитывается – все они предусматривают получение экструдата без цели интенсификации порообразования.

**Целью** работы являлось обоснование базовых элементов технологии производства кормов из отходов животного и растительного происхождения.

### **Объекты и методы исследований**

Объектом исследования является экструзионный процесс переработки отходов животного и растительного происхождения с помощью экструдера, реализующего принцип термовакуумного воздействия на сырье [4-7].

Предлагаемая технология производства кормов основана на интенсификации термовакуумного воздействия на экструдруемую смесь отходов животного и растительного происхождения при одновременном упрощении технологического процесса получения корма и снижении его трудоемкости.

Для решения указанной задачи в предлагаемой технологии производства кормов сырье в виде смеси отходов животного и растительного происхож-

дения с различным содержанием влаги, дозируется, измельчается, смешивается и экструдруется.

Существенным отличием предлагаемой технологии от известной, является то, что экструдат поступает в камеру с низким давлением непосредственно из фильеры экструдера с целью формирования в нем пористой структуры. Высокоразвитая пористая структура экструдата в свою очередь обеспечивает практически мгновенное адиабатическое охлаждение продукта и эффективное его обезвоживание. [8-10]. При этом исходное содержание отходов растительного происхождения влажностью 10-15% составляет 20-90% смеси, а влажность и содержание отходов животного происхождения подбираются таким образом, чтобы влажность экструдруемой смеси не превышала 40-45%.

Экструдирование смеси осуществляется с помощью экструдера, дополнительно оборудованного вакуумной камерой, расположенной соосно шнеку и фильере матрицы машины и включающей в себя режущее устройство, шлюзовой затвор и вакуумную систему.

Конструктивно-технологическая схема экструдера с камерой для термовакуумной обработки получаемого экструдата приведена на рис. 1.

Режущее устройство выполнено в виде одного или нескольких вращающихся ножей, закрепленных на выходе экструдата из фильеры. Оно устанавливается для получения необходимого геометрического размера (длины) экструдата. Наличие режущего устройства позволяет регулировать интенсивность термовакуумной сушки за счет увеличения площади теплообмена получаемых частиц экструдата – чем меньше длина экструдата, тем больше поверхность теплообмена продукта с окружающей средой (пониженного давления в вакуумной камере).

Шлюзовой затвор, представляющий собой корпус цилиндрической формы и вращающуюся в нем многолопастную (4-12 шт.) крыльчатку (ротор) на шариковых подшипниках, позволяет непрерывно с регулируемой производительностью выгружать обезвоженный экструдат за пределы вакуумной камеры без ее разгерметизации.

В верхней части вакуумной камеры имеется патрубок, который служит для соединения камеры с вакуумной системой, в состав которой входят вакуумный насос, вакуум-регулятор и вакуум-баллон.

Вакуум-насос служит для создания в вакуумной камере экструдера пониженного давления (давления ниже атмосферного).

Вакуум-регулятор необходим для поддержания пониженного давления в вакуумной камере экструдера в заданных пределах при требуемой производительности машины, а также влажности сырья и готового продукта.

Для предохранения насоса от попадания в него жидкости (конденсата), а также для выравнивания разрежения в вакуумной камере, между ней и насосом установлен вакуум-баллон, а для контроля

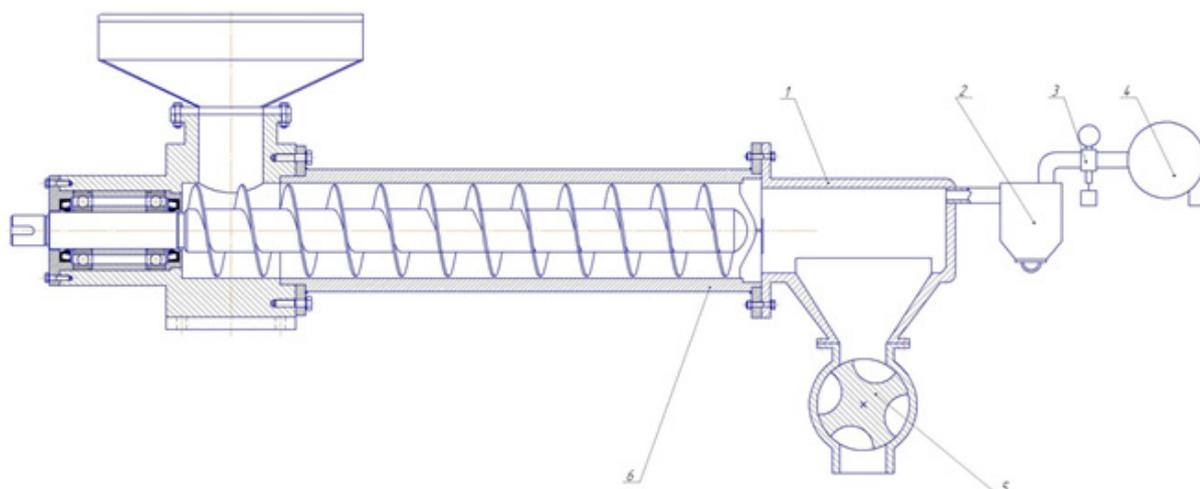


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема экструдера: 1 – вакуумная камера экструдера; 2 – вакуум-баллон; 3 – вакуум-регулятор; 4 – вакуумный насос; 5 – шлюзовой затвор; 6 – экструдер

величины давления в вакуумной системе – вакуумметр.

С помощью вакуумного насоса осуществляется отсос водяных паров, выделяющийся из продукта в процессе термовакуумной сушки и перемещение их в вакуум-баллон, в котором происходит их конденсация. В нижней части вакуум-баллона имеется крышка, по периметру которой выполнено уплотнение в виде резиновой ленты. При включении вакуумного насоса крышка вручную прижимается к нижней части вакуум-баллона и под действием пониженного давления плотно к ней присасывается. По окончании технологического процесса вакуумный насос отключается, и крышка под действием собственной массы и массы конденсата отходит от корпуса вакуум-баллона и конденсат удаляется в специальную емкость.

Технология приготовления кормов осуществляется следующим образом. Исходное сырье дозируется, например, с помощью двух шнековых дозаторов и подается в измельчитель-смеситель, например, ножевого типа. После этого смесь поступает в бункер экструдера, где посредством загрузочной камеры направляется в шнековую часть экструдера. Захваченный шнеком продукт последовательно проходит зоны прессования и дозирования машины, а затем выводится через фильеру матрицы в вакуумную камеру.

В условиях быстрого перехода экструдата из области высоких давлений в зону пониженного давления, происходит декомпрессионный взрыв: вода, находящаяся в продукте, переходит в парообразное состояние с выделением значительного количества энергии, что приводит к деструкции клеточных структур обрабатываемого сырья и вспучиванию получаемого продукта. Его линейные размеры увеличиваются в 3...4 раза, что влечет за собой формирование развитой капиллярно-пористой структуры в получаемом экструдате.

Экструдат на выходе из фильеры матрицы с помощью вращающихся ножей разрезается на ча-

стицы размером 3-5 мм с тем, чтобы увеличить площадь поверхности обрабатываемого продукта и обеспечить условия для его интенсивного тепло-влагообмена с окружающей средой.

Длительность нахождения экструдата в вакуумной камере регулируется с помощью шлюзового затвора, и увеличение этого параметра связано, например, с высокой влажностью обрабатываемого сырья. При этом основной параметр, с помощью которого регулируется влажность получаемого экструдата – величина давления (вакуума) в вакуумной камере экструдера, которая достаточно просто регулируется с помощью вакуум-регулятора, используемого, например, в установках для доения коров.

В предлагаемой технологии смесь отходов животного и растительного происхождения экструдируется в течение 10...15 с при температуре 105...110 °С и на выходе из фильеры обрабатывается пониженным давлением (вакуумом) равным 0,05 ...0,09 МПа, при этом содержание влаги в готовом продукте регулируют величиной давления в вакуумной камере экструдера на уровне не более 12–14%.

### Результаты и их обсуждение

На основании приведенных в работе технических решений и технологических предложений можно сделать следующие выводы:

1. Технологический процесс экструдера, при котором перерабатываемое сырье из области высокого давления (2,0-2,7 МПа) в тракте машины поступает в вакуумную камеру экструдера с давлением 0,02...0,09 МПа, позволяет значительно интенсифицировать экструзионную обработку отходов животного и растительного происхождения и сушки получаемого продукта.

2. Предлагаемый способ термовакуумной обработки отходов животного и растительного происхождения упрощает технологию производства кормов и снижает затраты на ее реализацию.

### Список литературы

1. Кадыров, Д. Экструзионная переработка биологических отходов в корма/Д. Кадыров, А. Гарзанов, В. Плитман//Птицеводство. – 2008. – № 7. – С. 51–54.
2. Патент 2215427 Российская Федерация МПК А23 К1/10. Способ переработки отходов животного и растительного происхождения/О. Ю. Красильников, В. Л. Литман, № 2000119049; заявл. 17.07.2000; опубл. 10.11.2003.
3. Кутовой, В. А. Системный подход к решению термовакуумных процессов сушки гетерогенных материалов/В. А. Кутовой//Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 8 (66), Т. 6. – С. 40–44.
4. Курочкин, А. А. Регулирование функционально-технологических свойств экструдатов растительного сырья/А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, П. К. Воронина//Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 4. – С. 86–91.
5. Курочкин, А. А. Регулирование структуры экструдатов крахмалсодержащего зернового сырья/А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов, П. К. Воронина//Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 4. – С. 94–99.
6. Курочкин, А. А. Моделирование процесса получения экструдатов на основе нового технологического решения/А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов, П. К. Воронина//Нива Поволжья. – 2014. – № 1. – С. 30–35.
7. Курочкин, А. А. Экструдаты из растительного сырья с повышенным содержанием липидов/А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов, П. К. Воронина//Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 4. – С. 70–74.
8. Курочкин, А. А. Получение экструдатов крахмалсодержащего зернового сырья с заданной пористостью//А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов//XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2014. – № 06 (22). – С. 109–104.
9. Курочкин, А. А. Теоретические и практические аспекты экструзионной технологии в пивоварении/А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, В. В. Новиков//Нива Поволжья. – 2007. – № 1. – С. 20–24.
10. Курочкин, А. А. Обоснование рациональных параметров шнека пресс-экструдера в зоне загрузки/А. А. Курочкин, В. В. Новиков//XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2013. – № 06 (10). – С. 123–127.
11. Курочкин, А. А. Методологические аспекты теоретических исследований пресс-экструдеров для обработки растительного крахмалсодержащего сырья/А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, В. В. Новиков, С. В. Денисов//XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2013. – № 06 (10). – С. 46–55.

## THE TECHNOLOGY OF FODDER PRODUCTION BASED ON THERMAL TREATMENT OF WASTE FROM AGRICULTURAL PRODUCTION

*A. A. Kurochkin, D. I. Frolov*

The work is devoted to the rationale of improving the technology of recycling of animal and vegetable origin for fodder due to the intensification thermal influence on raw material during extrusion.

*Keywords: waste animal and vegetable origin, porous structure, thermal vacuum drying, extruder, vacuum chamber.*

### References

1. Kadyrov, D. Extrusion processing of biological waste in feed/A. Kadyrov, A. Karzanov, V. Plitman//Poultry. – 2008. № 7. – P. 51–54.
2. Patent 2460315 Russian Federation IPC A23L1/00. A method of producing extrudates/G. V. Shaburova, A. A. Kurochkin, P. K. Voronin, G. V. Auror, P. A. Erushov, № 20011107960; appl. 01.03.2011, publ. 10.09.2011, Bull. Number 25. – 6.
3. Kutovojs, V. A. A systematic approach to solving the thermal vacuum drying processes of heterogeneous materials/V. A. Kutovojs//East European Journal of advanced technologies. – 2013. – № 8 (66), V.6. – P. 40–44.

4. Kurochkin, A.A. Regulating the structure of the extrudates herbal/A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronina//Bulletin of the Samara State Academy of Agriculture. – 2013. – № 4. – P. 94–99.
5. Kurochkin, A.A. Regulation of functional and technological properties of the extrudates herbal/A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, P.K. Voronina//Bulletin of the Samara State Academy of Agriculture. – 2012. – № 4. – P. 86–91.
6. Kurochkin, A.A. Modeling of the process of obtaining extrudates based on the new technological solutions/A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronina//Niva Volga region. – 2014. № 1. – P. 30–35.
7. Kurochkin, A.A. Extrudates from vegetable raw materials with a high content of lipids/A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronina//Bulletin of the Samara State Academy of Agriculture. – 2014. № 4. – P. 70–74.
8. Kurochkin, A.A. Obtain extrudates starch-containing grain feedstock with a given porosity/A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov//XXI century: results and problems of this plus. – 2014. – № 06 (22). – P. 109–104.
9. Kurochkin, A.A. Theoretical and practical aspects of extrusion technology in brewing/A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, V.V. Novikov//Niva Volga region. – 2007. – № 1. – P. 20–24.
10. Kurochkin, A.A. Justification of rational parameters of the screw press of the extruder in the download area/A.A. Kurochkin, V.V. Novikov//XXI century: results and problems of this plus. – 2013. – № 06 (10). – P. 123–127.
11. Kurochkin, A.A. Methodological aspects of theoretical research press extruders for the processing of starch-containing vegetable raw materials/A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, V.V. Novikov, S.V. Denisov//XXI century: results and problems of this plus. – 2013. – № 06 (10). – P. 46–55.