

# ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

## TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

УДК 664.769

### Обоснование конструктивно-технологической схемы экструдера для обработки сырья с повышенной влажностью

*Курочкин А.А., Потапов М.А.*

**Аннотация.** Оснащение экструдера вакуумной камерой и реализация преимуществ термовакуумного эффекта при работе такой машины позволяет повысить энергоэффективность ее рабочего процесса путем замещения части энергии электрического привода энергией (теплотой) горячего пара, выделяющегося из экструдата в процессе интенсивного обезвоживания продукта в условиях пониженного давления. Для расширения сферы применения такого экструдера путем обработки сырья с повышенной влажностью в работе предлагается его конструктивно-технологическая схема с двухэтапным обезвоживанием экструдата после выхода его из рабочего тракта машины.

**Ключевые слова:** конструктивно-технологическая схема, экструдер, вакуумная камера, термовакуумный эффект, система для отвода и конденсации влаги.

**Для цитирования:** Курочкин А.А., Потапов М.А. Обоснование конструктивно-технологической схемы экструдера для обработки сырья с повышенной влажностью // Инновационная техника и технология. 2019. № 3 (20). С. 42–45.

### Justification of the design and technological scheme of the extruder for processing raw materials with high humidity

*Kurochkin A.A., Potapov M.A.*

**Abstract.** Equipment the extruder vacuum chamber and realize the benefits of the thermal effect during operation of such machine allows to increase the energy efficiency of its workflow by replacing part of energy of electric drive energy (heat) of hot steam emitted from the extrudate in the process of intensive dehydration of the product under reduced pressure. To expand the scope of application of such an extruder by processing raw materials with high humidity, we propose its design and technological scheme with two-stage dehydration of the extrudate after its exit from the working path of the machine.

**Keywords:** design and technological scheme, extruder, vacuum chamber, thermal vacuum effect, system for removal and condensation of moisture.

**For citation:** Kurochkin A.A., Potapov M.A. Justification of the design and technological scheme of the extruder for processing raw materials with high humidity. Innovative Machinery and Technology. 2019. No.3 (20). pp. 42–45. (In Russ.).

#### Введение

Базовый принцип, на котором основан рабочий процесс одношнекового экструдера – диссипация энергии электрического тока привода машины

в энергию неупорядоченных процессов (энергию теплоты) путем рассеивания механической энергии вращающегося рабочего органа. С позиции классической термодинамики такой принцип работы

машины имеет существенный недостаток с точки зрения его энергоэффективности.

Оснащение экструдера вакуумной камерой и реализация преимуществ термовакуумного эффекта при работе машины позволяет повысить энергоэффективность ее рабочего процесса путем замещения части энергии электрического привода энергией (теплотой) горячего пара, выделяющегося из экструдата в процессе его интенсивного обезвоживания в условиях пониженного давления.

Следующим этапом совершенствования такого типа экструдеров может быть разработка машины, способной перерабатывать сырье с повышенной влажностью, так как даже термовакуумный эффект в ее рабочем процессе не позволяет эффективно обезвоживать полученный экструдат до рационального значения влажности за один цикл переработки сырья с содержанием влаги 35-40%.

В процессе однократной обработки сырья в таком экструдере, содержание воды в готовом продукте обычно составляет около 50% от этого показателя в обрабатываемом сырье. Между тем, хорошая сохранность получаемого экструдата без обеспечения специальных условий в части температурного и воздушного режимов, обеспечивается при его влажности не больше 10-12,5%.

Системный анализ конструктивно-технологических схем существующих и предлагаемых различными исследователями одношнековых экструдеров позволяет предположить, что переработка сырья с повышенной влажностью может быть реализована с помощью экструдера, работающего по принципу двухэтапного обезвоживания экструдата после выхода его из рабочего тракта машины.

Цель работы – обоснование конструктивно-технологической схемы экструдера для обработки сырья с повышенной влажностью.

### Объекты и методы исследований

Объект исследования – конструктивно-технологическая схема одношнекового экструдера, в рабочем процессе которого реализован термовакуумный эффект.

### Результаты и их обсуждение

Предлагаемое в работе техническое решение одношнекового экструдера позволит повысить эффективность обезвоживания экструдата и обрабатывать с помощью такой машины сырье с повышенной влажностью (40-45%).

Модернизированный экструдер состоит из загрузочного бункера 1 (рис.), корпуса 2, шнека 3, фильеры матрицы 4, режущего устройства (на рисунке не показано) и двух вакуумных камер, оснащенных индивидуальными системами для отвода и конденсации влаги.

При этом в камере 5 экструдат подвергается предварительному обезвоживанию, а в камере 15 – окончательному.

Камера предварительного обезвоживания 5 включает в себя систему для отвода и конденсации влаги, состоящую из вакуумного насоса 9, вакуум-баллона 6, вакуум-регулятора 7 и вакуум-метра 8. Камера расположена соосно шнеку и фильере матрицы экструдера и в своей нижней части содержит воздушный кран 17. Кран служит для подсоса воздуха в вакуумную камеру, что в свою очередь интенсифицирует процесс отвода влажного пара от поверхности экструдата и дальнейшее его перемещение в вакуум-баллон 6. Воздушный кран находится в противоположной стороне от места размещения патрубка, соединяющего камеру с системой для отвода и конденсации влаги.

В камере предварительного обезвоживания размещено режущее устройство, выполненное в виде одного или нескольких вращающихся ножей, закрепленных на корпусе экструдера рядом с местом выхода экструдата из фильеры. Оно устанавливается для получения необходимого геометрического размера (длины) экструдата. Тем самым обеспечивается регулирования площади теплообмена получаемых частиц экструдата – чем меньше длина экструдата, тем больше суммарная поверхность теплообмена получаемого продукта с окружающей средой.

Камера окончательного обезвоживания 15 расположена последовательно первой и находится

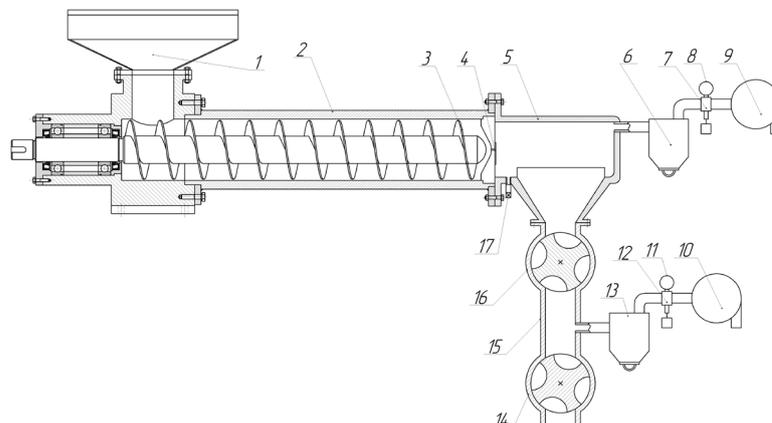


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема модернизированного экструдера

между двумя шлюзовыми затворами 16 и 14. С помощью патрубка она соединена со своей системой для отвода и конденсации влаги.

Системы для отвода и конденсации влаги каждой из камер идентичны по устройству и отличаются друг от друга величиной рабочего давления (вакуума).

Каждый из двух шлюзовых затворов 16 и 14 служит для выгрузки получаемого продукта без разгерметизации соответствующей вакуумной камеры экструдера и выполнен в виде корпуса цилиндрической формы с вращающимся в нем многолопастным ротором.

Вакуум-насосы 9 и 10 обеспечивают в соответствующих вакуумных камерах экструдера необходимую величину пониженного давления (вакуума).

Вакуум-баллоны 6 и 13 служат для сглаживания колебаний вакуума в системе, а также конденсации влаги отводимого из камер 5 и 15 горячего воздуха. Для удаления конденсата из системы вакуум-баллоны оснащены шарнирно закрепленными крышками с уплотняющим элементом (на рисунке позицией не обозначены).

Вакуум-регуляторы 7 и 12 необходимы для поддержания пониженного давления в вакуумных камерах 5 и 15 в заданных пределах при требуемой производительности машины, а также влажности обрабатываемого сырья и готового продукта.

Для контроля давления в вакуумных камерах экструдера служат вакуум-метры 8 и 11.

Рабочий процесс модернизированного экструдера осуществляется следующим образом. Обрабатываемое сырье поступает в загрузочный бункер 1. Захваченное шнеком 3, оно последовательно перемещается через зоны прессования и дозирования машины, при этом нагревается до температуры 120-130°C, а затем выводится через фильеру матрицы 4 в вакуумную камеру предварительного обезвоживания 5. При выходе из фильеры матрицы экструдат с помощью режущего устройства разрезается на частицы с заданной длиной.

Перемещаясь из области высокого давления (во внутреннем тракте экструдера) в зону низкого давления (в вакуумную камеру 5), сырье подвергается декомпрессионному взрыву, который представляет собой процесс мгновенного перехода воды, находящейся в сырье, в пар. Следует особо отметить, что в процессе перехода воды в газообразное состояние и испарения ее с поверхности (и частично – с более глубоких слоев экструдата), продукт охлаждается примерно на 20-30°C.

### Список литературы

- [1] Инновации в экструзии / А.А. Курочкин, П.К. Гарькина, А.А. Блинохватов. [и др.]. Пенза: РИО ПГАУ, 2018. 247 с.
- [2] Курочкин, А.А. Системный подход к разработке экструдера для термовакуумной обработки экструдата / А.А. Курочкин // Инновационная техника и технология. 2014. № 4 (01). С. 17-22.

Образующийся в процессе декомпрессионного взрыва горячий пар с помощью вакуумного насоса 9 перемещается в вакуум-баллон 6, где часть его конденсируется и в виде жидкости собирается в вакуум-баллоне. При этом в камеру 5 (камеру предварительного обезвоживания) с помощью воздушного крана 17 подается воздух, что в свою очередь интенсифицирует процесс отвода влажного пара от поверхности экструдата и дальнейшего его перемещения в вакуум-баллон 6. Вакуум-регулятор и впускаемый в камеру помощью крана 17 воздух обеспечивают в камере предварительного обезвоживания экструдера необходимое давление.

Предварительно обезвоженный в камере 5 экструдат с помощью шлюзового затвора 16 перемещается в камеру 15, где с помощью вакуумного насоса 10 поддерживается более низкое рабочее давление, чем в камере 5. Этого давления (вакуума) достаточно для того, чтобы экструдат с температурой примерно 90-100°C снова подвергся декомпрессионному взрыву, и часть оставшейся жидкости в продукте вскипела и выделилась из него в виде пара. Образующейся пар удаляется за пределы камеры 15 (камеры окончательного обезвоживания) в вакуум-баллон 13.

Содержание влаги в экструдированном продукте регулируют за счет давления в вакуумных камерах 5 и 15 с помощью вакуум-регуляторов 7 и 12, а также величиной подсоса воздуха посредством воздушного крана 17 камеры 5.

Таким образом, предлагаемая конструктивно-технологическая схема экструдера позволит повысить эффективность обезвоживания экструдата и обрабатывать с помощью модернизированного экструдера сырье с повышенной влажностью за один цикл переработки. Техническое решение модернизированного экструдера защищено патентом на полезную модель [7].

### Выводы

Предлагаемая конструктивно-технологическая схема экструдера с вакуумной камерой позволяет реализовать принцип двухэтапного обезвоживания экструдата после выхода его из рабочего тракта машины. Такая схема работы машины позволяет обрабатывать сырье влажностью 40-45% и получать экструдаты с содержанием влаги не больше 10-12,5%.

- [3] Курочкин, А.А. Технология производства кормов на основе термовакуумной обработки отходов с/х производства /А.А. Курочкин, Д.И. Фролов //Иновационная техника и технология. 2014. № 4. С. 36–40.
- [4] Курочкин, А.А. Теоретическое обоснование термовакуумного эффекта в рабочем процессе модернизированного экструдера /А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, П.К. Воронина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 3. С. 15-20.
- [5] Пат. 2561934 Российская Федерация МПК7 В29С47/12. Экструдер с вакуумной камерой / заявители: Г.В. Шабурова, П.К. Воронина, Р.В. Шабанов, А.А. Курочкин, В.А. Авроров; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВО Пензенский ГТУ.– № 2014125348; заявл. 23.06.2014; опубл. 10.09.2015, Бюл. № 25. 7с.
- [6] Пат. 2610805 Российская Федерация МПК А23К 40/25, А23К 10/26, А23К 10/37. Способ производства кормов /заявители: П.К. Воронина, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, А.Л. Мишанин; патентообладатель ФГОУ ВПО Пензенский ГТУ.– № 2015119627; заявл. 25.05.2015; опубл. 12.02.2017, Бюл. № 5. 8 с.
- [7] Пат. 189317 Российская Федерация СПК В29С 48/00. Экструдер с вакуумной камерой /заявители: П.К. Гарькина, В.М. Зимняков, А.А. Курочкин, О.Н. Кухарев; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВО Пензенский ГАУ.– № 2019105424; заявл. 26.02.2019; опубл. 22.05.2019, Бюл. № 19. 7с.

**References**

- [1] Innovations in extrusion /A. A. Kurochkin, P. K. Garkina, A. Blinokhvatov. [et al.] Penza: RIO PHAU, 2018. 247 p.
- [2] Kurochkin, A. A. System approach to the development of the extruder for thermal vacuum treatment of the extrudate /A. A. Kurochkin // Innovative engineering and technology. 2014. No 4 (01). Pp. 17-22.
- [3] Kurochkin, A. A. The technology of fodder production on the basis of thermal waste treatment/agricultural production /A. A. Kurochkin, D. I. Frolov // Innovative engineering and technology. 2014. No. 4. Pp. 36– 40.
- [4] Kurochkin, A. A. Theoretical substantiation of thermal vacuum effect in the working process of modernized extruder /A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, D. I. Frolov, P. K. Voronina //Izvestiya Samara state agricultural Academy. 2015. No. 3. Pp. 15-20.
- [5] Pat. 2561934 Russian Federation IPC7 V29S47 / 12. Extruder with vacuum chamber / applicants: G. V. shaburova, P. K. Voronina, R. V. Shabanov, A. A. Kurochkin, V. A. Avrorov; applicant and patentee of the Penza state technical University. - No. 2014125348; declared. 23.06.2014; publ. 10.09.2015, Byul. No. 25. 7 p.
- [6] Pat. 2610805 Russian Federation IPC A23K 40/25, A23K 10/26, A23K 10/37. Method of production of feed /appellants: P. K. Voronina, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, D. I. Frolov, L. A. Mishanin; patentee FGOU VPO Penza state technical University.– № 2015119627; declared. 25.05.2015; publ. 12.02.2017, Byul. No. 5. 8 p.
- [7] Pat. 189317 the Russian Federation is SPK B29C 48/00. Extruder with vacuum chamber / applicants: P. K. Garkina, V. M. Zimnyakov, A. A. Kurochkin, O. N. Kukharev; applicant and patentee of FGOU IN Penza GAU. - No. 2019105424; declared. 26.02.2019; publ. 22.05.2019, Byul. No. 19. 7 p.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<p><b>Курочкин Анатолий Алексеевич</b>                  доктор технических наук                  профессор кафедры «Пищевые производства»                  ФГБОУ ВО «Пензенский государственный                  технологический университет»                  440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11  <b>Тел.:</b> +7(927) 382-85-03  <b>E-mail:</b> anatolii_kuro@mail.ru</p>	<p><b>Kurochkin Anatoly Alekseevich</b>                  D.Sc. in Technical Sciences                  professor at the department of «Food productions»                  Penza State Technological University  <b>Phone:</b> +7(927) 382-85-03  <b>E-mail:</b> anatolii_kuro@mail.ru</p>
<p><b>Потапов Максим Александрович</b>                  аспирант кафедры «Пищевые производства»                  ФГБОУ ВО «Пензенский государственный                  технологический университет»                  440045, Пенза, ул. Ульяновская, д. 36, кв. 37  <b>Тел.:</b> +7(962) 473-86-96  <b>E-mail:</b> torrentskachat@mail.ru</p>	<p><b>Potapov Maxim Alexandrovich</b>                  postgraduate student of the department «Food productions»                  Penza State Technological University  <b>Phone:</b> +7(962) 473-86-96  <b>E-mail:</b> torrentskachat@mail.ru</p>