

## Модернизация двухкамерного вакуумного экструдера

*Курочкин А.А., Потапов М.А.*

**Аннотация.** Экструдеры, в рабочем процессе которых используется термовакuumный эффект, в сравнении с традиционной конструктивно-технологической схемой подобных машин, отличаются более высокой энергоэффективностью и позволяют перерабатывать сырье с повышенной влажностью. При этом доминирующее влияние на интенсивность обезвоживания готового продукта оказывает число вакуумных камер, а также их конструктивное решение и рабочие параметры. В работе представлены сведения по классификации вакуумных камер экструдеров, и на основе их критического анализа предложены мероприятия по модернизации запатентованной ранее машины с двухкамерной вакуумной системой. Установлено, что вакуум-баллон камеры окончательного обезвоживания модернизированного агрегата является избыточным элементом и его исключение не повлияет негативно на качество рабочего процесса вакуумного экструдера. Монтаж вакуум-регулятора на входе в камеру окончательного обезвоживания экструдера по сравнению с прототипом позволит повысить эффективность отвода образующегося пара. Предлагаемое техническое решение двухкамерного вакуумного экструдера позволит упростить его конструкцию и одновременно повысить эффективность обезвоживания получаемого продукта.

**Ключевые слова:** термовакuumный эффект, вакуумный экструдер, камера предварительного обезвоживания, камера окончательного обезвоживания.

**Для цитирования:** Курочкин А.А., Потапов М.А. Модернизация двухкамерного вакуумного экструдера // Инновационная техника и технология. 2021. Т. 8. № 3. С. 38–41.

## Modernization of a two-chamber vacuum extruder

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

**Abstract.** Extruders, in the working process of which the thermal vacuum effect is used, in comparison with the traditional design and technological scheme of such machines, are characterized by higher energy efficiency and allow processing raw materials with high humidity. At the same time, the number of vacuum chambers, as well as their design solution and operating parameters have a dominant influence on the intensity of dehydration of the finished product. The paper presents information on the classification of vacuum chambers of extruders, and based on their critical analysis, measures are proposed to modernize a previously patented machine with a two-chamber vacuum system. It is established that the vacuum cylinder of the final dewatering chamber of the upgraded unit is an excess element and its exclusion will not negatively affect the quality of the working process of the vacuum extruder. Installation of a vacuum regulator at the entrance to the final dehydration chamber of the extruder in comparison with the prototype will increase the efficiency of the removal of the generated steam. The proposed technical solution of a two-chamber vacuum extruder will simplify its design and at the same time increase the efficiency of dehydration of the resulting product.

**Keywords:** thermal vacuum effect, vacuum extruder, pre-dewatering chamber, final dewatering chamber.

**For citation:** Kurochkin A.A., Potapov M.A. Modernization of a two-chamber vacuum extruder. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2021. Vol. 8. No. 3. pp. 38–41. (In Russ.).

## Введение

Экструдеры, в основе работы которых используется термовакуумный эффект, в сравнении с традиционными конструкциями подобных машин, отличаются более высокой энергоэффективностью и позволяют перерабатывать сырье с повышенной влажностью. Характерным технологическим признаком термовакуумных экструдеров является то, что готовый продукт (экструдат) после выхода из фильеры машины поступает для обезвоживания и охлаждения не в открытую область с атмосферным давлением, а перемещается в герметичную камеру, в которой поддерживается давление ниже атмосферного. В этом случае жидкость, находящаяся в экструдате, кипит и испаряется при более низкой температуре, чем в условиях атмосферного давления, что позволяет использовать более мягкий режим экструзии, а с другой – разделить процесс обезвоживания на несколько этапов и получить готовый продукт с небольшим содержанием влаги за один рабочий цикл машины (агрегата). Очевидно, что в таких экструдерах интенсивность обезвоживания готового продукта зависит от числа и конструктивных особенностей вакуумных камер, а также их рабочих параметров. [1-3].

Научное обоснование данного направления в эволюции одношнековых экструдеров позволяет предположить, что наиболее рационально оснащать такие машины двумя камерами: предварительного и окончательного обезвоживания (рис. 1).

В камере предварительного обезвоживания в принципе нет необходимости в высоком вакууме при условии рабочей температуры в тракте машины 120-140°C. В этом случае сразу после декомпрессионного взрыва температура экструдата снизится примерно на 20-30°C, что обеспечит повторный декомпрессионный взрыв при давлении в камере окончательного обезвоживания 50-55 кПа.

Обычно камера предварительного обезвоживания позволяет снизить содержание влаги в готовом продукте (по сравнению с сырьем) примерно в 2 раза. Интенсивность обезвоживания во второй камере, как правило, ниже, чем в первой и зависит от величины вакуума и времени нахождения обрабатываемого продукта в камере окончательного обезвоживания.

Анализ предложенной классификации показывает, что высокое значение вакуума (давления ниже атмосферного) в камере окончательного обезвоживания может быть получено с помощью вакуумного насоса – ротационного, водокольцевого или плунжерного. Целесообразность применения того или иного типа насоса диктуется экономической целесообразностью и глубиной рабочего вакуума в камере экструдера.

Что касается камеры предварительного обезвоживания, то в известных к настоящему времени патентах предлагается использовать вентилятор, эжектор или насос [1, 4].

Цель работы – модернизация двухкамерного экструдера для обработки сырья с повышенной влажностью.

## Объекты и методы исследований

Объект исследования – одношнековый экструдер, оснащенный двумя вакуумными камерами.

## Результаты и их обсуждение

Объект модернизации включает в себя загрузочный бункер 1 (рис. 2), корпус 2, камеры предварительного обезвоживания 5 и камеру окончательного обезвоживания 17.

В корпусе 2 смонтирован рабочий орган, выполненный в виде шнека. В зоне выхода из корпуса перемещаемого шнеком сырья расположена фильера матрицы экструдера (плоская пластина с просверленными в ней одним или несколькими отверстиями).

Камера предварительного обезвоживания экструдата 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. Данная камера расположена соосно шнеку и фильере матрицы экструдера.

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 (на рис. 1 не показано). Режущее устройство служит для получения одного из необходимых геометрических размеров экструдата – его длины. Еще один размер – диаметр получаемого экструдата, зависит от диаметра отверстия (отверстий) фильеры.

Длина и диаметр экструдата оказывают непосредственное влияние на площадь теплообмена получаемых частиц конечного продукта, а значит и на интенсивность его обезвоживания.

Камера окончательного обезвоживания 15 расположена последовательно камере предварительного обезвоживания и находится между шлюзовыми затворами 10 и 14.

Шлюзовые затворы служат для выгрузки получаемого продукта без разгерметизации соответствующих камер экструдера и выполнены в виде



Рис. 1. Классификация вакуумных камер экструдеров

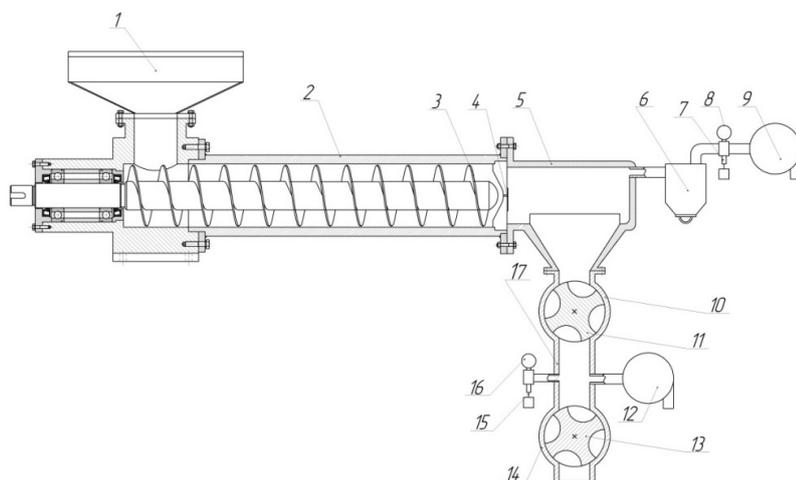


Рис. 2. Схема модернизированного экструдера:  
 1 – загрузочная камера; 2 – корпус; 3 – шнек; 4 – фильера матрицы; 5 – камера предварительного обезвоживания;  
 6 – вакуум-баллон; 7, 15 – вакуум-регулятор; 8, 16 – вакуум-метр; 9, 12 – вакуумный насос; 10, 14 – шлюзовые затворы;  
 11, 13 – ротор; 12 – вакуумный насос; 17 – камера окончательного обезвоживания

корпуса цилиндрической формы с вращающимся в нем многолопастным ротором.

Вакуум-насосы 9 и 12 обеспечивают в соответствующих камерах экструдера необходимую величину пониженного давления (вакуума).

Вакуум-баллон 6 служит для сглаживания колебаний вакуума в системе, а также конденсации влаги отводимого из камеры горячего воздуха. Для удаления конденсата из системы вакуум-баллон оснащен шарнирно закрепленной крышкой с уплотняющим элементом (на рисунке позицией не обозначена).

Вакуум-регуляторы 7 и 15 необходимы для поддержания пониженного давления в рабочих камерах 5 и 17 в заданных пределах при требуемой производительности машины, а также влажности обрабатываемого сырья и готового продукта.

Для контроля давления в рабочих камерах экструдера служат вакуум-метры 8 и 16.

В базовой конструкции вакуумного экструдера, выполненной по авторскому свидетельству №189317 [4], камера окончательного обезвоживания с помощью патрубка соединена со своей вакуумной системой, включающей вакуум-баллон, вакуум-регулятор и вакуум-метр.

Анализ конструктивно-технологической схемы прототипа показывает, что вакуум-баллон в данном случае является ее избыточным элементом и его отсутствие практически никак не повлияет на рабочий процесс экструдера. Объясняется это тем, что одной из основных функций вакуум-баллона является сглаживание колебаний давления воздуха в вакуумной системе в процессе поступления в нее воздуха. В рассматриваемой вакуумной системе камеры окончательного обезвоживания роль вакуум-баллона (без ущерба для качества работы экструдера) может выполнять сама камера. При этом представляется весьма рациональным перенос вакуум-регулятора и вакуум-метра на вход камеры окончательного обезвоживания с тем, чтобы в случае превышения вакуума в сравнении с заданным значением, подсос воздуха

вакуум-регулятором в камеру позволял улучшить эвакуацию водяных паров из нее.

Рабочий процесс модернизированного экструдера осуществляется следующим образом. Из загрузочного бункера 1 сырье с помощью шнека 3 последовательно перемещается через зоны прессования и дозирования экструдера. Нагретое до температуры 120-130°C, оно выводится через фильеру матрицы 4 в 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. При этом вследствие практически мгновенного перехода воды в газообразное состояние и испарения ее с поверхности (и частично – с более глубоких слоев экструдата), продукт охлаждается примерно на 20-30°C.

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 нижней части баллона. Вакуум-регулятор 7 обеспечивают в камере предварительного обезвоживания экструдера необходимое давление.

Из камеры 5 экструдат шлюзовым затвором 11 перемещается в камеру окончательного обезвоживания 17, где с помощью вакуумного насоса 12 поддерживается более низкое рабочее давление, чем в камере предварительного обезвоживания. Этого давления (вакуума) достаточно для того, чтобы вода, оставшаяся в экструдате при температуре примерно 90-100°C, снова закипела и образовала пар. Полученный пар удаляется за пределы камеры 15 с помощью вакуум-насоса.

Содержание влаги в экструдированном продукте регулируют за счет давления в камерах предварительного и окончательного обезвоживания с помощью вакуум-регуляторов 7 и 15.

Таким образом, предлагаемая модернизация экструдера позволит упростить его конструкцию и одновременно повысить эффективность обезвоживания получаемого продукта.

### Выводы

Установлено, что вакуум-баллон камеры окончательного обезвоживания модернизированного агрегата является избыточным элементом и его

исключение не окажет отрицательного влияния на качество рабочего процесса вакуумного экструдера. Монтаж вакуум-регулятора на входе в камеру окончательного обезвоживания экструдера по сравнению с прототипом позволит повысить эффективность отвода образующегося пара. Предлагаемое техническое решение двухкамерного вакуумного экструдера позволит упростить его конструкцию и одновременно повысить эффективность обезвоживания получаемого продукта.

### Литература

- [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.
- [3] 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.
- [4] 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. 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.
- [4] Pat. 189317 The Russian Federation is SPK В29С 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>Потанов 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> makspotapov@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> makspotapov@mail.ru</p>