

УДК 631.83:66.022.55:621.77.07

О. М. ВОЛЧЕК

Барановичский государственный университет, Барановичи, Беларусь

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ГРАНУЛИРОВАННОГО ХЛОРИСТОГО КАЛИЯ

Предлагаются новые конструкции оборудования, позволяющего эффективно производить гранулированный хлористый калий при повышенных температурах прессования. Представлен турболопастной смеситель-агломератор непрерывного действия, предназначенный для агломерирования мелкозернистых и пылевидных частиц хлористого калия, который позволяет получить значительное межмолекулярное сцепление механоактивированных поверхностей перерабатываемых частиц. Особенностью аппарата является рабочая цилиндрическая полость с загрузочным и разгрузочными окнами, внутри которой размещен вал с закрепленными на нем перемешивающими элементами трех типов. Предложена конструкция вальц-пресса для прессования частиц хлористого калия при высоких температурах, отличительной особенностью которого является наличие системы охлаждения валков постоянно циркулирующей охлаждающей жидкостью, что исключает налипание частиц прессуемого материала на рабочие поверхности валков.

Ключевые слова: вальц-пресс, смеситель-агломератор, хлористый калий.

Введение. Одной из наиболее важных операций в производстве калийных удобрений является процесс гранулирования [1, с. 377]. Постоянно ведутся разработки, связанные с повышением производительности оборудования, обеспечивающего процесс производства гранул. В работе [2] показано, что увеличение температуры прессования со 120 до 140 °С позволяет существенно повысить производительность грануляционных установок при сохранении высоких прочностных и гранулометрических характеристик готовой продукции. Однако переход на более высокие температуры прессования в условиях обогатительных фабрик ОАО «Беларуськалий» требует совершенствования существующего оборудования.

Так, при проведении лабораторных и экспериментальных исследований была установлена важность проведения на этапе подготовки шихты к прессованию структурной агломерации поступающих в процесс мелкозернистых и пылевидных частиц хлористого калия [3, 4]. В действующих флотационных фабриках такая операция осуществляется в приспособленных для этих целей лопастных смесителях, конструкция которых была изначально предназначена для иных целей. Выполненный анализ показал, что указанные аппараты имеют ряд конструктивных недостатков, в результате которых в них недостаточно эффективно осуществляются гомогенизация шихты по гранулометрическому составу и влажности, и механоактивация частиц хлористого калия со структурной агломерацией. В результате не обеспечивается необходимое качество процесса подготовки шихты и производится избы-

точная дозировка структурообразующего реагента, не соответствующая стехиометрии по отношению к компонентам шихты. При этом отечественная промышленность не выпускает аппаратов, специально разработанных для непрерывного крупнотоннажного агломерирования мелкозернистых и пылевых частиц хлористого калия или других минеральных удобрений.

В литературе описаны только возможные подходы к созданию таких аппаратов на основе лопастных грануляторов [5]. В качестве основы для разработки аппарата для структурной агломерации минеральных удобрений представляет интерес смеситель-гранулятор непрерывного действия для гранулирования сыпучих материалов в производстве стеновой керамики, описанный в работе [6]. Перспективной также представляется конструкция горизонтального смесителя для непрерывного гранулирования комбикормов [7], отличительной особенностью которого является наличие ротора с закрепленными по винтовой линии лопатками.

Кроме того, в процессе исследования прессования подготовленной шихты в вальц-прессах была выявлена проблема налипания продукта на рабочих поверхностях валков при температуре выше 120–130 °С. Предлагаемые способы предотвращения такого налипания, предусматривающие подачу в зону контакта прессуемого материала с валками различных антиадгезионных смазок [8–10], являются нетехнологичными и не могут быть использованы при получении гранулированного хлористого калия. Решением данной проблемы при одновременном сохранении высокого качества готового продукта может быть снижение температуры рабочей поверхности валков путем подачи охлажденной воды в их внутреннюю полость [11]. Однако известные технические решения не могут быть использованы в современных высокопроизводительных вальц-прессах, предназначенных для крупнотоннажного гранулирования минеральных удобрений.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что для обеспечения высокой производительности прессования хлористого калия существует необходимость разработки аппарата непрерывного действия для структурной агломерации поступающих на прессование мелкозернистых и пылевидных частиц хлористого калия, а также вальц-пресса с охлаждаемыми валками.

Разработка аппарата для структурной агломерации шихты. Для обеспечения непрерывной структурной агломерации мелкозернистых и пылевидных частиц хлористого калия в процессе подготовки шихты к прессованию предложена конструкция турболопастного смесителя-агломератора непрерывного действия. Основная задача заключалась в создании в аппарате равномерного энергетического поля высокой плотности, образуемого потоком материала, который способен обеспечить получение межмолекулярного сцепления, достаточного для качественной структурной агломерации продукта.

На рисунке 1 представлен чертеж установки турболопастного смесителя-агломератора, серийное изготовление которого налажено в ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством» под маркой ТЛА-080. Аппарат имеет следующие технические характеристики:

внутренний диаметр рабочей камеры – 800 мм, длина рабочей камеры – 3720 мм, частота вращения вала ротора – 310 об/мин, плотность потока мелкозернистой шихты до 500 т/ч·м².

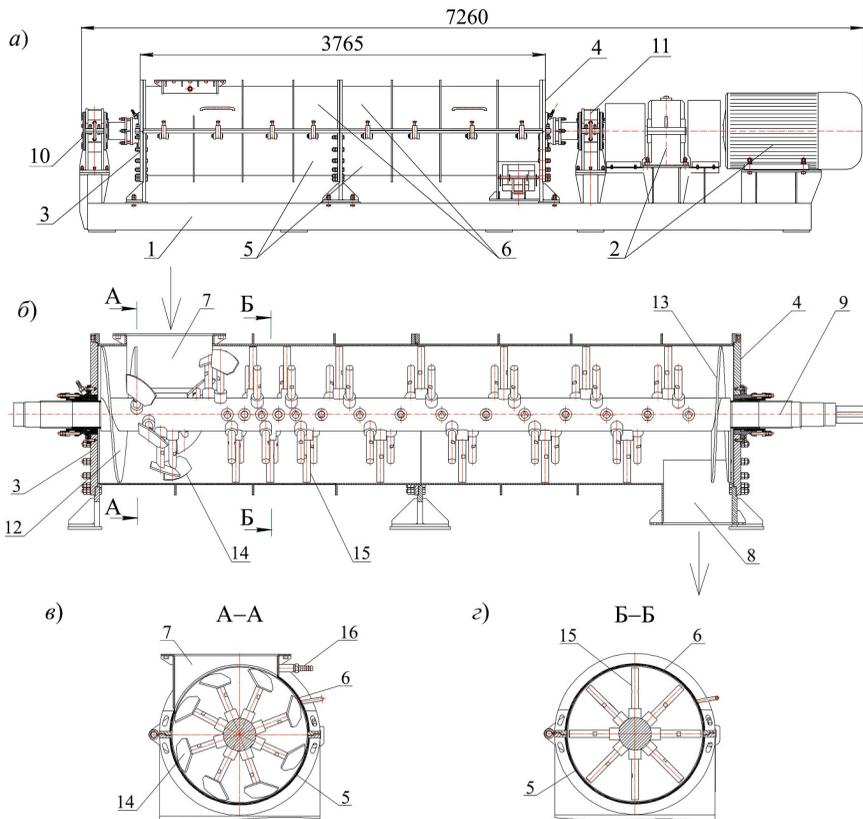


Рисунок 1 – Турболопастной смеситель-агломератор ТЛА-080:

а – общий вид устройства с приводом; *б* – смеситель в разрезе; *в* – разрез А-А; *г* – разрез Б-Б

Смеситель-агломератор непрерывного действия включает раму 1, привод 2, корпус с плоскими торцевыми стенками 3 и 4, корытом 5, крышкой 6. Загрузочное окно 7 выполнено в крышке 6, а разгрузочное 8 – в корыте 5. Внутри корпуса размещен вал 9 с закрепленными на нем перемешивающими элементами, опорные подшипники 10 и 11 которого установлены на раме 1. Торцевые стенки 3 и 4, корыто 5 и крышка 6 образуют рабочую камеру цилиндрической формы. Крышка 6 связана с корытом 5 с помощью нескольких шарнирных соединений, закрепленных последовательно вдоль одной из его продольных сторон, и фиксируется в закрытом состоянии с помощью винтовых зажимов, которые прикреплены к корыту вдоль противоположной про-

дольной стороны устройства. Места прохода вала 9 через торцевые стенки 3 и 4 загерметизированы с помощью уплотнительных устройств.

На валу 9 закреплены три типа перемешивающих элементов:

– элементы 12 и 13 шнекового типа, образующие минимально возможный зазор с торцевыми стенками 3 и 4 соответственно; направление спирали таких элементов приспособлено для перемещения материала при вращении вала в направлении к центру цилиндрической полости, в сторону, противоположную соответствующим торцевым стенкам;

– элементы 14, выполненные в виде радиально расположенных цилиндрических стержней с лопатками на конце, которые размещены под загрузочным окном 7 по винтовой линии; лопатки при вращении вала перемещают материал, поступающий через загрузочное окно в сторону разгрузочного;

– элементы 15, выполненные в виде радиально расположенных цилиндрических стержней, установленных в зоне между загрузочным и разгрузочным окнами по винтовой линии; данные элементы закреплены с переменным шагом, увеличивающимся в сторону разгрузочного окна 8, а именно первые два витка таких элементов со стороны перемешивающих элементов 14 выполнены с более коротким шагом.

Устройство работает следующим образом. Привод 2 приводит во вращение вал 9 с закрепленными на нем перемешивающими элементами. В загрузочное окно 7 подаются мелкозернистые и пылевидные частицы хлористого калия, которые с помощью форсунки 16 орошаются структурообразующим реагентом. Из загрузочного окна 7 материал поступает в рабочую камеру и подается лопатками перемешивающего элемента 14 в направлении разгрузочного окна 8 в зону расположения элементов 15, где осуществляется структурная агломерация. Цилиндрическая форма стержней 15 позволяет обеспечить интенсивное перемешивание и накопление материала по всему объему цилиндрической полости. При этом материал из зоны расположения элементов 15 постепенно перемещается в направлении разгрузочного окна 8 вследствие кинетического давления вновь поступающих частиц, создаваемого лопатками перемешивающих элементов 14. Таким образом в зоне расположения стержней 15 образуется равномерное энергетическое поле высокой плотности, создаваемое потоком материала, которое обеспечивает получение механоактивированных поверхностей обрабатываемых частиц, обладающих высоким межмолекулярным сцеплением, достаточным для качественной структурной агломерации продукта. Наличие элементов 12 и 13 шнекового типа позволяет предотвратить налипание материала на торцевые стенки 4 и 5, отгаливая его от этих стенок.

Более короткий шаг первых витков перемешивающих элементов 15 обеспечивает быструю гомогенизацию частиц хлористого калия и тем самым ускоряет процесс их дальнейшей структурной агломерации.

Изготовленные аппараты были поставлены в отделения грануляции обогатительных фабрик ОАО «Беларуськалий» для комплектации технологических

линий подготовки шихты к прессованию. Опытно-промышленные испытания подтвердили эффективность разработанных технических решений как с точки зрения качества процесса агломерации флотационного хлористого калия, так и с точки зрения технической надежности устройства. В частности, внедрение усовершенствованных турболопастных смесителей-агломераторов на участках подготовки шихты в отделениях грануляции позволило рекомендовать снижение дозировки применяемого структурообразующего реагента карбоната натрия до количества, соответствующего стехиометрии по отношению к хлоридам кальция и магния: 0,9–1,0 кг/т готового гранулированного продукта.

Создание усовершенствованной модели вальц-пресса с охлаждаемыми валками. На основании выработанных технологических требований к прессованию галургического хлористого калия в условиях повышенных температур разработана конструкция вальц-пресса с охлаждаемыми валками. Предложенное совместно со специалистами ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством» техническое решение связано с глубокой модернизацией выпускаемого на этом предприятии вальц-пресса типа ПВП 650×1000. Чертежи разработанного оборудования представлены на рисунках 2 и 3.

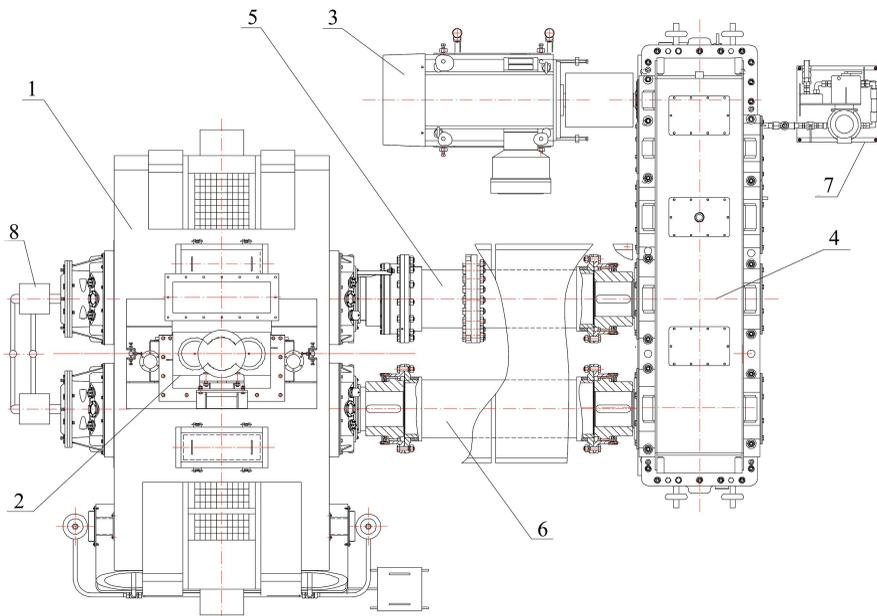


Рисунок 2 – Общий вид установки прессования

На рисунке 2 изображен общий вид установки прессования, которая состоит из вальц-пресса 1, подпрессовщика 2, электродвигателя 3 и редуктора 4

привода валков, регулировочного 5 и соединительного 6 валов, маслостанции 7, а также системы охлаждения валков 8.

Конструкция вала вальц-пресса (рисунок 3), в свою очередь, включает вал 1 с закрепленным на нем бандажом 2, узлы 3 и 4 опорных подшипников, установленные в раме 5 вальц-пресса, узел 6 упорных подшипников и зубчатую полушестерню 7, закрепленную на валу 1 со стороны привода вальц-пресса.

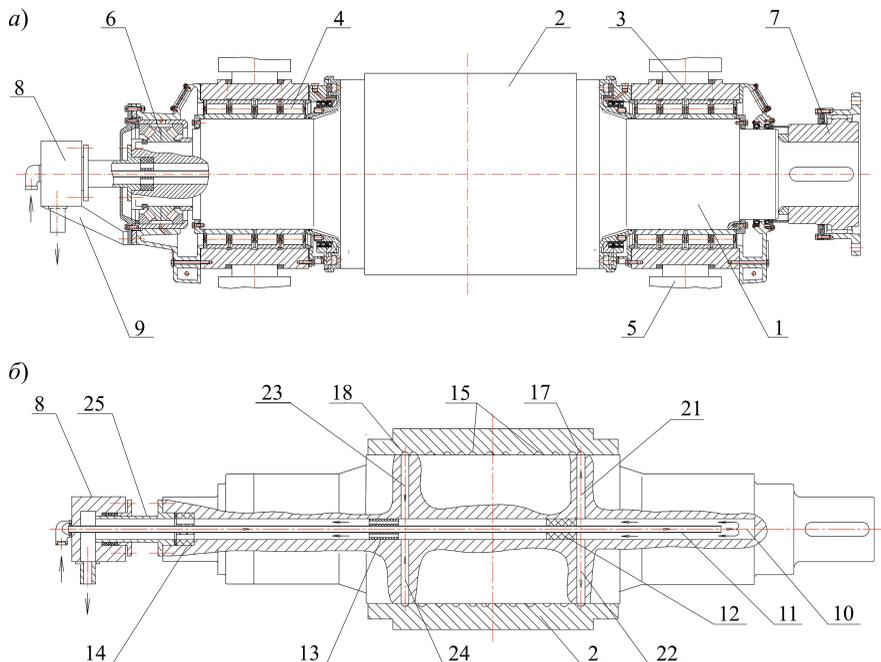


Рисунок 3 – Валок вальц-пресса:
а – валок в сборе; б – валок в разрезе

Для снижения температуры рабочей поверхности валков они оборудованы системой охлаждения, включающей ряд элементов. Распределительная головка 8 закреплена на торцевой крышке вала соосно с валом 1 с помощью кронштейнов 9. Вал 1 имеет внутреннюю цилиндрическую полость 10. Труба 11 подачи охлаждающей жидкости закреплена в направляющих втулках 12, 13, 14, выполненных с применением антифрикционных материалов, причем втулка 12 глухо перекрывает живое сечение цилиндрической полости 10, а втулки 13 и 14 имеют сквозные отверстия, обеспечивающие проток охлаждающей жидкости через них. Спиральный канал 15 образован спиральной канавкой 16, выполненной на внутренней поверхности бандажа 2, и ответной поверхностью вала 1. Кольцевые каналы 17 и 18 образуются кольцевыми канавками 19 и 20, выполненными на внутренней поверхности бан-

даже 2, и ответной поверхностью вала 1. Радиально расположенные каналы 21 и 22 соединяют цилиндрическую полость 10 с кольцевым каналом 17, а аналогично расположенные каналы 23 и 24 – цилиндрическую полость 10 с кольцевым каналом 18. Труба 25 жестко и соосно оси вала 1 закреплена на его торце с образованием общего канала с цилиндрической полостью 10. Распределительная головка 8 включает корпус, стенки которого образуют внутреннее пространство, соединенное с трубой 25 отвода охлаждающей жидкости и патрубком, приспособленным для присоединения к магистральному трубопроводу слива отработанной охлаждающей жидкости. Труба 11 подачи охлаждающей жидкости закреплена в распределительной головке 8 с возможностью подсоединения внешнего напорного трубопровода подачи охлаждающей жидкости.

В ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством» начато производство модернизированного прессового оборудования для комплектации отделений грануляции хлористого калия. Опытно-промышленные испытания показали, что разработка обеспечивает снижение высоких температур нагрева рабочих поверхностей валков в процессе прессования материалов. Степень охлаждения валков определяется объемом и температурой поступающей охлаждающей жидкости.

Заключение. Предложена конструкция турболопастного смесителя-агломератора непрерывного действия, позволяющего обеспечить создание равномерного потока мелкозернистых и пылевидных частиц хлористого калия с высокой плотностью энергетического поля, который позволяет создать необходимую степень межмолекулярного сцепления механоактивированных поверхностей перерабатываемых частиц. Конструкционной особенностью аппарата является рабочая цилиндрическая полость с загрузочным и разгрузочными окнами, внутри которой размещен вал с закрепленными на нем перемешивающими элементами трех типов.

Разработан и внедрен вальц-пресс, позволяющий осуществлять компактирование частиц хлористого калия при высоких температурах. Отличительной особенностью разработанного устройства является наличие системы охлаждения валков постоянно циркулирующей охлаждающей жидкостью, что исключает налипание частиц прессуемого материала на рабочие поверхности валков.

Таким образом, предлагаемые технические решения дают возможность эффективного производства гранулированного хлористого калия при повышенных температурах прессования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Garrett, D. E.** Potash: Deposits, Processing, Properties and Uses / D. E. Garrett. – London : Chapman & Hall, 1996. – 734 p.
- 2 **Peraschuk, S. V.** Influence of the pressing temperature of halurgic potassium chloride on the operating conditions of the granulation plants / S. V. Peraschuk, O. M. Volchek,

V. Ya. Prushak // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Physical-technical series. – 2022. – Т. 67, № 3. – С. 263–268.

3 Разработка технологий кондиционирования мелкодисперсного и гранулированного хлорида калия / В. В. Шевчук [и др.] // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Сер. хім. навук. – 2019. – Т. 55, № 3. – С. 288–298.

4 Андреева, Н. К. Повышение качества калийных удобрений на основе улучшения физико-химических свойств исходного продукта / Н. К. Андреева // Горный журнал. – 2016. – № 4. – С. 76–79.

5 Классен, П. В. Гранулирование / П. В. Классен, И. Г. Гришаев, И. П. Шомин. – М. : Химия. – 1991. – С. 53.

6 Казаков, А. И. Оборудование для смешивания и гранулирования сыпучих материалов в производстве стеновой керамики / А. И. Казаков, Г. И. Стороженко // Строительные материалы. – 2011. – № 4. – С. 10–11.

7 Смеситель : пат. 14698 Респ. Беларусь : МПК (2006.01): В 01F 7/04 / А. В. Иванов, А. Э. Кошак, Ж. В. Кошак. – а 20090653 ; заявл. 06.05.09; опубл. 30.08.11. – 2 с.

8 Антиадгезионная смазка форм при формовании и получении изделий из синтетических полимеров : пат. 2014231 Россия : МПК В 29С 33/64 / В. А. Литвинова, А. И. Лаговский, О. В. Пахомова. – 19915017886 ; заявл. 09.07.91 ; опубл. 15.06.94. – 2 с.

9 Способ снижения налипания солей на поверхности валковых пресс-грануляторов : пат. 2764206 Россия : МПК (2006.01): В 08В 17/02, В 08В 3/02, В 08В 9/00 / В. З. Пойлов [и др.]. – 2020130283 ; заявл. 14.09.20 ; опубл. 14.01.22. – 7 с.

10 Пресс валковый для брикетирования полидисперсных сыпучих материалов : пат. 2450930 Россия : МПК (2006.01): В 30В 11/18 / П. И. Шашмурын [и др.]. – 20100132543 ; заявл. 02.08.10 ; опубл. 20.05.12. – 2 с.

11 Устройство для охлаждения валков : а. с. 266196 СССР : МПК³ В 29В 3/00 / Н. Д. Дугинец. – 1269147/23-5 ; заявл. 06.09.68 ; опубл. 17.03.70. – 3 с.

O. M. VOLCHEK

Baranovich State University, Baranovich, Belarus

IMPROVEMENT OF EQUIPMENT FOR THE PRODUCTION OF GRANULAR POTASSIUM CHLORIDE

There are proposed new designs of equipment that allows to product a granular potassium chloride efficiently at increased pressing temperatures. A turboblade mixer-agglomerator of continuous operation is presented, it is designed for agglomeration of fine-grained and dust-like potassium chloride particles, that makes it possible to obtain significant intermolecular adhesion of the mechanically activated surfaces of the processed particles. A feature equipment is a working cylindrical cavity with loading and unloading windows, a shaft with fixed three types of mixing elements is placed inside it. A roller press design for the potassium chloride particles pressing at high temperatures is proposed, its distinctive feature is the presence of a cooling system for the rolls with a constantly circulating coolant, that prevents the pressed material particles from sticking to the working surfaces of the rolls.

Keywords: roller press, agglomerator mixer, potassium chloride.

Получено 24.11.2022