УДК 622.363.2:622.788.32(047)(476)

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРЕССОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ КАЛИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Прушак В.Я. (ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством», Беларусь), Данилов В.А. (Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь), Кондратчик Н.Ю. (УО «Барановичский государственный университет», г. Барановичи, Беларусь)

Рассмотрены основные направления совершенствования процесса и оборудования для компактирования мелкозернистого хлористого калия при производстве калийных удобрений путем его прокатки на вальц-прессах. Проанализированы пути повышения производительности вальц-прессов и плотности конечного продукта за счет рациональных схем прессования и конструктивных параметров его рабочих органов.

Введение

Интенсивное развитие калийной промышленности в Беларуси определяет актуальность повышения технического уровня технологического оборудования, применяемого на заключительной стадии производства удобрений. Мелкозернистый концентрат хлористого калия, полученный флотационным и галургическим методами, не соответствует требованиям к гранулометрическому составу калийных удобрений, поэтому технология их производства включает процесс компактирования – перевода материала из порошкообразного в спрессованное состояние определенной формы (рифленую ленту). Полученный на этой стадии производства материал далее подвергается дроблению и классификации с целью отделения кондиционной фракции от остального продукта, подлежащего последующей переработке в гранулы нужного размера.

Эффективность технологии производства калийного удобрения во многом зависит от совершенства применяемого прессового оборудования. Из множества известных в промышленности методов прессования порошкообразных материалов (изостатическое уплотнение в эластичной оболочке, прессование в закрытой пресс-форме, вибрационное, импульсное, мундштучное прессование и т.п.) в калийном производстве применяется прокатка мелкозернистого хлористого калия на вальцевых (валковых) прессах, обеспечивающих непрерывность и высокую производительность процесса (до 70 т/ч и более) при относительно меньших затратах энергии и эксплуатационных расходах по сравнению с другими видами прессования.

Высокая стоимость зарубежного оборудования данного типа обуславливает актуальность производства отечественных высокопроизводительных вальцевых прессов. В Беларуси их проектирует и выпускает ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством». На рисунке 1 представлены общий вид вальц-пресса и одно из исполнений его валка с формующими элементами на рабочих поверхностях, изготовленных этим предприятием.

Практический опыт эксплуатации валковых прессов при производстве хлористого калия показывает, что они не всегда обеспечивают равномерное распределение прессуемого материала по ширине валков и полное исключение из него газов, не позволяют в должной степени управлять предварительным уплотнением исходного материала и, следовательно, давлением прессования, что отрицательно влияет на качество спрессованного материала.

а

б

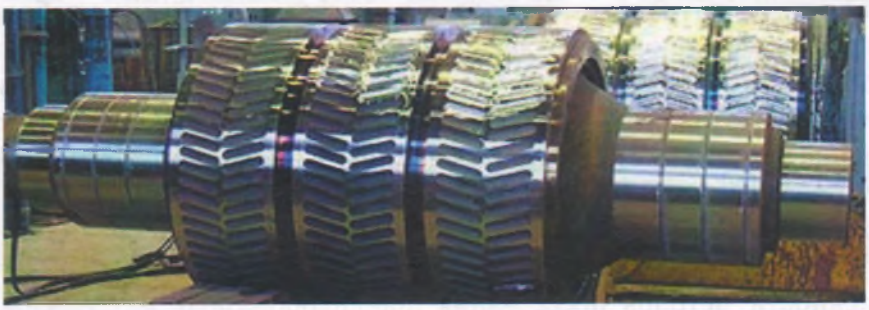


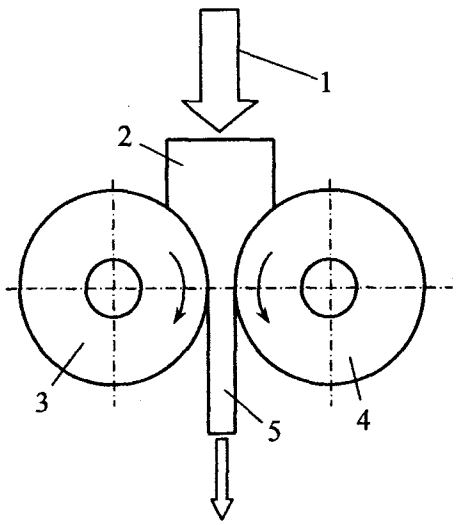
Рисунок 1. – Общий вид вальц-пресса (а) и валка с формующими элементами на рабочих поверхностях (б)

Отмеченные обстоятельства определяют актуальность исследований и практических разработок в этой области, направленных на повышение производительности и качества прессования, надежности функционирования вальц-прессов. В статье рассмотрены некоторые пути решения этих задач.

Совершенствование схемы прессования

Схема прессования хлористого калия, реализуемая на вальцевом прессе, показана на рисунке 2. Исходный материал 1 в порошкообразном состоянии подается через бункер 2 к вращающимся навстречу друг другу валкам 3 и 4 вальц-пресса и уплотняется ими под действием создаваемого в зоне прессования давления.

Рабочая поверхность валков в зависимости от требуемой формы спрессованного материала может быть гладкой или иметь формующие элементы (рисунок 1б) определенной формы и размеров [1, 2], влияющих на условия прессования, развиваемое



1 – прессуемый материал; 2 – бункер; 3, 4 – валки; 5 – плитка
Рисунок 2. – Схема прессования

удельное давление, износостойкость рабочей поверхности валка, а также на выбор метода и трудоемкость обработки [3].

В результате взаимодействия с валками порошкообразный исходный продукт трансформируется в твердое тело с определенной плотностью (гладкую или рифленую ленту, брикеты и т.п.), в соответствии с конфигурацией формующих элементов рабочих поверхностей валков.

Валки установлены на станине пресса в подшипниковых опорах, при этом опоры одного валка прикреплены к ней жестко, а опоры другого валка установлены с возможностью перемещения относительно станины под действием гидроцилиндров или пружин, что позволяет стабилизировать усилие прессования и предотвратить отказ пресса при попадании между валками высокопрочных объектов. Зазор между валками настраивается, исходя из требуемой толщины и плотности спрессованного материала.

В современных вальц-прессах каждый валок оснащен индивидуальным приводом, в качестве которого применяются регулируемые двигатели постоянного тока или переменного тока, а также гидромоторы. Валки с общим приводом соединяются между собой зубчатой передачей, обеспечивающей синхронное их вращение и неизменное относительное расположение. Такая стабилизирующая зубчатая передача используется иногда и при оснащении валков индивидуальными приводами.

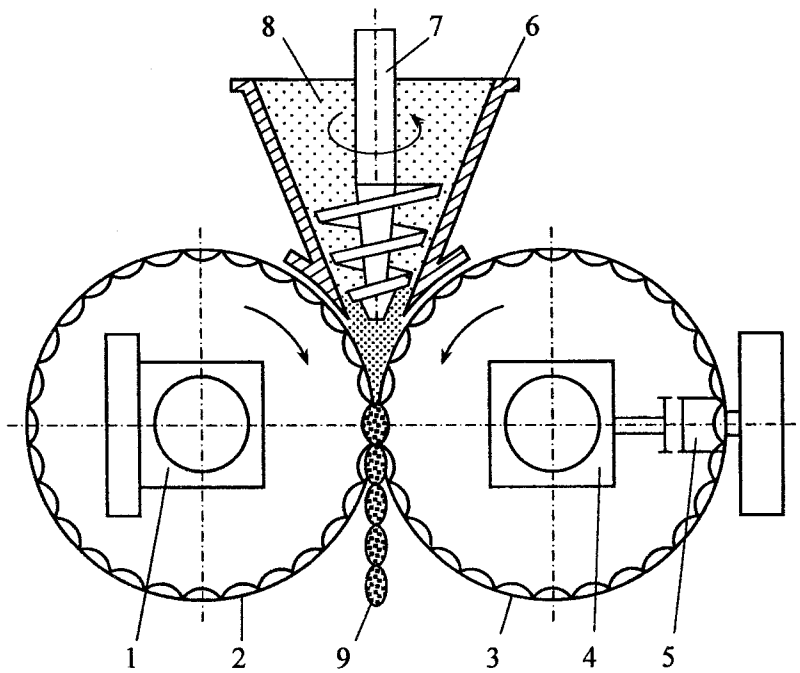
Обеспечение высокой плотности спрессованного материала является важной технико-экономической задачей, т.к. с увеличением плотности конечного продукта повышается производительность вальц-пресса. Ее решение представляет определенные технические трудности, что обусловлено вытеснением воздуха из прессуемого материала навстречу подаваемому материалу, из-за чего он может находиться в псевдоожиженном состоянии. Это препятствует равномерному поступлению исходного материала в зону деформации, уменьшает его плотность, которая вблизи рабочих поверхностей валков в результате насыщения исходного материала воздухом становится меньше его насыпной плотности, что отрицательно влияет на плотность конечного продукта.

Повысить плотность последнего можно за счет увеличения диаметра валков, уменьшения частоты их вращения, а также применения специального устройства (подпрессовщика) для уплотнения материала перед поступлением его в зону прессования. В валковых прессах применяются подпрессовщики различного конструктивного исполнения: барабанные, роторные, шнековые, вибрационные и др. Подпрессовщик должен повышать плотность материала, подаваемого в зону прессования, обеспечивать удаление из него скоплений воздуха, равномерную подачу и распределение материала по ширине валков, что важно для достижения высокой плотности конечного продукта и, следовательно, производительности вальц-пресса.

Вальц-прессы для сыпучих материалов оснащаются обычно шнековыми подпрессовщиками с цилиндрическими или коническими шнеками, приводимыми во вращение индивидуальными приводами. Согласно рисунку 3, вальц-пресс оснащен подпрессовщиком с коническим шнеком 7, расположенным вертикально над валками 2 и 3,

первый из которых снабжен неподвижной опорой 1, а второй – опорой 4, имеющей возможность горизонтального перемещения посредством гидроцилиндра 5.

Над валками 2 и 3 расположен бункер 6, в который подается исходный материал 8. Под действием силы тяжести и шнека 7 он поступает на вращающиеся валки 2, 3 и при прохождении между ними подвергается уплотнению (прессованию), которое сопровождается деформацией частиц материала и вытеснением из него воздуха. В результате формируется конечный продукт 9.

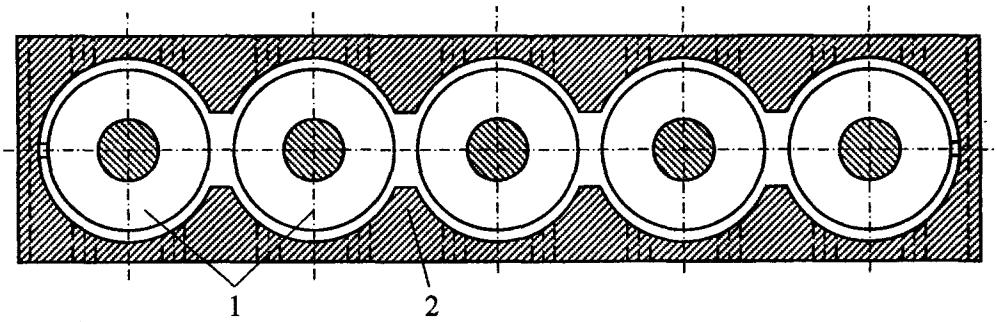


1 – неподвижная опора; 2, 3 – валки; 4 – плавающая опора; 5 – гидроцилиндр; 6 – бункер; 7 – шнек подпрессовщика; 8 – исходный материал; 9 – конечный продукт
Рисунок 3. – Конструктивная схема вальц-пресса со шнековым подпрессовщиком

Коническая форма бункера 6 и шнека 7 способствуют увеличению давления, создаваемого подпрессовщиком, что позволяет поместить в каждый формующий элемент валка больше исходного материала, чем при его подаче только под действием силы тяжести. Благодаря этому увеличивается производительность вальц-пресса и создаются условия для прессования с более высоким давлением, а также повышается плотность конечного продукта. Этому способствует и то, что под действием подпрессовщика происходит перемешивание прессуемого материала и более интенсивное удаление из него воздуха. В этой связи одним из направлений совершенствования вальц-прессов является обоснованный выбор схемы прессования и конструкции подпрессовщика.

Характерным недостатком схемы питания вальц-пресса исходным материалом при вертикальном расположении шнеков является неравномерность его распределения по ширине валков, что является одной из причин различной плотности конечного продукта. Совершенствование конструкции вальц-прессов по этому признаку возможно за счет оптимизации количества и расположения шнеков относительно друг друга и валков, с тем чтобы минимизировать их негативное взаимное влияние и обеспечить равномерную подачу исходного материала в зону прессования по всей ширине валков. С этой целью, например, согласно [4], шнеки 1 (рисунок 4) устанавливают в отдельном корпусе 2 шнекового питателя, конструкция которого обеспечивает разделение шнеков и соз-

даваемых ими потоков прессуемого материала, повышая тем самым равномерность его поступления по ширине валков вальц-пресса.

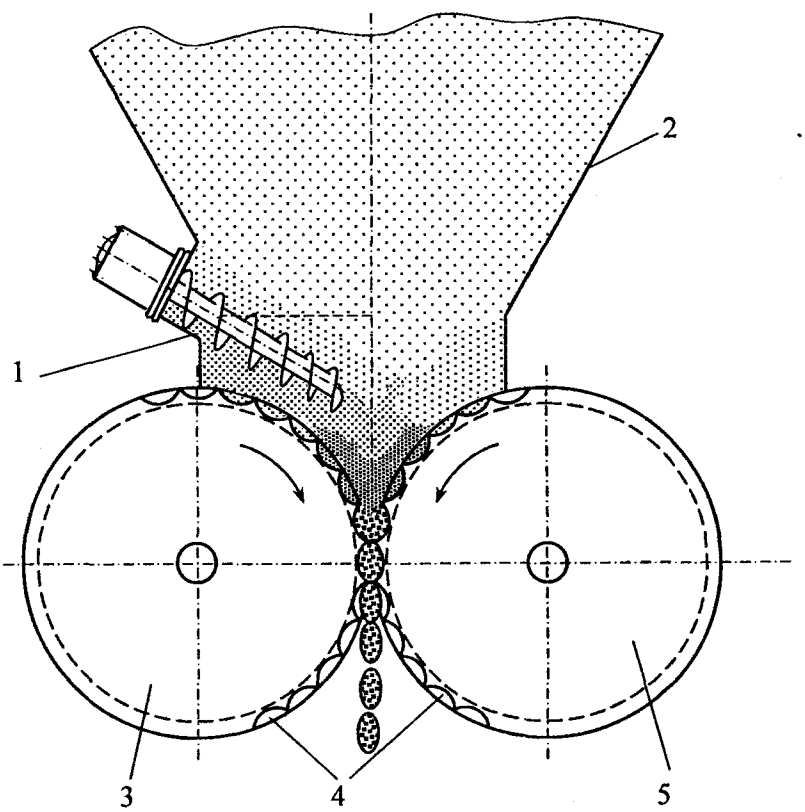


1 – шнек; 2 – корпус шнекового питателя

Рисунок 4. – Схема расположения шнеков в корпусе шнекового питателя вальц-пресса

Аналогично, взаимное влияние шнеков может быть ограничено с помощью разделителей в виде перегородок между ними.

Заслуживает внимания схема питания вальцевого пресса при расположении шнека 1 (рисунок 5) в нижней части бункера 2 под углом к вертикальной плоскости в непосредственной близи к рабочей поверхности валка 3 [5].



1 – шнек; 2 – бункер; 3, 5 – валки; 4 – формующие элементы

Рисунок 5. – Конструктивная схема вальц-пресса с наклонно расположенным шнековым подпрессовщиком

Такое решение обеспечивает возможность подачи исходного материала в зону захвата с некоторым избытком и уплотнением, и, следовательно, более полное и рав-

номерное заполнение им формующих элементов 4 валков 3 и 5, а также получение конечного продукта с повышенной плотностью.

Практическое значение имеет оптимизация конструктивных параметров шнека и частоты его вращения с целью достижения требуемого эффекта по предварительному уплотнению прессуемого материала. Этот эффект может быть усилен, например, в существующих конструкциях вальц-прессов при их модернизации путем применения шнеков переменного шага (рисунок 6). Такой шнек по сравнению с коническим (рисунок 3), также создающим подпрессовку исходного материала, обеспечивает его подачу на большую площадь и более равномерное распределение по ширине валка. Переменный шаг лопасти шнека кроме транспортной функции обеспечивает более высокую степень уплотнения исходного материала по сравнению со шнеком постоянного шага, благодаря более плавному сжатию материала, тем самым улучшаются условия отвода воздуха из него, а значит – снижается степень разрыхления прессуемой массы. В результате на выходе из пресса валкового получают готовый продукт прессованного материала одинаковой плотности заданных параметров.

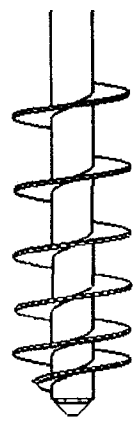


Рисунок 6. – шнек переменного шага

Практическое значение имеет определение частоты вращения шнека с учетом ее влияния на давление подпрессовки и долговечность шнека, подверженного абразивному и другим видам изнашивания при взаимодействии с хлористым калием, что требует проведения экспериментальных исследований по обоснованию выбора материалов и методов повышения их износостойкости с учетом абразивных и агрессивных свойств хлористого калия.

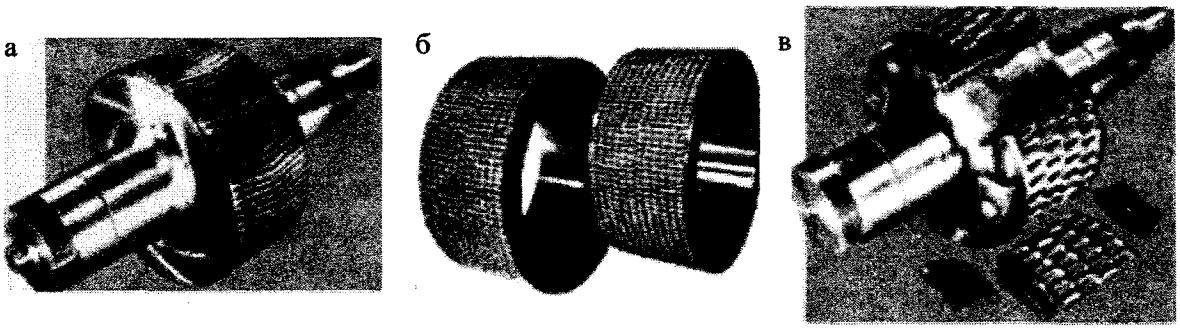
Совершенствование конструкции валков

Это направление повышения эффективности проектируемых и модернизируемых вальц-прессов связано с тем, что от диаметра и ширины валков зависит количество формующих элементов на его рабочей поверхности и, следовательно, производительность пресса. Кроме повышения производительности с увеличением диаметра валка обеспечивается лучшее обжатие материала, и уменьшается его обратный поток из зоны прессования. Однако при этом возрастают металлоемкость и потребление энергии, усложняются конструкторские решения, повышается стоимость изготовления валков. Поэтому значение диаметра валков для прессования сыпучих материалов обычно не превышает 1,0-1,1 м.

Повышение производительности вальц-пресса за счет увеличения ширины валков также имеет ограничения из-за сложности равномерного распределения исходного материала по формующим элементам. Эксплуатационные характеристики валков, в частности, долговечность, зависят от материала, из которого они изготовлены, поэтому обоснование его выбора с учетом абразивных и химических свойств хлористого калия является необходимым условием высокой эффективности вальц-пресса.

По конструкции валки подразделяются на цельные (рисунок 7а) и сборные (рисунок 7б, 7в). Последние оснащаются бандажными кольцами (рисунок 7б) или сменными сегментами (рисунок 7в). Благодаря сборной конструкции повышается ремонтопригодность валков. Кроме того, применение бандажных колец и сменных сегментов

позволяет изготавливать валки с рациональным сочетанием физико-механических свойств их рабочей и несущей частей, упрощает технологию их восстановления.



а – цельный валок; б – насадные бандажные кольца валка;
в – валок со съемными сегментами
Рисунок 7. – Конструктивные исполнения валков

Рабочие поверхности валков должны обладать достаточной износостойкостью и контактной прочностью, поэтому бандажные кольца изготавливаются из легированной износоустойчивой стали, например 9ХФ, или легированного чугуна, содержащего около 3 % хрома. Для повышения долговечности наружная поверхность цельных вальцов и бандажных колец закаливается на глубину 2,0...2,5 мм.

Преимуществом валков со сменными механически прикрепляемыми сегментами является возможность их быстрой замены, что позволяет уменьшить затраты на техническое обслуживание вальц-пресса. Кроме того, сегментные бандажи, благодаря сборной конструкции, не препятствуют тепловому расширению валков во время работы, что повышает их долговечность.

Основными геометрическими параметрами валков кроме диаметра и ширины являются также форма, размеры и расположение формующих элементов на его рабочей поверхности [1, 2]. От формы и размеров последних зависят условия захвата валками исходного материала и отделения от них конечного продукта, давление прессования, создаваемое при работе в формирующих элементах, равномерность распределения в них напряжений, условия выхода газов из прессуемого материала, долговечность рабочих поверхностей и т.д., а также затраты на изготовление валков.

Определение рациональных параметров валков и материала их рабочей части требует проведения экспериментальных исследований применительно к конкретным условиям производства и эксплуатации вальц-прессов.

Заключение

Из изложенного следует, что характерными условиями эксплуатации прессового оборудования в калийном производстве является непрерывность работы, абразивность хлористого калия, повышенное давление прессования.

Для получения при требуемой производительности качественного конечного продукта прессовое оборудование, исходя из условий производства, должно обеспечивать стабильную во времени подачу исходного материала в зону прессования, равномерное по ширине валков его распределение и обжатие, достаточную износостойкость рабочих поверхностей валков и высокую ремонтопригодность. В этой связи актуальными задачами совершенствования вальц-прессов, улучшения их технических и эксплуатационных характеристик являются:

- увеличение производительности;
- уменьшение объема неспрессованного материала;
- создание условий для равномерного нагружения и изнашивания валков по ширине;
- обеспечение требуемого качества прессования по ширине формируемой плитки путем равномерного распределения прессуемого материала по ширине валков и его уплотнения с помощью подпрессовщиков, уменьшение содержания воздуха в конечном продукте;
- повышение долговечности и ремонтопригодности валков за счет рациональной конструкции, обоснованного применения материалов, методов их термической и химико-термической обработки;
- сокращение затрат на изготовление валков за счет применения эффективных методов их обработки и станочного оборудования.

Практическое значение имеет разработка методов прогнозирования и оценки остаточного ресурса валков, технологий их восстановления.

Список цитированных источников

1. **Грузглина, С.Н.** Исследование и совершенствование формующих элементов вальцовых брикетных прессов: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.02.08 / С.Н. Грузглина; Днепропетровский горный институт им. Артема. – Днепропетровск, 1973. – 24 с.

2. **Баюл, К.В.** Разработка параметров формующих элементов валковых прессов для брикетирования мелкофракционных металлургических отходов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08 / К.В. Баюл; НМетАУ. – Днепропетровск, 2008. – 20 с.

3. **Данилов, В.А.** Анализ методов обработки формирующих элементов на валках вальц-прессов фасонными фрезами / В.А. Данилов, В.Я. Прушак, Н.Ю. Кондратчик // Горная механика и машиностроение. – 2015. – № 4. – С. 46-54.

4. Валковый пресс для брикетирования: а.с. 1397309 СССР, МКИ В30В11/18 / И.И. Петроченкова, В.А. Дунаев, В.М. Орлов, С.В. Капленко; Колпинское отделение ВНИ и проектно-конструкторского института металлургического машиностроения «ВНИИМЕТМАШ». – № 4145101/23-27; заявл. 10.11.86; опубл. 23.05.88 // Бюллетень. – 1988. – № 19.

5. Валковый пресс для брикетирования полидисперсных сыпучих материалов: пат. РФ 2450929, МПК В30В15/30, В30В11/18 / В.Я. Шапошников, В.С. Загайнов, П.И. Шамшурин, М.И. Ступов; ЗАО «Управляющая компания «НКА-Холдинг». – заявл. 02.08.10; опубл. 20.05.12.

Prushak V.Ya., Danilov V.A., Kondratchik N.Yu.

Ways of improving the pressure equipment of potash production

The article describes the main directions of improvement of process and equipment for compacting fine-grained potash chloride in the production of potash fertilizers by rolling it on the roller presses. The ways of efficiency improving of roller presses and density of end-product by means of sustainable compression circuits and design values of its operative parts have been analyzed.

Поступила в редакцию 06.07.2016 г.