

*Л. А. Сиваченко, д-р техн. наук, проф.;* \* *Н. В. Курочкин; А. Н. Хустенко*  
ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

\*ЗАО «ЗАПАГРОМАШ», г. Минск

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ НА ОСНОВЕ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ**

В статье рассматриваются не отдельно взятые измельчительные модули, а технологические комплексы, где эти модули используются.

Работы в области разработки и исследования дробильно-измельчительных машин ударного действия на кафедре СДПТМиО проводятся с 1991 г. За этот период создано несколько видов измельчителей различного технологического назначения с вертикальным и наклонным расположением ротора. Типоразмерный ряд этого оборудования охватывает диаметры рабочих камер от 400 до 1500 мм и производительность от 0,5 до 250 т в час. По этим разработкам изготовлено более 100 агрегатов различного назначения, защищены 3 кандидатские диссертации, получено 20 патентов на изобретение и опубликовано более 100 научных статей.

В данной статье авторы предлагают остановиться на рассмотрении не отдельно взятых измельчительных модулей, а на технологических комплексах, где эти модули используются. Ниже приведены несколько примеров использования такого оборудования в составе технологических линий или производств.

**Комплекс для производства комбикормов** включает в себя набор оборудования, ориентированный на обеспечение нужд отдельных хозяйств или их объединений, а также крупных ферм и комплексов, включает в себя пандус 1, завальную яму 3 в которую автомобиль 2 выгружает зерновой продукт подаваемый элеватором 4 в бункер 5. Бункер 5 может иметь несколько отделений для различных культур, например, пшеницы и овса (рис. 1).

Из бункера 5 сырье дозатором 6 выдается в дробилку 7 ударного действия, измельчается и поступает в лотковый пружинный смеситель-диспергатор 8, где смешивается и до измельчается с другими компонентами, образующими необходимый состав комбикорма, подготавливаемыми в агрегате 9 ввода добавок и далее выгружается в бункер-усреднитель 10 в котором смесь "калибруется" по составу и по мере готовности выдается в автомобиль 11 для доставки к месту потребления. Всё технологическое оборудование смонтировано в производственном корпусе.

Комплекс спроектирован под реальные условия, в т. ч. может быть выполнен путем реконструкции старых зерносушильных установок, имеющих практически во всех хозяйствах. Состав оборудования и его компоновка выполнены таким образом, чтобы, во-первых, получить качественный продукт, во-вторых, упростить технологию производства, исключив из нее сложные операции дозирования, и, в-третьих, обеспечить стабильность работы и снизить производственные издержки.

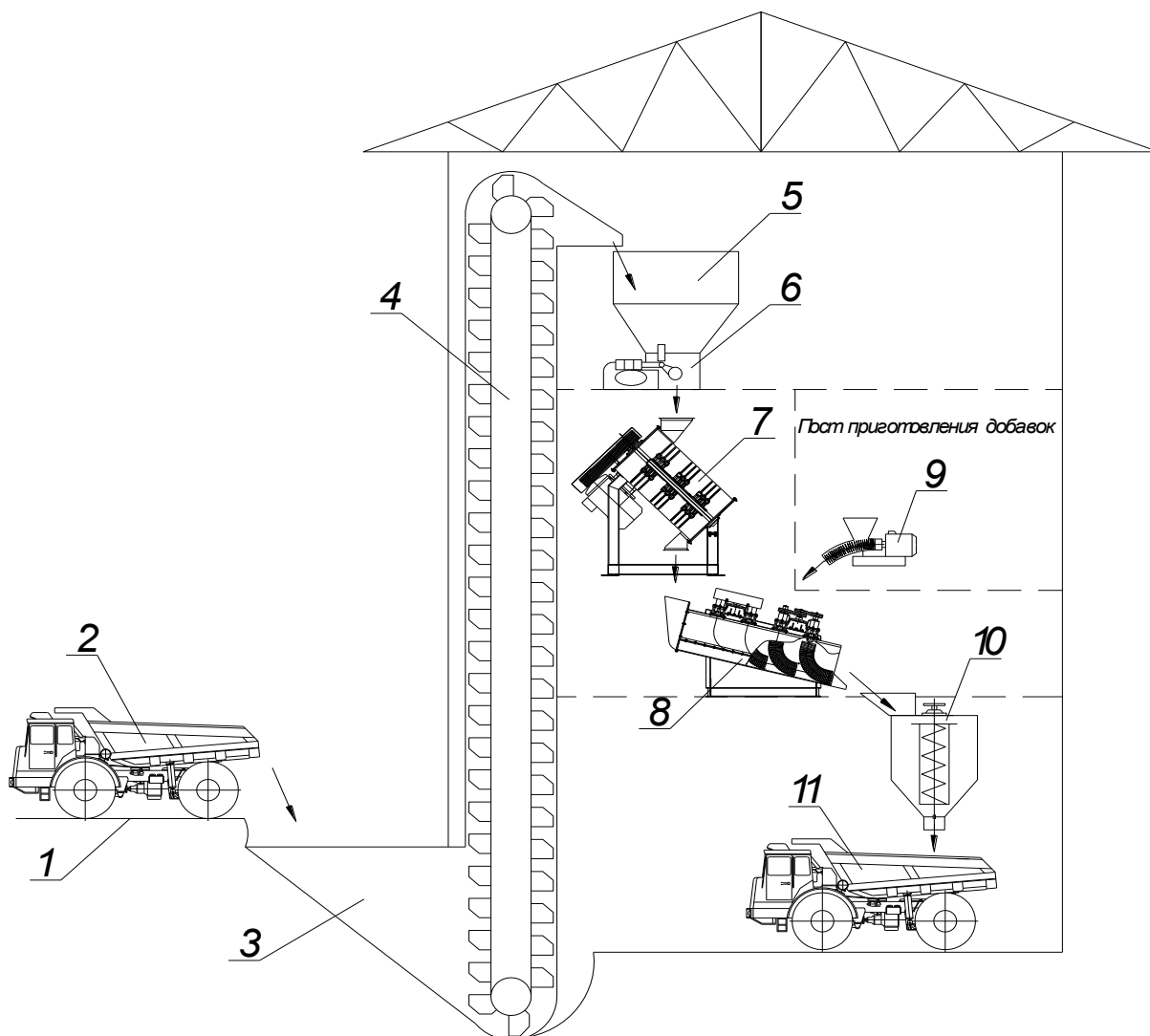


Рис. 1. Комплекс для производства комбикормов: 1 – пандус; 2, 11 – самосвал; 3 – завальная яма; 4 – элеватор; 5 – бункер; 6 – дозатор; 7 – дробилка; 8 – диспергатор; 9 – агрегат для ввода добавок; 10 – бункер-усреднитель

**Комплекс производства извести** основан на использовании шахтного способа обжига, в части помола являющейся его модернизации содержит многосекционную молотковую дробилку, рабочее оборудование которой выполнено в виде секций, между которыми имеются свободные зоны, являющиеся технологически важными, т. к. в них естественным образом происходит нужный по условиям процесса разрушения переход материала от верхней секции к нижней (рис. 2).

Наличие расширительной камеры, которая создает условия для затормаживания окружного движения частиц и придания им необходимых кинематических характеристик, обеспечивающих повышение эффективности действия ударных элементов на каждом из рядов бил, так же является существенным достоинством предлагаемой дробилки.

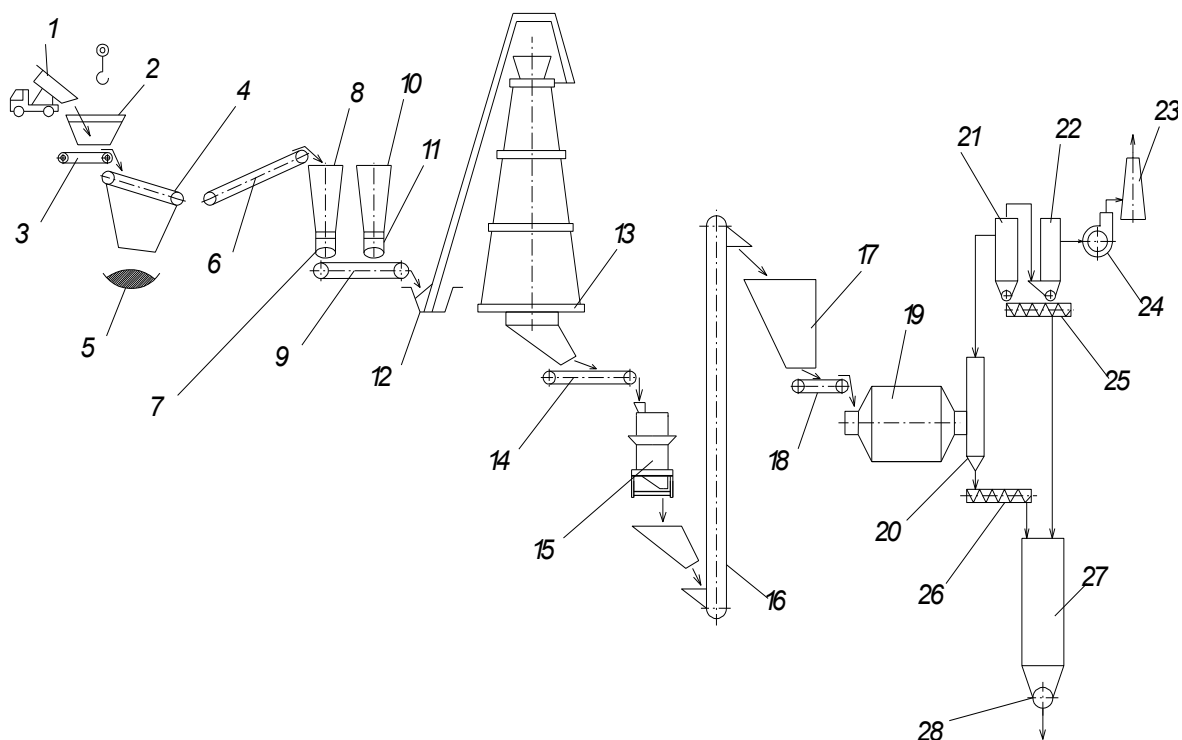


Рис. 2. Технологическая схема производства извести: 1 – автосамосвал; 2, 8, 10, 17 – бункер; 3, 14, 18 – питатель; 4 – виброгрохот; 5 – штабель; 6, 9 – ленточный конвейер; 7, 11, 28 – дозатор; 12 – скиповый подъемник; 13 – шахтная печь; 15 – молотковая дробилка; 16 – элеватор; 19 – шаровая мельница; 20 – аспирационная коробка; 21 – циклон; 22 – фильтр; 23 – дымовая труба; 24 – вентилятор; 25, 26 – винтовой конвейер; 27 – силос

**Комплекс производства силикатного кирпича.** Технологическая схема производства силикатного кирпича показана на рис. 3. Исходными материалами для её изготовления являются песок (92 %), известь (до 8 %) и вода. Песок доставляют из карьера или централизованных складов автомобильным или железнодорожным транспортом и через приемные устройства подают в бункера расходного склада. Известь приготавливается в специальном отделении, оснащённом установками для дробления известкового камня, обжиговыми печами и помольным оборудованием.

Известково-песчаное вяжущее изготавливается путем совместного помола извести и песка. Готовая смесь подается пневмотранспортом в расходные бункера заготовительного отделения, где после обработки в силосах-реакторах подвергается вторичному перемешиванию и до увлажнения.

При необходимости получения окрашенного кирпича цветную силикатную смесь получают методом объемного окрашивания с добавкой пигментов, которые подвергаются испытаниям на свето- и щелочестойкость, проходят сушку, помол, просеивание и подаются в раздаточные бункера. Для равномерного распределения цветной массы в известково-песчаной смеси предусматривается двухстадийное перемешивание смеси с пигментом.

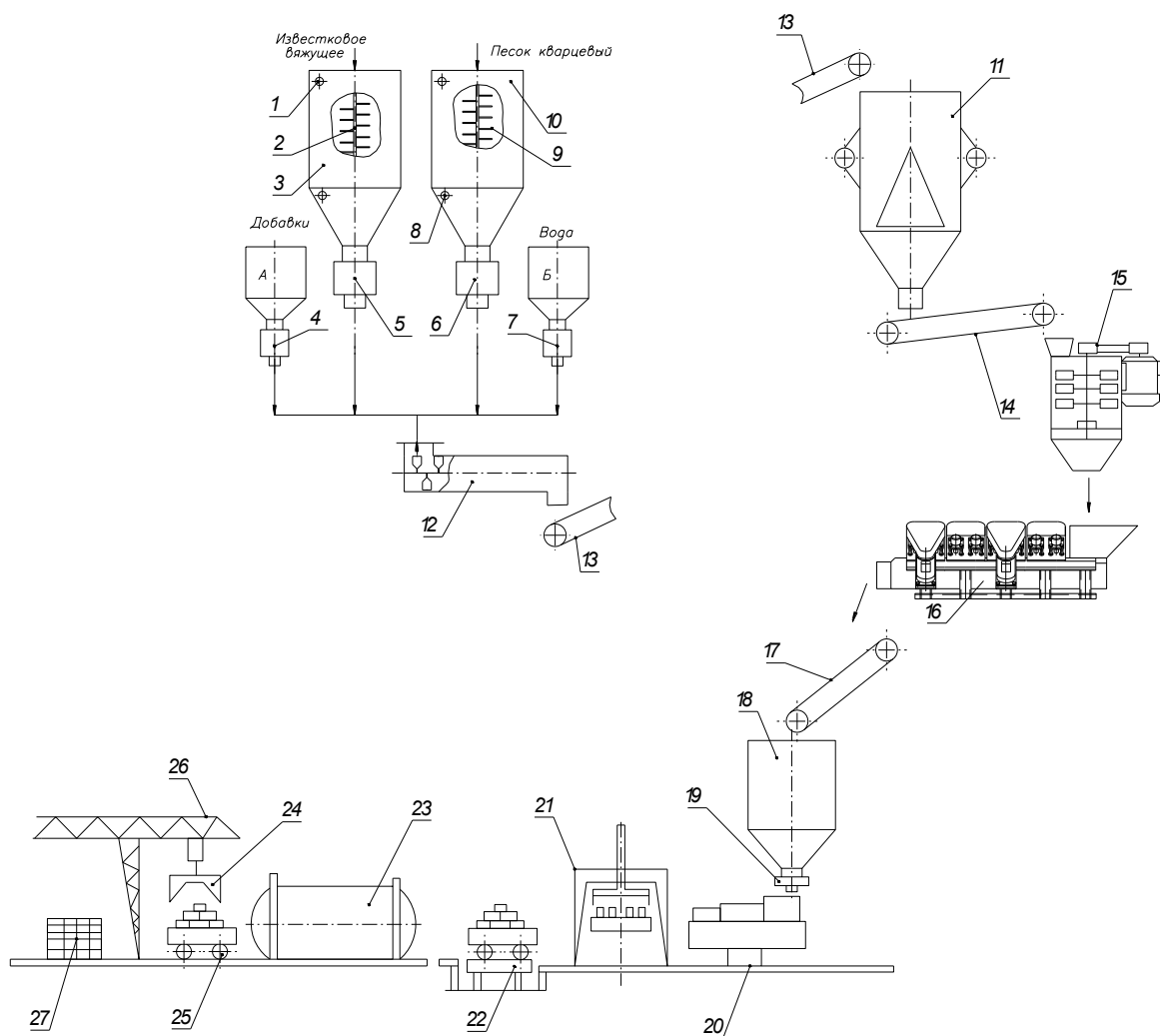


Рис. 3. Схема технологическая производства силикатного кирпича: 1, 8 – указатель уровня; 2, 9 – сводаобрушитель; 3, 10, 20 – бункер; 4, 5, 6, 7 – дозатор-питатель; 11 – силос-реактор; 12 – смеситель; 13, 14, 17 – конвейер; 15, 16 – смеситель-активатор; 19 – питатель тарельчатый; 20 – пресс; 21 – автомат-укладчик; 22 – тележка; 23 – автоклав; 24 – захват; 25 – тележка автоклавная; 26 – кран; 27 – склад

### Технологическая линия переработки трепела

Трепела характеризуются сравнительно высокими силикатными и глиноземными модулями и вне зависимости от гидравлической активности являются полезными в качестве высокосиликатной корректирующей добавки для регулирования модулей и минералогического состава клинкера.

Повышенная влажность частиц трепела накладывает определенные трудности на его переработку. В связи с этим, была разработана конструкция дробилки ударного действия, которая способна измельчать трепел повышенной влажности при минимуме энергозатрат (рис. 4).

Рассматриваются направления использования трепела в строительстве, как активную минеральную добавку в строительные смеси и растворы для повышения их прочности и в сельском хозяйстве, как активную

минеральную кормовую добавку в корма сельскохозяйственным животным и птице.

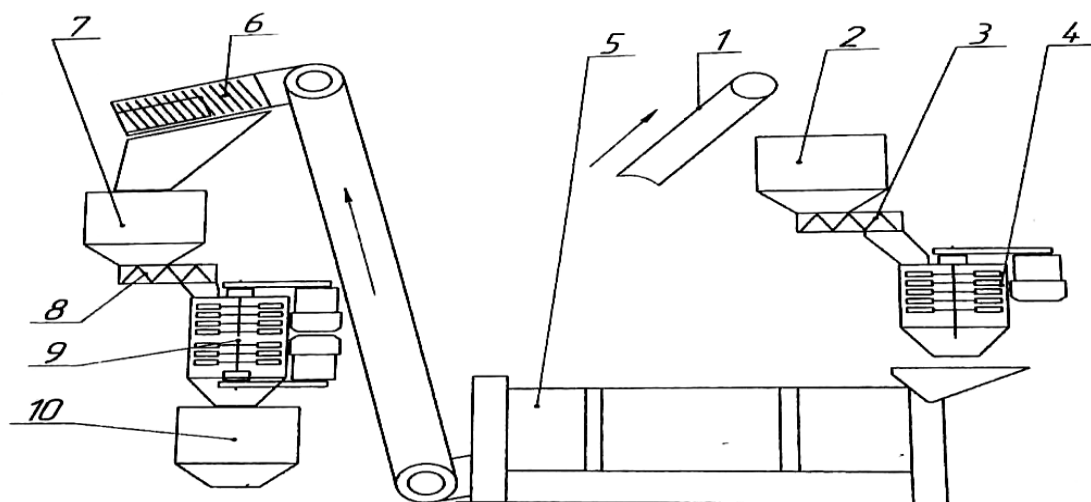


Рис. 4. Технологическая линия переработки трепела: 1 – конвейер; 2, 7, 10 – бункер; 3 – дозатор; 4, 9 – дробилка; 5 – печь; 6 – грохот; 8 – дозатор

**Технологический комплекс для измельчения клинкера** с целью снижения энергозатрат на измельчение предусматривает исключение из цепи оборудования шаровой мельницы и замены его новыми агрегатами. К ним относятся пружинный грохот, который отделяет мелкую фракцию, направляемую в рессорную мельницу, а крупную – в дробилку роторную с вертикальным валом. Измельченный таким образом продукт до крупности менее 2 мм поступает на домол в штифтовую мельницу, из которой выходит в виде готового продукта (рис. 5).

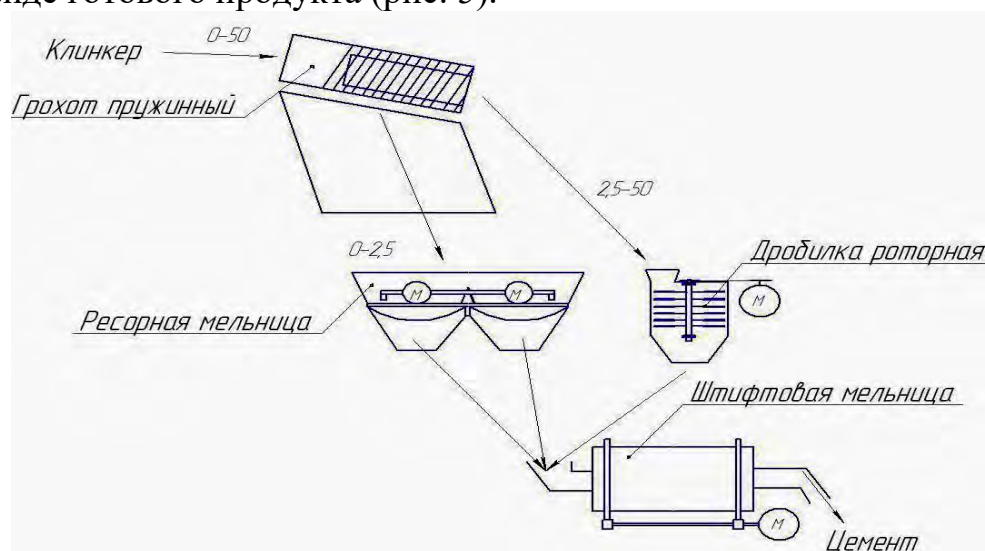


Рис. 5. Технологический комплекс для измельчения клинкера

**Измельчение известняка** (рис. 6). Сырьем для производства известняковой крупки является природный известняк, который характеризуется следующими показателями:

– прочность известняка на сжатие до 60 МПа. Отличается значительной неоднородностью структуры и прочности;

– влажность 4,0–8,7 %. Влажность значительно колеблется в зависимости от природно-климатических условий и особенностей добычи в карьере. В зимний период наблюдается значительное смерзание и образование крупных негабаритов.

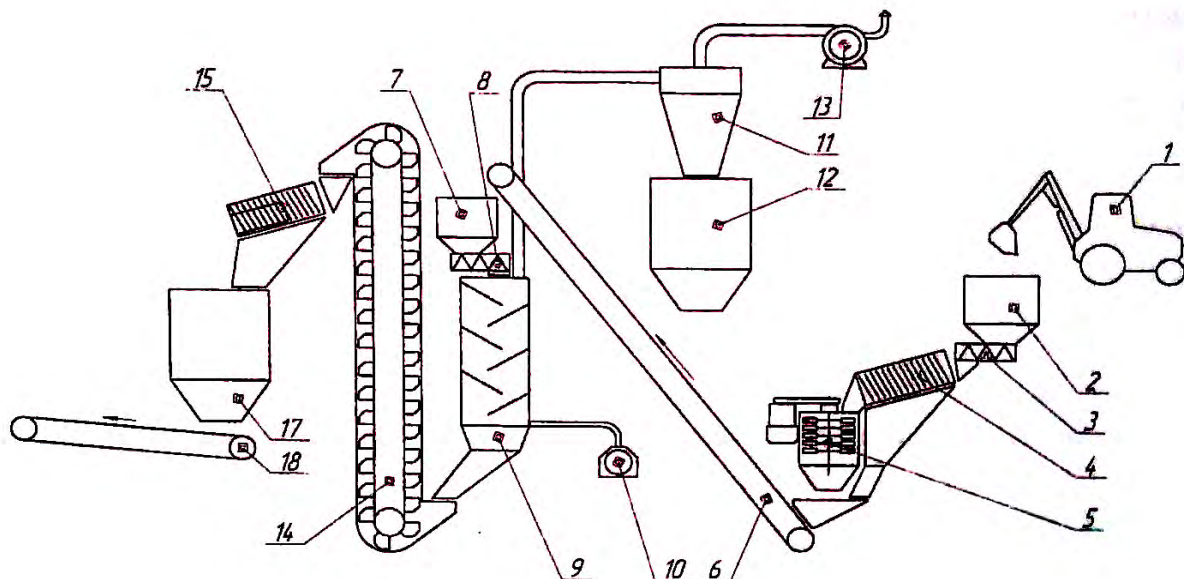


Рис. 6. Технологический комплекс для производства известняковой крупки: 1 – экскаватор; 2, 7 – бункер; 3, 8 – дозатор; 4, 15 – грохот; 5 – дробилка; 6 – конвейер; 9 – сушилка; 10, 13 – вентилятор; 11 – фильтр; 12, 17 – силос; 14 – скиповый подъемник; 18 – ленточный конвейер

**Технологический комплекс для производства фрезерного торфа** так же основан на применении дробилок ударного действия, которые позволяют снизить энергоемкость процесса измельчения и получать продукт однородного зернового состава, что улучшает процесс сушки. Вертикальная установка ротора с молотковой шарнирной бильной системой решает задачу управляемого движения обрабатываемой среды, которая содержит большое количество древесных включений и имеет влажность 48–55 %. При этом объемная плотность материала составляет 250–300 кг/м<sup>3</sup>, что значительно усложняет движение. Наилучшим образом эту проблему решает движение потока исходного фрезерного торфа под действием сил гравитации (рис. 7).

В целом использование дробилки с вертикальным ротором в сравнении с горизонтальной дробилкой МТ-900 позволяет уменьшить энергоемкость на 30–35 %.

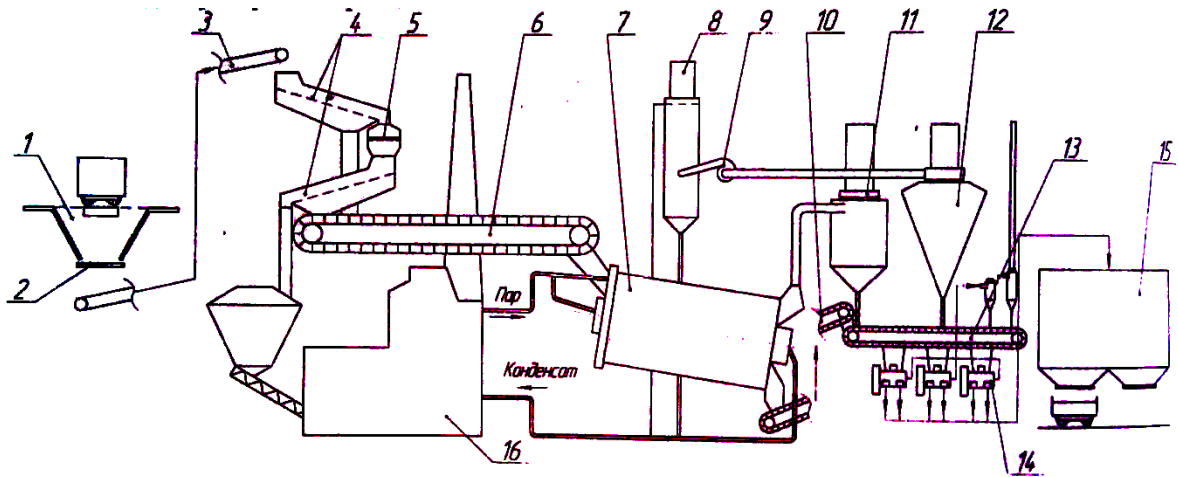


Рис. 7. Технологический комплекс для производства торфа: 1 – завальная яма; 2 – питатель; 3 – ленточный конвейер; 4 – грохот; 5 – дробилка; 6, 10, 13 – пластинчатый конвейер; 7 – печь; 8 – фильтр; 9 – вентилятор; 11, 12 – бункер; 14 – дозатор; 15 – бункер-накопитель

**Установка для криогенного измельчения гранулированных полимеров** работает в следующей последовательности: исходный гранулированный полимер загружается в бункер 1 через сито размером 1,5–2 раза превышающего размер гранул. При этом отделяются длиноволокнистые включения. Бункер имеет теплоизолированный герметичный корпус с полным контролем сварочных швов. Одновременно с загрузкой гранул в бункер 1 подается сжиженный азот или воздух (рис. 8).

При пуске установки время выдержки гранул должно составлять не менее 10 мин. Уровень сжиженных газов в бункере 1 контролируется поплавковым уровнемером. В зависимости от доли кристалличности полимера уровень может уменьшаться или повышаться при рабочем режиме. При выходе на устойчивый режим работы расход сжиженных газов должен оставаться на одном уровне. После включения привода дробилки 3, включается вентилятор 10 и в рабочую полость начинают поступать пары азота для предварительного охлаждения корпуса дробилки. Выдержка может составлять 10–15 мин., после чего дробилка готова к работе. Включается привод питателя 2 и в рабочую полость дробилки 3 начинает поступать гранулированный полимер с частью сжиженных газов. За счет удара и истирания полимер измельчается до требуемой дисперсности и вместе с парами холодильного агента выносятся по трубопроводу 4 в циклон 5 на разделение. Измельченный материал собирается в бункере готового продукта 6, а отработанные газы отсасываются вентилятором 10 по трубопроводу 9.

Порошкообразный полимер из бункера 6 транспортером 7 подается на просеивание в бурат-просеиватель 8, одновременно с поверхности частиц полимера снимается электростатический заряд с помощью газоразрядных трубок. В просеивателе полимерный порошок разделяется на три фрак-



ции с размерами частиц 0–80 мкм, 80–200 мкм и сход > 200 микрометров. Сход с барабанного сита возвращается в бункер 1, а затем на домол.

Отработанные газы частично возвращаются на рециркуляцию по трубопроводу 14, а частично выбрасываются в атмосферу по трубопроводам 12, 13. Перед этим газы подвергаются санитарной очистке в фильтре 11 от мельчайших частиц полимера не уловленных циклоном 5.

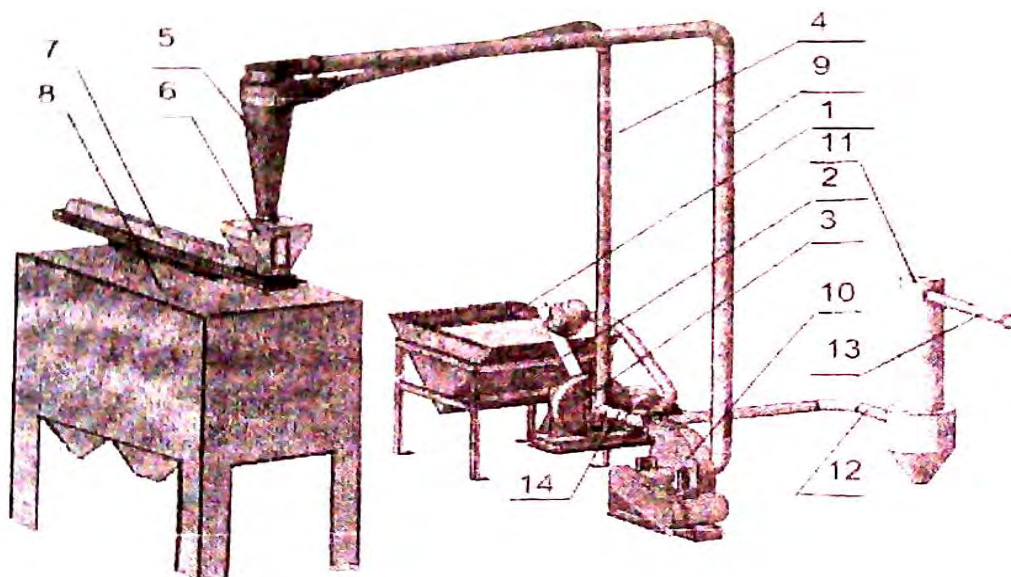


Рис. 8. Промышленная установка для криогенного измельчения гранулированных полимеров: 1, 6 – бункер; 2 – питатель; 3 – дробилка; 4, 9, 12, 13, 14 – трубопровод; 5 – циклон; 7 – транспортер; 8 – просеиватель; 10 – вентилятор; 11 – фильтр

Описанные примеры использования измельчительных агрегатов ударного действия в составе технологических комплексов по производству различных материалов и изделий показывают их высокую эффективность, большой технологический потенциал, надежность в работе и потенциал дальнейшего развития и совершенствования. По своим функциональным возможностям они значительно превосходят традиционные дробилки ударного действия и позволяют производить комплексную переработку сырья и материала, осуществляя при этом тонкое дробление и грубый помол, селективное измельчение, измельчение и сушку, измельчение и смешивание, механоактивацию и т. д.