

УДК 621.926 666.973.6 655.3.06

Ю. А. МАНОЙЛО, В. Ф. МОИСЕЕВ, А. В. СУРКОВ

К ВОПРОСУ О ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВАХ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ. КЛАССИФИКАЦИЯ. ОСОБЕННОСТИ МЕТОДОВ И МАШИН.

В статье рассмотрены вопросы, связанные с проблематикой выбора определенного способа измельчения. Предложена схема классификации по различным признакам. Рассмотрены особенности основных видов процесса и технологического оборудования.

1. Введение: суть процесса измельчения, общая классификация

Под измельчением обычно понимают процесс физического деления, проходящий под влиянием некоторых внешних усилий, кусков материала на составные части. Иными словами, измельчение – итог суммирования внешних сил, в результате которого, в начальном объеме частицы измельчаемого материала возникает напряжение, которое по своему значению превышает силы межмолекулярного сцепления [1, 2, 3].

Условную классификацию процессов измельчения можно отобразить следующим образом.



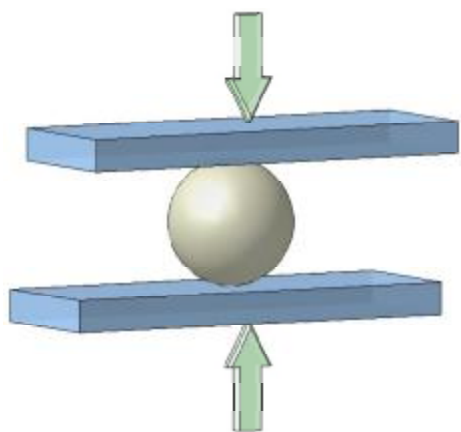
Рисунок 1 – Типология методов измельчения

Как это видно из схемы на рисунке 1, с одной стороны процессы измельчения условно разделяют на дробление (крупное, среднее и мелкое) и измельчение (тонкое и сверхтонкое).

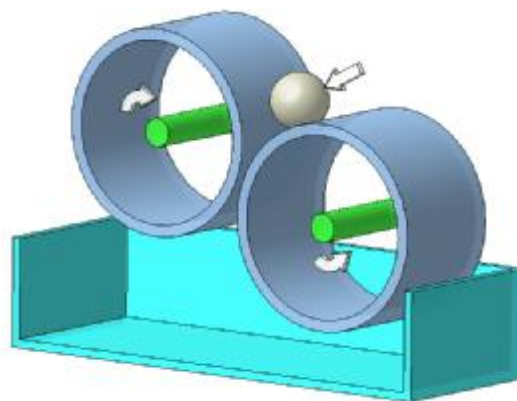
Процесс измельчения можно осуществлять ударом, раскалыванием, плющением и стиранием. В результате обобщения исследований по измельчению разнообразных материалов, многие из авторов пришли к заключению, что каждый способ измельчения в отдельных случаях применим только при разрушении соответствующей группы материалов и предлагают тот, или другой способ измельчения, основываясь на знании физико-химических свойств конкретного материала, подвергаемого данному процессу.

2. Применимость методов, машинное оформление процессов

Рассмотрим возможность проведения процессов измельчения несколькими способами на различных материалах, отличающихся друг от друга физико-химическими свойствами.



а – схема процесса плющения



б – схема плющильного станка

Рисунок 2 – Измельчение плющением

На рисунке 2.а и 2.б частица материала подвергается влиянию внешней сжимающей нагрузки со стороны двух контактных устройств. В результате, во всем внутреннем объеме частицы происходят необратимые изменения – деформация. Разрушение проходит в момент, когда внутреннее напряжение, накопившееся под влиянием внешних сил, начинает превышать предел прочности при сжатии.

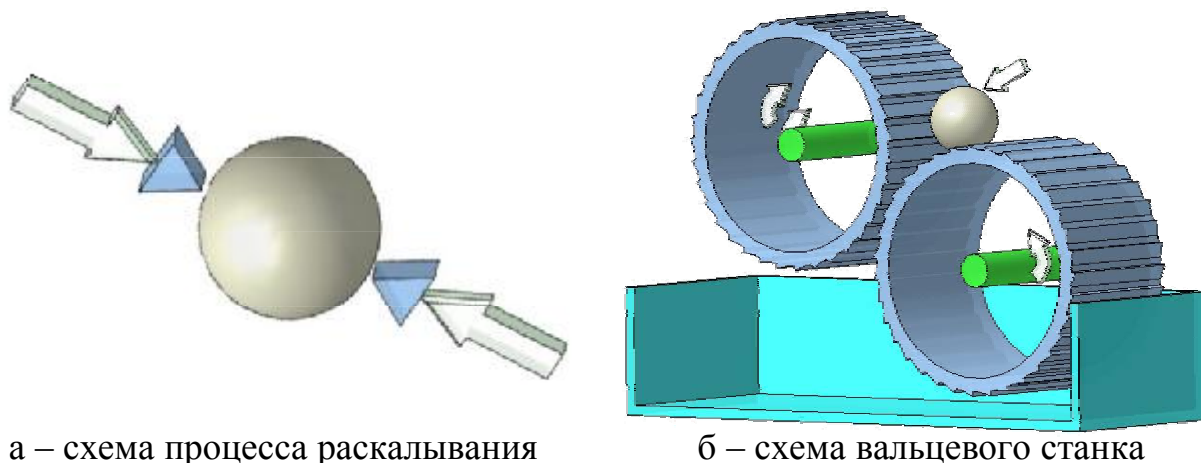
Данный метод измельчения применим для частиц со следующими свойствами:

- твердые (раскалываемые, хрупкие, вязкие);
- средней твердости;
- мягкие (хрупкие, вязкие).

Кроме того, метод считается условно-применимым для волокнистых и влажно-пластичных материалов.

Неприменимым, для измельчения упруго-мягких (низкий коэффициент полезного действия) и материалов с повышенной чувствительностью к температуре. Последнее явление объяснимо с точки зрения возникающего в результате внутреннего трения, из-за уменьшения первоначального объема частицы измельчаемого материала, которое сопровождается ростом температуры.

Способ сжатия и раздавливания (рисунок 2.б) положен в основу работы плющильных станков. Контактные элементы данного оборудования – пара гладких цилиндрических валков. Измельчение сырьевого материала происходит между контактными устройствами, которые вращаются с одинаковыми окружными скоростями навстречу один к другому.



а – схема процесса раскалывания

б – схема вальцевого станка

Рисунок 3– Измельчение раскалыванием

При раскалывании (рисунок 3.а, 3.б) материал разрушается на части в местах концентрации наибольших нагрузок, которые передаются рабочими органами во время протекания процесса.

Как и в предыдущем случае, разрушение частицы сырьевого материала происходит при условии, что внутренние напряжения начинают превосходить предел прочности при сжатии. Однако, из-за конструктивного оформления контактных элементов для соблюдения такого условия, как правило, требуются меньшие энергетические затраты, т.к. концентрация внешних усилий происходит локально, а не по всей поверхности исходной частицы, как в случае с плющением.

Данный метод, аналогично плющению, имеет такую же область применения, касательно физико-химическим свойствам исходного материала. Тем не менее, в отличие от предыдущего метода, он считается условно-применимым для измельчения упруго-мягких материалов. Такое измельчение благодаря специфической конструкции рабочих органов и локальной концентрации напряжений позволяет рассматривать его, как частный случай многократного резания частицы исходного материала и применять для эффективного измельчения мягких материалов с повышенным модулем упругости.

Способ скалывания и сдвига заложен в основу работы вальцевых станков. Рабочие органы данного оборудования – пара цилиндрических рифленых вальцов. В зависимости от того, с одинаковыми или с разными окружными скоростями вращаются вальцы можно интенсифицировать процесс измельчения, комбинируя способы (раскол, раскол и сдвиг). В общем случае, разрушение сырьевого материала проходит в клинообразном пространстве, которое образуется двумя цилиндрическими поверхностями с рифлями.

Общим достоинством, как плющильных, так и вальцевых станков является высокая производительность, простота конструкции и эксплуатации. Однако, высокая материалоемкость и энергетические затраты, связанные с работой данного оборудования позволяют применять данный вид станков только на крупнотоннажном производстве при первоначальном дроблении исходного материала.

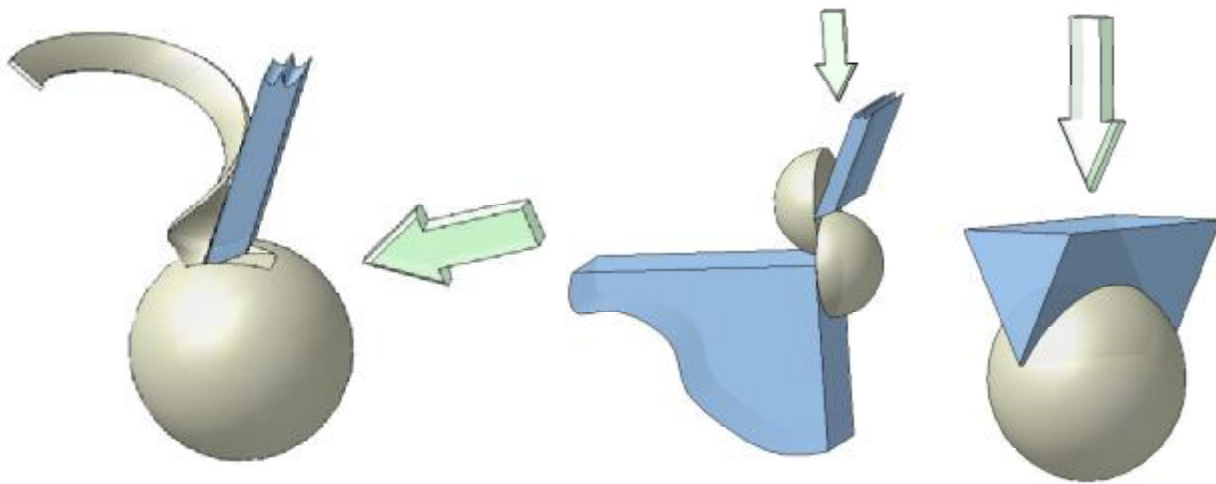


Рисунок 4 – Измельчение резанием

На рисунке 4 приведены основные схемы процесса измельчения материалов резанием. Накопление внутренних напряжений происходит локально по заранее заданной геометрии. Данный способ – управляем, т.к. мы заранее можем установить не только глубину резания, но и конечный объем образованных частиц. Основной особенностью данного способа кроме его управляемости, в частном случае, является постепенная концентрация напряжений в определенном объеме измельчаемой частицы, что приводит к снижению энергетических затрат на его проведение. Однако при реализации данного способа на практике, возникает проблема своевременного удаления измельченного материала из области проведения процесса с целью предотвращения его повторного разрезания, что в значительной степени снижает как производительность, так и КПД машин. Кроме того, данный процесс, в силу своей специфики, применим для крупного и среднего дробления.

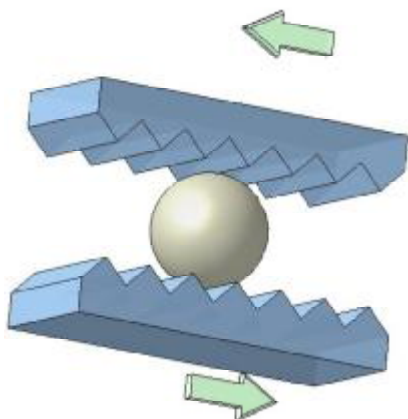
Способ применим для измельчения материалов, которые обладают следующими свойствами:

- твердые (раскалываемые и хрупкие);
- средней твердости;
- влажно-пластичные;
- мягкие (упругие, хрупкие и вязкие).
- волокнистые.

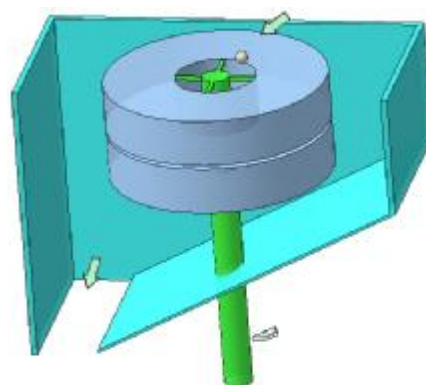
Условно применим для материалов чувствительных к температуре.

Считается неприменимым для твердо-вязких материалов. В данном случае, трение на продольную площадь грани контактного органа (ножа) может быть значительно большим усилия необходимого для преодоления сил внутримолекулярных связей, что считается неприемлемым с точки зрения КПД.

Машины, реализующие процесс измельчения резанием – шредеры. Контактными органами данного вида оборудования является группа движущихся ножей и неподвижных опор. Измельчаемые частицы подвергаются резанию со стороны движущихся ножей, упираясь на неподвижные опоры.



а – схема процесса истирания



б – жерновая мельница

Рисунок 5– Измельчение истиранием

При проведении измельчения истиранием (рисунок 5.а и 5.б) накопление напряжений происходит, прежде всего, по границе контакта поверхности частицы с контактными устройствами. Таким образом, от начальной частицы отслаивается некоторый объем измельчаемого материала. Характерной особенностью способа является продолжительность во времени, которая во многом зависит не только от конструктивного оформления процесса, но и от свойств подвергаемого измельчению материала.

Данный способ применим исключительно для материалов:

- упругих и мягких;
- волокнистых;
- влажно-пластичных;
- мягких (хрупких и вязких).

Способ считается не приемлемым для измельчения:

- материалов чувствительных к температуре;
- материалов средней твердости;
- твердых (раскалываемый, хрупкий и вязкий) материалов.

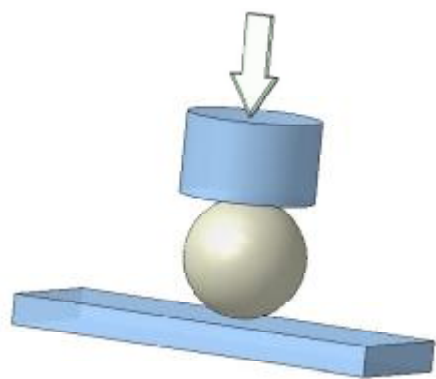
Ограничение по твердости связаны с конструктивными особенностями машин для измельчения истиранием: твердость материала контактных устройств должна значительно превышать твердость измельчаемых частиц.

Контактные устройства, позволяющие реализовать процесс истирания, могут представлять собой абразивные поверхности.

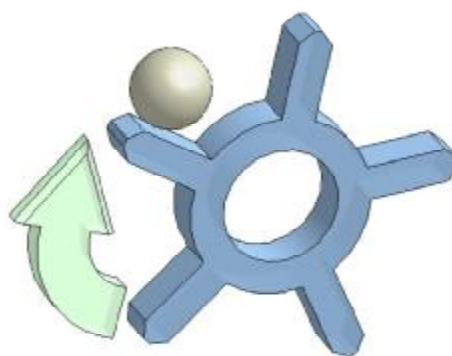
Способ сжатия и сдвига заложен в принцип работы жерновых мельниц (рисунок 5.б). Данный вид оборудования чаще всего применяется для измельчения сухих, невязких материалов.

Рабочие органы – два плоских диска, которые изготовленные из остозернистых искусственных камней или металла. Сырьевой материал измельчается между двумя дисками – вращающимся вокруг своей оси и неподвижным. Под влиянием центробежной силы и силы трения частицы измельчаемого материала двигаются по направлению от центральной оси к периферии, при этом проходя значительное расстояние по спирали.

Преимущество способа – получение тонкого помола.



а – стесненный удар



б – свободный удар

Рисунок 6 – Измельчение ударом

При ударе материал измельчается под воздействием динамических нагрузок. Концентрация напряжений происходит практически одновременно. Иными словами, в отличие от плющения и раскалывания, накопление внутренних напряжений практически не происходит, а процесс измельчения становится возможным при условии, что на частицу сырьевого материала, оказано непродолжительное внешнее воздействие, превышающее силы внутренних связей.

Способ измельчения ударом считается неприменимым для упруго-мягких и влажно-пластичных материалов.

Различают разрушение материала стесненным и свободным ударом (рисунки 6.а и 6.б). При свободном ударе разрушение материала наступает в результате его столкновения с контактными органами во время полета. Эффект такого разрушения определяется скоростью столкновения. При стесненном ударе материал разрушается между двумя рабочими органами машины.

Сегодня накоплен большой опыт по измельчению разных видов материалов, как в индустрии производства строительных материалов, так и в химической технологии вообще. Основными машинами, которые применяются на производствах на первой степени измельчения – валковые станки, плющильные машины и молотковые дробилки, например, КДУ-2.0.

По данным исследований авторов Кочетковой О. А., Звягинцевой Л. Т. и Клименко М. И. [4, 5] окружная скорость молотков $45 \div 70$ м/с, в зависимости от конструктивных особенностей самой дробилки, обеспечит разрушение частиц сырьевого материала за счет первоначального удара.

Следует также отметить, что на импортных аналогах, процесс измельчения протекает при скоростях обращения $80 \div 115$ м/с. В современных условиях на отечественных предприятиях, применяются дробилки с окружной скоростью $90 \div 100$ м/с.

Физико-механические свойства сырьевого материала, с одной стороны определяют характер технологического процесса при его переработке, с другой – влияют на выбор конструкции контактных органов машины. На предприятиях по производству строительной продукции наиболее часто используют дробилки закрытого типа КДМ-2, и решетчатые – ДДМ.

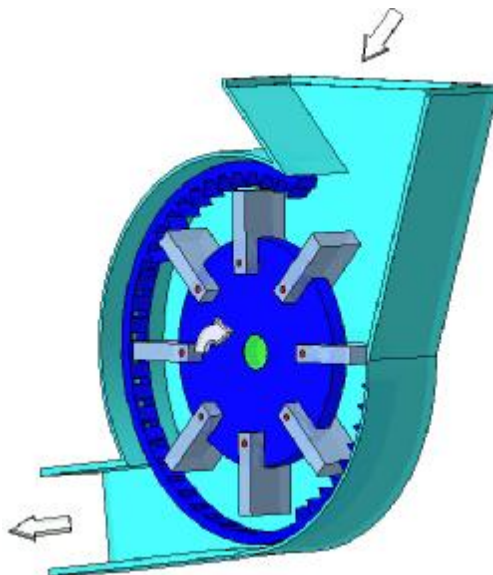


Рисунок 7 – Схема дробилки КДМ-2

Рабочие органы дробилки КДМ-2 (рисунок 7) – пластинчатые молотки, которые расположены на восьми пальцах ротора, ребристая дека и решето. Степень измельчения регулируют установкой решета с отверстиями необходимого диаметра. Готовый продукт выгружают пневмотранспортом, с помощью нагнетающего вентилятора через каскад циклонов системы очистки воздуха.

По мнению исследователей [4, 5, 6, 7], основными факторами, влияющими на гранулометрический состав продуктов измельчения в молотковой дробилке, являются: физико-механические свойства сырья, окружная скорость молотков, размеры и формы отверстий сита, количество молотков, их геометрические параметры, расстояние между молотками и ситом, способ вывода продукта из дробилки и величина нагрузки.

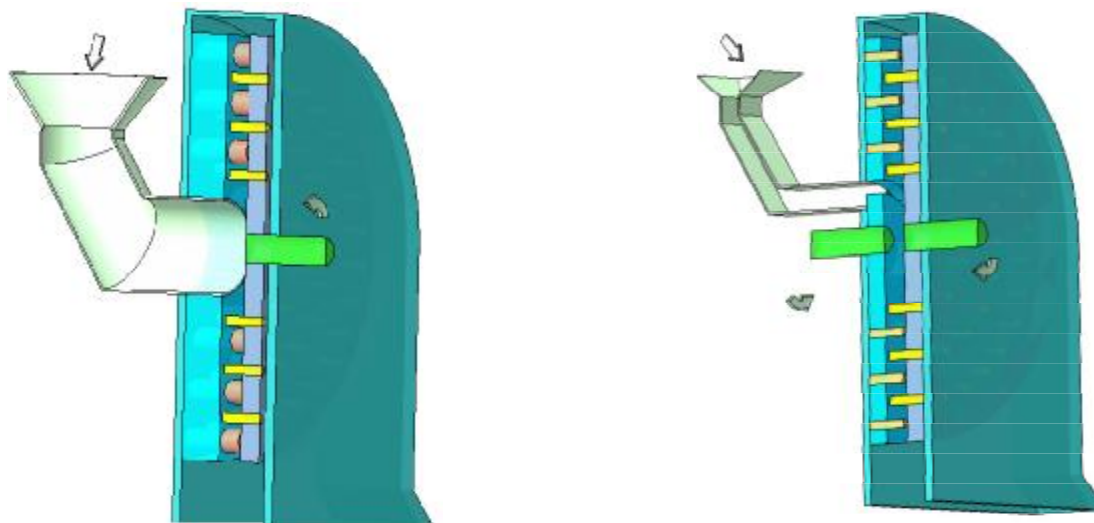
К значительным недостаткам молотковых дробилок следует отнести: относительно высокую металлоемкость; высокие удельные затраты энергии на измельчение; быстрый износ рабочих органов.

Тем не менее, наряду с этим существуют и преимущества: простота конструкции; большое количество тонко дисперсной фракции в продуктах дробления (до 30%); универсальность машины, которая дает возможность применять ее для многих отраслей.

Многообразие машин, свидетельствует о том, что все еще продолжают поиски наиболее рационального типа измельчителей, обеспечивающих наряду с высокой технологичной эффективностью и наибольшую производительность при наименьших затратах энергии по сравнению с теми машинами, которые уже существуют.

Относительно-новым направлением развития техники для измельчения стали центробежно-роторные машины. Их появление обусловлено стремлением к интенсификации вышеуказанного процесса.

Важными преимуществами данного типа машин стало относительно-маленькая энергоемкость измельчения, заметное повышение качества готового продукта, невысокая металлоемкость конструкций.



а – дисмембратор

б – дезинтегратор

Рисунок 8– Ударно-центробежные машины

Рабочими органами дисмембратора (рисунок 8.а) являются биты цилиндрической формы, которые закреплены в стальных дисках статора и ротора по концентрическим окружностям. Диск ротора находится на горизонтальном валу, и приводится во вращательное движение электродвигателем. Двухдисковые измельчители называются дезинтеграторами (рисунок 8.б). Дезинтегратор имеет два ротора, которые вращаются в разные стороны.

В рассмотренных машинах рабочие органы расположены по концентрическим окружностям таким образом, что любой из рядов одного диска (кроме первого и последнего) находится между двумя рядами другого диска. В большинстве случаев сырье попадает в приемочную камеру к центру роторов и равномерно распределяется по рабочей зоне в радиальном направлении. Частицы, перед тем как пройти к периферии через ряды бит, должны раздробиться. Это происходит благодаря столкновению с битами в границах любой из зон измельчения и столкновению измельчаемых частиц между собою. В каждом последующем ряде по мере отдаления от центра, шаг расположения бит уменьшается. Благодаря этому, а также, благодаря увеличению окружной скорости в более отдаленных от центра зонах, процесс измельчения последовательно интенсифицируется за счет создания в рабочей зоне – эффекта комбинированного измельчения.

Среди недостатков этого типа машин следует выделить:

- сложность конструкции;
- сложность организации преждевременного вывода измельченного материала из рабочего объема машины;
- сложность точного математического обоснования процессов измельчения;
- необходимость применения инструментальной стали для изготовления контактных устройств для уменьшения износа.

Тем не менее, развитие машиностроительного оборудования с внедрением в производство точных технологий, позволяют не только изготовить надежные машины, но во многих случаях сделать их менее металлоемкими, более безопасными в эксплуатации, а как следствие – дешевыми и доступными.

3. Выводы.

Проведенная работа и анализ информационных источников позволяет классифицировать, как любой из методов измельчения, так и технологическое оборудование для его реализации. Кроме того, следует сделать выводы:

1. Конструктивно-технологические параметры решетных молотковых дробилок (основных машин для измельчения на сегодня) достаточно изучены и значительное повышение эффективности их работы – исчерпано.

2. В существующих конструкциях молотковых дробилок удаление продукта измельчения через сита требуют дополнительных затрат энергии, качество продукта обусловлено сменными ситами.

3. Теории по измельчению не позволяют дать точное математическое описание сложным процессам, тем не менее, могут содействовать при создании новых, улучшенных образцов машин.

4. Наиболее рациональным, с точки зрения энергоемкости процесса и компактности конструкции машины, является комбинированное измельчение в ограниченной рабочей зоне.

Список литературы: 1. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии // Химия, М., 1971, 2. Сиденко П. М. Измельчение в химической промышленности // Химия, – М., 1979, 3. Шакдыров П. И. Обоснование параметров многоступенчатой дробилки. // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, – Челябинск, 1984, 4. Кочеткова А. А., Звягинцев Л. Т. Влияние параметров молотковой дробилки на эффективность ее работы. – В кн.: Хранение и переработка зерна. Вып. 1. – М.: ЦНИИТЭМ Минзага СССР, 1972, с. 29-31, 5. Клименко Н. И. Исследование основных параметров молотковой дробилки с внутренним вентилятором для измельчения зерновых кормов: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, – К., 1972, 6. Плохов Ф. Г. Использование динамики рабочего процесса молотковой дробилки замкнутого типа: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, – Ленинград-Пушкин, 1966, 7. Шуб Г. И. Исследование технологического процесса измельчения сырья комбикормового производства на молотковой дробилке: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, – Целиноград, 1966, 8. Леонтьев П. И. Малаев М. Д. Центробежная дробилка зерна. – Челябинск, 1982. (Челябинский ЦНТИ. Информационный листок №265-82)

Поступила в редколлегию 10.01.08

УДК 612.111.1

РОЗАНОВА Е.Д., канд. биол. наук, ТИМЧЕНКО Н.Н., канд. биол. наук.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СТРУКТУРЕ И СВОЙСТВАХ ФЕТАЛЬНОГО ГЕМОГЛОБИНА И ГЕМОГЛОБИНА А.

Розглядається структура фетального (від лат. fetus – плодовий) гемоглобіну та гемоглобіну А (від лат. adultus – дорослий). Гемоглобін А містить два α - і два β -поліпептидні ланцюга, а фетальний гемоглобін по два α - і γ -ланцюга. У фізіологічних умовах фетальний гемоглобін має підвищену спорідненість до кисню порівняно з гемоглобіном А. Фетальний гемоглобін у 100-150 разів більш стійкий до денатуруючої дії луку порівняно з HbA,