



8. Shayler H., McBride M., Harrison E. Guide to Soil Testing and Interpreting Results. Cornell Waste Management Institute. Department of Crop & Soil Sciences. – <http://cwmi.css.cornell.edu>.

Алиева Севда Салман гызы, аспирант, Национальное аэрокосмическое агентство Азербайджана. Азербайджан.

AZ 1106, г. Баку, С.С. Ахундова, стр. 1.
Тел.: (+99412) 562-17-38.

Ключевые слова: почва; загрязнение; азотные соединения; фосфорные соединения; тестовый участок; оптимизация; удобрения; информация; критерий; методика тестирования.

OPTIMUM ALLOCATION OF TEST PLOTS OF DIFFERENT SIZES AT THE AGRICULTURAL FIELDS HETEROGENICLY POLLUTED BY NITROGEN AND PHOSPHOROUS

Aliyeva Sevda Salman gizi, Post-graduate Student, National Aerospace Agency of Azerbaijan. Azerbaijan.

Keywords: soil; pollution; nitrogen compounds; phosphorus compounds; test plot; optimization; fertilizer; information; criterion; test methodic.

The task on determination of optimum order of allocation of testing land plots of different sizes in agricultural fields polluted by nitrogen and phosphorous compounds is formulated and solved. The optimality of results of carried out testing is determined on the base of chosen informa-

tion criterion determined by integrated value of information retrieved during testing. On the basis of solution of the formulated task the optimum interrelation between the test plot size, measuring signal and number of measurements is determined. The methodic for allocation of different size test plots on agricultural fields polluted heterogenically by nitrogen and phosphorous compounds is suggested according to which upon selection of test plots to reach the high level of effectiveness of testing the large test plots should be developed in more polluted fields and the higher number of measurements should be carried out in such land plots.

УДК: 631.363.25

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

ЕЛИСЕЕВ Михаил Семенович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

ЗАГОРУЙКО Михаил Геннадьевич, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

РЫБАЛКИН Дмитрий Алексеевич, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

В статье представлен обзор основных факторов, влияющих на эффективность процесса измельчения.

Измельчение – одна из энергоемких технологических операций при подготовке исходного сырья для использования в различных видах производства.

Для измельчения исходного сырья в различных хозяйствах применяют молотковые дробилки, дезинтеграторы, а также валковые измельчители, плющильные станки и др. Благодаря простоте конструкции, надежности в работе, удобстве в обслуживании при эксплуатации наибольшее распространение в промышленности получили молотковые дробилки [2, 3, 5, 6].

Вопросом процесса измельчения занимались как отечественные, так и зарубежные ученые: С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, И.И. Ревенко, W. Kruger, A. Hendrix и др.

Основной вопрос теории измельчения состоит в установлении связи между затратами энергии и размерами конечных и начальных кусков

материалов, их формой, взаимным расположением, физико-механическими свойствами и т.п. В связи с многочисленностью влияющих факторов, существующие теории измельчения характеризуют энергозатраты в общем виде с учетом лишь наиболее важных параметров процесса и материала [1, 3].

Согласно теории П. Реттингера, работа, необходимая для измельчения материала, прямо пропорциональна площади вновь образованной поверхности:

$$A_F = K_1 \Delta F, \quad (1)$$

где K_1 – коэффициент пропорциональности; ΔF – площадь вновь образованной поверхности, м².

Теория П. Реттингера не учитывает изменения формы тела при измельчении, следовательно, она не может быть пригодной для



описания процесса измельчения, когда готовый продукт имеет малую удельную поверхность.

Теория, разработанная В.Л. Кирпичевым и Ф. Киком, устанавливает, что работа, затраченная на измельчение, прямо пропорциональна объему деформированной части тела:

$$A_V = K_2 V, \quad (2)$$

где K_2 – коэффициент пропорциональности; V – объем деформированной части тела, м³.

Теория Кирпичева–Кика оценивает энергию, расходуемую на деформирование материала, и не учитывает затраты на образование новых поверхностей. Данную теорию целесообразно применять при грубом измельчении, когда влияние вновь образованных поверхностей в конечном продукте незначительно.

Ф. Бонд, объединив уравнения (1) и (2), сделал допущение, что работа, расходуемая на измельчение, пропорциональна среднему геометрическому из объема и площади поверхности измельчаемого материала:

$$A = K\sqrt{VF}. \quad (3)$$

Рассмотренные теории измельчения отражают только часть сложных процессов, протекающих при измельчении. В реальности же при измельчении деформирование и образование новых поверхностей происходит одновременно. В связи с этим П.А. Ребиндером была создана обобщенная теория измельчения, из которой следует, что полная работа измельчения равна сумме работ, затрачиваемых на деформации в деформируемой части объема разрушаемого материала и на образование новых поверхностей:

$$A = A_V + A_F = K\Delta V + \alpha\Delta F, \quad (4)$$

где A – работа, необходимая на измельчение, Дж; A_V – работа деформации в объеме материала, Дж; A_F – работа, затраченная на образование новых поверхностей, Дж; K – коэффициент пропорциональности; ΔV – деформированная часть объема материала, м³; α – коэффициент пропорциональности, учитывающий энергию поверхностного натяжения измельчаемого материала; ΔF – приращение площади поверхности материала, м².

Рассматривая процесс измельчения по Ребиндеру как единое целое, можно отметить, что работа образования новой поверхности A_F яв-

ляется полезной, а работа упругих деформаций

A_V – не полезной. При этом КПД процесса измельчения очень низкий и составляет

$$\eta = \frac{A_F}{A_V + A_F}. \quad (5)$$

Как видно из формулы (5), для повышения эффективности и КПД процесса измельчения необходимо уменьшить работу упругих деформаций A_V , а также создать условия перенапряжения частиц измельчаемого материала, что приведет к увеличению работы, затрачиваемой на образование новых поверхностей A_F .

Представленные теории применяются лишь для качественного исследования рабочих процессов и сравнительных расчетов с целью выявления относительной величины работы, затрачиваемой на измельчение.

Опираясь на разработанную теорию П.А. Ребиндера, С.В. Мельников предложил эмпирическую рабочую формулу для определения затрат работы на измельчение [3]:

$$A_{\text{изм}} = C_1 \lg \lambda^3 + C_2 (\lambda - 1), \quad (6)$$

где λ – степень измельчения; C_1 , C_2 – эмпирические коэффициенты, зависящие от свойств измельчаемого материала, Дж/кг.

Изложенные теории измельчения рассматривают механизм разрушения зерна в целом, поэтому они малоприменимы для измельчения исследуемых нами отходов (лузги подсолнечника, гречихи, проса и др.) ввиду их специфических физико-механических свойств. Отсутствие такой теории затрудняет обобщение многочисленных экспериментальных исследований, направленных на выявление сложных зависимостей между основными факторами измельчения и разработкой рациональных конструктивно-технологических схем молотковых дробилок.

Исследуемые нами отходы представляют собой лузгу лепесткообразной формы (рис. 1) с физико-механическими и аэродинамическими свойствами, представленными в таблице.

Рассмотрим процесс измельчения в молотковой дробилке, схема которой представлена на рис. 2. Процесс измельчения в рабочей камере дробилки состоит из трех этапов [1, 4].

Исходный продукт из загрузочного бункера посредством питающего устройства [4, 5] равномерным и непрерывным потоком подается в рабочую камеру дробилки, где происходит первое соударение рабочей грани



молотка с частицами (первый этап процесса измельчения).

В результате воздействия рабочей грани молотка на измельчаемый материал происходит его разрушение. Носителем энергии является молоток.

Максимальное значение энергии, передаваемой молотком частице, находят по формуле

$$T_1 = \frac{mv^2}{2} + T_{\text{деф}},$$

где m – масса частицы; v – скорость отскока;

$T_{\text{деф}}$ – энергия деформации.

На втором этапе частица отскакивает от молотка и ударяется о поверхность решета, происходит ее дальнейшее измельчение. Носителем энергии в данном случае является сама частица. Максимальное значение энергии:

$$T_2 = \sum_1^n \frac{m_i v_i^2 + J \omega_i^2}{2},$$

где T_2 – кинетическая энергия движения частицы; v – средняя окружная скорость частиц;

J – момент инерции; ω – угловая скорость вращения частиц.

На третьем этапе измельчения частицы вовлекаются в круговое вращательное движение относительно поверхности решета и по мере их движения подпитываются энергией от молотков:



Рис. 1. Геометрическая форма луски: а – гречиха; б – просо; в – подсолнечник

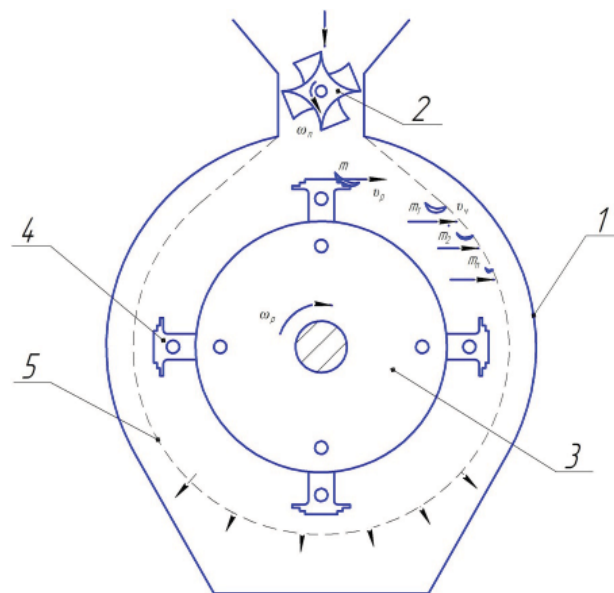


Рис. 2. Схема процесса измельчения в молотковой дробилке: 1 – корпус; 2 – питающее устройство; 3 – ротор; 4 – молоток; 5 – решето

Физико-механические и аэродинамические свойства луски

Материал Параметры	Луска подсолнечника	Луска гречихи	Просяная луска
Геометрические параметры, мм: длина ширина толщина	7,1–14,8 5,2–10,3 3,3–4,2	4,2–6,2 2,8–3,7 0,13–0,18	1,8–3,2 1,5–2,0 0,1–0,13
Насыпная плотность, кг/м ³	85–140	160–195	200–270
Влажность, %	11,6–17,0	11,6–17,0	11,6–17,0
Скорость витания, м/с	1,54–1,76	1,3–1,63	1,1–2,0
Коэффициент парусности, м ⁻¹	3,16–4,13	3,69–5,8	2,45–8,1



$$T_3 = \frac{mv_a^2}{2} + T'_{\text{деф}},$$

где $T'_{\text{деф}}$ – деформация частиц в слое.

В результате процесса измельчения частица разрушается с образованием трещин. Для наиболее эффективного измельчения частицы необходимо, чтобы удар молотка произошел под прямым углом, а разрушающая сила, действующая со стороны молотка, проходила через центр масс измельчаемой частицы. Все другие варианты менее эффективны, поскольку они ведут к образованию непроизводительных затрат энергии на вращение частиц.

Эффективность процесса измельчения молотковыми дробилками также зависит и от других факторов, которые можно подразделить на три группы: конструктивные, динамические и технологические [1, 3, 6].

Основными конструктивными факторами являются: размеры рабочей камеры, количество пакетов молотков и молотков в пакете, способ питания, размеры и форма рабочих органов, порядок установки рабочих органов, зазор между концами молотков и решетом, ее размер и форма отверстий и др.

Обобщив многочисленные исследования по влиянию конструктивных факторов на рабочий процесс дробилки, можно сделать следующие выводы:

необходимо увеличить площадь охвата дробильной камеры решетом, так как это позволит более эффективно проводить процесс удаления измельченных частиц из дробильной камеры;

необходимо стремиться к уменьшению зазора между концами молотков и поверхностью решета, так как это приводит к увеличению производительности дробилки и уменьшению степени измельчения готового продукта;

необходимо уменьшать толщину молотков до 1,5...2,5 мм, так как это приводит к повышению эффективности дробилки на 5–7 %;

расстановка молотков на роторе не оказывает существенного влияния на рабочий процесс дробилки.

Основным наиболее важным динамическим фактором, влияющим на эффективность процесса измельчения, является окружная скорость молотков.

Для измельчения многих материалов достаточно иметь окружную скорость 50...75 м/с. Для измельчения лузги подсолнечника, гречихи и проса до настоящего времени величина окружной скорости точно не определена, поэ-

тому необходимо проведение дополнительных исследований и экспериментов.

К технологическим факторам относятся: физико-механические свойства измельчаемого материала, равномерность распределения измельчаемого слоя по длине ротора, размеры отверстий решет и др.

Основным критерием оценки качества готового продукта является степень измельчения [4]. Ее изменение осуществляется установкой в рабочей камере сменных решет с отверстиями различного диаметра.

В качестве критерия оценки степени измельчения можно применять показатель M , называемый модулем крупности, который можно определить по формуле

$$M = \frac{0,5P_0 + 1,5P_1 + 2,5P_2 + 3,5P_3}{100},$$

где P_0 – проход сита с отверстием 1 мм, %; P_1 , P_2 и P_3 – остаток на ситах с отверстиями 1, 2 и 3 мм соответственно, %.

Вышеизложенное требует необходимости исследования конструктивно-технологических и режимных параметров с целью повышения эффективности процесса измельчения лузги подсолнечника, гречихи и проса молотковыми дробилками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронин В.В. Совершенствование рабочего процесса безрешетной молотковой дробилки: дисс. ... канд. техн. наук. – Воронеж, 2006. – 157 с.
2. Елисеев М.С., Елисеев И.И., Рыбалкин Д.А. Использование отходов переработки сельскохозяйственной продукции для производства твердого биотоплива // Аграрный научный журнал. – 2016. – № 1. – С. 49–50.
3. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. – Л.: Колос, 1987. – 560 с.
4. Патент 2615001 РФ, МПК В02С 13/00, В02С 13/28. Молотковый измельчитель отходов переработки бакалейной группы сельскохозяйственной продукции / Елисеев М.С., Загоруйко М.Г., Елисеев И.И., Рыбалкин Д.А.; заявитель и патентообладатель: СГАУ имени Н.И. Вавилова. – № 2016110300; опубл. 03.04.2017. Бюл. № 10. – 9 с.
5. Разработка средств механизации по измельчению отходов переработки бакалейной группы сельскохозяйственной продукции / М.С. Елисеев [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2016. – № 4. – С. 54–57.
6. Черняев Н.П. Технология комбикормового производства. – М.: Агропромиздат, 1985. – 256 с.

Елисеев Михаил Семенович, д-р техн. наук, проф. кафедры «Механика и инженерная графика», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.



Загоруйко Михаил Геннадьевич, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Механика и инженерная графика», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Рыбалкин Дмитрий Алексеевич, аспирант кафедры «Механика и инженерная графика», Саратовский госу-

дарственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410056, г. Саратов, ул. Советская, 60.

Тел.: (8452) 74-96-51.

Ключевые слова: молотковая дробилка; процесс измельчения; степень измельчения; окружная скорость молотков.

ANALYSIS OF THE FACTORS AFFECTING THE EFFECTIVENESS OF THE GRINDING OPERATION

Eliseev Mikhail Semenovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the chair "Mechanics and Engineering Graphics", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Zagoruyko Mikhail Gennadyevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, head of the chair "Mechanics and Engineering Graphics", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Rybalkin Dmitry Alexeyevich, Post-graduate Student of the chair "Mechanics and Engineering Graphics", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Keywords: hammer crusher; grinding operation; degree of grinding; circumferential velocity of hammers.

The article provides an overview of the main factors affecting the efficiency of the grinding operation.

УДК 631.62

ПРОБЛЕМА ЖИВУЧЕСТИ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

ЕРОШЕНКО Геннадий Петрович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

БАКИРОВ Сергей Мударисович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

В работе приводится анализ фактов эксплуатации электрифицированных процессов и систем электроснабжения сельскохозяйственных предприятий. Установлена проблемная ситуация о несоответствии практических примеров с научными положениями теории эксплуатации электроустановок. Предложены пути решения проблемы, главным из которых является обоснование живучести электрифицированных процессов.

Наметившийся подъем сельского хозяйства требует усиления его материально-технической базы и прежде всего повышения уровня электрификации. При решении этой задачи важно выбирать передовые виды электрооборудования и самые эффективные способы их применения. С этой целью необходимо систематически анализировать достигнутые показатели и опыт электрификации сельскохозяйственных предприятий. Результаты такого анализа выявляют следующие особенности в эксплуатации сельских электроустановок:

районные подстанции напряжением 110/10 кВ даже в зимние максимумы имеют нагрузку трансформаторов не более 50 %;

электроприводы приточной вентиляции птичников в летнее время снабжают резервными электростанциями, несмотря на двойное питание всего объекта, предусмотренное типовой схемой;

электроприводы вакуумных насосов доильных установок имеют завышенные на 2–3 ступени мощности приводных электродвигателей.

Эти же электроприводы снабжаются дублирующими электродвигателями;

некоторые электроустановки поточных технологических линий в птицеводстве строят одновременно в двух параллельных исполнениях, хотя одна установка загружена всего на 80–90 % при полной производительности предприятия.

Названные и ряд других фактов свидетельствуют о значительном отступлении практических примеров электрифицированных процессов от проектных (типовых) вариантов [1]. Такое различие нельзя объяснить ошибками эксплуатационного персонала, поскольку они являются массовыми и наблюдаются в течение длительного времени. Отличие нельзя объяснить в рамках известных и хорошо развитых положений теорий электроснабжения, электропривода, эксплуатации и других научных знаний. Несоответствие между практическими примерами электрификации сельского хозяйства и теоретическими положениями, объясняющими эту область, свидетельствует о возникновении проблемной ситуации [2], выявить сущность ко-