

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВАЛКОВОЙ ЗЕРНОПЛЮШИЛКИ

Мустафин Ж.Ж.^{1*}, кандидат технических наук
mustafin_j80@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-2015-5388>

Каспакоев Е.Ж.¹, кандидат технических наук, доцент
kaspakove@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1985-4538>

Жумагулов Ж.Б.², кандидат технических наук, ассоциированный профессор
zhandos.zhumagulov@kaznaru.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-1813-902X>

Аскаров Н.К.¹, старший преподаватель
nur.kural2503@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-4676-8194>

Балгабаев М.А.³, кандидат технических наук
balgabaev.1972@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3870-7138>

¹Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, г.Астана, Казахстан

²Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г.Алматы, Казахстан

³Кызылординский университет имени Коркыт Ата, г. Кызылорда, Казахстан

Аннотация. В статье приведены результаты экспериментально-теоретических исследований рабочего процесса валковой зерноплюшки. Работа выполнена на базе кафедры «Аграрная техника и технология» Казахского агротехнического исследовательского университета имени С. Сейфуллина, в период 2021-2024 гг.

В данной статье представлено обоснование параметров зерноплюшки, используемой для приготовления кормов в животноводстве. В настоящее время в большинстве хозяйств вместо молотковых дробилок используется топочный дробильщик. зерноплюшка - установка для дробления всех зерновых культур. Немаловажную роль играют его основные параметры - Диаметр вальцов, расстояние их размещения, скорость вращения и материал вальцов, а также важные физико-механические свойства зерновых культур.

Определены геометрические показатели барабана, влияющие на зерновые культуры в процессе измельчения. Установлено, что при раздавливании барабанами снижается расход энергии. При выборе параметров дробильного барабана степень их дробления должна соответствовать зоотехническим требованиям. Влияние этих параметров на качество измельчения кормов было проанализировано с учетом различных факторов, таких как влажность, сорта и условия труда. В расчетах использовались экспериментальные данные и математические модели, позволяющие оценить оптимальные параметры максимальной производительности и качества машины.

Ключевые слова: плющение, зерно, усилие, диаметр вальцов, форма вальцов, материалы, зазор, сжатие.

Введение. Одно из важнейших условий высокоэффективного производства животноводческой продукции - обеспечение животных полноценными кормами, сбалансированными по питательным веществам в соответствии с зоотехническими требованиями.

Корма в структуре себестоимости производства мяса, молока и других продуктов животноводства составляют более 60%. От качества и подготовки их к скармливанию во многом зависит эффективность работы животноводческих ферм и комплексов.

В настоящее время в большинстве хозяйств вместо молотковых дробилок используется топочный дробильщик. Зерноплюшка - установка для дробления всех зерновых культур. Немаловажную роль играют его основные параметры - диаметр вальцов, расстояние их размещения, скорость вращения и материал вальцов, а также важные физико-механические свойства зерновых культур.

Цель исследования – определение рациональных параметров рабочего органа (вальца), распределения напряжений и деформаций внутри зерновки при плющении, получение расчетных зависимостей для зерна.

Один из способов сохранения питательности и увеличения переваримости зерна - использование технологии плющения.

Плющение зерна, особенно для крупного рогатого скота, является весьма эффективным способом измельчения зерновых кормов по той причине, что зерноплющилки весьма просты по устройству и менее энергоемки по сравнению с молотковыми дробилками. Кроме того, в настоящее время наметилась тенденция к использованию плющения при подготовке зерновых продуктов для животных. Применение этого способа обеспечивает снижение затрат на обработку и повышение привесов животных на 5. .10%.

В процессе плющения зерна авторы исследовали сжатие зерна между плоскими поверхностями с целью установления физико-механических свойств зерновых культур[1].

Анализ теоретических и экспериментальных исследований в области статического и динамического сжатия зерна валками позволяет сделать следующие выводы:

1. Несмотря на многочисленные исследования, совершенно не затронутым остался вопрос о влиянии параметров рифленой поверхности (шаг рифлей и угол заострения) на процесс деформации зерна при статическом сжатии. Не было проведено сравнения экспериментов при плющении зерна валками и сжатии плоскими поверхностями.

2. Большинство работ, посвященных теоретическому" экспериментальному изучению работы валков, мало затрагивали вопрос о том, как изменяются распорные усилия, действующие в рабочей зоне валков в зависимости' от окружной скорости валков и их диаметра, что весьма важно при конструировании зерноплющилок.

3. Влияние режимов работы и конструктивных параметров зерноплющилки на ее производительность изучено недостаточно, так как результаты, описанные в литературе, были получены в опытах, когда нагрузка на валки не соответствовала их максимальной пропускной способности. Таким образом, дальнейшее совершенствование рабочего процесса существующих конструкций плющилок зерна и разработка новых по-прежнему остается актуальной задачей.

Результаты и их обсуждение. Для выполнения этого в настоящей работе поставлены следующие задачи:

1. Выяснить возможность снижения энергоемкости процесса плющения зерна за счет геометрических характеристик сдавливающих поверхностей в статических условиях.

2. С целью установления возможности использования усилий при статическом сжатии для расчета распорного усилия при плющении зерна валками провести сравнение экспериментов при сжатии зерна плоскими поверхностями и при плющении валками зерноплющилки.

3. Экспериментально и теоретически установить зависимость распорных усилий, действующих в рабочей зоне валков, от конструктивных параметров и режимов работы зерноплющилки.

4. Экспериментально определить:

а) влияние окружной скорости валков и их диаметра на производительность и другие показатели рабочего процесса валковой зерноплющилки;

б) влияние способа питания и вида поверхности валков на протекание рабочего процесса плющения.

5. Установить оптимальное соотношение между окружной скоростью валков, их диаметром и зазором между ними [2,3].

6. Разработать методику расчета валковой зерноплющилки.

Повышение производительности зерноплющилки достигается увеличением окружных скоростей валков и их диаметра до значений, обеспечивающих максимальную пропускную способность зерноплющилки. Снижение мощности, потребной на привод валков, достигается применением рифленной поверхности валков и рациональным выбором их параметров. Учитывая тот факт, что деформация зернового материала в статических условиях протекает аналогично прокатке металлов, для определения силовых факторов, действующих при плющении зерна, используется основные положения теории прокатки металлов.

При этом делаются допущения:

- 1) зерно поступает в рабочий зазор сплошной лентой;
- 2) толщина ленты зернового материала равна средней толщине зерновки;
- 3) распределение контактных напряжений в зоне захвата рифленных валков принимается таким же, как и для гладких;
- 4) зерно по всей дуге захвата движется с относительным скольжением.

Тогда распорное усилие можно рассматривать как геометрическую сумму двух усилий:

- а) от действия нормальных сил P ;
- б) от действия касательных сил трения T , обуславливаемое скольжением зерновок в зоне захвата [4].

В этом случае давление материала на единицу площади валков определится по формуле:

$$P_z = e^{\int \frac{\mu}{y} dz} \left(C + \int \frac{2k_f}{y} e^{\int \frac{\mu}{y} dz} dy \right) \quad (1)$$

где P_z - удельное давление (усилие); e - основание натурального логарифма; μ - коэффициент трения зернового материала о металл валков; y, Z - текущие координаты дуги захвата; k_f - предел текучести или сопротивление пластической деформации зерна; C - определяется из начальных условий.

Для практических расчетов используется среднее удельное давление, которое вычисляется по формуле:

$$P_{cp} = \int_0^l P_z dz \quad (2)$$

где l - длина дуги захвата.

Распорное усилие определится согласно зависимости:

$$P = P_{cp} F \quad (3)$$

где P_{cp} - среднее удельное усилие; F - площадь соприкосновения зерна с валками.

При плющении зерна площадь F можно определить по формуле:

$$F = Bl \quad (4)$$

где B - длина валков.

Теперь приравняв дугу захвата хорде, учитывая малость ее $4-8^0$ определив начальные условия интегрирование (3) от S_0 до S дает

$$P = \frac{BlS_H \left[\left(\frac{S_H}{S} \right)^{\delta-1} \right]}{(S_0-S)(\delta-1)} \quad (5)$$

где S_H - толщина зерновки в нейтральном сечении определяется по формуле:

$$S_H = \sqrt{S_0 S} \quad (6)$$

где S_0 - средняя толщина зерновки, до плющения; S - рабочий зазор между валками; δ - постоянный коэффициент, который вычисляется по формуле:

$$\delta = \frac{2\mu l}{S_0 - S} \quad (7)$$

При аналитическом исследовании распределения удельного давления по дуге захвата мы совершенно не учитывали скорости деформации. Действительно, с увеличением скорости деформации будет изменяться сам характер деформирования, и установить какую-то аналитическую между скоростью деформации и распорным усилием P весьма трудно [5,6]. Поэтому влияние скорости деформации будем учитывать экспериментальным коэффициентом k_v , Обозначим:

$$k = k_f * k_v$$

Тогда формула для расчета распорного усилия примет вид:

$$P = \frac{B l S_H k \left[\left(\frac{S_H}{S} \right)^{\delta-1} \right]}{(S_0 - S)(\delta - 1)} \quad (8)$$

где k - коэффициент, зависящий от скорости деформации зернового материала при плющении и его физико-механических свойств, определяется экспериментальным путем.

Мощность, потребная для плющения зернового материала определяется по формуле:

$$P = \frac{15 B l S_H \left[\left(\frac{S_H}{S} \right)^{\delta-1} \right] k k_1 V}{D (S_0 - S)(\delta - 1)} \quad (9)$$

где k_1 , - коэффициент, учитывающий поправку точки приложения распорного усилия; V - окружная скорость валков; D - диаметр валков.

Материалы и методы исследований. В соответствии с поставленными задачами была разработана методика экспериментальных исследований, которая включила: а) изучение процесса сжатия зернового материала между рифлеными поверхностями; б) исследование рабочего процесса валковой зерноплющилки в зависимости от окружной скорости валков, зазора между ними и их диаметров. В программу исследований также входило изучение влияния различных способов питания в вида поверхности валков на протекание рабочего процесса валковой зерноплющилки [6,7]. Для опытов по статическому сжатию зерновок использовали четыре культуры: рожь, пшеница, ячмень, овес.

Сжатие зерновок производили между двумя рифлеными поверхностями на разрывной машине 4-МР с записью диаграмм усилие – деформация. Шаг рифлей деформирующих пластин принимали равными 1,2; 1,5; 1,8; 2,1; 2,4 мм, а угол заострения рифлей, соответственно, 60; 90; 120; 140° и гладкие. Обработку диаграмм проводили с помощью планиметра. Отдельной серией проводили опыты по выяснению влияния влажности на работу деформации.

Для производства опытов по изучению процесса плющения использовали экспериментальную валковую зерноплющилку, краткая техническая характеристика которой представлена в таблице-1.

Таблица 1 – Техническая характеристика зерноплющилки

Показатели	Единица измерения	Кол-во единиц
Диаметр валков	мм	155,220,290,355,440
Длина валков	" "	60
Вид поверхности валков	-	рифленые и гладкие
Шаг рифлей	мм	1,8
Угол заострения	градус	90°
Окружная скорость	м/с	6÷16
Мощность электропривода	кВт	20

Подачу продукта осуществляли двумя способами: ленточным дозатором и плющильным валком с помощью ускорителя.

Для опытов использовали две культуры: ячмень и овес. Энергию, затрачиваемую на процесс плющения зерна, и измеряли комплектов К-50 и трехфазным счетчиком с ценой давления 0,001 квт. Для измерения распорных усилий, действующих в рабочей зоне валков, использовали тензометрическую установку 4ТУ-В-6ТД и тензодатчики ТДС-0,2-1. Усилия регистрировались шлейфовым осциллографом Н-700. Контроль и окончательную установку зазора между валками в процессе плющения производили путем пропускания через валки свинцовой пластинки, толщиной, примерно равной средней толщине зерновки, в трех точках по длине валка.

Степень плющения оценивалась отношением:

$$\varepsilon = \frac{S_0}{S} \quad (10)$$

где ε - степень плющения.

Сравнительную оценку работы зерноплющилки при различных режимах и конструктивных параметрах проводили по методике, которая заключалась в следующем.

На каждом режиме работы зерноплющилка загружалась до нагрузки, соответствующей максимальной пропускной способности валков, за небольшим исключением опытов, при которых изучали зависимости производительности от подводимой мощности. Для каждого опыта определяли производительность, потребляемую мощность, рабочий зазор. Отдельной серией опытов устанавливали межвалковое распорное усилие [9,10]. Для оценки эффективности работы зерноплющилки на различных режимах или с различными конструктивными параметрами сравнивала ее максимальную производительность, отнесенную к одинаковой степени плющения. С целью установления экспериментальных коэффициентов k и k_1 , пользовались услугами вычислительного центра.

Опыты по сжатию зерна рифлеными поверхностями показали, что между параметрами рифленой поверхности и работой деформации имеется определенная зависимость. При этом варьирование геометрическими характеристиками рифленой поверхности дает возможность изменить расход энергии на сжатие в пределах 30÷70 %. Наиболее рациональными параметрами рифленой поверхности (с учетом кратности деформации и износостойкости рифлей) следует считать рифли с шагом $t = 1,8$ мм и углом заострения $\alpha=90^\circ$. Расход энергии на раздавливание зерна рифлеными поверхностями в среднем составил 2,0 - 2,9 кДж/кг.

Исследования по установлению зависимости работы деформации от влажности при сжатии рифлеными поверхностями показали, что работа деформации для влажности зерна равной 13-14% имеет наименьшее значение.

При конструировании зерноплющилок возникает необходимость в установлении распорного усилия, действующего в зоне захвата валков. В теоретических предпосылках при определении распорного усилия принят ряд допущений и усилие возможно будут отличаться от полученных экспериментальным путем [8]. Поэтому для установления силовых факторов, действующих в рабочей зоне валков были проведены опыты на экспериментальной зерноплющилке. Результаты опытов, часть из которых представлена на рисунке 1 позволяют констатировать, что с увеличением окружной скорости валков распорное усилие снижается, причем крайние значения его в значительной степени зависят от зазора между валками.

Кроме того, на распорное усилие оказывает влияние вид перерабатываемой культуры. Так, для овса на всех режимах работы зерноплющилки распорные усилия ниже в 1,3-1,8 раза по сравнению с ячменем. Как показывает зависимость (5), распорное усилие зависит от диаметра валков. График (рисунок-2) иллюстрирует влияние диаметра валков на распорное усилие.

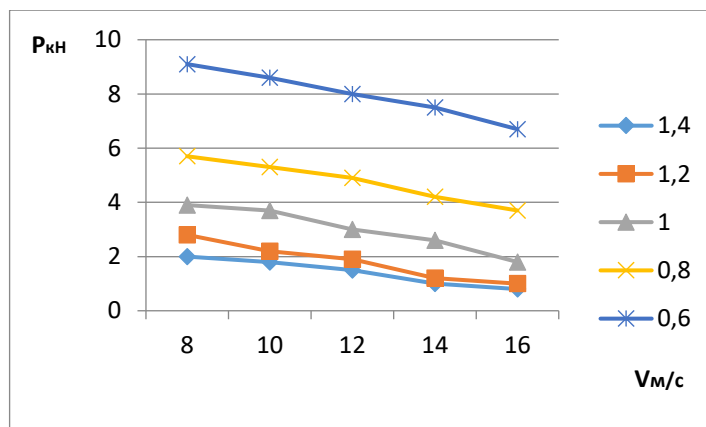


Рисунок 1 – Зависимость распорного усилия от окружной скорости валков диаметром D=290 мм при плющении ячменя

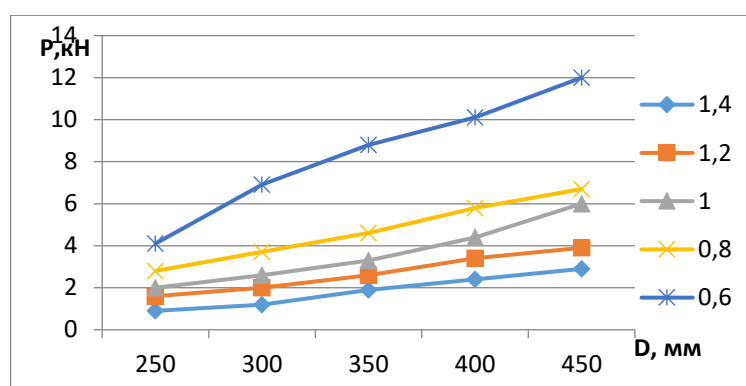


Рисунок 2 – Зависимость распорного усилия от диаметра валков при окружной скорости E м/с. Перерабатываемая культура - ячмень, влажность 13%

Как следует из рисунка 2, увеличение диаметра валков вызывает пропорциональное возрастание распорного усилия.

Таким образом, увеличение окружной скорости валков и зазора между ними вызывает снижение распорного усилия. Увеличение диаметра валков, наоборот, сопровождается возрастанием распорного усилия. Графа-аналитическая обработка результатов опытов показала, что значение коэффициента k, входящего в уравнение (5) в интервал изменения диаметра валков 150÷440 мм, окружных скоростей 6÷16 м/с и зазоров между ними 0,6÷1,4 мм, может быть определено по формуле: [11]

$$k = 10 \frac{E e^{\frac{D}{602} \left(\frac{US}{350} - 1 \right)^2}}{U^{0.475}} \quad (11)$$

где E - степень плющения; e - основание натурального логарифма; D - диаметр валков, мм; U - скорость деформации, 1/с; S - зазор между валками, мм.

С использованием коэффициента k распорное усилие, действующее в зоне захвата, может быть определено по формуле 5. Расхождение расчетных данных с опытными не превышает 5%. Таким образом, допущения, принятые при теоретическом исследовании процесса плющения, вполне допустимы.

Для овса значения распорного усилия нужно уменьшить в 1,3÷1,8 раза.

Задачами исследования также предусматривается сравнительная оценка усилия при статическом сжатии и при плющении валками зерноплющилки.

Усилие при плющении зерна валками значительно выше, чем при статическом сжатии. Определяющим при этом является степень сжатия. При незначительном сжатии

(1,4 мм), усилие при плющении выше на 20-25%, в то время как для сжатия (0,6 мм) разница в усилиях составляет (3÷4) раза.

Графа-аналитическая обработка данных опытов показала, что распорное усилие при плющении с достаточным приближением можно определить по усилиям, при статическом сжатии.

$$P = P_{cm} + n(E^2 - 1) \quad (12)$$

где P – транспортное усилие, кН; P_{cm} – усилие при статическом сжатии, кН; n – постоянный коэффициент, зависящий от физико-механических свойств зернового материала (для ячменя $n = 0,38$).

Следует заметить при этом, что усилия сравнивались при условии, что в зоне деформации находится масса зерна, равная 1 г.

Увеличение окружных скоростей валков может привести не только к непропорциональному росту производительности, но даже к ее снижению, что обусловлено рабочим зазором между валками. Следует заметить, что на рис. 4 четко выражены точки, соответствующие максимальной пропускной способности валков. Однако установить оптимальную по производительности окружную скорость валков, используя указанные графические зависимости, весьма затруднительно. Если вместо окружной скорости валков ввести скорость деформации зернового материала то имеется возможность найти значения, которым соответствует максимум производительности на кривых.

Анализ приведенной зависимости (рис. 3) позволяет контактировать, что точки максимума производительности соответствуют произведению:

$$US = (0,45 \div 0,48) \quad (13)$$

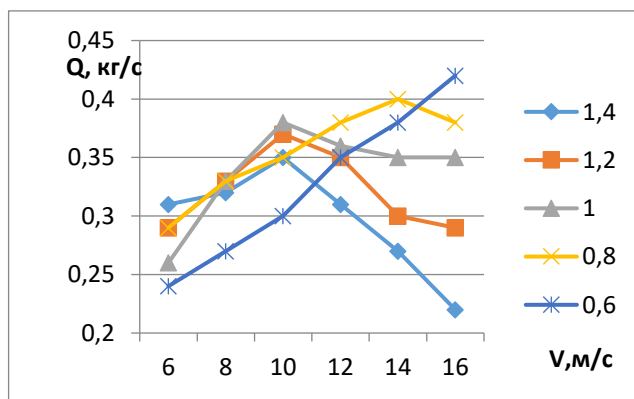


Рисунок 4 – Зависимость производительности зерноплющилки от окружной скорости валков диаметром 290 мм при плющении ячменя.

Рассмотрение истечения зернового материала через рабочую щель валков указывает на зависимость пропускной способности валков от их диаметра.

Результат опытов иллюстрируют влияние диаметра валков на их производительность. С увеличением диаметра в ковы про извинительность зерноплющилки растет, притом с несколько меньшей интенсивностью, чем возрастание диаметра. Для овса полученные графики имели аналогичный характер и отличались только относительным значением производительности. Графа-аналитическая обработка полученных результатов показала, что между производительностью, рабочим зазором, диаметром валков и их окружной скоростью существует зависимость вида: [12,13]

$$Q = 0,076B\gamma D^{0,81}S^{0,215}U^{0,525}e^{-\frac{D}{602}\left(\frac{US}{350}-1\right)^2} \quad (14)$$

где Q – производительность валков, кг/с; γ – плотность зерна, т/м³; B – ширина валков, м; D – диаметр валков, мм; S – зазор между валками, мм; U – скорость деформации; e – основание натурального логарифма.

Влияние способа питания и вида поверхности валков на производительность зерноплющилки в результате экспериментов установлено:

1. Производительность зерноплющилки при питании дозатором выше, чем при питании валком на 5-15% для рифленых и в $1,4 \div 2$ раза - для гладких валков.

2. Производительность рифленых валков в $1,5 \div 8$ раз выше, чем гладких в зависимости от их диаметра.

Перед изучением влияния различных параметров зерноплющилки на удельный расход энергии необходимо рассмотреть, как изменяется потребная мощность на плющение при изменении периметров валков. Как показывает зависимость (9), потребная мощность зависит от окружной скорости валков, зазора между ними и их диаметра. В результате экспериментов установлено, что изменение мощности в зависимости от окружных скоростей валков, их диаметра и зазора между ними прямо пропорционально распорные условия действующим в рабочей зоне валков. Отмеченные обстоятельства хорошо согласуются с выводами (9) и позволяет потребную мощность по формуле (9). Значение коэффициента K_1 для ячменя оставляет 1,38. Из формул 9 и 13 следует, что изменение окружных скоростей валков при одинаковой степени плющения не должно оказывать заметного влияния на удельный расход энергии. Это предположение хорошо согласуется с результатами опытов, относящихся к процессу плющения ячменя и овса на валках диаметром 290 мм.

При этом удельный расход для ячменя в $1,5 \div 1,8$ раза выше, чем для овса, что зависит от зазора между валками. Выше было установлено, что потребная мощность на плющение пропорциональна распорному усилию в зоне захвата. Сравнение рисунков 2 и 5 показывает, что с увеличением диаметра валков производительность валков возрастает с несколько меньшей интенсивностью (криволинейная зависимость), чем увеличивается распорное усилие (мощность).

Отмеченное обстоятельство позволяет сказать, что с увеличением диаметра валков удельный расход энергии должен возрастать. Как показали опыты, увеличение диаметра валков в интервала 150-440 мм сопровождается увеличением удельного расхода энергии на 5-18%, что зависит от рабочего зазора между валками. Для зазоров 1,0-1,4 мм удельный расход энергии при возрастании диаметра валков изменяется незначительно (5-8%).

Таким образом, если окружная скорость валков не оказывает влияния на удельный расход энергии, то диаметр валков вызывает некоторое увеличение удельного расхода энергии. Отсюда следует, что должен быть диаметр валков, обеспечивающий наилучшие экономические показатели работы зерноплющилки [14,15].

Как показывают расчеты, диаметр рифленых валков не должен превышать 450-500 мм, так как дальнейшее возрастание диаметра сопровождается значительным увеличением металлоемкости зерноплющилки, а производительность при этом увеличивается незначительно. Следовательно, для любого диаметра валков оптимальном режимом следует считать такой, при котором выполняется условие (13). Сравнительная оценка работы рифленых и гладких валков при питании их дозатором и валком позволяет сделать следующее заключение: удельный расход энергии при питании зерноплющилки дозатором на 10-22% ниже, чем при питании валком. При этом для гладких валков расход энергии выше в $1,4 \div 2,3$ раза по сравнению с рифлеными, что зависит от степени сжатия.

Методика расчета валков. На основании теоретических и экспериментальных исследований рабочего процесса валковой зерноплющилки предлагается методика расчета валков. При этом за основу принята зерноплющилка с рифлеными валками и питанием дозатором. Методика предусматривает вид перерабатываемой культуры, а также необходимую толщину плющеного продукта (рабочий зазор).

Расчет производится в следующем порядке.

1. Выбор размера валков:
 - а) диаметр валков принимается равным 150÷500 мм;
 - б) длина валков ограничивается жесткостью конструкции, поэтому ее можно принимать согласно существующим конструкциям вальцовых станков.
2. Выбор окружной скорости валков. Окружная скорость валков определяется расчетом, исходя из условия (13).

$$V = \frac{(0,45 \div 0,48)\varepsilon}{\alpha}$$

где v - окружная скорость валков, м/с; ε - степень плющения; α - угол захвата, радиан.

3. Производительность валков рассчитывается по формуле (14)
4. Распорное усилие, действующее при работе валков, определяется согласно зависимости 9. Значение экспериментального коэффициента K при этом рассчитывается по формуле (11).
5. Расчет мощности, необходимой для привода валков, ведется по формуле (9).

Выводы. 1. Теоретический анализ рабочего процесса валковой зерноплющилки и экспериментальная проверка его результатов позволили установить распорное усилие, действующее в рабочей зоне валков и приводную мощность.

2. Возрастание диаметра валков вызывает пропорциональный рост распорного усилия и приводной мощности, Увеличение окружных скоростей валков, наоборот, сопровождается снижением распорного усилия.

3. Сравнение усилий, полученных при статическом сжатии и при плющении зерна валками, указывает на возможность использования усилий при статическом сжатии для расчета распорных усилий, действующих в рабочей щели зерноплющилки.

4. Повышение окружной скорости валков и зазора между ними не всегда сопровождается соответствующим ростом производительности. Эксперименты показали, что существует определенное соотношение между скоростью деформации и зазором между валками, произведение которых составляет 0,45÷0,48 м/с и всегда обеспечивает максимум производительности валков.

5. Увеличение диаметра валков в интервале 155÷440 мм сопровождается возрастанием производительности и рифленых валков в 2,0-2,5 раза гладких в 2÷14 раз.

6. Валковой способ питания зерноплющилки не обладает какими-то существенным преимуществами по сравнению с обычными способами питания дозатором, но учитывая простоту устройства и надежность работы, его можно рекомендовать для рифленых валков любого диаметра, хотя это и будет сопровождаться некоторым снижением производительности и зерноплющилки.

7. Производительность рифленых валков в 1,6÷8 раз выше, чем гладких, в зависимости от их диаметра.

8. Изменение окружных скоростей валков при одинаковой степени плющения не оказывает влияния на удельный расход энергии. Увеличение диаметра валков вызывает возрастание удельного расхода энергии на 10-15%.

9. Удельный расход энергии при валковом способе питания выше на 5-20%, чем при питании дозатором. При этом для рифленых валков удельный расход энергии ниже, чем для гладких, в 1,4-2,8 раза.

10. Для обеспечения оптимального рабочего режима необходимо привод зерноплющилки выполнять дифференциальным, т. е. чтобы с изменением зазора между валками соответственно изменялась и их окружная скорость. При этом большим зазорам соответствует меньшая окружная скорость валков.

11. Диаметр валков рекомендуется выбирать в пределах 150÷500 мм.

Литература:

- [1] **Мустафин, Ж.Ж.**, Аскараров Н.К. Дәндерді жаншып ұсақтау алынды дақылдардың физика-механикалық қасиеттерін зертханалық жолмен анықтау. «М.А. Гендельманның 110 жылдығына арналған «Сейфуллин оқулары – 19» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдары, 2023. – Т.І, Б.ІІ. – Б.20-23.
- [2] **Мустафин, Ж.Ж.** Тісті барабанды ұсақтағыштың өнімдігін және жылдамдығын теориялық жолмен анықтау. Международный научный журнал «Endless Light in Science», №2 Астана, 2025. – 92-97 б. <https://doi.org/10.24412/2709-1201-2025-28-92-97>
- [3] **Mustafin, Zh.Zh.** PRELIMINARY CUTTERING OF A CORN COB FOR PREPARATION OF FODDER. International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET) Volume 10, Issue 03, March, 2019, pp. 1636-1644.
- [4] **Мустафин, Ж.Ж.** Жүгері собығын алдын-ала ұсақтауға арналған қондырғыға керекті қуатын анықтау. Жаршы. Ғылыми-теориялық және практикалық журналы. № 12 – 2009ж. – Б.66-69.
- [5] **Mustafin, Zh.Zh.** Theoretical study of the process of crushing and crushing grain crops. Iscience. Current scientific research in the modern world. Pereyaslav-Khmelnitsky, 2017. Vypusk 6(26), Part-5, STR. 125-133.
- [6] **Әбілжанұлы, Т.**, Әбдіров А.М., Мустафин Ж.Ж. Жүгері собығын ұсақтау процесіне теориялық сараптама. Жаршы. Ғылыми-теориялық және практикалық журналы. № 12-2009ж. – Б.65-66.
- [7] **Абилжанов, Т.** Расчет потребной мощности на привод молоткового измельчителя открытого типа. Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана, 2008г. – №3. – Б.90-94.
- [8] **Әбілжанұлы, Т.** Кормоприготовительные машины для крестьянских хозяйств и других агроформирований. – Астана: АО КазАТУ им. С. Сейфуллина, 2007. – 200с.
- [9] **Цримов, А.З.**, Шекихачев Ю.А. и др. Повреждаемость початков кукурузы рабочим органом малогабаритной иалатилки. – Мханизация и электрификация с/х. Кабардино-Балкарская ГСХА, г. Нальчик, 2007 г. – №4, – Б.5-6.
- [10] **Аста, Materialia** // The process of grain refinement in equal-cannel angular pressing. Volume 46, Issue 9, 22 May, 1998, Pages 3317–3331.
- [11] **Мустафин, Ж.Ж.**, Ахметов Е., Каспаков Е.Дәнді дақылдарды жаншып ұсақтайтын ұсақтағыштың өнімділігін және жылдамдығын теориялық жолмен анықтау. Iscience. Актуальные научные исследования в современном мире. Переяслав-Хмельницкий 2017. Выпуск 10(30), часть-7, 102-108 стр.
- [12] **Мустафин, Ж.Ж.**, Каспаков Е.Ж, Володя К., Баймаханов Қ., Кубашева Ж.К. Дәнді-дақылдарды ұсақтайтын қондырғының теориялық және тәжірибелік зерттеу көрсеткіштері. Жәңгірхан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университетінің ғылыми-практикалық журналы, № 1-3 (78) Орал, 2025 ж. 3-14 б. <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2025-1-3-3-14>
- [13] **Жұмабай, Ж.** Дәнді дақылдарды жаншып ұсақтайтын қондырғының параметрлерін негіздеу. Ауыл шаруашылығы ғылымдар магистрі академиялық дәрежесін алу үшін дайындалған диссертациясы. Астана, 2015. – 89б.
- [14] **Әбілжанұлы, Т.**, Әбдіров А.М., Мустафин Ж.Ж. Жүгері собығын ұсақтау технологиясын негіздеу. Жаршы. Ғылыми-теориялық және практикалық журналы, 2009. – № 1. – Б.65-67.
- [15] **Мустафин, Ж.Ж.**, Каспаков Е.Ж, Жетпейсов М.Т., Жумагулов Ж.Б. Жаншығыш ұсақтағыштың тісті барабанның параметрлерін негіздеу. Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты, 2025. – № 1(105) . – 12-18 б

References:

- [1] **Muctafin, Zh.Zh.**, Askarov N.K. Danderdi zhanshyt usaktaut alyndy dakylardyn fizika-mehanikeyk kasetterin zerthanalyk zholmen anyktau. « M.A. Gendel'mannyn 110 zhyldygyna arналган «Sejfullin okulary – 19» halykaralyk gylymi-praktikalyk konferencijasynyn materialdary, 2023. – Т.І, Б.ІІ. – Б.20-23. [in Kazakh]

- [2] **Muctafin, Zh.Zh.** Tisti barabandy usaqtagyshtyn onimdigin zhane zhyldamdyryn teorijalyk zholmen anyktau. Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal «Endless Light in Science», №2 Astana, 2025. – 92-97 b. <https://doi.org/10.24412/2709-1201-2025-28-92-97> [in Kazakh]
- [3] **Mustafin, Zh.Zh.** PRELIMINARY CUTTERING OF A CORN COB FOR PREPARATION OF FODDER. International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET) Volume 10, Issue 03, March, 2019, pp. 1636-1644.
- [4] **Muctafin, Zh.Zh.** Zhygeri cobygyn aldyn-ala ucaktauga arnalgan kondypgyga kepekti kuatyn anyktau. Zhapshy. Qylymi-teopijalyk zhane paktikalyk zhupnaly. № 12 – 2009 zh. – B.66-69. [in Kazakh]
- [5] **Mustafin, Zh.Zh.** Theoretical study of the process of crushing and crushing grain crops. Iscience. Current scientific research in the modern world. Pereyaslav-Khmelnitsk, 2017. Vypusk 6(26), Part-5, STR. 125-133.
- [6] **Abilzhanuly, T., Abdipov A.M., Muctafin Zh.Zh.** Zhygeri cobygyn ucaktau pocetine teopijalyk capaptama. Zhapshy. Qylymi-teopijalyk zhane paktikalyk zhupnaly. № 12, – 2009zh. – B.65-66. [in Kazakh]
- [7] **Abilzhanov, T.** Pacchet potpebnoj moshhnocti na ppivod molotkovogo izmel'chitelja otkpytogo tipa. Vectnik cel'ckoxozjajctvennyj nauki Kazaxctana, 2008g. – №3. – B.90-94. [in Russian]
- [8] **Abilzhanuly, T.** Kormoprigotovitel'nye mashiny dlja krest'janskih hozjajstv i drugih agroformirovanij. – Astana: AO KazATU im. S. Sejfullina, 2007. – 200 s. [in Russian]
- [9] **Спимов, А.З., Shekixachev Ju.A.** i dp. Povpezhdaemost' pochatkov kukupzy pabochim opganom malogabapitnoj ialatiki. – Mxanizacija i jelektipifikacija c/x. Kabapdino-Balkapckaja GCXA, g. Nal'chik, 2007.,– №4. – B.5-6. [in Russian]
- [10] **Asta, Materialia** // The rrossess of grain refinement in equal-sannel angular rressing. Volume 46, Issue 9, 22 Mau, 1998, Rages 3317–3331.
- [11] **Muctafin, Zh.Zh., Ahmetov E., Kaspakov E.** Dandi dakyldardy zhanshyp usaktajtn usaktaqyshtyn onimdiligin zhane zhyldamdyqyn teorijalyk zholmen anyktau. Iscience. Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire. Perejaslav-Hmel'nickij, 2017. Vypusk 10(30), chast'-7, 102-108 str. [in Kazakh]
- [12] **Muctafin, Zh.Zh., Kaspakov E.Zh., Volodja K., Bajmahanov K., Kubasheva Zh.K.** Dandi dakyldardy usaktajtn kondyrqynyn teorijalyk zhane tazhiribelik zertteu korsetkishteri. Zhangir han atyndaqy Batys Kazakstan agrarlyk-tehnikalyk universitetinin qylymi-praktikalyk zhurnaly, № 1-3 (78) Oral, 2025 zh. 3-14 b. <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2025-1-3-3-14> [in Kazakh]
- [13] **Zhumabaj, Zh.** Dandi dakyldardy zhanshyp ucaktajtn kondyrqynyn parametrlerin negizdeu. Auyl sharuashylyqy qylymdar magictri akademijalyk darezhecin alu yshin dajyndalqan diccertacijasy. Astana, 2015zh. – 89b. [in Kazakh]
- [14] **Abilzhanuly, T., Abdipov A.M., Muctafin Zh.Zh.** Zhygeri cobygyn ucaktau texnologijacyz negizdeu. Zhapshy. Qylymi-teopijalyk zhane ppaktikalyk zhupnaly. № 1, – 2009zh. – B.65-67. [in Kazakh]
- [15] **Muctafin, Zh.Zh., Kaspakov E.Zh., Zhetpejsov M.T., Zhumagulov Zh.B.** Zhanshyqysh usaktaqyshtyn tisti barabannyn parametrlerin negizdeu. Kazak ulttyk agrarlyk zertteu universiteti, Izdenister, natizheler – Issledovaniya, rezul'taty. № 1(105) Almaty, 2025. – 12-18 b. [in Kazakh]

ЖАНШЫҒЫШ ҰСАҚТАҒЫШ ҚОНДЫРҒЫНЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН НЕГІЗДЕУ

Мұстафин Ж.Ж.^{1*}, техника ғылымдарының кандидаты

Қаспақов Е.Ж.¹, техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор

Жумагулов Ж.Б., техникалық ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор

Аскаров Н.К.¹, магистр

Балғабаев М.А.³, техника ғылымдарының кандидаты

¹Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., Қазақстан

²Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан

³Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ., Қазақстан

Андатпа. Мақалада жаншығыш ұсақтағыштың жұмыс процесін эксперименттік-теориялық зерттеу нәтижелері келтірілген. Бұл жұмыс 2021-2024 жылдар аралығында С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің "Аграрлық техника және технология" кафедрасының базасында орындалды. Бұл мақалада мал шаруашылығында азықты дайындау үшін

қолданылатын жаншығыш ұсақтағыштың параметрлерін негіздеу ұсынылған. Қазіргі уақытта көп шаруа қожалықтарды балғалы ұсақтағыштардың орнына жанғығыш ұсақтағышы қолдануда. Жаншығыш ұсақтағыш – барлыө дәнді дақылдарды ұсақтауға арналған қондырғысы. Оның негізгі параметрлері, олар - жаншығыш барабанның диаметрі, оларды орналасы арақашықтығы, айналу жылдамдығы және барабанның материалы, сонымен қоса, ұсақтайтын дәнді дақылдардың физика-механикалық қасиеттері маңызды рөл атқарады.

Ұсақтау үрдісі кезінде дәнді дақылдарға әсер ететін және барабанның геометриялық көрсеткіштері анықталынған. Барандармен жаншып ұсақтау кезінде энергия шығыны төмендейтіні анықталынды. Жаншығыш барабанның параметрлерін таңдағанда, олардың ұсақтау дәрежесі зоотехникалық талаптарға сай болу қажет. Осы параметрлердің азық ұсақтау сапасына әсері ылғалдылығы, сорттары және жұмыс жағдайлары сияқты әртүрлі факторларды ескере отырып талданды. Есептеулерде эксперименттік мәліметтер мен математикалық модельдер қолданылып, машинаның максималды өнімділігі мен сапасы үшін оптималды параметрлерді бағалауға мүмкіндік берді.

Тірек сөздер: азық, жаншығыш барабанның диаметрі, жаншығыш барабанның пішіні, материалдар, саңылау, ұсақтау.

JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF THE CRUSHER CRUSHER UNIT

Mustafin Zh.Zh.^{1*}, Candidate of Technical Sciences

Kaspakov E.Zh.¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Zhumagulov Zh.², Candidate of technical sciences, associate professor

Askarov N.K.¹, master's degree, senior lecturer

Balgabaev M.A.³, Candidate of Technical Sciences

¹*Kazakh Agrotechnical Research University named after Saken Seifullin, Astana, Kazakhstan*

²*Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan*

³*Kyzylorda University named after Korkyt Ata", Kyzylorda, Kazakhstan*

Annotation. The article presents the results of an experimental and theoretical study of the working process of a crusher crusher. This work was carried out in the period from 2021 to 2024 on the basis of the Department of Agricultural Engineering and technology of the Kazakh agrotechnical research university named after S. Seifullin. This article provides a justification for the parameters of the crusher used for the preparation of animal feed. Currently, most farms use a furnace crusher instead of hammer crushers. A crushing plant is an installation for crushing all grain crops. An important role is played by its main parameters - the diameter of the crushing drum, the distance of their placement, the speed of rotation and the material of the drum, as well as the physico-mechanical properties of the crushed grains.

The geometric parameters of the drum that affect crops during the grinding process have been determined. It has been found that when crushed by sheep, energy consumption is reduced. When selecting the parameters of the crushing drum, the degree of crushing must meet the zootechnical requirements. The effect of these parameters on the quality of feed crushing was analyzed taking into account various factors such as humidity, varieties and working conditions. The calculations used experimental data and mathematical models to estimate the optimal parameters for maximum productivity and quality of the machine.

Keywords: grain, diameter of rollers, shape of rollers, materials, clearance, compression.