

где V – скорость натекания струи на плоскую преграду.

Минимизируя оценку давления по углу α , т. е. $\frac{dp}{d\alpha} = 0$.

получаем оптимальный угол $\alpha = 30^\circ$.

Подставив значение оптимального угла $\alpha = 30^\circ$ в выражение (1.6), получаем:

$$p = 2,7\sigma_s + 1,6\rho V^2. \quad (1.7)$$

Полученная зависимость для расчета давления в точке соударения струи с преградой, учитывает механические и реологические свойства разрушаемого материала (ρ и σ_s) и скорость струи V , действующей на преграду.

Выводы

1. Разработана математическая модель для расчета силового воздействия струи на преграду, состоящую из слоя коррозионных отложений.
2. Получена зависимость для расчета давления в точке соударения струи с преградой, учитывающая механические и реологические свойства разрушаемого материала, а также кинематические параметры (скорость V) струи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агасарян, Р. Р. Струйно-абразивная обработка металлов / Р. Р. Агасарян, Р. Т. Дохинян. – Ереван: АрмНИИНТИ, 1990. – 51 с.

2. Меркулов, В. Н. Перспективные процессы гидрообработки материалов в машиностроении / В. Н. Меркулов. – Киев: УкрНИИНТИ, 1987. – 10 с.

3. Гидрорезание судостроительных материалов / Г. А. Тихомиров [и др.]; под общ. ред. Г. А. Тихомирова. – Ленинград: Судостроение, 1987. – 164 с.

4. Проволоцкий, А. Е. Исследование процесса гидроабразивной обработки сложнопрофильных поверхностей: дис. ... канд. техн. наук: 12.06.75 / А. Е. Проволоцкий – Одесса, 1975. – 286 л.

5. Работнов, Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела / Ю. Н. Работнов. – Москва: Наука, 1988. – 654 с.

6. Сторожев, М. В. Теория обработки металлов давлением / М. В. Сторожев, Е. А. Попов. – Москва: Машиностроение, 1977. – 420 с.

7. Томленов, А. Д. Теория пластического деформирования металлов / А. Д. Томленов. – Москва: Металлургия, 1972. – 408 с.

8. Отт, А. А. Гидравлика / А. А. Отт. – 2-е изд. – Ленинград: Главная редакция энергетической литературы, 1937. – 397 с.

9. Омелянюк, М. В. Разработка технологии гидродинамической кавитационной очистки труб от отложений при ремонте скважин: дис. ... канд. техн. наук: 17.08.04 / М. В. Омелянюк. – Краснодар, 2004. – 215 л.

10. Искра, Е. В. Справочник по окраске судов / Е. В. Искра, Е. П. Куцевалова. – Ленинград: Судостроение, 1980. – 263 с.

УДК 631.363.7

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 23.11.2006

СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ-СМЕСИТЕЛЯ КОРМОВ

А. В. Китун, канд. техн. наук (УО БГАТУ); **В. И. Передня**, докт. техн. наук, профессор (НИЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства); **Е. А. Мороз**, студентка (УО БГАТУ)

Аннотация

Приведены формулы для определения геометрических параметров пластины, позволяющей улучшить качество измельчения кормов без дополнительных затрат энергии в измельчителе-смесителе вертикального типа.

Введение

При выполнении технологического процесса измельчения кормов в измельчителях с вертикально установленной рабочей камерой корм, подвергаясь воздействию ножей, вовлекается в круговое вращение. При этом на него действуют центробежные силы в переносном и относительном направлении. Эти силы отбрасывают и прижимают корм к внутренней поверхности рабочей камеры, в результате чего на ней накапливаются более тяжелые частицы корма. В процессе

движения корма по внутренней поверхности рабочей камеры затрачивается непроизводительная энергия на его перемещение. Снизить эти затраты энергии можно, изменив направление переносной скорости кормового потока.

Решить поставленную задачу в измельчителе-смесителе кормов с вертикально установленной рабочей камерой можно, установив по ее внутреннему периметру пластины, передняя грань которых выполнена в виде клина. Эта грань направлена против движения ножей. В результате перемещающийся по внутренней поверхности

рабочей камеры кормовой поток изменяет направление движения. Более тяжелые частицы корма перемещаются по наклонной грани пластины во внутренние слои кормового потока (рис. 1).

Вместе с тем, при значительном наклоне передней границы пластины, частицы корма, особенно с содержанием влаги, будут накапливаться перед пластиной. В результате значительного торможения кормовой поток не будет перемещаться по наклонной плоскости. Накапливаясь перед передней гранью, корма увеличивают сопротивление движения ножей. Таким образом, с целью организации оптимального режима движения кормов по наклонной грани пластины важным является определение угла ее наклона.

Так как длина передней грани пластины по отношению к внутренней поверхности рабочей камеры незначительна, то наибольшее влияние на процессы, протекающие при перемещении кормов по ее поверхности, оказывает сила трения $F_{тр}$, препятствующая перемещению частиц.

Величину силы трения, вызванной действием центробежной силы, можно определить из выражения

$$F_{тр} = fm_k R_n \omega_{ц}^2 / \cos \alpha_{пл},$$

где f – коэффициент трения;

m_k – масса корма, кг;

R_n – радиус, описываемый ножами, м;

$\omega_{ц}$ – частота вращения ножей, c^{-1} ;

$\alpha_{пл}$ – угол установки пластины.

Перемещение кормов внутри рабочей камеры происходит под действием ножей. При этом возникает движущая сила T . Для ее определения рассмотрим поток кормов, перемещающийся в рабочей зоне пластины. Он состоит из кормового потока Q_1 , перемещающегося по наклонной грани пластины, и кормового потока Q_2 , перемещающегося вне рабочей зоны наклонной грани пласт-

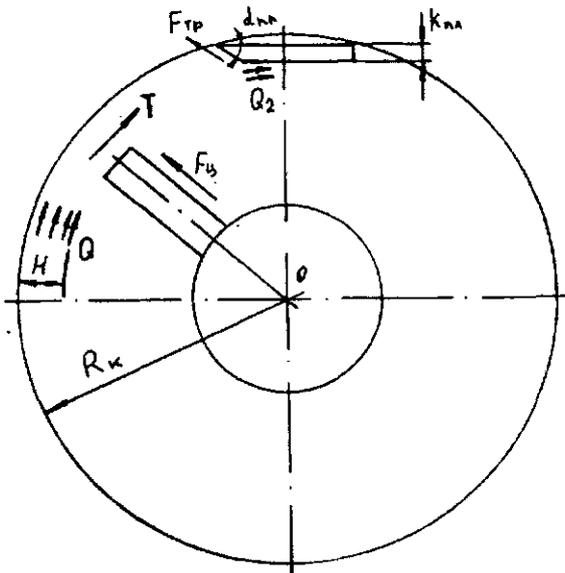


Рис. 1. Схема движения кормового потока внутри рабочей камеры с установленными пластинами

тины. В общем виде величину кормового потока можно определить по формуле

$$Q = Q_1 + Q_2.$$

Количество движения, которым обладает поток корма, перемещающийся вне рабочей зоны наклонной грани пластины, определим по формуле

$$K_2 = Q_2 V_c dt,$$

где V_c – скорость движения корма внутри рабочей камеры, м/с.

Количество движения, которым обладает поток корма, перемещающийся по наклонной грани пластины, определим по формуле

$$K_1 = Q_1 V_{c1} \cos \alpha_{пл} dt.$$

Тогда количество движения кормового потока составит

$$K = Q_1 V_{c1} \cos \alpha_{пл} dt + Q_2 V_c dt. \quad (1)$$

При прохождении ножей в зоне наклонной грани пластины импульс от силы T будет равен количеству движения кормового потока:

$$K = T dt. \quad (2)$$

Тогда из уравнений (1) и (2) определим движущую силу:

$$T = Q_1 V_{c1} \cos \alpha_{пл} + Q_2 V_c.$$

Так как движущая сила направлена в сторону, противоположную направлению силы трения $F_{тр}$, то справедливо равенство:

$$Q_1 V_{c1} \cos \alpha_{пл} + Q_2 V_c - F_{тр} \cos \alpha_{пл} = 0. \quad (3)$$

Из уравнения (3) выразим угол $\alpha_{пл}$:

$$\alpha_{пл} = \arccos \frac{Q_2 V_c}{F_{тр} - Q_1 V_{c1}}. \quad (4)$$

В уравнении (4) V_c – это скорость движения корма внутри рабочей камеры. Для измельчителя-смесителя с вертикально установленной рабочей камерой скорость V_c можно определить по ранее рассмотренной формуле

$$V_c = \operatorname{tg} \alpha_T \sqrt{\frac{R_k (mg + \pi r_n \omega_{ц} k r_{ш} V_n R_n^2)}{f_k m [\cos \alpha_T \operatorname{tg}(\gamma + \varphi) + \sin \alpha_T]}}$$

Скорость движения частиц корма по наклонной плоскости пластины определим из уравнения

$$V_{c1} = \frac{l_{нк}}{t_{нк}}, \quad (5)$$

где $l_{нк}$ – длина наклонной грани пластины, м;

$t_{нк}$ – время движения частиц по наклонной грани пластины, с.

Величину кормового потока, перемещающегося по плоскости пластины, определим из формулы

$$Q_1 = \frac{V_k P}{t_{нк}}, \quad (6)$$

где W_k – объем корма, движущегося по плоскости пластины, м³;

ρ – плотность корма, кг/м³.

Объем корма можно определить по формуле

$$W_k = SL_{пл} = \frac{\pi(R_k^2 - (R_k - k_{пл})^2)\alpha}{360} L_{пл} \quad (7)$$

где S – площадь кольцевого слоя корма между двумя последовательно установленными пластинами, м², $S = \pi(R_k^2 - r_{сл}^2)\alpha/360$;

$L_{пл}$ – высота пластины, м;

R_k – радиус рабочей камеры, м;

$r_{сл}$ – наружный радиус слоя корма, перемещающегося по наклонной грани пластины, м, $r_{сл} = R_k - k_{пл}$;

$k_{пл}$ – толщина пластины, м;

α – угол между установленными в рабочей камере пластинами, град.

Подставив в уравнение (6) значение (7), определим величину кормового потока, перемещающегося по плоскости пластин. Тогда, с учетом значений формул (5) и (6), подставленных в (4), угол наклона передней грани пластины можно определить по формуле

$$\alpha = \arccos \frac{Q_2 \operatorname{tg} \alpha_T \sqrt{R_k (mg + \pi \rho_{в} \omega k r_{ш} V_{в} R_{н}^2)}}{f m R_{н} \omega^2 - \frac{\pi L_{пл} [R_k^2 - (R_k - k_{пл})^2] \alpha \rho}{360} \frac{Z l_{пл}}{t_{ик}}} \quad (8)$$

Из формулы (8) видно, что угол наклона передней грани пластины зависит от конструктивных особенностей измельчающей и выгрузной камер измельчителя, физико-механических свойств корма и его количества, находящегося в рабочей зоне пластины.

Проведенные в работе [1] экспериментальные исследования по определению оптимального угла наклона пластины по отношению к движущемуся слою корма позволили получить зависимости изменения производительности измельчителя и удельной энергоемкости процесса от указанного параметра. Анализ полученных результатов показывает, что увеличение угла поворота отбойных пластин от 0 до 30° приводит к росту производительности на 12–15 %, а при увеличении угла от 30° до 60° производительность стабилизируется. С ростом угла свыше 60° производительность снижается. Удельная энергоемкость выполняемого процесса, в указанных пределах, сначала уменьшается, а затем возрастает. Результаты экспериментальных данных показывают также, что с увеличением угла наклона поворотной пластины возрастает степень измельчения продукта, а его фракционный состав выравнивается.

Наиболее простым способом увеличения степени измельчения кормов, который не требует изменения конструкции машины, является уменьшение зазора между концами ножей и внутренней поверхностью рабочей камеры. Однако при исследовании вопроса об определении величины указанного зазора при измельчении кормов

было установлено [2, 3], что с уменьшением этого размера возрастет удельная энергоемкость процесса измельчения. Рост затрат энергии при уменьшении зазора объясняется увеличением силы трения корма о поверхность рабочей камеры.

С целью сведения к минимуму сил трения, вызываемых заклиниванием массы корма между торцевой поверхностью ножа и внутренней поверхностью рабочей камеры, была выдвинута гипотеза об уменьшении зазора только на ограниченном участке. В этом случае путь и время перемещения корма в минимальном зазоре значительно уменьшаются, а, следовательно, вероятность заклинивания материала сводится к нулю.

Для достижения поставленной цели перед каждым блоком противорежущих элементов была установлена пластина, передняя грань которой по ходу движения ножей была выполнена в виде клина. При прохождении ножом рабочей зоны пластины величина зазора между торцом ножа и рабочей камерой уменьшается с H до h . Длина участка рабочей камеры с минимальным указанным размером h при этом ограничивается длиной наружной грани пластины $L_{пл}$.

При работе измельчителя корм вовлекается ножами в круговое движение и под действием силы тяжести перемещается в выгрузную камеру. Во время прохождения рабочей камеры частицы корма перемещаются и по плоскости пластин. Так как зазор между ножами и пластинами уменьшается до размера $h_з$, то возникает условие, обеспечивающее увеличение степени измельчения кормов. Поскольку путь перемещения корма в уменьшенном зазоре ограничен, то частицы не успевают накапливаться между плоскостью пластин и торцевой поверхностью ножей. Следовательно, исключается условие заклинивания кормов.

Таким образом, условие увеличения степени измельчения кормов при минимальных энергозатратах определяет длина пластины $L_{пл}$. Перемещая корма по плоскости пластины длиной $L_{пл}$, ножи затрачивают работу $A_{тр}$ на преодоление силы трения $F_{тр}$. Тогда длину пластины определим по формуле

$$L_{пл} = \frac{A_{тр}}{F_{тр}} \quad (9)$$

В уравнении (9) определим силу трения корма по плоскости пластины $F_{тр}$. Одной из основных причин, влияющих на величину этой силы, является центробежная сила слоя корма. С учетом данного условия трения определим по формуле

$$F_{тр} = F_{ц} f = m_k \frac{V_c^2}{(H - K_{пл})} \quad (10)$$

где m_k – масса слоя корма, кг;

$V_{сл}$ – скорость перемещения слоя корма в рабочей камере, м/с;

H – зазор между ножами и внутренней поверхностью рабочей камеры, м;

$K_{пл}$ – толщина пластины, м;

f – коэффициент трения слоя корма.



Рис. 2. Измельчитель кормов ИСК-3 с установленными перед противорезущими элементами пластинами

С целью сведения затрат энергии на перемещение кормов по плоскости пластины к минимуму ее длину рассчитаем с учетом кинетической энергии ротора, т. е. выполним условие $A_{тр} = A_{изб}$. Запас этой энергии можно определить по формуле

$$A_{изб} = \frac{I_p \omega_p^2}{2} = \frac{m_p R_p^2 \omega_p^2}{2} \quad (11)$$

Тогда уравнение (9) с учетом уравнений (10) и (11) будет иметь вид

$$L_{пл} = \frac{\omega_p^2 m_p R_p^2 (H - K_{пл})}{2m_k V_c^2 f} \quad (12)$$

Формула (12) позволяет определить длину пластины $L_{пл}$ исходя из конструктивных особенностей измельчителя и физико-механических свойств кормов. Ограничив ее длиной L , определенной по формуле, степень измельчения кормов возрастает без дополнительных затрат энергии. В этом случае на перемещение частиц корма по плоскости пластины затрачивается накопленный ротором избыток кинетической энергии.

Проведенными исследованиями было установлено, что для измельчителя-смесителя ИСК-3 (рис. 2) оптимальное значение зазора между внутренней поверхностью рабочей камеры и торцами ножей равно 12 мм. Установив на внутренней поверхности рабочей камеры пластины (рис. 2), передняя грань которых по ходу вращения ротора выполнена в виде клина, а длина наружной плоскости равна 50 мм, можно уменьшить зазор на ограниченном участке и тем самым улучшить энергетический показатель.

Заключение

Поскольку передняя грань пластины выполнена в виде клина, то перемещающийся по его плоскости материал отражается вовнутрь рабочей камеры. Следовательно, предложенное техническое решение приемлемо для всех видов кормов, а установленные пластины не требуют демонтажа при переходе с одного вида корма на другой. Новизна предложенного способа улучшения основного показателя оптимизации измельчителя защищена авторским свидетельством [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Китун, А. В. Совершенствование измельчителя-смесителя ИСК-3 для измельчения зеленой массы на корм свиньям/ А. В. Китун. Автореф. дис. канд. техн. наук. – Мн., 1991. – 15 с.
2. Зингер, В. О зазорах между молотками и ситом. В. Зингер // Мукомольно-элеваторная промышленность, 1966. – №5. – С. 18–19.
3. Ревенко, И. И. О зазоре между молотками и рабочей поверхностью дробильной камеры / И. И. Ревенко, К. Ф. Рожковский // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства, 1973. – № 3. – С. 19–21.
4. А. с. №1625418.МКИ А 01 F 29/00. Измельчитель кормов/ А. В. Китун, В. И. Передня, В. Н. Гутман; Опубл. 07.02.91. Бюл. № 5.

«Агропанорама» – научно-технический журнал для работников агропромышленного комплекса. Это издание для тех, кто стремится донести результаты своих исследований до широкого круга читателей, кого интересуют новые технологии, кто обладает практическим опытом решения задач.

Журнал «Агропанорама» включен в список изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией для опубликования результатов диссертационных исследований по сельскохозяйственным и техническим наукам (сельскохозяйственное машиностроение, транспорт, геоэкология, энергетика). Журнал выходит раз в два месяца, распространяется по подписке и в розницу в киоске БГАТУ. Подписной индекс в каталоге Республики Беларусь: для индивидуальных подписчиков – 74884, предприятий и организаций – 748842. Стоимость подписки на первое полугодие 2007 года: для индивидуальных подписчиков – 12690 руб., ведомственная подписка – 25380 руб.