

УДК 631.3:636.084:631.363.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ МОЛОТКОВОГО РОТОРА ПРИ ИЗМЕЛЬЧЕНИИ СТЕБЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Мохнаткин В. Г., доктор технических наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Вятский государственный агротехнологический университет», г. Киров, Россия
E-mail: Mohnatkin@vgatu.ru

Аннотация

С учетом положений теоретической механики и теории резания исследованы возможности повышения эффективности работы молоткового ротора для различных вариантов взаимодействия рабочей грани молотка с противорежущими элементами бункерного измельчителя стебельных материалов. Установлено, что подача материала к ротору может осуществляться в радиальном, угловом и осевом направлениях. Рассмотрена схема работы измельчающего устройства с радиальной подачей материала к ротору, осуществляемой вертикальным вращающимся подающим бункером. Введено понятие эффективности работы молотка для различных условий расположения рабочей грани молотка по отношению к радиусу ротора, проведенного в точку подвеса. Приведены графические зависимости результатов исследований эффективности работы молотка.

Ключевые слова: ротор, молоток, бункер, эффективность, стебельный материал, графики

STUDYING DESIGN AND TECHNOLOGICAL FACTORS INFLUENCE ON THE HAMMER ROTOR EFFICIENCY IN CRUSHING STEM MATERIALS BY THE GRAPHIC ANALYTICAL METHOD

Mokhnatkin V. G., doctor of technical sciences, professor

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Vyatka State Agrotechnological University», Kirov, Russia
E-mail: Mohnatkin@vgatu.ru

Annotation

Taking into account the principles of theoretical mechanics and cutting theory, the possibilities of increasing the hammer rotor efficiency have been investigated for various variants of interaction between the working face of the hammer and the counter-cutting elements of a hopper crusher of stem materials. It has been established that the material feeding to the rotor can be carried out in radial, angular, and axial directions. The authors examine the operation scheme of a grinding device with radial material feed to the rotor, carried out by a vertical rotating feed hopper. They introduce the concept of hammer efficiency for various conditions of the working boundary hammer's position relative to the rotor's radius, drawn at the suspension point. Graphical results of hammer efficiency studies are presented.

Keywords: rotor, hammer, hopper, efficiency, stem material, graphs

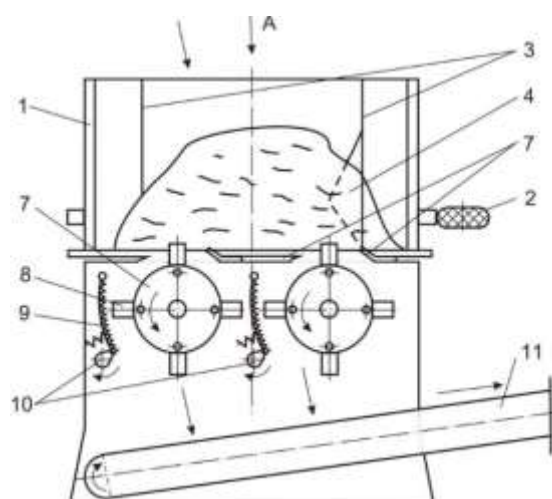
Введение. Практика использования молотковых рабочих органов для измельчения грубых кормов свидетельствует о том, что наибольшее применение нашли молотки прямоугольной формы. В то же время в ходе исследований рядом авторов [3, 4] обращено внимание на целесообразность выполнения рабочей грани молотка, отличной от прямолинейной, либо смещение точки подвеса молотка относительно продольной оси симметрии с целью отклонения его в процессе работы от радиуса ротора. На роторе молоток устанавливается шарнирно с помощью специальных стержней, проходящих в отверстиях молотков и дисков ротора. При этом, как правило, центр отверстия в молотке (точка подвеса) расположен на продольной оси симметрии последнего. То есть молоток работает аналогично прямому дисковому ножу. Поэтому целесообразно провести анализ работы молотка при измельчении грубых кормов с позиций основных положений теории измельчения, а именно теории резания.

Согласно [3, 5] резание со скольжением имеет место тогда, когда угол скольжения τ больше угла трения φ ($\tau > \varphi$). При этом угол скольжения принято определять как угол между радиус-вектором и рабочей гранью ножа. Угол скольжения определяется и как угол между направлением движения рассматриваемой точки лезвия и нормалью к лезвию, проходящей через эту точку.

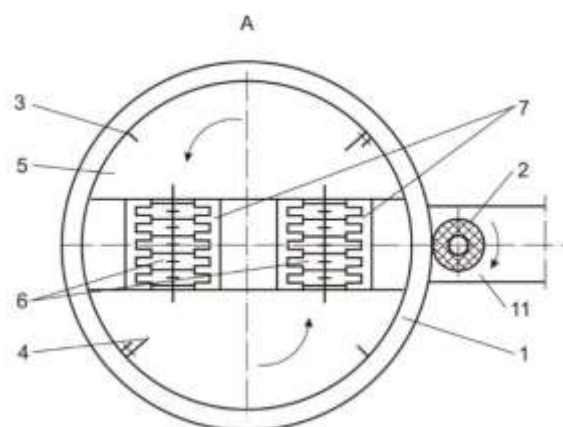
При анализе работы бункерных измельчителей грубых кормов установлено, что подача материала к ротору может осуществляться в радиальном, угловом и осевом направлениях. Следовательно, для первых двух случаев в плоскости вращения ротора имеет место составляющая скорости подачи материала, направленная по радиусу к ротору, которая вызывает дополнительный эффект, сравнимый с эффектом скользящего резания.

Рассмотрим схему работы измельчающего устройства с молотковыми рабочими органами и радиальной подачей материала, осуществляемой вращающимся подающим бункером (рисунок 1) [1, 2, 5].

Проанализируем наиболее характерные схемы измельчения с помощью графоаналитического метода. Для оценки эффективности рабочего процесса примем отношение площади среза материала при наличии скользящего резания в долях к общей площади среза, обозначив этот показатель буквой E [6, 7].



Фиг. 1



Фиг. 2

Рисунок 1. Схема молоткового измельчителя грубых кормов с вертикальным вращающимся подающим бункером:

1 – бункер, 2 – приводное колесо, 3 – лопатки, 4 – лопасти, 5 – днище, 6 – противорежущие гребенки, 7 – ротор, 8 – молотки, 11 – транспортер

Согласно рисунку 2,а при движении молотка из положения M_1 в положение M_2 угол скольжения для наиболее удаленной точки молотка будет изменяться от $+90^\circ$ до -90° по синусоидальному закону. Для различных материалов или же для различных состояний одного и того же материала угол скользящего резания φ будет не одинаковым, что, соответственно, и определит эффективность процесса. Откладывая на оси ординат значения угла $\tau = \varphi_i$, определяющего начало скользящего резания, найдем соответствующие этим значениям площади сечений, где имеет место эффект резания со скольжением. Для данного случая показатель E находится в пределах $E = 0,22 \dots 0,45$ для $\varphi = 50^\circ, 40^\circ, 30^\circ$ и 20° соответственно.

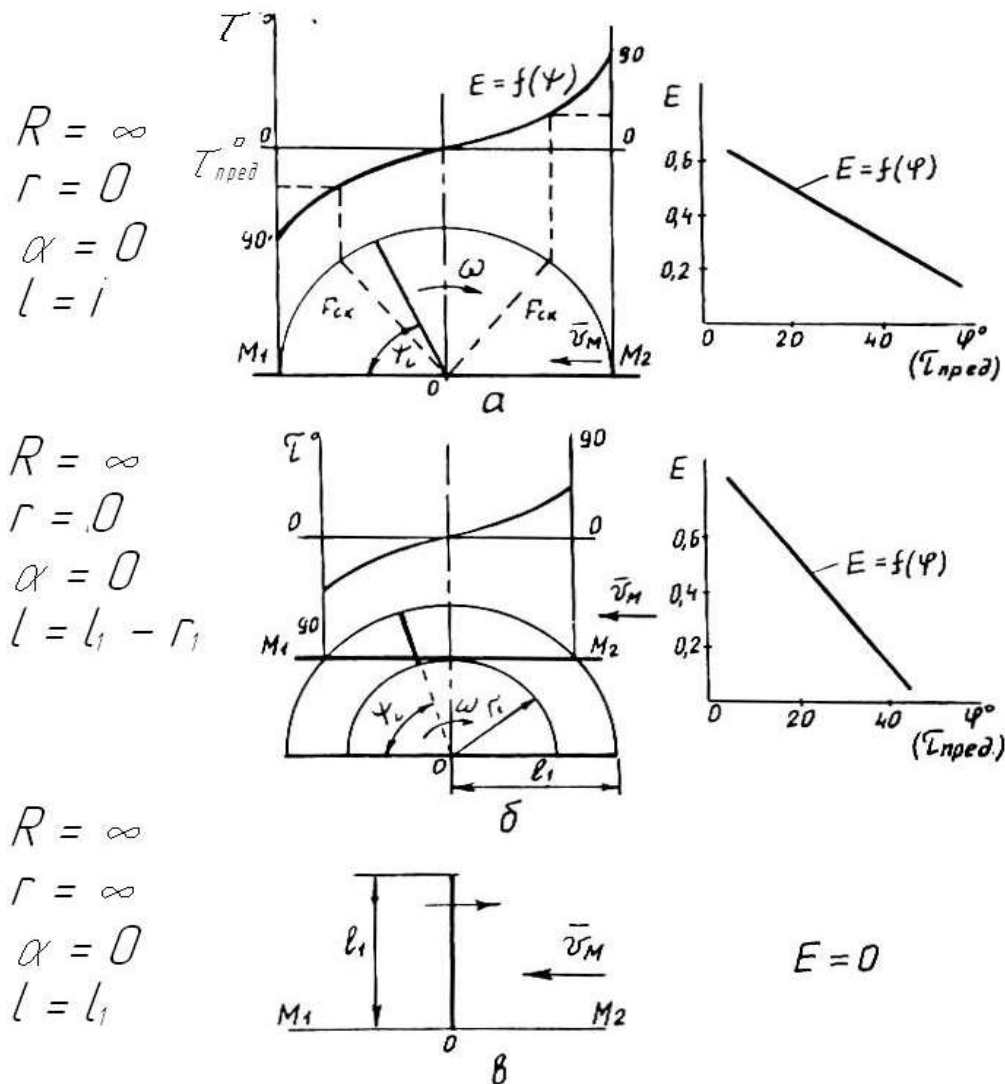


Рисунок 2. Схема к анализу эффективности измельчения стебельных кормов молотком, расположенным по радиусу к ротору:

- а – радиус окружности точки подвеса молотка равен 0, $r_1 = 0$;
 б – радиус окружности точки подвеса молотка отличен от 0, $0 < r_1 < l_1$;
 в – движение молотка поступательное

Судя по рисунку 2,а процесс резания со скольжением осуществляется в начале и в конце рабочего хода молотка, когда толщина слоя поступающего материала незначительна. Это и обуславливает относительно невысокие значения показателя E . Анализ рисунка 2 свидетельствует о том, что с увеличением радиуса окружности, на которой расположены точки подвеса молотков, при прочих равных условиях площадь среза материала, где осуществляется резание со скольжением, уменьшается и при $r = \infty$ равна нулю.

Для четвертого случая (рисунок 3,а) исходные условия аналогичны, но разрушающая грань молотка отклонена от радиуса ротора на некоторый угол α . В этом случае кривая зависимости изменения угла скольжения τ будет смещена относительно первоначальной вниз по оси ординат для значений $\alpha > 0$ (отклонение молотка в сторону, противоположную вращению ротора) или вверх для углов $\alpha < 0$ (отклонение молотка по направлению вращения ротора).

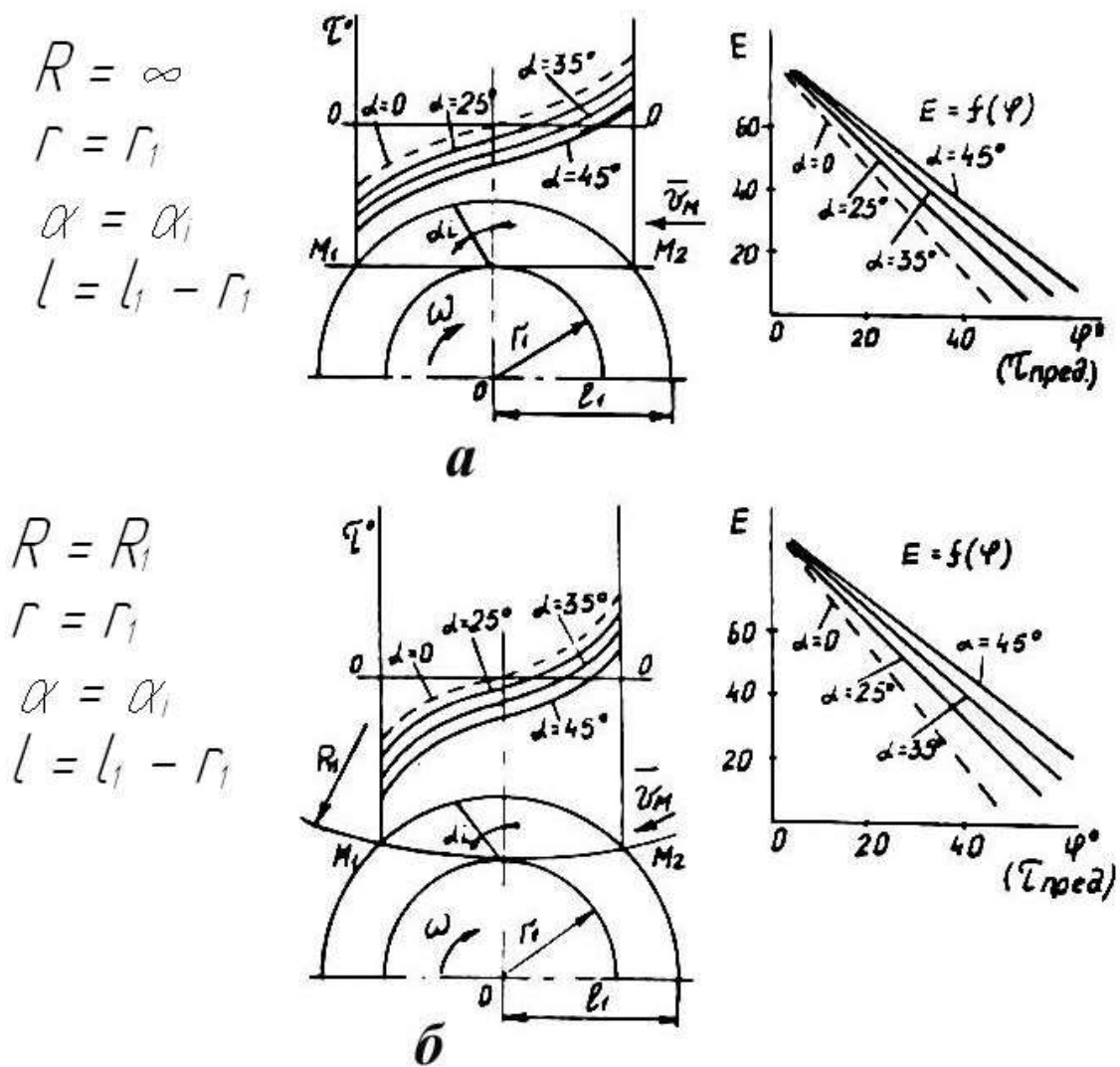


Рисунок 3. Схема к анализу эффективности измельчения стебельных кормов молотком, отклоненным от радиуса ротора

При этих условиях доля скользящего резания в общем процессе измельчения с увеличением угла α возрастает вследствие того, что происходит перераспределение площадей, характеризующих резание со скольжением относительно вертикальной оси ротора.

На рисунке 3,б приведены условия, когда материал подается к ротору бункером не с вертикальной осью вращения, а с горизонтальной, то есть плоскости вращения ротора и бункера совпадают. Отклонения молотка рассмотрены в тех же пределах, что и для предыдущего случая. Очевидно, что направление подачи материала здесь будет осуществляться по нормали к радиусу бункера, и для различных углов поворота ротора это направление будет меняться. Следовательно, и кривая изменения эффективности процесса будет иметь более крутую характеристику. Это говорит о том, что с уменьшением радиуса подающего бункера доля скользящего резания при измельчении материала возрастает.

Вывод. Эффективность работы молотка, а следовательно, и ротора в целом можно повысить, обеспечив отклонение рабочей грани молотка, от радиуса ротора, проведенного в точку подвеса, либо изготовлением молотка отличного от прямоугольной формы. Максимального эффекта можно достигнуть при подаче материала к ротору по криволинейной поверхности, как это реализовано в измельчителе ИРГК «Вятка» [2, 8].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дробилка для кормов : а. с. 982791 : МК В 02 С 13/02 / В. Р. Алешкин, В. А. Сысуев, Н. Ф. Баранов [и др.] (СССР). № 3286388/29-33 : заявл. 15.05.1981 : опубл. 23.12.1982, Бюл. № 47.
2. Молотковая дробилка : а. с. 1381793 СССР : МКИ В 02 С 13/02 / В. Р. Алешкин, В. Г. Мохнаткин, В. А. Сысуев [и др.] (СССР). № 3928637/29-33 ; заявл. 27.05.85. 2 с.
3. Алешкин В. Р., Рошин П. М. Механизация животноводства. Москва : Агропромиздат, 1985. 336 с.
4. Мохнаткин В. Г. Совершенствование конструкций и оптимизация параметров измельчителей грубых кормов для поточных линий кормоперерабатывающих предприятий : диссертация ... кандидата технических наук : 05.20.01 : защищена 26.11.86 : утв. 06.05.87 / Мохнаткин Виктор Германович. Рязань, 1986. 252 с.
5. Машины и технологии в животноводстве : учебник / В. Г. Мохнаткин, П. Н. Солонщиков, Е. А. Софронов [и др.]. Киров : Вят. ГАТУ, 2022. 460 с.
6. Мохнаткин В. Г., Кириллов И. А., Кошурников Д. Н. Теоретические исследования процесса разрушения стебельных материалов молотковым рабочим органом в результате ударного воздействия // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2008. Т. 18, № 2. С. 171-180.
7. Мохнаткин В. Г., Поярков М. С., Горбунов Р. М. Исследование рабочего процесса роторного измельчителя с осевой подачей материала // Пермский аграрный вестник. 2020. № 2 (30). С. 4-14.
8. Мохнаткин В. Г., Поярков М. С. Обоснование конструктивно-режимных параметров измельчителей кормов путем моделирования рабочего процесса // Вестник Вятской ГСХА. 2020. № 1. С. 2.