

6. Eremina T.V., Kalinin A.F. Vybor jeffektivnoj jelektrozashhity sredstv maloj mehanizacii // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. – 2014. – № 1. – S. 53–56.
7. Problemy i perspektivy massovogo primeneniya ustrojstv zashhitnogo otkljuchenija v Rossii: mat-ly Pervogo Vseros. nauch.-prakt. soveshhanija (Barnaul, 2000 g.) // Jelektrichestvo. – 2001. – № 4. – S. 64–68.



УДК 621.926.327

Д.А. Кривов, Ю.И. Гордеев

**РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ДРОБИЛКИ
С ВАЛКАМИ В ФОРМЕ РК-ПРОФИЛЯ**

D.A. Krivov, Yu.I. Gordeev

**THE DEVELOPMENT OF THE SCHEMATIC DIAGRAM OF THE CRUSHER WITH ROLLS
IN THE FORM OF PK-PROFILE**

Кривов Д.А. – ст. преп. каф. общеинженерных дисциплин Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: krivovdm@yandex.ru

Гордеев Ю.И. – канд. техн. наук, доц. конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: tms-mtf@rambler.ru

Krivov D.A. – Asst, Chair of All-Engineering Disciplines, Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk. E-mail: krivovdm@yandex.ru

Gordeev Yu.I. – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Design-Technology Ensuring of Machine-Building Productions, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. E-mail: tms-mtf@rambler.ru

В статье представлены результаты исследования возможности повышения интенсивности и надежности процесса дробления за счет выполнения рабочих элементов – валков в форме РК-профиля. Рассмотрены преимущества и недостатки основных типов измельчителей, их кинематико-геометрические характеристики, принципы их работы. В измельчителе с валками в форме РК-профиля при перемещении дробимого материала как минимум в двух координатах реализуется дополнительный эффект перекатывания, благодаря чему эффективность измельчения повышается, существенно снижается вероятность заклинивания крупных кусков материала в щелевом зазоре. Система сил, реализуемая в зоне измельчения между валками в виде РК-профилей, является знакопеременной, циклической по величине и направлению сил, что позволяет повысить интенсивность измель-

чения. Кроме того, за счет особенностей кинематики двух валков происходит совмещение различных механизмов разрушения материала: сжатия, растяжения, истирания, ударного воздействия, постоянного изменения направления измельчающих сил. За счет меньшей площади сечения РК-профиля (в отличие от цилиндрического профиля) уменьшается необходимый крутящий момент электропривода дробилки и одновременно обеспечивается увеличение удельной нагрузки на измельчаемый материал. За счет применения валков в форме РК-профиля снижаются ударные нагрузки на опорные узлы и передаточные механизмы, реализуется новая система сил, позволяющая повысить интенсивность дробления, снижаются затраты на изготовление дробилки. Изменение напряженно-деформированного состояния материала в зоне измельчения между валками в форме РК-профиля, реализация зна-

копеременной, циклической системы сил, и, как результат, совместного воздействия различных механизмов разрушения материала позволяют повысить интенсивность и эффективность дробления, что, в свою очередь, обеспечивает улучшение технико-экономических показателей устройства и всего процесса технологического цикла измельчения.

Ключевые слова: дробилка, измельчитель, валки, РК-профиль, интенсивность дробления.

The results of research of possibility of increase of intensity and reliability of process of crushing due to the performance of working elements – rolls in the form of the PK-profile are presented in the study. Advantages and shortcomings of the main types of grinders, their kinematic-geometric characteristics, the principles of their work are considered. In the grinder with rolls in the form of the PK-profile when moving crushed material at least in two coordinates the additional effect of rolling thanks to what efficiency of crushing increases is realized, the probability of jamming of large pieces of material in a slot-hole gap significantly decreases. The system of forces realized in a crushing zone between rolls in the form of PK-profiles is sign-variable, cyclic in size and the direction of forces that allows increasing the intensity of crushing. Besides, due to features of kinematics of two rolls there is a combination of various mechanisms of destruction of material: compression, stretchings, attritions, shock influence, continuous change of the direction of the crushing forces. At the expense of the smaller area of section of the PK-profile (unlike a cylindrical profile) the necessary torque of the electric drive of a crusher decreases and the increase in specific load of the crushed material is at the same time is provided. Due to application of rolls in the form of the PK-profile shock loads of basic knots and transmission gears decrease, the new system of forces allowing increasing intensity of crushing is realized, the costs of production of a crusher decrease. The change of the intense deformed condition of material in a crushing zone between rolls in the form of the PK-profile, the realization of sign-variable, cyclic system of forces, and as result, joint influence of various mechanisms of destruction of material intensity and efficiency of crushing allow to raise that, in turn, provides the improvement of technical and economic indicators

of the device and all process of a production cycle of crushing.

Keywords: crusher, grinder, rolls, PK-profile, the intensity of crushing.

Введение. Измельчение материалов является важным этапом в технологических процессах переработки материалов в сельском хозяйстве, металлургии, теплоэнергетике, угольной и горнодобывающей отрасли. Качество и физико-механические свойства измельченного материала определяют конечные технико-экономические показатели продукции.

С целью повышения эффективности измельчения и технико-экономических показателей валковых дробилок производятся многочисленные исследовательские и конструкторские работы по модернизации деталей и узлов оборудования, применяются новые материалы и методы упрочнения наиболее изнашиваемых поверхностей рабочих органов.

Анализ известных способов и конструктивного исполнения устройств для измельчения показал, что одним из наиболее эффективных и широко распространенных является способ и устройства измельчения в валковых дробилках, поскольку они являются наиболее надежными и простыми по конструктивному исполнению. В большинстве валковых дробилок материал подается в зазор между вращающимися валками, а разрушение и измельчение сырья происходит за счет сжатия дробимого материала между ними [1–3]. Повысить эффективность измельчения можно за счет дополнительного истирающего воздействия на материал при реализации различных крутящих моментов на валках, либо при использовании валков разных диаметров в одной установке [4]. Однако это усложняет конструкцию привода, снижает надежность и долговечность.

Общим недостатком известных способов и конструкций валковых дробилок являются большие энергозатраты на единицу готовой продукции, так как при попадании в камеру дробления материал разрушается только за счет его сжатия и в результате сдвига между валками.

Известны способы дробления в валковых дробилках, при которых дробимый материал подает в зазор между вращающимся валком и

неподвижной щекой [5]. В этом случае также реализуется разрушение посредством сжатия и сдвига. Однако это зачастую приводит к заклиниванию материала в зазоре между валком и неподвижной щекой, в первую очередь за счет изменения размеров зазора. Для предотвращения этого нежелательного эффекта необходимо увеличивать мощность привода. Но это увеличивает стоимость оборудования и затраты на его эксплуатацию, кроме того, увеличиваются удельные нагрузки на валки, что приводит к их повышенному износу. Технические решения и способы, позволяющие повысить интенсивность измельчения за счет применения валков конической формы, основания которых направлены в противоположные стороны, привода с эксцентриками и подпружиненного ведомого валка [6]. В этом случае реализуются знакопеременные циклические нагрузки на измельчаемый материал и несколько механизмов разрушения: истирание, сжатие и ударное воздействие. Такая система подвержена повышенному износу валков и опорных узлов вследствие ударных нагрузок, а применение двух независимых приводов усложняет конструкцию устройства.

Цель исследования: повышение интенсивности и эффективности процесса дробления, снижение износа рабочих органов и опорных узлов измельчителя, повышение надежности установки в целом.

Для достижения поставленной цели необходимо решить **задачу** по поиску и обоснованию новой кинематической схемы с повышенными характеристиками дробления и технико-экономическими показателями возможного устройства.

Результаты исследования и их обсуждение. На основании анализа известных конструкций предложена новая кинематическая схема процесса дробления, в основу которой заложено применение валков в форме РК-профиля, исследованы геометрические и силовые характеристики новой конструкции валковой дробилки.

В дробилке с валками РК-профиля реализуются горизонтальные движения дробления, а также возвратно-поступательное вертикальное перемещение измельчаемого материала и рабочих профилей. Таким образом, при перемещении материала как минимум в двух координатах реализуется эффект перекатывания, благодаря чему повышается эффективность измельчения (рис. 1). Кроме того, существенно снижается вероятность заклинивания крупных кусков материала в щелевом зазоре, вследствие их отбрасывания из области контакта разнонаправленными силами. Если угол захвата достаточно мал – дробимый материал захватывается и измельчается, если нет – то отбрасывается из зоны контакта.

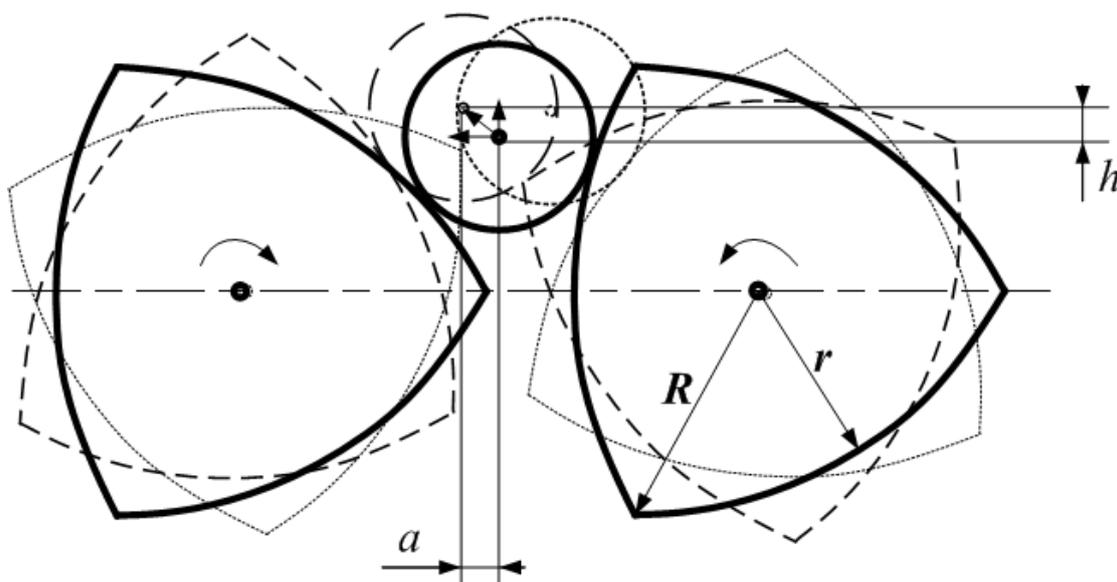


Рис. 1. Схема положений валков и дробимого материала

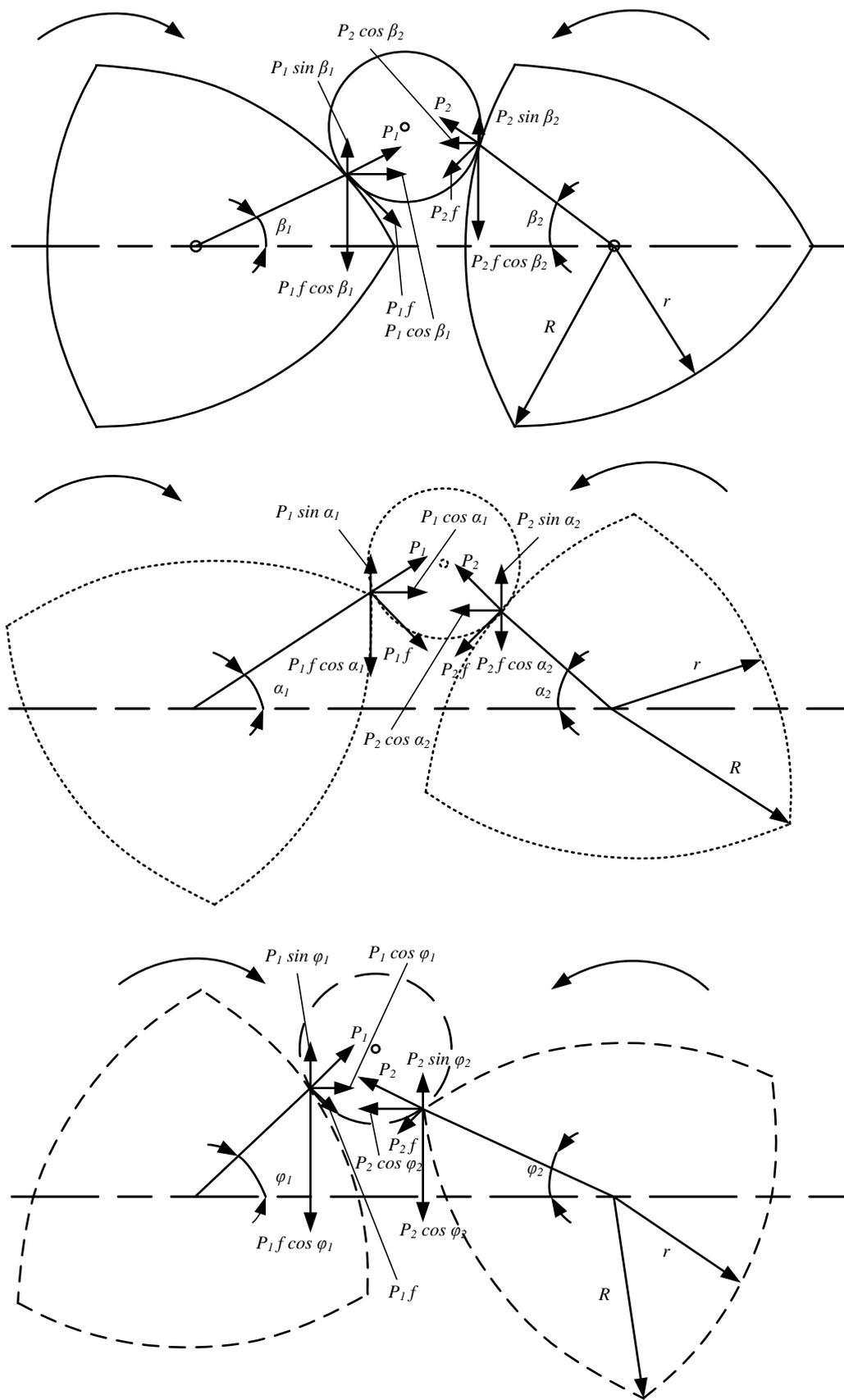


Рис. 2. Система сил, реализуемая в зоне измельчения между валками

Система сил, реализуемая в зоне измельчения между валками в виде РК-профилей, является знакопеременной, циклической (в отличие от постоянной схемы нагружения между двумя цилиндрическими валками) (рис. 2). Это позволяет повысить интенсивность измельчения, в том числе за счет совмещения различных механизмов разрушения материала: сжатия, растяжения, истирания, ударного воздействия и постоянного изменения направления сил, действующих на сырье, изменение численных значений, векторов сил и напряженно-деформированного состояния в системе «валки – частицы сырья».

Расчетами было показано, что при одинаковых значениях угла захвата и длины периметра сечений профилей цилиндрических валков и РК-профилей площадь сечения РК-профиля уменьшается на 10 % [7]. Поэтому необходимый крутящий момент на приводе дробилки может быть дополнительно снижен, но при этом обеспечивается увеличение удельной нагрузки, а встречное движение валков обеспечивается одним редуктором и двигателем, т. е. снижаются энергозатраты. Таким образом, за счет применения новой конструкции и кинематической схемы валков в форме РК-профиля снижаются ударные нагрузки на рабочие органы оборудования, повышается интенсивность дробления за счет изменения силовых характеристик процесса, повышается производительность.

Выводы

1. Предлагаемая кинематическая схема дробилки и ее конструктивное исполнение обеспечивают повышение комплекса технико-экономических показателей процесса дробления, а простота исполнения обеспечивает надежность конструкции в целом.

2. Изменение напряженно-деформированного состояния материала в зоне измельчения между валками в форме РК-профиля, реализация знакопеременной, циклической системы сил, и, как результат, совместного воздействия различных механизмов разрушения материала: сжатия, растяжения, истирания, ударного воздействия, постоянного изменения направления сил, – позволяют повысить интенсивность и эффективность дробления, что, в свою очередь, обеспечивает улучшение технико-экономи-

ческих показателей устройства и всего процесса технологического цикла измельчения.

Литература

1. Машины и агрегаты металлургических заводов. Т. 1 / под ред. А.И. Целикова. – М.: Металлургия, 1987. – С. 82.
2. Кривов Д.А. Проблемы использования валковых дробилок при измельчении зерновых культур // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: мат-лы XIV Междунар. науч.-практ. конф. – Красноярск, 2016. – С. 55–56.
3. Искандеров Р.Р., Лебедев А.Т. Молотковые дробилки: достоинства и недостатки // Вестн. АПК Ставрополя. – 2012. – № 1 (17). – С. 27–30.
4. Кривелев Д.М., Кочуров А.Г. Дробилка валковая лабораторная / Пат. 160138 Рос. Федерация. № 2015140945/13; заявл. 24.09.2015; опубл. 10.03.2016, Бюл. № 7.
5. Способ дробления в валковой дробилке / А.Г. Никитин [и др.] / Пат. 2528702 Рос. Федерация. № 2013110529/13; заявл. 11.03.2013; опубл. 20.09.2014.
6. Валковый измельчитель / Ю.П. Морозов [и др.] / Пат. 2132233 Рос. Федерация. № 97117203/03; заявл. 20.10.1997; опубл. 27.06.1999.
7. Кривов Д.А. Изучение возможностей повышения эффективности измельчения дробилками с новой формой профиля валков // Молодежь и наука: Проспект Свободный 2016: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Красноярск: Изд-во СФУ, 2016.

Literatura

1. Mashiny i agregaty metallurgicheskikh zavodov. Т. 1 / pod red. А.И. Celikova. – М.: Metallurgija, 1987. – S. 82.
2. Krivov D.A. Problemy ispol'zovaniya valkovykh drobilok pri izmel'chenii zernovykh kul'tur // Nauka i obrazovanie: opyt, problemy, perspektivy razvitija: mat-ly XIV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Krasnojarsk, 2016. – S. 55–56.

3. *Iskanderov R.R., Lebedev A.T.* Molotkovye drobilki: dostoinstva i nedostatki // *Vestn. APK Stavropol'ja*. – 2012. – № 1 (17). – S. 27–30.
4. *Krivelev D.M., Kochurov A.G.* Drobilka valkovaja laboratornaja / Pat. 160138 Ros. Federacija. № 2015140945/13; zajavl. 24.09.2015; opubl. 10.03.2016, Bjul. № 7.
5. Sposob droblenija v valkovoj drobilke / *Nikitin A.G.* [i dr.] / Pat. 2528702 Ros. Federacija. № 2013110529/13; zajavl. 11.03.2013; opubl. 20.09.2014.
6. Valkovij izmel'chitel' / *Ju.P. Morozov* [i dr.] / Pat. 2132233 Ros. Federacija. № 97117203/03; zajavl. 20.10.1997; opubl. 27.06.1999.
7. *Krivov D.A.* Izuchenie vozmozhnostej povyshenija jeffektivnosti izmel'chenija drobilkami s novoj formoj profilja valkov // *Molodezh' i nauka: Prospekt Svobodnyj 2016: mat-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* – Krasnojarsk: Izd-vo SFU, 2016.

