

УДК 621.926.4

В. А. Титов, Н. А. Колбасина, Ю. А. Пикалов, В. С. Секацкий, Б. С. Каменецкий

### ИЗМЕЛЬЧИТЕЛИ СЫРЬЯ И МАТЕРИАЛОВ, РЕАЛИЗУЮЩИЕ СПОСОБ ЭКСТРУЗИОННОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ, НА ОСНОВЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ\*

*Описано состояние исследований по созданию измельчителей сырья и материалов, реализующих способ экструзионного измельчения, на основе специальных зубчатых передач. Дано сравнение и рекомендации по назначению измельчителей на основе торцевой оригинальной зубчатой передачи внутреннего зацепления.*

*Ключевые слова: торцевые зубчатые передачи, зубчатые передачи внутреннего зацепления, измельчители сырья и материалов.*

Известно, что наиболее эффективным способом измельчения сырья (материалов) является измельчение в закрытом объеме путем совместного воздействия на сырье сжатия и сдвига – это так называемое «экструзионное измельчение» [1; 3]. Механизмами, реализующими этот способ, являются измельчители на основе торцевой зубчатой передачи [4–6 и др.].

При выполнении проекта Сибирского федерального университета «Создание универсальных дезинтеграторов на основе торцевой зубчатой передачи для измельчения широкого спектра материалов» в 2008 г. разработана техническая документация и в 2009–2010 гг. изготовлены и испытаны измельчители производительностью 250 и 500 кг/ч.

Конструкция измельчителя производительностью до 500 кг/ч приведена на рис. 1. Базовой деталью служит основание 1, в котором на подшипниках смонтирован ведущий вал 2 с консольно установленной на нем шестерней 3. К основанию присоединен корпус 4 помольной камеры, закрытый стаканом 5. В помольной камере расположена торцевая зубчатая передача, состоящая из шестерни 3 и колеса 6, установленного на подшипниках в стакане 5. Окно 7 для загрузки сырья выполнено сверху, а окно для отвода – снизу, и в нем установлена решетка 8. Для защиты подшипников от проникновения мелкодисперсных частиц измельченного сырья применена система лабиринтных уплотнений с отводящими каналами, соединенными с атмосферой.

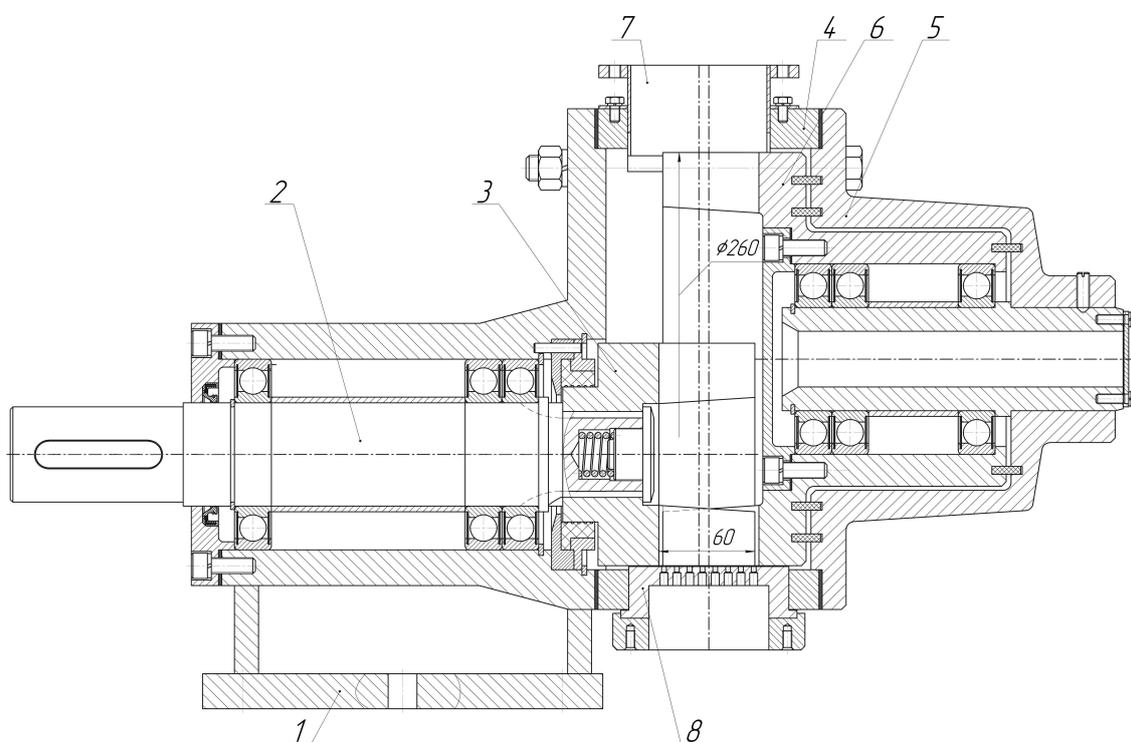


Рис. 1. Конструкция измельчителя на основе торцевой зубчатой передачи (обозначения см. в тексте)

\*Работа выполнена в рамках проекта ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг., по лоту шифр 2011-1.2.2-220-010.

Проведенные исследования выявили, что измельчители перерабатывают широкий спектр материалов – от хрупких до упруго-пластичных и многокомпонентных [7; 8], но расчеты и практика конструирования показали, что создание измельчителей на основе торцевой зубчатой передачи производительностью более 500 кг/ч нерационально из-за неудовлетворительных массо-габаритных характеристик. Другим существенным недостатком этих измельчителей является сложность защиты подшипниковых узлов.

Для устранения недостатков, присущих измельчителям на основе торцевой зубчатой передачи, предложена принципиально новая конструкция на основе оригинальной зубчатой передачи внутреннего зацепления, защищенная патентами [8; 9].

Актуальность новой конструкции подтверждена тем, что выигран конкурс и выполнен государственный контракт № 02.740.11.0044 от 15 июня 2009 г. на тему «Создание параметрического ряда универсальных измельчителей, реализующих способ экструзионного измельчения, для переработки сельскохозяйственного сырья».

Конструктивная схема измельчителя на основе оригинальной зубчатой передачи внутреннего зацепления приведена на рис. 2.

В расточках корпуса 1, закрытых крышками 2 и 3, на подшипниках качения смонтирована оригинальная зубчатая передача внутреннего зацепления, состоящая из вал-шестерни 4 с внешними зубьями и колеса 5. Зубья 6 колеса своими боковыми поверхностями образуют окна 7. Окно 8 для загрузки сырья расположено сверху, а окно 9 для отвода продукта – снизу, и в нем установлена решетка 10 с отверстиями.

Измельчитель работает следующим образом. Сырье загружается в окна 9 и попадает в промежутки (окна) между зубьями колеса 5. При вращении зубья вал-шестерни 4 «закрывают» эти окна. В результате этого под воздействием сжимающих и сдвигающих

усилий сырье измельчается и отводится через отверстия в решетке.

Одной из важнейших задач при создании измельчителей является проектирование геометрии исполнительного механизма – специальной зубчатой передачи – торцевой или цилиндрической. Для этого впервые разработан программно-математический комплекс для создания таких передач [10]. Выполнено полное математическое описание геометрии, дающее возможность варьировать параметры, синтезировать геометрию, совместимую с CALS-технологиями создания машин. Проектирование передач состоит из следующих этапов: выбор первоначальных параметров, определение геометрических характеристик профиля, определение геометрических параметров передачи, автоматизированного построения передачи с помощью API-функций SolidWorks, проверка качественных показателей на основе полученных 3D-моделей.

Разработана техническая документация на измельчители производительностью до 500, 1000 и 2000 кг/ч; изготовлены и прошли испытания опытные образцы первых двух измельчителей. Они предназначены для измельчения всех видов зерна с любой влажностью и являются альтернативой молотковым (ротаторным) дробилкам, распространенным в сельхозпредприятиях. Молотковые дробилки не измельчают зерно с влажностью более 16 % (требуется сушка), овес при измельчении забивает сита (деки), что резко снижает производительность.

Основными характеристиками измельчителей являются качество полученного продукта (фракционный состав) и производительность. Если качество определяется диаметром отверстий в решетке [11], то производительность – объемом камеры сжатия в фазе отвода перед отверстиями в решетке [3; 12]. Объем этой камеры зависит от модуля и длины зубьев передачи, которые, напрямую влияют на массо-габаритные характеристики.

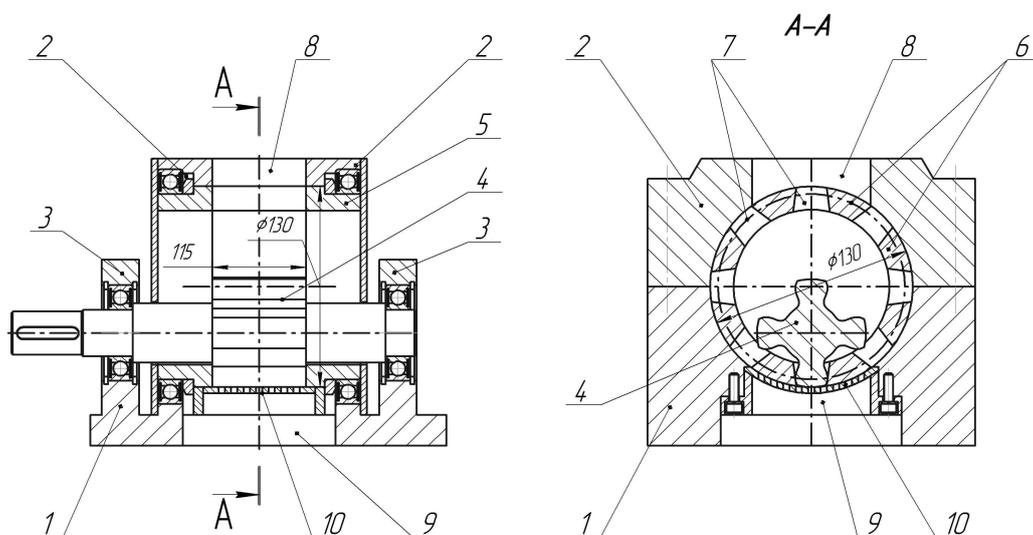


Рис. 2. Конструкция измельчителя на основе цилиндрической зубчатой передачи (обозначения см. в тексте)

Сравним по этим критериям измельчители на основе торцевой и оригинальной зубчатой передачи внутреннего зацепления:

– измельчитель на основе торцевой передачи: ввиду консольного расположения шестерни и колеса при увеличении длины зуба резко возрастает нагрузка на передний подшипник шестерни, поэтому отношение длины зуба к диаметру шестерни рекомендуется принимать от 0,4 до 0,5;

– измельчитель на основе оригинальной цилиндрической передачи внутреннего зацепления: длина зуба шестерни при расположении опор с двух концов вала ограничивается конструктивно-технологическими соображениями, поэтому рекомендуется отношение длины зуба шестерни к ее диаметру от 1,5 до 2,0;

– при одинаковой производительности измельчителей наружный диаметр колеса торцевой передачи должен быть в два раза большим, чем у измельчителя на основе специальной цилиндрической передачи внутреннего зацепления: например, при производительности 500 кг/ч у торцевой передачи диаметр колеса 260 мм, длина зуба 60 мм, а у цилиндрической передачи диаметр колеса 130 мм, длина зуба 115 мм.

Таким образом, у измельчителей на основе цилиндрической передачи массо-габаритные характеристики существенно лучше, но измельчители на основе торцевой передачи с призматической формой зубья могут перерабатывать куски сырья, даже большие по размеру, чем ширина впадин между зубьями, и, следовательно, обладают более широкими возможностями.

Обобщая вышеизложенное, можно отметить следующее:

1) измельчители на основе специальных зубчатых передач являются альтернативой широко применяемым в сельхозпредприятиях молотковым (роторным) дробилкам, так как они измельчают зерно любой влажности и легко перерабатывают овес (молотковые дробилки предназначены для измельчения зерна с влажностью до 16 %, измельчение овса в них затруднительно);

2) измельчители на основе торцевой передачи рациональны при производительности 250 и 500 кг/ч, поэтому рекомендуются для личных подсобных и малых фермерских хозяйств;

3) измельчители на основе цилиндрической передачи внутреннего зацепления с производительностью

до 1, 2 и 5 т/ч предназначены для средних и крупных сельхозпредприятий и могут быть востребованы в других отраслях для переработки широкого спектра сырья – от хрупкого до упруго-пластичного.

#### Библиографические ссылки

1. Титов В. А., Василенко Н. В. Реализация способа экструзионного измельчения в дезинтеграторе на основе торцевой зубчатой передачи // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2007. № 1. С. 115–117.
2. Титов В. А., Василенко Н. В. Дезинтегратор для измельчения зерна и минерального сырья // Комбикорма. 2007. № 5. С. 40–41.
3. Использование возможностей торцевой зубчатой передачи для измельчения материалов / В. А. Титов, В. С. Секацкий, Н. А. Колбасина, Н. В. Мерзликina // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2009. № 4. С. 99–105.
4. Патент РФ № 2149057 / В. А. Титов. Оpubл. 02.02.1998.
5. Пат. РФ № 2365414 / В. А. Титов. Оpubл. 27.08.2009, Бюл. № 24.
6. Пат. РФ № 2366508 / В. А. Титов. Оpubл. 12.05.2008, Бюл. № 25.
7. Титов В. А., Остроглядова Е. В., Мерзликina Н. В. Исследование процессов измельчения материалов в дезинтеграторе // Вестник КрасГАУ. 2009. № 12. С. 161–164.
8. Пат. РФ № 2424057. Измельчитель-кормопроизводитель / В. А. Титов. Оpubл. 20.07.2011, Бюл. № 20.
9. Пат. РФ № 2412006. Измельчитель / В. А. Титов. Оpubл. 20.02.2011, Бюл. № 5.
10. Программно-математический комплекс для создания специальных зубчатых передач измельчителей / В. А. Титов, Н. А. Колбасина, Н. В. Мерзликina и др. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. № 6. С. 246–251.
11. Титов В. А., Мерзликina Н. В. Дезинтегратор для нужд сельского хозяйства. Исследование процессов измельчения // Вестник КрасГАУ. 2009. № 11. С. 166–170.
12. Колбасина Н. А., Морозов Д. И., Титов В. А. Оценка влияния изменения рабочего объема механизма измельчителя на производительность // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2010. № 4. С. 85–88.

V. A. Titov, N. A. Kolbasina, Yu. A. Pikalov, V. S. Sekatkiy, B. S. Kamenetskiy

#### GRINDERS OF RAW MATERIALS AND THE MATERIALS WHICH IMPLEMENT THE TECHNIC OF EXTRUSION CRUSHING BASED ON SPECIAL TOOTH GEAR DRIVES

*The authors describe the present state of research into creation of grinders of raw materials and the materials which implement the technic of extrusion crushing based on special tooth gear drives. Comparison is made and recommendations for application of the grinders, based on a face original tooth gear drive of internal gearing, are given.*

*Keywords: face gearing set, internal gearing set, grinders of raw materials.*