

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА
ГРАНУЛЯТОРА-ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ**

Андреев Д.А.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Секацкий В.С.

Сибирский федеральный университет

Процесс гранулирования материалов получило широкое применение в России и за рубежом. Существующие технологии получения гранул состоят из операций измельчения материалов, смешивания компонентов, увлажнения и гранулирования.

Суммарные энергозатраты двух машин – измельчителя и гранулятора составляют 35 – 40 кВт на тонну гранул, что обуславливает высокую стоимость гранулированных материалов.

В исследовании предлагается объединить в одной машине – грануляторе-измельчителе важнейшие операции технологии получения гранул – измельчение и гранулирование. Это достигается тем, что в качестве исполнительного механизма в инновационном грануляторе-измельчителе применяется специальная зубчатая передача внутреннего зацепления со специальной геометрией. В предлагаемой машине будет реализован способ экструзионного измельчения материалов. Увлажнённая смесь материала и других компонентов, попадая в полости, образованные впадинами (окнами) между зубьями колеса и корпусом, подвергается одновременному сжатию и сдвигу за счёт «закрытия» полости зубом шестерни, измельчается и уплотняется. При вращении передачи полость со сжатой смесью попадает в зону отвода, где под давлением до 50 кг/см^2 происходит продавливание смеси через отверстия-фильтры.

Выполненные исследования направлены на расчёт основных параметров оригинальной цилиндрической передачи внутреннего зацепления, на создание на основе этой передачи твердотельной модели гранулятора-измельчителя, на проверку по твердотельной модели ответственных деталей гранулятора-измельчителя.

Гранулятор-измельчитель можно использовать во многих отраслях промышленности, там где применяется процессы измельчения и гранулирования. При этом процессы измельчения и гранулирования могут использоваться как самостоятельные процессы технологической цепи изготовления продукции.

В конструкции гранулятор-измельчителя, в качестве исполнительного механизма, применяется цилиндрическая зубчатая передача внутреннего зацепления, имеющая оригинальный профиль сопряженных поверхностей зубьев. В колесе профиль зубьев образован плоскими поверхностями, а в шестерне – криволинейными поверхностями, характеризующиеся тем, что рабочие поверхности шестерни образованы кривой, сопряженной к линии – образующей рабочий профиль зубьев колеса.

При разработке конструкции гранулятора-измельчителя, учитывалось его двойное функциональное назначение: первое - измельчение и второе – гранулирование. Основным показателем эксплуатационных характеристик гранулятора-измельчителя является его производительность, определяемая основными параметрами цилиндрической передачи внутреннего зацепления. Наибольшее влияние на производительность гранулятора-измельчителя оказывает модуль m передачи, который задает размеры впадин между зубьями и размеры самих зубьев колеса и шестерни.

Производительность измельчения, без учета потерь, определяется количеством материала проходящего через полости, образованные окнами – впадинами между зубьями колеса и внутренней поверхностью решетки-матрицы (рисунок 1).

$$Q = V_{II} z_1 n, \quad (1.1)$$

где V_{II} - объем полости измельчения; z_1 - число зубьев шестерни; n , *об/мин* - число оборотов шестерни.

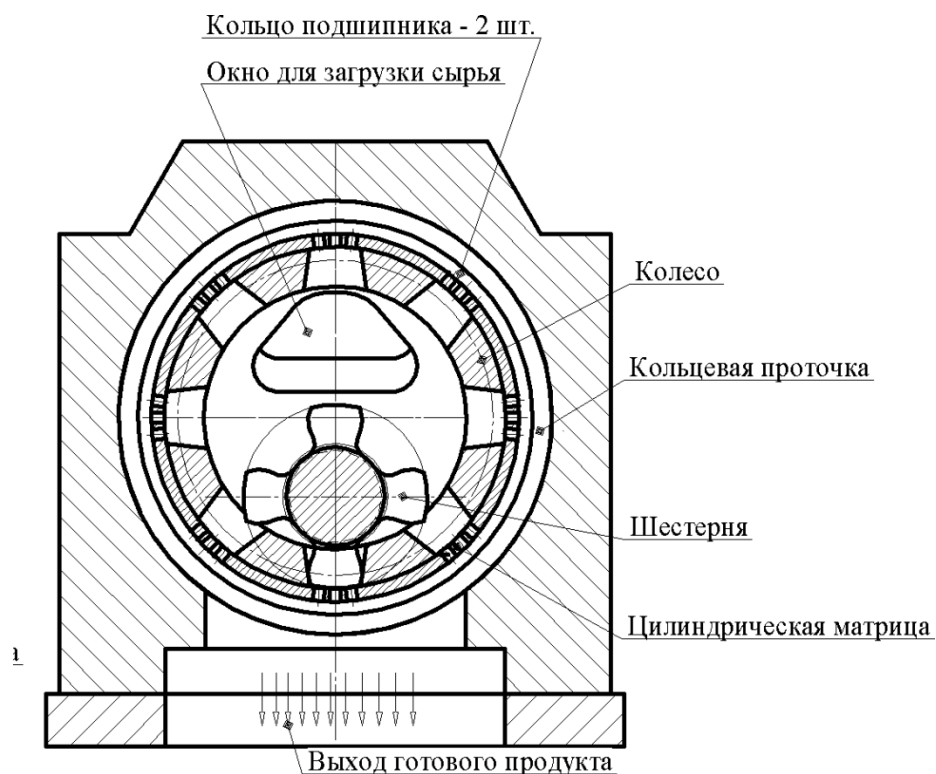


Рисунок 1 – Измельчитель-гранулятор

Наибольшему силовому воздействию материал подвергается в фазе Б, предшествующей фазе А, когда при полностью закрытой полости (впадины между зубьями колеса) материал занимает наименьший объем (рисунок 2).

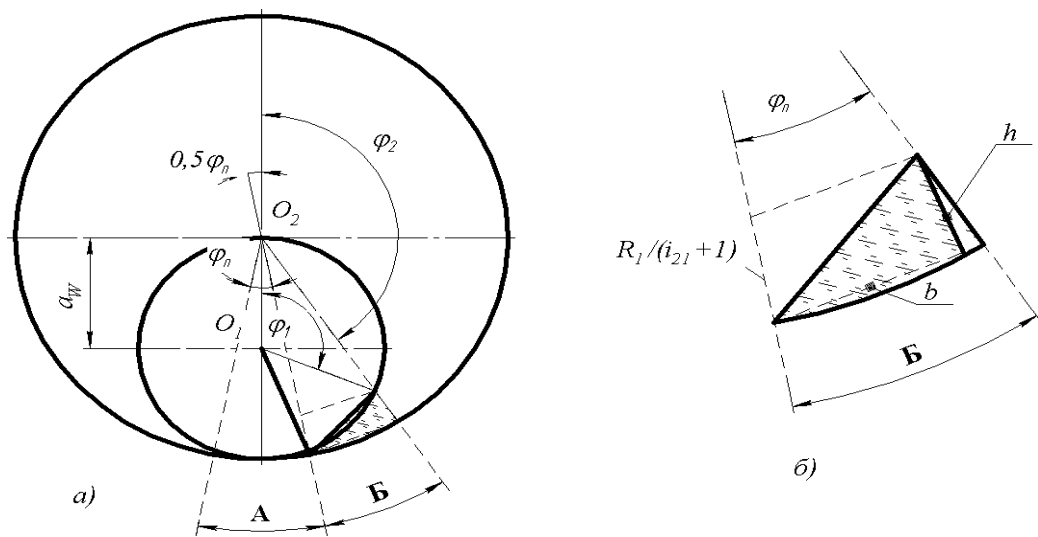


Рисунок 2 – Фазы получения продукта и силового воздействия на материал

При проектировании зубчатой передачи внутреннего зацепления необходимо выбрать первоначальные исходные данные, которые задаются исходя из массогабаритных характеристик гранулятора-измельчителя, размеров и физико-механических свойств перерабатываемого продукта. В качестве первоначальных параметров задаются диаметр колеса, количество зубьев, передаточное отношение передачи и модуль.

Определяется геометрия профилей зубьев передачи исходя из условия их сопряженности. Проводится расчет геометрических характеристик профилей колеса и шестерни в любом сечении, который позволяет визуализировать синтезированную передачу и получить координаты точек, образующих профили.

Для построения моделей передач с различными параметрами, был разработан программный модуль по реализации автоматического параметрического построения зацепления. Интерфейс программы параметрического построения внутренней зубчатой передачи содержит входные параметры программы, которыми являются: параметры построения колеса (диаметры впадины, делительный и вершины, число зубьев), параметры построения шестерни (диаметры впадины, делительный и вершины, число зубьев), общие параметры построения (высота зуба и угол наклона профиля зуба).

С помощью разработанной программы проводится уточненный расчет геометрических параметров передачи и построение твердотельных моделей элементов передач с уточненными параметрами.

Разработка модуля параметризованного построения шестерни внутренней зубчатой передачи осуществлялся в программном продукте CodeGear 2009 Version 12.0.3170.16989, с помощью ActiveX-технологий.

Далее по построенной твердотельной модели проводится анализ качественных характеристик передачи, таких как плавность работы, прочность, собираемость конструкции и т.д. Проверка производится с помощью встроенных модулей SolidWorks, в частности модулей инженерного и кинематического анализа.

При разработке опытного образца измельчителя-гранулятора учитывались следующие требования:

- нецелесообразность применения литых корпусных деталей;
- легкость сборки-разборки, которая актуальна при экспериментальных исследованиях;
- защищенность подшипниковых узлов от воздействия мелкодисперсных частиц измельчаемого сырья.

С учетом этих требований корпус измельчителя-гранулятора выполнен сборно-сварным, состоящим из отдельных заготовок. Получаемых из стального проката (рисунок 3). Подшипниковые узлы вал-шестерни вынесены из рабочей зоны. Корпусная деталь имеет плоскость разъема, расположенную по осям колеса и вал-шестерни, и образована собственно корпусом и крышками.

На рисунке 4 показан продольный разрез измельчителя-гранулятора.

На плите-основании 1 смонтированы корпус редуктора 2 и корпуса 3 и 4 подшипников вал-шестерни 5. зубчатое колесо 6 установлено в корпусе 2 на подшипниках скольжения 7. Корпус редуктора сверху закрыт крышкой 8, а корпуса подшипников 3 и 4 – крышками 9 и 10. Сверху в крышке 8 выполнено отверстие для загрузки сырья, а снизу корпуса редуктора – отверстие для выгрузки, в котором установлена решетка-матрица 11, закрепляемая прижимом 12.

В состав измельчителя входит большое количество элементов, наиболее важные части сборки представлены на рисунках. В ходе твердотельного трехмерного моделирования были получены модели всех деталей, стандартных изделий, сборок. Были выявлены ошибки в конструкции, проверена «собираемость» конструкции.

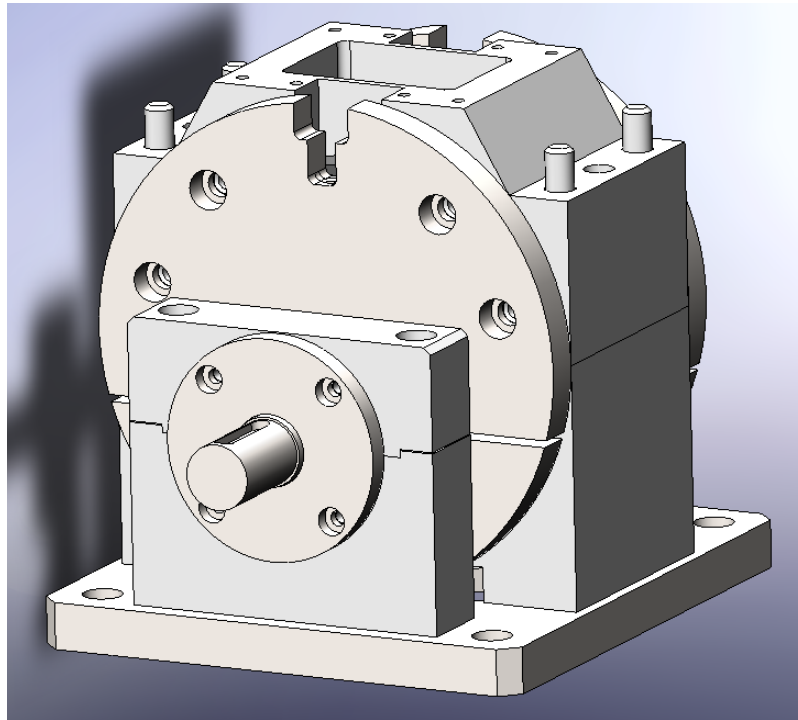


Рисунок 3 – Общий вид измельчителя-гранулятора

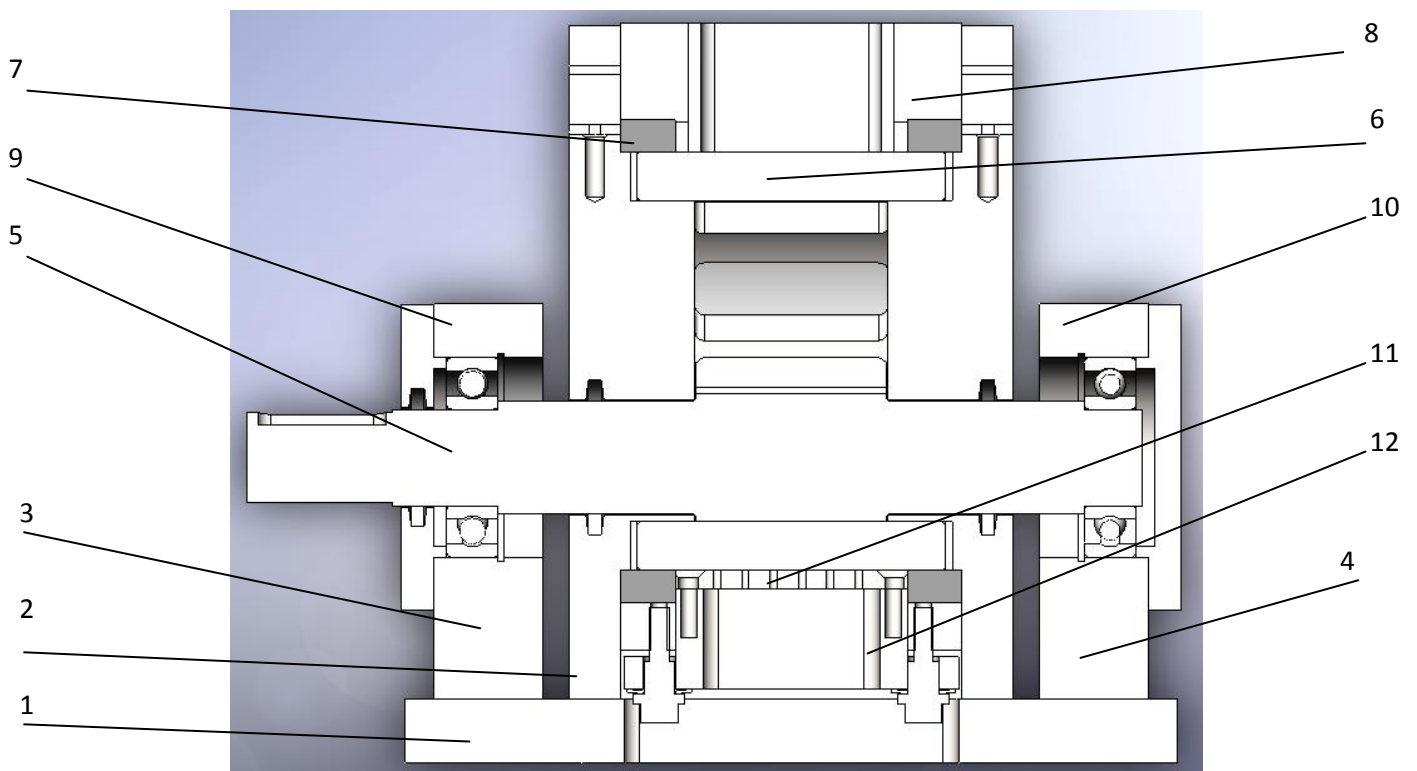


Рисунок 4 – Вид измельчителя-гранулятора в продольном разрезе:

1 – плита-основание; 2 – корпус редуктора; 3 и 4 – корпуса подшипников; 5 – вал-шестерня; 6 – зубчатое колесо; 7 – подшипник скольжения; 8 – крышка редуктора; 9 и 10 – крышки подшипников; 11 – решетка-матрица; 12 – прижим.