

УДК 621.87

RESEARCH OF SCIENTIFIC RATIONAL CHARACTERISTICS FOR THE EXTRACTION OF POLYMERIC ARTICLES

M. Yakymchuk, L. Ivanova, V. Kostyuk, V. Yakymchuk
National University of Food Technologies

Key words:

shredder,
grinding of polymer
material,
drive,
speed of rotation

Article history:

Received 21.02.2018
Received in revised form
09.04.2018
Accepted 29.05.2018

Corresponding author:

mykolaiaakymchuk.
2016@gmail.com

ABSTRACT

Every year around 180 million tons of polymers are produced in the world. Of these, a large number of products are produced — from recycled packaging to specialized individual packaging. The quality of the process of destruction of the polymer depends on its nature, the external processing environment and the kinematic and geometric characteristics of the cutting tools. One of the first processing operations of recycling polymer products is grinding. Prospective equipment for the processing of polymers is «shredders».

The article presents the results of investigations of the characteristics of the work of a single-rotor shredder for secondary crushing of polymer products at different operating modes, a method for determining the rational parameters of the elements of the design of its drive. On the basis of the analysis of the results of analytical and experimental studies, graphical dependences of the shredder power change on time were obtained. It is established that the average power difference of a shredder drive at rotation of a shaft in the range from 18 to 27 rpm makes up 35% in favor of smaller revolutions. To determine the identity of the shredder's work, an experimental installation was developed and manufactured. The recording device for technological and kinematic indices during the study was a personal computer, and the instant indicators of the corresponding characteristics with the help of the developed program were obtained in the form of charts. To analyze the adequacy of the mathematical model of shredding products from polymers to real processes, a full-featured experiment was conducted. The results of the research received a mathematical-statistical equation for determining the power of a shredder drive. The results can be recommended for use when designing new shredder samples.

DOI: 10.24263/2225-2916-2018-23-16

ДОСЛІДЖЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШРЕДЕРА ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ПОЛІМЕРНИХ ВИРОБІВ

М.В. Якимчук, д-р техн. наук
В.С. Костюк, кан. техн. наук
Л.І. Іванова
В.М. Якимчук

Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати досліджень характеристик роботи однороторного шредера для вторинного подрібнення полімерних виробів при різних

режимах експлуатації, а також методику визначення раціональних параметрів елементів конструкції його приводу. На основі отриманих аналітичних результатів досліджень розроблено та виготовлено модернізовану експериментальну установку шредера. Під час проведення експериментальних досліджень було встановлено вплив зовнішніх факторів на ефективність подрібнення та характеристику роботи електродвигуна. Визначено вплив товщини полімерного матеріалу та його густини на зміну потужності привода. Результати досліджень представлені у вигляді критеріального рівняння.

Ключеві слова: шредер, подрібнення полімерного матеріалу, привод, частота обертання.

Постановка проблеми. Процес подрібнення полімерних матеріалів передбачає етап руйнування часток зовнішньою силою та етап подальшої агрегації цих часток. Якість процесу руйнування полімеру залежать від його природи, зовнішнього середовища переробки та кінематичних і геометричних характеристик ріжучих інструментів.

Дослідження умов, при яких руйнування полімерного матеріалу набуває мінімального значення потужності, має велику практичну цінність, тому що допомагає на етапі проектування подрібнювального пристрою вибрати найбільш раціональний спосіб подрібнення виробів з полімерних матеріалів і проводити механічні перетворення з найменшими витратами енергії.

Однією з перших технологічних операцій вторинної переробки виробів з полімерів є подрібнення. Конструкція подрібнювальних пристроїв залежить від типу полімерного матеріалу.

Так щоківі дробарки передбачають подрібнення за допомогою сталевих рифлених плит шляхом роздавлювання; молоткові дробарки ударного типу роздрібнюють полімерні відходи за допомогою ударних молотків, закріплених шарнірно на роторі; конусні дробарки мають два сталеві конуси, між якими виріб з полімерного матеріалу стирається та роздавлюється.

Найпоширенішим видом подрібнювачів є роторна дробарка. Одним з перспективним напрямків розвитку роторних дробарок є шредери. Аналіз вітчизняних і зарубіжних конструкцій шредерів показав, що такі пристрої є малодослідженим обладнанням щодо оптимізації ефективності подрібнення та зменшення енерговитрат.

Метою дослідження є удосконалення конструкції шредера шляхом підвищення ефективності процесу подрібнення та зменшення енерговитрат.

Викладення основних результатів дослідження. Для опису математичної моделі подрібнення полімерів за допомогою шредера використаний математичний апарат [1], який дає змогу отримати математичні залежності у вигляді матричних моделей [2]. У таких моделях процес подрібнення та руйнування виробів з полімерних матеріалів описується з певною ймовірністю отриманих частинок у вигляді кусків крупності всіх класів (рис. 1). Продукти руйнування при цьому характеризуються класом точності та можуть потрапляти у вихідний (заданий) отвір або продовжувати дрібнитися [3; 4].

Модель подрібнення представлена у вигляді диференціальних рівнянь (рис. 1) та встановлює залежність між C — головною характеристикою подрібнення (залишком на контрольному ситі / часткою недомолоту матеріалу) та параметрами процесу (Q — ваговою витратою, V — ваговим завантаженням, U — лінійною

швидкістю руху матеріалу, DL — коефіцієнтом зворотного перемішування, n — числом осередків, x — лінійної координатою, L — довжиною різальної частини).

| Вид моделі | Структурна схема моделі | Рівняння структури потоку моделі |
|---------------------|-------------------------|---|
| Ідеальне змішування | | $\frac{dC}{dt} = \frac{Q}{V} (C_{вх} - C)$ |
| Ідеальне витіснення | | $\frac{\partial C}{\partial t} = -U \frac{\partial C}{\partial x}$ |
| Дифузійна | | $\frac{\partial C}{\partial t} = D_L \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - U \frac{\partial C}{\partial x}$ |
| Коміркова | | $\frac{1}{n} \frac{dC_i}{dt} = \frac{Q}{V} (C_{i-1} - C_i)$ |

Рис. 1. Результуючі рівняння потоку матеріалу в подрібнювачі

Поряд з цим було досліджено вплив зміни частоти обертання валу шредера, товщини стінок та густини виробу з полімерного матеріалу на потужність електродвигуна (рис. 2).

Слід зазначити, що запропонована модель процесу подрібнення шредером виробів з полімерного матеріалу має неповний опис процесу. Складність опису такого процесу полягає у визначенні значної кількості ідентифікаційних параметрів i , як наслідок, у необхідності додаткових експериментальних досліджень.



Рис. 2. Графічна модель досліджуваного процесу

Для визначення ідентифікаційних параметрів роботи шредера була розроблена і виготовлена експериментальна установка, схема і загальний вигляд якої представлена на рис. 3. Експериментальна установки складається з 1 — шредера; 2 — рами; 3 — муфти; 4 — черв'ячного редуктора; 5 — пасової передачі; 6 — натяжного пристрою; 7 — асинхронного електродвигуна; елементів управління і захисту.

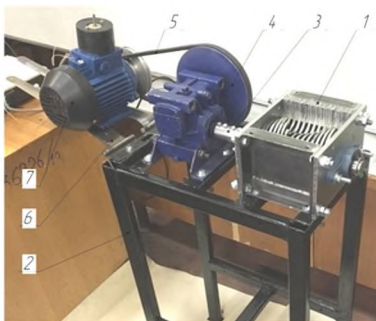


Рис. 3. Експериментальна установка шредера

Експериментальна установка складається з 1 — шредера; 2 — рами; 3 — муфти; 4 — черв'ячного редуктора; 5 — пасової передачі; 6 — натяжного пристрою; 7 — асинхронного електродвигуна; елементів управління і захисту.

Вимірювальна частина установки складається з блоку керування «A2», блоку живлення 24V, аналогово-цифрового перетворювача, персонального комп'ютера. Об'єкт, що досліджувався — шредер (рис. 4). Конструкція шредера складається з: 1 — валу з ножами; 2 — блоку контр-ножів; 3, 4 — бічних стінок, що закріплюють контр-ножі; 5 — двох опорних плит; 6 — двох радіальних самоорієнтованих корпусних підшипників UCFL205.

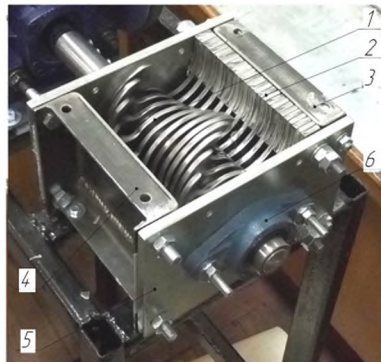


Рис. 4. Конструкція шредера

Реєструючим пристроєм технологічних і кінематичних показників під час дослідження був персональний комп'ютер, а миттєві показники відповідних характеристик за допомогою розробленої програми були отримані у вигляді графіків (рис. 5).

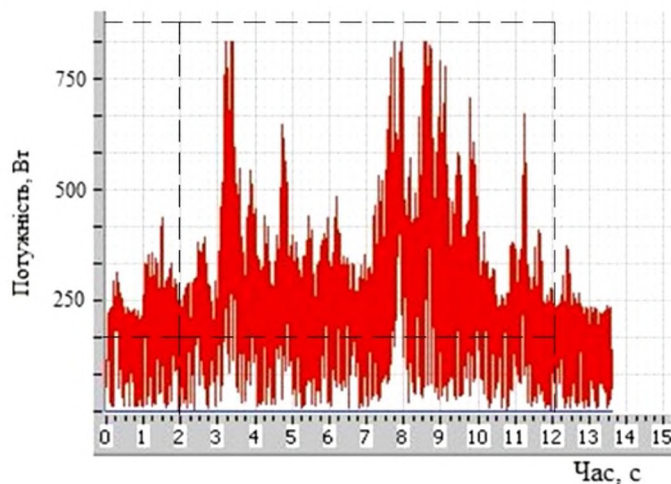


Рис. 5. Графік залежності зміни потужності електродвигуна привода шредера від часу при частоті обертання ротора 27 об/хв, товщині стінок виробу з полімерного матеріалу 1,5 мм та його густині 900 кг/м³

Для роботи шредера під час проведення експериментів використовувалися залишки упаковки з полімерних матеріалів, які є найбільш вживаними в паку-

вальний галузі. Рівні зміни характеристик полімерних матеріалів використаних упаковок та обертів ротора шредера наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Рівні зміни характеристик матеріалів

| | $x_1 (n)$ — частота обертання, об/хв | $x_2 (t)$ — товщина матеріалу, мм | $x_3 (\rho)$ — густина матеріалу, кг/м ³ |
|----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|---|
| 0-рівень | 23,125 | 0,95 | 1150 |
| Крок варіювання Δx | 4,625 | 0,55 | 250 |
| Верхній рівень (+1) | 27,75 | 1,5 | 1400 |
| Нижній рівень (-1) | 18,5 | 0,4 | 900 |

Результати експериментальних досліджень було оброблено за допомогою програми «Grafula 3» (рис. 6).

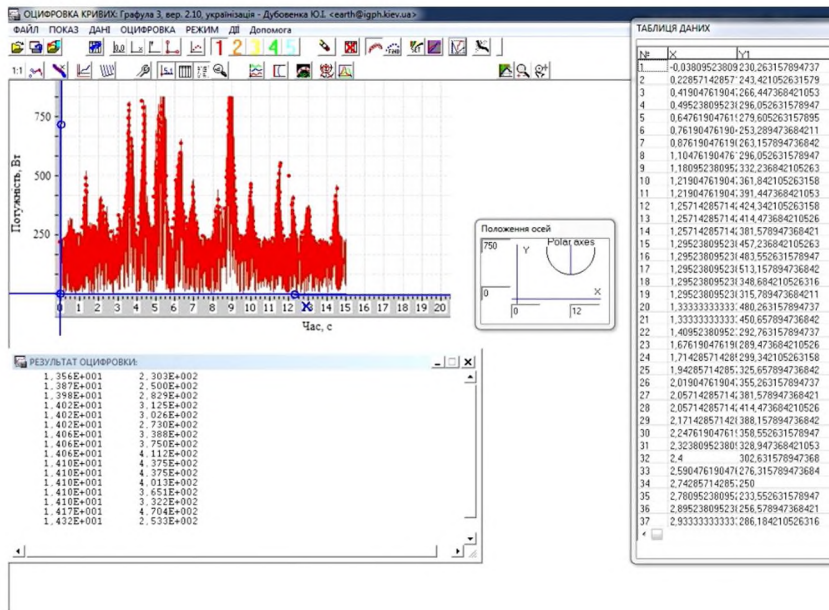


Рис. 6. Аналіз графіка зміни потужності електродвигуна привода шредера за допомогою програми «Grafula 3»

Результати експериментальних досліджень зміни потужності електродвигуна привода шредера від часу для різних полімерних матеріалів наведено на графіках (рис. 7).

Для аналізу адекватності отриманої математичної моделі подрібнення виробів з полімерів реальним процесам було проведено повнофакторний експеримент. За результатами досліджень отримано математично-статистичне рівняння для визначення потужності привода шредера:

$$\bar{N} = 538,084 + 0,184n - 520,815t - 0,375\rho + \\ + 18,261nt + 0,01018nr + 0,334t\rho - 0,0107nr.$$

де n — частота обертання ротора шредера, об/хв; t — товщина полімерного матеріалу, мм; ρ — густина матеріалу, кг/м³.

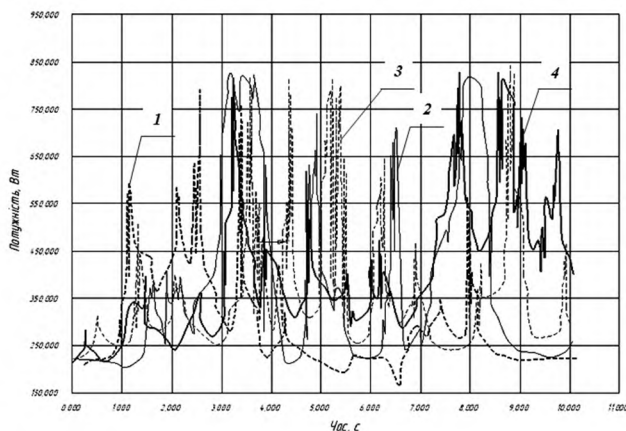


Рис. 7. Графіки залежності потужності від часу для різних режимів роботи шредера при частоті обертання ротора 27 об/хв для рівнів зміни :
1, 3 — товщині полімерного матеріалу; 2, 4 — густині полімерного матеріалу

Висновки. На основі аналізу результатів аналітичних та експериментальних досліджень було отримано графічні залежності зміни потужності привода шредера від часу. Встановлено, що середня різниця потужностей привода шредера при обертах валу ротора в межах від 18 до і 27 об/хв становить до 35% на користь менших обертів.

Проведене статистичне опрацювання результатів аналітичних досліджень і розроблена математично-статистична модель процесу подрібнення виробів з полімерів дала змогу встановити залежність потужності привода від частоти обертів ротора, товщини та густини подрібнюваного полімеру.

Отримані результати можна рекомендувати для застосування під час проектування нових зразків шредерів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Никитин А.Г. Сравнительный анализ энергозатрат дробилок, работающих на сжатие / А.Г. Никитин, Д.Ф. Сахаров. // Изв. вузов. Черная металлургия. — 2011. — С. 56—57.
2. Яблонский А.А. Курс теоретической механики: Учебник для вузов / А.А. Яблонский, А.Н. Никифорова. — Москва : Интеграл-Пресс, 2006. — 608 с.
3. Никитин А.Г. Влияние величины зазора между валком и неподвижной щекой одновалковой дробилки на фракционный состав готового продукта / А.Г. Никитин, Д.Ф. Сахаров // Тезисы докладов «Уголь России». — Новокузнецк, 2011. — С. 109—112.
4. Клушанцев Б.В. Валковые дробилки. Их параметры и метод расчета мощности / Б.В. Клушанцев // Строительные и дорожные машины. — 2002. — № 8. — С. 23—24.
5. Якимчук М.В. Дослідження характеристик подрібнення полімерних матеріалів шредером / М.В. Якимчук, І. Черпак, Є. Скуйбіда // Програма і матеріали 83 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті», 5—6 квітня 2017 р. — К. : НУХТ, 2017 р. — Ч. 2. — 112 с.
6. Дослідження подрібнення ПЕТ пляшок методом різання з одночасним відокремленням горловини та днища / М. В.Якимчук, А. П. Беспалько, Г. Р. Валіулін, М. І. Южно. // Харчова промисловість. — 2013. — № 14. — С. 119—124.
7. Патент України на корисну модель №116204, МПК В02С 4/30 (2006.01). Пристрій для подрібнення твердих матеріалів / М.В. Якимчук, Л.І. Іванова, І.Л. Черпак; заявник та

патентовласник Національний університет харчових технологій. — № u201612134; заявл. 30.11.2016; опубл. 10.05.2017, бюл. № 9.

8. Якимчук М.В. Сортування полімерних пляшок із використанням елементів «технічного» зору/ М.В. Якимчук, О.М. Гавва, А.П. Беспалько, К.В. Пащенко// Упаковка. — 2015. — № 2. — С. 48—52.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ШРЕДЕРА ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Н.В. Якимчук, В.С. Костюк, Л.И. Иванова, В.Н. Якимчук
Национальный университет пищевых технологий

В статье приведены результаты исследований характеристик работы одно-роторного шредера для вторичного измельчения полимерных изделий при различных режимах эксплуатации, разработана методика определения рациональных параметров элементов конструкции его привода.

На основе полученных аналитических результатов исследований разработана и изготовлена модернизированная экспериментальная установка шредера. При проведении экспериментальных исследований было установлено влияние внешних факторов на эффективность измельчения и характеристику работы электродвигателя. Определено влияние толщины полимерного материала и его плотности на изменение мощности привода. Результаты исследований представлены в виде критериального уравнения.

Ключевые слова: *шредер, измельчения полимерного материала, привод, частота вращения.*