

# АНАЛИЗ И КЛАСИФИКАЦИЯ НА ИЗТЛАСКВАЩИТЕ МАШИНИ ЗА ГРАНУЛИРАНЕ, РАБОТЕЩИ ПО МЕТОДА НА ПРЕСОВАНЕ

## ANALYSIS AND CLASSIFICATION OF PRESS MACHINES FOR PELLETING

Гл. ас. д-р инж. Юрий Енакиев<sup>1</sup>, инж. Боян Богомилов<sup>2</sup>, доц. ктн инж. Дмитрий Домуши<sup>3</sup>, проф. д-р инж. Борис Борисов<sup>2</sup>

Институт по почвознание, агротехнологии и защита на растения "Н. Пушкиров", София, България<sup>1</sup>  
 Русенски Университет "Ангел Кънчев", Русе, България<sup>2</sup>  
 Одесский государственный аграрный университет, Одесса, Украина<sup>3</sup>

yenakiev@yahoo.co.uk

**Abstract:** The analysis of the press machines for pelleting is made. They are classified according to their function into forming, rolling and extruding press machines for pelleting. High energy consumption and low Pellet Durability Index (PDI) by pelleting has been established in the case of forming and rolling press machines.

Rollers extruding press machine are widely used in practice. It is shown that roller extruding pelleting machines with a vertical ring die have bigger resource, lower energy consumption and produce high-quality and more durable pellets.

**Keywords:** PELLET, PELLETING, PRESS MACHINE, ROLLING PRESS MACHINE, FLAT DIE, RING DIE, ROLLER, ENERGY CONSUPTION, THROUGHPUT, PELLET DURABILITY INDEX (PDI).

### Въведение

Особен интерес представлява възможността за използването на гранулирани материали за внасяне в почвата като торове.

Процесът на гранулиране чрез пресоване, получи значително развитие и широко разпространение през последните години. Този метод широко се използва и във фармацевтиката, дървопреработването, хранителната промишленост, фуражопроизводството и др. В зависимост от принципа на гранулиране, формата и размерите на получените гранули се използват различни по конструкция машини. Според това машините за гранулиране чрез пресоване могат да се класифицират на формовачи, прокатвачи и изтласкващи [7,9,10]. В този материал са разгледани изтласкващите гранулиращи машини, работещи по метода на пресоване.

### Методика и цел на изследването

Обектът на изследването е процесът на гранулиране. Тъй като изследването е теоретично, приложен е аналитичният подход, при който на базата на сравнителния анализ са открити предимствата и недостатъците на гранулиращите машини, работещи по метода на пресоване. Направени са съответните изводи и са показани машини за гранулиране, които работят със сравнително най-нисък разход на енергия.

Специфичният разход на енергия за процеса на гранулиране е най-важният технико-икономически показател, характеризиращ работата на съответните гранулиращи машини. Той представлява енергията, изразходвана за гранулиране на единица количество от използвания материал или получени гранули. Определя се чрез измерване на разхода на енергия за съответния опит, отнесен към масата на произведените гранули по време на опита.

Целта на настоящото изследване е да се класифицират изтласкващите машини за гранулиране, работещи по метода на пресоване и да се определят тези, които работят с минимален специфичен разход на енергия.

### Резултати и анализ

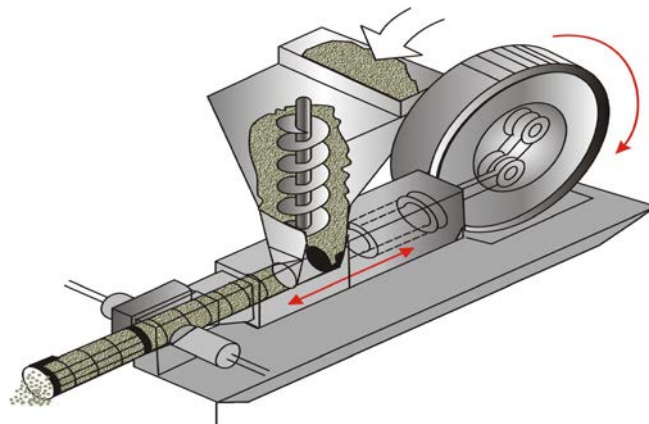
Иزتласкващите машини за гранулиране са получили широко разпространение през последните години. Те биват бутални, зъбни, шнекови и ролкови.

#### Бутални изтласкващи машини

Буталните изтласкващи машини пресоват материала посредством бутало, което нагнетява материала през каналите

на матрица. Основните работни органи са: бункер, захранващ шнек, матричен канал, бутало и матрица (фиг. 1).

Принципът на работа е следният: от бункера посредством захранващия шнек материалът постъпва в матричния канал пред челото на буталото, което започва да се придвижва от задно крайно положение напред към матрицата. Поетата порция материал, достигайки до челото на матрицата образува в канала опорно чело, към което се допира следващата порция, подадена от буталото. Оформените порции материал под действието на буталото се пресоват през каналите на матрицата и излизат от нея като цилиндрични гранули. Дължината им отговаря на дължината на отделната порция в матричния канал [4,11].



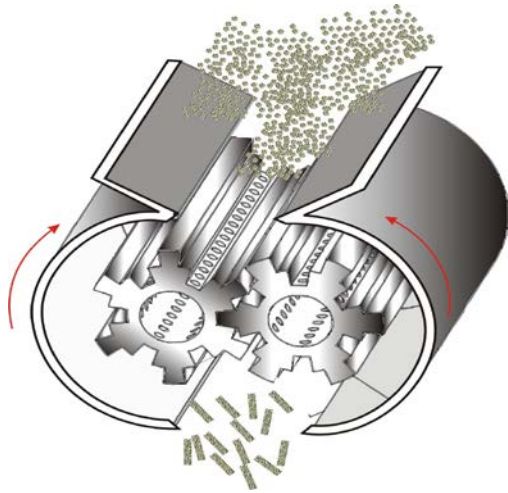
Фиг. 1. Схема на бутална изтласкваща машина

Буталните машини за гранулиране са с ниска производителност, в следствие на периодичния принцип на действие и висок разход на енергия, поради което не са намерили масово приложение.

#### Зъбни изтласкващи машини

При зъбните изтласкващи машини материалът се пресова през канали, намиращи се в основата между зъбите на две зацепени зъбни колела (фиг. 2). Основните работни органи са: захранващ бункер, двойка кухи зъбни колела, в които са разположени каналите и изходящ улей.

Принципът на работа е следният: материалът постъпва от захранващия бункер в пресовачата двойка зацепени зъбни колела, въртящи се противоположно, където се нагнетява от зъбите в каналите, разположени в междузъбията. Оформените гранули, които се събират във вътрешното пространство на зъбните колела се отвеждат осово в изходящия улей.

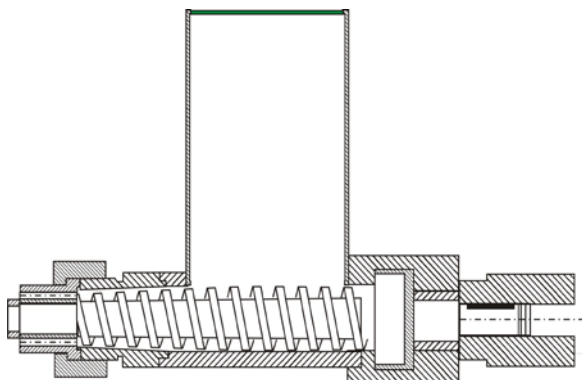


Фиг. 2. Схема на зъбна изтласкваща машина

Независимо от простата конструкция тези гранулиращи машини не са намерили приложение в практиката поради ниската производителност, големия разход на енергия и голямото износване на работните органи [12].

### Шнекови изтласкващи машини

Шнековите изтласкващи машини пресоват материала посредством шнек (фиг. 3). В зависимост от броя на шнековете тези машини биват: едношнекови и многошнекови. Основните работни органи са: хранващ бункер, шнек, пресоваща камера, матрица и отрязващ нож.



Фиг. 3. Схема на шнекова изтласкваща машина

Действието на машината е следното: материалът се транспортира от бункера чрез шнека и се изтласква в пресоващата камера. Там се уплътнява предварително и след това се пресова през каналите на матрицата. Ножът нарязва гранулите на зададената дължина.

Многошнековите машини за гранулиране биват: с паралелно разположени работни органи или със застъпващи се работни органи [13]. Машините с паралелно разположени работни органи се изпълняват с два, три и повече шнека, монтирани в самостоятелни цилиндри с общ бункер. Машините със застъпващи се шнекове се състоят от два или повече шнека, чиито витки влизат една в друга и са поставени в общ цилиндър с овална форма. За този тип машини е характерно, че при тях материалът интензивно се размесва [17].

Един от съществените недостатъци на шнековите машини е, увеличеното триене между работните органи и материала. Това води до нарастване на разхода на енергия за работата на машината при сравнително ниска производителност [2,8]. Шнековите машини осигуряват непрекъснат работен процес, но те имат голяма металоемкост и ниска износостойчивост.

### Ролкови изтласкващи машини

Ролковите изтласкващи машини са най-разпространени през последните години. Те биват: с активни и пасивни пресоващи

ролки. При машините с активни ролки електродвигател задвижва ролките, а те от своя страна въртят допряната до тях матрица. При машините с пасивни ролки матрицата получава задвижване от електродвигател и задвижва ролките, които се допират до нея. В зависимост от вида на матрицата те биват с плоска или пръстеновидна матрица [18].

### Ролкови изтласкващи машини с плоска матрица

Ролковите машини с плоска матрица биват с цилиндрични или с конусни пресоващи ролки [5,6]. Основните работни органи са: хранващ бункер, матрица, пресоващи ролки (обикновено две, три или повече), задвижващ вал и нож за отрязване на гранулите (фиг. 4).



Фиг. 4. Гранулираща машина с плоска матрица от "California Pellet Mill" USA

Принципът на работа на ролковите изтласкващи машини с плоска матрица е следният: материалът постъпва от бункера и запълва гранулиращата камера, в която се въртят матрицата посредством задвижващия вал и пресоващите ролки посредством допира си с матрицата. Ролките нагнетяват материала в каналите на матрицата и го пресоват. Оформените гранули се отрязват от ножа на изхода на каналите.

Основният недостатък на ролковите машини с плоска матрица и цилиндрични ролки е разликата на периферните скорости по цялата ширина на матрицата в следствие, на което се получават гранули с различно качество.

Гранулите, които се образуват по периферията на матрицата имат доста по-малка плътност, по-крехки са и се оронват повече от тези, които се формират във вътрешната част на матрицата. Освен това се наблюдава интензивно износване и загряване на матрицата и ролките.

В някои конструкции този недостатък е избегнат с въвеждането на конусни пресоващи ролки, при които периферните скорости по цялата дължина на ролката са еднакви. Но това пък води до неравномерно захващане на материала от зъбите на ролката по цялата дължина. От там се намалява производителността на машината.

При производството на гранули с плоска матрица материалът, намиращ се в излишък в гранулиращата камера, не се насочва веднага към отворите на матрицата, а се подлага на многократен натиск от преминаване на ролката. В резултат на това той се надробява прекомерно и се образува голямо количество прах, който влошава условията за работа на оператора. Прекаленото наситняване на материала води и до допълнителен разход на енергия.

### Ролкови изтласкващи машини с пръстеновидна матрица

Ролковите изтласкващи машини с пръстеновидна матрица биват: с вертикална или с хоризонтална матрица (фиг. 5).

Ролковите машини с вертикална пръстеновидна матрица са намерили най-масово приложение в практиката. Характерното за тях е, че матрицата е оформена като пръстен в който са разположени радиално пресоващите канали. Пресоващите ролки се допират и въртят по вътрешната стена на матрицата.

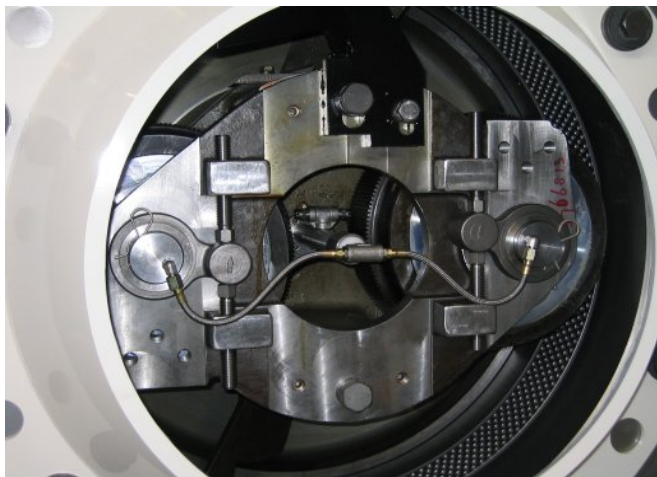
**Таблица 1:** Сравнително изследване на изтласкващите гранулиращи машини: с вертикална пръстеновидна матрица и с плоска матрица от "California Pellet Mill" USA

Параметри	
Машина за гранулиране с вертикална пръстеновидна матрица	Машина за гранулиране с плоска матрица
Мощност, kW	
250	25□
Срок на служба на матрицата, часа	
□500□- 2500	2500 – 3500
Зенкерование на отворите на матрицата	
Не се извършва	На всеки 300 часа
Качеството на гранулите	
Постоянно	Неравномерно, поради различната периферна скорост на ролките
Срок на служба на ролките	
Около 1000 часа (за 2 ролки)	Около 1500 часа (за 4-5 ролки)
Регулиране на ролките	
Ръчно и автоматично (Lineator)	Хидравлично, с помощта на контролер
Визуален преглед на каналите на матрицата	
Спиране, отваряне на капака – 5 мин.	Невъзможен
Удобство при почистването на матрицата вследствие претоварване	
Отваряне на капака, почистване – 15 мин.	Сваляне на капака, обръщане на ролките, почистване. Около 2 часа
Чувствителност на работните органи при попадане на метални предмети или камъни	
При срязване на щифт – смяна за по-малко от 1 час	Сваляне на капака и ролките, смяна на повредените работни органи. Минимум 4 часа
Условия на работа на ролките	
Разположени са успоредно с матрицата. Леко допират до матрицата	Разположени са по радиуса на матрицата. Различна периферна скорост на ролките по повърхността на матрицата. Неравномерно износване
Работа на машината при стартиране без материал	
Нечувствителна	Висока скорост при въртенето на ролките
Чувствителност към измененията на параметрите на входния материал	
Големи възможности за корекции от оператора при различни свойства на материала	Голяма чувствителност при изменение на влажността и размера на частиците. При големи отклонения – заклиняване на матрицата
Регулиране на дължината на гранулите	
Без прекъсване на процеса. Променя се лесно, с външни ножове	Затруднено поради това, че ножовете са разположени под матрицата
Производителност, kg/h	
3000 – 3500	3000 – 3500
Време за смяна на ролките	
Максимум 2 часа на 2 ролки (възможна е смяна само на 1 ролка)	Минимум 4-6 часа. Сваляне на капака, разединяване на хидравличната система, разглобяване на ролковия блок, смяна на ролките. (Общо тегло на частите – около 2 t)
Време за смяна на матрицата	
Максимум – 3 часа без смяна на ролките	Минимум 8 часа с всичките горепосочени операции
Време за смяна на възела на закрепването на матрицата	
Сменя се при износването на матрицата – за 15 мин.	Необходимо наличие на специално приспособление – кран или телфер. Наличие от набор от подложки за компенсация на износването. Около 1 ден
Време за смяна на възела за регулиране на притискането	
Износването на бронзовите втулки (ниска цена на втулките)	Притискане по хидравличен начин. Чувствителен към износване. Замяна 1-2 пъти в годината. Висока стойност
Необходимо място за ремонт и смяна	
Необходими са 2-3 m <sup>2</sup> пред машината с помощта на подежник, вграден в машината	Необходимост от вертикално пространство над машината и голямо пространство за демонтиране на капака на машината, ролковия блок и матрицата. Обезателно наличие на телфер или кран
Брой на ролките, бр.	
2	4 – 5
Работна площ на матрицата	
3730 cm <sup>2</sup>	4800 cm <sup>2</sup>
Възможност за възстановяване на матрицата	
Възможно, до 30% от ресурса на матрицата	Няма данни

И при този вид гранулиращи машини задвижващият вал може да задвижва или матрицата, или ролките. Действието на ролковата машината за гранулиране е следното: материалът постъпва в гранулиращата камера чрез захванващ шнек и се нагнетява посредством пресоваща ролка през каналите на матрицата [1,3,15].

Поради характера на пресоване, машините за гранулиране с пръстеновидни матрици в по-малка степен наситяват изходната суровина. Това способствува за получаване на по-

качествени гранули, тъй като те си запазват формата основно поради силите на механичното сцепление.



Фиг. 5. Гранулираща машина с вертикална пръстеновидна матрица от "California Pellet Mill" USA

Ролковите изтласкващи машини с хоризонтална пръстеновидна матрица не се използват масово в практиката поради неравномерното подаване на материала по цялата ширина на матрицата. Материалът, постъпващ в камерата за пресоване пада към долната част на матрицата при което в горната ѝ част отворите се запълват и пресоват по-бавно. Това води до намаляване на производителността, а от там и на специфичния разход на енергия.

При излизането от матрицата гранулите се отрязват на съответната дължина от нож, вграден в изходната част на камерата. Дължината на гранулите се регулира чрез преместване на ножа [14].

В Таблица 1 е показано сравнително изследване на ролковите изтласкващи машини с плоска матрица и с вертикална пръстеновидна матрица, произведени от "California Pellet Mill" USA [16].

От изследването се вижда, че при сравнително близки показатели за производителност, необходима мощност и други, ролковите машини с вертикална пръстеновидна матрица имат повече предимства в сравнение с машините с плоска матрица. По-важните им предимства са следните:

- работят с по-нисък разход на енергия;
- получават се гранули с еднаква здравина;
- матрицата и ролките имат по-голяма дълготрайност поради намаленото триене по време на работа;
- смяната на матрицата и регулирането на хлабината между матрицата и ролката се извършва бързо и лесно.

### Заклучение

1. Ефективността на процеса торене се повишава чрез използване на гранулирани органични отпадъци.

2. Направен е обстоен преглед на изтласкващите машини за гранулиране, работещи по метода на пресоване. По принципа на работата машините за гранулиране са класифицирани на: бутални, зъбни, шнекови и ролкови.

3. Буталните, зъбните и шнековите машини за гранулиране имат сравнително висок разход на енергия, голяма металоемкост и ниска износоустойчивост. Те намират приложение във фуражопроизводството, фармацевтиката и хранителната промишленост.

4. Ролковите изтласкващи машини са намерили широко приложение в практиката поради относително простата си конструкция и възможността за бързо настройване на машините за различни материали и размери на гранулите.

5. При ролковите изтласкващи машини с плоска матрица и цилиндрични притискащи ролки, поради различните периферни скорости по повърхнината на матрицата, процесът протича с повишено триене между работните елементи. В

резултат на това те се загряват и износват интензивно, а произведените гранули са с различна здравина.

6. Ролковите изтласкващи машини с вертикална пръстеновидна матрица работят с по-нисък разход на енергия, получават се гранули с еднаква здравина, работните елементи имат по-голяма дълготрайност. Подмяната на матрицата и регулирането на хлабината между матрицата и ролките се извършва бързо и лесно при производството на гранули от различни материали и с различни размери.

### Литература

[1]. Асенов, Л., И. Иванов, Г. Стоянов. Изследване за увеличаване ефективността на процеса на гранулиране на торова постеля от бройлери. Селскостопанска техника, № 5, 2006, 8-11.

[2]. Асенов Л., И. Иванов, И. Маринов, Г. Стоянов, Г. Капашиков, В. Георгиев. Изследване процеса на гранулиране с шнеков гранулятор на торова постеля от бройлери с цел последващо оползотворяване. Селскостопанска техника, № 6, 2005, 26-31.

[3]. Асенов, Л., И. Иванов, Ю. Енакиев. Предварително изследване за гранулиране на растителни остатъци. Сп. Селскостопанска техника, № 4, 2011, 11-15.

[4]. Борисов, Б., И. Христов, Ст. Венев. Брикетиране на растителни фуражни остатъци в животновъдната практика. Научни трудове на РУ "Ангел Кънчев", 2005, брой том 44.

[5]. Борисов, Б., Св. Митев, Г. Георгиев, Т. Тодоров, Хр. Белоев. Устройство за гранулиране. Патент за полезен модел, № 956 U1 A01 F 15/0, 2008.

[6]. Георгиев, Г., Б. Борисов, Хр. Белоев, Т. Тодоров. Една възможност за пресоване на отпадъци от растения и дървесина с цел ефективното им оползотворяване. РУ "А. Кънчев", Научни трудове, Том 44, Допълнително издание, Русе, 2005, 103-107.

[7]. Георгиев И., Парашкевов И., Станев Г. Машини за животновъдството, Земиздат, София 1986.

[8]. Данова, Л., Изследвания върху хидротермичните обработки при гранулиране и екструдиране на фуражите. Дисертация, София, 2006.

[9]. Данова, Л., Й. Йотов. Гранулиране на фуражите и съвременни тенденции в развитието на процеса. Фуражи и хранене, 2007, № 6, 21-26.

[10]. Долгов, И. А. Научные основы методики расчета рабочих органов трессующих, брикетирующих и прокатывающих сеноуборочных машин, Москва, 1971, с. 345.

[11]. Йотков, Й. Изследване на някои фактори, влияещи върху процеса гранулиране. Дисертация, Пловдив, 1973.

[12]. Киселев Н. Г. Повышение эффективности применения органоминеральных удобрений на основе куриного помета путем разработки технологии и технических средств их гранулирования. Дисертация, 2006.

[13]. Отчет проект № 3. Разработване и изследване на енергоспестяващи механизирани технологии в растениевъдството при условия на устойчиво земеделие. Национален център за аграрни науки. Институт по мелиорации и механизация, София, 2005.

[14]. Парфенов, В. Влияние параметров гранулирования на эффективность процесса и качество гранул. Комбикорма, № 5, 2002, 19-20.

[15]. Подколызин, Ю. В. Уплотнение корма в прессе с кольцевой матрицей, Науч. тр. Ленингр. СХИ, 1980, 56-69.

[16]. Проспектни материали на фирмите „СРМ“ – САЩ, „Kahl“ – Германия, „Pelheat“ – Англия.

[17]. Assenov, L., I. Ivanov, I. Marinov, G. Stoyanov, V. Georgiev, G. Kapashikov. Investigation of the granulation process of poultry litter from broilers with aim utilization. XII International Scientific Conference – Poland, Agricultural University of Szczecin, Summary book, May 27-29, 2004, 52.

[18]. Schultz, R. Beeinflussbarkeit des spezifischen Wirkungsgrades von Pelletpressen und Perbanlagen. Die Mühle. Mischfutter-technik, V.115, IT 17, 1978, 233-235.