

## ВЛИЯНИЕ ИЗНОСА ПОВЕРХНОСТИ МАТРИЦЫ ПРЕСС-ГРАНУЛЯТОРА НА УДЕЛЬНУЮ ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ПРОЦЕССА

А.В. Иванов, докт. техн. наук, профессор, А.Э. Кошак, аспирант, Ж.В. Кошак, канд. техн. наук, доцент, Н.В. Иванова, канд. техн. наук, доцент (МГУП)

### Аннотация

*В статье рассматривается процесс гранулирования комбикормов. Определено влияние износа поверхности матрицы пресс-гранулятора на его производительность и удельную энергоёмкость процесса. Предложен коэффициент для оценки степени износа поверхности матрицы пресс-гранулятора. Предложена формула для расчета удельной энергоёмкости процесса гранулирования с учетом износа поверхности матрицы.*

*The process of mixed fodder granulation is described in the article.*

*The influence of matrix surface wear-out of a press-granulator on its productivity and specific power consumption of the process is defined. The coefficient for the estimation of wear-out degree is suggested. The formula for calculating the specific power consumption of the granulation process is proposed with a glance to matrix surface wear-out.*

### Введение

Одним из наиболее прогрессивных технологических приемов в производстве комбикормов является гранулирование. Этот процесс улучшает физические свойства, условия хранения, транспортирования и раздачи комбикормов, повышает их усвояемость и увеличивает продуктивность животных, птицы, рыбы при сокращении расхода кормов. Ввиду значительной эффективности гранулированных комбикормов их удельный вес в общем объеме производства кормов неуклонно растет [1, 2]. Наряду с увеличением объема производства, актуальной становится задача улучшения качества гранулированных комбикормов и снижения энергоёмкости процесса производства.

При работе пресс-грануляторов происходит износ поверхности матрицы. Экспериментальные исследования показали, что износ поверхности матрицы снижает производительность пресс-гранулятора и увеличивает удельную энергоёмкость процесса. Авторами публикации были проведены исследования, позволившие определить степень влияния износа поверхности матрицы в процессе ее эксплуатации на удельную энергоёмкость процесса гранулирования, определена удельная энергоёмкость процесса гранулирования с увеличением степени износа поверхности матрицы.

### Основная часть

Для определения влияния износа поверхности матрицы на производительность пресс-гранулятора и удельную энергоёмкость процесса гранулирования в процессе исследований снимались слепки с поверхности матрицы. Снимки двух слепков представлены на рис. 1.



а



б

Рисунок 1. Слепки матрицы:  
а – 461 час отработки; б – 811 часов отработки

На процесс формирования гранулы влияют диаметр и количество отверстий, а также состояние перехода поверхности матрицы в отверстие (зенковка), сечение отверстия матрицы представлено на рис. 2.

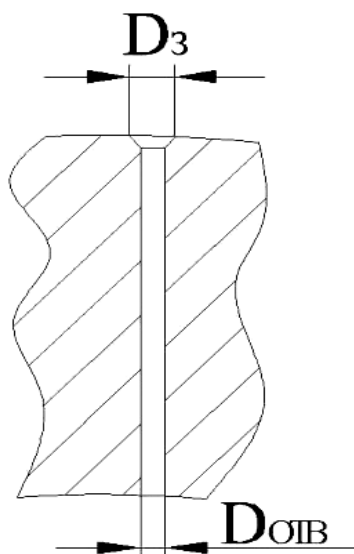


Рисунок 2. Сечение отверстия матрицы

Поэтому площадь матрицы, занимаемая отверстиями и зенковкой можно назвать рабочей поверхностью. При эксплуатации матрицы основным показателем является изменение площади рабочей поверхности матрицы пресс-гранулятора. Рассчитаем изменение рабочей поверхности в процессе эксплуатации матрицы пресс-гранулятора. Схема разбиения поверхности матрицы представлена на рис. 3.

На рис. 3 представлена часть поверхности матрицы, на которой имеются следующие элементы: диаметр отверстий матрицы  $D_{отв}$ , диаметр зенковки  $D_3$ , ширина матрицы  $H_M$ , шаг между рядами  $t_1$  и шаг отверстий в ряду  $t_2$ .

Площадь рабочей поверхности матрицы определяется по формуле:

$$S_p = (S_3 + S_{отв}) \cdot n_{отв} =$$

$$= \left[ \frac{\pi \cdot (D_3^2 - D_{отв}^2)}{4} + \frac{\pi \cdot D_{отв}^2}{4} \right] \cdot n_{отв} =$$

$$= \left[ \frac{\pi \cdot (D_3^2 - D_{отв}^2 + D_{отв}^2)}{4} \right] \cdot n_{отв} =$$

$$= \left[ \frac{\pi \cdot D_3^2}{4} \right] \cdot \frac{\pi \cdot D_M \cdot H_M}{t_2 \cdot t_1},$$

где  $S_p$  – площадь рабочей поверхности матрицы,  $мм^2$ ;

$S_3$  – площадь зенковки отверстий матрицы,  $мм^2$ ;

$n_{отв}$  – количество отверстий матрицы,  $мм$ ;

$D_3$  – диаметр зенкованных отверстий матрицы,  $мм^2$ ;

$D_{отв}$  – диаметр отверстий матрицы,  $мм^2$ ;

$D_M$  – внутренний диаметр матрицы,  $мм$ ;

$H_M$  – ширина рабочей зоны матрицы,  $мм$ ;

$t_1$  – шаг между рядами,  $мм$ ;

$t_2$  – шаг отверстий в ряду,  $мм$ .

Площадь полной поверхности матрицы определяется по формуле:

$$S_{II} = 2 \cdot \pi \cdot R_M \cdot H_M, \quad (2)$$

где  $S_{II}$  – площадь полной поверхности матрицы,  $мм^2$ ;

$R_M$  – внутренний радиус матрицы,  $мм$ ;

$H_M$  – ширина матрицы,  $мм$ .

Для оценки износа рабочей поверхности был введен коэффициент рабочей поверхности  $K_{рп}$ , который характеризует отношение площади рабочей поверхности к полной площади матрицы. Коэффициент рабочей поверхности  $K_{рп}$  определяется по формуле:

$$K_{рп} = \frac{S_p}{S_{II}}, \quad (3)$$

где  $K_{рп}$  – коэффициент рабочей поверхности;

$S_p$  – площадь рабочей поверхности матрицы,  $мм^2$ ;

$S_{II}$  – площадь полной поверхности матрицы,  $мм^2$ .

Анализируя формулу (3), отметим, что чем ближе значение площади рабочей поверхности к площади полной поверхности матрицы, тем больше величина коэффициента  $K_{рп}$ , а чем больше значение площади рабочей поверхности, тем меньше изношена рабочая поверхность матрицы. Проведены исследования для матрицы пресс-гранулятора «Матадор» с диаметром отверстий матрицы 3,8  $мм$ . Расчет коэффициентов ра-

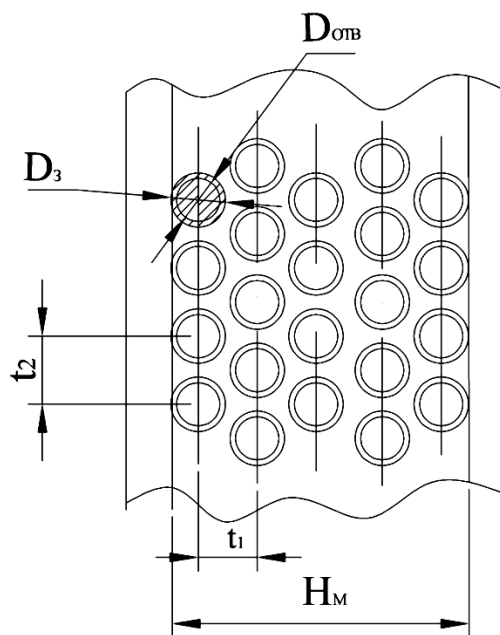
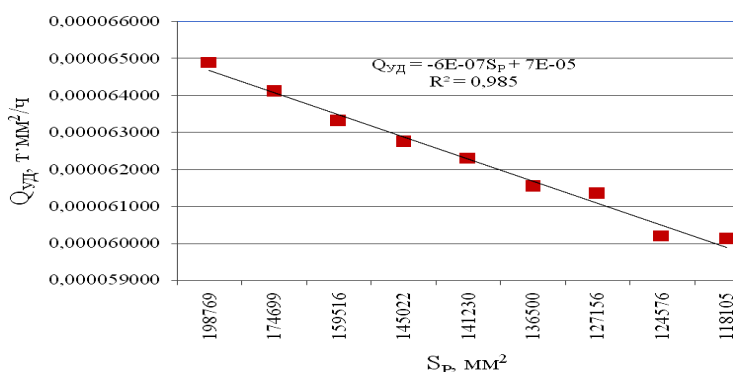


Рисунок 3. Схема разбиения поверхности матрицы

бочей поверхности представлен в табл. 1. Анализируя табл. 1, видно, что с увеличением времени работы матрицы, видно, что с увеличением времени работы матрицы

**Таблица 1. Расчет коэффициента рабочей поверхности матрицы**

Наименование	Время работы матрицы, ч					
	14	170	245	461	811	1000
Диаметр отверстий матрицы $D_{отв}$ , мм	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
Диаметр зенковки $D_z$ , мм	4,8	4,5	4,3	4,1	3,8	3,7
Внутренний радиус матрицы, $R_M$ , мм	350	350	350	350	350	350
Ширина матрицы, $H_M$ , мм	160	160	160	160	160	160
Количество отверстий матрицы, шт	10990	10990	10990	10990	10990	10990
Полная площадь матрицы $S_{п}$ , мм <sup>2</sup>	351680	351680	351680	351680	351680	351680
Площадь рабочей поверхности $S_p$ , мм <sup>2</sup>	198769	174699	159516	145022	124576	118105
Коэффициент рабочей поверхности $K_{рп}$	0,57	0,50	0,45	0,41	0,35	0,33



**Рисунок 4. Зависимость производительности пресс-гранулятора от площади рабочей поверхности**

рицы площадь рабочей поверхности уменьшается, соответственно уменьшается и коэффициент рабочей поверхности. При 14 часах работы матрицы коэффициент рабочей поверхности равен 0,57, а при 1000 часах работы матрицы коэффициент рабочей поверхности снизился до 0,33. Площадь рабочей поверхности уменьшилась на 41%. Определено, что при 1000 часах работы матрицы зенковка отсутствует полностью.

Для определения влияния уменьшения площади рабочей поверхности на производительность пресс-гранулятора и удельную энергоёмкость процесса исследования проводились при выработке комбикорма КД-П-5, при температуре в камере смесителя пресс-гранулятора 80°С. Экспериментальные данные представлены в табл. 2. Анализируя табл. 2, видно, что с увеличением времени работы матрицы уменьшается коэффициент рабочей по-

верхности и производительность пресс-гранулятора при выработке комбикорма КД-П-5. При уменьшении производительности пресс-гранулятора с 12,9 т/ч до 7,1 т/ч увеличивается удельная энергоёмкость процесса гранулирования с 13,8 кВт·ч/т до 31,5 кВт·ч/т, что составляет 53,2 %. При этом коэффициент рабочей поверхности изменяется от 0,57 до 0,33.

Получена аналитическая зависимость производительности пресс-гранулятора от коэффициента рабочей поверхности  $K_{рп}$

$$Q_{ГР} = 0,08 \cdot K_{рп}^2 - 1,5 \cdot K_{рп} + 13,9, \quad (4)$$

где  $Q_{ГР}$  – производительность пресс-гранулятора, т/ч;

$K_{рп}$  – коэффициент рабочей поверхности.

Уравнение регрессии (4) позволяет определить производительность пресс-гранулятора, зная

значение коэффициента рабочей поверхности, что дает возможность в процессе эксплуатации матрицы пресс-гранулятора контролировать потерю производительности пресс-гранулятора.

Была определена удельная производительность пресс-гранулятора на единицу площади поверхности матрицы. Получено, что с уменьшением площади рабочей поверхности удельная производительность уменьшается, график изменения представлен на рис. 4.

Уравнение регрессии удельной энергоёмкости процесса гранулирования от коэффициента рабочей поверхности представлено на рис. 5.

На основании полученных данных по влиянию износа рабочей поверхности на про-

**Таблица 2. Результаты исследований на матрице пресс-гранулятора «Матадор» при выработке комбикорма КД-П-5**

Время работы матрицы, ч	$K_{рп}$	$Q_{ГР}$ , т/ч	$P_{уд}$ , кВт·ч/т	Площадь рабочей поверхности $S_p$ , мм <sup>2</sup>	$Q_{уд}$ , т мм <sup>2</sup> /ч
14	0,57	12,9	13,8	198769	0,000064899
170	0,5	11,2	14,5	174699	0,000064110
245	0,45	10,1	14,7	159516	0,000063317
461	0,41	9,1	16,6	145022	0,000062749
560	0,39	8,8	17,5	141230	0,000062310
620	0,37	8,4	19,1	136500	0,000061538
710	0,36	7,8	21,4	127156	0,000061342
811	0,35	7,5	24,3	124576	0,000060204
1000	0,33	7,1	31,5	118105	0,000060116

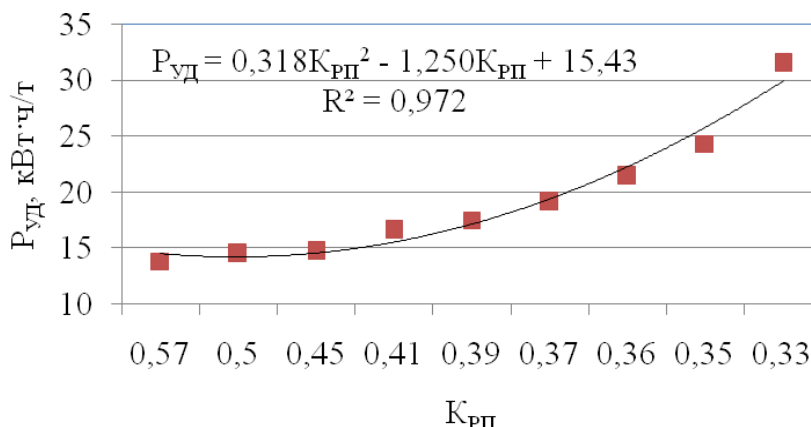


Рисунок 5. Зависимость удельной энергоёмкости процесса гранулирования от коэффициента рабочей поверхности

изводительность пресс-гранулятора была получена аналитическая зависимость, объединяющая воедино все исследуемые параметры: производительность пресс-гранулятора, время работы матрицы и коэффициент рабочей поверхности. Удельная энергоёмкость процесса гранулирования в зависимости от производительности пресс-гранулятора, времени работы матрицы и коэффициента рабочей поверхности определяется по формуле:

$$P_{уд} = 170,488 + 5,90098 \cdot Q_{ГР} - 0,00352 \cdot t - 862,569 \cdot K_{РП} - 0,299 \cdot Q_{ГР}^2 - 0,00116 \cdot Q_{ГР} \cdot t - 2,625 \cdot Q_{ГР} \cdot K_{РП} + 0,00000518 \cdot t^2 + 0,0482 \cdot t \cdot K_{РП} + 1047,721 \cdot K_{РП}^2, \quad (5)$$

где  $P_{уд}$  – удельная энергоёмкость, кВт·ч/т;  
 $Q_{ГР}$  – производительность пресс-гранулятора, т/ч;

$t$  – время работы матрицы, ч

$K_{РП}$  – коэффициент рабочей поверхности.

Зависимость удельной энергоёмкости процесса гранулирования от коэффициента рабочей поверхности представлена на рис. 6.

На рис. 6 представлены две кривые, отражающие удельную энергоёмкость процесса гранулирования,

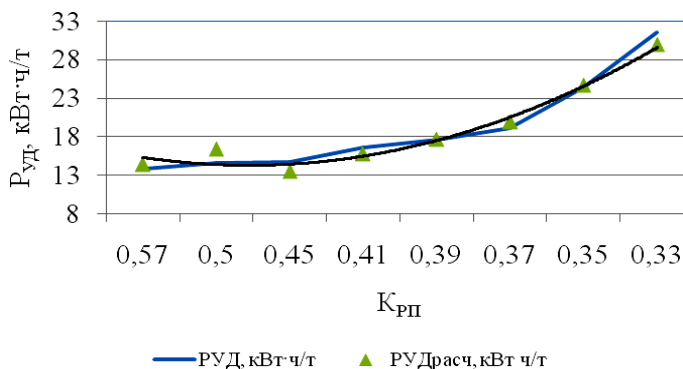


Рисунок 6. Зависимость удельной энергоёмкости процесса гранулирования от коэффициента рабочей поверхности

рассчитанную по формуле (4) и определенную в процессе проведения эксперимента. Очевидно расхождение результатов, которое находится в пределах 5 %. На основании полученных результатов, представленных на рис. 6, можно рекомендовать эксплуатацию матрицы пресс-гранулятора «Матадор» до величины коэффициента рабочей поверхности равном 0,37, после этой величины происходит резкое возрастание удельной энергоёмкости процесса гранулирования. В зависимости от свойств гранулируемого комбикорма,

время работы матрицы будет различным (для комбикормов с большим содержанием жиров и масел до 1000 часов).

### Выводы

Установлено, что на производительность и удельную энергоёмкость процесса гранулирования существенное влияние оказывает износ поверхности матрицы пресс-гранулятора.

Предложен коэффициент рабочей поверхности, оценивающий степень износа матрицы пресс-гранулятора. Чем выше значение коэффициента рабочей поверхности, тем выше производительность пресс-гранулятора и ниже удельная энергоёмкость процесса гранулирования.

Предложена формула для расчета удельной энергоёмкости процесса гранулирования, учитывающая степень износа поверхности матрицы. Уменьшение коэффициента рабочей поверхности с 0,57 до 0,33 приводит к уменьшению производительности пресс-гранулятора с 12,9 т/ч до 7,1 т/ч и увеличению удельной энергоёмкости процесса гранулирования с 13,8 кВт·ч/т до 31,5 кВт·ч/т, что составляет 53,2%.

### ЛИТЕРАТУРА

- Любимов, С.П. Пути совершенствования техники для гранулирования комбикормов/ С.П. Любимов, С.А. Штернина// ЦНИИТЭИ хлебопродуктов: сер. Комбикормовая промышленность. – 1992. – 16 с.
- Соколов, А. Для уточнения параметров гранулирования/ А. Соколов, В. Бондарев, В. Полищук// Мукомольно-элеваторная и комбикормовая промышленность, 1986. – № 7. – С. 38-41.