

(zykin.andrey@mail.ru).

**БУЛАТОВ СЕРГЕЙ ЮРЬЕВИЧ** – кандидат технических наук, доцент кафедры механики и сельскохозяйственных машин, Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино, (bulatov\_sergey\_urevich@mail.ru).

**BULATOV SERGEI YUR'EVICH** - candidate of technical sciences, the senior lecturer of chair of mechanics and agricultural cars, the Nizhniy Novgorod state engineering-economic institute, Russia, Knyaginino, (bulatov\_sergey\_urevich@mail.ru).

---

УДК 631.3

*А. А. ДЕМИН*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ ИРР-1,5 В ЛИНИИ ГРАНУЛИРОВАНИЯ КОРМОВ**

*Ключевые слова:* измельчитель, грубые корма, оптимальные значения, математические модели.

*Аннотация.* Для получения гранулированных кормов используют целые комплексы машин, в состав которых входит измельчитель грубых кормов. В статье представлены исследования рабочего процесса измельчителя грубых кормов.

Основные машины для измельчения кормов в современных условиях сельскохозяйственного производства – молотковые дробилки или измельчители с рабочими органами молоткового типа – находят все большее применение не только для измельчения зерновых кормов, но и

---

© Демин А. А.

для грубых и сочных. Широкое распространение молотковых дробилок обусловлено рядом их конструктивных достоинств: они просты по устройству, негромоздки, имеют невысокую удельную металлоемкость, универсальны при переработке кормов с различными физикомеханическими свойствами; рабочие органы легко поддаются замене, сравнительно долговечны и малоприхотливы к наличию недробимых примесей и дают помол, удовлетворяющий зоотехническим требованиям [1].

В процессе сушки, ворошения, сгребания, хранения, транспортировки и раздачи происходят потери самого корма и основных питательных веществ, содержащихся в нём. Значительно перспективнее получение высококачественного корма по технологии, предусматривающей механизированную уборку, перевозку, высушивание и размол с последующим гранулированием. Исследования показывают, что по питательной ценности гранулированный корм значительно превосходит традиционные виды кормов.

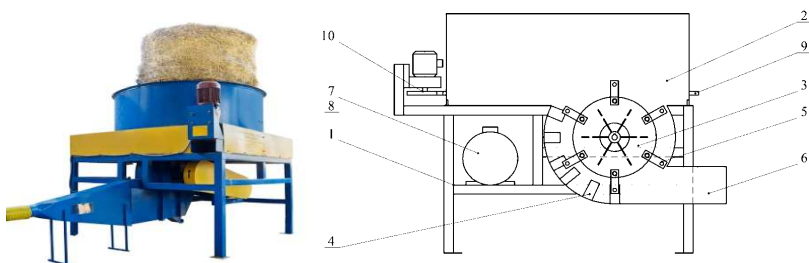


Рисунок 1 – Общий вид (вверху) и конструкционная схема (внизу) измельчителя грубых кормов ИРР-1,5:

- 1 – рама измельчителя; 2 – бункер; 3 – ротор;
- 4 – контр-молотки; 5 – молотки; 6 – выгрузной патрубкок;
- 7, 10 – электродвигатель; 8, 9 – ременные передачи

Измельчитель ИРР-1,5 (рис. 1) в составе линии двухступенчатого измельчения агрегата по производству

гранулированного корма играет важную роль, от качества продукта, производимого измельчителем, напрямую зависит физико-механические свойства готовых гранул, а также в значительной мере зависит удельная энергоёмкость процесса в целом. Поэтому исследование рабочего процесса измельчителя грубых кормов представляет большой интерес для развития животноводства.

Нами проведены исследования по влиянию расположения и длины контр-молотков (противорежущих элементов) на качество измельчения продукта, производительность и потребляемую измельчителем мощность.

В результате исследований были получены математические модели процесса измельчения и построены поверхности отклика для производительности, потребляемой мощности и удельной энергоёмкости процесса измельчения.

Факторы, исследуемые при определении показателей рабочего процесса измельчителя:  $x_1$  – длина контр-молотков первой деки,  $x_2$  – длина контр-молотков второй деки.

Математические модели процесса измельчения с откликом по производительности:

$$y_1 = 0,4631 + 0,0294 \cdot x_1 + 0,0587 \cdot x_2 + 0,0202 \cdot x_1^2 + 0,1501 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,0765 \cdot x_2^2 ;$$

$$y_1 = 0,8234 - 0,1518 \cdot x_1 + 0,1207 \cdot x_2 - 0,0925 \cdot x_1^2 + 0,1766 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,2765 \cdot x_2^2 ;$$

$$y_1 = 0,8417 - 0,0118 \cdot x_1 + 0,0488 \cdot x_2 + 0,0302 \cdot x_1^2 - 0,0173 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,1015 \cdot x_2^2 .$$

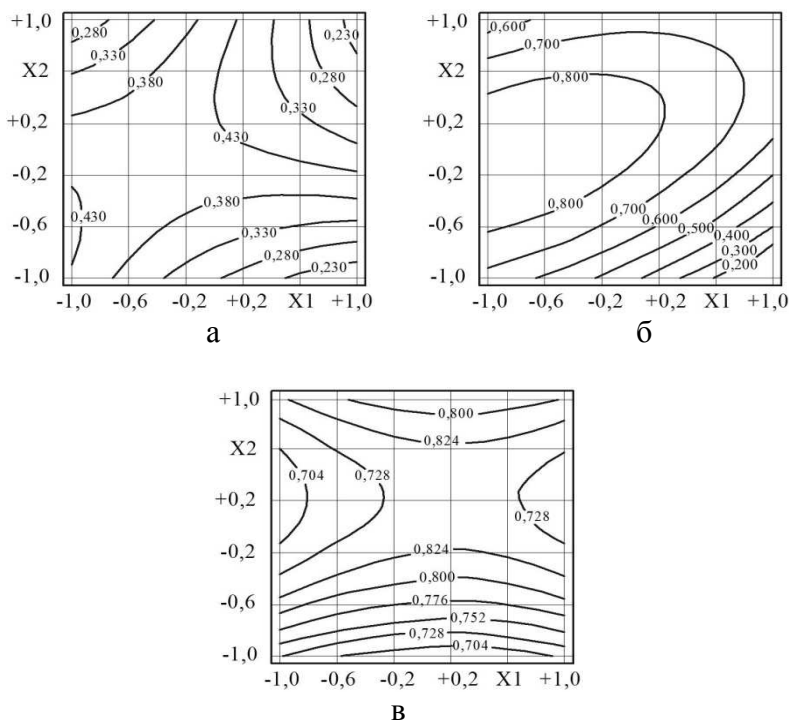


Рисунок 2 – Двумерные поверхности отклика зависимости производительности (т/ч) от сочетания факторов:

- а – при  $n_B = 4 \text{ мин}^{-1}$ ; б – при  $n_B = 6 \text{ мин}^{-1}$ ;
- в – при  $n_B = 8 \text{ мин}^{-1}$ .

Анализ двумерных сечений показывает, что с увеличением длины контр-молотков обеих дек происходит снижение производительности измельчителя; максимальная производительность достигается при частоте вращения бункера  $8 \text{ мин}^{-1}$  и длине контр-молотков первой деки 120 мм, а второй – 140 мм и составляет 842 кг/ч.

Математические модели процесса измельчения с откликом по потребляемой мощности:

$$y_2 = 9,822 - 0,433 \cdot x_1 - 0,360 \cdot x_2 - 0,528 \cdot x_1^2 - 1,697 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,405 \cdot x_2^2;$$

$$y_2 = 9,913 - 0,274 \cdot x_1 + 0,632 \cdot x_2 - 0,095 \cdot x_1^2 - 1,668 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,745 \cdot x_2^2;$$

$$y_2 = 10,521 - 0,349 \cdot x_1 + 0,552 \cdot x_2 + 0,106 \cdot x_1^2 - 2,327 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,130 \cdot x_2^2.$$

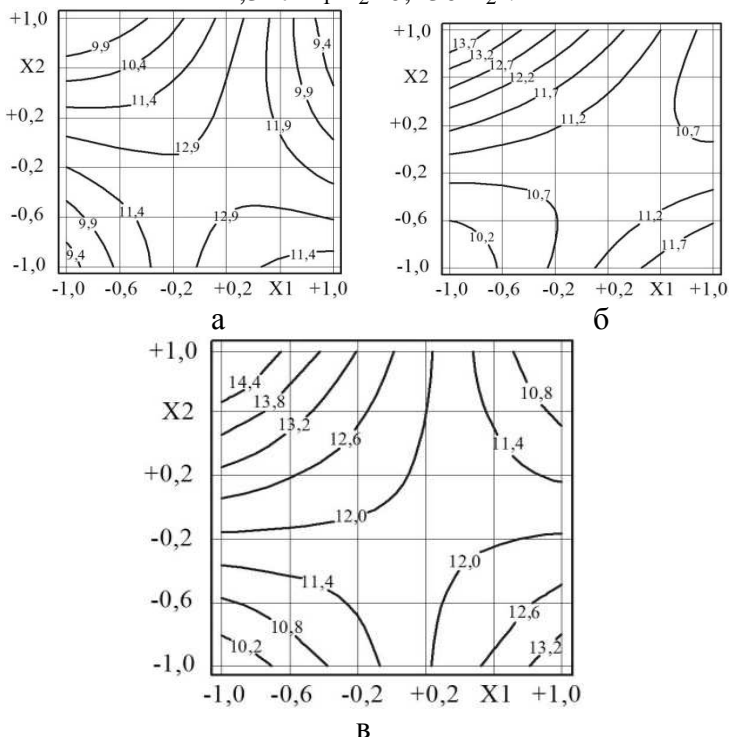


Рисунок 3 – Двумерные поверхности отклика зависимости потребляемой мощности (кВт) от сочетания факторов:

а – при  $n_B = 4 \text{ мин}^{-1}$ ; б – при  $n_B = 6 \text{ мин}^{-1}$ ;

в – при  $n_B = 8 \text{ мин}^{-1}$ .

Анализ двумерных сечений показывает, что наименьшее значение потребляемой мощности достигается при наименьшей длине контр-молотков обеих дек и составляет от 9,4 до 10,2 кВт.

Математические модели процесса измельчения с откликом по удельной энергоёмкости процесса измельчения:

$$y_3 = 1,075 - 0,1388 \cdot x_1 - 0,2625 \cdot x_2 - 0,0515 \cdot x_1^2 - 0,9232 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,9355 \cdot x_2^2;$$

$$y_3 = 0,661 + 0,2188 \cdot x_1 - 0,2997 \cdot x_2 + 0,1795 \cdot x_1^2 - 0,4919 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,6435 \cdot x_2^2;$$

$$y_3 = 0,668 - 0,0825 \cdot x_1 - 0,0797 \cdot x_2 - 0,0323 \cdot x_1^2 - 0,2898 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,1070 \cdot x_2^2.$$

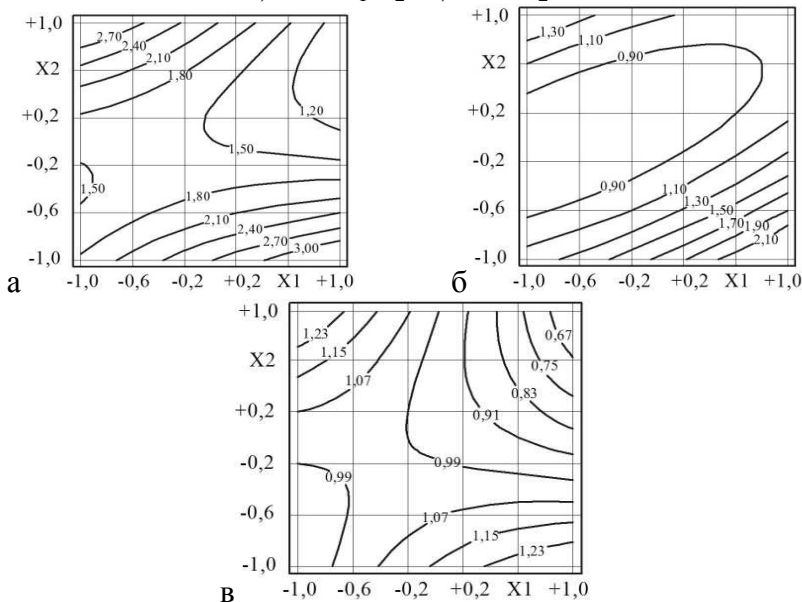


Рисунок 4 – Двумерное сечение поверхности отклика зависимости удельной энергоёмкости (кВт·ч/т·ед.ст.изм)

от сочетания факторов: а – при  $n_B = \text{мин}^{-1}$ ;

б – при  $n_B = 6 \text{ мин}^{-1}$ ; в – при  $n_B = 8 \text{ мин}^{-1}$

Анализ двумерных сечений показывает, что минимальные значения удельной энергоёмкости достигаются при максимальных длинах контр-молотков обеих дек за счет увеличения степени измельчения при частоте враще-

ния бункера 8 мин<sup>-1</sup>; оптимальные значения удельной энергоёмкости составляют 0,66...0,67 кВт·ч/т.ед.ст.изм. и достигаются при длине контр-молотков 120 мм (1 дека), 140 мм (2 дека) и частоте вращения бункера 6...8 мин<sup>-1</sup>.

Таблица 1 – Показатели режимов работы ИРР-1,5

Показатели при частоте вращения бункера	Базовая модель			Модернизированный измельчитель		
	4 мин <sup>-1</sup>	6 мин <sup>-1</sup>	8 мин <sup>-1</sup>	4 мин <sup>-1</sup>	6 мин <sup>-1</sup>	8 мин <sup>-1</sup>
Тип ротора	6 осей подвеса по 3 молотка толщиной 10 мм					
Противорежущие элементы	Дека			6 рядов контр-молотков (3x120 мм и 3x140мм)		
Производительность, т/ч (кг/с)	0,813 (0,226)	0,986 (0,274)	1,134 (0,315)	0,463 (0,128)	0,823 (0,228)	0,842 (0,234)
Потреб. мощность, кВт	9,43	9,61	9,79	9,82	9,91	10,52
Полезная мощность, кВт	7,858	8,008	8,158	8,183	8,258	8,766
Ср. размер сечки, мм	39,89	40,23	45,39	19,50	21,06	20,51
Степень измельчения	8,02	7,95	7,05	16,40	15,18	15,57
Уд. расход энергии, кВт·ч/т	9,665	8,122	7,194	17,634	10,034	10,411
Уд. производительность, т/кВт·ч	0,103	0,123	0,139	0,057	0,099	0,096
Уд. энергоёмкость, кВт·ч/т.ед.ст.изм.	1,205	1,021	1,020	1,075	0,661	0,668

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алешкин В. Р. Механизация животноводства / Под ред. С. В. Мельникова. М.: Агропромиздат. 1985. 336 с.

2. Клушанцев Б. В. Дробилки. Конструкция, расчет, особенности эксплуатации. М.: Машиностроение. 1990. 320 с.

## **RESEARCH OF WORKING PROCESS OF A GRINDER IRR-1,5 IN A LINE OF GRANULING FORAGES**

***Keywords:** a grinder, rough forages, optimum values, mathematical models.*

***Annotation.** For reception of the granulated forages use the whole complexes of cars which structure includes a grinder of rough forages. In the article researches of working process of a grinder of rough forages are presented.*

---

**ДЁМИН АЛЕКСАНДР АЛЕКСАНДРОВИЧ** – аспирант, Вятская государственная сельскохозяйственная академия, Россия, Киров, (der.demin@yandex.ru).

**DEMIN ALEKSANDR ALEKSANDROVICH** – The post-graduate student, Vjatka state agricultural academy, Russia, Kirov, (der.demin@yandex.ru).

---