

# ПРОЦЕССЫ, АППАРАТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

УДК 636.085.553

## ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ГРАНУЛИРОВАНИЯ КОМБИКОРМОВ НА ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ПРОЦЕССА

*А.Э. Кошак, А.В. Иванов, Ж.В. Кошак*

В работе рассматривается процесс гранулирования комбикормов. Анализируются основные факторы, оказывающие влияние на процесс гранулирования. Установлено, что состав рецепта, диаметр отверстий матрицы и режимы гранулирования оказывают существенное влияние на энергоемкость процесса.

### **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.

Наряду с увеличением объема производства, актуальной становится задача улучшения качества гранулированных комбикормов и снижение энергоемкости процесса производства.

Слагаемые качества гранулированных комбикормов характеризуются совокупностью органолептических, физических, механических и химических свойств сырья, обуславливающих его поведение в процессе переработки.

Для гранулирования кормов важной характеристикой качества являются структурно-механические свойства гранул, которые увязывают структурные особенности продукта с его реакцией на механические воздействия. К ним относят плотность, истираемость (крошимость), ударную прочность, твердость, водостойкость, которая характерна для кормов для рыб [1].

Совместное действие влаготепловой обработки и значительного механического давления при гранулировании повышают доступность питательных компонентов корма к действию ферментов желудочно-кишечного тракта животных и улучшают его переваримость и усвояемость. Оптимальная по времени и температуре влаготепловая обработка, присущая процессу гранулирования, не оказывает отрицательного влияния на переваримость белка [2, 3].

К основным факторам, влияющим на энергоемкость процесса и прочность гранул, относятся состав рецепта, гранулометрический состав компонентов рассыпного комбикорма, размер и форма фильер матрицы пресс-гранулятора, расход пара и загрузка электродвигателя.

### **Результаты исследований и их обсуждение**

Нами был исследован процесс гранулирования нескольких видов комбикормов: КД-С-11 комбикорм для поросят в возрасте 9–42 дня, КД-П-5 комбикорм для бройлеров в возрасте 1–

30 дней, КД-П-5-2 договорной комбикорм для цыплят бройлеров в возрасте 11–24 дня, КД-П-1-15 договорной комбикорм для кур яичных пород в возрасте 40–60 недель включительно.

Сравнительный состав рецептов представлен на рисунке 1.

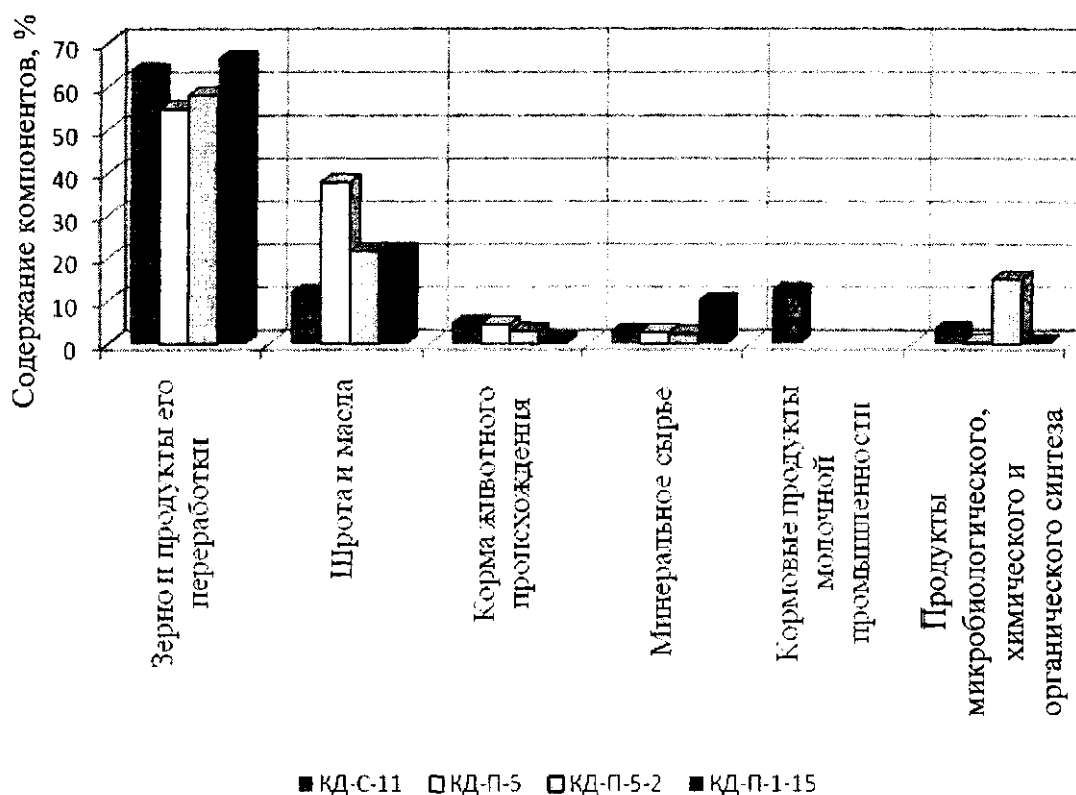


Рисунок 1 – Сравнительный состав рецептов

Анализируя состав рецептов, можно отметить следующие особенности. Наибольшее количество зерна и продуктов его переработки содержится в рецепте КД-П-1-15, наибольшее количество шротов и масел содержится в рецепте КД-П-5, минимальное количество кормов животного происхождения содержит рецепт КД-П-1-15, наибольшее содержание минерального сырья содержит рецепт КД-П-1-15, кормовые продукты молочной промышленности содержатся лишь в рецепте КД-П-1-15, наибольшее количество кормовых продуктов микробиологического, химического и органического синтеза содержится в рецепте КД-П-5-2. Каждая из перечисленных групп компонентов оказывает влияние на энергоёмкость процесса гранулирования.

В рецепте КД-С-11 содержится большее количество зерновых, кормов животного происхождения и содержатся кормовые продукты молочной промышленности, которые достаточно сложно гранулируются, требуют невысоких температур. Проходя через матрицу, молочные продукты спекаются на отверстиях матрицы. Кроме того, в рецепте КД-С-11 содержится небольшое количество шротов и масел, что также ухудшает процесс прохождения комбикорма через отверстия матрицы. В состав рецепта КД-П-1-15 входит 10 % минерального сырья, которое является абразивным материалом и увеличивает энергоёмкость процесса гранулирования. Продукты микробиологического синтеза чувствительны к высоким температурам, при которых они разрушаются, поэтому высокое содержание этого компонента в рецепте КД-П-5-2 требует строгих технологических параметров процесса гранулирования.

Были проведены эксперименты на пресс-грануляторах в условиях производства.

Для выяснения степени влияния кормовых продуктов молочной промышленности на удельную энергоёмкость процесса гранулирования был исследован рецепт КД-С-11. При проведении эксперимента при выработке комбикорма КД-С-11 были получены следующие энергетические показатели процесса гранулирования, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Энергетические показатели процесса гранулирования на пресс-грануляторе. Рецепт КД-С-11

Производительность, т/ч	Активная мощность, кВт	Реактивная мощность, кВАр	Полная мощность, кВА	Полный ток, А	cos φ	Удельные энергозатраты, кВт·ч/т
5	185,1	121,1 (инд.)	219,7	307,9	0,84	37,02

Температуры и влажности пропаренного ( $W_{\text{пр}}$ ) и гранулированного комбикорма ( $W_{\text{гр}}$ ) в процессе гранулирования, а также расход пара, определенный на основе влажностей продуктов, и крошимость гранул представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели процесса гранулирования. Рецепт КД-С-11

Температура камеры смесителя пресс-гранулятора, °С	Температура пропаренного комбикорма, °С	Температура гранул, °С	$W_{\text{пр}}$ , %	$W_{\text{гр}}$ , %	$W_{\text{исх}}$ , %	Удельный расход пара, кг/т	Расход пара, кг/ч	Крошимость, %
49	48,5	77,5	12,3	11,9	11,5	9,12	45,6	2

Удельный расход пара при гранулировании рецепта КД-С-11 составил 9,12 кг/т, что недостаточно, о чем свидетельствует и невысокая влажность пропаренного комбикорма 12,3 %. Из-за содержания молочных продуктов процесс гранулирования проводится при невысокой температуре в камере смесителя пресс-гранулятора. Установлено, что температура в камере смесителя пресс-гранулятора также является косвенным показателем расхода пара, чем ниже температура в камере смесителя, тем ниже расход пара и тем ниже влажность комбикорма, по этим причинам гранулирование данного комбикорма процесс энергоемкий и удельная энергоемкость составила 37 кВт ч/т.

Была определена крошимость гранул комбикорма КД-С-11 по ГОСТ 28497-90 «Комбикорма, сырье гранулированное. Методы определения крошимости». Крошимость определялась на установке У17-ЕКГ, представленной на рисунке 2.

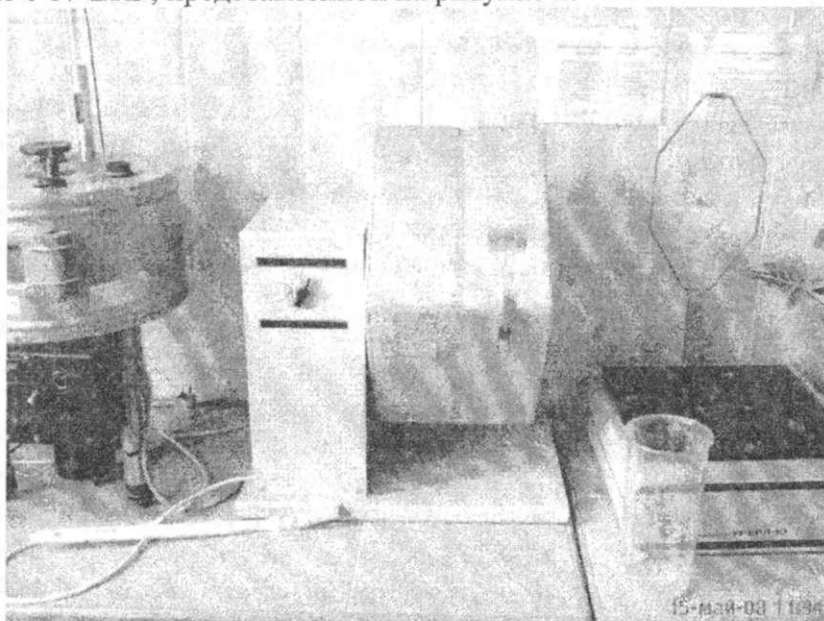


Рисунок 2 – Установка для определения крошимости У17-ЕКГ

Крошимость гранул данного вида комбикорма при диаметре отверстий матрицы 3,8 мм равна 2 %, гранулы прочные.

Для определения влияния параметров гранулирования на удельную энергоемкость процесса был проведен эксперимент на рецепте КД-П-5. При проведении эксперимента производительность пресс-гранулятора поддерживалась постоянной, изменяли расход пара. Энергетические показатели процесса гранулирования представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Энергетические показатели процесса гранулирования на пресс-грануляторе. Рецепт КД-П-5

Температура камеры смесителя пресс-гранулятора, °С	Производительность, т/ч	Активная мощность, кВт	Реактивная мощность, кВАр	Полная мощность, кВА	Полный ток, А	cos φ	Удельные энергозатраты, кВт·ч/т
74	11	178,2	106,4 (инд.)	207,6	288,1	0,86	16,2
77		169,5	104,7 (инд.)	199	285,5	0,85	15,4
80		161,8	106,4 (инд.)	192,9	276,8	0,83	14,7

С увеличением температуры в камере смесителя пресс-гранулятора снижаются активная и полная мощность и удельные энергозатраты. С ростом температуры на 6 °С в камере смесителя пресс-гранулятора удельные энергозатраты падают на 10 %. Изменение активной мощности, полного тока и удельной энергоёмкости с изменением температуры камеры смесителя пресс-гранулятора  $t_{\text{КАМ}}$  представлено на рисунке 3.

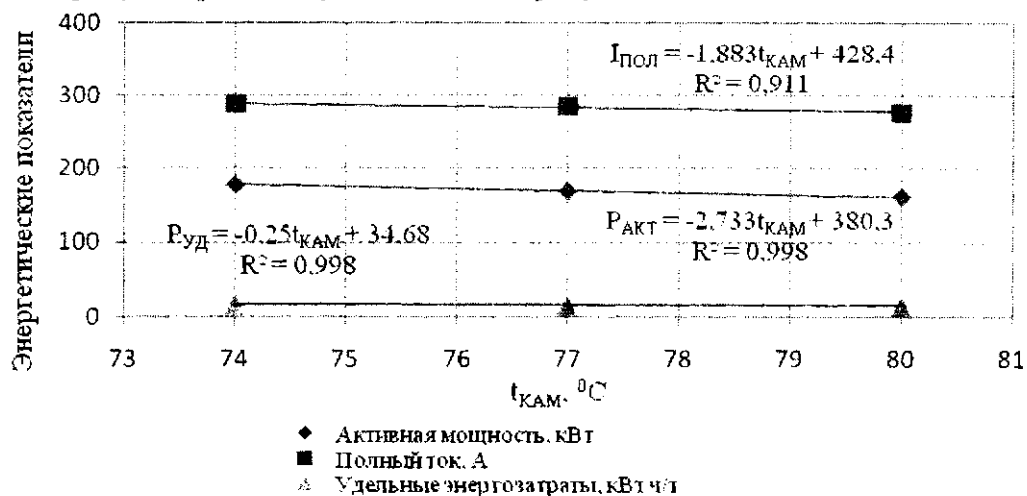


Рисунок 3 – Изменение энергетических показателей процесса гранулирования с изменением температуры в камере смесителя пресс-гранулятора

Данные по температуре и влажности пропаренного и гранулированного комбикорма на пресс-грануляторе и результаты по расчету расхода пара представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Экспериментальные данные на пресс-грануляторе. Рецепт КД-П-5

Температура пропаренного комбикорма, °С	Температура гранулированного комбикорма, °С	$W_{\text{пр}}$ , %	$W_{\text{гр}}$ , %	$W_{\text{исх}}$ , %	Расход пара, кг/т	Расход пара, кг/ч	Крошимость, %
66,5	78,5	13,7	13,6	11,3	27,81	306	12
71	80,5	14,0	13,8		31,4	345	9
72	82,5	14,3	14,1		35,01	385	8

При температуре в камере смесителя пресс-гранулятора 74 °С влажность пропаренного комбикорма составила 13,7 %, крошимость гранул комбикорма составила 12 %. Температура пропаренного комбикорма ниже температуры в камере смесителя пресс-гранулятора и составила 66,5 °С. При температуре в камере смесителя пресс-гранулятора 80 °С влажность пропаренного комбикорма составила 14,3 %, а крошимость снизилась при этом до 8 %.

При изменении температуры в камере смесителя пресс-гранулятора на 6 °С влажность пропаренного комбикорма возрастает на 4,2 %, а крошимость снижается на 33 %. Гранулы получаются более прочные, что снижает крошимость гранул при транспортировке.

Зависимость крошимости гранул от температуры в камере смесителя пресс-гранулятора при производстве рецепта КД-П-5 представлена на рисунке 4.

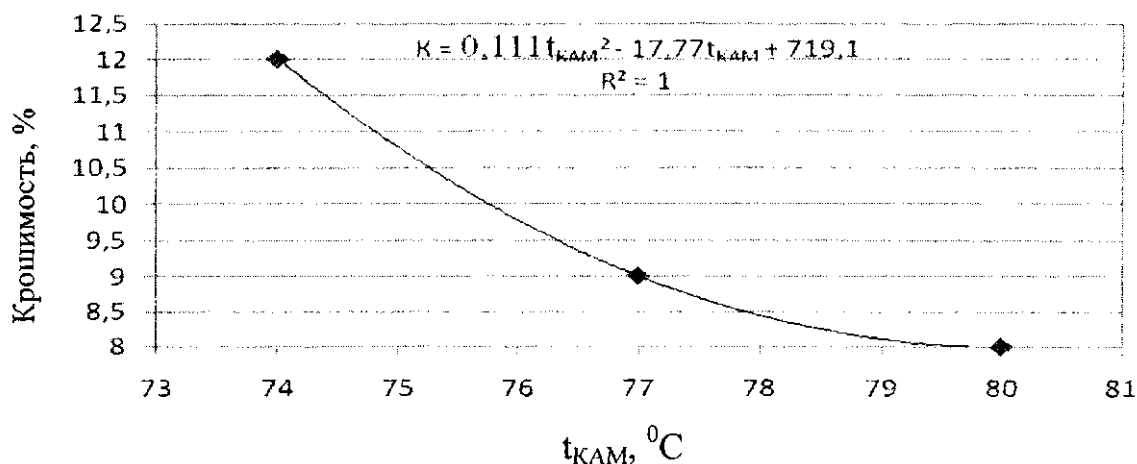


Рисунок 4 – Зависимость крошимости гранул от температуры в камере пресс-гранулятора

Был исследован рецепт КД-П-5-2 на пресс-грануляторе с разным диаметром отверстий матриц. Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты экспериментов на пресс-грануляторе

Показатели	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3
Диаметр отверстий матрицы, мм	3,8	4,7	4,7
Температура камеры пресс-гранулятора, °C	80	78	54
Производительность, т/ч	8	8,4	7,4
Активная мощность, кВт	190,6	138,7	173
Реактивная мощность, кВАр	90,8 (инд.)	115 (инд.)	110,72 (инд.)
Полная мощность, кВА	207,9	180,3	204,14
Полный ток, А	295,1	262,96	291,3
cos φ	0,89	0,77	0,84
Удельные энергозатраты, кВт·ч/т	23,83	16,5	23,4
W <sub>пр</sub> , %	13,44	13,98	11,84
W <sub>гр</sub> , %	13,36	13,84	11,2
Крошимость, %	5	7	18

В опыте 1 и опыте 2 производительность пресс-гранулятора составила 8 и 8,4 т/ч. При этом диаметр отверстий матрицы пресс-гранулятора в опыте 1 составил 3,8 мм, в опыте 2 – 4,7 мм. Удельные энергозатраты уменьшаются на 31 % с увеличением размера отверстий матрицы. Также следует обратить внимание на то, что с увеличением отверстий матрицы и влажностью пропаренного комбикорма 13,98 % наблюдается крошимость гранул 7 %, т.е. гранулы прочные. При снижении влажности пропаренного комбикорма до 11,84 % (опыт 3) крошимость возрастает на 61 %. Гранулы становятся непрочными, т.к. не хватает влаги для связывания компонентов комбикорма при гранулировании. Кроме того, наблюдается рост удельных энергозатрат, т.к. сухой комбикорм плохо гранулируется за счет увеличения абразивности материала, проходящего через отверстия матрицы.

При изучении процесса гранулирования на рецепте КД-П-1-15 были получены результаты, представленные в таблице 6.

В состав рецепта КД-П-1-15 входит 10 % минерального сырья, которое является абразивным материалом и увеличивает энергоемкость процесса гранулирования. При производстве данного рецепта на пресс-грануляторе с диаметром отверстий матрицы 3,8 мм энергоемкость выше на 29 %, при этом производительность пресс-гранулятора с диаметром отверстий матрицы 3,8 мм ниже на 22,2 %, чем при производстве данного рецепта на матрице с отверстиями 4,8 мм. При этом с увеличением диаметра гранул увеличивается крошимость 63,6 %. Однако, несмотря на такое увеличение при данных параметрах процесса гранулирования, крошимость находится в пределах нормы. Для увеличения прочности гранул в этом случае рекомендуется увеличить влажность пропаренного комбикорма до 14–14,5 %.

Таблица 6 – Результаты эксперимента на пресс-грануляторе

Показатели	Опыт 1	Опыт 2
Диаметр отверстий матрицы, мм	3,8	4,7
Температура камеры, °С	74	71
Температура пропаренного комбикорма, °С	75	71
Температура гранул, °С	89	80,5
Производительность, т/ч	7,93	10,2
Активная мощность, кВт	200,68	183,38
Реактивная мощность, кВАр	94,29 (инд.)	108,99 (инд.)
Полная мощность, кВА	230,1	214,52
Полный ток, А	325,24	304,48
cos φ	0,92	0,85
Удельные энергозатраты, кВт·ч/т	25,3	18
W <sub>пр</sub> , %	13,44	13
W <sub>гр</sub> , %	12,41	12,49
Крошимость, %	4	11

### Заключение

Установлено, что на удельную энергоемкость процесса гранулирования существенное влияние оказывает состав рецепта, диаметр отверстий матрицы и параметры процесса гранулирования (влажность пропаренного комбикорма, температура камеры смесителя пресс-гранулятора), а также производительность пресс-гранулятора.

Показано, что рецепты, содержащие минеральное сырье и кормовые продукты молочной промышленности в количестве более 10 %, ухудшают процесс гранулирования и увеличивают удельную энергоемкость процесса. Большое количество шротов и масел снижает удельную энергоемкость. С увеличением диаметра матрицы снижается удельная энергоемкость процесса гранулирования на 22–31 % в зависимости от выпускаемого рецепта. При производстве данных рецептов необходимо, чтобы влажность пропаренного комбикорма была не ниже 14 %, что существенно снижает энергоемкость процесса гранулирования.

### Литература

1. Шаповаленко, О.И. Пути улучшения качества комбикормов/ О.И. Шаповаленко, В.А. Новикова, Б.И. Пикус // ЦНИИТЭИ Минзага СССР. Сер. «Комбикормовая промышленность». – 1985. – Вып.4. – С. 1–7.
2. Соколов, А. Для уточнения параметров гранулирования/ А. Соколов, В. Бондарев, В. Полищук// Мукомольно-элеваторная и комбикормовая промышленность. – 1986. – № 7. – С.38–41.
3. Дарманьян, П.М. Изменение белков и крахмала комбикорма при гранулировании/ П.М. Дарманьян, М.С. Дудкин // Изв. вузов СССР. Пищ.технол. –1978. – № 3. – С. 57–60.

Поступила в редакцию 10.03.2009