

ЗАВИСИМОСТЬ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛАБОРАТОРНОГО ГРАНУЛЯТОРА ШНЕКОВОГО ТИПА НА ПРОЦЕСС ГРАНУЛИРОВАНИЯ СОЕВОЙ ПОЛОВЫ

В.С. Усанов, Я.А. Осипов

ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои, г. Благовещенск, e-mail: uvs@vniisoi.ru

***Аннотация.** В данной статье проведено исследование влияния значимых факторов на процесс гранулирования соевой половы. Изучена зависимость изменения температурного режима при работе лабораторного пресс-гранулятора шнекового типа, определены оптимальные конструктивно-режимные параметры лабораторной установки при гранулировании соевой половы.*

***Ключевые слова:** соевая полость, шнек, пресс-гранулятор, переработка, температура.*

Введение. В условиях эффективного введения животноводства фактор кормопроизводства играет важную роль. Рациональное использование растительных кормов в кормлении сельскохозяйственных животных способствует снижению затрат на производство продукции животноводства. Использование отходов растениеводства положительно влияет на безопасность кормовой базы региона. В сосеющих регионах Российской Федерации таким сырьем может являться соевая полость [1].

По данным отечественных ученых средний выход соевой половы к зерну составляет в среднем 45-50%. В настоящее время соевая полость запахивается в почву после проведения уборочной кампании. Соевая полость состоит в большей степени из створок бобов, небольших частиц соломы и листьев растений сои. По питательной ценности соевая полость не уступает традиционным грубым кормам, а по протеину и вовсе превышает. Однако, по нашему мнению, использование в кормлении соевой половы в натуральном виде является не рентабельным: из-за своего малого удельного веса увеличиваются затраты на ее хранение и раздачу [2,3].

Одним из путей решения данной проблемы может стать гранулирование половы. Гранулирование позволит не только увеличить удельный вес половы, но и получать высококачественную добавку на основе соевой половы, с внесением различным компонентов: зерно, микроминеральные добавки и др.

В процессе гранулирования создается избыточная энергия, которая проявляется в увеличении температуры. Термическая обработка продуктов существенно повышает усвояемость питательных веществ, а также увеличивает сроки хранения [4].

Целью исследований являлось изучение влияния конструктивно-режимных параметров лабораторного пресс-гранулятора на температурный режим при гранулировании соевой половы и определению этих оптимальных параметров.

Материалы и методы. В 2020 году на базе ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои был проведен многофакторный эксперимент с целью изучения влияния конструктивно-режимных параметров лабораторного пресс-гранулятора на температуру гранул соевой половы на выходе и определения оптимальных параметров.

Факторы и уровень их варьирования были определены в ходе поисковых исследований на лабораторном-пресс-грануляторе (рисунок 1).

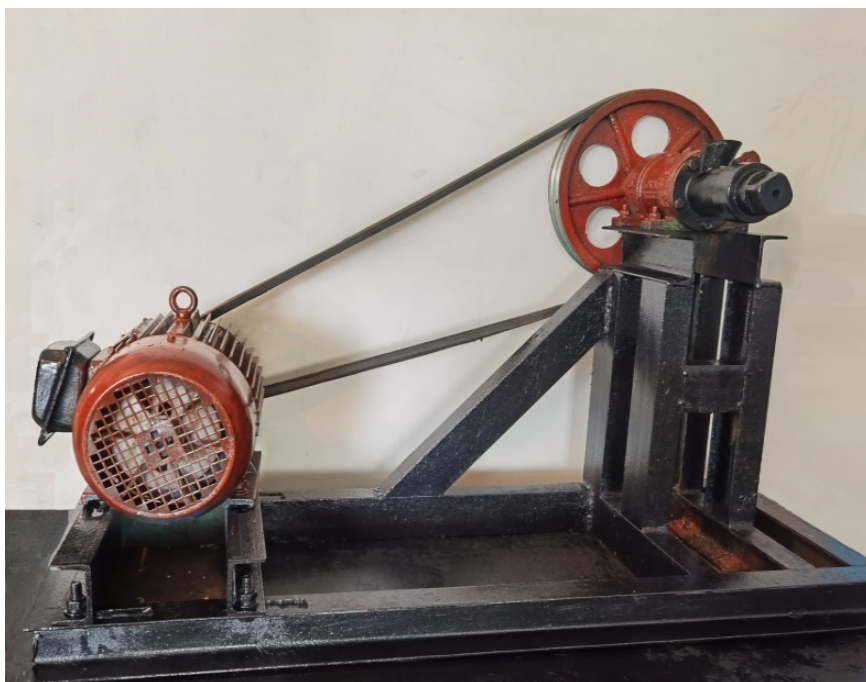


Рисунок 1. Лабораторный пресс-гранулятор шнекового типа

По результатам экспериментов достоверно определены уровни и интервалы варьирования факторов (шага витка шнека, частоты вращения шнека и влажности половы) (таблице 1) с целью реализации многофакторного эксперимента.

Таблица 1. Факторы и уровни их варьирования

Уровень варьирования	Факторы		
	Шаг витка шнека t , мм (x1)	Частота вращения шнека n , об/мин (x2)	Влажность соевой половы W , % (x3)
+1	28	400	29
0	20	250	22
-1	12	100	15
Интервал варьирования	8	150	7
-1,2154	10,3	67,7	13,5
+1,2154	29,7	432,3	30,5

В качестве критерия оптимизации была выбрана температура гранул на выходе из матрицы гранулятора (T).

Всего было проведено 15 опытов в трех повторностях.

Статистическую обработку результатов многофакторного эксперимента с получением адекватного уравнения регрессии проводили по общепринятой методике [5]. Сечение поверхностей отклика строили в программе SigmaPlot v.14.

Результаты и обсуждение. При проведении исследований было отмечено, что при увеличении шага витка шнека от 12 до 28 мм происходит повышение конечной температуры нагрева ствола гранулятора на 8,3 °С. Изменение частоты вращения шнека от 100 до 400 об/мин также приводит к увеличению температуры в среднем 23,3 °С. Однако увеличение влажности половы наоборот снижает температуру гранул на выходе. При увеличении температуры ствола гранулятора более 85 °С, процесс гранулирования соевой половы начинал дестабилизироваться. Нами принято решение, что оптимальной температурой, при которой процесс протекал стабильно является 70...80°С. Результаты опытов представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты полнофакторного эксперимента.

№ опыта	Уровни факторов			Результаты опытов (температура гранул T, °C)			
	x ₁	x ₂	x ₃	Y ₁	y ₂	y ₃	$\bar{y}$
1	1	1	1	60	56	57	57,67
2	-1	1	1	64	76	79	73,00
3	1	-1	1	45	50	51	48,67
4	-1	-1	1	43	43	54	46,67
5	1	1	-1	86	93	92	90,33
6	-1	1	-1	90	84	89	87,67
7	1	-1	-1	85	82	77	81,33
8	-1	-1	-1	72	63	73	69,33
9	1,2154	0	0	68	68	63	66,33
10	-1,2154	0	0	63	62	70	65,00
11	0	1,2154	0	84	75	77	78,67
12	0	-1,2154	0	56	62	65	61,00
13	0	0	1,2154	51	54	49	51,33
14	0	0	-1,2154	74	86	87	82,33
15	0	0	0	65	66	67	66,00

В результате статистической обработки результатов была получена адекватная математическая модель уравнения регрессии:

$$y = 66,39 - 7,68x_2 - 12,81x_3 - 3,33x_1x_2 - 3,5x_1x_3 + 2,95x_2^2 \quad (1)$$

В раскодированном виде оно приняло следующий вид:

$$T = 86,27 + 2,069t - 0,0616n - 0,58w - 0,0028nt - 0,0625tw + 0,00013n^2 \quad (2)$$

Для построения сечения поверхности отклика каждый фактор поочередно был зафиксирован на нулевом уровне (таблица 1);

- при шаге витка шнека (t) 20 мм получено следующее уравнение:

$$T = 127,65 - 0,1176n - 1,83w + 0,00013n^2 \quad (3)$$

Поверхность отклика, описываемая уравнением (3), показана на рисунке 2

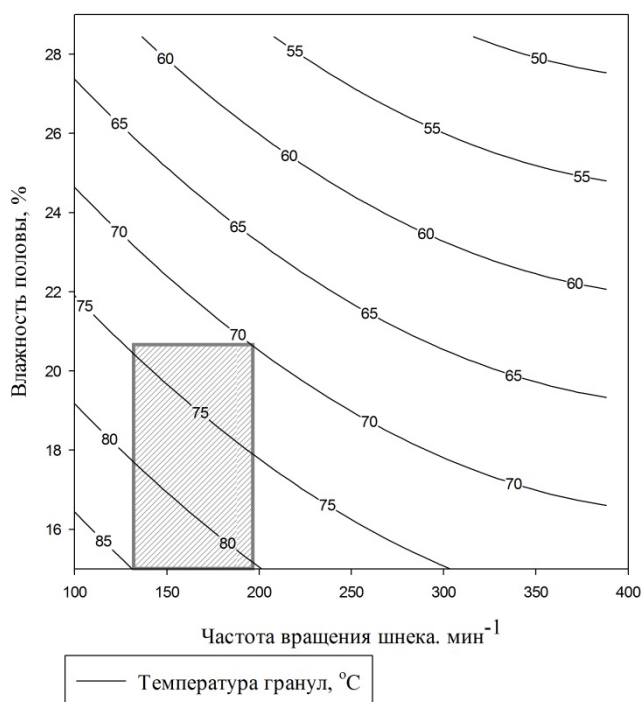


Рисунок 2. Сечение поверхности отклика температуры гранул на выходе из матрицы от влажности половы и частоты вращения шнека при зафиксированном значении шага витка шнека 20 мм.

При зафиксированном значении шага витка шнека наиболее оптимальный диапазон находится в пределах 15...21% влажности соевой половы 125...200 мин⁻¹ частоты вращения шнека;

- при влажности $W = 22\%$

$$T = 73,51 + 0,694t - 0,0616n + 0,00013n^2 \quad (4)$$

Поверхность отклика, описываемая уравнением (4) показана на рисунке 3.

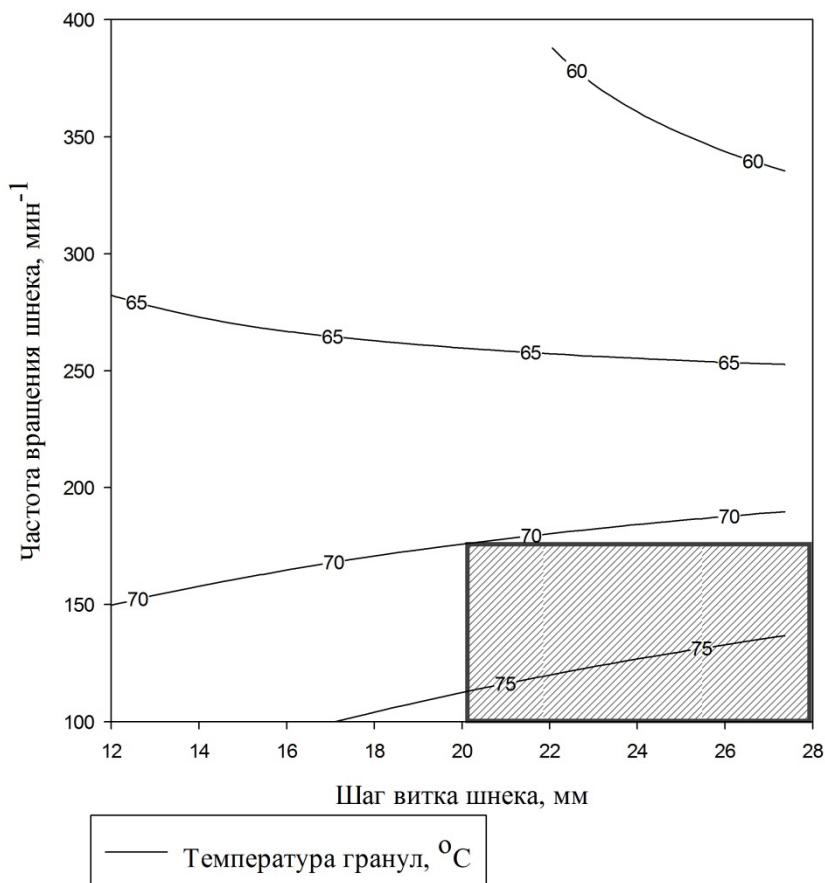


Рисунок 3. Сечение поверхности отклика температуры гранул на выходе из матрицы от шага витка шнека и его частоты вращения при зафиксированном значении влажности соевой половы 22%.

Построенный график показывает, что наиболее оптимальная температура находится диапазоне частоты вращения шнека от 100...160 % и от 20...28 мм шага витка шнека;

- при частоте вращения шнека $n = 250 \text{ мин}^{-1}$

$$T = 78,995 + 1,369t - 0,58w - 0,0625tw \quad (5)$$

Зафиксировав частоту вращения шнека в центре плана, наиболее оптимальные значения шага витка шнека находятся в пределах 17...28 мм и 15...18,5% изначальной влажности половы (рисунок 4).

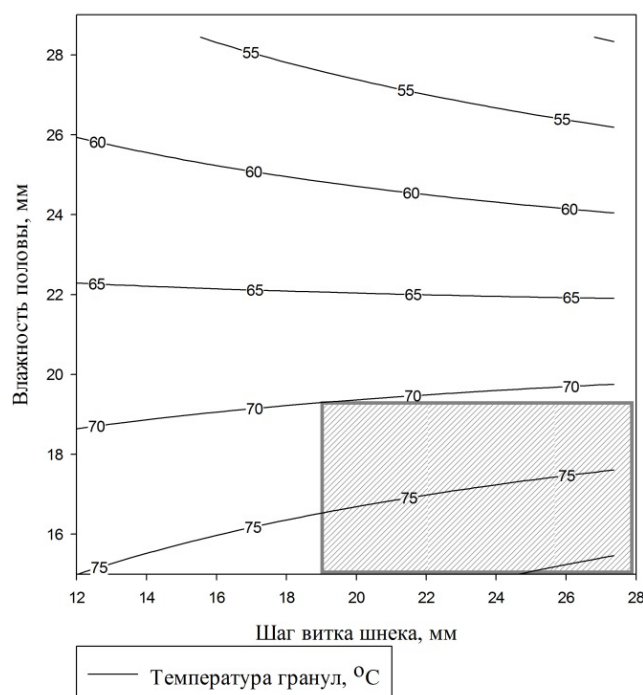


Рисунок 4. Сечение поверхности отклика температуры гранул на выходе из матрицы от влажности половы и шага витка шнека при зафиксированном значении частоты оборотов шнека 250 мин⁻¹

Заключение. Исследования показали, что показатель температуры прямо влияет на процесс гранулирования соевой половы, стабилизация процесса происходит при температуре 70...80°C. В результате статистической обработки результатов исследований была получена математическая модель построения математической модели. Выявлена достоверная зависимость температуры гранул соевой половы от таких факторов как: шаг витка шнека, частота вращения шнека, начальная влажность половы. Для гранулирования соевой половы оптимальными области факторов будут находиться в следующих пределах: шаг витка шнека 20-28 мм; частота вращения шнека от 125 до 160 мин⁻¹; влажность соевой половы от 15 до 19%. Результаты исследований позволят рассчитать конструктивно-режимные параметры опытного образца гранулятора шнекового типа для гранулирования соевой половы.

Библиографический список

1. Киреева В.В., Иванова Ю.В., Скакун В.В., Цыба Е.Э. Способ утилизации отходов растениеводства с получением доброкачественного корма для животных// Современные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей VII Международной научно-практической конференции (г. Пенза 20 марта 2019г.). Пенза. 2019. С. 19-23.
2. Присяжная И.М., Присяжная С.П., Синеговский М.О. Получение и использование соевой половы для повышения эффективности животноводства // Новая наука в новом мире: философское, социально-экономическое, культурологическое осмысление. Международный центр научного партнерства «Новая Наука». 2019. С. 188 –192.
3. Михалев В.В., Шульженко Е.А. Замена производства сена использованием в кормлении скота соевой половы // Бюллетень науки и практики. 2018. № 8. С. 90-93. doi:10.5281/zenodo.1345170.
4. Благоев Д.А., Митрофанов С.В., Панферов Н.С. Пресс-грануляторы, технические особенности, влияние гранулирования на качественные показатели корма // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2020. № 9. С. 57-66.
5. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 278 с.