

Автор ер.  
Ш 97

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР  
ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
им. М.В. ЛОМОНОСОВА

---

На правах рукописи

Аспирант ШУТЕНКО Евгений Иванович

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ТРЕХСОРТНОГО ПОМОЛА  
ПШЕНИЦЫ

Специальность 05.18.02 - технология зерновых,  
бобовых, крупяных продуктов и комбикормов

~~Институт 1987~~

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

К.б. 73273 ✓

Одесский техноло. эский  
институт пищевой промыш-  
ленности им. М. В. Ломоносова  
БИБЛИОТЕКА

Одесса - 1979

Поверніть книгу не пізніше  
зазначеного терміну


ки зерна  
ности

МЕРКО  
САДОВСКИЙ

Свиблево-Святошинська друк. Зам. 5184—1 мил. 1975 р

доктор технических наук, профессор

Г.А. ЕГОРОВ  
А.Я. КАМИНСКИЙ

т хлебопродуктов

Автор: | v 013243  
Ш 97 | ШУТЕНКО Ф.И.  
ОПТИМ. ПАРАМЕТРОВ  
7989 | 8/4

арма 1979 года  
го совета К 068.35.02

И промышленности  
ул. Свердлова, 112.

библиотеке Одесского  
ности им. М.В. Ломо-

ОНАХТ 28.04.12  
Оптимизация параметр



v013273

И.К. ЧАЙКА

12

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Основными направлениями развития народного хозяйства СССР на 1976-1980 годы предусмотрено дальнейшее увеличение производства сортовой муки и особенно муки высоких сортов. Успешное решение этих задач может быть достигнуто на основе повышения эффективности сортовых помолов при широком использовании результатов научных исследований и достижений практики.

Значительный вклад в изучение вопросов, связанных с повышением эффективности сортовых помолов пшеницы, внесли П.А.Козьмин, В.Я. Гирсон, Я.Н. Куприц, Л.Е. Айзикович, Г.А. Егоров, И.Т. Мерко, П.П. Тарутин, А.М. Братухин, А.С. Данилин, И.А. Наумов, Б.М. Максимчук, В.А. Бутковский, Е.А. Скрыбин и другие.

Сложность технологического процесса переработки зерна пшеницы в сортовую муку, обусловленная влиянием большого числа параметров на изменение его конечных показателей, затрудняет как управление им, так и определение таких значений параметров, при которых можно получить лучшие количественно-качественные результаты. Поэтому изучение технологического процесса и его оптимизация позволит наметить пути его дальнейшего совершенствования и послужит основой создания автоматизированной системы управления этим сложным процессом.

Целью работы является повышение эффективности трехсортного помола пшеницы путем оптимизации его параметров для улучшения качества муки. Для достижения указанной цели предусмотрено решение следующих задач:

- выбор и обоснование наиболее существенно влияющих параметров процесса;
- получение математических моделей трехсортного помола пшеницы и определение областей оптимальных значений параметров;

Одесский тех... кий  
в. 0. 13273

- изучение особенностей протекания помола на основе анализа полученных моделей и разработка рекомендаций по совершенствованию технологического процесса помола пшеницы;

- изучение возможности сокращения протяженности некоторых этапов технологического процесса и повышения их эффективности.

Научная новизна. Впервые получены математические модели технологического процесса трехсортного помола пшеницы, включающие основные и наиболее существенно влияющие параметры; определены области оптимальных значений параметров и установлены особенности взаимодействия отдельных систем и этапов процесса; разработаны научно-обоснованные предложения по совершенствованию технологического процесса.

Практическая ценность. Оптимизация технологического процесса трехсортного помола пшеницы создает условия для его совершенствования и повышения эффективности, а также создания автоматизированной системы управления процессом. Применение на мукомольных заводах схемы с сокращенным шлифовочным процессом, штифтовых разрыхлителей для дополнительной обработки обогащенных крупок и дунстов высокого качества позволит сократить протяженность технологического процесса и существенно повысить его эффективность.

Апробация работы. Основные результаты работы доложены и одобрены на научных конференциях профессорско-преподавательского и научного состава ОТИШ им. М.В. Ломоносова в 1974, 1975, 1976, 1977 годах, а также на Всесоюзной научной конференции "Научно-технический прогресс в зерноперерабатывающей промышленности (г.Одесса, 1977 г.). Полученные результаты исследований опубликованы в 5 статьях.

Предложенные режимы и схема с сокращенным шлифовочным процессом апробированы на Кировоградском мукомольном заводе трехсортного

78%-ного помола пшеницы производительностью 250 т/сут.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, общих выводов и предложений, списка литературы и приложения. Работа изложена на 155 страницах машинописного текста, содержит 21 таблицу и 21 рисунок. Дополнительно в приложении к работе помещено 13 таблиц. Список литературы включает 181 наименование, из них 8 иностранных.

## Г Л А В А I

В главе проведен анализ работ, проведенных как на основе детерминированного подхода, так и вероятностно-статистических методов исследования, посвященных изучению влияния основных параметров на эффективность работы отдельных систем, этапов и технологического процесса в целом. Анализ экспериментальных данных показал, что влияние большинства из рассмотренных параметров на эффективность многосортных помолов изучено достаточно полно. Однако имеются и такие параметры, в отношении наиболее предпочтительных значений которых среди исследователей нет единого мнения. Это в основном касается режимов работы отдельных систем и этапов технологического процесса. Отсутствуют также данные по комплексному изучению влияния наиболее важных параметров и особенно их взаимодействий на эффективность трехсортного помола.

На основании проведенного анализа поставлена цель и задачи исследования.

## Г Л А В А II

В главе описана экспериментальная база, приведена методика проведения исследований и обработки экспериментальных данных.

Изучение эффективности трехсортного помола пшеницы проводили применительно к двум вариантам схем, отличающихся степенью разви-

ости процесса обогащения крупок на вальповых станках. Вариант № I схемы включал 6 драных, из них первые три крупобразующие системы первого качества, 10 размольных и две сходовые. Обогащению на вальповых станках подвергали отдельно крупную и среднюю крупки первого качества, а также крупки второго качества, для чего предусмотрели три шлифовочные системы. Все крупки первого и второго качества до и после обработки на шлифовочных системах отдельно обмолачивали на ситовечных машинах. Вариант № 2 схемы отличается от варианта № I тем, что в шлифовочный процесс дополнительно введены шлифовочная система мелкой крупки и шлифовка частичного вымола конечных продуктов этого процесса.

При исследовании влияния параметров на эффективность помолов, проведенных по указанным схемам, применяли метод отсеивающего эксперимента, факторного анализа и математического планирования эксперимента.

Для изучения возможности сокращения протяженности размольного процесса за счет интенсификации тонкого измельчения обогащенных крупок и дунстов высокого качества путем применения штифтовых разрыхлителей был принят вариант № 3 схемы трехсортного помола, отличающийся от варианта № I тем, что размольный процесс включал 8 размольных и 2 сходовые системы, а после вальповых станков 1-3 размольных систем продукт дополнительно обрабатывался в разрыхлителях.

Помолы по всем вариантам схем проводили на специально созданном стенде, состоящем из лабораторных мельничных установок, малогабаритных ситовечных и вымольных машин.

Для проведения исследований приняли пшеницу I типа Алтайского края и IV типа Одесской области стекловидностью соответственно 45, 60 и 35, 44, 55%. Объемная масса указанных пшениц колебалась в пределах 769-790 г/л, а масса 1000 зерен от 37,2 до 40,9 г.

Подготовка зерна к помолу включала: выделение примесей, отличающихся от зерна по геометрическим признакам, аэродинамическим и магнитным свойствам, сухую обработку поверхности зерна и холодное кондиционирование, режимы которого устанавливали в соответствии с рекомендациями "Правил организации и ведения технологического процесса на мельницах".

Эффективность трехсортного помола пшеницы оценивали интегральным показателем  $У$ , определяемым из выражения

$$У = \frac{Z_2}{Z_{н.пр}} (U_{вс} + 0,91 U_{1с} + 0,79 U_{2с}),$$

где,  $Z_2, Z_{н.пр}$  - зольность эндосперма зерна и средневзвешенная зольность муки по процессу, %;

$U_{вс}, U_{1с}, U_{2с}$  - выход муки высшего, первого и второго сортов в %, приведенный к ее зольности, соответственно 0,52, 0,70, 1,22%.

Коэффициенты при выходах продукции показывают эквивалент ее стоимости по сравнению со стоимостью муки высшего сорта.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили по схеме с равномерным дублированием опытов.

### Г Л А В А Ш

В главе приведены результаты исследований по выбору и обоснованию основных влияющих параметров, получению математических моделей трехсортного помола, проведению их анализа и определению области оптимальных значений параметров. Изучена также возможность интенсификации процесса тонкого измельчения путем применения штифтовых разрыхлителей, приведен расчет экономической эффективности от внедрения рекомендуемых режимов работы и схемы технологического процесса с сокращенным шлифовочным процессом, даны рекомендации по внедрению результатов исследования.

Выявление параметров, оказывавших наиболее существенное влия-

ние на эффективность трехсортного помола, проводили с использованием метода отсеивающих экспериментов.

На основании предварительно проведенных исследований и анализа литературных источников в качестве исходных приняли 10 параметров, приведенных ниже вместе с уровнями их варьирования:

- $X_1$  - тип зерна (I и IV);
- $X_2$  - стекловидность зерна (45 и 60% для I типа, 44 и 55% для IV типа);
- $X_3$  - расположение рифлей на I-III др.с. ("ос/ос" и "сп/сп");
- $X_4$  - величина суммарного общего извлечения на I-III др.с. (68 и 78%);
- $X_5$  - влажность зерна на I др.с. (14,5 и 16,5%);
- $X_6$  - величина общего извлечения на I др.с. (5 и 15%);
- $X_7$  - величина общего извлечения на II др.с. (45 и 55%);
- $X_8$  - извлечение муки на шлифовочной системе, обрабатывающей крупную крупу (5 и 15%);
- $X_9$  - структурное построение технологического процесса (вариант схемы № 2 и вариант схемы № 1);
- $X_{10}$  - извлечение муки на шлифовочной системе, обрабатывающей среднюю крупу (5 и 15%).

На основании данных, полученных в результате проведения отсеивающих экспериментов, строили диаграммы рассеяния, с помощью которых проводили выделение наиболее существенно влияющих параметров. Для количественной оценки эффектов выделенных параметров пользовались таблицами с двумя входами.

Результаты отсеивающих экспериментов свидетельствуют, что из исследованных наиболее значимыми являются эффекты следующих параметров:  $X_3$ ,  $X_1$ ,  $X_5$ ,  $X_6$ ,  $X_{10}$ ,  $X_4$ ,  $X_8$ ,  $X_2$ . Численные значения их соответственно равны +4,54; +3,23; +2,91; -2,90; +2,31; -2,12;

- 1,34; 1,26. Приведенные данные свидетельствуют, что из всех исследованных параметров наибольшее влияние на эффективность трехсортного помола оказывает взаимное расположение рифлей крупобразующих систем первого качества ( $X_3$ ). Знак (+) при значении этого эффекта указывает на возрастание эффективности помола при поддержании параметра на верхнем уровне, т.е. при расположении рифлей "спинка против спинки".

Незначимость эффектов параметров  $X_2$  и  $X_9$  указывает на то, что как изменение стекловидности зерна пшеницы в пределах II группы, так и различие принятых вариантов структурного построения технологического процесса не оказывает существенного влияния на эффективность трехсортного помола пшеницы.

Несущественное влияние различия вариантов схем № 1 и 2, дополнительно подтвержденное нами исследованиями с использованием метода факторного анализа, свидетельствует о возможности и целесообразности применения схем с сокращенным шлифовочным процессом, не содержащим систем обогащения мелкой крупки и частичного вымола скловых продуктов этого процесса.

Используя результаты отсеивающих экспериментов, получение математических моделей процесса трехсортного помола пшеницы проводили применительно к типу зерна, проводя помолы по варианту схемы № 1 при взаимном расположении рифлей крупобразующих систем "спинка против спинки". При этом также использованы другие наиболее существенно влияющие параметры.

С целью облегчения статистической обработки экспериментальных данных при получении и анализе математических моделей нами проведено перекодирование параметров, выделенных по результатам отсеивающих экспериментов (табл. I).

Перерабатывали пшеницу I типа стекловидностью 60% и IV типа

Таблица I

## Уровни и интервалы варьирования параметров

№ п/п	П а р а м е т р ы	Код- овое зна- че- ние	У р о в н и			Интервал варьирования					
			Верхний (+) I тип II тип III тип	Основной (о) IV тип V тип	Нижний (-) I тип II тип III тип	Е	Е	Е			
			60	55	35	60	55	35	60	55	35
			С т е к л о в и д н о с т ь, %								

1.	Влажность зерна на I др. с., %	$\chi_1$	16,0	17,6	16,0	15,0	16,8	15,0	14,0	16,0	14,0	1,0	0,8	1,0
2.	Величина общего извлечения на I др. с., %	$\chi_2$	17	25	22	11	15	13	5	5	4	6	10	9
3.	Величина общего извлечения на II др. с., %	$\chi_3$	56	55	55	48	50	50	40	45	45	8	5	5
4.	Величина суммарного общего извлечения с I-III др. с., %	$\chi_4$	77	77	75	73	73	71	69	69	67	4	4	4
5.	Извлечение муки на шифтовочной системе крупной, %	$\chi_5$	15	15	15	10	10	10	5	5	5	5	5	5
6.	Извлечение муки на шифтовочной системе средней крупной, %	$\chi_6$	20	20	20	13	13	13	6	6	6	7	7	7

стекловидностью 55 и 35%. Для каждой из этих пшениц получали математические модели процесса трехсортного помола с общим выходом муки 75 и 78%.

Центр экспериментирования, уровни и интервалы варьирования параметров, приведенные в табл. I, выбраны на основании "Правил организации и ведения технологического процесса на мельницах" и условий охвата области колебаний исследуемых параметров, рекомендуемых различными авторами.

Статистический анализ, полученных в результате реализации матрицы  $1/8$  реплики от ПФЭ  $2^6$  математических моделей первого порядка, показал, что они неадекватны изучаемому процессу.

Для получения математических моделей второго порядка использовали план  $N_{0,6}$ , близкий по своим свойствам к  $D$ -оптимальным и позволяющий варьировать параметры только на трех уровнях.

Статистическая обработка экспериментальных данных, полученных в результате реализации плана  $N_{0,6}$ , свидетельствует об однородности их дисперсий, поскольку расчетные значения критерия Кохрена меньше критических.

Полученные математические модели имеют следующий вид:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i,j=1}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2,$$

т.е. представлены полиномами второго порядка, коэффициенты регрессии которых приведены в табл. 2.

Расчет на основе дисперсий коэффициентов регрессии их доверительных интервалов позволил определить незначимые коэффициенты (в табл. 2 подчеркнуты).

Полученные модели адекватны изучаемому процессу, так как расчетные значения критерия Фишера всех уравнений меньше табличных.

Из табл. 2 видно, что вид полученных моделей не зависит как от перерабатываемой пшеницы, так и принятого общего выхода муки по процессу. Численные значения большинства коэффициентов уравнений рег-

Таблица 2

Коэффициенты уравнений регрессии второго порядка

Тип, стекл-сть, %	I, 60		IV, 55		IV, 35			
	75	78	75	78	75	78		
Выход муки, %								
Коэффициенты регрессии	линейные	$b_0$	42,30	40,08	49,96	46,41	49,67	45,66
		$b_1$	+0,54	+0,30	+0,17	-0,60	+1,15	+0,19
		$b_2$	-1,52	-1,60	-2,23	-1,37	+1,47	+1,30
		$b_3$	+2,27	+2,44	+0,80	+0,85	+1,43	+1,15
		$b_4$	-1,22	-1,25	+2,43	+2,16	-0,25	-0,29
		$b_5$	+0,07	+0,12	-0,20	-0,38	+1,60	+1,03
		$b_6$	+0,85	+0,76	+0,65	+0,65	+0,45	+0,02
		$b_{12}$	-0,61	-0,53	-0,32	-0,33	-0,64	+0,08
		$b_{13}$	+0,04	+0,16	-0,10	-0,10	-0,84	-0,42
		$b_{14}$	+0,07	+0,09	+0,16	+0,01	-0,69	-0,34
	квадратные	$b_{15}$	+0,61	+0,58	+0,47	+0,31	-0,06	-0,17
		$b_{16}$	+0,91	+1,00	+2,04	+1,05	-1,91	-1,30
		$b_{23}$	-0,38	-0,43	+0,24	-0,04	-1,34	-1,08
		$b_{24}$	-0,09	-0,14	+0,28	+0,36	+1,02	+0,76
		$b_{25}$	-0,14	-0,29	-0,08	-0,06	-0,29	+0,08
		$b_{26}$	+0,53	+0,64	+1,78	+1,38	-1,29	-0,67
		$b_{34}$	+0,61	+0,40	+0,70	+0,84	-1,32	-1,05
		$b_{35}$	+1,32	+1,17	-2,52	-2,11	-0,78	+0,05
		$b_{36}$	-0,03	+0,05	-1,0	-0,93	+0,78	+0,59
		$b_{45}$	-2,17	-2,45	-0,63	-0,76	-1,72	-0,97
$b_{ij}$	$b_{46}$	-0,05	+0,04	+0,48	+0,40	+0,65	+0,47	
	$b_{56}$	-0,06	+0,08	+0,19	-0,01	-1,30	-0,66	
	$b_{11}$	+0,68	+0,27	-0,89	-0,48	-2,11	-1,40	
	$b_{22}$	-0,45	-0,42	-1,18	-0,21	-1,08	-1,00	
	$b_{33}$	-1,24	-1,05	-0,21	-0,33	-0,02	+0,09	
	$b_{44}$	+0,35	+0,67	-0,83	-1,42	+0,15	-0,20	
$b_{ii}$	$b_{55}$	-1,61	-0,94	-0,41	-0,25	+1,20	+0,75	
	$b_{66}$	-0,09	-0,15	+0,73	+0,47	-0,06	+0,40	

рессии близки для помолов с различным общим выходом муки, но при переработке одной и той же пшеницы. Наблюдается также и соответствующие знаки при них. Это является косвенным подтверждением сходства

протекания таких помолов.

Незначимость некоторых линейных коэффициентов уравнений регрессии может быть объяснена близостью основных уровней этих параметров к величине их оптимальных значений. Незначимость коэффициентов, оценивающих взаимодействия, вызвана тем, что произведения этих переменных не вносят дополнительного эффекта в изменение критерия оптимизации.

Значимость же большинства коэффициентов парных взаимодействий во всех математических моделях свидетельствует о сложности процесса трехсортного помола пшеницы, вызываемой взаимообусловленностью действия основных параметров.

Исследование особенностей протекания трехсортного помола пшеницы проводили на основе анализа математических моделей путем изучения влияния на эффективность помола как отдельных параметров, так и их взаимодействий.

Изучение влияния отдельных параметров на эффективность помола проводили на основе анализа функциональных зависимостей, получаемых из адекватных математических моделей второго порядка, коэффициенты регрессии которых приведены в табл. 2. При этом все параметры кроме исследуемого стабилизировали на двух уровнях: нулевом ( $X_i = 0$ ) и оптимальном ( $X_i = \text{опт.}$ ). В качестве оптимальных приняты такие значения параметров, при которых получены максимальные значения критерия оптимизации при исследовании моделей на ЭВМ.

Так, из приведенных на рис. 1 зависимостей, характеризующих влияние величины общего извлечения на I драной системе ( $U_I$ ) на эффективность помола с общим выходом муки 75 и 78% при переработке пшеницы IV типа стекловидностью <sup>55%</sup> следует, что увеличение  $U_I$  приводит к снижению эффективности помола независимо от условий его протекания.

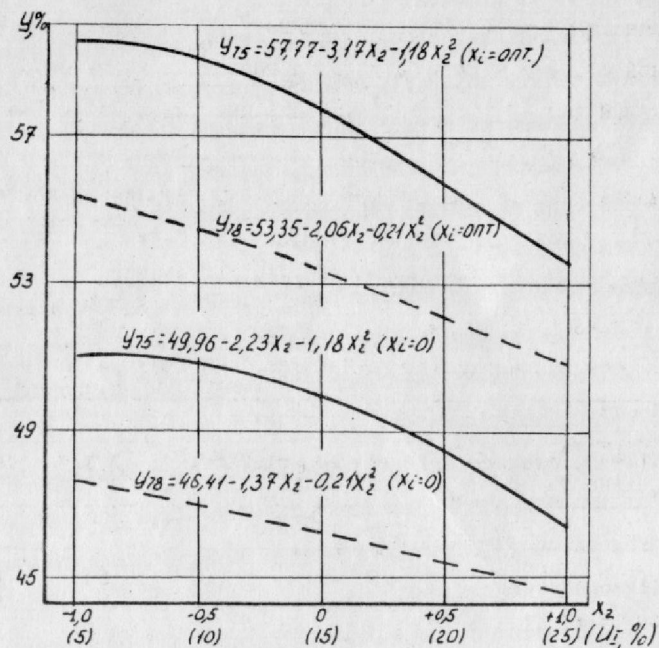


Рис. 1. Влияние величины общего извлечения на I др.с. на эффективность помола

Область оптимальных значений величины  $U_1$  при  $U_M = 75\%$ ,  $X_1 = 0$  и  $X_2 = \text{опт.}$  находится в пределах 5+ 10%, а при  $U_M = 78\%$  и таких же условиях помола оптимум смещается к нижнему пределу.

При переработке пшеницы I типа стекловидностью 60% для таких же помолов и условий их протекания оптимальные значения  $U_1$  составляют 5+ 8%.

Таким образом, для получения лучших конечных результатов при переработке пшениц I и IV типов второй группы стекловидности режим измельчения на I драной системе должен поддерживаться высоким. Это способствует раскалыванию зерна по бороздке и получению на последующих крупнообразующих системах большего количества добротных про-

межточных продуктов.

Для пшеницы IV типа стекловидностью 35% общее извлечение на I драной системе должно быть более высоким и независимо от условий протекания помола составлять 19+ 22% при  $U_M = 75\%$  и 13+ 16% при  $U_M = 78\%$ .

Проведенный аналогичным образом анализ влияния других параметров на эффективность помола позволил установить для них области оптимальных значений, которые приведены в табл.3.

Таблица 3

Оптимальные значения параметров и критерия оптимизации

Параметры	Оптимальные значения, %					
	I тип, стекловидность 60%		IV тип, стекловидность 55%		IV тип, стекловидность 35%	
	$U_M = 75\%$	$U_M = 78\%$	$U_M = 75\%$	$U_M = 78\%$	$U_M = 75\%$	$U_M = 78\%$
$X_1$	15,8+ 16,0	15,8+ 16,0	16,0+ 16,5	16,0+ 16,5	15,5+ 16,0	15,3+ 15,8
$X_2$	5+ 8	5+ 8	5+ 10	5+ 8	19+ 22	13+ 16
$X_3$	53+ 56	53+ 56	53+ 55	53+ 55	45+ 47	53+ 55
$X_4$	69+ 70	69+ 70	76+ 77	76+ 77	67+ 68	67+ 68
$X_5$	14+ 15	14+ 15	5+ 6	5+ 6	14+ 15	14+ 15
$X_6$	17+ 20	17+ 20	6+ 8	6+ 8	6+ 8	6+ 8
$Y$	51,21	50,35	59,76	55,20	58,30	52,00

Из данных табл. 3 видно, что эффективность использования пшеницы I типа стекловидностью 60% практически одинакова при помолах с общим выходом муки 75 и 78%, поскольку при этом наблюдается небольшое отличие численных значений критерия оптимизации, характеризующего эффективность каждого из них.

Для пшеницы IV типа стекловидностью 55 и 35% указанное отличие очень существенно. Особенно обращает на себя внимание пшеница III группы стекловидности, для которой разность между значениями критерия оптимизации для этих помолов составляет 6,3%. Такое зна-

чительное повышение эффективности трехсортного помола с  $U_n = 75\%$  по сравнению с  $U_n = 78\%$  объясняется тем, что при плохой вымалываемости низкостекловидных пшениц необходимость доведения общего выхода муки до  $78\%$  приводит к чрезмерному дроблению оболочек, вызывающему резкое увеличение зольности дунстов и муки на вымольных системах и таким образом снижению эффективности помола в целом. Переработка же данной пшеницы в муку  $75\%$ -ного выхода позволяет значительно уменьшить дробление оболочек и, следовательно, улучшить качество получаемой муки, что и способствует повышению эффективности данного помола по сравнению с  $U_n = 78\%$ .

Анализ функциональных зависимостей также показал, что при переработке указанных пшениц трехсортный помол с общим выходом муки  $75$  и  $78\%$  обладает наиболее высокой технологической устойчивостью в области изменения исследуемых параметров, близкой к средним значениям, рекомендуемым "Правилами". Однако в этой области конечные показатели помола получаются не самыми высокими из возможных.

Значительного повышения эффективности трехсортного помола можно добиться путем жесткой стабилизации значений исследуемых параметров на оптимальном уровне, необходимость которой диктуется тем, что даже сравнительно небольшие отклонения от этих значений приводят к существенному снижению эффективности.

Изучение влияния наиболее важных взаимодействий параметров на эффективность трехсортного помола также проводили на основе функциональных зависимостей, полученных из соответствующих уравнений регрессии второго порядка путем стабилизации на нулевом уровне ( $X_i = 0$ ) всех параметров, не входящих в анализируемое парное взаимодействие. Из тех же параметров, которые входят в него, один фиксировали при значениях, соответствующих верхнему ( $X_i = +1$ ) и нижнему ( $X_i = -1$ ) уровню, и в каждом из этих случаев получали уравнения регрессии,

характеризующие влияние другого на изменение критерия оптимизации.

Из таких зависимостей наибольший интерес представляют те, которые отражают взаимосвязь двух или большего количества систем различных этапов технологического процесса.

Из рис. 2, характеризующего влияние величины извлечения муки на шлифовочной системе, обрабатывающей крупную крупку,  $U_{шл.1}$  с учетом общего суммарного извлечения с I-III драных систем на эффективность помола, следует, что при переработке пшеницы IV типа стекловидностью  $55\%$  как для  $75\%$ -ного, так и  $78\%$ -ного помола режим работы шлифовки необходимо повышать при увеличении  $U_{I-II}$ . Так, при  $U_{I-II} = 69\%$  ( $X_4 = -1$ )  $U_{шл.1}$  должно составлять  $12 + 15\%$ , а при  $U_{I-II} = 77\%$  ( $X_4 = +1$ ) -  $5 + 7\%$ . Для пшеницы I типа отмечается такой же характер зависимостей, однако изменение эффективности процесса происходит более интенсивно.

Приведенные данные, а также анализ особенностей взаимодействия  $X_3 X_5$ , свидетельствуют о том, что интенсификация процесса измельчения на крупобразующих системах приводит не столько к увеличению зольности крупных крупок, сколько значительному изменению их структурно-механических свойств. Поэтому даже небольшое повышение интенсивности обработки таких крупок на шлифовочной системе вызывает значительное разрушение оболочек и тем самым ухудшение качества получаемых на ней крупок и дунстов, что и является причиной резкого снижения эффективности помола. Таким образом, при интенсификации процесса измельчения на крупобразующих системах первого качества процессу обогащения крупных крупок на вальцовых станках следует уделять самое пристальное внимание.

Для возможности интенсификации процесса тонкого измельчения разработали оптимальный образцы штифтового разрыхлителя, на котором исследовали влияние на эффективность его работы следующие параметры:

Одновременно исследовали влияние на эффективность его работы следующие параметры:

**БИБЛИОТЕКА**

№ 0 13273

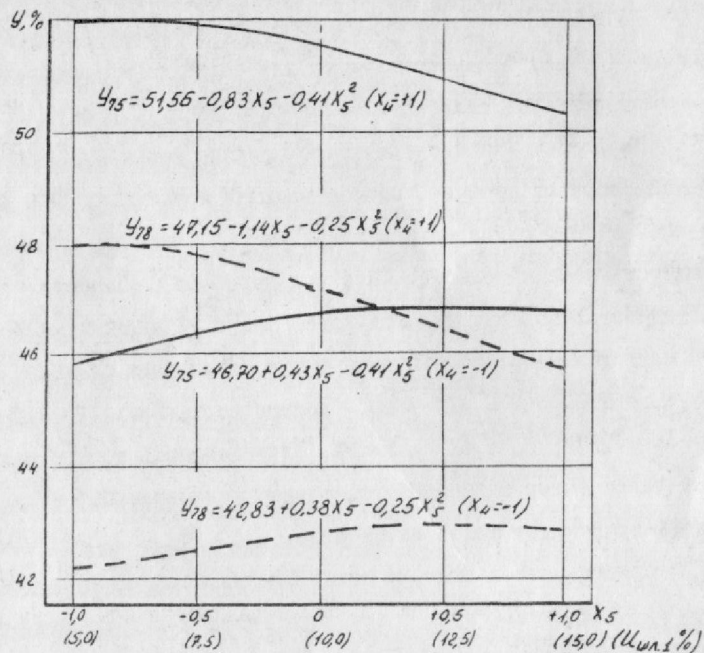


Рис. 2. Влияние извлечения муки на шлифовке крупной крупки с учетом  $U_{75}$  на эффективность помола

щих параметров:

- окружной скорости штифтов ( $V = 29 + 53$  м/с);
- нагрузки ( $q = 0,5 + 2,0$  т/ч);
- плотности штифтов ( $\rho = 350 + 1400$  шт/м<sup>2</sup>);
- диаметра штифтов ( $d = 4 + 10$  мм).

Результаты исследований по установлению оптимальных значений указанных параметров показали, что по мере увеличения  $V, \rho$  и  $d$  происходит интенсификация обработки продукта в разрыхлителе, выражающаяся как в увеличении выхода муки на каждой из систем, так и суммарного выхода дунстов и муки. Наряду с этим повышается их золь-

ность и увеличивается энергоёмкость процесса. При увеличении нагрузки на разрыхлитель эффективность обработки продукта снижается, а энергоёмкость процесса возрастает.

Исследования показали, что с учетом количественно-качественных показателей получаемой муки, а также удельных энергозатрат, разрыхлитель целесообразно применять на первых 3-4 размольных системах. При этом в качестве оптимальных следует принимать следующие значения параметров:  $V = 41-53$  м/с,  $\rho = 1000-1050$  шт/м<sup>2</sup>,  $d = 10$  мм. Обработка продукта в разрыхлителе при указанных значениях параметров и  $q = 1$  т/ч позволяет увеличить выход муки на каждой из систем на 6-9%. Зольность ее при этом практически остается неизменной.

С учетом полученных данных разработана конструкция штифтового разрыхлителя, предназначенного для проведения испытаний в производственных условиях.

Основными рабочими органами разрыхлителя являются штифты, расположенные четырьмя концентрическими рядами на каждом из двух дисков: подвижном и неподвижном. Подвижный диск крепится к ступице, посаженной на вал фланцевого электродвигателя, обеспечивающего окружную скорость последнего ряда штифтов  $V = 53$  м/с.

Продукт в разрыхлитель поступает через приемный патрубок, расположенный в верхней части машины, обрабатывается в рабочей зоне и выводится через два боковых выпускных патрубка.

Сравнительные исследования эффективности вариантов схемы № I и 3, результаты которых приведены в табл. 4, показывают, что при помолах по обеим схемам получены практически одинаковые результаты. Так, для пшеницы IV типа стекловидностью 50% выход муки по процессу составляет соответственно 80,2 и 80,0%, а средневзвешенная зольность муки 0,69%. Технологическая эффективность помолов по интегральному показателю  $U$  также почти одинакова. Удельные энергозатраты на получение 1 кг муки при применении штифтовых разрыхлителей несколько снижаются.

Таблица 4

Результаты помолов по технологическим схемам с применением и без штифтовых разрыхлителей

Тип, стек-ло-вид-ность, %	Вариант схемы	Общий выход муки, %	Средне-взве-шенная золь-ность муки, %	Выход муки по сортам, %			Эффек-тив-ность помо-лов, %	Удельная работа кДж/кг
				в.с.	I с.	2 с.		
IУ, 50	с разрых-лителем	80,0	0,69	35,6	34,9	9,5	44,6	86,2
	без раз-рыхлит.	80,2	0,69	36,1	33,7	10,4	44,8	87,6
IУ, 32	с разрых-лителем	80,6	0,70	33,4	36,9	10,3	44,2	85,2
	без раз-рыхлит.	80,9	0,71	36,7	31,0	13,2	43,9	87,4

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют, что интенсификация процесса тонкого измельчения обогащенных крупок и дун-стов высокого качества путем дополнительной их обработки на штифо-вых разрыхлителях позволяет при трехсортном помоле пшеницы сокра-тить протяженность размольного процесса примерно на две системы.

Производственная проверка эффективности технологической схемы трехсортного помола пшеницы с сокращенным шлифовочным процессом проведена на мукомольном заводе Кировоградского комбината хлебопро-дуктов № 2. В период испытаний режимы на крупобразующих и шлифо-вочных системах поддерживались на уровнях, близких к оптимальным и установленным нами при анализе математических моделей.

Результаты производственной проверки показали, что внедрение предложенных мероприятий позволяет увеличить выход муки высшего сор-та на 2% без изменения общего выхода и муки первого сорта.

#### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

I. Использование вероятностно-статистических методов исследо-вания позволило с достаточной достоверностью установить, что эффек-тивность трехсортного помола в наибольшей степени зависит от взаим-

ного расположения рифлей крупобразующих систем, типа пшеницы, ее влажности, общего извлечения с I драной системы.

2. В виде полиномиальных уравнений второго порядка получены адекватные математические модели трехсортного помола с общим выхо-дом муки 75 и 78%. Вид уравнений не зависит от типа и стекловид-ности пшеницы.

3. Полученные модели могут быть использованы при разработке автоматизированной системы управления технологическим процессом переработки зерна пшеницы в сортовую муку.

4. Анализ математических моделей с использованием результатов оптимизации их параметров на ЭВМ показал, что при переработке пше-ниц I и IУ типов второй группы стекловидности для получения высоких конечных результатов трехсортного помола с общим выходом муки 75 и 78% общее извлечение на I драной системе должно составлять 5+ 8%, а суммарное с I-III драных 69+70% для пшеницы I типа и 76+ 77% для IУ типа. При переработке пшеницы IУ типа третьей группы стекловид-ности целесообразно повышение общего извлечения на I драной систе-ме до 13+ 16% при  $U_M = 78\%$  и до 19+ 22% при  $U_M = 75\%$ . Области оп-тимальных значений для влажности зерна, общего извлечения на II дра-ной и извлечения муки на шлифовочных системах крупной и средней крупок соответствуют или близки к значениям, рекомендуемым "Прави-лами".

5. Установлено, что при трехсортном помоле значительного повы-шения эффективности использования пшеницы IУ типа третьей группы стекловидности можно достичь при снижении общего выхода муки по процессу с 78 до 75%.

6. Установлен сложный характер зависимостей между параметра-ми, характеризующими степень измельчения на отдельных системах эта-па крупобразования и обогащения крупок на вальцовых станках. Ана-

лиз этих зависимостей показал, что эффективность трехсортного помола пшеницы можно значительно повысить путем жесткой стабилизации исследуемых параметров в области оптимальных значений.

7. Доказана целесообразность сокращения протяженности шлифовочного процесса путем ликвидации шлифовочных систем мелкой крупки и частично <sup>ГО</sup> вымола сходовых продуктов этого процесса.

8. Эффективность работы первых трех-четырех размольных систем можно повысить путем разрушения на штифтовых разрыхлителях лепесткообразных агломератов измельченного продукта, образующихся после вальповых станков. Разработана конструкция и изготовлены полупроизводственные образцы разрыхлителей, дополнительная обработка продукта в которых способствует увеличению извлечения муки на каждой из систем на 6-9%. Применение штифтовых разрыхлителей на этапе тонкого измельчения хорошо подготовленных крупок и дунстов позволяет сократить протяженность размольного процесса на две системы.

9. Производственная проверка результатов работы и схемы трехсортного 78%-ного помола пшеницы с сокращенным шлифовочным процессом на Кировоградском мукомольном заводе производительностью 250 т/сут. подтвердила возможность увеличения выхода муки высшего сорта на 2%. В результате этого годовой экономический эффект составит 65,081 тыс. рублей.

#### РАБОТЫ, ОПУБЛИКОВАННЫЕ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Садовский Г.Н., Шутенко Е.И., Судникевич М.И. Возможные пути интенсификации тонкого измельчения при сортовом помоле.- "Известия вузов СССР. Пищевая технология", 1974, № 4, с.102-104.
2. Садовский Г.Н., Шутенко Е.И. Анализ влияния технологических факторов на эффективность помола.- "Известия вузов СССР. Пищевая технология", 1975, № 6, с.116-118.
3. Садовский Г.Н., Шутенко Е.И., Судникевич М.И. Возможные пути сокращения схемы технологического процесса 3-х сортного помола пшеницы.- Реферативная информация о законченных научно-исследовательских работах в вузах УССР, 1975, вып.10, с.33-34.
4. Мерко И.Т., Садовский Г.Н., Шутенко Е.И. Выбор и обоснование основных факторов трехсортного помола пшеницы.- "Известия вузов СССР. Пищевая технология", 1976, № 6, с.89-91.
5. Мерко И.Т., Шутенко Е.И. Оптимизация технологического процесса переработки зерна пшеницы в сортовую муку.- Тезисы докладов Всесоюзной конференции "Научно-технический прогресс в зерноперерабатывающей промышленности. Одесса, 1977, с.16-17.