

Автореф.
724

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР

Одесский технологический институт пищевой промышленности
им. М.В. Ломоносова

На правах рукописи

Аспирант ТАЩИЙ Владимир Иванович

Переучет 1984

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СТРУКТУРНЫХ
ВАРИАНТОВ ПРОЦЕССА КРУПООБРАЗОВАНИЯ ПРИ СОРТОВЫХ
ПОМОЛАХ ПШЕНИЦЫ

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

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса - 1978

Мукомольная промышленность нашей страны достигла высоко-го уровня развития по освоению производственных мощностей, эф-фективному использованию зерна, улучшению качества муки. Поэто-му, успешное решение поставленных XXV съездом КПСС задач может быть осуществлено путем дальнейшего совершенствования техноло-гии мукомольного производства и особенно сортов помолов пше-ницы на основе широкого использования достижений науки и прак-тики.

Актуальность работы. При сложных сортовых помолах пше-ницы, расчленяющихся на ряд простых этапов, важнейшее место отводится этапу крупобразования, как первичному этапу перера-ботки зерна, определяющему выход и качество промежуточных про-дуктов, а, следовательно, и эффективность всех последующих этапов производства муки. Изучению этапа крупобразования пос-вящено значительное число работ различных авторов (П. А. Афона-сьев, В. Я. Гиршон, Я. Н. Куприц, С. И. Щербаков, Л. Е. Айзикович, П. Т. Эйдус, И. А. Наумов, А. М. Братухин, И. Е. Мамбиш, П. И. Воронков, А. С. Данилин, Н. Г. Федотов, Н. П. Соколов, А. Т. Птушкин, В. А. Бутков-ский, В. В. Вашкевич, Е. А. Скрябин, А. Я. Каминский, В. Б. Ильчук, Л. С. Галкина и другие), которые внесли существенный вклад в ра-скрытие основных закономерностей изучаемого процесса.

Стремление интенсифицировать технологический процесс про-изводства муки вызвало появление некоторых вариантов структур-ного построения этапа крупобразования, эффективность которых изучена еще недостаточно и не обоснованы условия их применения.

Анализ выполненных исследований и достижений передовых предприятий показывает, что повышение эффективности этапа кру-пообразования является важным резервом совершенствования всего технологического процесса сортового помола пшеницы и улучшения качества муки.

2013/40
Одесский технологический

институт пищевой промыш-

Целью работы является обоснование наиболее эффективного структурного варианта построения этапа крупобразования, способствующего повышению степени использования зерна, улучшению качества муки и повышению производственных мощностей мукомольных предприятий. Для достижения указанной цели в работе поставлены следующие задачи исследования:

- изучить эффективность совместного и отдельного измельчения промежуточных продуктов первого качества, отличающихся по крупности;
- изучить эффективность предварительного разделения измельченных продуктов до их направления на просеивающие машины;
- провести сравнительные исследования различных структурных вариантов процесса крупобразования с целью обоснования наиболее эффективного;
- изучить влияние влажности зерна на эффективность различных вариантов процесса крупобразования;
- провести производственные испытания и дать технико-экономическую оценку предложенных решений.

Научная новизна. Впервые комплексно изучены в сравнительном плане различные структурные варианты процесса крупобразования при сортовых помолах пшеницы, как нашедшие применение в мукомольной промышленности, так и новые варианты. Изучено влияние влажности зерна и режимов систем процесса крупобразования при различных вариантах его построения. Получены математические модели всех изучаемых вариантов процесса крупобразования, что позволило расширить диапазон исследований и определить оптимальные значения режимов систем процесса, как основных влияющих факторов, и на этой основе провести их сравнительный анализ.

Практическая ценность. Применение на мукомольных заводах

сортового помола пшеницы структурного варианта с сокращенным процессом крупобразования и с предварительным сортированием измельченных продуктов на вибросепараторах позволит повысить эффективность общего технологического процесса производства муки за счет увеличения производительности на 5-10% на существующих производственных площадях, улучшения качества муки, упрощения коммуникаций и улучшения условий обслуживания процессов и оборудования.

Апробация работы. Обоснованный в работе вариант построения помола пшеницы с сокращенным процессом крупобразования и предварительным сортированием измельченных на I-III драных системах продуктов на вибросепараторах апробирован в производственных условиях Ворошиловградского комбината хлебопродуктов и показал высокую эффективность.

Результаты работы доложены и одобрены на Всесоюзной научной конференции "Научно-технический прогресс в зерноперерабатывающей промышленности" (г.Одесса, сентябрь, 1977). Полученные в работе результаты опубликованы в 6 статьях.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 3 глав, общих выводов и предложений, списка литературы и приложений. Работа изложена на 138 страницах машинописного текста, содержит 63 таблицы и 49 рисунков. Дополнительно в приложении к работе помещено 36 таблиц. Список литературы включает 184 наименования, из них 20 иностранных.

В первой главе излагается в историческом плане развитие и совершенствование процесса крупобразования при сортовых помолах пшеницы как в нашей стране, так и на современных мукомольных предприятиях США и Западной Европы, проведен анализ имеющихся исследовательских работ по данному вопросу и изучены факторы, влияющие на построение, ведение и эффективность

процесса крупобразования.

В результате проведенного анализа установлено, что процесс крупобразования является головным и наиболее важным этапом сортового помола пшеницы, от структурного построения и ведения которого зависит уровень продовольственного использования зерна и качество муки всех сортов. Применяемые на практике варианты построения процесса крупобразования в достаточной степени не обоснованы. Отсутствуют сравнительные исследования эффективности различных структурных вариантов процесса и поэтому нет научно-обоснованных рекомендаций по применению различных вариантов процесса крупобразования в конкретных производственных условиях.

Применение рациональных вариантов построения технологического процесса крупобразования при оптимальных условиях его ведения позволит повысить эффективность переработки и уровень использования зерна и улучшить качество муки, что является основной задачей мукомольной промышленности.

Во второй главе описана экспериментальная база, методика технологических исследований процесса крупобразования и методика исследований с применением математической теории эксперимента (построение математических моделей и исследование процесса крупобразования на моделях).

Экспериментальная часть работы выполнена в научно-производственной лаборатории Ворошиловградского комбината хлебопродуктов на специальном стенде, состоящем из вальцовых станков, отсева, устройств для предварительного разделения измельченных продуктов (радиально-бичевые машины и вибросепараторы), которые связаны пневматическим транспортом и обеспечивают воспроизводство процесса крупобразования на трех драных системах. Экспериментальная установка обеспечивает переход с одного варианта процесса на другой без прекращения процесса размолла, т.е. на ходу,

что позволило создать одинаковые условия проведения опытов для всех изучаемых вариантов процесса крупобразования.

Производственные испытания проведены на мукомольном заводе Ворошиловградского комбината хлебопродуктов производительностью 655 т/сут., работающем на трехсортном 75% помоле пшеницы.

Для изучения влияния различных структурных вариантов построения процесса крупобразования на выход и качество круподуновых продуктов, на основе имеющихся рекомендаций и анализа технологических схем сортовых помолов пшеницы на действующих предприятиях, были разработаны три основных и пять производных вариантов построения процесса крупобразования. К основным структурным вариантам процесса крупобразования относятся варианты 1, 2, 3 (рис. 1), к производным 1-а, 1-б, 2-а, 3-а, 3-б. Все варианты технологических схем крупобразования состоят из трех драных систем. Варианты 1, 1-а, 1-б представляют технологическую схему сокращенного процесса крупобразования, где сходные продукты с I и II драных систем размалываются совместно. Варианты 2, 2-а - это технологические схемы развитого процесса крупобразования - размол первого и второго сходов на II и III драных системах: осуществляется раздельно (II и III драные системы делятся на крупную и мелкую). Варианты 3, 3-а, 3-б представляют собой схему сокращенного процесса крупобразования, но второй сход с I и II драных систем размалывается на специальной (передирной) драной системе.

Производные варианты от основных отличаются тем, что измельченные продукты после вальцовых станков направляются на радиально-бичевые машины (вариант 1-а, 2-а, 3-а) или вибросепараторы (1-б, 3-б) для предварительного рассортирования на две фракции - крупную - "сход" и мелкую - "проход". Сход с этих машин направляется на вальцовый станок последующей системы, минуя рас-

сев, а проход - на рассев данной системы для дальнейшего сортирования.

В опытах использовали пшеницу IV типа Ворошиловградской области и I типа Целиноградской области, качество которых соответственно: стекловидность - 57 и 50 %, содержание сырой клейковины - 21 и 20 %, объемная масса - 818 и 796 г/л, зольность зерна 1,62 и 1,65%.

Для подготовки зерна к помолу принято холодное кондиционирование, режим которого устанавливали в соответствии с рекомендациями "Правил организации и ведения технологического процесса на мельницах". Схема очистки и подготовки зерна к помолу обеспечивала очистку зерновой массы до требуемых кондиций.

Для изучения эффективности различных структурных вариантов построения технологических схем процесса крупобразования приняты следующие условия помолов:

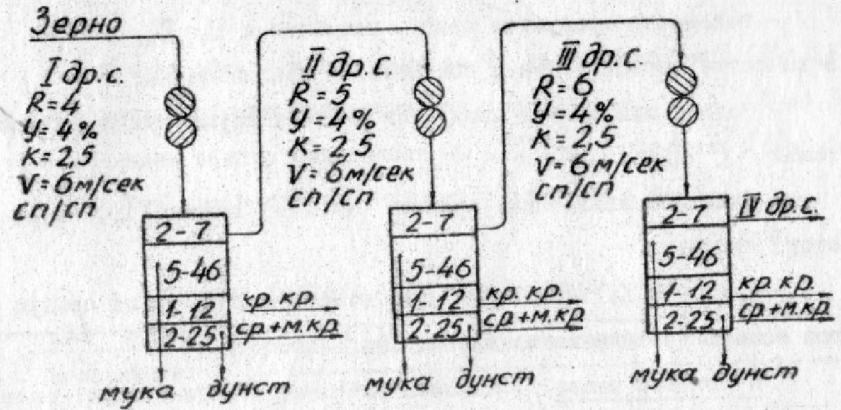
- режим измельчения по показателю общего извлечения на вальцовых станках устанавливали согласно рекомендациям "Правил";
- величина нагрузок на системы соответствовала рекомендациям "Правил";
- техническая характеристика рабочих органов измельчающих машин приведена на рис. 1.

При изучении процесса крупобразования принят план В₄. Этот выбор обусловлен тем, что для получения модели процесса в виде уравнения второго порядка исследуемые факторы в указанном плане необходимо фиксировать всего на трех уровнях при сравнительно небольшом количестве наблюдений. Помолы проводили в трех повторностях.

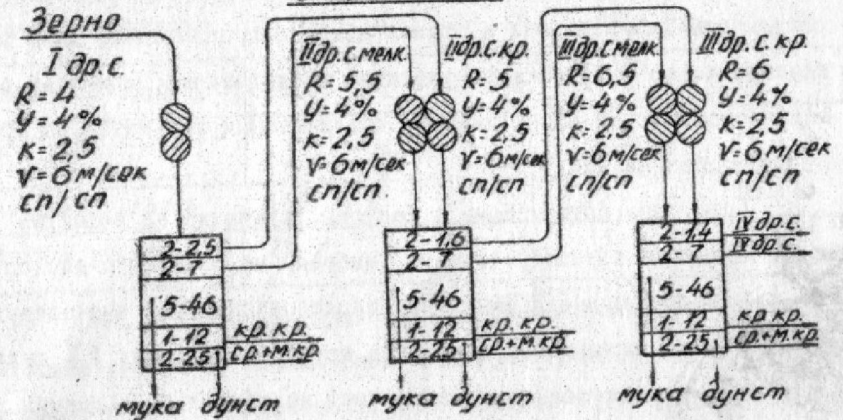
Эффективность вариантов процесса крупобразования определяли по двум основным показателям:

- общее извлечение крупок по процессу (И_к);

- 7 -
ВАРИАНТ 1



ВАРИАНТ 2



ВАРИАНТ 3

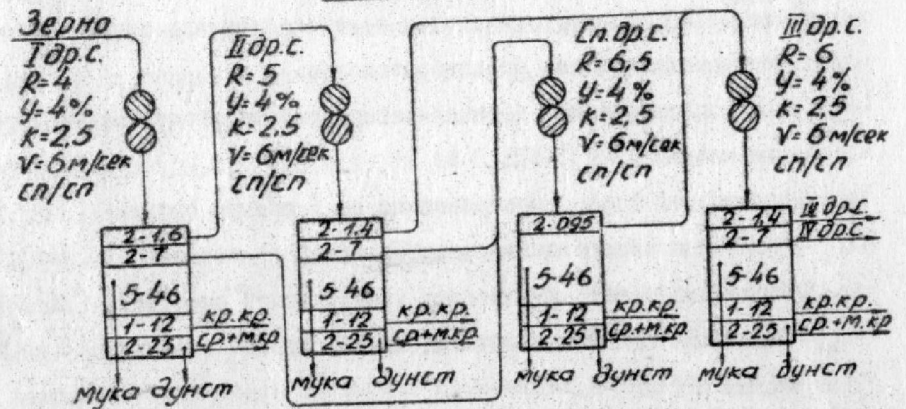


Рис. 1. Основные варианты процесса крупобразования.

- зольность продуктов общего извлечения (Z_0).

В качестве дополнительных показателей использованы:

- общее извлечение продуктов на трех крупобразующих системах (U_0);

- частное извлечение промежуточных продуктов (крупок, дун- стов, муки);

- критерий К, характеризующий относительный выход продук- тов общего извлечения на единицу их зольности, $K = \frac{U_0}{Z_0}$.

В третьей главе обоснованы параметры оптимизации, опре- делены основные факторы процесса крупобразования, приведены результаты лабораторных и производственных испытаний, даны ре- комендации по внедрению результатов исследований, приведен рас- чет экономической эффективности предлагаемых вариантов процес- са крупобразования.

Параметры оптимизации и факторы, влияющие на эффектив- ность процесса крупобразования, выбраны на основании априор- ной информации и предварительных исследований. Выбраны следую- щие параметры оптимизации процесса крупобразования: Y_1 - золь- ность продуктов суммарного извлечения на первых трех драных системах (Z_0) и Y_2 - извлечение крупок в процессе крупобра- зования (U_k), что согласуется с рекомендациями других авто- ров, изучавших процесс крупобразования.

При планировании экспериментов приняты следующие факторы для вариантов I, I-a, I-b, 2, 2-a:

x_1 - влажность зерна, поступающего на I драную систему (W), %;

x_2 - величина общего извлечения на I драной системе (U_I), %;

x_3 - величина общего извлечения на II драной системе (U_{II}), %;

x_4 - величина общего извлечения на III драной системе (U_{III}), %;

для вариантов 3, 3-a, 3-b:

x_1 - величина общего извлечения на I драной системе (U_I), %;

x_2 - величина общего извлечения на II драной системе (U_{II}), %;

x_3 - величина общего извлечения на спецсистеме (U_{ca}), %;

x_4 - величина общего извлечения на III драной системе (U_{III}), %.

Уровни варьирования факторов приведены в табл. I.

Таблица I

Основные факторы и уровни их варьирования

Показатели	Варианты процесса крупобразования							
	I, I-a, I-b, 2, 2-a				3, 3-a, 3-b			
Кодированные обоз- начения факторов	x_1	x_2	x_3	x_4	x_1	x_2	x_3	x_4
Основной уровень	16,0	10	42	45	10	40	45	40
Интервал варьиро- вания	0,7	5	8	10	5	5	5	5
Верхний уровень	16,7	15	50	55	15	45	50	45
Нижний уровень	15,3	5	34	35	5	35	40	35

Помимо указанных уровней варьирования факторов изучены ин- тенсифицированные режимы процесса крупобразования, при которых извлечения на I драной системе изменялись от 35 до 45% с интер- валом 5%.

Учитывая влияние влажности перерабатываемого зерна как одного из основных факторов, проведены предварительные исследо- вания этого фактора. Влажность пшеницы на I драной системе ус- танавливали 15,3; 16,0 и 16,7% ($\pm 0,2\%$). Исследования вариантов I, I-a, I-b проводили при размоле пшеницы I и IV типов, вариантов 2, 2-a и интенсифицированных режимов - при размоле пшеницы IV типа. Результаты исследований показывают, что по всем структур- ным вариантам процесса крупобразования независимо от режимов помола с увеличением влажности происходят изменения дисперсного состава продуктов извлечения: уменьшаются общий выход крупок и

выход крупной крупки, выход смеси средней и мелкой крупок увеличивается, а извлечение дунстов и муки возрастает незначительно. Зольность продуктов суммарного извлечения с первых трех драных систем при этом во всех исследуемых вариантах уменьшается на 0,04 - 0,07%, критерий К повышается. Лучшие результаты получены при влажности зерна 16,7%.

Уменьшение выхода крупных фракций промежуточных продуктов в процессе крупобразования при увеличении влажности зерна объясняется снижением его прочности, вследствие увеличения микротрещин и разрыхления эндосперма при повышении влагосодержания.

В табл. 2 приведены результаты изучения эффективности процесса крупобразования при изменении влажности зерна для двух структурных вариантов процесса крупобразования (варианты I и 2).

Из табл. 2 видно, что разделение II и III драной системы на крупную и мелкую системы не дает существенного преимущества по сравнению с вариантом совместного измельчения сходовых продуктов на указанных системах. Аналогичные результаты получены и по другим вариантам процесса. Исключение составляет лишь вариант с предварительным сепарированием измельченных продуктов крупобразующих систем на радиально-бичевых машинах, при котором значительно возрастает выход продуктов общего извлечения и их зольность. Критерий эффективности К при этом снижается для всех значений влажности зерна в интервале от 15,3 до 16,7%. Это объясняется воздействием ударно-стирающих сил в радиально-бичевых машинах, интенсифицирующих процесс дробления не только эндосперма, но и оболочек, которые попадают в извлекаемые продукты и ухудшают их качество.

Для изучения комплексного влияния принятых основных фак-

Таблица 2

Влияние влажности зерна на эффективность процесса крупобразования

Влажность зерна на I драной системе	Частное извлечение по крупобразованию, %				Суммарное извлечение по процессу	Зольность суммарного извлечения	Критерий К
	крупная крупка	средняя и мелкая крупка	дунст	мука			
Помол без разделения систем процесса на крупную и мелкую							
15,3 ± 0,2	37,7	20,9	7,5	6,1	72,2	0,95	76,0
16,0 ± 0,2	36,3	21,9	8,2	6,3	72,7	0,92	79,0
16,7 ± 0,2	36,9	21,5	7,8	5,9	72,1	0,89	81,0
Помол с разделением II и III драных систем на крупную и мелкую							
15,3 ± 0,2	38,9	20,6	7,3	5,6	72,4	0,94	77,0
16,0 ± 0,2	36,5	22,4	7,8	6,2	72,9	0,91	80,1
16,7 ± 0,2	36,7	22,1	7,7	6,0	72,5	0,89	81,5

торов процесса крупобразования и определения их оптимальных значений получены математические модели всех структурных вариантов процесса в виде квадратных уравнений для двух параметров оптимизации Y_1 и Y_2 .

В общем виде уравнения представлены следующим образом:

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

Коэффициенты регрессии уравнений для всех вариантов процесса крупобразования при переработке пшеницы IU типа представлены в табл. 3.

Полученные модели процесса крупобразования проверялись: по критерию Кохрена - однородность дисперсий и воспроизводимость опытов; по критерию Стьюдента - значимость коэффициентов уравнения регрессии; по критерию Фишера - адекватность полученных математических моделей реальному процессу.

Статистический анализ математических моделей показал, что опыт воспроизводим, определены значимые коэффициенты (в табл. 3 подчеркнуты), остальные коэффициенты оказались незначимыми, в основном, по причине близости центра экспериментирования к оптимуму.

Из табл. 3 видно, что наибольшее влияние на зольность продуктов общего извлечения (параметр Y_I) оказывает влажность зерна на I драной системе и режим III драной системы.

Знак "-" при коэффициенте B_1 указывает на то, что с повышением влажности зерна зольность продуктов общего извлечения по процессу крупобразования снижается, а знак "+" при коэффициентах B_2 , B_3 , B_4 указывает на повышение зольности извлекаемых продуктов при увеличении степени измельчения на всех крупобразующих системах. Полученные результаты относятся ко всем вариантам совместного и отдельного измельчения продуктов в процессе крупобразования (варианты I, I-a, I-b, 2, 2-a) и объясняются повышением вязкости и пластичности оболочек с повышением их влажности, а также интенсивным дроблением оболочек при повышении степени измельчения зерновых продуктов. Повышенное влияние режимов III драной системы объясняется относительно более высоким содержанием оболочек в продуктах, направляемых на данную систему, а также изменением их свойств в связи с подсыханием на предыдущих системах и повышенной дробимостью.

На параметр оптимизации Y_2 (извлечение крупок) основное влияние оказывают режимы II и III драных систем, на которых образуется максимальное количество крупок. Знак "+" при коэффициентах B_3 и B_4 показывает, что повышение степени измельчения на этих системах способствует повышению выхода крупок по процессу крупобразования в целом. При этом режим I драной системы не оказывает такого решающего влияния на выход крупок по

процессу и поэтому не следует стремиться к повышению степени измельчения на этой системе.

Анализ математических моделей вариантов 3, 3-a, 3-b показывает, что наибольшее влияние на зольность продуктов общего извлечения и выход крупок по процессу оказывают режимы I, II и III драных систем. При этом, режим спецсистемы, измельчающей мелкие сходовые продукты I и II драных систем, не оказывает существенного влияния на параметры оптимизации. Поэтому на основе предварительного рассмотрения вариантов 3, 3-a, 3-b можно отметить, что они оказались менее эффективными по сравнению с предыдущими, поскольку несущественное влияние режимов спецсистемы по сути превращает эти варианты процесса крупобразования в варианты первой группы (I, I-a, I-b), которые являются более простыми по устройству.

Эффективность вариантов I и I-a, помимо указанного, изучена при интенсифицированных режимах систем процесса крупобразования. При этом режим I драной системы изменялся в пределах от 35 до 45% по общему извлечению, II драной системы - от 35 до 45% с колебанием величины суммарного извлечения по процессу от 75 до 85%.

Анализ значимых коэффициентов моделей для интенсифицированных режимов показывает, что на качество продуктов общего извлечения по зольности в процессе крупобразования основное влияние, аналогично предыдущим вариантам, оказывает влажность зерна.

На извлечение крупок (параметр Y_2) оказывает влияние режимы всех крупобразующих систем с выделением II драной системы как основной. Сравнение обычных вариантов процесса крупобразования с вариантами интенсифицированных режимов систем показало, что применение указанных режимов вызывает значительное

Коэффициенты уравнений

Ва-ри-ан-ты	Па-ра-мет-ры	К о э ф ф и						
		b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_{12}	b_{13}
I	Y_1	+ 0,9119	-0,0289	+0,0067	+0,0122	+0,0194	+0,0006	+0,0006
	Y_2	+56,5379	-0,3111	+1,5778	+3,1722	+3,8944	+0,0875	+0,1375
I-a	Y_1	+ 1,1255	-0,0294	+0,0061	+0,0111	+0,0161	+0,0013	+0,0013
	Y_2	+64,1135	-0,7389	+1,0222	+1,7833	+2,1444	-0,2125	-0,1750
I-b	Y_1	+ 0,9063	-0,0222	+0,0072	+0,0128	+0,0200	+0,0013	+0,0013
	Y_2	+56,8441	-0,4444	+1,4500	+3,0000	+3,6500	-0,0938	-0,0438
2	Y_1	+ 0,8988	-0,0294	+0,0078	+0,0144	+0,0200	+0,0013	+0,0025
	Y_2	+57,5817	-0,5500	+1,5444	+3,3167	+3,8111	+0,1188	-0,0688
2-a	Y_1	+ 1,1165	-0,0339	+0,0089	+0,0122	+0,0183	+0,0019	-0,0006
	Y_2	+63,2217	-0,6056	+1,0000	+1,4222	+1,7833	-0,6250	-0,1500
3	Y_1	+ 0,8826	+0,0111	+0,0150	+0,0022	+0,0122	+0,0013	+0,0013
	Y_2	+56,5878	+2,3444	+2,3667	+0,3611	+1,9333	-0,2250	+0,1500
3-a	Y_1	+ 1,0988	+0,0122	+0,0100	+0,0017	+0,0078	-0,0013	+0,0000
	Y_2	+65,1156	+1,8722	+1,6778	+0,2944	+0,9556	-0,6688	-0,0062
3-b	Y_1	+ 0,8809	+0,0100	+0,0128	+0,0006	+0,0122	+0,0000	+0,0000
	Y_2	+56,6983	+2,3833	+2,5667	+0,3056	+1,9444	-0,0938	+0,0938

повышение зольности извлекаемых продуктов, что вызывает снижение показателя эффективности К. Снижение показателя К менее заметно при влажности 16,7% и более существенно при влажности 15,3-16,0%, что объясняется повышенным дроблением оболочек при снижении их влажности.

Измельчение пшеницы I типа по технологическим вариантам процесса крупобразования I, I-a, I-b показало аналогичные закономерности, что и при переработке пшеницы IV типа с той лишь разницей, что зольность извлекаемых продуктов по процессу несколько выше по сравнению с пшеницей IV типа, что приводит и к снижению показателя эффективности К.

регрессии (пшеница IV типа)

Таблица 3

Ц и е н т ы							
b_{14}	b_{23}	b_{24}	b_{34}	b_{11}	b_{22}	b_{33}	b_{44}
+0,0031	-0,0006	-0,0006	-0,0006	+0,0029	+0,0029	+0,0029	-0,0021
+0,0000	-0,0500	-0,3375	-0,5875	+0,0531	+0,0531	+0,0031	+0,0031
-0,0013	-0,0013	-0,0013	+0,0013	+0,0093	-0,0007	+0,0043	-0,0007
-0,2000	-0,1875	-0,6125	-0,2000	-0,0738	+0,0762	+0,1262	-0,0238
+0,0013	-0,0013	+0,0013	+0,0013	+0,0135	-0,0015	-0,0015	+0,0035
+0,2188	-0,1688	-0,1312	-0,7312	+0,7967	-0,6533	-0,4033	+0,3467
+0,0038	+0,0000	-0,0013	-0,0025	+0,0060	+0,0010	+0,0010	+0,0010
+0,0563	+0,0213	-0,1438	-0,5562	-0,0909	-0,2409	+0,1091	+0,0591
+0,0006	+0,0006	-0,0006	-0,0006	+0,0032	-0,0018	-0,0018	+0,0032
-0,0875	-0,1875	-0,1750	-0,2625	+0,0182	+0,0682	-0,0318	-0,0818
+0,0012	+0,0000	-0,0025	+0,0000	-0,0027	+0,0023	-0,0027	-0,0027
-0,2500	-0,1000	-0,2250	-0,1000	-0,0970	+0,0030	+0,0530	+0,2030
-0,0012	+0,0000	+0,0038	+0,0000	+0,0010	+0,0010	-0,0040	+0,0010
-0,1688	+0,1062	+0,1875	+0,0813	-0,6260	+0,1240	+0,2740	-0,1760
+0,0000	+0,0000	-0,0025	+0,0000	-0,0010	+0,0040	-0,0060	-0,0010
-0,1938	+0,3125	-0,1562	+0,1312	+0,2926	+0,1426	-0,9074	+0,7426

Для определения оптимальных режимов систем процесса крупобразования при различных вариантах его построения и для разных значений суммарного извлечения промежуточных продуктов (65, 70, 75, 80%) проведены исследования на моделях с использованием ЭВМ. Поскольку оптимальные значения влияющих факторов для параметров оптимизации Y_1 и Y_2 не совпадают, возникла необходимость отыскания координат условного оптимума, которые определены путем построения кривых равного выхода для двух параметров оптимизации и сведены в табл. 4. В табл. 4 указаны оптимальные режимы I и II драных систем при разном суммарном извлечении промежуточных продуктов из зерна IV и I типов для различных вариантов струк -

турного построения процесса крупобразования. Для определения режима III драной системы необходимо из величины суммарного извлечения промежуточных продуктов вычесть извлечение на I и II драных системах.

Анализ данных табл. 4 показывает, что повышение суммарного извлечения промежуточных продуктов в процессе крупобразования по вариантам I, I-б, 2, 3, 3-б целесообразно производить за счет снижения извлечения на I драной системе и повышения на II и III драной системе, а по вариантам I-а, 2-а, 3-а необходимо уменьшать извлечение на II драной системе, что связано с дополнительным измельчением зерновых продуктов на радиально-бичевых машинах. Поэтому, снижение U_0 вызвано необходимостью не допускать значительного ухудшения качества извлекаемых продуктов по процессу крупобразования.

Сравнивая оптимальные режимы систем процесса крупобразования при различных его структурных вариантах, следует отметить, что они практически одинаковы для всех вариантов, за исключением вариантов, использующих радиально-бичевые машины, по указанным выше причинам. Исследования на моделях позволили проверить эффективность вариантов процесса крупобразования при различных фиксированных значениях суммарного извлечения промежуточных продуктов в пределах от 65 до 80%. На рис. 2 приведены зависимости параметров оптимизации процесса крупобразования Y_1 и Y_2 от суммарного извлечения промежуточных продуктов (U_0).

Из рис. 2 видно, что эти зависимости близки к линейным в указанных пределах суммарного извлечения. Поэтому с увеличением U_0 возрастает зольность извлекаемых продуктов (параметр Y_1) и одновременно увеличивается выход крупок (параметр Y_2) для всех изученных вариантов процесса. Причем, значения обоих па-

Таблица 4

Оптимальные значения режимов систем процесса крупобразования

варианты	Тип зерна	Наименование системы	Суммарное извлечение, %			
			65	70	75	80
I Ia Iб	IY	I драная	I4-I5	II-I3	7-8	5-6
		II драная	37-43	42-45	45-49	49-50
		I драная	I4-I5	I2-I3	8-10	5-7
		II драная	48-50	40-43	38-43	34-37
		I драная	I4-I5	I0-I3	5-8	5-7
		II драная	34-40	43-46	46-49	49-50
I Ia Iб	I	I драная	I3-I5	I2-I3	6-7	5-6
		II драная	38-42	43-45	46-48	50
		I драная	I4-I5	I3-I4	8-10	5
		II драная	45-50	41-45	37-43	35-38
		I драная	I4-I5	I2-I4	7-9	5-6
		II драная	36-43	43-45	46-49	48-50
2 2a	IY	I драная	I4-I5	I0-I3	7-9	5-6
		II драная	38-42	43-45	45-48	48-50
		I драная	I3-I4	II-I2	6-9	5-6
		II драная	48-50	44-47	38-42	34-36
3		I драная	I3-I5	I0-I2	7-8	5-6
		II драная	38-43	42-45	46-48	49-50
3a	IY	I драная	I2-I4	I0-I2	6-8	5-7
		II драная	48-50	45-47	38-42	34-35
3б		I драная	I4-I5	I3-I4	7-9	5
		II драная	37-43	41-45	45-48	49-50

раметров незначительно различаются для любого значения U_0 при всех вариантах. Исключение составляет лишь вариант с использованием радиально-бичевых машин, при котором существенно возрастает зольность продуктов суммарного извлечения и выход крупок.

Для обоснования технологически рациональной величины U_0 использованы дополнительные критерии оценки процесса - частное извлечение и критерий K. Результаты исследований показывают,

В. О. 13140

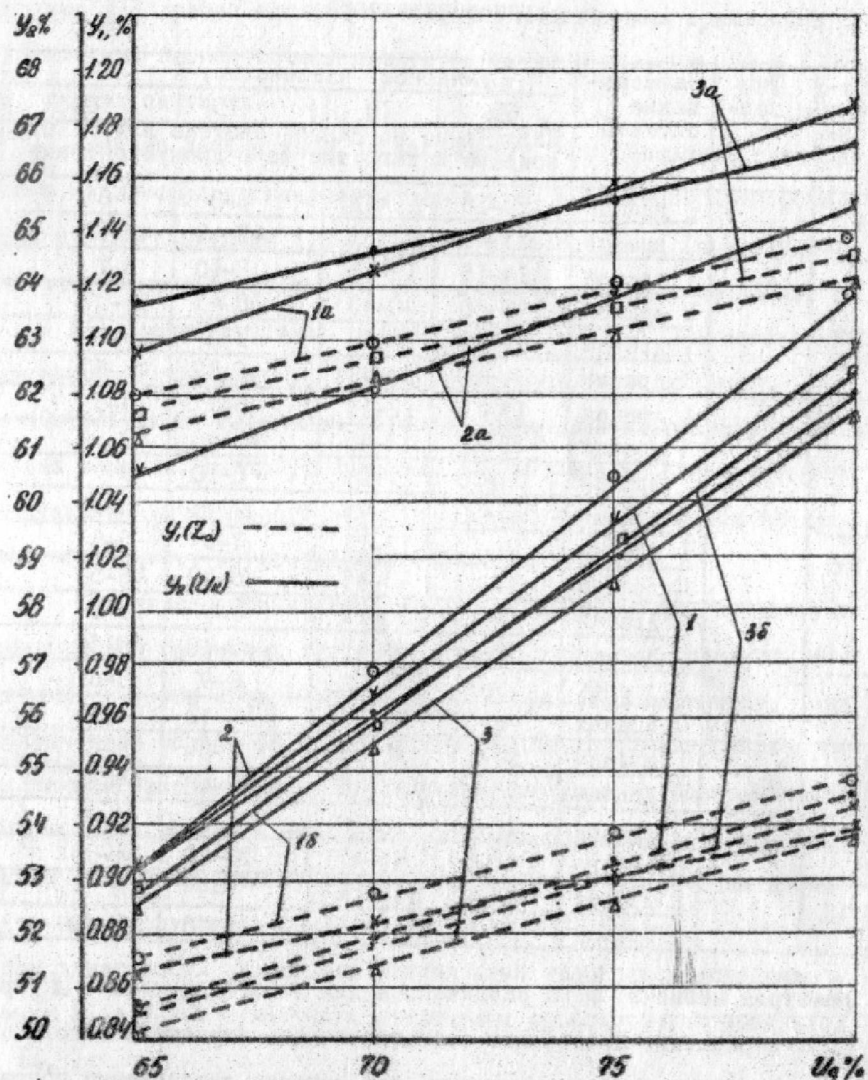


Рис. 2. Зависимость параметров оптимизации $Y_1(z_0)$ и $Y_2(u_0)$ от u_0 . Пшеница IV типа. I, I-a, I-b, 2, 2-a, 2-b, 3, 3-a, 3-b - название вариантов

что извлечение крупок, дунстов и муки возрастает пропорционально возрастанию суммарного извлечения (u_0), хотя и наблюдается некоторое незначительное увеличение мелких продуктов при сокращении крупных. В то же время критерий эффективности K имеет более высокое значение при $u_0 = 78-80\%$ для всех вариантов процесса. Это связано с тем, что рост величины суммарного извлечения (u_0) опережает возрастание зольности извлекаемых продуктов по процессу.

Таким образом, сравнительные исследования различных вариантов процесса крупобразования в различных условиях помолов показали, что по технологической эффективности варианты I, I-b, 2, 3, 3-b практически равноценны. Более низкая эффективность установлена для вариантов I-a, 2-a, 3-a, использующих радиально-бичевые машины.

Учитывая, что варианты I и I-b являются более простыми по структуре и эксплуатации среди других вариантов, а также то, что вариант I-b позволяет снизить нагрузку на просеивающие машины крупобразующих систем без изменения качества продуктов, они могут быть рекомендованы для технологических схем сложных сортовых помолов пшеницы. Применение указанных вариантов процесса крупобразования позволит упростить технологическую схему, коммуникации и обслуживание оборудования, сократить просеивающую поверхность рассевов и повысить производительность мукомольных заводов.

Производственная проверка и внедрение сокращенного процесса крупобразования на Ворошиловградском комбинате хлебопродуктов позволила сократить число размалывающих систем процесса с 5 до 3, уменьшить число норий с 19 до 15, сократить просеивающую поверхность рассевов по процессу на $43,2 \text{ м}^2$, улучшить процесс сортирования промежуточных продуктов; улучшились также

условия обслуживания оборудования. Использование результатов исследований дало возможность повысить производительность мукомольного завода на 5,8% при одновременном повышении уровня использования зерна и улучшении качества муки.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Проведенными исследованиями подтверждено, что процесс крупобразования продуктов первого качества, являясь первичным этапом измельчения зерна при сортовых помолах пшеницы, оказывает существенное влияние на выход и качество промежуточных продуктов и муки.
2. Установлено, что основное влияние на выход и качество промежуточных продуктов в процессе крупобразования оказывают такие факторы как влажность зерна, режим систем и процесса в целом при различных вариантах его построения.
3. На основе многофакторного планирования экспериментов получены математические модели процесса крупобразования по всем структурным вариантам для двух основных параметров оптимизации: средневзвешенная зольность промежуточных продуктов с первых трех драных систем и суммарный выход крупок с этих же систем. Проверка полученных моделей показала, что для описания процесса крупобразования следует применять уравнения второго порядка.
4. Изучение процесса крупобразования на моделях позволило определить оптимальные режимы первых трех драных систем в связи с величиной суммарного выхода промежуточных продуктов по процессу. При этом установлено, что с увеличением суммарного выхода от 65 до 80% режим I драной системы повышается, а режим II и III драных систем снижается, что связано

с ухудшением качества промежуточных продуктов из-за интенсивного и многократного измельчения периферических частей зерна.

5. Установлено, что повышение влажности перерабатываемого зерна с 15,3 до 16,7% вызывает снижение зольности промежуточных продуктов, получаемых в процессе крупобразования. Суммарный выход крупок по процессу при этом также снижается.
6. Изучение различных структурных вариантов построения процесса крупобразования (сокращенный процесс без деления II и III драных систем на крупные и мелкие, развитый процесс с разделением II и III драных систем на крупные и мелкие, процесс со спецсистемой для обработки продуктов I и II драных систем) показало, что указанные варианты по своей эффективности практически равноценны. Однако, учитывая что сокращенный вариант более прост по устройству и эксплуатации, этому варианту следует отдать предпочтение и рекомендовать его как основной.
7. Применение радиально-бичевых машин в процессе крупобразования для предварительного рассортирования измельченных продуктов вызывает дополнительное их измельчение и способствует увеличению выхода круподуновых продуктов и значителюму повышению их зольности; при этом эффективность процесса крупобразования при всех вариантах его построения снижается.
8. Установка вибрационных сепараторов после вальцовых станков крупобразующих систем позволяет разделить продукты размола на две фракции; при этом они не оказывают существенного влияния на выход и качество промежуточных продуктов по процессу крупобразования при всех вариантах его построения.
9. Применение интенсифицированных режимов измельчения зерновых

продуктов в процессе крупобразования способствует увеличению суммарного извлечения промежуточных продуктов, однако повышение их зольности снижает эффективность процесса крупобразования в целом.

10. Применение сокращенного варианта процесса крупобразования с предварительным сортированием измельченных продуктов на вибросепараторах позволит повысить производительность мукомольных заводов на 5-10% и улучшить условия их эксплуатации. Экономическая эффективность от внедрения сокращенного варианта процесса крупобразования на Ворошиловградском комбинате хлебопродуктов составила 86,5 т.руб. в год, а применение вибрационных сепараторов позволит повысить общую сумму экономии по всем предлагаемым мероприятиям до 118 тыс. руб. в год.

Работы, опубликованные по теме диссертации

1. Эффективность крупобразования при использовании радиально-бичевых машин. Известия вузов "Пищевая технология" № 2, 1976, с.89 (в соавторстве с И.Т.Мерко).
2. Влияние построения технологических схем помола на эффективность процесса крупобразования. Ж. "Муком.-элеват. и комбик. пром." № 5, 1976, с.41 (в соавторстве с И.Т.Мерко)
3. Влияние влажности зерна на эффективность крупобразования. Известия вузов "Пищевая технология" № 1, с.148 (в соавторстве с И.Т.Мерко).
4. Эффективность процесса крупобразования при различных вариантах его построения. Ж. "Муком.-элеват. и комбик. пром" №6, 1977, с.26.
5. Эффективность интенсифицированных режимов измельчения зерна в процессе крупобразования. "Научно-технический реферативный сборник", серия "Мукомольно-крупяная промышленность", М., ЦНИИТЭИ Минзага СССР, 1977, вып.4, с.10-12 (в соавторстве с И.Т.Мерко).
6. Эффективность процесса крупобразования многосортных помолов пшеницы в связи с различными вариантами его построения. Тезисы докладов Всесоюзной конференции "Научно-технический прогресс в зерноперерабатывающей промышленности". Одесса, сентябрь, 1977.

Основные положения диссертационной работы доложены на:

1. Республиканском семинаре-совещании "О состоянии и задачах дальнейшего повышения качества продукции, производства и производительности труда в мукомольно-крупяной промышленности УССР", г. Николаев, апрель 1976.
2. Всесоюзной конференции "Научно-технический прогресс в зерноперерабатывающей промышленности", Одесса, сентябрь, 1977.