

### Выводы

1. Проведенные исследования позволили разработать технологическую схему переработки крупы нут шелушенный колотый в муку.
2. Установлена возможность получения крупы нутовой дробленой № 1 и № 2 на основе использования исходного сырья – нут шелушенный колотый. На двух размольных системах суммарный выход круп дробленых № 1 и № 2 составляет 83-84 % и 15-16 % муки нутовой.

### Литература

1. Горлов И.Ф. Нут альтернативная культура многоцелевого назначения [Текст]: монография / И.Ф. Горлов// ГНУ «Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции РАСХН». – Волгоград: Волгоградское научное издательство, 2012. – 107 с.
2. Жигунов Д.А. Мучные смеси из зерновых культур [Текст]: монография / Д.А. Жигунов, О.С. Волощенко // – Одесса: «Освіта України», 2013. – 156 с.
3. Шутенко Є.І. Особливості переробки підготовленого зерна нуту в крупі [Текст] / Є.І. Шутенко, Н.З. Москвіна // Зб. Наукових праць ОНАХТ. – Одеса, вип. 44. – Т. 1, – С. 4–7.

УДК [664.6/7]

## КОМПЛЕКСНОЕ ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ И СТРУКТУРЫ ЭТАПА КРУПООБРАЗОВАНИЯ НА ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Шутенко Е.И., канд. техн. наук, доцент, Давыдов Р.С., канд. техн. наук, ассистент  
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

*Одним из возможных вариантов уменьшения технологического оборудования, является использование варианта построения этапа крупобразования с двухстадийным измельчением на первых системах данного этапа. В зарубежной литературе приводятся возможные варианты такого построения, однако рекомендации относительно режимов не приводятся. В нашей статье приводится анализ влияния некоторых режимов этапа крупобразования при использовании классической структуры и структуры с двухстадийным измельчением*

*One of the possible options to reduce the processing equipment is the use of variants of building a two-stage phase break system grinding systems in the first part of the stage. In the foreign literature are possible such a construction, but recommendations regarding modes are given. In this article, an analysis of the effects of certain modes break system phase using classical structure with a two-stage structure and refinement*

Ключевые слова: пшеница, мукомольный завод, крупобразование, продукты измельчения, затраты энергии.

Современная технология переработки зерна в сортовую муку, на крупных заводах очень сложна, включает развитую многостадийную структуру и большое количество разнообразного технологического и транспортного оборудования, поэтому исследования по оптимизации сортового помола ведутся постоянно. [1]

Современная тенденция развития технологической мысли идет по пути сокращения и упрощения технологического процесса. Анализ работы большого числа мукомольных предприятий привел к предположению о возможности применения двухстадийного измельчения без промежуточного просеивания продуктов измельчения. Данная структура начала реализовываться на производстве в конце 80-х – начале 90-х годов XX века с применением, восьмивальцовых станков. [2,3,4,5] Инициатором и практически первой компанией по производству этого технологического оборудования стала фирма Buhler, которая является одним из лидеров мукомольного производства в мире. Данный технологический прием был принят и другими признанными в мире производителями оборудования для мукомольной промышленности – OCRIM, Сатаке, ММЗ и др.

Изначально двухстадийное измельчение предлагалось использовать на первых двух системах крупобразования. Однако сегодня восьмивальцевый станок используется не только на драных системах, но и на этапе тонкого измельчения. Есть также литературные сведения об оснащении мукомольного завода только восьмивальцовыми станками. [6,7]

Многие авторы отмечают многочисленные преимущества использования восьмивальцовых станков, которые нашли свое отражение в значительном сокращении энергетических и эксплуатационных затрат по сравнению с обычным оборудованием [11].

При построении технологической схемы с применением четырехвальцовых станков продукт после измельчения на паре рабочих валцов направляют на сортирование в рассев, далее рассортированные продукты распределяются по системам согласно технологической схеме.

В восьмивальцовых станках, после измельчения на первой паре (верхних) валцов, продукт без сортирования в расसेве направляют на следующую пару валцов, а после сортируют в расसेве.

Использование двухстадийного измельчения дает ряд преимуществ [8,9,10]:

- уменьшение количества валцовых станков;
- снижение необходимой площади для станков;
- сокращение фильтрующей поверхности;
- снижение нагрузки на пневмотранспорт, снижение количества самотеков;
- снижение затрат на технологическое обслуживание.

По мнению авторов с сокращением числа пневматических установок, уменьшается количество воздуха необходимого для пневмотранспорта, а следовательно, сокращается количество вентиляторов, что уменьшает энергозатраты на мельнице. Небольшое сокращение количества воздуха, необходимого для продувки фильтров, а также значительное уменьшение количества воздуха, который выбрасывается во внешнюю среду, что особенно важно с учетом повышения требований по охране окружающей среды, позволяют наряду с энергией экономить и затраты чистого воздуха.

Сокращение количества пневматических установок дает возможность сократить количество элементов пневмотранспорта, что в свою очередь повлияет на снижение инвестиционных затрат, а также значительно сокращает время, необходимое для установки пневмотранспорта.

Wanzenreid N. (12) для сравнения приводит два завода производительностью 250 т/сут, этап крупнообразования которых строится с использованием обычных и восьмивальцовых станков. Для работы завода с восьмивальцовыми станками необходимо 85 % мощности вентиляторов, которая используется на заводе, оснащенном обычными четырехвальцовыми станками.

Baltenperger R. и другие утверждают, что завод мощностью 288 т/сут, оснащенный только восьмивальцовыми станками потребляет около 220 м<sup>3</sup>/мин воздуха, что составляет 60 % от количества воздуха необходимого для предприятия такой же мощности, оснащенного обычным оборудованием (370 м<sup>3</sup>/мин).

Таким образом, энергозатраты на пневмотранспортирование снижаются примерно на 40 % по сравнению с обычной структурой построения технологического процесса.

При строительстве заводов одинаковой мощности с применением четырехвальцовых и восьмивальцовых станков, во втором случае необходима меньшая производственная площадь, а, следовательно, и меньшие капитальные вложения. Кроме основного технологического оборудования экономится и вспомогательное, такое, например, как деташеры и энтолейторы. Baltenperger R. говоря о вышеупомянутой мельнице производительностью 288 т/сут, на которой были полностью заменены все четырехвальцовые станки на восьмивальцовые, отмечает, что для размещения технологического оборудования потребовалось 50 % от ранее использовавшейся производственной площади.

Кроме того, при необходимости увеличить мощность действующего предприятия, не требуется увеличение производственной площади.

Использование меньшей производственной площади и меньшего количества технологического оборудования, а также снижение затрат на обслуживание технологического и транспортного оборудования, по сравнению с классическим способом построения технологического процесса, позволяет предположить перспективность использования двухстадийного измельчения. Компактность объекта также означает меньшую площадь фумигации при газации мельницы.

Результаты исследований, проведенных Zwingelber D., Arzt F. и Handreck A. Potschke L. с использованием восьмивальцовых станков и различных факторов, влияющих на их работу, показали, что по сравнению с классической структурой этапа крупнообразования необходимо оптимизировать режимы работы систем данного этапа. Изучая влияние целого ряда различных комбинаций влияющих параметров (скорость валцов, межвальцовый зазор, передаточное число, удельная нагрузка на валцы) на эффективность этапа крупнообразования, с использованием восьмивальцового станка, пришли к выводу, что при использовании данного оборудования уменьшается выход крупных фракций и ухудшается их качество, а именно, происходит повышение их зольности.

Willm E. в своей работе на французской мельнице также констатирует тот факт, что при использовании восьмивальцовых станков, на I и II системах крупнообразования извлекается большее количество муки, чем при использовании классического оборудования. Это является нежелательным эффектом на этапе крупнообразования.

Wanzenreid N, сравнивая эффективность работы размольных систем с использованием восьмивальцовых станков отмечает, что крупность муки меньше, чем при использовании обычных четырехвальцовых станков, а содержание золы в муке одинаково.

Внедрению в производство схем с использованием восьмивальцовых станков предшествовало большое количество исследований, однако их результаты являются коммерческими и технологическими тайнами фирм-производителей. Поэтому исследование по применению данного технологического оборудования в Украине, с использованием украинского зерна, являются актуальными на сегодняшний день.

Поэтому на кафедре технологии переработки зерна были проведены сравнительные исследования этапа крупобразования, как основного обуславливающий выход и качество готовой продукции, а также энергосиловые показатели помола.

Измельчение и сортирование проводили на лабораторной установке «Nagama». Для исследования приняли рядовую озимую краснозерную пшеницу стекловидностью 50 %. Использовали холодное кондиционирование, увлажняя зерно до 16 % в течение 10 ч.

Для сравнительного анализа использования двухстадийного измельчения на этапе крупобразования и классической структуры были использованы варианты, приведенные на рис. 1, 2.

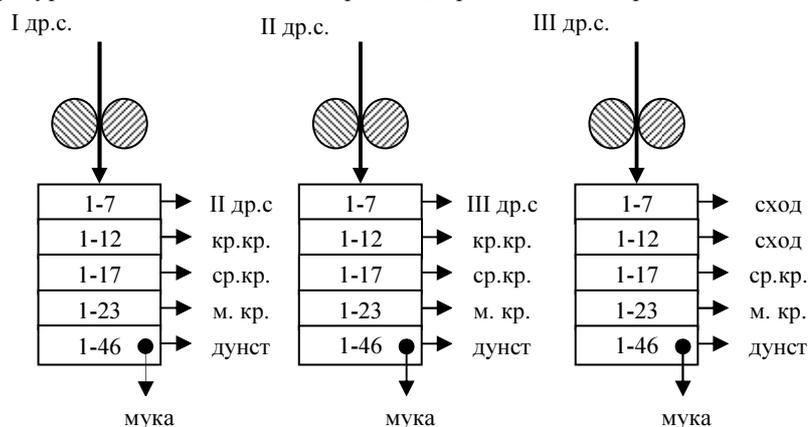


Рис. 1 – Классическая структура построения этапа крупобразования (А)

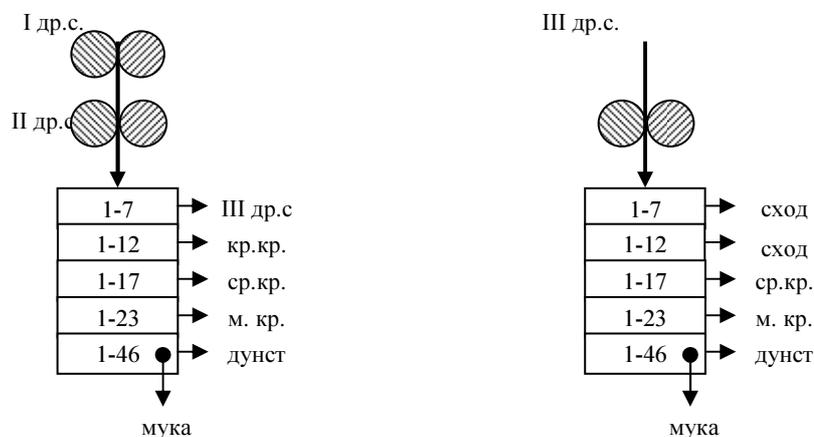


Рис. 2 – Структура этапа крупобразования с применением двухстадийного измельчения (В)

Классическую структуру используют на большинстве заводов. Крупобразование осуществляют на 3-х драных системах. Продукты после измельчения на вальцовых станках сортируют в отсевах для выделения сходовых, промежуточных продуктов и муки. Сходовые продукты направляют на последующее измельчение, промежуточные продукты (крупки и дунсты) в соответствии со схемой технологического процесса обогащают на ситовечных машинах, а муку направляют на контроль.

Особенность структуры В заключалась в том, что продукты измельчения первой драной системы не сортируют, а направляют на вторую драную систему.

Для оценки эффективности этапа крупобразования используется большое число показателей, нами были выбраны следующие:

количественные – общее и частное извлечение промежуточных продуктов;

качественные – зольность промежуточных продуктов и муки;  
 энергосиловые – затраты энергии на измельчение 1 т зерна и затраты энергии на единицу извлечения.  
 Режимы работы первой драной системы находились на уровне 10...15 % и 35...40 % общего извлечения.

**Таблица 1 – Извлечение промежуточных продуктов и их соотношение в смеси в зависимости от структуры этапа крупобразования. ( $U_f=15...20$  %)**

(n=3, P≥0,95)

Продукты	Режим работы первой драной системы 10-15 %		Режим работы первой драной системы 35-40 %	
	A1	B1	A2	B2
	Выход фракции, %			
Крупная крупка	19,2	16,2	26,0	16,0
Средняя крупка	14,9	16,3	15,4	17,8
Мелкая крупка	16,7	17,9	12,8	15,4
Дунсты	13,0	13,5	11,5	12,6
Мука	19,9	19,1	18,0	21,2
	Соотношение фракций общего извлечения			
Крупная крупка	22,9	19,5	31,1	19,3
Средняя крупка	17,8	19,6	18,4	21,4
Мелкая крупка	20,0	21,6	15,3	18,6
Дунсты	15,5	16,3	13,7	15,2
Мука	23,8	23,0	21,5	25,5

Как видно из данных табл. 1 структура этапа крупобразования влияет на выход и процентное соотношение промежуточных продуктов. Наименьшее количество и относительное содержание крупной крупки было при использовании двухстадийного измельчения 16,2 % и 19,5 % соответственно. Минимальное количество и относительное содержание средней крупки наблюдалось при использовании классической структуры построения этапа крупобразования. Максимальный выход и относительное содержание муки, нежелательной фракции на этапе крупобразования, наблюдался как при использовании классической структуры так и при использовании двухстадийного измельчения: 19,9 % и 19,1 % – выход и 23,8 % и 23, % – относительное содержание соответственно.

Следует отметить, что использование различных структур построения приводило к изменению не только количественного состава и его перераспределению, но и к изменению качества промежуточных продуктов.

Применение двухстадийного измельчения приводит к незначительному увеличению зольности относительно зольности продуктов полученных при использовании классической структуры этапа крупобразования. Это связано с тем, что при использовании данной структуры происходило переизмельчение как эндосперма, так и оболочечных продуктов.

При использовании классической структуры построения этапа крупобразования и низких режимах работы первой драной системы выход крупной крупки в процентном соотношении возрастал. Так, при  $U_f=15...20$  % относительное содержание этой фракции составляло 22,9 %, а при  $U_f=35...40$  % – 31,1 %, также увеличивалось процентное соотношение средней крупки 17,8 % и 18,4 % соответственно. Относительное содержание мелких фракций при использовании высоких режимов было выше по сравнению с низкими режимами.

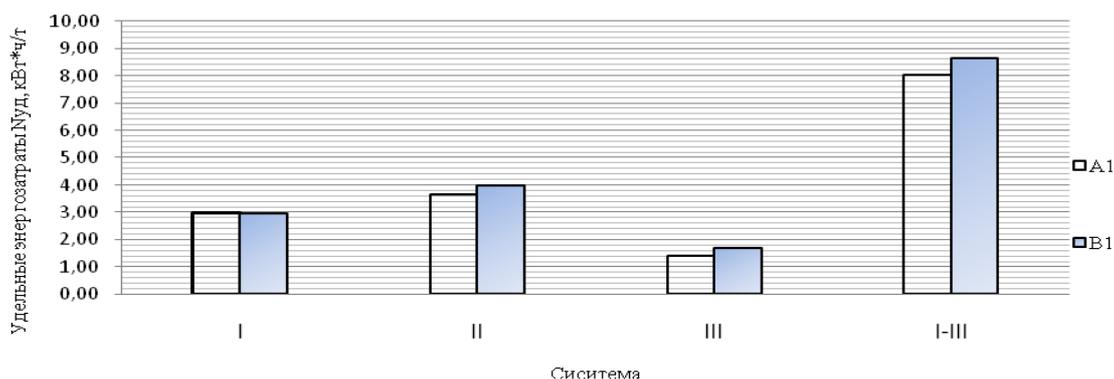
Применение двухстадийного измельчения не приводило к существенному перераспределению соотношений отдельных фракций и их относительного содержания. Это можно объяснить тем, что количественный анализ продуктов первой драной системы не проводился по условию эксперимента. При этом режим работы данного комплекса можно оценивать по суммарному общему извлечению с первых двух драных систем, которое было постоянным как при высоких, так и при низких режимах первой драной системы.

Применение интенсифицированных режимов для всех структур, кроме двухстадийного измельчения, приводило к снижению зольности промежуточных продуктов. Это, по-видимому, можно объяснить тем, что относительное содержание эндосперма в полученных продуктах больше чем при высоких режимах, что и приводит к снижению суммарной зольности продуктов.

Как упоминалось ранее, структура этапа крупобразования влияет не только на количественно-качественные, но и на энергосиловые показатели эффективности как этапа крупобразования, так и всего

сортового помолу. На даному етапі розвитку мукомольної промисловості України перед нею ставиться задача по оптимізації і скороченню енергозатрат. В зв'язі з цим як в нашій країні, так і за кордоном, робляться спроби скоротити енергозатрати шляхом удосконалення структури сортового помолу. На нижче наведених рисунках 1...2 показані затрати енергії як по системам, так і сумарні енергозатрати трьох драних систем при використанні різних структур помолу і режимів роботи систем.

На рисунку 3 наведені удельні затрати енергії в залежності від структури етапу крупобрання. Режим роботи першої драної системи знаходився в межах 15...20%. При порівнянні удельних енергозатрат на 1 тону измельченного продукту для першої драної системи видно, що більші удельні затрати енергії характерні при використанні класичної структури побудови, і становлять 3,0 кВт·ч/т.



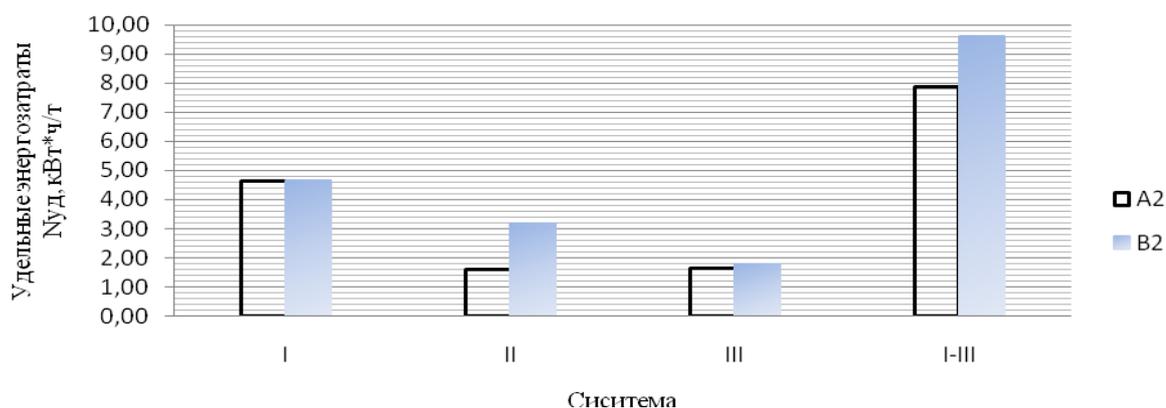
**Рис. 3 – Удельные затраты энергии в зависимости от структуры этапа крупобрання ( $U_f=15...20\%$ )**

При використанні структури етапу побудови з двохстадійним измельчением затрати енергії декілька нижче ніж при використанні класичної структури побудови і становлять 2,8 кВт·ч/т.

Для другої драної системи, при використанні різних структур побудови і режимі роботи першої драної системи 15...20%, більші затрати енергії спостерігалися при використанні двохстадійного измельчения і становили 4,0 кВт·ч/т. Це пов'язано з тим, що кількість продуктів, яке поступає на другу драну таке ж як і на першу, що призводить до його переизмельчению, на яке витрачається енергія.

При використанні класичного варіанта побудови затрати енергії на другій драній системі були менше ніж при використанні двохстадійного измельчения і становили 3,6 кВт·ч/т

Сумарні затрати енергії з трьох драних систем при використанні різних способів побудови етапу крупобрання і режимі роботи першої драної системи 15...20%, були наступними: при використанні класичної структури – 8,0 кВт·ч/т, при двохстадійному измельчении – 8,6 кВт·ч/т.



**Рис. 4 – Удельные затраты энергии в зависимости от структуры этапа крупобрання ( $U_f=35...40\%$ )**

На основі аналізу рис 4 видно, що найбільш енергозатратною структурою є структура з двохстадійним измельчением, що пояснюється додатковим витратом енергії на измельчение про-

межуточных продуктов первой драной системы, поступивших без предварительного просеивания на измельчение. Так, увеличение затрат энергии на второй драной системе составляло 1,6 кВт·ч/т, при использовании классической структуры построения и 3,2 кВт·ч/т при использовании двухстадийного измельчения. Однако, в производственных условиях следует ожидать уменьшения общих энергозатрат на 2...3 кВт·ч/т вследствие снижения оборачиваемости продуктов измельчения на этапе крупобразования на 30...35 %.

На основе теоретических и экспериментальных исследований была обоснована возможность интенсификации режима работы первой драной системы с 25...30 % до 35...40 %, что приведет к увеличению выхода крупной крупки на 45...55 %, средней – 30...35 %, мелкой – 25...30 %, уменьшению зольности продуктов крупобразования на 5...7 %, уменьшению энергозатрат на 3...5 %.

Также было установлено, что использование двухстадийного измельчения приводит к переизмельчению промежуточных продуктов. Выход крупной крупки по сравнению с «Правилами» снижается на 3...4%, выход средней крупки практически не меняется, а выход мелкой крупки, дунстов и муки пропорционально увеличивается на 1...1,5 %, . Для уменьшения негативного влияния на качество промежуточных продуктов предложено снизить общее извлечение с первых двух драных систем до 55...60 %.

Применение двухстадийного измельчения является перспективным и желательным при реконструкции действующих предприятий, что даст возможность увеличить производительность предприятия на существующих производственных площадях, а также при строительстве новых предприятий с меньшей производственной площадью.

#### Литература

1. Нетребский, А.А. Научные основы построения крупобразующего и ситовечного процессов в технологии производства сортовой муки / *Зернові продукти і комбікорми*. – 2003. – № 1. – С. 26-28.
2. D. Miller *Zusammengewurft Gedankenuber Mullereimaschinen und Vermahlungstechnologie / Die Muhle+Mischfuttertechnik*. – 1996. – № 12. – P. 485-488.
3. W.G. Owens *Wheat, corn and coarsegrain milling / Cereals Processing Technology*. – 2001. – № 12. – P. 27-52.
4. Fistes, A. *Study on the possibilities of the rationalization of wheat flourmilling processusing the eight-rollermill* : дис. ... канд. техн. наук, – Novi Sad, 2009. – 158 p.
5. Zwingelberg, H. *Untersuchungen under den Energieaufevandin Muhlenbetrieben / GetreideMehlundBrot*. – 1980. – № 34. – P. 57-60.
6. Mitranov, M. *Saremenatehnicko-tehnoloska resenja mlenja u psenice / Zito-hleb*. – 1998. – № 25. – P. 156-161.
7. Fistes, A., Tanovic, G. *Predicting the size and compositional distribution sof wheat flour stoks following first break roller millingusing the breake gematrix approach / JornalofFoodEngineering*. – 2006. – № 75. – P. 527-534.
8. Ястребов, П.П. *Использование и нормирование электроэнергии в процессах переработки и хранения хлебных культур* – М: Колос, 1973. – 311 с.
9. Mabile, J., Abecassis, F. *Parametric modelling of wheat grain morphology: a new perspective / Jornal of Cereal Scence*. – 2003. – № 37. – P. 43-53.
10. Wanzenried, H. *Benefist and resultswith 8-roller mill, model MDDL. / Bulletin of Association of Operativ eMillers*. – 1991. – № 12. – P. 5977-5981.
11. Baltensperger, W. *New Development in the Mill Flow Charts Grinding Process Using Eigt-Roller Mills / Bulletin of Association of Operative Millers*. – 1993. – Вып. 12. – P. 6327-6332.

УДК 633.11:631.547.1

## ВИЗНАЧЕННЯ ВІДНОСНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ПІД ЧАС ПРОРОЩУВАННЯ

Фоміна І.М., канд. техн. наук, доцент, Ізмайлова О.О. аспірант, Щуцька Д.С., студент  
Харківський національний технічний університет сільського господарства  
ім. Петра Василенка, м. Харків

*У статті запропоновано метод визначення структурно-механічних властивостей зерна пшениці під час пророщування за рахунок дослідження відносної деформації зерна при стисканні та постійному*