



ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПЕРЕРАБОТКИ ПШЕНИЦЫ НА МУКОМОЛЬНОМ ЗАВОДЕ АО "ФАРҒОНАДОНМАХСУЛОТЛАРИ" В УЗБЕКИСТАНЕ

**Уринбоев
Абдушукур
Абдурахимович, PhD
студент,**

Ферганский Политехнический Институт, Фергана

Annotatsiya

В этом исследовании оцениваются энергетические потребности, связанные с процессом производства муки из пшеницы на мукомольном заводе АО "Фарғонадонмахсулотлари" в Узбекистане. Применяя детальный анализ процесса, исследование выявляет энергетические требования для каждой операции в процессе переработки. Результаты показывают, что для производства муки из пшеницы необходимо восемь отдельных операций. Используемые типы энергии включают электрическую и ручную, составляя примерно 99,85% и 0,15% от общего объема энергии соответственно. Средняя энергетическая интенсивность для муки была рассчитана на уровне 0,104 МДж/кг. Этап помола оказался самым энергоемким, потребляя 0,076 МДж/кг (73,08%), за ним следует упаковка, использующая 0,017 МДж/кг (16,35%). Обсуждаются рекомендации по оптимизации процесса помола для повышения энергоэффективности.

Kalit so'z

Энергетический анализ, переработка пшеницы, мукомольный завод, энергоэффективность.

1. ВВЕДЕНИЕ

Энергия является основным ресурсом, поддерживающим как человеческую деятельность, так и промышленные процессы. В секторе мукомольного производства энергетические затраты имеют особое значение и зависят от таких факторов, как типы производимых продуктов, методы переработки и изменчивость цен на энергоносители [1]. Часто затраты на энергию превышают другие расходы, связанные с сырьем, трудом и обслуживанием [2,3]. Это подчеркивает необходимость эффективного управления энергетическими ресурсами, акцентируя важность энергетических аудитов для обеспечения экономической эффективности промышленных операций.

В Узбекистане энергетическая структура промышленности в основном зависит от ископаемых источников топлива, природного газа и электричества, вырабатываемого на тепловых и гидроэлектростанциях. Однако электроснабжение страны часто нестабильно, что заставляет многие компании полагаться на резервные генераторы для обеспечения надежной энергии во время работы, включая помол, освещение и контроль климата [4].

С учетом растущего спроса на энергию, ограниченности этих ресурсов и увеличения цен на ископаемые виды топлива крайне важно понимать механизмы, влияющие на качество энергии и потребление. Комплексные анализы необходимы для выявления неэффективностей в перерабатывающих системах [5]. Несмотря на то, что энергетические аудиты были проведены в различных производственных секторах, существует заметный дефицит исследований, специфически рассматривающих динамику энергии в операциях переработки пшеницы.

Цель данного исследования — проанализировать энергетические потребности в мукомольном секторе Узбекистана, выявляя неэффективности в отдельных операциях для разработки стратегий оптимизации и повышения устойчивости.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На мукомольном заводе АО "Фарғонадонмахсулотлари" в Узбекистане используется комбинация электрических и ручных источников энергии. Электрическая энергия является основным источником для операций, дополнительно используется резервный генератор для компенсации проблем с надежностью электроснабжения. Этапы включает следующие основные операции, представленных на Рис.1.[6]

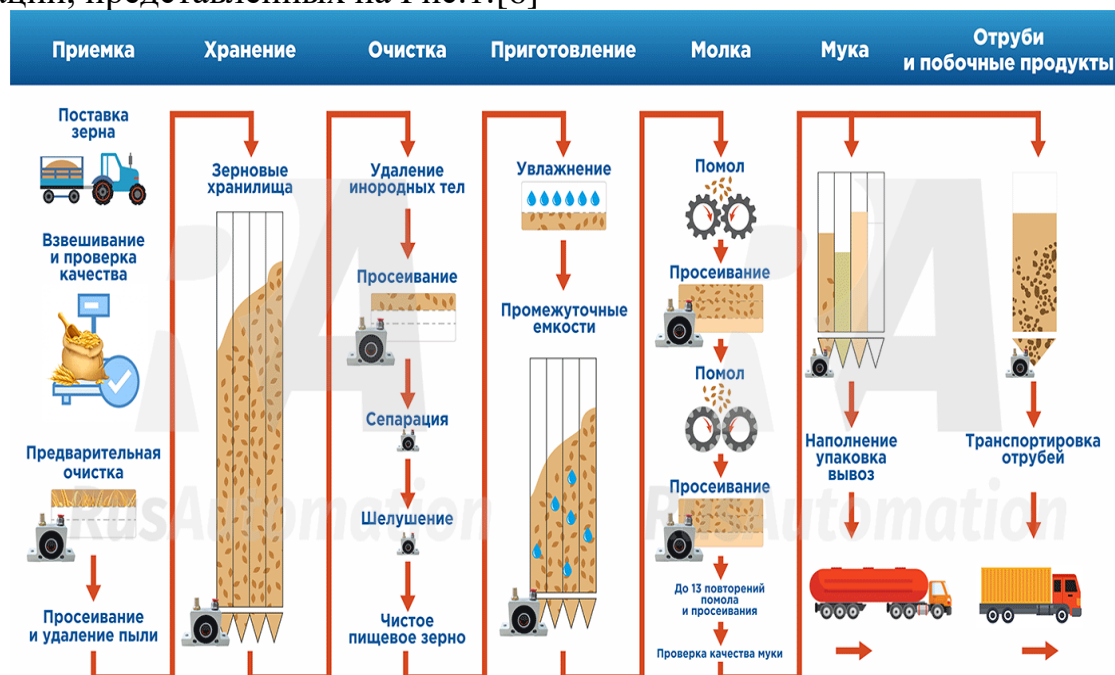


Рис.1. Этапы производства муки.

Пшеница сначала принимается и взвешивается с использованием калиброванной весовой машины, способной измерять грузы грузовиков. Вес

пшеницы определяется путем вычитания веса пустого грузовика из веса загруженного. Затем пшеница транспортируется в хранилище с помощью подъемников и конвейеров, после чего проводятся оценки качества для определения содержания белка и других характеристик.

Далее идет этап очистки, который включает несколько стадий просеивания для удаления посторонних материалов, таких как чехлы и камни. Магнитный сепаратор используется для удаления любых металлических загрязнений. Затем пшеница проходит через этап обработки или кондиционирования, на котором добавляется вода (от 4% до 6% в зависимости от начальной влажности), чтобы смягчить наружный слой, что упрощает процесс помола. Кондиционированная пшеница остается в бункерах на 10-24 часа перед помолом.

Система очистки включает очистители, дополнительные валки и просеивание, которые дополнительно уточняют продукт. Этап уменьшения использует гладкие валки для производства муки, при этом процесс может повторяться до 11 раз для достижения необходимой тонкости. Конечные продукты распределяются как мука (75%), манная крупа (3%) и отруби (22%). Готовая мука затем расфасовывается в упаковки по 50 кг, включая операции по загрузке, взвешиванию и запечатыванию. Энергетические затраты на каждую операцию документируются с учетом электрических и ручных источников [7].

Анализ сосредоточен на основных источниках энергии, включая электрическую и ручную. Составлен инвентарь электродвигателей, спецификаций машин, числа рабочих и времени работы для каждой единицы. Используемые инструменты измерения включали:

- секундомеры для отслеживания времени, затраченного на операции;
- мерные цилиндры для определения объемов воды;
- весовые балки для определения количества материалов.

Энергетические затраты для каждой операции представлены в Таблице 1.

Таблица 1.

Энергетические параметры переработки пшеницы на мукомольном заводе АО "Фаргонадонмахсулотлари"

Этап обработки	Измеряемые параметры	Значение
Приемка и загрузка зерна	Время выполнения (часы)	2
	Потребляемая электроэнергия (кВт)	50
Начальная обработка зерна	Время выполнения (часы)	5
	Потребляемая электроэнергия (кВт)	32
Очистка	Время выполнения (часы)	9
	Потребляемая электроэнергия (кВт)	27.5
Кондиционирование	Время выполнения (часы)	7
	Потребляемая электроэнергия (кВт)	30.1
Промежуточное хранение (бункеры)	Время выполнения (часы)	3
	Потребляемая электроэнергия (кВт)	515.75
Помол	Время выполнения (часы)	12
	Потребляемая электроэнергия (кВт)	530.2

Хранение готовой продукции	Время выполнения (часы)	2
	Потребляемая электроэнергия (кВт)	105.8
Упаковка	Время выполнения (часы)	17
	Потребляемая электроэнергия (кВт)	62.75

Компоненты энергии из электрических и ручных источников были рассчитаны следующим образом:

Потребление электрической энергии рассчитывалось на основе оценок мощности каждого двигателя и продолжительности его работы. Для учета потерь используется следующая формула:

$$E_{\text{п}} = P \cdot t \cdot \eta$$

где: $E_{\text{п}}$ = потребляемая электрическая энергия (кВтч);

P = номинальная мощность двигателя (кВт);

t = время работы (ч);

η = коэффициент эффективности (предполагается 0,8).

Для расчета общей электрической энергии, потребляемой всеми моторами, используется формула:

$$E_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^n E_{\text{п},i}$$

где $E_{\text{п},i}$ — электрическая энергия, потребляемая i -м мотором.

Кроме того, для оценки стоимости электрической энергии можно использовать следующую формулу:

$$C_{\text{п}} = E_{\text{общ}} \cdot P_{\text{т}}$$

где: $C_{\text{п}}$ = стоимость электрической энергии (национальная валюта);

$P_{\text{т}}$ = цена за кВтч (национальная валюта).

Потребление ручной энергии оценивалось на основе стандартного энергопотребления человека в тропических условиях. Формула:

$$E_{\text{м}} = P_{\text{ч}} \cdot N \cdot t$$

где: $E_{\text{м}}$ = ручная энергия (кВтч);

$P_{\text{ч}}$ = средняя мощность одного рабочего (кВт);

N = количество работников;

t = время выполнения задач (ч).

Общая ручная энергия для всех рабочих определяется как:

$$E_{\text{м,общ}} = \sum_{j=1}^m E_{\text{м},j}$$

где $E_{\text{м},j}$ — ручная энергия, затраченная j -м работником. Также можно вычислить общую стоимость ручной энергии:

$$C_{\text{м}} = E_{\text{м,общ}} \cdot P_{\text{ч,т}}$$

где: $C_{\text{м}}$ = стоимость ручной энергии (национальная валюта);

$P_{\text{ч,т}}$ = стоимость труда на человека за час (национальная валюта).

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Анализ данных по энергии основывался на производстве 250 тонн муки из пшеницы, осуществлявшемся в две смены (по 11 часов каждая) в течение года. Потребление электрической энергии осуществлялось как из национальной сети, так и от генератора, в то время как ручная энергия отражала уровень рабочей силы, который был относительно низким из-за автоматизации.

Данные о времени и энергозатратах на производство 250 тонн муки из пшеницы представлены в Таблице 2.

Таблица 2.

Время и энергетические затраты на производство муки в Узбекистане

№	Процесс	Время выполнения (ч)	Электрическая энергия E_{pi} (МДж)	Ручная энергия E_{mi} (МДж)	Общая энергия E_{ti} (МДж)	Процент энергии $(E_{ti}/E_{tt}) \times 100$ (%)
1	Приемка и загрузка зерна	2	0	3.24	3.24	0.01
2	Начальная обработка зерна	5	900.00	0	900.0	3.64
3	Очистка	9	850.00	0	850.0	3.44
4	Кондиционирование	7	600.00	0	600.0	2.43
5	Промежуточное хранение (бункеры)	3	250.00	0	250.0	1.01
6	Помол	12	18000.00	0	18000.00	72.79
7	Хранение готового продукта	2	600.00	0	600.0	2.43
8	Упаковка	17	35.00.00	30.00	35.30	14.27
Итого			24700.00	33.24	24733.24	100.0

Для количественной оценки общего потребления энергии в производственном процессе используются следующие формулы:

1. Общая электрическая энергия (E_{pt}):

$$E_{pt} = \sum_{i=1}^n E_{pi}$$

Эта формула вычисляет сумму электрической энергии, потребляемой на каждом этапе переработки, что позволяет понять, сколько энергии используется

в электрических машинах и оборудовании. Здесь E_{pi} обозначает электрическую энергию, потребляемую на i -ом этапе процесса, а n — общее количество этапов.

2. Общая ручная энергия (E_{mt}):

$$E_{mt} = \sum_{i=1}^n E_{mi}$$

Эта формула определяет общую ручную энергию, затраченную на выполнение различных операций. E_{mi} — представляет собой ручную энергию, используемую на i -ом этапе, и n — общее количество этапов.

3. Общая энергия (E_{tt}):

$$E_{tt} = \sum_{i=1}^n E_{ti}$$

Эта формула определяет общую энергию, используемую в процессе, включая как электрическую, так и ручную. E_{ti} — это общая энергия, потребляемая на i -ом этапе процесса.

Общая потребность в энергии для производства муки была рассчитана на уровне 25,500.00 МДж, что соответствует общей энергетической интенсивности 0.102 МДж/кг и связанной стоимости 10.690/кг. Замечено, что ручная энергия составила лишь 0.15% от общего объема, что подчеркивает высокий уровень автоматизации завода. Процесс помола оказался самым энергоемким, потребляя 18,300.00 МДж, в то время как упаковка использовала 3,500.00 МДж, что составило 73.08% (0.076 МДж/кг) и 16.35% (0.017 МДж/кг) от общего объема энергии [8].

Для общей энергетической интенсивности процесса помола используется формула:

$$I_n = \frac{E_n}{M_n}$$

где: I_n = энергетическая интенсивность (МДж/кг);

E_n = энергия, потребляемая на помол (МДж);

M_n = масса обработанной пшеницы (кг).

Для более глубокого анализа общей производственной эффективности можно использовать следующий коэффициент:

$$K_n = \frac{M_n}{E_{\text{общ}}}$$

где: K_n = коэффициент производительности (кг/МДж).

Для анализа общей стоимости производства можно использовать:

$$C_{\text{общ}} = C_n + C_m$$

где: $C_{\text{общ}}$ = общая стоимость производства (национальная валюта);

C_n = стоимость электрической энергии;

C_m = стоимость ручной энергии.

Оптимизация энергозатрат в помольном узле требует улучшения процессов кондиционирования, чтобы сократить количество проходов при помоле, тем самым снижая потребление энергии и затраты на производство. Кроме того, улучшение мощности и эффективности оборудования может

уменьшить зависимость от очистителей, что также будет способствовать экономии энергии.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Энергетический анализ мукомольного завода АО "Фарғонадонмахсулотлари" в Узбекистане выявил несколько ключевых выводов:

- Завод в основном использует электрическую энергию из национальной сети, дополняемую резервным генератором;
- Для производства муки необходимо восемь отдельных операций;
- Основными источниками энергии являются электрическая и ручная энергия, при этом ручная энергия составляет минимальную долю от общего объема;
- Оценочная энергетическая интенсивность производства муки составляет 0.102 МДж/кг;
- Процесс помола является самым энергоемким, представляя 73.08% от общего потребления энергии.

Будущие исследования должны сосредоточиться на выявлении дополнительных возможностей для повышения энергоэффективности и интеграции возобновляемых источников энергии для укрепления устойчивости в мукомольной промышленности Узбекистана.

ЛИТЕРАТУРЫ

1. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО). (2023). *Обзор рынка пшеницы*. Доступно на: FAO Website.
2. Министерство сельского хозяйства Республики Узбекистан. (2022). *Отчет о производстве сельского хозяйства*. Ташкент: Министерство сельского хозяйства Узбекистана.
3. Энергетическое агентство Узбекистана. (2021). *Тенденции потребления энергии в сельском хозяйстве*. Ташкент: Энергетическое агентство.
4. Системы переработки пшеницы. (2020). *Технологии и процессы переработки зерна: Учебное пособие*. Ташкент: Издательство «Фан».
5. Всемирный банк. (2022). *Экономическое обновление Узбекистана*. Доступно на: World Bank Website.
6. Б.Р.Исмаилов, А.А.Уринбоев: О проблемах разработки АСУ в подготовке зерна на мукомольных комбинатах. Труды международной научно-практической конференции «Ауэзовские чтения - 22». Том 5. Шымкент, 2024
7. С. О. Джекайф и др. (2007). Энергетический анализ производственных процессов.
8. Шукуров, Т. А. (2021). *Энергетическая эффективность в сельском хозяйстве Узбекистана: Исследование и рекомендации*. Аграрная экономика, 12(4), 45-52.