

МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ НА ТЕХНОЛОГИЮ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ В ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ КООПЕРАЦИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**Докт. техн. наук СЕДНИН В. А., канд. техн. наук ВОЛОШИН Ю. И.,
инж. КИЧАЕВ М. В.**

*Белорусский национальный технический университет,
НИИ Белкоопсоюза*

Хлебопекарная отрасль занимает одно из ключевых положений не только в системе потребительской кооперации, но и в пищевой промышленности Республики Беларусь. Объемы выпускаемой отраслью продукции, факторы качества и стоимости играют важную роль для населения республики и напрямую связаны с продовольственной безопасностью государства. Поэтому эффективное использование энергии в хлебопекарной промышленности оказывает влияние не только на экономику производственной деятельности, но и в силу стратегической важности выпускаемого отраслью продукта на социально-политическую ситуацию в стране.

Важную роль в формировании себестоимости продукции и подготовке производственной программы играют технологическое оборудование и производственные энергетические затраты. Задача эффективного использования энергии в соответствии с Директивой Президента Республики Беларусь от 14 июня 2007 г. № 3 «Экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства», концепцией энергетической безопасности Республики Беларусь (Указ Президента Республики Беларусь от 17 сентября 2007 г. № 433), а также необходимость модернизации отрасли согласно «Программе по энергосбережению Белкоопсоюза на 2010 г.» определяют научные исследования в данной сфере.

Вопрос эффективного использования энергии и модернизации хлебопекарной отрасли потребительской кооперации нашел отражение в ряде публикаций [1–4] и научных исследованиях [5–7]. Анализируя их, можно прийти к выводу о том, что одним из важных аспектов, характеризующих энергоэффективную модернизацию объектов отрасли, является согласование объемов потребляемой энергии с технологическими требованиями оборудования.

Хлебопекарная промышленность – одна из крупных высокомеханизированных отраслей в Республике Беларусь, предприятиями которой в 2008 г. произведено 557,8 тыс. т хлеба и хлебобулочных изделий [2]. Самыми крупными производителями хлеба и хлебобулочных изделий являются государственные хлебозаводы (департамент хлебопродуктов и КУП «Минскхлебпром») и хлебозаводы Белкоопсоюза.

В системе потребительской кооперации по состоянию на 1 января 2009 г. выпуск хлеба и хлебобулочных изделий осуществляло 81 хлебопекарное предприятие, в том числе пять мини-пекарен. Общая производственная

мощность парка хлебопекарного оборудования составляет 701,5 т хлеба и хлебобулочных изделий в сутки. Всего в 2008 г. хлебопекарными предприятиями Белкоопсоюза выпущено более 116 тыс. т хлеба и хлебобулочных изделий, что составляет 20,8 % общего объема производства в Республике Беларусь. Среднесуточный объем выпуска продукции предприятиями Белкоопсоюза – около 317 т.

Классификация хлебозаводов потребкооперации. Анализ хлебопекарных предприятий Белкоопсоюза по критерию среднесуточной производительности в 2008 г. позволил разбить хлебозаводы отрасли на три основных типа (табл. 1).

Таблица 1

Группировка хлебозаводов Белкоопсоюза с классификацией по среднесуточной производительности в 2008 г.

Классификация по производительности, т/сут.					Государственные хлебозаводы
Тип 1 • свыше 5 т /суммарная производительность	Тип 2 • от 3 до 5 т /суммарная производительность	Тип 3 • от 1 до 3 т /суммарная производительность	Мини-пекарни /суммарная производительность	Общее количество /суммарная производительность	
23 / 151,4	27 / 101,5	26 / 58,9	5 / 4,7	81 / 316,5	57*

* В том числе семь хлебозаводов «Минскхлебпрома» в г. Минске.

Следует отметить, что пять мини-пекарен с суммарной суточной производительностью 4,7 т продукции попадают в отдельный класс, который ввиду малого количества предприятий и небольших объемов производства не оказывает существенного влияния на объемы потребляемых энергоресурсов предприятиями отрасли.

Выбор типовых моделей хлебозаводов. Доля хлеба и хлебобулочных изделий в структуре производства потребительских товаров в системе потребкооперации в 2008 г. составила 27,4 % от общего объема производства [2].

Соотношение среднесуточного объема производства к производственной мощности хлебозаводов Белкоопсоюза определяет коэффициент использования производственных мощностей, который в 2008 г. составил 45,2 %. Значение коэффициента использования хлебопекарного оборудования показывает, что даже с учетом наличия постоянно необходимого резерва производственной мощности (25 %) и численности рабочих для своевременного (в течение нескольких часов) увеличения выпуска продукции в связи с повышением заказа на хлебопекарные изделия эффективность использования хлебопекарного оборудования на заводах потребкооперации находится на не высоком уровне. Эксплуатация технологического оборудования с неполной его загрузкой приводит к увеличению энергетической составляющей в себестоимости продукции и является одной из причин низкой рентабельности производимой продукции.

Анализ удельного потребления топливно-энергетических ресурсов на производство 1 т хлебобулочных изделий показал, что расход топлива, тепловой и электрической энергии на заводах потребительской кооперации

соответственно в 1,3; 1,8 и 1,3 раза выше по сравнению с родственными предприятиями «Минскхлебпрома» [5]. Одна из основных причин указанных недостатков – использование на ряде предприятий устаревших энергоёмких хлебопекарных печей и вспомогательного оборудования.

Таким образом, наиболее значимыми факторами, влияющими на структуру ассортимента и рентабельность выпускаемой продукции, являются техническое оснащение хлебопекарных предприятий и внедрение современного технологического оборудования, без которого невозможно добиться эффективного использования энергии в отрасли. Главная задача хлебопекарной отрасли потребительской кооперации – проведение комплексного технического перевооружения хлебозаводов с заменой печей устаревших моделей и всего комплекса вспомогательного технологического оборудования.

Разработку предложений по техническому перевооружению и комплексной модернизации хлебозаводов потребительской кооперации предлагается вести по трем типовым объектам – хлебозаводам с производительностью 2; 4 и 6 т хлебобулочных изделий в сутки.

Для хлебозавода каждого типа необходимо разработать инновационные типовые проектные решения по созданию технологических линий, состоящих из одной или двух высокоэффективных хлебопекарных печей и энергоэффективного вспомогательного оборудования, согласованного по производительности. Все вспомогательное оборудование предназначается для обеспечения технологического процесса производства от подготовки сырья до отгрузки готовой продукции с максимально возможным уровнем автоматизации, минимальными эксплуатационными издержками, минимальным уровнем энергопотребления (в натуральном и стоимостном выражении) при обеспечении высокого качества выпускаемой продукции.

Описание и анализ основных технологических процессов при производстве хлебобулочных изделий. Предприятия хлебопекарной отрасли характеризуются большим разнообразием по структуре и мощностям. Хлебопекарное производство отличается от других видов производств прежде всего тем, что:

- все предприятия, за исключением специализированных по выработке баранок, сухарей и пряников, выпускают продукцию в соответствии с ежедневно изменяющимися заказами. Срок исполнения каждого заказа как по количеству, так и по ассортименту исчисляется часами и всегда меньше суток;

- предприятия хлебопечения должны иметь постоянные резервы производственной мощности (25 %) и численность рабочих для своевременного (в течение нескольких часов) увеличения выпуска продукции в связи с повышением заказа на хлебобулочные изделия;

- выпуск продукции каждого предприятия тесно увязывается со сбытом, так как выработанная, но нереализованная продукция представляет собой возвратные отходы производства;

- как готовая продукция, так и незавершенная исключает возможность длительного хранения и, следовательно, образование маневренных запасов.

Эти особенности оказывают существенное влияние на организацию всего производственного цикла хлебопекарных предприятий.

Одним из главных элементов деятельности хлебопекарных предприятий является формирование производственной программы, неотъемлемая часть которой – структура ассортимента и видов продукции.

Процесс производства хлебобулочных изделий (рис. 1) складывается из следующих основных этапов: приемка и хранение сырья; подготовка сырья к пуску в производство; приготовление теста; разделка теста; выпечка; хранение выпеченных изделий и отправка их в торговую сеть.



Рис. 1. Функциональная схема производства хлебобулочных изделий

Каждый из этих этапов в свою очередь складывается из отдельных, последовательно выполняемых производственных операций и процессов [2].

Технологическое оборудование для производства хлебобулочных изделий. На рис. 2, 3 изображены типовые схемы приготовления хлебобулочных изделий.

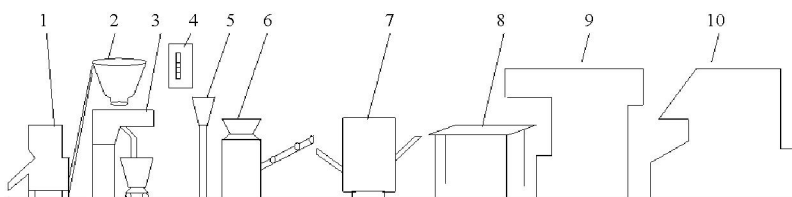


Рис. 2. Структурная схема производства хлеба: 1 – мукопросеиватель; 2 – весы; 3 – тестомесильная машина; 4 – дозатор воды; 5 – деаэропрокидыватель; 6 – тестоделитель; 7 – раскаточная машина (для подового хлеба); 8 – стол производственный; 9 – оборудование окончательной расстойки; 10 – печь хлебопекарная тупиковая

Позиции 1–6 и 8–10 структурной схемы линии производства хлеба (рис. 2) применяются для производства хлеба как формового, так и подового. Позиция 7 устанавливается только при производстве подового хлеба.

В структурной схеме линии производства булочных изделий (рис. 3) представлен полный комплект технологического оборудования для производства булочных изделий. В зависимости от выпускаемого ассортимента (например, плетенки, витушки и т. д.) позиции 8 и 10 исключаются.

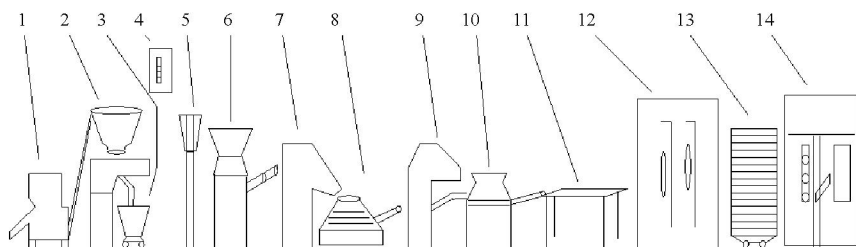


Рис. 3. Структурная схема производства булочных и сдобно-булочных изделий: 1 – мукопросеиватель; 2 – дозатор муки; 3 – тестомесильная машина; 4 – дозатор воды; 5 – дежеопрокидыватель; 6 – тестоделитель; 7 – камера предварительной расстойки; 8 – тестоокруглитель; 9 – закаточная машина; 10 – багетница; 11 – разделочные столы; 12 – оборудование окончательной расстойки; 13 – тележки и противни для выпечки изделий; 14 – печь ротационная

Требования к помещениям при проектировании хлебозаводов. Технологические нормы проектирования подлежат применению при разработке проектов на реконструкцию, расширение или техническое перевооружение хлебопекарных предприятий. Эти нормы содержат примерный перечень помещений, необходимых для организации технологического цикла производства хлебобулочных изделий.

В табл. 2 представлены типовой набор помещений для организации технологического процесса производства хлебобулочных изделий и их площади. В качестве основы типовых проектов использованы хлебозаводы Воложинского, Любанского и Борисовского (г. п. Новосады) райпо.

Таблица 2

Типовые помещения для организации производства хлебобулочных изделий

Наименование помещения	Ориентировочная площадь помещений хлебопекарного предприятия, м ²		
	Свыше 5 т/сут.	От 3 до 5 т/сут.	До 3 т/сут.
Складские помещения:			
склад хранения муки	285,0	128,0	252,0
склад суточного хранения муки	138,0	56,0	56,0
склад для хранения дополнительного сырья	69,4	29,0	28,0
Производственные помещения:			
основной цех, включая помещения для подготовки сырья к производству	542,0	260,0	248,0
остывочное отделение и экспедиция	410,0	120,0	130,0

Подсобные помещения:			
производственная лаборатория	45,9	12,0	15,0
зарядная станция	3,0	3,0	3,0
ремонтно-механическая и столярная мастерские, мастерская КИП	14,0	14,0	14,0

Окончание табл. 2

Наименование помещения	Ориентировочная площадь помещений хлебопекарного предприятия, м ²		
	Свыше 5 т/сут.	От 3 до 5 т/сут.	До 3 т/сут.
котельная	278,0	123,0	65,0
хранение уборочного инвентаря	25,0	20,0	15,0
мойки оборотной тары	104,7	65,0	24,0
Вспомогательные помещения:			
бытовые (гардеробные, санузлы)	175,0	81,0	79,0
бельевой и прачечной	14,9	14,0	12,0

Подход к разработке технико-экономической модели энергоэффективного хлебозавода. До проведения модернизации или технического перевооружения любого хлебозавода необходимо провести предпроектные исследования, целью которых являются изучение технологического оборудования, его технико-эксплуатационных характеристик, объемов потребления топливно-энергетических ресурсов и оценка экономической эффективности планируемых мероприятий.

Для достижения заданной цели был предложен следующий алгоритм расчета затрат энергетических ресурсов, который состоит из четырех составляющих.

1. Выбор технологического оборудования. На данном этапе подбирается необходимое технологическое оборудование, приемлемое для предприятия по производительности, количеству, цене и технологичности. При этом планируются установленная мощность и производительность хлебозавода с учетом коэффициента использования мощностей.

Данные о технологическом оборудовании – название, производительность, количество единиц оборудования каждого типа, цена единицы оборудования и суммарная стоимость оборудования каждого типа заносятся в таблицу необходимых технических средств. Рассчитывается общая стоимость технологического оборудования.

2. Ориентировочный расчет времени работы оборудования, планируемого к установке в результате технического перевооружения. Для этого необходимо спланировать структуру ассортимента, потребность в основном сырье (муке) и провести расчеты времени работы каждой единицы оборудования на каждой технологической стадии. Данные расчетов по каждому наименованию оборудования заносятся в таблицу и являются исходными для расчета требуемых объемов топлива и электрической энергии, а также стоимости.

3. Расчет затрат топливно-энергетических ресурсов на единицу продукции после технического перевооружения. На основании анализа характеристик технологического оборудования, определенного на первом этапе, его номинальной мощности или удельного расхода топлива, рассчитанного на втором этапе времени работы оборудования, определяются стоимость ресурсов на весь объем суточного выпуска продукции и затраты на единицу продукции.

4. На основании анализа электрических и тепловых нагрузок и возможных вариантов топливоснабжения выбирается оптимальный источник энергоснабжения: подключение к централизованным системам электро- и теплоснабжения, локальный комбинированный энергоисточник или смешанный вариант энергоснабжения.

Данный алгоритм расчета позволяет: выбрать менее энергозатратное оборудование, просчитать его необходимое количество, заранее видеть нагрузку на каждую единицу, определиться со сменностью предприятия после технического перевооружения, сопоставить топливно-энергетические затраты на единицу выпускаемой продукции до и после технического перевооружения, определиться со схемой энергоснабжения.

Полученные на каждом этапе данные в табличной форме позволили разработать программную модель с использованием возможностей Microsoft Excel, автоматизировать процесс расчетов объемов и стоимости энергоресурсов для оценки различных вариантов комплектации хлебозаводов хлебопекарным и технологическим оборудованием по критерию минимизации энергозатрат на выпуск единицы изделия или на 1 т продукции.

ВЫВОДЫ

1. В системе Белкоопсоюза в отдельную подотрасль можно выделить хлебопекарные заводы, техническое состояние и энергоемкость которых в настоящее время требуют разработки программы их технического перевооружения.

2. Предложен методологический механизм для оценки различных вариантов комплектации хлебозаводов хлебопекарным и технологическим оборудованием по критерию минимизации энергозатрат на выпуск единицы изделия или на 1 т продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. А к т у а л ь н ы е проблемы развития потребительской кооперации в условиях рынка / Гомельский кооперативный институт; редкол.: А. И. Савинский [и др.]. – Гомель: ГКИ, 1995. – 240 с.

2. А к т у а л ь н ы е вопросы хлебопекарного и кондитерского производств потребительской кооперации: материалы респ. семинара, г. Минск, 17 июля 2009 г. – Минск, 2009. – 58 с.

3. О с н о в ы энергосбережения: учеб. пособие / Б. И. Врублевский [и др.]; под ред. Б. И. Врублевского. – Гомель: ЧУП «ЦНТУ “Развитие”», 2002. – 190 с.

4. М е т о д и ч е с к и е рекомендации по нормированию расхода топливно-энергетических ресурсов в системе потребительской кооперации Республики Беларусь / В. И. Новик. – Минск: Проектное унитарное предприятие «Белкооппроект» Белкоопсоюза, 2003. – 101 с.

5. И с с л е д о в а т ь и обосновать перспективные направления ресурсосбережения в основных отраслях потребительской кооперации Республики Беларусь на основе внедрения новых технологий и техники: отчет о НИР (заключ.) / Учреждение «НИИ Белкоопсоюза»; рук. темы Н. В. Сафронов. – Минск, 2008. – 109 с. – № ГР 20072889.

6. **Обосновать** перспективные направления энергосбережения в основных отраслях потребительской кооперации Республики Беларусь до 2010 г.: отчет о НИР (заключ.) / Учреждение «НИИ Белкоопсоюза»; рук. темы С. И. Мазоль. – Минск, 2007. – 365 с. – № ГР 2006502.

7. **Разработать** экономическую модель внедрения энергосберегающих инноваций в отраслях Белкоопсоюза: отчет о НИР (заключ.) / Учреждение «НИИ Белкоопсоюза»; рук. темы Ю. И. Волошин. – Минск, 2009. – 289 с. – № ГР 20092208.

Представлена кафедрой ТЭС
УДК 621.928.37 + 621.928.93

Поступила 16.06.2010

НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ ЛОПАСТНОГО РАСКРУЧИВАТЕЛЯ ЦИКЛОННОГО АППАРАТА

**Магистр техн. наук, асп. МИСЮЛЯ Д. И., канд. техн. наук КУЗЬМИН В. В.,
докт. техн. наук, проф. МАРКОВ В. А.**

Белорусский государственный технологический университет

Циклонные аппараты благодаря дешевизне, простоте устройства и обслуживания, высокой производительности являются самым распространенным типом пылеуловителей. Наиболее широкое применение получили цилиндрические циклоны конструкции НИИОГАЗ, среди которых в свою очередь чаще всего используются циклоны типа ЦН-15, обеспечивающие достаточно высокую эффективность при умеренном гидравлическом сопротивлении [1].

Энергопотребление циклонов определяется гидравлическими потерями в них, которые в основном связаны с вращательным движением газа и потерей кинетической энергии выходящего вихревого потока [2]. Для снижения последних можно использовать регенераторы давления, выполненные в виде лопастных раскручивателей [3].

А. А. Первов [4] исследовал девять типов раскручивателей, среди которых, с точки зрения сохранения аэродинамических условий сепарации пыли, оптимальным является винтлопастный раскручиватель (рис. 1а). Устройство, имеющее форму каплевидного тела, устанавливается внутри выхлопной трубы и состоит из цилиндрической части 1 с радиальными лопастями 2, изогнутыми по винтовой линии, конуса 3 и обтекателя 4. Применение винтлопастного раскручивателя позволяет снизить гидравлическое сопротивление циклонов ЦН-15 на 19–20 % без ухудшения качества очистки. В то же время потери давления вследствие вращательного движения в выхлопной трубе составляют 25–30 % от общего сопротивления [4]. Учитывая сказанное выше, а также постоянно возрастающую значимость проблемы энергосбережения, нами разработана новая конструкция лопастного раскручивателя (рис. 1б). Раскручиватель, располагаемый в выхлопной трубе циклона, состоит из цилиндрической части с радиальными, изогнутыми по направлению вращения газового потока лопастями и конуса. Профиль лопастей соответствует дуге окружности радиусом R с углом входа α , определяемым аэродинамикой газового потока в выхлопной трубе, и углом выхода, соответствующим осевому движению газа.

Целью данной работы являлось определение оптимальных геометрических параметров лопастного раскручивателя, которые изменялись в следу-