

секунд [7]. Следовательно, более эффективным было многократное непродолжительное воздействие на ячмень, чем однократное, но длительное по времени.

На основании проведенных исследований установлены факторы, влияющие на повышение экстрактивности солода: напряженность переменного электрического поля в ячмене $(2,0 \dots 2,5) \cdot 10^5$ В/м; время воздействия 3 с; количество воздействий на одну партию ячменя 3 раза; время паузы между электрообработками 5 с.

Исследованные биохимические показатели имеют небольшой диапазон изменений параметров, но огромное влияние на конечных продукт. Например, повышение экстрактивности солода на один процент увеличивает выпуск пива на 50...60 литров с одной тонны солода. В масштабах Беларуси это может дополнительно составить 150 тыс. дал пива на сумму более 2,4 млн. руб. в год, в ценах 2024 года.

Помимо экономического эффекта, электротехнологический способ обладает выраженным экологическим эффектом, позволяющим снизить воздействие на окружающую среду солодовенного производства по сравнению с химическими и биологическими способами обработки пивоваренного ячменя.

Литература

1. Способ обработки пивоваренного ячменя в сухом виде : пат. ВУ 22032 / О. В. Бондарчук, В. А. Пашинский, Н. Ф. Бондарь. – Оpubл. 30.10.18.
2. Decagon Devices [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://decagon.ru/aw/activity-of-water>. – Дата доступа: 24.11.2023.
3. Федоренко, Б. Н. Инженерия пивоваренного солода : учеб.-справ. пособие / Б. Н. Федоренко. – СПб. : Профессия, 2004. – 248 с.
4. Косминский, Г. И. Технология солода, пива и безалкогольных напитков : лабораторный практикум по техническому контролю производства / Г. И. Косминский. – Минск : Дизайн ПРО, 1998. – 352 с.
5. Пашинский, В. А. Увеличение амилолитической активности солода / В. А. Пашинский, Н. Ф. Бондарь, О. В. Бондарчук // Агропанорама. – 2009. – № 2 – С. 17–21.
6. Кунце, В. Технология солода и пива : пер. с нем. / В. Кунце, Г. Мит. – СПб. : Профессия, 2001. – 912 с.
7. Беркинблит, М. Б. Электричество в живых организмах / М. Б. Беркинблит, Е. Г. Глаголева. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 288 с.

УДК 681.5

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СУШКИ КОНЦЕНТРАТА КСІ В УСЛОВИЯХ ОАО «БЕЛАРУСЬКАЛІЙ»

Кобринец В.П., к.т.н., доцент, **Барашко О.Г.**, к.т.н., доцент
Белорусский государственный технологический университет, г. Минск

Основная задача управления процессом сушки КСІ – это получение готового концентрата с заданным влагосодержанием.

Основным продуктом калийной промышленности является хлорид калия (КСІ), который используется в качестве удобрений и как составляющая сложных удобрений в сельском хозяйстве.

Промышленная переработка калийных руд выполняется преимущественно флотационным и галургическим способом.

Технология переработки сильвинитовой руды флотационным способом в условиях ОАО «Беларуськалий» включает следующие операции: измельчение, классификацию, обесшламливание, флотацию, обезвоживание продуктов обогащения, осветление оборотных потоков и сушку концентрата.

Галургический метод переработки калийных руд также содержит операцию сушки. Сушка является завершающей стадией на пути для получения товарного продукта. Высушивание проводится до остаточной влажности не более 1%, если продукт предназначен для отправки потребителю, и не более 0,5%, если он идет после сушки на грануляцию.

В калийной промышленности в основном применяются барабанные сушилки (и сушилки с псевдоожиженным кипящим слоем (аппараты КС). Все эти аппараты имеют топки для сжигаемого топлива, а сушка проводится горячими продуктами сжигания. Процесс осуществляется при прямом контакте между теплоносителем и концентратом КС1. При этом наиболее эффективным по производительности по энергосбережению является процесс сушки в аппаратах КС, особенности автоматизации которого представляют практический и научный интерес [1].

В аппарате КС взаимодействие твердых частиц и газов происходит в псевдоожиженном слое, создаваемым на газораспределительной решетке, при подаче на нее сверху влажного продукта, а снизу теплоносителя, который создает эффект псевдооживления. Скорость газа в слое 1-2 м/с в зависимости от крупности частиц, продолжительность высушивания – несколько минут.

Основной задачей автоматического контроля и управления процессом сушки в аппарате КС является минимизация расхода топлива при получении продукта заданной конечной влажности. Основными возмущающими воздействиями являются изменение количества сырого материала или его начальной влажности, или того и другого вместе взятых. Основной выходной параметр – конечная влажность продукта.

Особенностью установок для сушки в аппарате КС является большая интенсивность процесса и большая скорость изменения параметров, которые характеризуют процесс сушки. Одной из основных задач регулирования промышленных установок КС является поддержание теплового баланса процесса путем стабилизации температуры слоя в аппарате. Этот параметр является наиболее важным показателем процесса сушки в КС, потому что однозначно определяет конечную влажность продукта.

Регулирование температуры слоя можно осуществить двумя разными способами. При первом способе стабилизируется температура и количество теплоносителя, которые определяют природную часть теплового баланса, а постоянство температуры слоя поддерживается путем регулирования количества влажности материала, подаваемого в слой. При таком способе регулирования температуры слоя между сушкой и предыдущим процессом целесообразно установить промежуточный бункер, который должен сглаживать возможные небольшие колебания нагрузки.

Второй способ регулирования температурного слоя можно использовать в том случае, если по технологическим условиям установка КС должна работать без промежуточного бункера. Стабилизация температурного слоя достигается в этом случае изменением температуры теплоносителя. Поскольку при постоянном расходе воздуха температура теплоносителя определяется только расходом топлива, то этот способ сводится к регулированию расхода топлива в зависимости от температуры слоя [2].

Выбор способа регулирования температуры зависит от конкретных условий сушки и работы предыдущих ей производственных отделений.

Кроме управления температурой слоя, для нормальной работы аппарата КС необходимо также поддерживать на определенном заданном уровне сопротивление слоя, от которого зависит аэродинамический режим сушки. Сопротивление слоя может быть измерено по разности давлений среды до и после него. При этом стабилизация сопротивления слоя может быть достигнута путем изменения количества выгружаемого из слоя сухого материала при помощи изменения производительности разгрузочного устройства.

Для нормальной работы аппарата КС также необходимо обеспечить определенную скорость газа в слое, т.е. подачу определенного количества воздуха в систему путем стабилизации величины разряжения в верхней части аппарата КС.

Проведенный анализ динамических свойств установки КС показал, что по каналам связи «загрузка – температура в слое», «влажность материала – температура в слое» установка КС может быть описана апериодическими звеньями 1-го порядка. Эти динамические характеристики могут быть использованы для синтеза системы управления процессом сушки, инвариантной к указанным возмущениям.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Кузьміцкі, І.Ф. Аўтаматызацыя хімічна-тэхналагічных працэсаў і вытворчасцяў. І.Ф. Кузьміцкі, В.П. Кобрынец. – Мн.: БДТУ, 2004. – 232 с.
- 2 Головков, Б.Ю. Системы и средства автоматизации обогатительных фабрик. Б.Ю. Головков, Л.А. Рейбман, Г.Т. Колмаков. – М.: Наука, 1990. – 232 с.

УДК 620.9(476)

СТРУКТУРНАЯ ПЕРЕСТРОЙКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Клинцова В.Ф.

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Энергетический переход – значительное структурное изменение топливно – энергетического комплекса (ТЭК) страны под влиянием научно-технического прогресса при существующих вызовах экологической, энергетической и экономической безопасности страны. В ходе энергоперехода увеличивается доля новых первичных источников энергии, вовлечение их в энергосистему страны, постепенное снижение старых источников в общем объеме энергопотребления.

Основными направлениями современного энергоперехода являются:

- экологичность;
- энергоэффективность;
- децентрализация;
- цифровизация;

При современном энергопереходе доминирует экологический показатель, ежегодно только в агропромышленном комплексе Республики Беларусь образуется около 70 млн тонн отходов которые требуется очистить и переработать.

Частичный технологический переход отечественной энергетики от генерации на основе ископаемых видов топлива, доминантом выступает закупочный природный газ к возобновляемым энергоресурсам формирует новые тренды, требующее больших финансовых вложений, наукоемких и высокотехнологичных разработок, особенно важных для энергетической отрасли.

Из большого комплекса направлений и способов снижения зависимости от углеродного топлива возможно отметить наиболее значимые. В связи с тем, что ТЭК страны базируется на использовании органических видов топлива, требуется активная трансформация технологий снижения углеродного следа, с созданием климатически нейтральных электростанций и установок без существенных выбросов парниковых газов в атмосферу за счет повышения энергоэффективности, новых технологий и утилизации парниковых газов.

Приоритетное развитие получают мероприятия по переходу на энергосберегающие технологии, на эффективное использование вторичных энергоресурсов, на применение когенерации и тригенерации, возобновляемых источников энергии.

Значительным потенциалом обладают биогазовая генерация, которая становится из наиболее интересных и перспективных отраслей. Данная технология является из наиболее перспективных направлений в сфере возобновляемых источников энергии, поскольку решает сразу энергетическую и экологическую проблему – проблему утилизации отходов. Ввиду