

УДК 663.4

Русакович Д.Ч. Науч. рук. Морзак Г.И.

## **Воздействие пивоваренных предприятий на объекты окружающей среды**

БНТУ, ФГДЭ, гр. 30203112

Как и любое промышленное предприятия пивоваренные предприятия связаны с применением различного оборудования обеспечивающего производственный процесс. Приготовление пива – один из самых сложных технологических процессов в пищевой промышленности. Основные важные этапы классической технологии пивоварения, которую использует большинство современных заводов:

- приготовление пивного сусла;
- сбраживание пивного сусла дрожжами;
- дображивание и созревание пива;
- розлив.

Дробленный солод засыпают в заторный аппарат, в который предварительно наливают подогретую воду. Затиране ведется в соответствии с выбранным способом по специальной технологической инструкции. Затор нагревают с необходимой скоростью с выдерживанием пауз при определенных температурах. Затем затор перекачивают на фильтрование в фильтрационный аппарат.

Фильтрованное сусло и промывные воды перекачиваются в суловарочный аппарат и подвергаются кипячению с хмелем. Готовое сусло перекачивают в гидроциклонный аппарат, в котором происходит осветление сусла за счет отделения белкового и хмелевого осадков под гидродинамическим воздействием.

После выдержки сула в гидроциклонном аппарате производится его охлаждение до установленной температуры в пластинчатом теплообменнике.

По выходу из теплообменника суло перекачивается в бродильный аппарат, расположенный в специально охлажденном бродильном отделении при температуре 10-12°C. Главное брожение ведется 5-10 суток. По окончании процесса проверяют видимую степень сбраживания молодого пива с помощью сахарометра.

Молодое пиво перекачивается в аппараты дображивания расположенные в специально охлажденном помещении с температурой 2-3°C. Далее происходит созревание пива при заданной температуре и давлении. Длительность дображивания от 6 до 100 суток в зависимости от сорта пива. Продукт, полученный в конце процесса готов к употреблению и розливу.

Розлив пива производят на автоматических линиях розлива в стеклянные бутылки, ПЭТ-бутылки, банки, кеги. С целью стабилизации пива применяют пастеризацию. Это сложный процесс, который длится около 60 дней и во многом зависит от квалификации пивовара. Несмотря на то, что исходным сырьём являются одни и те же компоненты, качество пива, вырабатываемое разными предприятиями, различно [1].

По воздействию на окружающую среду технологий пивоварения, возникающим на этапе эксплуатации пивоваренных предприятий, в первую очередь относятся:

- потребление энергии;
- потребление воды;
- сброс сточных вод;
- образование отходов производства и побочных продуктов;
- выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух [2].

Для технологических процессов пивоваренного производства характерно достаточно интенсивное потребление как электрической, так и тепловой энергии. Тепловая энергия потребляется в бойлерах для производства пара, который используется главным образом для варки суслу и нагревания воды в варочном цехе и в цехе розлива в бутылки. Крупнейшим потребителем электрической энергии, как правило, является технологическая система охлаждения, однако существенная доля потребления электроэнергии может приходиться на варочный и разливочный цехи, а также на установку для очистки сточных вод.

Удельное потребление энергии на том или ином пивоваренном заводе в значительной степени зависит от конструкции энергосистемы общего пользования и принятой концепции технологического процесса, однако отличие предприятий друг от друга может быть связано с разницей в рецептуре продукции, виде упаковки, разной начальной температурой воды, используемой на конкретном заводе для производства пива, и разными климатическими условиями. Удельное потребление энергии на пивоваренном заводе может колебаться в диапазоне 100–200 МДж/гЛ в зависимости от размеров предприятия, сложности технологического процесса и других перечисленных выше факторов [3].

Для пивоварения характерны высокие объемы потребления высококачественной воды. Пиво более чем на 90% состоит из воды, и экономичный пивоваренный завод расходует для производства 1 литра (л) пива 4–7 л воды [1].

Пивоваренные заводы используют воду не только для приготовления пива, но и для нагрева, охлаждения, мойки производственного оборудования и посуды для розлива, уборки производственных участков, мойки транспортных средств, а также в санитарно-бытовых целях. Кроме того,

потери воды имеют место в процессе кипячения сусла и при утилизации пивной дробины.

Сточные воды пивоваренных заводов загрязнены в основном органическими веществами, образующимися в ходе технологического процесса. В процессе производства пива образуются такие жидкости, как слабое (неохмеленное) сусло и остаточное пиво, которые пивоваренным заводам следует повторно использовать, а не отводить вместе со сточными водами. Основные источники остаточного пива – это лагерные танки, кизельгуровые фильтры, трубопроводы, отбраковка в цехе розлива, возврат, а также пиво из бутылок, разбитых в цехе розлива.

В процессе производства пива образуются разнообразные отходы, например пивная дробина, которые имеют коммерческую ценность и могут быть проданы сельскохозяйственным предприятиям в качестве побочных продуктов.

Наиболее существенными выбросами в атмосферу от пивоваренных заводов являются запах и пыль. Основным источником выбросов неприятного запаха на пивоваренном заводе является кипячение сусла. Чтобы сократить выбросы неприятного запаха от кипячения сусла, следует использовать систему рекуперации тепла для сбора и конденсации паров, а затем применять рекуперированную энергию для нужд технологических или инженерных систем. Основными источниками выбросов пыли являются хранение и использование зерна, сахара и кизельгура [3].

Многие пивоваренные заводы могут добиться существенной экономии потребляемых природных ресурсов, следуя приведенным ниже технологическим инструкциям:

- установить счетчики электроэнергии и водомерные счетчики для измерения и контроля энерго- и водопотребления на предприятии;
- рассчитать баланс потребления горячей воды по пивоваренному заводу в целом, с тем, чтобы выявить возможности рекуперации тепла от производственных процессов либо энергосистем общего пользования для технологической обработки или подогрева питательной воды котлов;
- использовать отходящее тепло, образующееся при охлаждении сусла, для предварительного подогрева воды, применяемой для затирания следующей порции солода;
- использовать систему рекуперации тепла для конденсации пара, поступающего из емкости с суслом. Рекуперированное тепло можно использовать в виде горячей воды для различных целей, например как питательную воду котла в цехе розлива в бутылки или для предварительного подогрева технологической воды;
- применять метод высокоплотного пивоварения, при котором производится пиво более высокой крепости, чем пиво, поступающее в продажу, а затем перед розливом оно разбавляется, чтобы содержание алкоголя в конечном продукте соответствовало требованиям;
- контролировать и оптимизировать испарение в процессе кипячения сусла;
- обеспечить качественную изоляцию трубопроводов, емкостей, клапанов и патрубков в системах циркуляции пара, горячей воды и хладагента, сушварочных котлов и их элементов, туннельных пастеризаторов и бутылкомоечных машин;
- предусмотреть высокий коэффициент рекуперации в пастеризаторах мгновенного действия, например используемых при розливе и производстве деаэрированной воды; это также сокращает потребность в охлаждении;

- ограничить использование, в особенности перерасход, горячей воды;
- оптимизировать нагрев поточных пастеризаторов и рассмотреть возможность введения управления установкой для пастеризации;
- применять энергосистемы общего пользования на базе комбинированного производства тепловой и электроэнергии теплоэлектростанциями;
- оптимизировать функционирование систем охлаждения;
- обеспечить минимально возможный уровень давления в системе сжатого воздуха. При снижении давления с 8 бар до 7 бар потребление электроэнергии должно снизиться примерно на 7%;
- оптимизировать эксплуатацию мощных электродвигателей [4].

К числу рекомендаций, касательно потребления воды пивоваренными заводами, относятся следующие:

- ограничивать использование воды для охлаждения сула объемом, необходимым для затирания, который, как правило, в 1,1 раза превышает объем сула;
- допускать возможность колебания уровня воды в резервуарах для хранения рекуперированной воды, разумно используя, таким образом, емкость резервуаров. Постоянное заполнение резервуаров может привести к переливу и непроизводительным потерям воды;
- оптимизировать функционирование устройств безразборной мойки и порядок ее проведения во избежание излишних потерь воды и моющих средств;
- оценивать техническую возможность монтажа замкнутой системы циркуляции воды, используемой в процессе пастеризации, когда вода пропускается через градирню и повторно направляется в поточный пастеризатор. Это снижает потребление свежей воды

поточным пастеризатором и восполняет потери воды от испарения и возможного слива. Обратную воду необходимо подвергать очистке, чтобы не допускать размножения водорослей и микроорганизмов; следует также исключить риск загрязнения продукции обратной водой. Системы рециркуляции способны сократить потребление воды поточными пастеризаторами на 80%;

- установить рециркуляционный резервуар для вакуумных насосов, используемых в процессе розлива. Эти насосы постоянно снабжаются водой для восполнения её утечек за счёт выброса в воздух. Установка рециркуляционного резервуара может сократить потребление воды вакуумным насосом на 50%;

- рекуперировать воду, используемую на различных этапах технологического процесса, и организовать ее повторное использование там, где это возможно, – например, для охлаждения и промывки [5].

Для уменьшения содержания органических загрязнителей в стоках пивоваренных заводов можно принимать следующие профилактические меры:

- собирать слабое сусло в резервуар с нагревательной рубашкой и низкоскоростной мешалкой с целью его использования при производстве следующей партии пива. Это позволяет снизить поступление органических загрязнителей в сточные воды, сэкономить сырье и воду. Сбор слабого сусла особенно важен для высокоплотного пивоварения;

- совершенствовать порядок работы в целях сокращения объема образующегося остаточного пива, например, полностью опорожнять резервуары, поддерживать чистоту и порядок на производстве, внедрить эффективные системы мониторинга;

- не допускать переполнения ферментационных чанов, которое приводит к потере частично забродившего суслу и дрожжей;
- обеспечить осаждение каустических средств из бутылкомоечных машин;
- собирать промывную воду, использованную при последней промывке цикла безразборной мойки, и повторно использовать ее при первой промывке в следующем цикле [6].

В число методов очистки технологических сточных вод, образующихся на предприятиях отрасли, входят:

- усреднение расходов и нагрузок,
- стабилизация показателя рН,
- уменьшение количества взвешенных твердых частиц путем осаждения с помощью кларификаторов (аппаратов для осветления)
- биологическая обработка.

Иногда требуется удаление биогенных веществ для снижения содержания азота и фосфора, а также дезинфекция путем хлорирования. Обезвоживание и удаление остатков, а в некоторых случаях – компостирование или внесение в почву в приемлемых количествах остатков от очистки сточных вод также возможны. Для борьбы с неприятными запахами сточных вод могут требоваться дополнительные технические меры.

Пивоваренные заводы по всему миру все чаще внедряют анаэробную очистку стоков с их последующим аэрированием. Преимущества этого метода заключаются в том, что он оказывает гораздо меньшее воздействие на окружающую среду, обеспечивает существенную экономию электроэнергии, а также сопровождается выработкой биогаза, который можно использовать в паровых котлах или для производства электроэнергии [6].



В целях сокращения объемов образующихся отходов производства и расширения реализации побочных продуктов рекомендуется разрабатывать и внедрять природоохранные мероприятия по следующим направлениям:

- оптимальное использование сырья с целью повышения выхода и сокращения объемов образующихся твердых и жидких отходов, в том числе:

- недопущение использования низкокачественного сырья;

- оптимизация размола солода;

- оптимизация фильтрации, в том числе достаточно тщательная промывка пивной дробины для максимально возможного выхода экстракта;

- сбор слабого сула для использования во время затирания солода при приготовлении следующей партии пива;

- оптимизация осветления за счет использования гидроциклона, поскольку следствием недостаточного осветления является высокое содержание осадка;

- извлечение сула из горячего осадка;

- извлечение пива из излишков дрожжей;

- сбор и повторное использование остаточного пива.

Качество пива, полученного до и после этого процесса, является высоким, и такое пиво можно добавлять непосредственно в готовый продукт на фильтрационной линии. Прочее остаточное пиво, образующееся в цехе розлива, следует возвращать в гидроциклон;

- при наличии технической и экономической возможности следует извлекать коммерческую выгоду из образующихся отходов путем:

- сбора пивной дробины, оставшейся при затирании, для ее реализации в качестве побочного продукта на корм скоту;

- недопущения сброса горячего осадка в канализацию. Горячий осадок следует возвращать в заторный котел или фильтрационный чан и фильтр для отделения затора. Затем такой осадок удаляется вместе с пивной дробинкой и в таком виде может быть использован на корм скоту;

- сбора и повторного использования дрожжей, образующихся в качестве побочного продукта в процессе брожения. Дрожжи можно собирать в ферментационных чанах, лагерных танках, установках для хранения дрожжей и фильтрационных установках;

- повторного использования стеклосырья из возвращенных бутылок для производства новой стеклотары;

- удаления бумажной массы, образующейся при смыве этикеток с возвращенных бутылок. При наличии технической и экономической возможности такую бумажную массу следует повторно использовать либо компостировать. Если же бумажная масса содержит большое количество каустических средств, применяемых при промывке, либо тяжелых металлов из типографской краски, ее следует направлять на полигон для захоронения отходов;

- использования осадка, образующегося на установке для очистки сточных вод пивоваренного завода, в качестве сельскохозяйственного удобрения, либо его удаления на соответствующий полигон для захоронения отходов [7].

Для сбора и рекуперации пыли следует использовать циклоны и тканевые фильтры, применяя их следующим образом:

- пыль, образующуюся при разгрузке сырья и транспортировке солода и добавок, следует направлять в заторный котел или котел для добавок, а полученный экстракт рекуперировать;

- пыль, образующуюся при работе с солодом и добавками, можно использовать в качестве корма для животных [8].

#### Библиографический список

1. Кунце В., Технология солода и пива.- СПб.: Профессия,2003.- 912 с.
2. Челноков, А. А. Основы промышленной экологии / А.А. Челноков, Л.Ф. Ющенко. - Минск: Вышэйш. шк., 2001. - 95 с.
3. Федоренко Б.Н. Пивоваренная инженерия: технологическое оборудование отрасли. - Спб.: Профессия, 2009. - 1000 с.
4. Челноков, А.А. Экологические проблемы Республики Беларусь и пути их решения/А.А. Челноков, Л.Ф. Ющенко, М.Е. Фридлянд. - Минск, 1999. -147 с.
5. Рациональное использование водных ресурсов: Учеб. пособие/ Под ред. А.Б. Авакяна и др. - Екатеринбург: Виктор - Екатеринбург, 1994. - 320с.
6. Л.Л. Пааль, Я.Я. Кару, Х.А. Мельдер, Б.Н. Репин «Справочник по очистки природных и сточных вод». М.: Высш.шк., 1994г.
7. Охрана окружающей среды. /Под ред. С.В.Белова. - М.: Высшая школа, 2008.
8. Штокман, Е.Л. Очистка воздуха от пыли на предприятиях пищевой промышленности / Петрянов - Соколов И.С., Сутугин А.Г. - М.:1989.