

УДК 621. 577

ПЕЧЕРИЦА М. А., аспирант гр. 23-АО-МА1 (КубГТУ)
Научный руководитель — СТЕПАНОВА Е. Г., к.т.н., доцент (КубГТУ)
г. Краснодар

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В СВЕКЛОСАХАРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Свеклосахарное производство относится к наиболее энергоемким из таких пищевых производств, в процессе которых отработанная теплота отводится в окружающую среду. В целях сокращения тепловых затрат и улучшения условий работы персонала в настоящей статье предложено использовать энергоэффективные и экологически безопасные тепловые насосы (ТН). Применение ТН в процессах получения свекловичного сахара позволит значительно сократить затраты органического топлива, обеспечить экологическую безопасность и создать комфортные климатические условия в производственных помещениях.

Целью проекта является модернизация свеклоперерабатывающего и сахаросушильного отделений сахарного завода с применением тепловых насосов, утилизирующих теплоту внутренних источников.

Задачи проекта таковы:

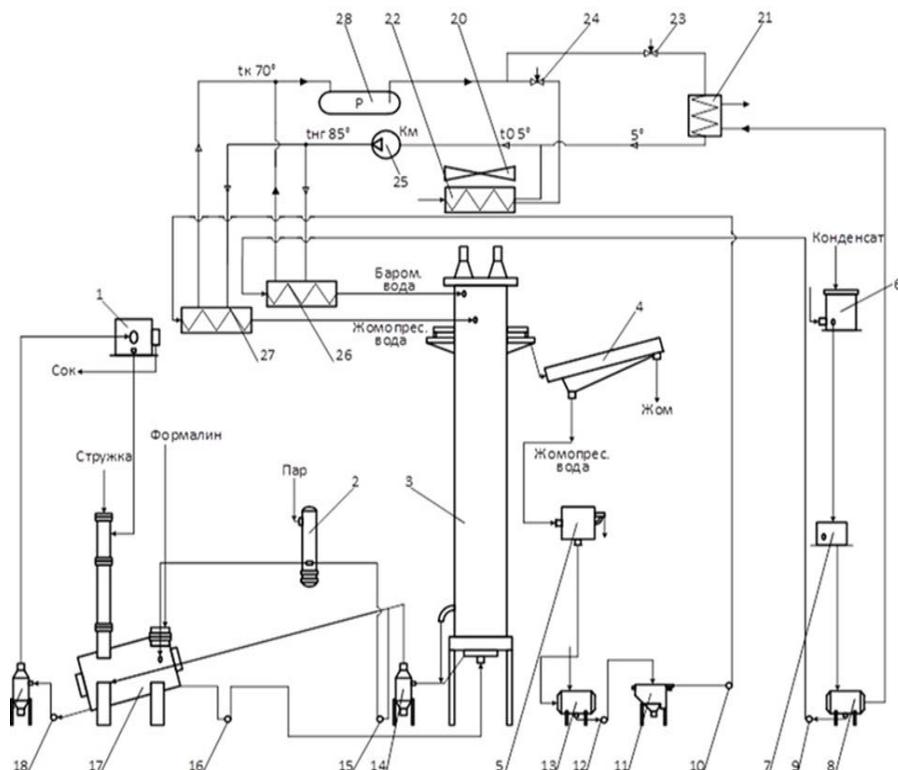
- обоснование аппаратурно-технологических схем вышеуказанных отделений сахарного завода с применением парокомпрессионных ТН;
- выполнение технологических, теплотехнических, конструктивных и экономических расчетов процессов экстрагирования сахарозы и сушки сахара-песка с учетом утилизации низкотемпературных источников теплоты в ТН при отборе воздуха из помещений и технологических сред с целью последующего нагрева полупродуктов, образующихся в процессе переработки сырья;
- обеспечение комфортных условий работы персонала в трех отделениях сахарного завода.

Проект модернизации сахарного завода представляет собой комплексное решение, основанное на интеграции современных теплонасосных установок с тепловой схемой типового свеклосахарного завода. Такой подход сформирован с целью достижения высокой энергоэффективности, улучшения экологических показателей производства и создания комфортных условий работы для производственных рабочих. Реализация проекта не только повысит производительность завода, но и позволит создать устойчивое производственное предприятие, способное к успешной рыночной конкуренции.

Схема свеклоперерабатывающего отделения изображена на рисунке 1 [1]. Свекловичная стружка конвейером подается в ошпариватель 17 для подогрева диффузионным соком с температурой 72°C. При нагреве стружки диффузионный сок охлаждается до 47°C и направляется насосом 18 в песколовушку сока 19, а затем в мезголовушку 1. В ошпаривателе 17 стружка окончательно подогревается циркуляционным соком, предварительно нагретым

с помощью пара в подогревателе диффузионного сока 2. Сокостружечная смесь из ошпаривателя 17 с помощью насоса 16 подает смесь в колонный экстрактор 3, в верхнюю часть которого из конденсатора 27 подается жомопрессовая вода ЖПВ. Одновременно в верхнюю часть экстрактора 3 из конденсатора 26 насосом 9 подается барометрическая вода.

Рисунок 1. Схема свеклоперерабатывающего отделения с ТН



Диффузионный сок фильтруется через сито и направляется в песколовушку 14. Далее сок разделяется на два потока, один из которых подается в ошпариватель 17 и далее насосом 18 откачивается в песколовушку 19, после чего, проходя через мезголовушку 1, удаляется на дальнейшую переработку. Второй поток циркуляционный диффузионный сок подается в ошпариватель. Обессахаренная свекловичная стружка жом транспортером следует на водоотделитель 4 и далее в жомопрессовое отделение завода для получения отжатого жома и ЖПВ, из которой в мезголовушке 5 отводится мезга. Отстоявшаяся в отстойнике 11 ЖПВ насосом 10 подается в жидкостный испаритель 21, в котором из воды поглощается низкопотенциальное тепло. Удаляемый из помещения отделения нагретый вентилятором 20 воздух нагнетается в воздушный испаритель 22. Из жидкостного испарителя 21 и воздушного испарителя 22 кипящий хладагент направляется в компрессор 25, из которого сжатые пары отводятся в два конденсатора: через конденсатор 26 отводится барометрическая вода, а через конденсатор 27 — ЖПВ. Нагретые таким образом в конденсаторах 26 и 27 экстрагенты (сульфитированная барометрическая вода и ЖПВ) подаются в верхнюю часть экстрактора 3 на извлечение сахара из свекловичной стружки.

Производимое внутри отделения тепло от нагретого корпуса экстрактора 3, ошпаривателя свекловичной стружки и подогревателя диффузионного сока 2, а также от жомопрессовой воды утилизируется в парокомпрессионной теплонасосной установке, включающей жидкостный испаритель 21, воздушный испаритель 22, терморегулирующие вентили 23 и 24, компрессор 25, конденсаторы 26 и 27. Для создания защитного гидрозатвора между испарителями и конденсаторами установлен ресивер 28. Подача сульфитированной барометрической воды в жидкостный испаритель производится насосом 29.

Для оценки энергетической эффективности теплового насоса были рассчитаны коэффициент преобразования теплоты и удельный расход первичной энергии. В результате проведенных расчетов установлено, что на 1 кВт затраченной электрической энергии тепловой насос производит 3,88 кВт тепловой энергии. Экономия энергетических ресурсов на подготовку экстрагента превышает 70%.

Сахаросушильное отделение с теплонасосной установкой показано на рисунке 2 [2]. Влажный сахар из центрифуг по вибрационному транспортеру 1 и ковшовому элеватору 2 направляется на высушивание в барабанную сушилку 3, в которую одновременно подается из конденсатора 25 воздух, подготовленный в теплонасосной установке 20 и дополнительно нагретый в догревающем теплообменнике 26. Отработанный, увлажненный и охлажденный вытяжным вентилятором 8 воздух удаляется из сушилки 3 и освобождается от влаги и мелких кристаллов сахара в скруббере 7, после чего сахарный сироп (смесь сахара и воды) центробежным насосом 9 отводится на производство. Сухой воздух, проходя через воздушный фильтр 4, освобождается от примесей и по воздуховоду 10 поступает к воздушному испарителю 21 для забора тепла при кипении хладагента. Отводимый из воздушного испарителя 21 газообразный хладагент подводится в регенеративный теплообменник 23, где происходит аккумуляция теплоты проходящего воздуха при взаимодействии с газообразным хладагентом, циркулирующим по трубопроводу 31. Газообразный хладагент направляется в компрессор 24, а далее в конденсатор 25, в котором трансформированное высокопотенциальное тепло передается отработанному в барабанной сушилке 3 и очищенному от влажных и сухих примесей воздуху. Окончательный подогрев воздуха осуществляется догревающим теплообменником 26, после чего сухой нагретый воздух нагнетающим вентилятором 5 подводится в сушилку 3. Высушенный нагретый сахар выгружается из сушилки 3 на ленточный транспортер 6 и далее элеватором 11 через отделитель комков 12 подается на охлаждение в охладительную установку 13. Подготовка воздуха для охлаждения сахара, как и для его высушивания, также проводится с применением ТН 20. Для этого отбирайщий из установки для охлаждения сахара 13 воздух вытяжным вентилятором 17 пропускается через мокрый скруббер 16 и, проходя по воздуховоду 10, очищается от пылевидных примесей в фильтре 4. Для охлаждения сахара дополнительно используется свежий воздух, который также очищается в фильтре 14 и смешивается с охлаждаемым рециркулируемым воздухом. Воздушная смесь нагнетается

вентилятором 15 под газораспределительные решетки установки для охлаждения 13 с образованием псевдоожженного слоя сахара. Требуемая температура воздуха для охлаждения сахара обеспечивается при его контакте с теплообменными поверхностями установки 13, в трубном пространстве которых циркулирует с помощью насоса 27 по трубопроводу 28 незамерзающая охлаждающая жидкость. После охлаждения воздуха незамерзающая жидкость подается на жидкостный испаритель 22, где при кипении хладагента из неё также поглощается тепло. Газообразный хладагент через регенеративный теплообменник 23 подается в компрессор 24 для повышения давления и температуры. Получаемый газообразный высокотемпературный хладагент поступает далее в конденсатор 25, где происходит фазовый переход с образованием жидкого хладагента и выделением теплоты.

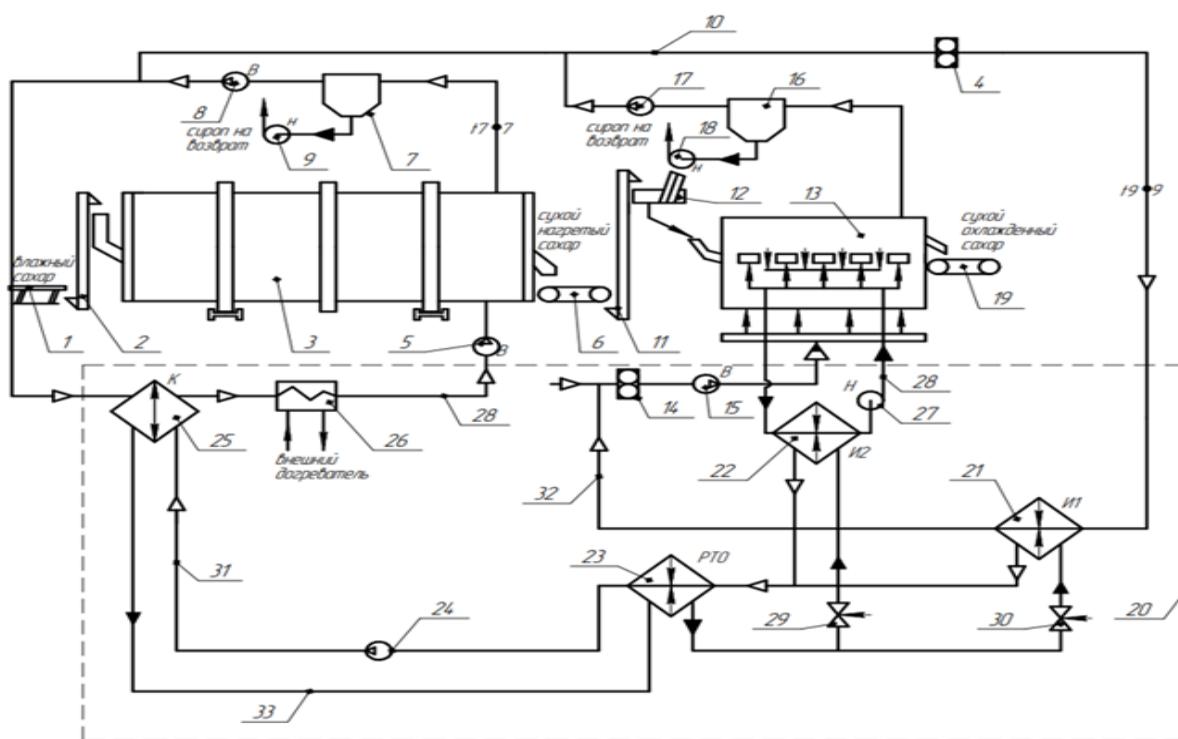


Рисунок 2. Схема сахаросушильного отделения с ТН

Жидкий хладагент по трубопроводу 33 подается через регенеративный теплообменник 23 и терморегулирующий вентиль 29 в жидкостный испаритель 22, где при кипении хладагента из охлаждающей незамерзающей жидкости отбирается низкотемпературное тепло. Далее незамерзающая жидкость циркуляционным насосом 27 вновь подается в теплообменные поверхности установки для охлаждения сахара 13 с целью охлаждения воздуха. Температура сухого нагреветого воздуха, подаваемого в барабанную сушилку 3, автоматически поддерживается терморегулирующим вентилем 29. При этом температура охлажденного воздуха перед его подачей в установку для охлаждения сахара 3 поддерживается автоматически с помощью терморегулирующего вентиля 30 по значению температуры незамерзающей охлаждающей жидкости. Таким образом, движение нагреветого и охлажденного воздуха производится по замкнутому воздушному контуру; происходит полная рециркуляция

имеющегося воздуха и дополнительная подача свежего отфильтрованного воздуха на охлаждение сахара. Подготовка воздуха с использованием теплонасосной установки позволит сократить затраты тепла и электроэнергии на проведение процессов сушки и охлаждения сахара, а также контролировать температуру воздуха, поступающего на сушку и охлаждение сахара-песка. Расчетами уже было установлено, что на 1 кВт затраченной электрической энергии тепловой насос производит 2,67 кВт тепловой энергии. Экономия энергетических ресурсов на подготовку воздуха для проведения сушки и охлаждения сахара достигает 87,6%.

Таким образом, тепловые потери при проведении процессов сушки и охлаждения сахара утилизируется в парокомпрессионном ТН, что позволяет использовать его для нагрева и охлаждения воздушного агента до необходимых температур, за счет этого исключая из схемы воздушные калориферы и значительно снижая тепловую нагрузку в сахаросушильном отделении завода.

Уникальность проекта состоит в том, что его реализация позволит:

- упростить тепловую схему сахарного завода за счет замены систем нагрева технологических жидкостей на экологически безопасные парокомпрессионные ТН-установки, работающие на озонобезопасных хладагентах;
- сократить тепловые затраты на проведение процессов экстрагирования сахара и сушки сахара-песка за счет утилизации низкотемпературного тепла от нагретых корпусов аппаратов и технологических жидкостей, установленных в свеклоперерабатывающем и сахаросушильном отделениях завода;
- регулировать температуру теплоносителей в зависимости от качества перерабатываемой сахарной свеклы;
- снизить температуру воздуха в отделениях завода до нормативных показателей микроклимата и тем самым обеспечить комфортные условия работы персонала;
- легко адаптировать и интегрировать предложенные технические решения в производственную теплотехническую схему, что позволит оптимизировать использование тепла энергоресурсов и улучшить экологическую обстановку на сахарном заводе.

Список литературы:

1. Патент на изобретение RU 2798054 C1, 14.06.2023. Заявка № 2023104050 от 22.02.2023. Свеклоперерабатывающее отделение с колонным диффузионным аппаратом.
2. Патент на изобретение RU 2808064 C1, 22.11.2023. Заявка от 14.07.2023. Сахаросушильное отделение с теплонасосной установкой.