

Висновки

В результаті перевірки ефективності відновлення мембран з використанням гідродинамічної кавітації при понижених стиках встановлено, що вплив такої обробки на селективність мембран не значний. В той же час кавітаційна обробка з використанням розчину лимонної кислоти дозволила збільшити показники продуктивності на 16%, а також збільшити вихід пермеату, що свідчить про потенційну ефективність такого виду обробки. Для виявлення найбільш ефективних режимів такої обробки необхідні подальші дослідження які в включали перевірку ефективності відновлення властивостей мембран при використанні інших промивних розчинів (зокрема гідрокарбонату натрію), а також порівняння ефективності відновлення за наявності та відсутності кавітаційного ефекту. Крім того, необхідно встановити вплив тривалості кавітаційної обробки на якість відновлення.

Література

1. Технологические процессы с применением мембран, под ред. Р. Лейси и С. Лёба, пер. с англ., М., 1976.
2. Arras W., Ghaffour N., Hamou A. Performance evaluation of BWRO desalination plant — A case study // Desalination. – 2009. – Vol. 235 – Is. 1-3. – P. 170-178.
3. Vrouwenvelder H. Biofouling of spiral wound membrane systems. PhD thesis Delft University of Technology, Delft, The Netherlands, 2009.
4. Федоренко В. И. Ингибирование осадкообразования в установках обратного осмоса // Серия Кристические технологии. Мембраны. – 2003. – №2. – С. 23-30.
5. Lim A. L., Bai Rembi. Membrane fouling and cleaning in microfiltration of activated sludge wastewater // Journal of Membrane Science. - Vol. 216. – P. 279-290.
6. Дытнерский Ю. И. Баромембранные процессы. Теория и расчет. М.: Химия, 1986, 272 с.
7. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие для вузов/Под ред. чл.-корр. АН СССР П.Г. Романкова. – 10-е изд., перераб. и доп. Л.: Химия, 1987. – 576 с., ил.
8. Гончарук В.В. Зворотній осмос низького тиску і нанофільтрація в очищенні та знесоленні води / Гончарук В.В., Балакіна М.В., Кучерук Д.Д. // Доповіді національної академії наук України. – 2005, № 2. – с. 174-178.

УДК 664.5: 662.6

ТЕПЛОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ ПЯТИКОЛОННОГО АГРЕГАТА ПРОИЗВОДСТВА СПИРТА

Ульев Л.М., д-р техн. наук, профессор, Ставрова К.И., бакалавр
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,
г. Харьков

Целью данного проекта является исследование установки по производству спирта, определение ее энергетического потенциала и снижение ее энергопотребления с помощью методов пинч-анализа.

В последнее время актуальность энергосбережения и применение новых методов для снижения удельных энергозатрат увеличивается. Это связано, прежде всего, с подорожанием цен на энергию и желанием производителя использовать ресурсы производства эффективней.

The purpose of this project is a research of the alcohol production installation, determination of its energy expenses potential and decrease energy consumption by the methods of pinch-analysis.

Nowadays, the currency of energy saving and usage of new methods for reduction specific power inputs is rising. First of all, it has connection with rising in prices of electricity and producer will to use the resources of production more effective.

Ключевые слова: этиловый спирт, ректификационная колонна, система потоков, теплообмен, пинч-анализ, составные кривые, утилиты, Unisim Design.

Постановка проблеми. Экономический кризис, который усугубляется постоянным подорожанием энергоносителей в Украине, заставляет представителей все большего числа пищевой промышленности задуматься над внедрением энергосберегающих технологий и использовании альтернативных видов топлива.

Решение вопроса интенсивного ресурсо- и энергосбережения в значительной мере помогает решать экологическую проблему, тесно связанную с выбросами отходов производства и продуктов сгорания энергоносителей в окружающую среду. Поэтому ресурсо- и энергосбережение является ключевой проблемой общественного производства.

Современные рыночные отношения требуют создания и внедрения в производство технологий с низкой энерго-, ресурсо- и капиталоемкостью, которые одновременно обеспечивают высокое качество и конкурентоспособность готовой продукции на внутреннем и внешнем рынках.

Анализ последних исследований и публикаций. Уровень развития современного общества характеризуется ресурсо- и энергоемкостью национального дохода. Одним из основных потребителей сырьевых и энергетических ресурсов в Агропромышленном комплексе Украины есть спиртовая промышленность, годовая потребность которой составляет в среднем 500 тыс. тонн условного топлива и около 800 тыс. тонн условного крахмала.

Для осуществления коренного перелома в спиртовом производстве главным заданием является разработка и широкое внедрение нового поколения энерго- и ресурсосберегающих технологий, которые предполагают максимальное использование вторичных энергетических ресурсов и более глубокую и комплексную переработку сырья, сокращение за счет этого его потерь с отходами производства.

Внедрение новых малоотходных и безотходных технологий позволяет сократить не только материалоемкость производства, но и снижает расходы энергии на единицу товарной продукции [1].

В производстве спирта потребление пара и охлаждающей воды в процессе ректификации составляет 60-70 % от общего потребления процесса. Большая часть теплоты забирается охлаждающей водой, а часть сточной воды сливается. Именно поэтому уменьшение потребления энергии и охлаждающей воды обеспечивает развитие наиболее эффективного производства [2].

Уменьшение расхода энергии при производстве этанола позитивно влияет не только на конкурентоспособность производителя, но и на окружающую среду, вследствие уменьшения выбросов вредных веществ и эмиссии парниковых газов [3, 4].

Применение методов пинч-анализа дает возможность оптимизировать энергопотребления в пределах территориальных производственных комплексов, которые состоят из большого количества производственных процессов и потребление энергии от общей утилитной системы.

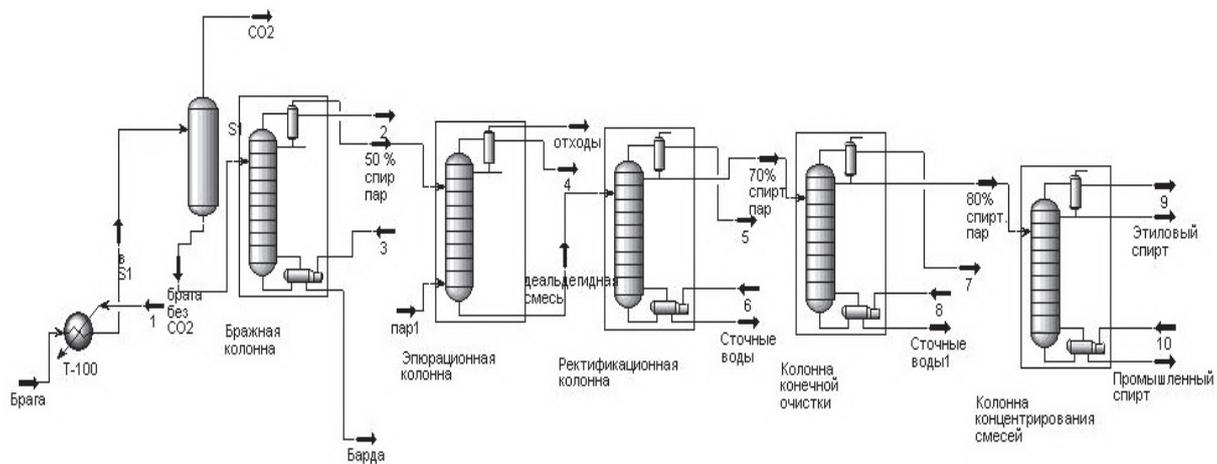
В среднем реализация таких проектов позволяет уменьшить энергопотребление приблизительно на 30% со снижением вредных выбросов на 25 – 30 %. Срок окупаемости данных проектов, как правило, не превышает одного года.

Широкое распространение и применение пинч-технологий в последние два десятилетия позволили значительно улучшить энергетическую и эксплуатационную эффективность промышленных установок во всем мире. Ни один из методов, которые сегодня применяют для энерготехнологического аудита и проектирования тепломассообменных сетей не позволяет достичь тех результатов, получение которых возможно с использованием пинч-метода [5].

Постановка задачи. В данной работе рассматривается процесс ректификации этилового спирта на установке, включающей 5 колонн. Такая установка эффективно используется на спиртовых заводах во всем мире. В данном процессе производства спирта функционируют 5 ректификационных колонн, действующих непрерывно: бражная, эспираторная, ректификационная, колонна конечной очистки та колонна концентрирования смесей.

Для экстракции данных для теплоэнергетического и материального балансов установки использовалась программа Unisim Design, которая является программным пакетом, предназначенным для моделирования в стационарном режиме, проектирования химико-технологических производств, контроля продуктивности оборудования, оптимизации и бизнес - планирования во многих областях промышленности.

Теплоэнергетическая интеграция и моделирование процесса. Колонны обогреваются непосредственно острым паром, который подается в низ колонн. Исходное сырье (брага), проходя последовательно через колонны, очищается от примесей, таких как барда, метанол, сивушные масла, альдегиды, а из последней колонны выходит непосредственно 96% этиловый спирт. В системе присутствует также один теплообменный аппарат – E1. Во время исследования установки было определено 16 горячих та 7 холодных потоков и их основные параметры. Для уточнения данных с установки было проведено моделирование процесса в среде пакета Unisim Design (рис. 1).



T-100 – теплообменный аппарат, 1 – 10 – энергетические потоки.

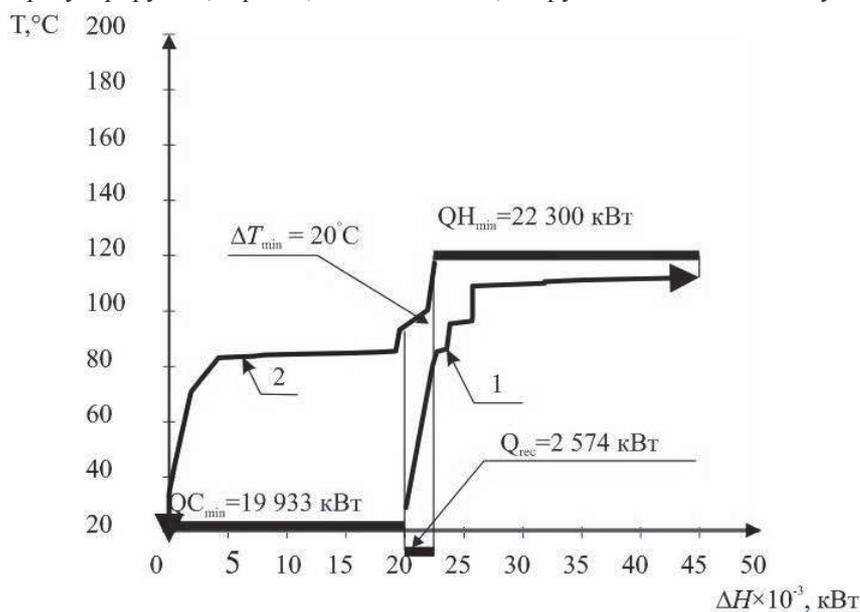
Рис. 1 – Существующая схема установки, смоделированная в Unisim Design

С помощью потоковых данных строим на энтальпийно-температурной диаграмме горячую и холодную составные кривые выбранной системы технологических потоков (рис. 2). Составные кривые содержат большой объем информации о системе технологических потоков, утилитной системе и эффективности использования тепловой энергии в процессе.

Проекция горячей кривой на энтальпийную ось 19 933 кВт – это нерекуперированный участок, который требует охлаждения извне, то есть это величина мощности, необходимая для холодных утилит.

Проекция холодной кривой на энтальпийную ось - 22 300 кВт, и эта часть потока также нуждается в подогреве извне, то есть равна мощности подводимого горячего пара.

Участок, на котором горячая и холодная составные кривые совпадают, является той частью энергии процесса, который рекуперирован, и равен, соответственно, нагрузке на единственный установленный



1 – холодная составная кривая; 2 – горячая кривая; Q_{Hmin} – минимальное количество горячих утилит; Q_{Cmin} – минимальное количество холодных утилит; Q_{rec} – мощность рекуперации энергии; T – температура; ΔH – изменение энтальпии потоков.

Рис. 2 – Составные кривые существующего процесса

теплообменный аппарат Е1 – 2574 кВт. Наименьшее расстояние между кривыми на вехе ординат (температурная ось) называется областью пинча данной системы технологических потоков. В нашем случае пинч локализуется на температурах: $T_{гор} = 95\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $T_{хол} = 89\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Минимальная разница температур при этом составляет $\Delta T_{min} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Сдвигая составные кривые можно увеличить рекуперацию тепловой энергии, уменьшая при этом ΔT_{min} в теплообменной сети, и потребление энергии от внешних утилит. Современные компактные пластинчатые теплообменные аппараты, которые будут устанавливаться в процессе реализации проекта, позволяют осуществлять теплообмен при минимальной разнице температур в $2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Это позволяет нам сдвигать составные кривые так, чтобы разница температур в точке пинча была $2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Таким образом, осуществляется максимальная рекуперация тепловой энергии в данной схеме производства спирта. Принимаем значение $\Delta T_{min} = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ и с помощью каскадного метода определяем точки пинча для холодных и горячих потоков $T_{C\text{ pin}} = 95,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{H\text{ pin}} = 97,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. На основании новых полученных данных строим составные кривые для $\Delta T_{min} = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 3).

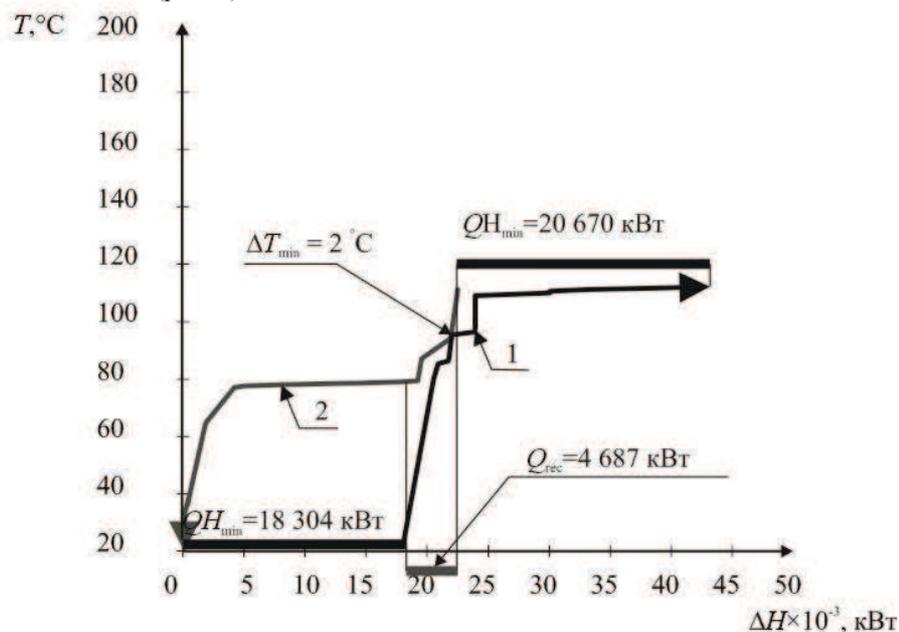
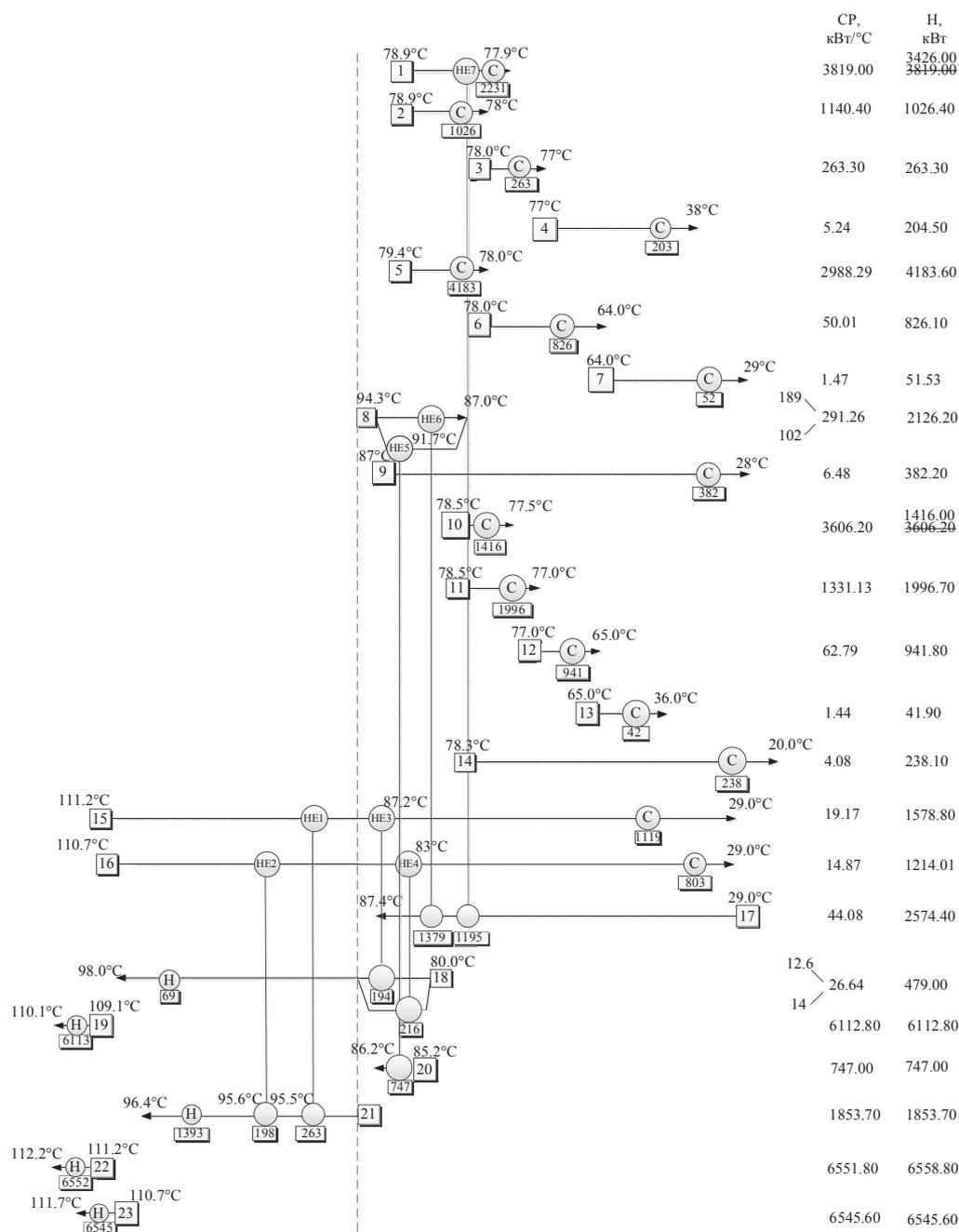


Рис. 3 – Составные кривые интегрированного процесса

Наименьшее количество горячих утилит при этом составляет $Q_{H\text{ min}} = 20\text{ }670\text{ кВт}$, а наименьшее количество холодных утилит – $Q_{C\text{ min}} = 18\text{ }304\text{ кВт}$. Это значение на 1630 кВт меньше, чем мощность которая необходима для процесса без системы рекуперации.

Используя полученные данные, строим сеточную диаграмму процесса, на которой располагаются горячие и холодные потоки, в соответствии с температурными интервалами. Расположим на ней новые теплообменные аппараты. При проектировании схемы, необходимо придерживаться СР, ΔH и ΔT правил, а также запретить перенос теплоты через пинч (рис. 4).



1-16 – горячие потоки; 17-23 – холодные потоки; C – холодные утилиты;

H – горячие утилиты; HE – рекуперативные теплообменные аппараты.

Рис. 4 – Сеточная диаграмма интегрированного процесса

Установим дополнительно 6 рекуперативных теплообменных аппарата. Цифры под теплообменниками обозначают соответствующие нагрузки. Теплообменный аппарат, который присутствовал в теплообменной сети до реконструкции (HE1), остается. 19 утилитных теплообменных аппарата, установленных до реконструкции, также остаются. Теперь данная схема готова к реализации на установке.

Основные экономические показатели, рассчитанные для модернизированной установки, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные экономические показатели

Наименование	Значение
1. Расходы на оборудование, грн	3349332
2. Расходы на проектирование, грн	334933
3. Сумма капитальных расходов, грн	3684265
4. Годовые эксплуатационные расходы, грн	1055038
5. Годовая экономия расходов, грн	3782240
6. Прирост балансовой прибыли предприятия, грн	2727202
7. Прирост чистой прибыли предприятия, грн	2045401
8. Срок окупаемости капитальных расходов предприятия	1.8
9. Коэффициент эффективности капитальных вложений	0.5

Выводы

В данной работе было проведено обследование пятиколонной установки ректификации этилового спирта, были определены потоки, которые будут использованы во время тепловой интеграции процесса. Также было проведено уточнение данных установки с помощью пакета моделирования Unisim Design.

С помощью метода составных кривых были определены целевые энергетические значения горячих и холодных утилит и локализация точки пинча. Построена сеточная диаграмма систем теплообменников для интегрированного процесса ректификации этанола и рассчитано теплообменное оборудование для реализации проекта реконструкции.

Применяя методы пинч-проектирования, удалось значительно снизить потребление горячих утилит на величину 1 693 кВт, а холодных – на 2 009 кВт, что составляет 7.6% по горячим утилитам и 10.1 % по холодным. Согласно экономическим расчетам, потенциал энергосбережения составляет 3 782 240 грн в год. Срок окупаемости предложенного проекта реконструкции составляет приблизительно 1.5 года.

Литература

1. Яровенко В.Л. Справочник по производству спирта / Яровенко В.Л., Устинников Б.А. – М: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 57 с.
2. ZhaolinGu. Retrofitting of a distillery based on process synthesis / ZhaolinGu, Zhonghua Tao, Nan Xu // Energy conversion and management. Xi'an, China.- 2006. – 9 с.
3. Цыганков П.С. Ректификационные установки спиртовой промышленности / Цыганков П.С. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 15-21 с.
4. Смит Р. Основы интеграции тепловых процессов / Р. Смит, Й. Клемеш, Л. Л. Товажнянский, П. А. Капустенко, Л. М. Ульев. – Харьков: ХГПУ, 2000. – 457 с.
5. Сайт компании «Содружество-Т»: [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.sodrt.kharkiv.com/>

УДК 664.83

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ БЛАНШИРОВАТЕЛЯ**Котов М.И., ОАО «Машпищепрод», г. Марьяна Горка, Республика Беларусь**

Получено уравнение для определения объема потока пара, подаваемого в закрытый шинковый бланширователь для обработки картофеля в линии сухого картофельного пюре с целью обеспечения постоянства технологического процесса с заданными параметрами тепловой обработки.

The equation for scoping of a stream of steam submitted in closed blanching for processing of a potato in a line of dry mashed potatoes for the purpose of maintenance of a constancy of technological process with set parameters of thermal processing is received.

Ключевые слова: бланширователь, тепловые расчеты

Одной из основных задач при проектировании оборудования для тепловой обработки является определение необходимых затрат энергии для осуществления технологического процесса, которые можно определить из теплового баланса. Разработанный в ОАО «Машпищепрод» бланширователь для картофеля имеет закрытую конструкцию, исключаящую потерю тепла за счет отвода пара, поэтому затраты тепла на испарение воды с поверхности зеркала воды можно не учитывать. В бланширователе происхо-