



ВЕСТНИК

**НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА
“ХПИ”**

14' 2003

Харьков

ВЕСТНИК НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА "ХПИ"

*Сборник научных трудов
Тематический выпуск "Химия,
Химическая технология и экология"*

14 '2003

Издание основано Национальным техническим университетом "ХПИ"
в 2001 году

Государственное издание
Свидетельство Госкомитета по
информационной политике Украины
КВ № 5256 от 2 июля 2001 года

КООРДИНАЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель

Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, д-р. техн. наук, проф.

Секретарь координационного совета

К.А. ГОРБУНОВ, канд. техн. наук.

А.П. МАРЧЕНКО, д-р. техн. наук, проф.

Е.И. СОКОЛ, д-р. техн. наук, проф.

Е.Е. АЛЕКСАНДРОВ, д-р. техн. наук, проф.

Т.С. ВОРОПАЙ, д-р. фил. наук, проф.

М.Д. ГОДЛЕВСКИЙ, д-р. техн. наук, проф.

А.И. ГРАБЧЕНКО, д-р. техн. наук, проф.

В.Г. ДАНЫКО, д-р. техн. наук, проф.

П.А. КАЧАНОВ, д-р. техн. наук, проф.

В.Б. КЛЕПНИКОВ, д-р. техн. наук, проф.

В.А. ЛОЗОВОЙ, д-р. фил. наук, проф.

В.Д. ДМИТРИЕНКО, д-р. техн. наук, проф.

О.К. МОРАЧКОВСКИЙ, д-р. техн. наук, проф.

М.И. РЫЩЕНКО, д-р. техн. наук, проф.

В.Б. САМОРОДОВ, д-р. техн. наук, проф.

В.П. СЕБКО, д-р. техн. наук, проф.

В.И. ТАРАН, д-р. техн. наук, проф.

Ю.В. ТИМОФЕЕВ, д-р. техн. наук, проф.

А.Ф. ШЕХОВЦОВ, д-р. техн. наук, проф.

П.Г. ПЕРЕВРА, д-р. техн. наук, проф.

Н.И. ПОГОРЕЛОВ, д-р. техн. наук, проф.

А.Ф. СЛИТЕНКО, д-р. техн. наук, проф.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Ответственный редактор

Рыщенко М.И., д-р. техн. наук, проф.

Ответственный секретарь

Шабанова Г.Н., канд. техн. наук, с.н.с.

Авраменко В.Л., канд. техн. наук, проф.

Байрачный Б.И., д-р. техн. наук, проф.

Брагина Л.Л., д-р. техн. наук, проф.

Гладкий Ф.Ф., д-р. техн. наук, проф.

Горбачев А.К., д-р. техн. наук, проф.

Гринь Г.И., д-р. техн. наук, проф.

Демидов И.Н., д-р. техн. наук, проф.

Каратеев А.М., д-р. хим. наук, проф.

Клещев Н.Ф., д-р. техн. наук, проф.

Лобойко А.Я., д-р. техн. наук, проф.

Мельник А.П., д-р. техн. наук, проф.

Савенков А.С., д-р. техн. наук, проф.

Семченко Г.Д., д-р. техн. наук, проф.

Слободской С.А., д-р. техн. наук, проф.

Сытник Р.Д., д-р. техн. наук, проф.

Товажнянский Л.Л., д-р. техн. наук, проф.

Тошинский В.И., д-р. техн. наук, проф.

Шапорев В.П., д-р. техн. наук, проф.

АДРЕС РЕДКОЛЕГИИ

61002, Харьков, ул. Фрунзе, 21
Кафедра керамики НТУ "ХПИ"
Тел. (0572) 40 - 00 - 51

Харьков 2003

М.С. ГУРЕНКО, аспирант, *Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ*, докт. техн. наук,
Л.М. УЛЬЕВ, канд. техн. наук., НТУ «ХПИ»

К ВОПРОСУ ОБ ИНТЕГРАЦИИ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ

У статті сформульовані загальні положення, які стосуються вибору критеріїв оптимальності при інтеграції теплових процесів хімічних виробництв. При виборі критеріїв оптимальності особливу увагу треба приділяти систематичному застосуванню методів і правил пінч –аналіза, котрі дозволяють створювати ресурсо – та енергозберігаючі технологічні схеми екологічно чистих промислових підприємств, де використовуються хіміко- технологічні методи переробки та виробництва продуктів. Проблема скорочення споживання паливно-енергетичних ресурсів промисловістю нерозривно пов'язана зі зменшенням рівня шкідливих викидів у довкілля. Вона може бути вирішена на основі створення сучасних енергозберігаючих технологій, які включають в себе широке впровадження сучасного високоефективного обладнання для технологічних і теплообмінних систем.

The study lays down some general concepts of the optimality criteria while implementing thermal processes in chemical industry. While choosing the optimality criteria, one should regularly and carefully use the methods and rules of the pinch-analysis that enable one to create resource- and energy-saving process flow designs of environmentally sound industrial plants, dealing with chemical-technological processing and production. The problem of saving the fuel and energy resources is tightly associated with the necessity of decreasing the level of harmful exhausts into the environment. This problem can be solved by developing novel efficient energy-saving technologies, implying extensive implementation of advanced high-tech equipment for engineering and heat-exchange systems.

Введение

Энергетическая политика государства [1-4] формируется под давлением некоторых обстоятельств, и в первую очередь за счет роста дефицита энергии, который в мире остро возрастает с нарастанием энергетического кризиса. Проблема ресурсосбережения является глобальной, потому что в мировом производстве полезно используется только 1/3 сырья. За последние десятилетия [5] промышленная нагрузка на окружающую среду выросла в 2,5 – 3 раза, энергетическая мощность мирового производства удваивается каждые 12 лет, а объем промышленного производства - каждые 15 лет.

Постоянное наращивание на протяжении многих десятилетий объемов производства ресурсоёмкой и энергоёмкой продукции привело к тому, что Украина превратилась из экспортера топливных ресурсов в импортера. В то же время энергоёмкость валового внутреннего продукта Украины в 2 – 4 раза выше среднего значения в европейских странах [6, 7] и удельные энергозатраты в основных отраслях пищевых производств Украины в среднем в 2 раза превышают уровень развитых стран [8]. Основной формой энергосбережения в Украине являются централизованные системы. Энергозатраты на производство единицы промышленной продукции в

Украине в 2 – 3 раза выше чем в экономически развитых странах, что свидетельствует о значительном энергосберегающем потенциале промышленных предприятий.

В условиях энергетического кризиса организация энергосбережения в пищевых технологиях становится актуальной для Украины. В отличие от прежней ориентации на крупномасштабные наращивание энергетических ресурсов высшим приоритетом энергетической стратегии Украины должны стать рациональное энергопотребление и энергосбережение [9].

Основным содержанием Концепции устойчивого развития ООН касательно промышленности является модель ESID, которая предусматривает промышленное развитие для подъема удовлетворения потребностей человечества и будущих поколений без нарушения основных природных процессов [10].

Основные проблемы человечества в настоящем и будущем – это удовлетворение потребностей в пище и энергии, а также создание удовлетворительных условий обитания в окружающей среде [11].

Пища поддерживает энергетический обмен в человеческом организме. Производство пищи, в свою очередь, требует ощутимого потребления энергии от природных ресурсов – главным образом угля, нефти и природного газа. Полученные в настоящее время статистические данные указывают на весьма ощутимое энергопотребление в пищевой промышленности: на производство 1 Дж энергии в виде пищи приходится затраты 10 Дж энергии природных ресурсов. Постоянный рост народонаселения Земли и обеспечение его питанием обуславливают ежегодный рост энергопотребления на 24 – 40 %. С другой стороны, это приводит к резкому ухудшению состояния окружающей среды в виду увеличения выбросов CO₂, NOx, SOx, пыли, сажи и различных промышленных выбросов [12]. Эти исследования проводились с целью снижения более чем на 30 % расхода топлива и соответственно снижения выбросов CO₂, NOx, SOx, а также механических частиц (например, пыли и сажи).

Предприятия агропромышленной сферы являются одними из основных потребителей топливно – энергетических ресурсов.

Определить размер энергопотребления в пищевой промышленности довольно трудная задача, поскольку сюда входит много разнообразных процессов. Кроме того, до настоящего времени вопросы энергопотребления в этой отрасли считались несущественными.

Постановка основных задач энергосбережения в пищевой промышленности

Главная задача - создание новой методологии проектирования наряду с применением соответствующего программного обеспечения для рационального использования энергии с целью минимизации потребления

топлива с экономичным и экологичным использованием выбросов, главным образом газообразных, а также накапливаемых жидких и твердых отходов. По оценкам Международного института менеджмента окружающей среды (Швейцария) размеры ежегодных потерь Украины от ухудшения среды обитания с 1989 по 1995 годы возросли с 15 – 20 % до 35 % валового национального продукта и стали самыми крупными в мире. Известно, что выбросы вредных веществ в атмосферу от стационарных источников загрязнения из сельского хозяйства и продуктовой промышленности составляют 306,4 тыс. т (1997 г.), а из них количество уловленных и обезвреженных веществ составляет 57, 25 %, в том числе утилизированных – 44,32% [13].

Пищевая отрасль консервативна в вопросах внедрения прогрессивных технических решений в области энерготехнологий, отработанных в других областях промышленности. Это затруднение связано с разнообразием термического оборудования, сосредоточенного на многих заводах, отличающихся мощностью, спецификой [14, 15], хотя на некоторых предприятиях уже апробированы принципиально новые подходы для повышения энергоэффективности пищевых технологий. Известно, что чем выше удельный уровень расхода энергии, тем больше потенциал энергосбережения.

Основной частью промышленных технологических процессов являются теплообменные системы (ТОС), в которых осуществляются подвод тепла, энергоносителей к компонентам технологических процессов и отвод тепла охлаждающими средами. Эффективность ТОС зависит от степени тепловой интеграции технологических потоков, т.е. рекуперации тепла технологических потоков. Чем больше степень тепловой интеграции, тем меньше подвод внешних энергоносителей и, следовательно, меньше расход топлива.

Разработка промышленной ТОС [16] является одним из важнейших этапов проектирования технологического процесса. При проектировании тепловых систем необходимо находить решение из большого числа вариантов.

Эффективное построение ТОС возможно с применением методов пинч – анализа разработанных кафедрой интеграции процессов университета Манчестерского института науки и технологии (UMIST). Методы пинч – анализа основаны на термодинамическом анализе и дают возможность на предпроектной стадии выработать единый оптимальный подход к проектированию, либо реконструкции, как отдельного технологического процесса, так и промышленного комплекса в целом. Интеграция [17] (лат. «integer» - «цельный, единый, неразрывный; объединение в целое каких-либо частей»).

Существующая методика постоянно совершенствуется, например, разработан метод сетевого типа для решения задач применительно к

промышленным системам. С помощью этого метода можно эффективно решать задачи реконструкции для промышленных предприятий.

Теория и методы интеграции процессов разработаны как для непрерывных так и для периодических процессов. Они позволяют создавать технологические схемы сложных ТЭС с потреблением энергии, близким к термодинамически обоснованному минимуму. Применение усовершенствованных методов интеграции процессов позволяет оценить энергосберегающий потенциал предприятий, больших производственных комплексов, а также оценить потенциал снижения вредных выбросов [16].

Применение методов интеграции процессов позволяет оценить энергосберегающий потенциал предприятий продуктовой промышленности.

На предприятиях агропромышленной сферы имеются существенные резервы для снижения энергопотребления, например: за счет устранения прямых утечек пара, газа, горячей воды снижение потерь энергии происходит на 20 ... 80 %; модернизация системы тепловой изоляции приводит к экономии топлива до 10 %; утилизация теплоты уходящих газов в состоянии на 10 ... 25 % сократить расход топлива сушильным и печным оборудованием [8].

В пищевых технологиях выгодней использовать непрерывный, а не периодический процесс, в котором имеется больше возможностей для утилизации тепла. Также надо придавать существенное значение регулированию температуры в процессах нагрева для исключения перегрева, связанного с потерей энергии. Во время охлаждения продукта предпочтительнее, где это возможно, использовать вторичную теплоту. Если нет необходимости в быстром охлаждении продукта, следует использовать естественную конвекцию, что не приведет к перерасходу энергии. Если невозможно обойтись без периодического процесса, можно использовать различные емкости для сбора отработанной воды, с целью последующего её использования в технологическом процессе. Существенной и быстрокупаемой мерой по экономии энергии является установка тепло – и водоутилизационных систем.

В стерилизации знание процессов переноса тепла от консервной тары к содержимому не приведет к значительным перерасходам энергии за счет избыточного нагрева, для обеспечения качества продукции.

Таким образом, проблема энергосбережения в пищевой промышленности является жизненно важной. Используя методику интеграции тепловых процессов для многих энергосистем производственных процессов можно обеспечить пути существенного энергосбережения. Потому что в интеграции тепловых процессов химпроизводств заложена эффективная основа для определения минимального потребления топлива – основного и наиболее дефицитного для Украины ресурса. Этот же метод интеграции тепловых процессов позволяет совершенствовать подходы к проектированию

и синтезу этих процессов. Ведутся разработки успешного внедрения данного метода в технологии пивоварения на ОАО «Пивзавод «Рогань»

С целью решения данных проблем при Национальном техническом университете «Харьковский политехнический институт» создан Центр энергосберегающих интегрированных технологий на базе кафедры общей химической технологии, процессов и аппаратов при поддержке Университета Манчестерского института науки и технологии (UMIST) и управления Фонда технического развития (KNOW-HOW), Британского совета. Центр энергосберегающих интегрированных технологий при НТУ «ХПИ» может внести существенный вклад в выполнение Программы по энергосбережению на Украине, оказать помощь в установлении контактов заинтересованных научных и производственных кругов Украины с научными и производственными кругами стран Европейского Сообщества.

Основная цель деятельности Центра – снижение энергозатрат, в том числе снижение расхода энергоресурсов, снижение потерь тепла, снижение вредных выбросов. Практической реализацией этих направлений есть интеграция и оптимизация производственных процессов, в которых имеются теплоиспользующие технологические схемы. Применяемый при этом метод пинч-анализа - передовой метод анализа построения технологических систем – позволяет не только создавать оптимальную теплообменную систему, но и оптимизировать такую важную часть схем технологического процесса, как водоподготовка.

Приготовление и упаковка пищевых продуктов во многих случаях требует нагрева или охлаждения. Применение пинч-анализа для реконструкции тепловых схем на Харьковском пивзаводе «Рогань» позволяет разработать новые технологические схемы, внедрение которых дает возможность снизить энергоемкость продукции с 2,2 кВт год/дал, до 1,8 кВт год/дал, затраты тепловой энергии при этом уменьшаются с 5,4 Мкал/дал до 3 Мкал/дал. В целом экономия электроэнергии составляет 20 % от используемой в настоящее время, а тепловой – 40 %. При этом вследствие внедрения новой схемы потребления технической воды снизится на 40 % [9].

Заключение

Итак, сформулированы общие положения, касающиеся выбора критериев оптимальности при интеграции тепловых процессов химпроизводств. При выборе критериев оптимальности особое внимание нужно уделять систематическому изложению методов и правил пинч – анализа, которые позволяют создавать ресурсо- и энергосберегающие технологические схемы экологически чистых промышленных предприятий, где используются химико- технологические методы переработки и производства продуктов. Это достигается методом освоения навыков компьютерного моделирования задач определения оптимального

температурного режима тепловых процессов в химтехнологиях. Возможности применения ЭВМ позволяют создавать математические модели типовых звеньев систем автоматического регулирования, гидродинамических и тепло – массообменных процессов теплообменного оборудования в химической технологии. Стратегия выхода из энергетического кризиса должна в полной мере учитывать мировой опыт и показывает, что в значительной степени квалификация энергетических менеджеров определяет эффективность энергосбережения.

Проблема сокращения потребления топливно-энергетических ресурсов промышленностью неразрывно связана со снижением уровня вредных выбросов в окружающую среду и может быть решена на основе создания современных энергосберегающих технологий, которые включают в себя широкое внедрение современного высокоэффективного оборудования для технологических и ТЭС.

Надо искать принципиально новые подходы для повышения энергоэффективности пищевых технологий, начиная с простейшего структурного подхода и системного анализа при постановке и решении энерготехнологических проблем пищевых предприятий.

Список литературы: 1. Комплексна державна програма енергозбереження України. К., Держком України з енергозбереження. 1996. 218 с. 2. *Давыдова Л.Г., Буряк А.А.* Энергетика: пути развития и перспективы. М., Наука. 1998. 120 с. 3. *Тельдеиш Ю., Лесны Ю.* Мир ищет энергию. М., Мир. 1981. 439 с. 4. Українська промисловість: шлях до енергетичної ефективності – ЕС Energy in Kiev (Програма ТАСІS). К. 1995. 198 с. с. 65 – 66. 5. *Бурдо О.Г.* Энергетический консалтинг в АПК южного региона // Энергосберегающие технологии и автоматизация // ЭСТА. Т.2 (13-14). Одесса, 2001. с. 70-74. 6. *Стольберг Ф.В.* Экология города. Киев, «Либра». 2000. 463с. 7. *Кирилин В.А.* Энергетика сегодня и завтра. М., Педагогика. 1983. 128 с. 8. *Захаров Н.Д., Бурдо О.Г., Безбах И.В.* Совершенствование энерготехнологий АПК// Интегровані технології та енергозбереження. № 2. Харьков, 2003. с. 3 – 6. 9. *Костенко Ю.Т., Товажнянский Л.Л., Капустенко П.А.* Энергетическая стратегия Украины – энергосбережение // Интегровані технології та енергозбереження. № 1. Харьков, 1999. с. 3 – 7. 10. *Мамаев Л.М., Залищук В.В.* Ресурсосбережение и стратегии устойчивого развития. Днепродзержинск: ДГТУ, // Экология и инженерия. Состояние, результаты, пути строительства экологически чистых технологий // 2002. 11. *Товажнянский Л.Л., Капустянюк П.А., Антшко О.Б., Ведр В.Е.* Энерготехнология химико – технологических производств. Харьков: ХГПУ. 1998.- с.82. 12. *Смит Р, Клемен Й., Товажнянский Л.Л., Капустенко П.А., Ульев Л.М.* Основы интеграции тепловых процессов. Т.4. Харьков, НТУ «ХПИ» 2000. 456 с. 13. *Малыаренко В.А., Ищенко А.В.* Энергетика и экологическая ситуация в Украине. // Интегровані технології та енергозбереження. № 2. Харьков, 2003. с. 7 – 12. 14. *Л.Л.Товажнянский, В.А.Коцаренко, А.В.Сатарин.* Компьютерные технологии в инженерной химии. Харьков: НТУ „ХПИ”. 2001. – с. 391. 15. *Л.Л.Товажнянский, В.А.Коцаренко, А.В.Сатарин.* Компьютерные технологии в инженерной химии. Харьков: НТУ „ХПИ”. Изд. 2-е, дополненное, переработанное. 2002. – с. 376. 16. *Товажнянский Л.Л., Капустянюк П.А., Ульев Л.М., Первертайленко А.Ю., Антшко А.Б.* Интеграция тепловых процессов для развития энергосберегающего потенциала в промышленности. // Интегровані технології та енергозбереження. № 2. Харьков, 2002. с. 3 – 5. 17. *Краткий словарь иностранных слов.* М.: Гос. изд-во иностранных и национальных словарей. // Под редакцией И.В.Лехина, Ф.Н.Петрова. 1950. - 455 с.

Поступила в редакцию 05.11.03