ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ



МАТЕРІАЛИ
XVII Всеукраїнської науково-технічної конференції
АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ

26-29 вересня 2018 року, м. Одеса

ОДЕСА
2018

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ
26-29 вересня 2018 року, м. Одеса

УДК 620
ББК 31+51
А 43

Рекомендовано до друку Науково-технічною радою Навчально-наукового інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського, протокол № 1 від 25 вересня 2018 року.

ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ:

Голова:

Єгоров Богдан Вікторович – ректор Одеської національної академії харчових технологій, д.т.н., професор.

Заступники голови:

Поварова Наталія Миколаївна – проректор з наукової роботи Одеської національної академії харчових технологій, к.т.н., доцент;

Косой Борис Володимирович – директор Навчально-наукового інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського Одеської національної академії харчових технологій, д.т.н., професор.

Члени оргкомітету:

Бошкова І.Л.	Крусір Г.В.	Тітлов О.С.
Гоголь М.І.	Лук'янов М.М.	Шпирко Т.В.
Желєзний В.П.	Мазур В.О.	Хлієва О.Я.
Зацерклянний М.М.	Ольшевська О.В.	Цикало А.Л.
Івченко Д.О.	Сагала Т.А.	Якуб Л.М.
Кологривов М.М.	Семенюк Ю.В.	

Актуальні проблеми енергетики та екології /
А 43 Матеріали XVII Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса, Бондаренко М. О., 2018. – 196 с.
ISBN 978-617-7613-26-7

УДК 620
ББК 31+51

Відповідальний за випуск: Семенюк Ю.В., завідувач кафедри теплофізики та прикладної екології ОНАХТ
За достовірність інформації відповідає автор публікації

© Одеська національна академія харчових технологій
© Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського
© Факультет нафти, газу та екології

ISBN 978-617-7613-26-7

ПЛЕНАРНА ДОПОВІДЬ

УДК 621.575.932:621.565.92

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДЫ ИЗ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Титлов А.С., д.т.н., проф.
Одесская национальная академия пищевых технологий

В ближайшее время самым ценным ресурсом на планете станет вода и эта тенденция будет только расти в обозримом будущем [1]. Для содействия в решении этой проблемы Генеральная Ассамблея Организации Объединенных Наций объявляла 2005–2015 годы Международным десятилетием действий «Вода для жизни» [2].

Между тем, основная часть пресной воды находится в однокилометровом слое атмосферы планеты. По данным исследователей [3] средняя абсолютная влажность около земной поверхности составляет 11 г/м^3, а в тропических регионах доходит до 25 г/м^3 и выше. При этом большое количество стран тропического пояса страдает от отсутствия пресной воды, хотя ее содержание в атмосфере весьма значительно.

Получение воды из атмосферного воздуха возможно и при перенасыщении воздушной массы (эффект конденсации при достижении температуры ниже температуры «точки росы») [4].

Этот метод является уникальным, так как использует в качестве источника получения воды – атмосферный воздух. Конечно, для этого нужно провести ряд термодинамических процессов с воздухом и для этого потребуется электрическая энергия.

Показано [5], что наибольшие перспективы имеют методы, связанные с работой генераторов искусственного холода – холодильных агрегатов, которые обеспечивают температуру воздуха ниже температуры точки росы.

В настоящее время основной объем рынка оборудования по выделению воды из воздуха приходится на системы, имеющие в своём составе компрессионную холодильную установку с электрическим приводом, которая гарантированно обеспечивает температуру ниже точки росы [6].

Однако в мире насчитывается много мест, где помимо проблем с водой есть проблемы с электроэнергией. Это не только страны Средиземноморья, Африки, Юго-Восточной Азии, Южной Америки, но южный регион Украины [7].

Следует отметить, что человечество с древнейших времен стремилось минимизировать затраты энергии для получения воды даже в самых неблагоприятных климатических условиях. Пресную воду получали путем сбора сконденсированных капель из атмосферного воздуха в результате естественного суточного радиационного охлаждения земной поверхности [4]. При понижении температуры на 10–15 °С из каждого кубического метра можно выделить 10–14 г воды.

В современных условиях для повышения эффективности процесса получения воды используют различные интенсифицирующие технологии – холодоаккумуляторы (щебень), испарительно-конденсационные теплопередающие устройства и сорбенты влаги [5].

В то же время процессы охлаждения воздуха можно провести и с использованием альтернативных источников энергии, например, солнечной тепловой энергии – гелиоустановок на базе солнечных коллекторов и солнечных батарей [8]. Солнечная энергия в избытке имеется в засушливых регионах нашей планеты.

В этой связи разработчики современных систем получения воды из атмосферного воздуха уделяют внимание и теплоиспользующим холодильным агрегатам (ТХА), источником тепла в которых может быть солнечная энергия [9].

На современном рынке холодильного оборудования представлены ТХА двух типов – пароэжекторные (ПЭХА) и абсорбционные холодильные агрегаты (АХА) [10].

ПЭХА имеют ограниченное применение из-за низкого коэффициента преобразования тепловой энергии в холод и нестабильности характеристик при изменении температурных условий эксплуатации [11].

АХА представлены двумя типами – это бромистолитиевые и водоаммиачные агрегаты. В первом случае холодильный агент – вода, а поглотитель – концентрированный водный раствор бромистого лития. Во-втором случае, холодильный агент – аммиак, а поглотитель – концентрированный водоаммиачный раствор (ВАР).

Несмотря на достаточно высокие энергетические характеристики бромистолитиевых схем, они не могут быть использованы в системах получения воды из атмосферного воздуха. Это связано со слабой поглотительной способностью бромистого лития водяного пара и, соответственно, необходимостью интенсивного отвода тепла в абсорбере. Интенсивный отвод тепла может быть организован только жидкостным охлаждением с последующим использованием градирни. В градирнях охлаждение циркулирующей воды производится путем ее частичного испарения в воздушную среду, что неприемлемо в местах дефицита водных ресурсов.

В крупных водоаммиачных холодильных агрегатах также используется жидкостное охлаждение, но средние и мелкие агрегаты могут эффективно работать с воздушным охлаждением, в том числе и в режиме естественной конвекции, без внешних побудителей циркуляции (вентиляторов) [12].

Немаловажно отметить и то, что рабочим телом водоаммиачных холодильных агрегатов служит природное вещество – ВАР, не оказывающий неблагоприятное техногенное воздействие на экосистему планеты [13]. При этом аммиак, в качестве холодильного агента, позволяет расширить область применения в части снижения температуры ниже 0 ºС, например, для задач кондиционирования воздуха или хранения пищевых продуктов и сырья.

Таким образом, абсорбционные водоаммиачные холодильные агрегаты (АВХА) могут эффективно решать задачи охлаждения в системах получения воды из атмосферного воздуха в условиях отсутствия источников электрической энергии. Источником тепловой энергии АВХА могут служить солнечные коллектора и солнечные батареи, при этом АВХА позволяют организовать работу систем получения воды непосредственно в местах ее потребления.

Вместе с тем широкое применение гелиосистем получения воды на базе АВХА ограничивается недостаточно высокой энергетической эффективностью холодильного цикла.

Как показывает анализ исследований [14], это в значительной мере связано с низкой эффективностью транспортировки холодильного агента – аммиака через дефлегматор АВХА при работе в широком диапазоне температур наружного воздуха. Имеют место нерасчетные потери аммиака при низких температурах наружного воздуха, а при повышенных температурах в испаритель АВХА попадает значительное количество воды, что приводит к снижению эффективности процесса охлаждения.

Солнечные системы работают в течение светового дня при различных температурах атмосферного воздуха – минимальных в утреннее и вечернее время и максимальных в середине дня. Проектирование АВХА на некоторый фиксированный уровень (минимальный или максимальный) температур наружного воздуха приведет к снижению энергетической эффективности и АВХА, и систем получения воды, как минимум, в течение половины светового дня.

В этой связи представляются целесообразным поиск энергосберегающих режимов транспорта пара холодильного агента через дефлегматор АВХА в широком диапазоне температур наружного воздуха. Для решения такой задачи необходимо соответствующее теоретическое обоснование, базирующее на модельных представлениях о процессах тепломассообмена в дефлегматоре АВХА.

Это и определяет актуальность исследований тепловых режимов дефлегматоров АВХА, направленных на повышение энергетической эффективности циклов АВХА и, соответственно, на повышение производительности систем получения воды из атмосферного воздуха.

На рис. 1 приведена типичная принципиальная схема АВХА, работающего в гелиосистемах получения воды из атмосферного воздуха.

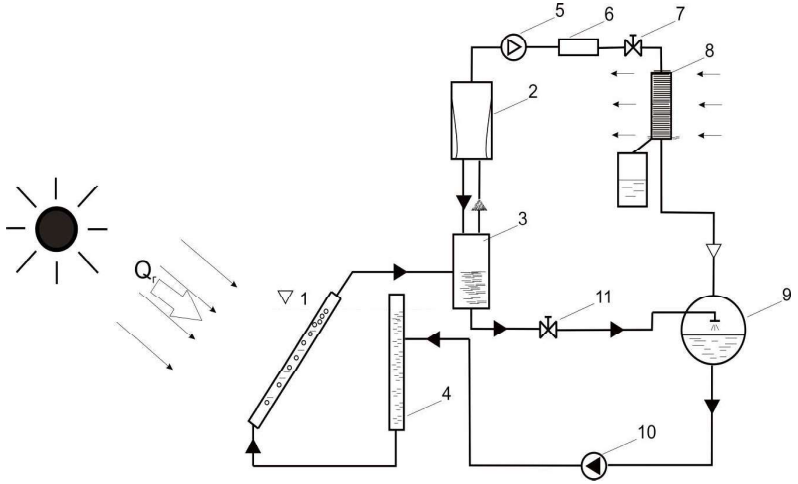


Рис. 1. Принципиальная схема гелиосистемы получения воды из атмосферного воздуха на базе АВХА: 1 – гелеогенератор; 2 – дефлегматор; 3 – ресивер слабого ВАР; 4 – ресивер крепкого ВАР; 5 – бустер-компрессор; 6 – конденсатор пара аммиака; 7 – дроссель жидкого аммиака; 8 – испаритель; 9 – абсорбер; 10 – циркуляционный насос слабого ВАР; 11 – дроссель слабого ВАР

Гелеогенератор 1 и ресивер крепкого ВАР 4 представляют собой сообщающиеся сосуды, в которых жидкий ВАР находится под уровнем ∇1.

К гелеогенератору 1 подводится теплота Q_s солнечного излучения и из крепкого ВАР выпаривается преимущественно низкокипящий компонент – аммиак. Гелеогенератор 1 расположен под углом к горизонту для максимального поглощения солнечного излучения. Угол наклона устанавливается в зависимости от широты местности.

Пузырьки пара проталкивают в верхнюю часть гелиоколлектора обедненный по аммиаку (слабый) ВАР. Раствор стекает в ресивер слабого ВАР 3, а паровая водоаммиачная смесь (ВАС) поступает в вертикальный дефлегматор 2. В дефлегматоре 2 конденсируется преимущественно пар воды с образованием флегмы.

Флегма стекает в ресивер 3. Из дефлегматора 2 очищенный пар аммиака при помощи бустер-компрессора 5 сжимается до давления $P_к$ и направляется в конденсатор 6. Давлением $P_к$ создается необходимый перепад температур для процесса конденсации с отводом тепла $Q_к$ в окружающую среду.

Из конденсатора 6 жидкий аммиак поступает в дроссель 7, где его давление снижается до уровня давления P_0 в испарителе 8 и абсорбере 9. В испарителе 8 аммиак кипит при давлении P_0 и температуре T_0 с отводом теплоты Q_0 от объекта охлаждения – потока наружного воздуха.

Температура T_0 в гелиосистеме получения воды из атмосферного воздуха поддерживается ниже температуры «точки росы» $T_{d\text{-}p}$. Из воздуха выпадает конденсат, при этом и сам воздух охлаждается. Давление P_0 в испарителе 8 поддерживается за счет постоянного процесса поглощения в абсорбере 9 пара аммиака слабым ВАР, который поступает в абсорбер 9 из ресивера слабого ВАР 3 через дроссельный вентиль 11. Образовавшийся после поглощения аммиака крепкий ВАР циркуляционным насосом 10 подается обратно в ресивер крепкого раствора 4 и цикл повторяется.

В настоящее время имеет место парадоксальная ситуация – при низких температурах наружного воздуха холодопроизводительность АВХА снижается. Такое положение определяется режимами очистки и транспортировки аммиака в дефлегматоре 2. В известных конструкциях АВХА [13,15] дефлегматор выполняет функцию окончательной очистки пара аммиака от пара воды. Нижняя часть дефлегматора 2 закрывается теплоизоляционным кожухом, а верхняя часть остается свободной (не закрытой теплоизоляцией). Таким образом, очистка пара аммиака происходит как в зоне установки теплоизоляции (частично), так и на открытых участках дефлегматора. В идеальном режиме в конце подъемного участка дефлегматора процесс очистки аммиака заканчиваться, флегма стекает в ресивер 3, а чистый пар аммиака бустер-компрессором 5 нагнетается в конденсатор 6.

В реальных же режимах в конденсатор 6 поступает либо неочищенный пар аммиака, либо конденсация аммиака начинается уже в верхней части дефлегматора 2. Оба этих фактора неблагоприятно влияют на холодопроизводительность испарителя АВХА.

Для совершенствования энергетических характеристик разработчики [14,16,17] предлагают и проводят термодинамический анализ различных схем АВХА на базе солнечных коллекторов.

В работе [14] основное внимание уделено эффективности работы генераторного узла АВХА в части минимизации тепловых потерь с рабочей поверхности. В этом обзоре приведены данные о различных рабочих телах АВХА безнасосного типа.

В работе [16] проведен анализ АВХА с солнечным коллектором на основе двухфазных термосифонов гравитационного типа (источник тепла находится в нижней части, а потребитель тепла – вверху). В качестве рабочего тела АХА рассмотрен раствор бромистого лития и метанола, который может обеспечить необходимый уровень температур охлаждения для получения воды из атмосферного воздуха, а температура греющего источника составляет 65–75 °С.

В работе [17] рассмотрены как абсорбционные, так и адсорбционные схемы для систем кондиционирования воздуха на базе солнечных коллекторов. Предлагается методика их термодинамического расчета и анализа.

Вместе с тем, исходными данными для расчета и анализа во всех случаях [14,16,17] являются постоянные температуры наружного воздуха. Разработчики [14,16,17] не дают ответ на вопрос: как изменится энергетическая эффективность той или иной схемы АВХА при изменении температуры наружного воздуха?

В работах [18, 19] представлены методики термодинамического расчета и анализа различных циклов АХМ, которые позволяют определить комплекс термодинамических и энергетических характеристик холодильных циклов в широком диапазоне рабочих параметров, в том числе и в режимах получения воды из атмосферного воздуха. В то же время в работах [18, 19] отсутствует информация о внутренних процессах тепломассообмена, что не позволяет использовать их для проектирования реальных конструкций АВХА и систем получения воды из атмосферного воздуха.

Авторы [20] рассматривают работу АВХА с добавкой солей в рабочее тело для снижения парциального давления абсорбента (воды), что позволяет снизить энергопотребление за счет уменьшения доли абсорбента в паре. В качестве солей рассмотрены нитрат лития ($LiNO_3$) и тиоцианат натрия (NaSCN). В то же время в работе [20] не рассмотрены процессы коррозии, которые могут иметь место в системе с солевым наполнителем.

Аналогичное решение проблемы повышения энергетической характеристики циклов абсорбционных систем находят авторы работы [21], однако используют уже добавку TFE–TEGDME, позволяющую исключить и проблемы с коррозией внутренних рабочих поверхностей теплообменных аппаратов АВХА.

В работах с дополнительными добавками в рабочее тело АВХА [20, 21] не рассматриваются режимы транспортировки аммиака через дефлегматор, которые могут существенно отличаться от традиционных.

Теоретическое обоснование наличия оптимума (максимума энергетической эффективности) термодинамического цикла АВХА при некоторых значениях температур наружного воздуха и температур греющего источника провели авторы работы [22]. Они показали, что из трех характерных температур объекта охлаждения, окружающей среды и греющего источника, произвольно могут быть выбраны только две, а третья является производной от выбора. В то же время авторы [22] не предлагают путей выбора энергетически эффективных режимов при изменении температуры наружного воздуха, например, в течении светового дня.

Авторы [23] предлагают интенсифицировать процессы естественной циркуляции парогазовой смеси в АВХА при помощи струйного эжектора, установленного на выходе генератора. Предполагается, что в результате эжекции возникнет вынужденная конвекция во внутреннем контуре испаритель-абсорбер и, соответственно, существенно повысится интенсивность процессов тепломассообмена при абсорбции и испарении, а в целом – и холодопроизводительность холодильного агрегата. В то же время авторы [23] не рассматривают вопросы изменения температуры наружного воздуха, а это изменение достаточно критично для эффективной работы эжектора.

Учитывая вышеизложенное, было выполнено моделирование процессов тепломассообмена на подъемном участке дефлегматора АВХА [24],

При исследовании принимаются следующие общепринятые допущения [25]:

а) силы инерции, возникающие в плёнке конденсата, пренебрежимо малы по сравнению с силами вязкости и силами тяжести;

б) конвективный перенос теплоты в плёнке, а также теплопроводность вдоль неё несущественны по сравнению с теплопроводностью поперёк плёнки;

в) трение на границе раздела паровой и жидкой фаз учитывается посредством касательного напряжения со стороны газа;

г) температура внешне поверхности плёнки конденсата постоянна;

д) физические параметры флегмы не зависят от температуры;

е) силы поверхностного натяжения на свободной поверхности плёнки не влияют на характер её течения;

ж) плотность пара ВАС мала по сравнению с плотностью флегмы;

з) температуру стенки принимаем постоянной за счет интенсивного принудительного охлаждения.

С учетом приведенных выше модельных представлений выполнен расчет параметров течения флегмы и паровой смеси в вертикальном дефлегматоре.

Исходные данные для расчета:

а) холодопроизводительность 1000 Вт;

б) температура(давление) кипения в испарителе 0 °С (0,4 МПа);

в) давление в генераторе 1МПа;

г) температура окружающего воздуха 32 °С;

д) температура паровой смеси на входе (выходе) в дефлегматор 100(40) °С;

е) высота дефлегматора 1,0 м.

В результате анализа модельных представлений был предложен энергосберегающий режим работы АВХА в широком диапазоне температур наружного воздуха (10–32 °С). Такой режим может быть достигнут за счет применения специального кожуха дефлегматора с изменяемым термическим сопротивлением (рис. 2, 3).

Кожух устанавливается в верхней части дефлегматора АВХА и способен изменять условия теплообмена на наружной поверхности дефлегматора.

В основе принципа работы нового теплоизоляционного кожуха лежит эффект изменения объема сильфона 24 при изменении внутреннего давления.

Внутреннее давление в сильфоне 24 зависит от температуры насыщения жидкости, частично заполняющей сильфон 24, которая, в свою очередь, определяется температурой наружного воздуха.

Дополнительный кожух на дефлегматоре 3 выполнен в виде коаксиального цилиндра с воздушной полостью в межтрубном пространстве.

Предусмотрено два режима работы кожуха дефлегматора 3:

а) «адиабатный», с полностью закрытым межтрубным пространством;

б) «открытый», с доступом наружного воздуха во внутреннюю полость.

Здесь термин «адиабатный» предполагает не полное отсутствие теплообмена стенки дефлегматора 3 с окружающей средой, а лишь минимально возможное.

Межтрубный зазор выполняется с учетом рекомендаций [26] – при толщине зазора воздушной прослойки равной или менее 5 мм – конвекция полностью отсутствует и процесс передачи тепла осуществляется в режиме теплопроводности.

Термическое сопротивление воздушного зазора толщиной 5 мм на уровне температур 70 °С составляет 0,17 $(К \cdot м^2)/Вт$. Термическое сопротивление открытого участка дефлегматора 3 с учетом конвективной и лучистой составляющих суммарного коэффициента теплообмена будет лежать в диапазоне 0,067–0,110 $(К \cdot м^2)/Вт$. Суммарное термическое сопротивление процессу передачи тепла через дополнительный кожух дефлегматора 3 будет не менее 0,40 $(К \cdot м^2)/Вт$, т. е. почти в 4 раза больше, чем в случае открытого участка.

Оценочные расчеты показали, что тепловой поток на участке дефлегматора длиной 0,20 м при разности температур между потоком ВАС и наружным воздухом 60 °С составит 0,15 Вт, т. е. при типичной тепловой нагрузке дефлегматора АВХА в 12–15 Вт можно говорить о практически адиабатном режиме в зоне установки дополнительного кожуха.

Движение створок 15 и 16 кожуха обеспечивается наличием общей оси 17 и сильфоном 24. На рис. 2, *а* показан кожух в «адиабатном» режиме работы, а на рис. 2, *б* – в «открытом» режиме.

«Адиабатный» режим работы сильфона реализуются при минимальной температуре наружного воздуха.

При увеличении температуры наружного воздуха увеличивается и температура насыщения легкокипящей жидкости, частично заполняющей сильфон 24 и, соответственно, давление насыщения. Рост внутреннего давления вызывает перемещение торцевых стенок сильфона 24, которые через оси 22 и 23 приводят к перемещению створок 15 и 16 дополнительного кожуха.

При проектировании сильфона 24 в части жесткости, размеров конструкции и типа легкокипящей жидкости следует предусмотреть как «адиабатный» режим полностью закрытого кожуха, так и режим максимального открытия при эксплуатации в условиях повышенных температур наружного воздуха.

При промежуточных значениях наружного воздуха сильфон 24 должен обеспечивать частичный проход воздуха во внутренний объем кожуха.

Таким образом, предложенная конструкция дефлегматора АВХА с теплоизоляционным кожухом изменяемой конструкции позволит в автоматическом режиме (без участия пользователя) обеспечивать максимально эффективные режимы транспортировки аммиака в испаритель и соответствующий рост как холодопроизводительности, так и систем получения воды из атмосферного воздуха в течение всего светового дня.

Анализ также показал, что установка тепловой изоляции по всему подъемному участку дефлегматора АВХА способствует не только сокращению потерь при транспортировке аммиака, но уменьшению времени выхода холодильного агрегата на рабочий режим.

Проведенные экспериментальные исследования показали приемлемую для инженерного проектирования сходимость результатов моделирования и реальных характеристик, на примере температурных полей стенки дефлегматора – не более 5 °С.

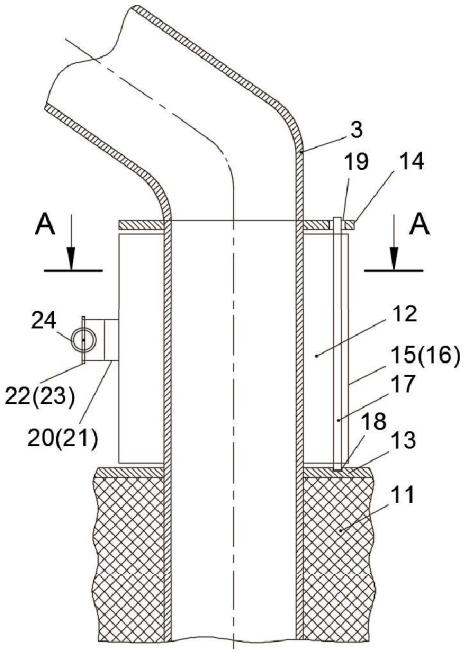
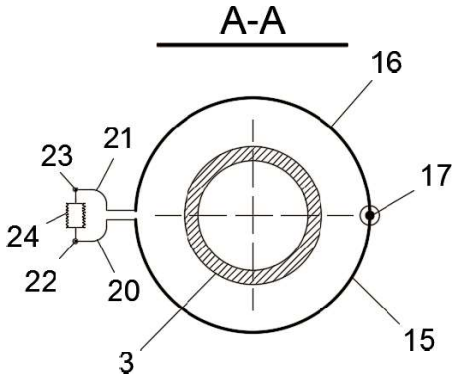
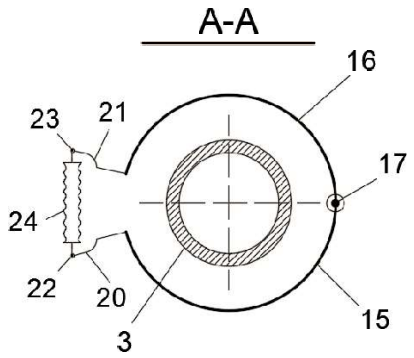


Рис. 2. Схема подъемного участка дефлегматора с дополнительным кожухом: 3 – подъемный участок дефлегматора; 11 – стационарный теплоизоляционный кожух генераторного узла; 13 и 14 – шайбы крепления дополнительного кожуха; 15 и 16 створки дополнительно кожуха; 17 – ось крепления дополнительного кожуха; 18 – паз для оси; 19 – отверстие для оси; 20 и 21 – полуовальные пластины; 22 и 23 – оси крепления; 24 – сильфон



а



б

Рис. 3. Сечения подъемного участка дефлегматора с дополнительным кожухом: *а* – закрытое положение дополнительного кожуха при минимальных температурах наружного воздуха (адиабатное приближение); *б* – открытое положение дополнительного кожуха при повышенных температурах наружного воздуха; 3 – подъемный участок дефлегматора; 15 и 16 створки дополнительно кожуха; 17 – ось крепления дополнительного кожуха; 20 и 21 – полуовальные пластины; 22 и 23 – оси крепления; 24 – сильфон

С учетом полученных результатов моделирования предложена оригинальная конструкция дефлегматора АВХА, способная изменять условия теплообмена при изменении температуры воздуха окружающей среды в автоматическом режиме без участия пользователя.

Полученные результаты позволят существенно (до 36 %) повысить энергетическую эффективность АВХА и, соответственно, пропорционально повысить и производительность гелиосистемы получения воды из атмосферного воздуха при изменяемых в течение светового дня температурных условиях эксплуатации.

Найденные закономерности могут найти применение и при проектировании бытовых и торговых абсорбционных холодильных приборов, работающих по классу *SN** в диапазоне температур воздуха в помещении 10–32 °С [15]. Предварительная оценка способа изменения условий теплообмена в зоне дефлегматора бытового украинского АШ-160 типа «Киев» показала рост энергетической эффективности от 18 до 36 %.

Следует отметить, что проведенные исследования не учитывают ориентацию элементов АВХА в пространстве, а при создании высокопроизводительных гелиосистем получения воды ключевым моментом является максимальная ориентация на солнце [27]. При суточном движении солнца по небосклону следует проводить и перемещение в пространстве и дефлегматора АВХА. В этом случае требуется соответствующее моделирование не только процессов тепломассообмена, но и режимов течения флегмы по наклонным поверхностям.

При суточном движении солнца по небосклону следует проводить и перемещение в пространстве и дефлегматора АВХА. В этом случае требуется соответствующее моделирование не только процессов тепломассообмена, но и режимов течения флегмы по наклонным поверхностям.

Информационные источники

1. A new global partnership: eradicate poverty and transform economies through sustainable development. The Report of the High-Level Panel of Eminent Persons on the Post-2015 Development Agenda.

2. Международное десятилетие действий «Вода для жизни», 2005–2015 годы. Механизм «ООН – водные ресурсы».

3. Аль Майтами Валид Абдулвахид Мохаммед, Фрумин Г. Т. Экологически безопасные технологии водообеспечения в странах аравийского полуострова // Современные проблемы науки и образования. 2008. № 3. С. 111–115.
4. Алексеев В. В., Чекарев К. В. Получение пресной воды из влажного воздуха // Аридные экосистемы. 1996. Т. 2, № 2-3.
5. Перельштейн Б. Х. Новые энергетические системы. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2008. 244 с.
6. The European Solar Thermal Industry Federation (ESTIF). URL: http://www.estif.org
7. Василів О. Б., Коваленко О. О. Структура та шляхи раціонального використання води на харчових підприємствах // Наукові праці ОНАХТ. 2009. № 35. С. 54–58.
8. Разработка схем насосных и безнасосных абсорбционных водоаммиачных холодильных машин для работы в системах получения воды из атмосферного воздуха / Осадчук Е. А., Титлов А. С., Кузаконь В. М., Шлапак Г. В. // Технологический аудит и резервы производства. 2015. Т. 3, № 3 (23). С. 30–37. DOI: 10.15587/2312-8372.2015.44139
9. Doroshenko A. V., Kholpanov L. P., Kvurt Y. P. Alternative Refrigerating, Heat-Pumping and Air-Conditioning Systems on the Basis of the Open Absorption Cycle and Solar Energy. Nova Science Publishers, 2009. 210 p.
10. Absorption Cooling Basics. URL: https://www.energy.gov/
11. Морозюк Л. И. Теплоиспользующие холодильные машины – пути развития и совершенствования // Холодильна техніка та технологія. 2014. № 5. С. 23–29. DOI: 10.15673/0453-8307.5/2014.28695
12. Norcold Inc. Refrigerators. URL: http://www.norcold.com
13. Титлов А. С. Научно-технические основы энергосбережения при проектировании холодильных аппаратов с абсорбционно-диффузионными холодильными машинами // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. 2006. № 29. С. 194–200.
14. Rodríguez-Muñoz J. L., Belman-Flores J. M. Review of diffusion–absorption refrigeration technologies // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2014. Vol. 30. P. 145–153. DOI: 10.1016/j.rser.2013.09.019
15. Бабакин Б. С., Выгодин В. А. Бытовые холодильники и морозильники. Рязань: Узоречье, 2005. 860 с.
16. Мирмов И. Н. Использование солнечной энергии и вторичных источников теплоты для получения холода // Холодильная техника. 2011. № 9. С. 44–49.
17. El-Shaarawi M. A. I., Said S. A. M., Siddiqui M. U. Comparative analysis between constant pressure and constant temperature absorption processes for an intermittent solar refrigerator // International Journal of Refrigeration. 2014. Vol. 41. P. 103–112. DOI: 10.1016/j.ijrefrig.2013.12.019
18. Yildiz A., Ersöz M. A., Gözmen B. Effect of insulation on the energy and exergy performances in Diffusion Absorption Refrigeration (DAR) systems // International Journal of Refrigeration. 2014. Vol. 44. P. 161–167. DOI: 10.1016/j.ijrefrig.2014.04.021
19. A numerical investigation of a diffusion absorption refrigerator operating with the binary refrigerant for low temperature applications / Wang Q., Gong L., Wang J. P., Sun T. F., Cui K., Chen G. M. // Applied Thermal Engineering. 2011. Vol. 31, Issue 10. P. 1763–1769. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2011.02.021
20. Acuña A., Velázquez N., Cerezo J. Energy analysis of a diffusion absorption cooling system using lithium nitrate, sodium thiocyanate and water as absorbent substances and ammonia as the refrigerant // Applied Thermal Engineering. 2013. Vol. 51, Issue 1-2. P. 1273–1281. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2012.10.046
21. Performance analysis of a diffusion absorption refrigeration cycle working with TFE–TEGDME mixture / Long Z., Luo Y., Li H., Bu X., Ma W. // Energy and Buildings. 2013. Vol. 58. P. 86–92. DOI: 10.1016/j.enbuild.2012.12.003

22. Sathyabhama A., Ashok B. Thermodynamic simulation of ammonia-water absorption refrigeration system // Thermal Science. 2008. Vol. 12, Issue 3. P. 45–53. DOI: 10.2298/tsci0803045s
23. Sözen A., Menlik T., Özbaş E. The effect of ejector on the performance of diffusion absorption refrigeration systems: An experimental study // Applied Thermal Engineering. 2012. Vol. 33-34. P. 44–53. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2011.09.009
24. Kholodkov A. Improving the energy efficiency of solar systems for obtaining water from atmospheric air / A. Kholodkov, E. Osadchuk, A. Titlov, I. Boshkova, N. Zhykhareva // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – 3/8 (93). – P. 41-51. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.13364.
25. Осадчук Е. А., Кириллов В. Х. Математическое моделирование рабочих режимов дефлегматора абсорбционного водоаммиачного холодильного агрегата в системах получения воды из атмосферного воздуха с использованием солнечной энергии // Холодильная техніка та технологія. 2017. Т. 53, № 1. DOI: 10.15673/ret.v53i1.534
26. Дульнев Г. Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре. М., 1984. 247 с.
27. Дорошенко А. В., Горин А. Н., Глауберман М. А. Солнечная энергетика (Теория, разработка, практика). Донецк: Норд-Пресс, 2008. 374 с.

СЕКЦІЯ 1:

ЕКОЛОГІЯ, ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

УДК 614.71/72:656.13

ОЦІНКА КАНЦЕРОГЕННОГО РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ ВИКИДАМИ АВТОТРАНСПОРТУ

Бєлоконь К.В., к.т.н., доцент, Ігнатченко К.О., магістрант гр. ЗНС-17-1мд
Запорізька державна інженерна академія, кафедра прикладної екології та охорони праці

Вступ. Відомо, що до 90% токсичних, в тому числі канцерогенних, забруднюючих речовин надходить в атмосферне повітря міст у складі відпрацьованих газів автотранспорту. Канцерогенні речовини чинять значний негативний вплив на здоров'я, оскільки не мають порогу шкідливої дії, і незначна кількість молекул канцерогенної речовини може призвести до порушення стану здоров'я людини.

Значне надходження шкідливих хімічних речовин в атмосферне повітря міст обумовлено щорічним збільшенням чисельності автомобільного парку, а також відсутністю можливості розширення транспортних магістралей. Якщо у середньому в світі на 1 км^2 території припадає п'ять автомобілів, то у великих містах, де сконцентрована основна маса автотранспорту, їх знаходиться в 300 разів більше.

Загальна кількість автотранспортних засобів в Україні в десятки і більше разів менша, ніж у розвинутих країнах Європи, Азії та США, проте рівень забруднення атмосферного повітря викидами двигунів є набагато вищим внаслідок низьких експлуатаційних показників автомобілів вітчизняного виробництва та виробництва автомобільної промисловості колишнього СРСР, а також через поповнення автомобільного парку за рахунок імпорту іноземних марок автомобілів, які тривалий час знаходились в експлуатації.

Як показали дослідження, високий канцерогенний ризик для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами автотранспорту обумовлюють 1,37бутадієн, бензол, формальдегід, бенз(а)пірен та інші канцерогенні речовини. Звичайно, ці речовини надходять в атмосферу міста не лише з вихлопами двигунів, але й у складі викидів промислових підприємств. Проте частка внеску автотранспорту в забруднення атмосферного повітря міст шкідливими речовинами зазвичай більша, передбачається, що вона буде зростати, так як темпи росту забруднення атмосфери відпрацьованими газами вищі, ніж темпи росту промислового виробництва.

Дослідження з вивчення впливу забруднюючих речовин, що обумовлені викидами автотранспорту певної території (міста, району, тощо) на населення проведені мало, оскільки це пов'язано з рядом складностей. Вони обумовлені рядом проблем, які виникають при спробі вичленити частковий внесок автотранспорту в забруднення повітря міст і визначити кількість населення, що безпосередньо підлягає цьому впливу. Важливе значення мають особливості розповсюдження забруднювачів за рахунок викидів відпрацьованих газів в приземному шарі атмосфери, що погіршує умови розсіювання, в порівнянні з викидами стаціонарних джерел, і створює підвищений рівень забруднення поблизу магістральних вулиць.

Автотранспорт є одним з основних секторів економіки, який відіграє важливу роль в задоволенні потреб населення у перевезеннях. По території України проходять важливі автомагістралі міжнародного та республіканського значення та є достатньо розвинена вулично-доріжна сітка у містах. На фоні наявних переваг розгалуженої транспортної сітки виявляється ріст її негативного впливу на навколишнє середовище – багаторазове перевищення нормативів гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин не тільки поблизу магістралей, а й у житлових кварталах міст. Постійно збільшується вміст

забруднень від автотранспорту. Їх шкідливі, в тому числі й канцерогенні речовини, створюють небезпечні концентрації на рівні дихання людини і через слабке розсіювання негативно впливають на стан здоров'я людини.

Метою роботи є оцінити канцерогенний ризик для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря міста Запоріжжя шкідливими речовинами автотранспорту.

Методи та об'єми досліджень. При виконанні роботи було використано загальну процедуру методології оцінки ризику для здоров'я населення (Human Health Risk Assessment), розроблену та рекомендовану Агентством США з охорони довкілля, яка передбачає проведення чотирьох взаємопов'язаних етапів: ідентифікації небезпеки, оцінки «доза-відповідь», оцінки експозиції та характеристики ризику.

Результати роботи.

Розрахунок індивідуального канцерогенного ризику ICR здійснюють за формулою:

$$ICR = LADD \cdot SF, \quad (1)$$

де LADD – середня добова доза протягом життя , мг/(кг·доба);

SF – фактор нахилу, (мг/(кг·доба))$^{-1}$.

Загальна формула для розрахунку середньої добової дози хімічної речовини має наступний вигляд:

$$ADD_i = \frac{C_i \cdot CR \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT \cdot 365}, \quad (2)$$

де ADD_i – середня добова доза і-ї речовини, мг/кг·день;

C_i – середньорічна концентрація в рецепторній точці і-ї речовини, мг/м^3;

CR – швидкість надходження, м^3/день;

EF – частота впливу, днів/рік;

ED – тривалість впливу, років;

BW – середня маса тіла в період експозиції, кг;

AT – період усереднення експозиції, днів;

365 – число днів у році.

В якості змінних виступає час усереднення експозиції, яка залежить від виду оцінюваних токсичних ефектів. Для канцерогенів розрахунок надходження проводився шляхом ділення загальної накопиченої дози на тривалість життя (хронічне щоденне надходження, яке часто називається довічним середньодобовим).

Довічна добова доза з урахуванням вікових періодів (LADD) розраховувалася, як середня доза для трьох періодів життя за формулою:

$$LADD = \frac{\left(ED_b \cdot ADD_{chb}\right) + \left(ED_c \cdot ADD_{chc}\right) + \left(ED_a \cdot ADD_{cha}\right)}{AT}, \quad (3)$$

де $LADD$ – довічна середньодобова доза, мг/(кг·день);

ED_b – тривалість експозиції для дітей молодшого віку (< 6 років);

ED_c – тривалість експозиції для дітей старшого віку (6-18 років);

ED_a – тривалість експозиції для дорослого (>18 років);

ADD_{chb} –дітей молодшого віку, мг/(кг·день);

ADD_{chc} – хронічна середня добова доза для дітей старшого віку, мг/(кг·день);

ADD_{cha} – хронічна середня добова доза для дорослого, мг/(кг·день).

Щоб відстежувати ситуацію та своєчасно зреагувати на негативні тенденції, в місті Запоріжжя налагоджена система державного моніторингу стану атмосферного повітря. Нагляд за якістю атмосферного повітря житлових районів здійснюється проведенням досліджень у більш ніж в 60 умовно фіксованих точках у всіх районах міста.

Для дослідження були вибрані найбільш загружені автотранспортом магістралі: 1. б. Вінтера – вул. Гребельна; 2. пр. Соборний (Леніна) – пр.Металургів; 3. вул. Перемоги – вул. Тюленіна; 4. вул. Перемоги – вул. Патріотична; 5. пр. Соборний (Леніна) – вул. Українська; 6. вул. Дніпровська (Лепніка) – Набережна; 7. пр. Соборний – вул. Святого Миколая (Артема); 8. вул. Радгоспний провулок – вул. Культурна; 9. вул. Василя Сергієнка (Задніпровска) – вул. Новгородська [1].

Вибрані для дослідження перехрестя були охарактеризовані необхідною для розрахунків впливу автотранспорту на атмосферне повітря міста Запоріжжя інформацією щодо: кількості смуг руху, довжини перехрестя, ширини проїзної частини (вихідна інформація була надана Запорізьким національним технічним університетом).

При оцінках викидів шкідливих речовин враховувалася інтенсивність та склад транспортних потоків, швидкісний режим та затримки автотранспорту на досліджуваних перехрестях.

Серед пріоритетних забруднюючих речовин, присутніх у житловій зоні, канцерогенною дією володіє бенз(а)пірен. На досліджуваних територіях в результаті розрахунків були отримані дані щодо максимальних та мінімальних значень осереднених концентрацій (у вигляді контурів розподілу рівнів концентрації забруднювачів від досліджуваної ділянки дороги у заданих рецепторних точках 1-6) для бенз(а)пірену (табл. 1) [1].

Таблиця 1 – Рівні концентрацій бенз(а)пірену на досліджуваних перехрестях

Назва перехрестя	Рівні концентрацій, мг/м^3					
	1	2	3	4	5	6
б. Вінтера -вул. Гребельна	0,04	0,53	1,01	1,49	1,98	2,46
пр. Соборний- пр. Металургів	0,02	0,16	0,31	0,45	0,6	0,74
вул. Перемоги-вул. Тюленіна	0,02	0,17	0,32	0,46	0,61	0,76
вул. Перемоги-вул. Патріотична	0,04	0,22	0,4	0,57	0,75	0,93
пр. Соборний- вул. Українська	0,02	0,19	0,36	0,52	0,69	0,86
вул. Дніпровська-Набережна	0	0	0	0,001	0,001	0,002
пр. Соборний -вул. Святого Миколая	0,05	0,59	1,14	1,68	2,23	2,77
вул. Радгоспна-вул. Культурна	0,02	0,13	0,23	0,33	0,43	0,53
вул. Василя Сергієнко -вул. Новгородська	0,02	0,23	0,43	0,64	0,85	1,05

Рівні індивідуального канцерогенного ризику для здоров'я населення від впливу бенз(а)пірену на вибраних перехрестях представлені у таблиці 2.

Результати розрахунків індивідуального канцерогенного ризику для здоров'я населення на контрольних перехрестях: б. Вінтера - вул. Гребельна, пр. Соборний - пр.Металургів, вул. Перемоги - вул. Тюленіна, вул. Перемоги - вул. Патріотична, пр. Соборний - вул.Українська, вул. Радгоспна - вул. Культурна, вул. Василя Сергієнка (Задніпровска) - вул.Новгородська, вул. Дніпровська (Лепніка) - Набережна свідчать про малий рівень ризику (ICR = $10^{-7} \div 10^{-4}$) при довічному впливі. На перехресті пр. Соборний - вул. Святого Миколая (Артема) показники канцерогенного ризику (ICR = $10^{-5} – 10^{-3}$) свідчать про середній рівень ризику (рис. 1).

Дані рівні не потребують додаткових заходів, вони свідчать про низький рівень ризику, на якому встановлюються лише гігієнічні нормативи для населення. Лише на перехресті пр. Соборний – вул. Святого Миколая (Артема) необхідний динамічний контроль за впливом викидів і поглиблене вивчення джерел і можливих наслідків шкідливих впливів.

Таблиця 2 – Індивідуальний канцерогенний ризик для здоров'я населення від впливу бенз(а)пірену

Назва перехрестя	Індивідуальний канцерогенний ризик ICR
б. Вінтера -вул. Гребельна	$3{,}8\times10^{-5}\div8{,}9\times10^{-4}$
пр. Соборний- пр. Металургів	$1{,}0\times10^{-5}\div7{,}1\times10^{-4}$
вул. Перемоги-вул. Тюленіна	$1{,}9\times10^{-5}\div 7{,}3\times10^{-4}$
вул. Перемоги-вул. Патріотична	$3{,}8\times10^{-5}\div8{,}9\times10^{-4}$
пр. Соборний- вул. Українська	$1{,}9\times10^{-5}\div8{,}3\times10^{-4}$
вул. Дніпровська-Набережна	$9{,}4\times10^{-7}\div3{,}5\times10^{-5}$
пр. Соборний -вул. Святого Миколая	$4{,}7\times10^{-5}\div2{,}6\times10^{-3}$
вул. Радгоспна-вул. Культурна	$1{,}9\times10^{-5}\div5{,}1\times10^{-4}$
вул. Василя Сергієнко -вул. Новгородська	$1{,}9\times10^{-5}\div9{,}9\times10^{-4}$

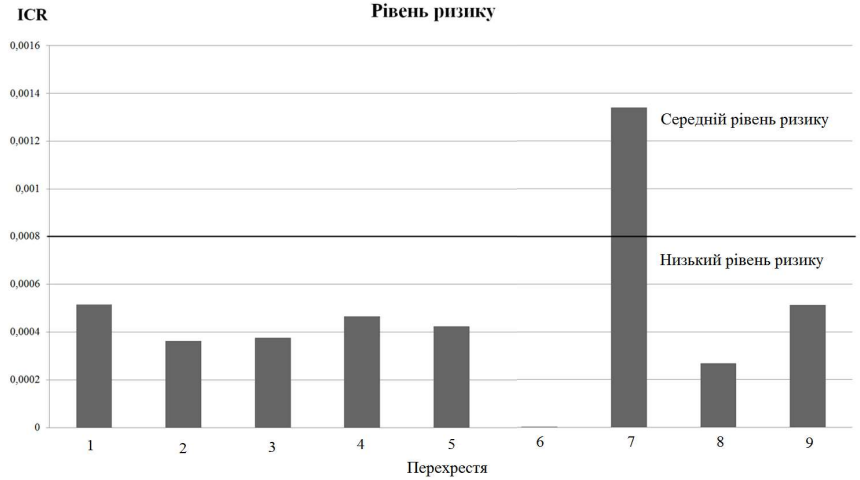


Рисунок 1 - Індивідуальний канцерогенний ризик від бенз(а)пірену: **1.** б. Вінтера – вул. Гребельна; **2.** пр. Соборний (Леніна) – пр.Металургів; **3.** вул. Перемоги – вул. Тюленіна; **4.** вул. Перемоги – вул. Патріотична; **5.** пр. Соборний (Леніна) – вул. Українська; **6.** вул. Дніпровська (Лепніка) – Набережна; **7.** пр. Соборний – вул. Святого Миколая (Артема); **8.** вул. Радгоспний провулок – вул. Культурна; **9.** вул. Василя Сергієнка (Заднiпровска) – вул. Новгородська.

Висновки. Результати розрахунків індивідуального канцерогенного ризику для здоров'я населення на контрольних перехрестях знаходяться у такому інтервалі: $ICR = 10^{-7} \div 10^{-3}$. Найбільший показник ICR = $2{,}6 \cdot 10^{-3}$ було визначено на перехресті пр. Соборний – вул. Святого Миколая (Артема), найменьший на перехресті вул. Дніпровська (Лепніка) – Набережна ICR = $6{,}6 \cdot 10^{-7}$.

Інформаційні джерела

1. Бєлоконь К.В. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря міста Запоріжжя викидами автотранспорту / К.В. Бєлоконь // Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету (технічні науки). Дніпродзержинськ: ДДТУ. – 2015. – Випуск 2(27). - С. 200-205.

УДК 504.064.4:66.097

ОЦІНКА КАНЦЕРОГЕННОГО РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ВОЗНЕСЕНІВСЬКОГО РАЙОНУ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ ВИКИДАМИ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Бєлоконь К.В., к.т.н., доцент, Янович Д.М., магістрант гр. ЗНС-17-1мд
Запорізька державна інженерна академія, кафедра прикладної екології та охорони праці

Вступ. Здоров'я сучасної людини залежить від цілого ряду факторів: спадковості, соціально-економічного та психологічного благополуччя, доступності та якості медичного обслуговування, від способу життя, шкідливих звичок, діяльності та якості навколишнього природного середовища. Спостереження свідчать про щорічне надходження до атмосфери близько 10 млн. тонн шкідливих хімічних речовин, що на 70% обумовлено внеском стаціонарних джерел викидів. Особливої актуальності ця проблема набуває у регіонах зі значною концентрацією підприємств чорної та кольорової металургії, хімічної промисловості, машинобудівних, теплоенергетичних та металообробних підприємств, що неодмінно підкреслює актуальність вирішення питань охорони здоров'я населення, яке мешкає на техногенно-навантажених територіях України.

Місто Запоріжжя є одним з найбільш технологічно розвинених міст України із значним науково-технічним і виробничим потенціалом. Основу промисловості міста складає металургійний комплекс, який завдає великого впливу на стан атмосферного повітря [1].

Метою роботи є співставлення рівнів ризику для здоров'я населення Вознесенівського району від забруднення атмосферного повітря викидами стаціонарних джерел промислових підприємств Заводського району.

Шляхом проведення належним чином спланованих епідеміологічних та еколого-гігієнічних досліджень можна виявити та кількісно оцінити ризик розвитку захворювань, пов'язаних зі шкідливою дією факторів навколишнього природного середовища для відносно великих груп населення. На сьогодні одним з найбільш ефективних підходів до встановлення зв'язку між станом навколишнього природного середовища та здоров'ям людини є методологія оцінки ризику.

Результати роботи.

Характеристика канцерогенного ризику здійснюється поетапно.

1. Узагальнення та аналіз всієї наявної інформації про шкідливі фактори, особливості їх дії на організм людини, рівні експозиції.

2. Розрахунок індивідуального канцерогенного ризику для кожної речовини, що надходить в організм людини аналізованими шляхами.

3. Розрахунок індивідуального канцерогенного ризику для кожного канцерогенного компонента досліджуваної суміші хімічних речовин, а також сумарного канцерогенного ризику для всієї суміші.

4. Розрахунок сумарних канцерогенних ризиків для кожного з аналізованих шляхів надходження, а також загального сумарного канцерогенного ризику для всіх речовин і всіх аналізованих шляхів їх надходження в організм.

5. Розрахунок популяційних канцерогенних ризиків.

6. Обговорення та оцінка джерел невизначеності та варіабельності результатів характеристики ризику.

7. Узагальнення та представлення результатів характеристики ризику.

Розрахунок індивідуального канцерогенного ризику здійснюється з використанням даних про величину експозиції та значення факторів канцерогенного потенціалу (фактор

нахилу, одиничний ризик). Як правило, для канцерогенних хімічних речовин додаткова вірогідність розвитку раку у індивідуума на всьому протязі життя (ICR) оцінюється з урахуванням середньодобової дози протягом життя (LADD):

$$ICR = LADD \cdot SF, \quad (1)$$

де *LADD* – середньодобова доза протягом життя, мг/(кг·доба);
SF – фактор нахилу, (мг/(кг·доба))$^{-1}$.

Визначення величин популяційних канцерогенних ризиків (*PCR*), що відображають додаткове (до фонового) число випадків злоякісних новоутворень, здатних виникнути протягом життя внаслідок впливу досліджуваного фактора, проводиться за формулою:

$$PCR = ICR \cdot POP, \quad (2)$$

де *ICR* – індивідуальний канцерогенний ризик;
POP –чисельність досліджуваної популяції, чол.

При порівняльній характеристиці ризику іноді використовують величину популяційного річного ризику (*PCRa*), що являє собою розраховану кількість додаткових випадків раку протягом року:

$$PCRa = \frac{ICR \cdot POP}{70}. \quad (3)$$

Індивідуальний та популяційний канцерогенні ризики характеризують верхню межу можливого канцерогенного ризику протягом періоду, відповідного середньої тривалості життя людини (70 років).

При поглибленому аналізі канцерогенних ризиків, пов'язаних з впливом хімічних речовин, що відносяться до груп 1, 2А за класифікацією МАВР (Міжнародне агентство з вивчення раку), доцільно групувати досліджувані канцерогени з урахуванням виду та/або локалізації пухлин. У цьому випадку розрахунок сумарних канцерогенних ризиків здійснюється окремо для кожної виділеної групи (наприклад, рак легенів, пухлини печінки тощо).

В якості потенційних хімічних канцерогенів розглядаються речовини, які відносяться до груп 1, 2А, 2В згідно класифікації МАВР.

Було проведено аналіз наявності даних відносно референтних рівнів при гострих та хронічних впливах хімічних речовин та вказані ті критичні органи/системи та ефекти, які відповідають встановленим референтним дозам/концентраціям. У складі пріоритетних забруднюючих речовин 1 хімічна речовина має канцерогенну дію. За класифікацією МАВР формальдегід відноситься до групи канцерогенів 1 класу, тобто найбільш небезпечні для людини (табл. 1) [2].

Хронічне отруєння формальдегідом викликає такі симптоми: алергію, постійний кашель, подразнення очей, носа, горла і шкіри, напади астми, порушення сну, психічне збудження, тремтіння, схуднення, головні болі, розлад зору і координації, хронічну втому, сонливість, млявість, загальмованість, розлад потовиділення, і регуляції температури тіла.

Для дослідження були вибрані наступні вулиці Вознесенівського району м. Запоріжжя під номерами: 1- Антенна, 2 - Рекордна, 3 - Яценка, 4 - Гагаріна, 5 - Незалежної України, 6 - бул. Центральний, 7 - Волгоградська, 8 - Адмірала Нахімова, 9 - Матросова, 10 - Сєдова, 11 - Я. Новицкого, 12 - пр. Соборний, 13 - бул. Шевченко, 14 - Лермонтова, 15 - Сталеварів, 16 - Патріотична, 17 - пр. Маяковського, 18 – Єнісейська [3].

Результати розрахунків індивідуального канцерогенного ризику для здоров'я населення

на досліджуваних вулицях при гострому впливі дорівнюють $1{,}32 \cdot 10^{-4} \div 2{,}2 \cdot 10^{-4}$ та свідчать про середній рівень ризику ($10^{-4} < ICR < 10^{-3}$, прийнятний для професійних груп і неприйнятний для населення в цілому, характерний для більшості великих промислових міст) (рис. 1). Поява такого ризику потребує розробки та проведення планових оздоровчих заходів.

Таблиця 1 – Параметри токсичності формальдегіду від стаціонарних джерел Заводського району

Назва речовини	ГДК м.р., мг/м³	ГДКс.д., мг/м³	клас небезпеки	RfC, мг/м³	Класифікація канцерогенів МАВР/ EPA	Sf мг/кг-день	Вплив на органи і системи
Формальдегід (CH_2O)	0,035	0,003	2	0,003	2A/B1	0,046	органи дихання, органи зору, імунна система

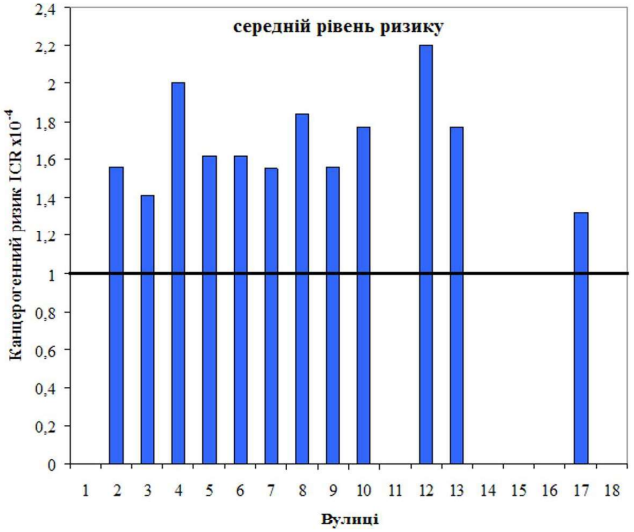


Рисунок 1 – Індивідуальний канцерогенний ризик від формальдегіду при гострій дії (на вул. 1, 11, 14, 15. 16, 18 – дані вимірювань відсутні)

Популяційний канцерогенний ризик PCR при гострому впливі складає приблизно 17,26 додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя на популяцію, яка підпадає під діючи концентрації речовини.

Результати розрахунків індивідуального канцерогенного ризику для здоров'я населення на досліджуваних вулицях при довічному впливі дорівнюють $7{,}36 \cdot 10^{-5} \div 1{,}11 \cdot 10^{-4}$ та свідчать про низький рівень ризику ($10^{-6} < ICR < 10^{-4}$, індивідуальний ризик відповідає гранично допустимому ризику) (рис. 2). Дані рівні ризиків підлягають постійному контролю та можуть проводитися додаткові заходи щодо їх зниження.

Популяційний канцерогенний ризик PCR при довічному впливі складає приблизно 9,58 додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя на популяцію, яка підпадає під діючи концентрації речовини.

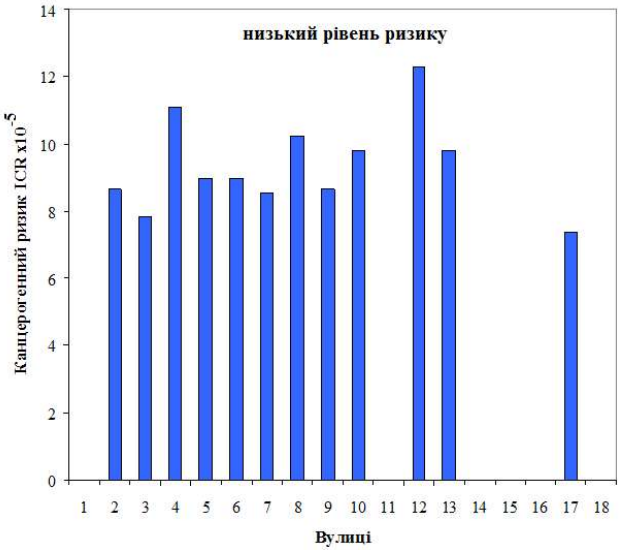


Рисунок 2 – Індивідуальний канцерогенний ризик від формальдегіду при довічній дії (на вул. 1, 11, 14, 15. 16, 18 – дані вимірювань відсутні)

Висновки. Результати розрахунків індивідуального канцерогенного ризику для здоров'я населення на досліджуваних вулицях при гострому впливі дорівнюють $1{,}32\cdot10^{-4}\div2{,}2\cdot10^{-4}$ та свідчать про середній рівень ризику. Результати розрахунків індивідуального канцерогенного ризику для здоров'я населення на досліджуваних вулицях при довічному впливі дорівнюють $7{,}36\cdot10^{-5}\div1{,}11\cdot10^{-4}$ та свідчать про низький рівень ризику.

Інформаційні джерела

1. Бєлоконь К.В. Аналіз екологічної безпеки викидів, що містять оксид вуглецю і вуглеводні, промислових підприємств Запорізького регіону / К.В. Бєлоконь, Я.О. Яскевич // Еко Форум – 2017: збірник тез доповідей І спеціалізованого міжнародного Запорізького екологічного форуму. – Запоріжжя: Запорізька торгово-промислова палата, 2017. – С. 6-8.

2. Бєлоконь К.В. Дослідження впливу викидів металургійних підприємств на забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя / К.В. Бєлоконь, Є.А. Манідіна, Я.О. Куранова // Металургія. – Вип. 1 (39). – 2018. – С. 136-140.

3. Бєлоконь К.В. Забруднення атмосферного повітря міста Запоріжжя як чинник канцерогенного та неканцерогенного ризику для здоров'я його мешканців / К.В. Бєлоконь, О.О. Троїцька, Я.О. Куранова // Еко Форум - 2018: Збірник тез доповідей ІІ спеціалізованого міжнародного Запорізького екологічного форуму. - Запоріжжя: Запорізька торгово-промислова палата, 2018. - С. 6 – 7.

УДК 628.315.081.6:665.1.013

МЕМБРАННА ОБРОБКА СТІЧНИХ ВОД ПІДПРИЄМСТВ ОЛІЙНО-ЖИРОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Бондар С.М., к.т.н., доцент
Одеська національна академія харчових технологій

Надмірне забруднення гідросфери для харчової промисловості є негативним фактором впливу на довкілля завдяки високим показникам водоспоживання, водовідведення та вмісту у стічних водах великої кількості сполук, що ускладнюють природні процеси відновлення і рівноваги екосистем. Важливе місце має надходження у природне середовище стічних вод олійножирової галузі. Найбільшу кількість стічних вод дають технологічні процеси, що пов'язані з рафінацією олій та жирів.

Олійножирові підприємства не мають очисних споруд, здатних забезпечити повний цикл обробки стічних вод і досягнення належних їх характеристик. Локальні споруди не дають змоги довести показники якості стічної води до нормативних значень. Доочищення в такому разі проводиться міськими станціями і відрізняється витратністю реагентів та інших факторів, що ускладнюють весь технологічний ланцюг обробки стічних жировмісних вод.

Останніми роками все більше уваги приділять неорганічним мембранам, що мають значні переваги. Водночас наголошується на обмеженості експлуатаційних характеристик органічних мембран і нагальній потребі додаткових досліджень мембран останнього покоління, зокрема, з кераміки. Вони мають високу резистентність, витривалість, значний строк експлуатації і інші переваги .

Метою дослідження стало тестування керамічних мембран фірми BTS engineering, які все більше завойовують український ринок мембран і мембранного обладнання. Мембрани BTS виконані з керамічної маси оксидів алюмінію, титану та цирконію. Вони мають вигляд циліндра з зовнішнім діаметром 25 мм, довжиною 1178 мм. У середині циліндричної основи є 7 каналів діаметром 6 мм, що розташовані коаксиально. Загальна площа мембранної поверхні складає 0,155м^2.

Результати досліджень показали, що мембрани BTS uF (100 нм) більш ефективні при обробці стічних вод, ніж мембрани BTS uF (200 нм). Концентрація жирних сполук у фільтраті значно залежить від концентрації жирів у концентраті. При максимальній концентрації 39570 мг/л (фактор концентрування 6) вміст жирів у фільтраті більше, ніж у 2 рази перевищує вихідний показник.

Для глибокого очищення жировмістних стічних вод ультрафільтрації недостатньо. Слід використовувати мембрани з більш вузьким розміром пор, наприклад, 20…50 нм, що означає перехід у ранг нанофільтрації, для якої слід очікувати більшого ефекту.

Застосування комбінації традиційних процесів очищення стічних жировмістних вод з мембранною обробкою дасть змогу заощадити енергію і реагенти на обробку і значно спростить увесь технологічний ланцюг для досягнення належних екологічних показників олійно-жирового виробництва.

Список літератури:

1. Мачигин В.С., Щербакова Л.Н., Яковлев В.И. Инновационные мембранные технологии очистки мыло- и жирсодержащих сточных вод. Водоочистка, 2010, № 8, С.57–59.
2. Мачигин В.С. Ультрафильтрация – альтернатива реагентным физико-химическим методам очистки жирсодержащих сточных вод. Масложировая промышленность, 2007, № 4, С.19–20.
3. Мачигин В.С., Щербакова Л.Н., Лялик В.А. Ультрафильтрация мыло- и жирсодержащих сточных вод на керамических мембранах нового поколения. Весник ВНИИЖ, № 2, 2009, С.53–55.
4. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. М.: Химия, 1984. – 336 с.

УДК 66.092 – 977

ЕКОЛОГІЧНІСТЬ СПОСІБІВ УТИЛІЗАЦІЇ ЗНОШЕНИХ ШИН

Лапіка А.А. студент групи 5 ЕТТ – 22, Коломієць О.В. к.т.н., асистент,
Буличов В.В. к.т.н., доцент
ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

Загальносвітові запаси зношених автошин оцінюються від 25 до 39 млн т при щорічному прирості не менше 7 млн т. Зношені шини є відходами, які займають багато фізичного простору, практично не піддаються ущільненню, збору і ліквідації. Вони не піддаються біологічному розкладанню, оскільки термін їх розкладання не піддається визначенню. До їх складу входять небезпечні компоненти, такі як свинець, хром, кадмій та інші важкі метали. За відсутності належного видалення і регулювання шини являють собою загрозу для здоров'я і навколишнього середовища. Проблема використання зношених шин має важливе екологічне значення, оскільки вийшли з експлуатації шини накопичуються в місцях їх експлуатації (в автогосподарствах, на аеродромах, промислових і сільськогосподарських підприємствах, гірничо-збагачувальних комбінатах і т. д.). Шини, що вивозяться на сміттєзвалища або розсіяні на навколишніх територіях шини тривалий час забруднюють навколишнє середовище та служать сприятливим середовищем проживання і розмноження ряду гризунів і комах, які є розносниками різних захворювань. Крім того, шини мають високу пожежну небезпеку, а продукти їх неконтрольованого спалювання роблять украй шкідливий вплив на екологію в цілому (грунти, води, повітряний басейн) [1, 2,3].

Використання зношених шин є джерелом економії природних ресурсів, а отже має також істотне економічне значення, оскільки потреби господарства в природних ресурсах безперервно ростуть, а їх вартість постійно підвищується. Крім того, ліквідація сміттєзвалищ зношених шин дозволить звільнити для використання за призначенням значні земельні площі.

Метою даної роботи є аналіз існуючих способів утилізації зношених шин (рис. 1) для знаходження найбільш екологічного з них.

Аналіз світового та вітчизняного досвіду в галузі утилізації зношених автомобільних шин свідчить, що всі існуючі на сьогоднішній день методи не позбавлені економічних і екологічних проблем.

Шини утилізують, використовуючи їх для захисту схилів від ерозії, створюючи з них звукоізолюючі огорожі вздовж автострад.

Зношені шини застосовуються для пристрою штучних рифів, службовців місцем проживання риб і устриць. Фірмою «Гудьир» в 1970 р біля берегів Австралії був створений штучний риф з 15 тис. шин. Рифи створені біля берегів Флориди з 215 тис. шин; Нової Зеландії, Ямайки, Греції, Японії та ін. Забруднення морської води при цьому не відбувається. Близько 200 штучних нерестовищ з зношених шин створено в Німеччині.

Згідно розробці фірми «Органіка» (Німеччина), при створенні звукоізолюючих огороджень уздовж автострад у шин видаляють одну боковину, після чого їх з'єднують і заповнюють землею. В результаті утворюється похилий спуск, який можна озеленити. Така конструкція поглинає звук і одночасно служить бар'єром безпеки. Для виготовлення такого бар'єру потрібно 5 тис. шин на 100 погонних метрів.

Зношені шини досі легально або нелегально зберігаються на звалищах з іншими відходами. Однак, шини - це продукт, який зовсім не підходить для поховання. Під дією факторів навколишнього середовища з них вимиваються токсичні поліядерні ароматичні вуглеводні, які надходять в грунт. Процес розкладання гуми в природних умовах триває століття. Крім того, при такому способі утилізації цінна вторинна сировина вилучається з економічного обігу і не може бути в подальшому використана для переробки [2].

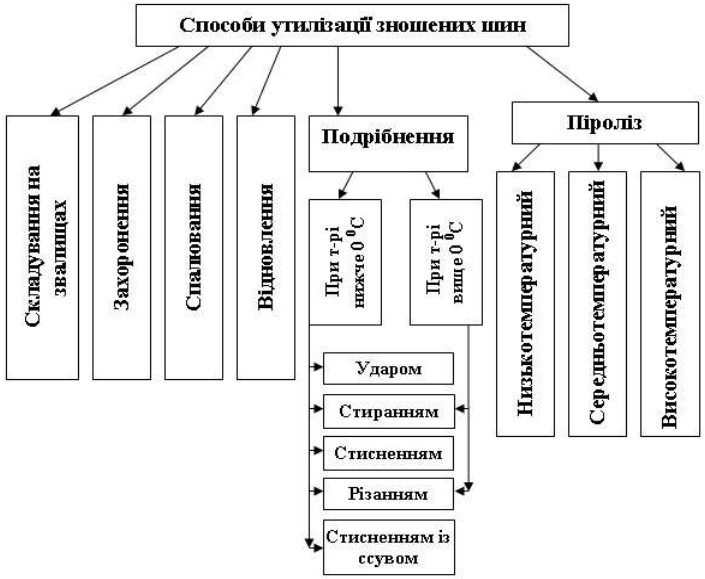


Рис. 1. Способи утилізації зношених шин [1-3].

На перший погляд екологічним виглядає спосіб відновлення шини - з одного боку, це веде до зменшення кількості відходів, а з іншого - до економії ресурсів. Для відновлення шини необхідно в середньому близько 5 л сирої нафти, а для виробництва нової автопокришки – 35 л. З технічної точки зору процес відновлення шини не може повторюватися багаторазово без впливу на її якість і безпеку експлуатації. Таким чином, кожна відновлена шина врешті-решт перетворюється в зношену, і тому відновлення є лише тимчасовим вирішенням проблеми утилізації [2].

Вольфсон та ін. [4] констатують доцільність використання зношених шин як палива в цементній промисловості. При цьому може бути скорочена витрата енергоносія на 25% і зменшений, при відповідному підході, рівень забруднення навколишнього середовища. Сірка і метал зв'язуються в вихідному продукті - клінкері. У той же час не можна виключити з розгляду негативний вплив сполук цинку які виділяються в атмосферу. Разом з цим, необхідно враховувати, що в зв'язку з тим, що енерговміст шини менший від тієї енергії, яка була витрачена на її виробництво, пріоритет повинен бути відданий нетермічний способам вторинного використання шин. При виготовленні однієї шини, в середньому, витрачається 35 л нафти. При її спалюванні виділяється енергія, еквівалентна тій що одержується від спалювання 6-8 л нафти, при цьому витрати на полімеризацію не враховуються.

В останні роки, у зв'язку з високою токсичністю речовин, які вивільняються в повітря при спалюванні шин, відповідними правовими нормами введена обов'язкова оснащення установок по спалюванню досить дорогим обладнанням, яке обмежує викиди токсикантів в атмосферу. Це різко знижує економічність автопокришки як енергоносія, робить її менш рентабельною в порівнянні з іншими видами палива.

В даний час все більшого значення набуває напрям використання відходів у вигляді дисперсних матеріалів. Найбільш повно первісна структура і властивості каучуку і інших полімерів, що містяться у відходах, зберігаються при механічному подрібненні. Існуючі способи механічної переробки зношених націлені на отримання або регенерату, або крихти.

Останні, в свою чергу, є основою (сировиною) для отримання промислових товарів. Отримана крихта використовується як наповнювач виробів для сучасних матів, груш, килимків, підлогових покриттів, матеріалів для покрівлі дахів. Однак використання гумової крихти в якості покриття дитячих майданчиків виявилося екологічно небезпечним, так як відбувається її розкидання по території.

Саме кінцева стадія використання отриманої крихти і є каменем спотикання економічно ефективного вирішення проблеми повного рециклінгу гумових відходів. Щоб зробити добавку в дорожнє покриття або бітумну мастику, потрібно зробити рецептуру. Два однакових за розміром колеса, але різних виробників, дадуть за своїм складом неоднорідну масу, в яку потрібно додавати компоненти, щоб отримати необхідні властивості. Відомо, що протягом більше сотні років робилися численні зусилля, щоб об'єднати гуму з бітумами і асфальтами з метою її утилізації і додання в'язких матеріалів гумоподібних властивостей. Розроблено безліч технологічних схем прямого введення гуми в асфальтобетонні суміші, використання гумової крихти, як наповнювача в дорожньобудівельних матеріалах.

Для того, щоб зробити з крихти будь-який виріб, необхідно закупити додаткове обладнання, що зведе нанівець декларовану порівняльну дешевизну. А потім вироби, отримані з крихти, необхідно буде реалізувати, що теж вимагає часу, створення мережі збуту і неодмінні проблеми з затримкою платежів і банкрутством партнерів. Американські та шведські фахівці провели дослідження, в результаті якого з'ясувалося, що покришки — досить небезпечна частина автомобіля: пил, що виникає внаслідок зносу гуми, може викликати серйозні захворювання [1].

Водоструминний метод: у спеціальній камері шина піддається атаці струменів води під високим тиском. Вода вириває шматочки гуми, які потім відділяються в спеціальному сепараторі. У результаті виходить крихта розміром 0,05-1 мм. Ця технологія вирізняється високою якістю одержуваного продукту і не вимагає великих виробничих площин, але енерговитрати складають 1кВт/год на 1 кг одержуваної гуми.

Бародеструкційний спосіб передбачає попереднє дроблення шин на великі шматки, які в подальшому завантажуються в спеціальну камеру, де під дією високого тиску і температури гума подібно рідині віджимається з металокорду. Отримана крихта має розміри до 0,8 мм. На жаль, повного очищення металокорду досягти не вдається, тому слід передбачати додаткове очищення металокорду або його утилізацію, даний метод є дуже затратним.

Озонова технологія вважається однією з перспективних. Після видалення бортового кільця шину ріжуть на 4 частини і розміщують в спеціальній камері, де піддають впливу газом із вмістом озону і одночасного механічного впливу. У процесі обробки озон руйнує зв'язки в гумі, а механічний вплив дозволяє розвиватися мікротріщинам. У підсумку гума просто обсипається з металевого каркаса. Одержуваний порошок не злипається, а розмір часток не перевищує 0,1-0,2 мм. Проте реалізація дуже дорога.

Розчинення шин в гарячому бітумі дозволяє отримувати металобрухт, який є сировиною для виготовлення технічного вуглецю і матеріалом для будівництва автомобільних доріг. Даний спосіб вимагає надмірної кількості енергії, а модифікований бітум занадто дорогий для покриття дорожнього полотна.

Одним із перспективних методів переробки гумових відходів є піроліз [4]. У процесі піролізу відбувається переробка відпрацьованих автопокришок зі зміною хімічної структури гуми. У даний час на дослідно-промислових і промислових установках переробки зношених шин методом піролізу застосовуються два основних способи: низькотемпературний рідкофазний піроліз (200 – 600 °С) і високотемпературний піроліз (більше 600 °С).

Перспективність піролізу обумовлена тим, що найбільш повно вирішується проблема використання відпрацьованого матеріалу. Проведення піролізу не вимагає тонкого здрібнювання автопокришок і дозволяє переробляти автопокришки з металокордом. У результаті утилізації автопокришок методом піролізу одержують синтетичну нафту, смолонаповнений технічний вуглець, металобрухт. До складу синтетичної нафти входить порядку 65% бензинової фракції і порядку 35% мазуту. Синтетична нафта може

застосовуватися як котельне паливо або бути розігнана пофракційно шляхом ректифікації. Бензинова фракція з октановим числом – 100, температурою кипіння 180 ºС, використовується у виробництві високооктанового екологічно чистого бензину, що не містить Pb, S. Мазут за своїми показниками відповідає ДСТ 1058-99 (М-40), масова частка вмісту сірки – 0,6%. Технічний вуглець містить 92 – 99% чистого вуглецю. Технічний вуглець використовується для виготовлення штучних алмазів, канцтоварів, щіток для електродвигунів, як наповнювач для виготовлення РТВ тощо. Металобрухт (металокорд очищений) являє собою високолеговану сталь.

Недоліки піролізу: висока токсичність викидів продуктів піролізу, які небезпечні для живих організмів.

В роботі [5] представлено конструктивне оформлення піролізного реактору закритого типу (без викидів шкідливих речовин в навколишнє середовище), в якому процес піролізу проходить при оптимальній температурі 720 ^{0}С [6], яка досягається за рахунок індукційного нагріву. Розрахунок параметрів індуктора який необхідно використати для даних цілей наведено в [7]. Процентний склад піролізного газу який отримано в піролізному реакторі з індукційним нагрівом :C_2H_4 =2,1%; C_3H_6 = 8,1%; C_2H_2=0,016%; CH_4=20,875%; C_4H_5 =24,375%, C_3H_8= 3,3%, H_2=18% ;теплотворна здатність отриманого газу - 31,14 МДж/м^3. Розходження з такими компонентами піролізного газу як CH_4, C_3H_8, H_2 , який було отримано в стандартному піролізному реакторі не перевищило 1,6 % , що доводить перспективність запропонованого підходу.

Таким чином, жоден з відомих в даний час методів утилізації шин не є абсолютно екологічно чистим, а отже потребує розробки і впровадження енергоефективних і екологічних технічних рішень, таких як пролізний реактор з індукційним нагрівом шинної гуми.

Інформаційні джерела:

1. Клімішина М. Т. Стан та перспективи розвитку технологій переробки шин та їх вплив на довкілля / М. Т. Клімішина // Технологический аудит и резервы производства, 2016. – № 6/2(32). – с. 57 – 63.

2. Утилизация шин: монография / Н.В. Внукова, Е.И. Позднякова, И.В. Карапетянц и др. – Х: ХНАДУ, 2013. – 336 с.

3. Методы утилизации шин и резинотехнических изделий / Вольфсон С.И., Фафурина Е.А., Фафурин А.В. // Вестник Казанского технического университета, 2011. – с. 74 – 79.

4. Коломієць О.В. Піроліз зношених шин за рахунок індукційного нагріву їх металічного корду / О.В. Коломієць, В.В. Буличов // Матеріали XXXV Всеукр. наук.-практ. інтернет-конференції «Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку»: Зб. наук. праць. – Переяслав-Хмельницький, 2017. – Вип. 35. – с. 232 – 235

5. Лапіка А.А. Енергоефективний пролізний реактор / А.А. Лапіка, О.В. Коломієць // Еколого-енергетичні проблеми сучасності / Збірник наукових праць Всеукр. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів. Одеса, 13 квітня 2018 р. – Одеса: Видавництво ОНАХТ, 2018. – С. 41 – 42.

6. Коломієць О.В. Вибір оптимальної температури піролізу зношених шин / О.В. Коломієць, В.В. Буличов // Теплотехніка, енергетика та екологія в металургії:колективна монографія . У двох книгах. – Книга 2 / Під заг. ред. д.т.н., проф.. Ю.С. Продайка. – Дніпро: Нова ідеологія, 2017. – с. 149 – 153.

7. Коломієць О.В Визначення основних параметрів індуктора для нагріву металічного корду зношених шин [Електронний ресурс] / О.В. Коломієць, В.В. Буличов // Тези доповідей І Всеукраїнської наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених «Проблеми сучасної електроенергетики, електротехніки та електромеханіки: теорія і практика», 15-16 грудня 2017 р. / відп. Ред. Бабаєв В.М. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2017: http://ojs.kname.edu.ua/index.php/area/article/view/1617/1537

УДК 504.062

АНАЛІЗ ПОТЕНЦІАЛУ РОЗВИТКУ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ НА ШЛЯХУ ДО «ЗЕЛЕНОЇ ЕКОНОМІКИ»

Женжеруха В.А., магістр, Голенкова О.І., магістр
Національна металургійна академія України, м. Дніпро

Традиційні джерела енергії – ті, що людство використовує давно, нетрадиційні – людство ще лише вчиться їх використовувати. До нетрадиційних (альтернативних) відносяться відновлювальні джерела енергії (ВДЕ), які використовують потоки енергії Сонця, енергію вітру, теплоту Землі, біомаси, морів і океанів, річок, які у майбутній перспективі практично невичерпані. Всі ВДЕ поділяються на дві групи, що використовують пряму енергію сонячного випромінювання і її вторинні прояви (непряма сонячна енергія), а також енергію взаємодії Сонця, Місяця і Землі. Результатом побічної діяльності Сонця є відповідні ефекти в атмосфері, гідросфері та геосфері у вигляді вітру, гідроенергії, енергії течій, хвиль, припливної енергії, теплової енергії навколишнього середовища тощо [1].

Одним з пріоритетних напрямків розвитку енергетики в XXI ст. є всебічне використання ВДЕ, що дозволить знизити негативний вплив енергетики на довкілля, підвищити енергетичну і екологічну безпеку.

Основними перевагами ВДЕ в порівнянні з традиційними невідновлювальними джерелами є: практично невичерпні ресурси; зниження негативного впливу на довкілля, включаючи викиди різних забруднюючих речовин, парникових газів, радіоактивне і теплове забруднення тощо.

Основними факторами, що обмежують використання нетрадиційних ВДЕ, є:

- мала густина енергетичного потоку, яка складає, наприклад, для сонячної енергії на поверхні Землі $1{,}36 \cdot 10^{-3}$ МВт/м^2, вітрової при швидкості вітру 10 м/с – $6 \cdot 10^{-4}$ МВт/м^2, геотермальної – $3 \cdot 10^{-8}$ МВт/м^2, в той час як для енергії АЕС – 0,2 МВт/м^2;
- значна нерівномірність вироблення енергії в часі та її використання;
- відносно висока капіталоємність енергетичних установок і вартість виробленої електроенергії.

Переваги розвитку нетрадиційних відновлюваних джерел енергії в Україні:

- зниження використання викопних паливних ресурсів (у тому числі імпортованих) для генерації електроенергії та підвищення ступеня енергетичної безпеки;
- поліпшення екологічної обстановки в Україні;
- розвитку української промисловості та нарощування власних будівельних потужностей.

Прогнози науковців передбачають збільшення частки відновлюваних джерел енергії в Україні до 10% до 2030 р. Нині вартість генерації енергії нетрадиційними методами значно вища, ніж вартість традиційної генерації. Тому освоєння і розвиток ВДЕ передбачає необхідність використання механізмів підтримки та стимулювання («зелений тариф»). Разом з тим очікується, що витрати на будівництво об'єктів для генерації з ВДЕ будуть знижуватися, а за умови якісного стрибка в розвитку технологій повна собівартість генерації з ВДЕ може зрівнятись із собівартістю традиційної генерації або досягти нижчого рівня.

Основою розвитку ВДЕ в Україні в прогнозному періоді стане вітрогенерація, сонячна та біоенергетика. Прогнози динаміки використання ВДЕ та динаміки виробництва та споживання біопалив до 2030 р. наведено у таблицях 1-2 [1, 2].

Україна має істотний потенціал розвитку вітроенергетики. Найбільш перспективними для її розвитку є південні та південно-східні регіони країни, де середня швидкість вітру перевищує 5 м/с. На всьому суходолі України вітрові станції приблизно будуть давати 50-60% енергії в залежності від регіону. Проте цей потенціал нині не використовується, бо для будівництва значної кількості вітряних станцій необхідні значні інвестиції (понад 200 млрд. грн.), які не можуть бути залучені в нинішній ситуації [1, 3].

Таблиця 1 - Динаміка вироблення електроенергії з нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії в 2010-2030 рр. в Україні, ТВт·год

ВДЕ	2010	2015	2020	2025	2030
Вітрогенерація	0,1	0,6	1,9	3,8	7,4
Сонячна генерація	<0,1	0,3	0,8	1,4	2,6
Малі ГЕС	0,2	0,4	0,7	1,3	2,1
Біогенерація	<0,1	<0,1	0,2	0,2	0,3
Генерація з інших ВДЕ	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,2
Разом, вироблення із ВДЕ	<0,4	<1,4	3,6	6,8	12,6

Таблиця 2 - Динаміка виробництва та споживання біопалив у 2010-2030 рр. в Україні, млн. т

Біопаливо	2010	2015	2020	2025	2030
Біоетанол	<0,1	0,3	0,6	0,8	1,1
Біодизель	~0	~0	<0,1	0,3	0,8
Разом, споживання біопалив	<0,1	0,3	0,6	1,1	1,9

В Україні існують достатньо сприятливі умови для використання сонячної енергії. У кліматичних умовах України ефективним є використання сонячних колекторів для децентралізованого теплопостачання, нагрівання повітря, висушування зерна тощо. На всій території України ККД сонячних батарей складає 0,9, на території південних областей ККД сонячних панелей складає 1,0. Таким чином видно, що використання сонячних енергетичних панелей є цілком вигідним на всій території України. Технологія виробництва сонячних кремнієвих панелей постійно вдосконалюється, що призводить до підвищення їх ефективності та зменшення вартості [4, 5].

Гідроенергія вважається найдешевшим видом електроенергії після атомної енергії. На українських річках застосовуються десятки великих та малих гідрогенераторів, які цілодобово, незалежно від вітру чи сонця виробляють електроенергію. Цей вид отримання енергії також продовжуватиме розвиватися в Україні [3].

На півдні України доцільно створювати енергокомплекси на основі територіального об'єднання сонячних, вітрових і геотермальних електростанцій [2-5].

Таким чином, аналіз питань розвитку нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії в Україні показав, що Україна має значний потенціал для розвитку альтернативної енергетики. В умовах України перевагу слід віддавати вітроенергетиці, сонячній енергетиці та біоенергетиці. Їх розвиток – це не лише шлях до енергетичної незалежності України, але й до запровадження «зелених» технологій, які стають запорукою екологічної безпеки та сталого розвитку.

Перелік посилань

1. Енергетика: історія, сучасність і майбутнє [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://energetika.in.ua/ua/books/book-5/part-1/section-1
2. Оновлення Енергетичної стратегії України на період до 2030 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/ document?id=222032
3. В Украине построят 2 биогазовые электростанции [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.abcnews.com.ua/ru/news/v-ukrainie-postroiat-2-bioghazovyie-eliektrostantsii
4. Вітряки та сонячні батареї: дозволи, податки та технічні аспекти [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.aratta-ukraine.com/text_ua.php?id=1646
5. Ткач І.В. Стан і перспективи розвитку сонячної енергетики // Ткач І.В., Рудченко А.Г. – Дніпро: НГУ, 2016. - С. 28-29

УДК 349.6:628.477

ПРОБЛЕМА ПИЛОВИДНИХ ВІДХОДІВ ПІДПРИЄМСТВ ГАЛУЗІ ХЛІБОПРОДУКТІВ І ШЛЯХИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ

Зацерклянний М.М., к.т.н., доцент., Майлунець Н.В., магістр
Одеська національна академія харчових технологій
Столевич Т.Б., к.т.н., доцент
Одеський національний політехнічний університет

"Humanity will not perish
in an atomic nightmare –
it will suffocate
in its own waste".
Niels Bohr.

За останні 2,5–3,0 десятиліття людство використало стільки ж сировини, скільки за всю попередню історію цивілізації. При цьому вона використовується, приблизно, на 3%, а направляється у відходи–97%. У розрахунку на одного жителя Планети Земля з її надр щороку видобувається до 50 тонн речовини і тільки 1,5 тонни перетворюються у кінцевий продукт, а 48,5 тонн становлять відходи. З них до 100 кг небезпечних, а у розвинених країнах навіть 500 кг. Сьогодні кількість відходів на планеті перевищує вагу всієї біологічної маси Землі. Має місце і значний обсяг викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря. В Україні обсяги викидів щорічно збільшується на 6,0–10% і становлять більше 3 млн тонн.

Значний внесок у обсяг викидів забруднюваавльних речовин в атмосферне повітря належить харчовій промисловості. Так, у галузі хлібопродуктів, багато технологічних процесів, супроводжуються значним виділенням пилу, який є однією з головних шкідливих речовин на підприємствах. Пил забруднює довкілля, здійснює негативний вплив на обслуговуючий персонал, викликає передчасний вихід з ладу технологічного обладнання. Крім того він має високу вибухо- і пожежонебезпеку, його виділення пов'язано з втратою частини сировини та готової продукції.

На підприємствах галузі хлібопродуктів зерно проходить технологічні операції приймання, очищення, сушки, відпуску, охолодження, освіження, має місце його багаторазове переміщення транспортними механізмами, самопливом по системах пневмотранспорту тощо. Тертя зерна по стінках обладнання і трубопроводах призводить до стирання оболонок зерна і виникнення органічного і мінерального пилу, що утворюється завдяки забрудненню зерна різними неорганічними домішками під час його збирання і транспортування.

Значне утворення пилу має місце під час переміщення аерожолобами і продувки повітрям шару зерна при активному вентилюванні і сушці.

Об'ємне технологічне обладнання і ємності: силоси, оперативні бункери тощо постійно заповнені пилоповітряною сумішшю. На елеваторах під час завантажувальних робіт малодисперсний пил потрапляє у робочу зону разом з повітрям, через нещільності, внаслідок ежекції за рахунок падаючого матеріалу.

У розсійниках і ситовічних машинах мукомельних заводів відбувається інтенсивне розпушування пилу у повітрі та утворюється пилоповітряна суміш з надмірним тиском у кожухах обладнання, що також сприяє надходженню пилу у виробничі приміщення.

На крупозаводах технологічний процес переробки зернопродуктів супроводжується виділенням малодисперсного органічного пилу з мінеральними домішками.

На комбікормових заводах джерелами виділення пилу є технологічні процеси з підготовки інгредієнтів, а також процеси виробництва комбікормів. Обсяги і склад пилу залежать від продуктивності підприємства, виду сировини і готової продукції, технічного стану технологічного обладнання, а також обладнання для транспортування та зберігання.

На цих підприємствах відбувається подрібнення різних органічних і мінеральних компонентів на молоткових дробарках і вальцьових станках.

Подрібнений продукт, переміщуючись по всіх технологічних лініях, утворює пилоповітряну суміш в обладнаннях, бункерах, тічках, пневмообладнаннях, відводах, яка через нещільності у корпусах апаратів виділяється назовні.

Збільшенню надходження пилу сприяє як недостатня герметизація обладнання, так і неефективна робота аспіраційних систем і вентиляції взагалі.

В окремих ємностях, зонах виробничих приміщень та при аварійних ситуаціях, концентрація зернового і борошняного пилу у повітрі може значно перевищувати нормативні значення і підніматися до вибухонебезпечних концентрацій і негативно впливає на здоров'я людей.

Взагалі підприємства галузі хлібопродуктів є джерелами утворення пилу і відходів різної категорії які необхідно уловлювати і утилізувати [1, 5].

Переважним напрямком використання відходів хлібоприймальних і зернопереробних підприємств є отримання кормів для згодовування сільськогосподарських тварин у природному вигляді. На це направляється до 70% відходів. У той же час відходи підприємств галузі хлібопродуктів являють собою високоякісну сировину, яку можна переробити у харчові та кормові продукти підвищеної поживної ефективності, і це необхідно враховувати під час пошуку ефективних шляхів переробки відходів.

У переробці відходів досліджуваних нами підприємств галузі хлібопродуктів можна виділити такі основні напрямки:

– отримання додаткової продукції харчового, кормового і технічного призначення в якості компонентів (добавок) до неї;

– вироблення кормів для сільськогосподарських тварин та інгредієнтів для комбікормів.

– розробка нових напрямків переробки та використання відходів зернопереробних підприємств.

Для уловлюваня пилу і відходів використовують різні пристрої (фільтри, циклони тощо) [4], які забезпечують не тільки уловлювання корисних продуктів, а і охорону довкілля.

Ефективним способом переробки пилу підготовчого відділення млина (пил зерновий) є його мікробіологічна конверсія. Технологія мікробіологічної конверсії дозволяє переробити сировинні компоненти у високоякісні вуглеводно-білкові кормові добавки до комбікормів.

Створення виробничого комплексу для переробки відходів на основі альтернативної технології мікробіологічної біоконверсії у корм може бути реалізовано як для вирішення окремих завдань, так і функціонального призначення.

З метою комплексного використання усіх видів відходів підприємств галузі хлібопродуктів розроблено схему переробки відходів, висівок і зернового пилу у кормові гранули (рис. 1) [2],

Розроблено технологію мікробіологічної конверсії, що дозволяє переробити сировинні компоненти у високоякісні вуглеводно-білкові кормові добавки до комбікормів. Запропоновано створення виробничого комплексу для переробки відходів у корм на основі альтернативної технології мікробіологічної біоконверсії (рис. 2) [2],

Пил підприємств галузі хлібопродуктів може бути основою субстрату для вирощування їстівних грибів [5], Склад субстрату для вирощування міцелію їстівних грибів, містить рослинну основу, поживні добавки та суміш розпушувача і адсорбенту (у співвідношенні 50/50 мас. %) з мінеральними добавками (кальційвмісними сполуками), при цьому як адсорбент використовується вермикуліт, а як рослинна основу субстрат, що містить відходи хлібоприймальних або зернопереробних підприємств сухої очистки зерна на зерноочисному обладнанні і аспіраційний зерновий пил; як поживні добавки - аспіраційний борошняний пил розмельних відділень млинів; як розпушувач – керамзит; а як мінеральні добавки – вапно або вапняк, з наступним співвідношенням компонентів, мас. %: відходи хлібоприймальних або зернопереробних підприємств сухої очистки зерна на зерноочисному обладнанні 40…50;

аспіраційний зерновий пил 30...35; аспіраційний борошняний пил розмельних відділень млинів 10…15; суміш керамзиту і вермикуліту 5...10 вапно або вапняк решта.

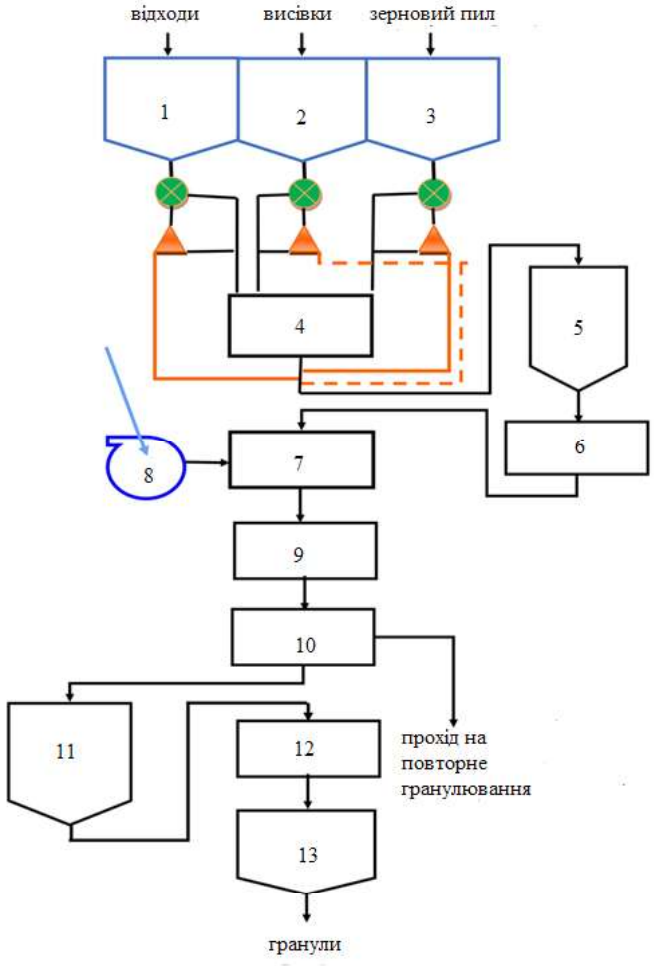


Рис. 1. Схема переробки відходів, висівок і зернового пилу у кормові гранули:
1 – бункер накопичувач зернових відходів; 2 – бункер накопичувач висівок; 3 – бункер накопичувач пиловидних відходів; 4 – дробарка; 5 – оперативний бункер; 6 – прес-гранулятор; 7 – охолоджувальна колонка; 8 – вентилятор; 9 – бункер накопичувач гранул; 10 – вібростіл; 11 – надваговий бункер; 12 – автоматичні ваги; 13 – силос накопичувач гранул

Аспіраційні відходи, що утворюються у розмельному відділенні млина і уловлюються тканинними фільтрами можуть бути використані як поліпшувач якості борошна вищих сортів, оскільки у своєму складі вони мають великий вміст білкових часточок. Проведені нами дослідження складу і властивостей пилу розмельного відділення млина (пил борошняний)

підтвердили це, він може використовуватись для покращання хлібопекарських властивостей борошна.

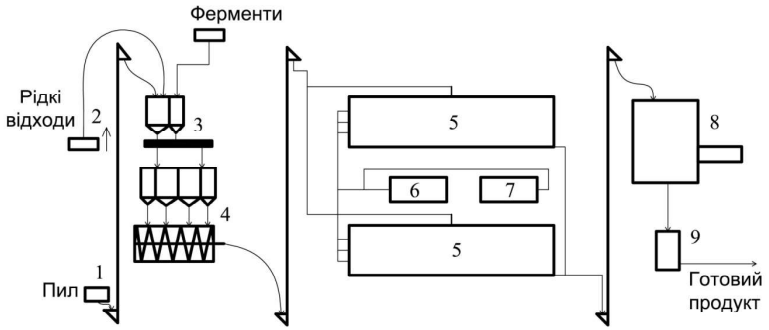


Рис. 2. Схема переробки пилу і рідких відходів у готовий продукт:
1 – прийом пиловидних віходів; 2 – прийом рідких відходів; 3 – бункери з шнековими дозаторами; 4 – шнековий змішувач; 5 – біологічні реактори; 6 – турбоповітродувки; 7 – парогенератор; 8 – сушарка; 9 – подрібнювач

Література

1. Зацерклянний, М.М. Використання відходів зернопереробних підприємств [Текст] / М.М. Зацерклянний, Т.Б. Столевич. // Збірник тез доповідей X1V Міжнародної науково-технічної. конференції. "Проблеми екологічної безпеки". – Кременчук: КрНУ ім. Остроградського, 2016. – С. 31 – 32.

2. M. Zatserkliannyi, V. Gogunskii, Yu. Semenyuk, T. Stolevich, Yu. Zheliba. Studying the Emissions From Enterprises in the Breadmaking Industry in Order to use Them as Additives to Animal Feed Products. / Eastern – European Journal of Enterprise Technologies. № 4/10 (94), 2018. – С. 29 – 35.

3. Карпова, Г.В. Переработка аспирационных отходов зерноперерабатывающих предприятий в кормовые дрожжи [Текст] / Г.В. Карпова, Р.Р. Зайнутдинов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – №7. – С. 76 – 79.

4. Патент на винахід № 117257. Пристрій для відокремлювання домішок [Текст] / М.М. Зацерклянний, Т.Б. Столевич, О.М. Зацерклянний, К.І. Ляшенко (Україна) – №2016 04129; заявл. 15.04.2016; опубл. 10.07.2018. Бюл. №5.

5. Патент на корисну модель №122404. МПК A01G1/04, C12N1/14. Склад субстрату для вирощування міцелію їстівних грибів [Текст] / М.М. Зацерклянний, Д.І. Шостік, Т.Б. Столевич, О.М. Зацерклянний (Україна) – №2017 05990; заявл. 15.06.2017; опубл. 10.01.2018. Бюл. №1.

УДК 628.5:504.3

ПОДАВЛЕНИЕ ВЫБРОСОВ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Столевич Т.Б., к.т.н., доцент, Запорожец Д.Н., магистр,
Одесский национальный политехнический университет,
Зацерклянный М.М., к.т.н., доцент.,
Одесская национальная академия пищевых технологий

Пищевая промышленность обширна и разнообразна, что находит свое отражение во множестве продуктов, которые можно приобрести в супермаркетах и специализированных магазинах. Несмотря на существование экономической тенденции к увеличению агроторговых объединений, технология производства остается независимой и специфичной для каждого продукта.

Как и в других отраслях промышленности, выбрасывающих загрязнений в атмосферу, пищевая промышленность выбрасывает твердые, жидкие и газообразные вещества. Однако, за исключением аэрозолей, выбросы пищевой промышленности в общем не образуют упорядочной системы. Такие загрязнения, как оксиды серы, оксид углерода, углеводороды и оксиды азота, не являются типичными. кроме выбросов из вспомогательных систем, таких как дожигатели и паровые котлы, производство консервных банок и стеклотары.

Проблема выбросов предприятий пищевой промышленности больше касается разнобразных процессов, связанных главным образом с сильнопахнущими и видимыим выбросами.

Необходимая степень улавливания зависит главным образом от того, как близко от предприятия расположены другие обьекты, на которые воздействуют выбросы. Современные модели распространения примесей позволяют предсказать степень воздействия и требуемую кратность ослабления источника выбросов.

Выбросы твердых аэрозолей улавливают обычными средствами, такими как циклоны, тканевые фильтры, скрубберы и другие пылеуловители. Однако при выборе этих средств, определении их размера и способа эксплуатации необходимо соблюдать специальные меры осторожности, так как, естественно, в состав продуктов входят органические вещества и аэрозоли этих веществ создают потенциальные проблемы с точки зрения техники безопасности: возможность взрывов и забивание фильтров гигроскопичными веществами при эксплуатации.

Выбросы жидких и полужидких аэрозольных частиц улавливают аэрозольными осадителями, дожигателями и частично мокрыми скрубберами или электрофильтрами.

Газовые выбросы подавляются с помощью дожигателей, химических скрубберов, угольной адсорбции и там, где допустимо, разбавлением, использованием высоких труб, маскировкой.

Запахи часто взаимосвязаны с видимыми выбросами, но есть ряд производств пищевой промышленности, когда запахи выделяются без визуально обнаруживаемых загрязнений.

Для эффективного и экономичного улавливания загрязнений необходимо понимание природы выбросов: их состава и физического состояния, поведения в системах улавливания и в атмосфере. Следует принять во внимание и температурно-временные соотношения. Неправильный выбор системы подавления выбросов может привести к катастрофическим результатам.

Исследования выбросов технологических процессов предприятий пищевой промышленности требуют априорных знаний о природе источника, тщательного выбра методов отбора и анализа проб, большинство их которых являются нестандартными.

УДК 628.5:504.3

ПРЕДПРИЯТИЯ ОТРАСЛИ ХЛЕБОПРОДУКТОВ – ИСТОЧНИКИ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ И ВЗРЫВООПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ

Зацерклянный М.М., к.т.н., доцент, Руссу Д., магистр,
Одесская национальная академия пищевых технологий,
Столевич Т.Б., к.т.н., доцент,
Одесский национальный политехнический университет

Современные промышленные предприятия, отличающиеся сложнейшими химико-технологическими процессами, но еще не достаточным уровнем утилизации отходов производства, являются основными источниками загрязнения окружающей природной среды. Их негативное влияние на окружающую среду предопределило кризисную экологическую ситуацию, сложившуюся в мире в настоящее время.

В частности, источником загрязнения окружающей среды являются предприятия отрасли хлебопродуктов, характеризующиеся высоким уровнем выбросов твердых, жидких и газообразных веществ в атмосферу. Поэтому, одним из важнейших вопросов является охрана окружающей природной сферы в эколого-экономическом аспекте.

Негативное воздействие таких производств на природную среду проявляется посредством выбросов вредных веществ в атмосферу, сбросов загрязняющих веществ и отходов в водные объекты и размещение твердых отходов в литосфере. По каждому из этих направлений на предприятиятиях разрабатывается проект, в котором отражаются все источники выбросов и разрабатываются организационно-технологические мероприятия по снижению выбросов загрязняющих веществ.

В процессе очистки зерна от примесей и сухой очистки его поверхности, а также при перемещениях зерна образуется значительное количество минеральной и органической пыли. При измельчении и сортировании зерна и промежуточных продуктов также образуется пыль, которая в ряде случаев представляет ценную высокобелковую фракцию муки, потеря ее недопустима. Для предотвращения выноса пыли в атмосферу и загрязнения прилегающей к предприятию местности на предприятиях предусматривается система аспирации с определенным количеством отсасываемого воздуха из всех точек пылевыделения.

Кроме негативных последствий загрязнения атмосферного воздуха, зерновая и мучная пыль является причиной возникновения взрывов на хлебоприемных и зерноперерабатывающих предприятиях. Взрыв пылевоздушной смеси происходит при наличии определенной концентрации (взрывоопасной) и источника зажигания с температурой и энергией, достаточной для воспламенения.

В соответствии с действующими нормами концентрация пыли в воздухе, выбрасываемом в атмосферу, не должна превышать допустимую концентрацию пыли в воздухе рабочих зон более чем в 15 раз, т. е. не более 60 мг/м^3 для зерновой пыли и 100 мг/м^3 — для мучной. Для предприятий системы хлебопродуктов в воздухе рабочей зоны производственных помещений ПДК зерновой пыли должна составлять не более 4 мг/м^3, мучной — 6 мг/м^3.

На предприятиях отрасли хлебопродуктов при приеме зерна в объемах несколько миллионов тонн, величина отходов может достигать значительных количеств. Анализ основных операций зерноперерабатывающих предприятий показал, что количество отходов, образующихся в результате обработки зерна, может достигать 7% от массы поступающего зерна, и основная масса образуется на стадии очистки.

Нами разработаны аппараты и схемы рационального использования отходов с учетом экологического фактора.

УДК 628.31.098.4:628.336.6.

ЕКОЛОГІЧНІ ХАРЧОВІ ПРОДУКТИ З ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗВІДХОДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ УПАКОВКИ

Коваль В.Г., аспірант кафедри екології та природоохоронних технологій
Одеська національна академія харчових технологій

Актуальним питанням сьогодення є розробка безвідходної продукції, що пояснюється як критичним екологічним станом, так і необхідністю зменшення витрат на виготовлення продукції та, відповідно, збільшення прибутку від господарської діяльності.

Цією проблемою активно займається британська компанія WikiFoods, яка розробила революційні продукти харчування і напої з їстівною упаковкою. Компанія виготовляє упаковки з натуральними смаками овочів або фруктів, крім того упаковка має привабливий зовнішній вигляд та виконує захисну функцію від потенційних забруднень продукту: неприродних матеріалів або хімічних речовин. Зроблена з захисного електростатичного гелю, утвореного шляхом зв'язувальної взаємодії між натуральними їстівними частинками, поживними речовинами і полісахаридами, ця упаковка відіграє для продуктів ту ж роль, що й шкаралупа кокоса чи шкірка винограду. Вона є повністю водонепроникна, та ще й до того ж не пропускає кисень.

WikiFoods вдалося розробити наступні продукти з їстівною упаковкою: морозиво, сир, заморожений йогурт, фрукти, овочі, вода, коктейлі і супи (рис.1).

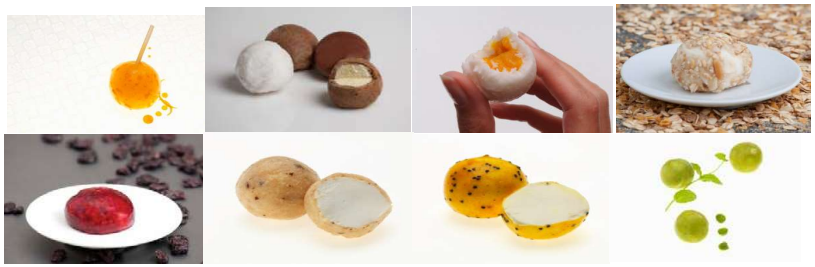


Рис. 1 - Продукція WikiPearl фрукти, морозиво, сир, йогурт.

WikiPearl морозиво залишається холодніше довше звичайного морозива, а також не тане при природному нагріванні в упаковці. WikiPearl йогурт дозволяє брати з собою та вживати його будь де, для вживання такого йогурту не потрібні столові прибори. WikiPearl сир позбавлено марнотратної та екологічно шкідливої фольги. WikiPearl фрукти і овочі - це невеликі шматочки фруктів і овочів зі оболонками з підвищеною природною поживною цінністю.

Продукція WikiPearl принципово складається з двох частин: "серце" - харчовий продукт або напій та "шкіра" - природні харчові, біорозкладні продукти і поживні речовини. Безумовними перевагами такої продукції є портативність, екологічність, контроль виходу порцій, функціональність харчування, унікальна комбінація смаків.

Створена вченими натуральна упаковка WikiFoods може бути упаковкою для широкого спектру товарів. Сьогодні продукти в суперупаковці, можна знайти в деяких магазинах штату Массачусетс. Зовсім скоро вони з'являться й у інших магазинах та закладах ресторанного господарства світу.

УДК 502/504

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИДОРОЖНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А. А. Борисов, аспирант; Е. В. Кофанова, д. пед. н., к. хим. н., профессор
Национальный технический университет Украины
"Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского"

Вблизи автомагистралей водные объекты города подвергаются значительной антропогенной нагрузке, особенно в условиях неблагоприятного для них ветрового режима и атмосферных явлений. Следовательно, оценка и прогнозирование уровня загрязнения придорожного атмосферного воздуха, а также прилегающих к водным объектам территорий является актуальной задачей охраны окружающей среды (ОС). При этом метод математического моделирования является одним из наиболее распространенных методов, позволяющих не только оценить уровень загрязнения ОС, но и с помощью вычислительного эксперимента выявить комбинации неблагоприятных факторов, влияющих на дисперсию вредных примесей.

Известно, что распространение примесей в атмосферном воздухе во многом зависит от рельефа местности, климата, а также от метеорологических условий (направления и силы ветра, температуры воздуха, его относительной влажности, наличия и вида осадков, температурных инверсий и др.). Поэтому целью данной работы является моделирование загрязнения водных объектов, расположенных на территории города и которые ежедневно и практически круглосуточно подвергаются воздействию со стороны напряженных автотранспортных магистралей.

Большое влияние на уровень выбросов автотранспорта и их токсичность оказывают интенсивность движения автотранспортных средств (АТС), дорожные условия и характер дорожного покрытия, структура автопарка и его изношенность, вид топлива и его качество, эксплуатационные характеристики дорог и многие другие параметры. Например, наличие перекрестков в одном уровне и очереди автомобилей перед ними сильно повышают токсичность и объемы выхлопов АТС, создавая угрозу здоровью людей, находящихся на переходах.

В то же время, загрязнители, выбрасываемые АТС, в ОС под воздействием различных факторов, в том числе метеорологических, трансформируются во вторичные загрязнители, которые могут быть даже более опасными для здоровья людей и ОС. Тем более что они, как правило, переносятся на большие расстояния при движении воздушных масс в подветренную сторону [1]. При этом, например, оксид азота (II) окисляется до оксида азота (IV), угарный газ превращается в углекислый (менее токсичный, однако создающий парниковый эффект); происходит фотохимическое разложение NO_2 с образованием оксида азота (II) и атомарного кислорода.

При мокром осаждении и туманах образуются азотная и серная кислоты; возможны синергетические эффекты при взаимодействии оксидов азота (IV) и серы (IV), в результате чего происходит образование оксида серы (VI) и оксида азота (II), а также другие сложные химические и физико-химические превращения [1, 2].

Для расчета рассеивания загрязняющих веществ (ЗВ) используют различные математические модели. В частности, процессы переноса примесей в атмосфере изучали Дж. Тейлор, А. Фридман, Л. В. Келлер и др. В работах [3–5] предложено использовать решение дифференциального уравнения турбулентной диффузии (ТД) с учетом данных о коэффициентах диффузии и свойств подстилающей поверхности. Например, модель М. Е. Берлянда дает возможность рассчитать поля разовых максимальных концентраций ЗВ на

уровне земли и в двухметровом слое атмосферного воздуха, что важно для оценки воздействия загрязнений на прилегающие территории и здоровье людей.

Для оценки уровня вредного воздействия автодороги на качество городскую ОС целесообразно воспользоваться методикой инвентаризации выбросов ЗВ от АТС, разработанной А.В. Рузским и В.В. Донченко [6, 7]. Считаем, что установление особенностей рассеивания ЗВ в атмосферном воздухе и на прилегающих территориях приобретает особое значение, когда в непосредственной близости находятся водные объекты, являющиеся местами отдыха детей и взрослых. В водной среде токсиканты более активно взаимодействуют между собой, а также с растворенными в воде веществами, способны поглощаться живыми организмами и накапливаться в их органах в опасных дозах. Есть, конечно, вероятность прохождения процессов (например, комплексообразования), в результате чего токсичность первичных загрязнителей может резко уменьшиться.

В работе модели рассеивания поллютантов от АТС строились на примере рассеивания оксидов азота с использованием решения полуэмпирического уравнения ТД. Методика построения математических моделей основана на данных работы [8] и подробно описана в [9]. С помощью вычислительного эксперимента установлены опасные направления и скорости ветра для исследуемых водных объектов г. Киева, а также произведена оценка уровня загрязнения прилегающих к автомагистралям территорий вблизи выбранных объектов. Для характеристики уровней загрязнения использована градация, обоснованная в работе [9].

Таким образом, в результате натурного и вычислительного эксперимента установлено, что улично-дорожная сеть города оказывает значительное и, как правило, негативное, влияние на все компоненты ОС и особенно – на атмосферный воздух, почву и водные объекты. Созданные с помощью программного комплекса MathCad прогнозные пространственные математические модели позволили установить условия и закономерности распространения ЗВ, а также спрогнозировать места их локального концентрирования. На основе вычислительного эксперимента установлен комплекс неблагоприятных для водных объектов метеорологических условий, в частности, направления и скорости ветра.

Інформационные источники

1. Чернявский, С.А. Исследование трансформации химических примесей в атмосфере и оценка экологического риска как условие повышения информативности системы мониторинга: дис. … канд. техн. наук : 05.11.13 / С.А. Чернявский. – М., 2016. – 136 л.

2. Голдофская, Л.Ф. Химия окружающей среды / Голдофская Л.Ф. – 3-е изд. – М.: Мир: Бином. Лаборатория знаний, 2008. – 295 с.

3. Бызова, Н.Л. Экспериментальные исследования атмосферной диффузии и расчеты рассеяния примеси / Н.Л. Бызова, Е.К. Гаргер, В.Н. Иванов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1991. – 278 с.

4. Берлянд, М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы / М.Е. Берлянд. – Л.: Гидрометеоиздат, 1975. – 449 с.

5. Мазин, И.П. Облака. Облачная атмосфера: справочник / И.П. Мазин, А.Х. Хргиан. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 647 с.

6. Расчетная инструкция (методика) по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами в атмосферный воздух [Электронный ресурс] / «НИИАТ» / А.В. Рузский [и др.]. – М., 2006. – Режим доступа: http://www.opengost.ru/iso/3174-raschetnaya-instrukciya-metodika-po-inventarizacii-vybrosov-zagryaznyayuschih-veschestv-avtotransportnymi-sredst vami-v-atmosfernyy-vozduh.html. – Дата доступа: 16.09.2017.

7. Методы расчета выбросов от автотранспорта и результаты их применения / В.В. Донченко [и др.] // Журнал автомобильных инженеров. – 2014. – № 3 (86). – С. 44-51.

8. Системный анализ и принятие решений. Технология вычислений в системе компьютерной математики Mathcad: учеб. пособ. / В.А. Холоднов [и др.]. – СПб: СПбГТИ (ТУ), 2013. – 154 с.

9. Кофанов, О.Є. Моделювання розсіювання і локального концентрування полютантів у придорожньому повітряному просторі / О.Є. Кофанов // Вісник НТУ «ХПІ». Сер.: Нові рішення в сучасних технологіях. – 2018. – № 9 (1285). – С. 190-197.

УДК 502/504

РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЕРРИТОРИЙ НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ И БИОАККУМУЛЯЦИЯ

А. Ф. Тарикулиев, магистр; Е. В. Кофанова, д. пед. н., к. хим. н., профессор
Национальный технический университет Украины
"Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского"

Развитие общества практически невозможно без использования радиоактивных веществ (РАВ) в промышленности, сельском хозяйстве, в энергетике и других областях, в том числе и в военном деле. По мнению экспертов, к 2030 г. почти две трети населения мира будет жить в городах, и при этом урбанизация окажет значительное давление как на инфраструктуру, так и на природные и энергетические ресурсы общества. В частности, истощение месторождений полезных ископаемых, необходимость замены невозобновляемых высокоуглеродных источников энергии приводит к возрастающему интересу к использованию ядерной энергии. Актуальность проблемы обусловлена также теми последствиями, которые могут быть непоправимо опасными для человечества при радиоактивном загрязнении окружающей среды.

Исследованию способов и методов экологически безопасного обращения с отходами посвящены работы таких ученых, как Т. Г. Иващенко, Г. В. Прибитько, І. Ю. Денисенко, О. И. Василенко, М. А. Скачек, Л. И. Маркитанова, И. А. Андрюшин, В. П. Миронов и др. В данной работе проанализированы экологические риски, возникающие при выходе радионуклидов (РН) на поверхность при добыче нефти, а также при обращении с загрязненным технологическим оборудованием. Радиационный контроль отходов производства, а также грунта укрепленного техногенного (ГУТ) осуществляли по эффективной активности естественных РН. Исследования выполнялись в соответствии с «Методикой выполнения измерений удельной активности радионуклидов ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K, ^{137}Cs, ^{90}Sr в пробах продукции промышленных предприятий, предприятий сельского хозяйства и объектов окружающей среды» с использованием спектрометра-радиометра γ- и β-излучений МКГБ-01, дозиметра рентгеновского и γ-излучения ДКС-АТ1123. При проведении экологического мониторинга и экологического контроля радиационным исследованиям были подвергнуты следующие объекты:

- водная среда – определяли удельную активность (УА) природных и техногенных РН;
- нефтесодержащие воды – определяли эффективную активность γ-излучения природных РН;
- грунт техногенный укрепленный;
- почва на территории транспортно-производственной нефтебазы (ТПНБ).

Наблюдения показали снижение УА от весеннего к летнему периоду, что связано со снижением количества взвешенных частиц (*PM*) в воде в весенний период. Осенью *PM* увеличивается за счет возрастания содержания органических взвешенных веществ. Пространственное распределение РН по акватории не имело определенных закономерностей и характеризовалось неоднородностью распределения.

В процессе мониторинговых исследований проводился радиационный контроль образцов почвы, отобранных на границе санитарно-защитной зоны, а также на участке временного складирования ГУТ. Полученные результаты показали, что при условии проведения комплекса природоохранных мероприятий возможно избежать радиоактивного загрязнения в районе ТПНБ и на прилегающей к ней территории. Однако при изучении трехлетней динамики активности РН в водной среде в районе ТПНБ (2015–2017 гг.) выявлено незначительное возрастание показателей радиоактивного загрязнения.

В общем случае, основными формами состояния РН в водных средах являются так называемые истинные растворы (ионно-молекулярно-дисперсное состояние РН) и их

коллоидное состояние (псевдо- и истинные радиоколлоиды). Биопоглощение этих двух форм существования РН в природных и грунтовых растворах сильно отличаются. В частности, биопоглощение истинных растворов происходит, в основном, за счет попадания в растения РН с растворами питательных веществ. Механизм попадания радиоколлоидов в органы и ткани растений до сих пор до конца не изучен. Согласно одной из теорий (Ф. Панет), радиоколлоиды – агрегаты (мицеллы), состоящие из труднорастворимых соединений химических элементов, например, его гидроксиды, образующиеся в результате гидролиза и проникающие за счет потребления растениями воды. С точки зрения другой теории (Р. Зигмонди, О. Ган, М. Кюри), образование радиоколлоидов связывают с адсорбцией радиоактивных веществ на коллоидных или более крупных частицах загрязнений, которые также способны проникать в организм растения. Отметим, что и в газовой фазе радиоактивные изотопы могут также существовать в различных формах.

В почвах РН содержатся не только в поверхностном слое, но и в глубине грунта. При этом концентрация определенного изотопа в почве зависит от протекания транспортных и миграционных процессов с участием РН, которые, в свою очередь, определяются такими факторами, как тип почвы, гранулометрический состав почвы, ее агрохимические свойства, водно-физические свойства почвы и т. д. Считается, что основным фактором, который определяет протекание сорбции РН, это механический и минералогический составы почвы.

Как правило, миграция РН протекает в верхнем слое почвы толщиной 0–5 см. Поэтому на процессы миграции РН большое влияние оказывает количество атмосферных осадков, выпадающих в той или иной местности. Биоаккумуляция РН также определяется биологическими особенностями растений, хотя, например, при прочих равных условиях в растения, растущих на кислых почвах, РН будут поступать в бóльших количествах, чем для других видах почв. Следовательно, кислотность грунта часто является определяющим фактором миграции РН из почвы в растения. Из биологических особенностей растений при поглощении РН отметим следующие [1–4]:

- растения с низким содержанием калия обладают слабой способностью аккумулировать цезий. Аналогичная закономерность наблюдается и при поглощении стронция;
- бобовые культуры способны аккумулировать больше цезия, чем злаки. Аналогично их поведение и по отношению к стронцию.

Таким образом, учитывая климатические условия Азербайджанской Республики, а также то обстоятельство, что именно бобовые являются одними из наилучших биосорбентов РН, для предотвращения радиоактивного заражения прилегающих территорий выбираем биопоглощение РН из почвы и почвенных растворов Alhagi pseudalhagi, которая непривередлива к климатическим условиям и легко приживается и в степях, и в пустынном климате. Это оправдано еще и тем, что радиационный мониторинг почвенного покрова показал, что без растительного покрова почвы подвергаются более интенсивной эрозии, обусловленной как размыванием, так и выветриванием верхнего слоя почвы, что может приводить к распространению РН по прилегающей к ТПНБ территории.

Інформационные источники

1. Лехов А.В. О скорости миграции радионуклидов в подземных водах / Лехов А.В., Шваров Ю.В. // Водные ресурсы. – 2002. – т. 29. – № 3.– С.270–278.

2. Myshared [Электронный ресурс]:[Сайт]. – Режим доступа: http://www. myshared.ru/slide/1292402/. – Название с экрана.

3. Пути миграции искусственных радионуклидов в окружающей среде. Радиоэкология после Чернобыля / Апплби А. Дж., Девелл Л., Мишра Ю. К. и др.; под ред. Ф. Уорнера и Р. Харрисона; пер. с англ. под ред. А.Г. Рябошапко. – М.: Мир, 1999. – 112 с.

4. Biofile. Накопление радионуклидов растениями [Электронный ресурс]:[Сайт]. – Режим доступа: http://biofile.ru/bio/22164.html. – Название с экрана

.

УДК 628.31.098.4:628.336.6.

ПРОБЛЕМЫ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В ГОРОДАХ

Ярмолович Ю.С., бакалавр, Крусир Г. В., д.т.н., профессор
Одесская национальная академия пищевых технологий

Твёрдые бытовые отходы (ТБО, бытовой мусор) — непригодные для дальнейшего использования пищевые продукты и предметы быта или товары, потерявшие потребительские свойства.

Утилизация отходов - повторное использование или возвращение в оборот отходов производства или мусора.

Значение переработки:

1. во-первых, ресурсы многих материалов на Земле ограничены и не могут быть восполнены в сроки, сопоставимые со временем существования человеческой цивилизации.
2. во-вторых, попав в окружающую среду, материалы обычно становятся загрязнителями.
3. в-третьих, отходы и закончившие свой жизненный цикл изделия часто (но не всегда) являются более дешевым источником многих веществ и материалов, чем источники природные.

Классификация ТБО:

Макулатура, бумага, картон, газеты, текстиль, стекло, резина, электроника, батарейки, платы, аккумуляторы и т.д.

Способы утилизации ТБО:

1. Компостирование
2. Мусоросжигание
3. Захоронение ТБО
4. Брикетирование ТБО

Решение ТБО состоит в том, что в разных частях города могут и должны применяться разные способы утилизации ТБО. Это связано с типом застройки, уровнем доходов населения, другими социально-экономическими факторами.

ТБО состоят из различных компонентов, к которым должны применяться различные подходы.

Комбинация технологий и мероприятий, включая сокращение количества отходов, вторичную переработку и компостирование, захоронение на полигонах и мусоросжигание, – должна использоваться для утилизации тех или иных специфических компонентов ТБО. Все технологии и мероприятия разрабатываются в комплексе, дополняя друг друга.

Муниципальная система утилизации ТБО должна разрабатываться с учетом конкретных местных проблем и базироваться на местных ресурсах. Местный опыт в утилизации ТБО должен постепенно приобретаться посредством разработки и осуществления небольших программ.

Комплексный подход к переработке отходов базируется на стратегическом долговременном планировании, обеспечивает гибкость, необходимую, для того, чтобы быть способным адаптироваться к будущим изменениям в составе и количестве ТБО и доступности технологий утилизации. Мониторинг и оценка результатов мероприятий должны непрерывно сопровождать разработку и осуществление программ утилизации ТБО.

УДК 628.31.098.4:628.336.6.

КОМПОСТУВАННЯ ЯК МЕТОД УТИЛІЗАЦІЇ ХАРЧОВИХ ВІДХОДІВ

Зайцева Е. Ю., бакалавр, Крусір Г. В., д.т.н., професор
Одеська національна академія харчових технологій

Компостування є природним процесом, при якому під впливом бактерій, комах, грибків і черв'яків відбувається розкладання органічних відходів, таких як, листя, харчові відходи, садове сміття, гній, папір і деревина.

Переваги компостування: 1) компостування сприяє: створенню збалансованого органічного добрива з відходів; це хороша альтернатива хімічним добривам; це маловитратний спосіб оздоровлення і збагачення ґрунту; 2) компостування сприяє росту рослин, оскільки компост: покращує структуру ґрунту; забезпечує поживними речовинами; утримує вологу в ґрунті; створює умови для дозрівання фруктів і овочів; 3) компостування сприяє захисту довкілля: скорочуючи кількість відходів, що підлягають захороненню; скорочує використання хімічних добрив, і, відповідно забруднення ґрунтових вод.

Матеріали придатні для компостування: відходи від овочів і фруктів; сільськогосподарські відходи; залишки після прибирання; садове сміття (листя, трава, гілки); кухонні відходи, зіпсована їжа. Не придатні для домашнього компостування :залишки м'яса або риби; великі шматки дерева; кістки; старий харчової жир

Матеріали для утилізації, які потребують особливої уваги: молочні продукти і яйця – можуть призводити до появи поганого запаху і залучати мух та інших комах; жири та овочеві олії – можуть уповільнювати процес розкладання і залучати комах; деревна зола – висока лужність, блокує приплив повітря; вічнозелені листя – можуть містити масла, перешкоджають розкладанню; собачі і котячі фекалії – можуть містити хвороботворні бактерії і залучати комах. У компост для домашнього збродкування наведені вище компоненти можна додавати лише у невеликій кількості.

Нижче перелічені рекомендації для вибору майданчика для компостного збродкування. Компостна купа повинна розташовуватися в такому місці, щоб навіть в погану погоду до неї був забезпечений хороший і зручний доступ як з будинки, так і з саду. Добре, якщо купа розташовується поблизу від джерела води. У разі відсутності такого вам доведеться використовувати шланг великий довжини, щоб уникнути необхідності тягати воду відрами з дому. Компостна купа повинна розташовуватися безпосередньо на землі. Якщо майданчик заріс травою, її слід скосити. Якщо вода буде затримуватися в купі, то вона може стати занадто вологою, що призведе до зупинки процесу розкладання. Тому купу краще розташовувати на невеликому ухилі, щоб забезпечити стік води. Слід уникати місць, що мають підвищену вологість. Слід уникати місць з дуже тонким шаром ґрунту, під яким розташовується тверда поверхня.

До основних способів компостування належать: анаеробне компостування – «за відсутності повітря», тобто при анаеробному компостуванні процес розкладання органічних матеріалів відбувається при повному або майже повній відсутності кисню; аеробне компостування, яке відбувається при наявності достатньої кількості кисню. в ході цього процесу відбувається розпад органічної матерії під впливом аеробних мікроорганізмів з утворенням стабільного кінцевого продукту.

УДК 665.1:502.174.1

ПОБІЧНІ ПРОДУКТИ ТА ВІДХОДИ ОЛІЙНО-ЖИРОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ. НАПРЯМИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

Скляр В.Ю., аспірант, Крусір Г. В., д.т.н., професор
Одеська національна академія харчових технологій

Щорічно в Україні в процесі виробництва олійно-жирової продукції на різних стадіях утворюються численні жирові відходи і побічні продукти. Обсяги утворення цих відходів в цілому по Україні за оцінками фахівців складають 30 млн. тон, а середній рівень їх промислової переробки ледь перевищує 30 % від утвореної маси.

Особливістю цієї галузі є складність розмежування побічної продукції та відходів. В олійно-жировій промисловості до основних продуктів належать: олія, саломас, маргаринова продукція, майонез, мило, оліфа, переетерифіковані жири, гліцерин та інші види продукції.

До побічної продукції підприємств олійно-жирової промисловості належать:

- шрот і макуха - продукти, які одержують у процесі видобування олії з олійної сировини екстракційним або пресовим способом;
- гліцерин - продукт, який одержують при розщеплюванні жирів у процесі одержання жирних кислот;
- фосфатидні концентрати - частина компонентів олійної сировини, що виділяються з олії в процесі гідратації.

Окрім основної та побічної продукції в комплексних виробництвах одержують відходи:

- шкаралупа, лузга й оболонки насіння олійних культур, які відокремлюються в процесі обрушення при підготовці їх до видобування олії;
- гудрони, які одержують при дистилюванні жирних кислот, саломасу, тваринних жирів, гліцерину та світлих олій;
- погони дезодорації - продукти, одержані в процесі видалення дезодорувальних речовин і небажаних домішок з олій, тваринних жирів і сумішей харчового призначення на стадії дезодорації;
- фузи, одержані при зберіганні нерафінованих і гідратованих олій;
- соапсток - частина жирів, що відокремлюються в процесі лужної нейтралізації олії;
- жири з жировловлювачів: жири, що утворюються на стадіях промивання олій в технологічному процесі; жири, одержані при очищуванні стічних вод олійно-жирових виробництв на локальних та загальнозаводських очисних спорудах;
- жирові погони, каталізаторний жир, що утворюються в процесі гідрогенізації і переетерифікації олій та жирів;
- жири у вибільній глині, що утворилися в процесі рафінації олій та жирів (на стадії вінтеризації й відбілювання) і деметалізації гідрованих жирів;
- жири у фільтрувальному порошку, що утворюються в процесі рафінації олій та жирів (на стадії вінтеризації).

У сучасних умовах загострення екологічної проблеми і ресурсозбереження, комплексна переробка та використання рослинної сировини набуває особливого значення і доцільності. Кожне виробництво олійно-жирової галузі має тісний зв'язок між собою. Кінцева продукція одного виробництва використовується як сировина або напівфабрикати для іншого виробництва.

Основні напрями використання побічних продуктів та відходів: харчове, кормове, технічне. Пріоритетним напрямком є кормове використання. Основні види відходів, які використовуються в кормових цілях - макуха та шрот. Їх застосовують при вигодовуванні майже всіх сільськогосподарських тварин. Також використовують:

- соняшниковий фуз – додавання в склад комбікорму сприяє нормальному водному обміну організму тварин і птиці, веде до більш високого коефіцієнту використання поживних речовин; дозволяє підтримувати процес формування яйця на необхідному рівні.
- соапсток – збагачення шроту соапстоками, сприяє всмоктуванню жиророзчинних вітамінів, бере участь у водному обміні, підвищує ефективність використання азоту.
- жирні вибільні глини - збільшують продуктивність тварин на 11-15% при зниженні витрат кормів на 16-19%; забезпечують стабілізацію кормової добавки.
- погони дезодорації – токоферол (вітамін Е) має антиокислювальні властивості, впливає на функції розмноження тварин, на харчування плоду, що розвивається; гальмує всмоктування з травного тракту перекисів жирних кислот, що володіють токсичними властивостями. Введення токоферолу в раціони молочних корів підвищує якість молока і масла. У свиней поліпшується окислювальна стійкість м'яса і сала. При додаванні токоферолу в корм для курей-несучок несучість зростає на 10,5%.
- фосфатиди - підвищують приріст молодняку, сприяють підвищенню продуктивності худоби. Істотно впливають на ліпідний обмін; беруть участь в згортанні крові, процесах гемолізу. Мають антиокислювальні, синергетичні, емульгуючі і вологоутримуючі властивості. Фосфатиди застосовуються при виробництві замінників цільного молока для випоювання телят.
- концентрат кальцієвих солей жирних кислот - при додаванні в раціон відбувається збільшення ваги бройлерів; рекомендований для введення в раціони птиці і свиней, при нестачі кальцію.
- соняшникову лузгу – підвищує кормову цінність. Найбільш ефективно згодовування гранульованої лузги, збагаченої соапсточними ліпідами.

Для технічного застосування, основним видом відходів галузі є соняшникова лузга. ЇЇ використовують при виробництві декоративних тепло- та звукоізоляційних плит, облицьованих шпоном плит для меблевої промисловості, як паливо.

Інші відходи олійно-жирової промисловості, які використовуються для технічних цілей:

- жирні кислоти соапстоку - в миловарному виробництві, при виробництві олеїнової та стеаринової кислот, оліфи, технологічних добавок до гумових сумішей та ін.;
- вибільні глини - при приготуванні мильних паст, в якості мастила на метизних заводах;
- гудрони - в якості флотореагента при флотації апатитових руд, як поверхнево-активні добавки дорожніх покриттів, в складі ливарних закріплювачів для підвищення міцності;
- кальцієві солі жирних кислот - в миловарінні, поліграфії, в якості мастильних матеріалів, в дорожньому будівництві;
- синтетичні полімерні смоли - в лакофарбовій та хімічній промисловості;
- жирні кислоти і одноатомні спирти - як замінник дизельного палива;
- ефіри багатоатомних спиртів - в якості синтетичних масел і присадок до мінеральних масел різного призначення;
- вищі жирні спирти - для синтезу різноманітних поверхнево-активних речовин.

Звичайно, з кожним днем відбуваються пошуки інноваційних технологій раціонального використання побічних продуктів та відходів олійно-жирових підприємств. Розробка і реалізація гнучкої технологічної схеми безвідходного виробництва з отриманням декількох видів продукції дозволять не тільки більш глибоко переробляти сировину і виробляти конкурентоспроможну продукцію, а й зменшити навантаження на природне середовище в цілому.

УДК: 621.798-036:502.174

НЕОБХІДНІСТЬ СОРТУВАННЯ ПЛАСТИКУ ВІД ОСНОВНОГО ПОТОКУ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Соколова В.І., аспірант, Крусір Г.В., д.т.н., проф.
Одеська національна академія харчових технологій

Переробка пластику — це процес збирання будь-яких відходів пластмаси та їх переробка у корисні продукти. Оскільки пластик біологічно не розкладається, то щороку близько восьми мільйонів тон пластикових відходів потрапляють у світовий океан, тому дуже важливі загальні зусилля по зменшення його частки у відходах. Один із актуальних методів — це переробка пластику. Переробка пластику допомагає зменшити високий рівень забруднення природи пластиком. З 1970-х років діє такий замкнений цикл переробки, що зробило виробництво деяких пластикових виробів найбільш ефективним та вигідним у порівнянні з іншими матеріалами.[1].

Переробка пластику дуже складний процес і включає в себе усі етапи починаючи з збирання будь-яких типів пластику, їх сортування в залежності від типів полімерів, потім подрібнення та переплавлення на гранули, які можна транспортувати та використовувати для виготовлення будь-яких предметів, наприклад, пластикових стільців і столів.

М'які типи пластику, такі як поліетиленові плівки та мішки, також переробляються.

У сортуванні твердих побутових відходів існує два основних правила: промити та стискати [2]. Якщо їх дотримуватись, то пластиковий виріб майже одразу готовий до подальшої переробки.

Процес переробки пластику ускладнює ряд перешкод. Якщо сплавляти разом різні типи пластику, то виріб буде застигати, розділеним на шари різних пластиків (подібно до води та олії). На фазовій границі виникають структурні послаблення в матеріалі, тобто суміші полімерів можу бути корисною лише в обмеженому застосуванні. Таким чином поводяться два найбільш поширені у виробництві пластмаси, поліпропілен і поліетилен, що обмежує їх корисність для переробки [3].

Зважаючи на вище зазначену інформацію, виникає необхідність перед переробкою, більшість пластмас сортувати відповідно до їх коду ідентифікації. Також, великих перешкод завдають барвники, які виробники додають для надання пластику товарного вигляду.

В усьому світі для упаковки продуктів використовують п'ять видів пластикових полімерів, кожен із особливими властивостями. Кожну групу пластику можна визначити за її пластиковим ідентифікаційним кодом, зазвичай це число або буквене скорочення.

Ідентифікатор пластику був представлений товариством пластикової промисловості, щоб забезпечити єдину систему для ідентифікації різних типів полімерів і допомогти переробним підприємствам розділити і переробити окремі різні види пластмас. Виробники пластикових виробів зобов'язані використовувати код ідентифікації смоли у деяких країнах/регіонах, в інших країнах, де немає таких вимог, вони можуть добровільно маркувати свою продукцію [4].

Висновки: незважаючи, на швидкість руху економіки, необхідно надавати перевагу тим видам пластику, який можливо в подальшому переробити. А для того, щоб це було реальним, кожній свідомий громадянин повинен навчитися сортувати власні побутові відходи та здавати їх у спеціальні пункти, або збирати у спеціально відведені контейнери. Пластик – це безцінний ресурс, який може жити вічно, тому необхідно зробити все можливо, щоб у весь цей час він з користю слугував нам у повсякденному житі, а не накопичувався у водах Світового океану та родючих грунтах нашої планети.

1.Hardesty, Britta Denise; Chris Wilcox (13 February 2015). Eight million tonnes of plastic are going into the ocean each year. The Conversation.

2. Україна без сміття. [Електроний ресурс] // Проекти. Рекомендації по сортуванню сміття / [сайт] – Режим доступу: http://nowaste.com.ua/rekomendatsiyi-po-sortuvannyu-smittya/

3. Plastics Europe: Association of Plastics Manufacturers. "Waste Pre-Treatment and Sorting"/[сайт]– Режим доступу: http://www.plasticseurope.org/plastics-sustainability-14017/zero-plastics-to-landfill/waste-pre-treatment-and-sorting.aspx. Retrieved 2015.7.8

4. Затварський І. Короткий лікбез з пластику. Вчимо позначення. [Електроний ресурс] // Recycle Map / [сайт] – Режим доступу: https://recyclemap.org/blog/types-of-plastic/

УДК 637.5.03:628.473

ВЕРМИКОМПОСТУВАННЯ ВІДХОДІВ М'ЯСОПЕРЕРОБНОГО ВИРОБНИЦТВА

Крусір Галина Всеволодівна, д-р техн. наук., професор
Чернишова Олеся Олегівна, асистент
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Анотація. В роботі проведено дослідження утилізації жировмісних осадів стічних вод м'ясопереробного підприємства та надлишкового активного мулу UASB-реактору методом вермикомпостування.

Обґрунтовано оптимальний склад субстрату для ефективного розкладання органічних речовин та стабільного росту біомаси, параметри впливу стабілізації та аерації субстратів на життєдіяльність вермикультури *Eisenia foetida*.

Ключові слова: відходи м'ясопереробного виробництва, вермикомпостування, вермикультура, осади стічних вод, надлишковий активний мул.

Відмічено підвищення наукового та практичного інтересу до розробки та впровадження технологій з використанням вермикультури в переробці контамінантів різної природи для організації системи менеджменту відходів, компостування різноманітних за компонентним складом промислових та побутових відходів. Загалом спостерігається збільшення кількості досліджень, які присвячені утилізації рослинних відходів та осадів комунальних очисних споруд [1,2], модернізації технологій аеробного компостування на полях, удосконаленню промислового анаеробного компостування.

Дана робота присвячена питанням адаптаційної здатності культури до жировмісного субстрату, визначення ефективності комбінованої утилізації зброджених стічних вод та осаду м'ясокомбінату методом вермикультивування та використання відпрацьованого субстрату в якості органічного добрива.

Перший етап досліджень провели у анеробному біореакторі шляхом сумісного зброджування стічних вод та жировмісних осадів з м'ясопереробного підприємства. Продуктивність процесу метаногенезу становить 16,5 дм^3 біогазу з 1 дм^3 жировмісних стічних вод, з вмістом метану на рівні 68 %. Відмічено, що біогаз утворювався в невеликій кількості, але з високим вмістом метану. Ефективність очистки стоків від забруднювачів органічного походження за 18-ти денний період становить 63,11 %, що є типовим значенням ефективності реакторів типу UASB [3].

На другому етапі досліджень з метою оптимізації складу субстрату досліджували процес вермикомпостування з різним співвідношенням компонентів (табл. 1). Модельні дослідження процесу вермикомпостування проводили у пластикових контейнерах із системою пасивної аерації без періодичної подачі поживних речовин. Субстрат контрольного зразку (S0) для дослідження оптимального компонентного складу субстратів та динаміки популяційних показників складався із грунту, в якому вирощували культуру. Придонні осади з етапу очищення стоків м'ясопереробного підприємства у флотаторі та відстійнику-декантаторі зі збродженими осадами з лабораторного UASB-реактору змішували з додаванням целюлозовмісного наповнювача (ЦВН). Таким чином, забезпечувалось покращення структури субстрату та видалення газів, що утворювались під час розкладу органічних речовин (аміак, сірководень, метан). У якості ЦВН використовували дерев'яну тирсу. Субстрати заклали у гряди з періодичною аерацією для попередження перегрівання та забезпечення проходження всіх стадій дозрівання субстрату, після чого вносили вермикультуру. Для біотехнологічної утилізації відходів очисних споруд м'ясопереробного виробництва обрано культуру черв'яків *Eisenia foetida.* Оптимальну щільність популяції культури *Eisenia foetida* для субстратів розраховували за наступною формулою (табл.3):

$$\rho = N/S(V) \quad (1)$$

де ρ – щільність популяції черв'яків, (осіб/м^2);

N – загальна кількість культури, (осіб);

$S(V)$ – площа, яку займає популяція, (м^2).

Вологість субстратів підтримувалась на рівні 70±10 % за допомогою оприскувачів при значенні pH = 7±0,5 од. Температурний режим підтримували на рівні 35±2℃, регулюючи процес самозігрівання періодичною аерацією.

Таблиця 1 – Схема досліду вермикомпостування

№ досліду	Назва субстрату	Склад субстрату*
1	S0	Контрольний зразок – ґрунт
2	S1	ОСВ : ЗОСВ 25% : 75% + 1 ЦВН
5	S2	ОСВ : ЗОСВ 30% : 70% + 1 ЦВН
6	S3	ОСВ :ЗОСВ 35% : 65% + 1 ЦВН
7	S4	ОСВ :ЗОСВ 40% : 60% + 1 ЦВН

*ОСВ – придонні осади з етапу попереднього очищення стоків м'ясопереробного підприємства; ЗОСВ – осад після зброджения стічних вод у лабораторному UASB-реакторі; ЦВН – целюлозовмісний наповнювач – дерев'яна тирса.

Для оптимізації компонентного складу субстрату процес вермикомпостування проводили з різним співвідношенням придонних осадів з очисних споруд, зброджених осадів та целюлозовмісного наповнювача (табл.1). З метою виділення оптимальних параметрів середовища для вермикультури, провели попередню стабілізацію субстратів. Стабілізація субстратів – процес при якому середовище досягає стану, який характеризується відносною незмінністю компонентного складу та відсутню вираженого інгібуючого ефекту на верикультуру. Стабілізація субстрату виражається через такі показники як, вологість та температура субстрату, рівень pH, вміст нітрогенвмісних сполук. Тривалість аерації субстратів визначили згідно досягнення температури всередині субстрату характерної для відповідної стадії компостування. При температурі вище 65 ˚С гинуть більшість форм мікроорганізмів, які притаманні компосту та мають симбіотичні зв'язки з вермикультурою, це призупиняє процес розкладання органічних речовин. З цієї причини під час стабілізації використовували періодичне перемішування та аерацію, для того щоб утримувати температуру всередині вермикомпосту нижче зазначеної. Таким чином, в залежності від швидкості стабілізації температурного режиму всередині субстрату, аерація тривала 15 ± 2 хвилин кожні 30 годин в період стабілізації, окрім контрольного зразку ґрунту, де підвищення температури було незначним (табл.2).

Таблиця 2 – Характеристика параметрів вермикомпостування

Показник	Од. вимір.	S0	S1	S2	S3	S4
Кількість вермикультури	тис. осіб/м^2	2,5	2,5	2,5	2,6	2,7
Тривалість стабілізації	дні	0	18	15	15	14
Тривалість аерації	хв кожні 30 год	5±1	13±2	15±2	15±2	17±1
Тривалість витримки	дні	30	36	28	25	24

Враховуючи, що кліматичні параметри легко контролювати та коригувати, лімітуючим параметром стабілізації обрано вміст нітрогенвмісних сполук. Тривалість стабілізації обґрунтували за допомогою зниження кількості нітрогенвмісних сполук до оптимального значення (табл.2). За результатами експериментальних досліджень, стабілізація першого субстрату (S1) завершилась на 18-ий день при співвідношенні C : N = 23 : 1, другого субстрату (S2) – на 15-ий день при C : N = 25 : 1, третього субстрату (S3) – на 15-ий день при C : N = 26 : 1, четвертого субстрату (S4) – на 14-ий день при C : N = 26 : 1. Стабілізацію контрольного зразку (S0) не проводили, так як співвідношення C : N на перший день компостування складало 35 : 1, що є оптимальним для життєдіяльності культури.

За період обробки субстратів вермикультурою співвідношення C : N в досліджуваних субстратах зменшилось та становить 29 : 1 для контрольного зразка, 20 : 1 для першого субстрату S1 та 22 :1 для субстратів S2, S3 та S4, що на 15 ± 0,5 % менше за початкові значення. Що за умови приросту загальної біомаси черв'яків і виключення процесу вивітрювання Нітрогену з поверхні субстрату, свідчить про використання нітрогенвмісних сполук культурою у якості джерела живлення.

Оцінку адаптаційної здатності культури до жировмісного субстрату здійснювали за допомогою комплексного урахування параметрів збільшення питомої ваги черв'яків, кількості коконів та приросту біомаси (табл.3). За дослідний період відмічено приріст біомаси черв'яків у всіх субстратах на рівні 27±3 г/дм^3. Однак, індивідуальна вага черв'яків зменшується з причини збільшення популяції. Відомо, що при різних умовах середовища можна коригувати процес у бік збільшення кількості коконів або загальної біомаси. Так при температурі 25℃, вологості на рівні 70 % та підтримання значення pH = 6 спостерігається активне відкладання коконів черв'яків виду *Eisenia foetida*, у той час як зниження температури до 18 ˚С та вологості до 65 % при значення pH середовища 8,0 – 9,0 стимулює збільшення маси тіла культури [4].

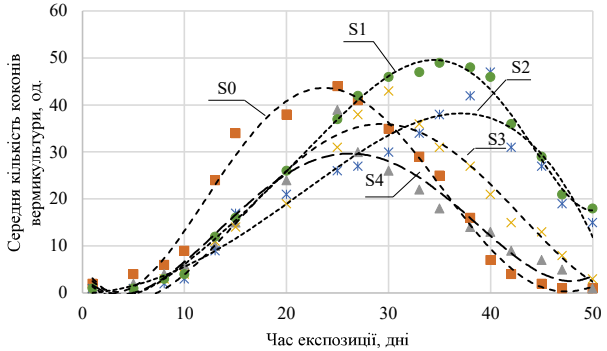


Рис. 1 – Динаміка середньої кількості коконів вермикультури, де S0 – контрольний моносубстрат, що складається з ґрунту, S1 – змішаний субстрат з часткою жирових осадів 25 %, S2 – змішаний субстрат з часткою жирових осадів 30 %, S3 – змішаний субстрат з часткою жирових осадів 35 %, S4 – змішаний субстрат з часткою жирових осадів 40 %.

Для визначення доцільності проведення вермикомпостування на запропонованих субстратах, відстежували збільшення кількості коконів та збільшення популяції черв'яків, тобто кількості статевозрілих та ювенільних осіб (табл.3). Оцінку репродуктивних характеристик культури здійснювали за допомогою визначення абсолютного приросту, який виражає абсолютну швидкість зміни кількості коконів культури та визначали як різницю кількості коконів між тижневими показниками. Коефіцієнт швидкості росту кількості коконів черв'яків розраховували за наступною формулою:

$$k = K - K_{n-1}, \quad (2)$$

де k – коефіцієнт швидкості росту кількості коконів культури черв'яків;

K – кількість коконів, осіб;

n – тиждень експериментального дослідження.

Протягом дослідження в контрольному зразку (S0) спостерігалось активне розмноженням культури на першому тижні (k ≈ 0,72) та подальше різке відмирання (k ≈ - 0,3) і зупинення росту на початку третього тижня. Субстрат S1 характеризується активним розмноження культури на 13 день експозиції, тижневий коефіцієнт швидкості приросту коконів становить k ≈ 0,7, зниження активності культури відмічено на 36 день витримки

субстрату. У субстратах S2, S3, S4 адаптація культури завершилась на 15 ± 1 день, відмічено появу коконів. Тижневий приріст швидкості приросту коконів у субстратах складає k ≈ 0,5. Період витримки завершили після зниження приросту швидкості росту кількості коконів більше ніж на 25 %, тож тривалість компостування без врахування стадії дозрівання субстратів, становить 28 днів для субстрату S2, 25 днів для субстрату S3 та 24 дня для субстрату S4. Таким чином, результати експериментального дослідження популяції культури під час ферментації змішаних субстратів свідчать, що найбільш сприятливим середовищем для культури є субстрат S1. Незважаючи на те, що загальна біомаса культури в субстраті S1 менше, ніж в субстраті S3 на 9,6 % та однакова з показником S4, максимальна кількість коконів за дослідний період становить 49 одиниць, що більше на 10 %, 4 %, 12,2 % та 20 %, ніж в субстратах S0, S2, S3 та S4 відповідно. Найвищий тижневий приріст питомої ваги черв'яків відзначено у субстратах S1 та S4 0,25 г та 0,24 г, що більше у порівнянні з контролем, першим, другим і третім зразком на 0,1±0,05 г.

Таблиця 3 – Показники популяції після експозиції

Показник	Од. вимір.	S0	S1	S2	S3	S4
Біомаса загальна	г/дм^3	24±0,5	27,3±0,01	26±0,05	30,2±0,02	27±0,02
Кількість коконів	од./дм^3	44	49	47	43	39
Питома вага черв'яків	г	0,25±0,05	0,23±0,03	0,23±0,04	0,23±0,04	0,24±0,05

Результати експериментального дослідження динаміки показників популяції культури під час ферментації змішаних субстратів свідчать, що найбільш сприятливими середовищами для культури є субстрати S1 та S2, в яких жировмісний осад стічних вод м'ясокомбінату складає 25 % та 30 % від загального об'єму відповідно.

Враховуючи результати досліджень, можна стверджувати, що запропонована авторами схема очищення стічних вод, згідно якої нерозділені декантована вода з колоїдним осадом підлягають анаеробному зброджуванню та подальшому вермикультивуванню з додаванням жировмісного осаду з первинного відстійника та целюлозовмісним наповнювачем є ресурсоефективним рішення проблеми утилізації відходів. Загалом спосіб утилізації відходів вермикомпостування відповідає принципам сталого розвитку агросфери через низькі експлуатаційні та енергетичні витрати з обслуговування, свою природну саморегульованість, самовдосконалення, адаптивність та можливість отримання цінної вторинної сировини.

Інформаційні джерела

1. O.A. Sagdeeva, G.V. Krusir, A.L.Tsykalo, T.V. Shpyrko, H. Leuenberger. Organic waste composting using mineral additives // Харчова наука і технологія. –2018. – Том 12. – № 1. – С. 45-52. DOI: http://dx.doi.org/10.15673/fst.v12i1.842

2. Крусір Г.В. Исследование метаногенеза сточных вод предприятий первичного виноделия / Крусір Г.В., Дубовик В.А., Полищук В.Н., Дубовик А.А.,Соколова І.Ф. //Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2014. – Вып.– 4/10 (70).– С.43-47.

3. Долина Л. Ф., Долина Л. Ф. Реакторы для очистки сточных вод. – Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, 2001.

4. Жданович В. П. Опыт вермипроизводства и проблемы вермикультивирования на юго-востоке Беларуси [Електронний ресурс] / В. П. Жданович // Сборник международной научной конференции «РАДИОБИОЛОГИЯ: МИНИМИЗАЦИЯ РАДИАЦИОННЫХ РИСКОВ». – 2016. – Режим доступу до ресурсу: http://www.irb.basnet.by/ru/opyt-vermiproizvodstva-i-problemy-vermikultivirovaniya-na-yugo-vostoke-belarusi/

ТИПІЗАЦІЯ РИЗИКІВ ТА ЗАГРОЗ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕТИЧНО МОДИФІКОВАНИХ ОРГАНІЗМІВ

Купінець Л.Є., д.е.н., професор
Інститут проблем ринку та економіко-екологічних досліджень НАН України

Проблема використання ГМО відноситься до найбільш складних та дискусійних за останні два десятиріччя. Комерціалізація використання видів та сортів з новими признаками залучає в сферу взаємних інтересів виробників та користувачів різних сфер економічної діяльності. Розвиток генної інженерії вважається найважливішим досягненням молекулярної біології та генетики. Технології з використанням рекомбінантних ДНК потрібно розвивати, адже не всі вони повязані з біологічними ризиками, зокрема в сферах, не пов'язаних із продовольством та харчовою промисловістю. Але питання користі, шкоди або безпечності ГМО для людства та довкілля залишається і буде залишатися певний час відкритим через невивченість механізмів функціонування геному. Саме з цієї причини передбачити реальні ризики та загрози використання модифікованих організмів для людини, середовища її існування та глобальні біологічні процеси дуже складно, скоріше, неможливо в межах сучасного знання. Між тим корисні властивості ГМО сприймаються як сучасні наукові досягнення, маскують іншу сторону проблеми, але не спростовують наявність різного походження ризиків та загроз. Втім на виведення одного трансгенного сорту йде кілька років. В таких умовах широка комерціалізація досягнень біотехнології зумовлює вибір кінцевого споживача щодо використання модифікованих продуктів або відмови від них. Якщо споживач вільний у своєму виборі, то природа, як первинна ланка застосування змінених генетично видів рослин, потребує превентивної настороженості та застережних заходів щодо їх реєстрації, вирощування, транпортування, використання, обігу, зберігання та маркування. Тобто ці процеси, враховуючи можливі наслідки, мають бути керованими, прозорими, динамічними як у світі, так і в країнах, що досягли прориву у використанні біотехнологій.

До виробництва генетично модифікованих культур приєдналось біля тридцяти країн світу, які відвели під ці культури десяту частину світових сільськогосподарських угідь, а населення в переважній більшості країн світу споживають отриману продукцію. Найбільше занепокоєння в Україні викликають дві сфери економічної діяльності – сільське господарство та харчова промисловість, в яких не тільки вирощуються ГМ-культури, але й використовується імпортна продовольча сировина. Дозвіл на вирощування отримало близько 150 сортів рослин. За існуючими оцінками біля третини продуктів харчування в Україні містять ГМО. Населенням вживаються харчові продукти в складі яких присутні ГМ-інгрідієнти, продукти переробки трансгенної сировини, генетично модифіковані рослинні сільськогосподарські культури. Складається ситуація, коли ГМО є не тільки протилежністю процесам екологізації, на які орієнтовані розвинуті країни, але й несуть для них низку загроз та ризиків. Кожна країна повинна розробити національну стратегію та визначити найкращі практики для забезпечення співіснування генетично модифікованих культур з традиційним і органічним землеробством у відповідності з Рекомендаціями ЄС [1, p.2], а також національні нормативні документи з біобезпеки на основі Міжнародних керівних принципів ЮНЕП, що стосуються безпеки в галузі біотехнології [2].

В існуючому визначенні загрози – це наявні та потенційно можливі явища, що створюють небезпеку людині або оточуючому природному середовищу. Загроза трактується як можливість або неминучість виникнення небезпечних ситуацій. Ризик може бути розглянуто як результат обставин, що призвели до його появи. В сучасній літературі ризики та загрози розглядаються як певне співвідношення, в якому дія потенційних ризиків обумовлює виникнення загроз. Реалізація загрози погіршує стан об'єкту впливу, а ризик пов'язаний як із втратами, так і з певним шансом досягти успіху. Але ж надія на успіх через невиважені рішення, тим більше в умовах невизначеності стосовно ГМО сумнівна, а потенційний розмір втрат налаштовує на вибір зважених рішень. Існує точка зору, що ризики

для здоров'я людини і навколишнього середовища ідентичні при використанні традиційних селекційних та генно-інженерних технологій і що вони можуть бути передбачені та зведені до мінімуму.

Основні ризики зводяться до наступних основних груп:

- агровиробничі ризики;
- ризики для здоров'я людини від вживання ГМ-продукції (харчові);
- ризики для навколишнього середовища (екологічні);
- ризики для біорізноманіття (біологічні) (табл.1).

Таблиця 1. Класифікація ризиків, що виникають при виробництві та споживанні ГМО

Тип ризиків	Вид передбачуваних ризиків
Агровиробничі	Порушення цілісності агроекосистем. Винекнення непередбачувальних наслідків (боротьба із шкідниками за допомогою вбудованих конструкцій у геном кормової рослини привела до падіжа поголів'я худоби, масової загибелі медоносних бджіл в різних регіонах, безхребетних тварин та грунтової мікрофлори). На одній земельній ділянці можуть змішуватися харчові та кормові ГМ-культури. Втрата сіменним матеріалом можливості повторного використання. Генетичне забруднення та неконтрольоване попадання ГМО в оточуюче середовище Стійкість до патогенів і шкідників.
Харчові	Неконтрольоване потрапляння в їжу ГМ-компонентів, які для цього не призначалися Непередбачувана дія трансгенних білків на оргнізм людини. Не визначений граничний рівень (медіко-біологічні норми) допустимої концентрації ГМ-компоненти в продукті харчування, не вся продукція з вмістом ГМО маркується. Накопичення токсичних речовин в сільськогосподарських продуктах.
Екологічні	Зниження сортового різноманіття, відстрочена зміна властивостей. Неконтрольоване перенесення генних конструкцій. Поява нових, більш патогенних штамів фітовірусів. Поява шкідників, стійких до трансгенних токсинів, поява нових нецельових шкідників. Перезапилення з культурними сортами рослин, стійкість до гербицидів, можливість появи сорних рослин, стійких до хімікатів. Збільшення хімічного навантаження на агроекосистеми, застосування більш токсичних пестицидів.
Біологічні	Вирогідність неконтрольованого впливу вбудованої конструкції на сусідні гени при роботі з геномом організму. Стимуляція мутацій. Відстрочена зміна властивостей, які проявляються через кілька поколінь і пов'язані із адаптацією нового гена в геномі рослин. Недостатньо надійні методи дослідження біобезопасноті ГМ-продуктів.

Джерело: складено автором за даними літературних джерел

Перелік наведених ризиків не є вичерпним. Є специфічні ризики, обумовлені медицинською або біологічною специфікою, а також специфікою сфери, де використовуються продукти генної інженерії. Можна виділити економічні та політичні поширення ГМО. Врахування означених ризиків потребує: розробки заходів ризик-менеджменту, інституціонального забезпечення та моделі державного регулювання безпеки генної інженерії, визначеня організаційного забезпечення управління біобезпекою, формування системи контролю, моніторингу, реєстації та дозволу генно-інженерної діяльності.

Література

1. Commission recommendation (2003/556/EC) of 23 July 2003 on guidelines for the development of national strategies and best practices to ensure the coexistence of genetically odified crops with conventional and organic farming. Електронний ресурс. Режим доступу: https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/plant/docs/plant_gmo-agriculture_coexistence-new_recommendation_en.pdf

2. Международные руководящие принципы техники безопасности ЮНЕП вобласти биотехнологии // ЮНЕП. 1995. 39 с.

ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ ЗЕМЕЛЬ В СИСТЕМІ ВІДТВОРЕННЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ

Купінець Л.Є., д.е.н., професор, Тютюнник Г.О., аспірант, м.н.с.,
Інститут проблем ринку та економіко-екологічних досліджень НАН України

Зміна напрямку у використані природних ресурсів, зокрема земельних, у галузі сільського господарства на екологоорієнтоване, формування екологічно чистих земель та їх концентрація потребує опрацювання нової моделі господарювання.

Головним завданням сучасної державної політики у сфері землекористування є таке вдосконалення системи використання та відтворення природних ресурсів, яке б забезпечувало раціональне використання продуктивних земель на основі екологізації, охорону та захист як складової навколишнього природного середовища, збереження, примноження та відтворення їх продуктивної сили як ресурсу [1, С. 93-113].

Процесом примноження та відтворення земельних ресурсів із природним якісним станом є формування та концентрація екологічно чистих земель. Поняття «концентрація» земель науково та законодавчо не визначено. Нормативно-правовий базис характеризується відсутністю належного законодавчого регулювання щодо проведення цього процесу. Єдиний нормативно-правовий акт, що стосується об'єднання земель це Проект ЗУ «Про консолідацію земель», в якому визначено дефініцію консолідації земель сільськогосподарського призначення як комплекс організаційних, правових, землевпорядних та інших заходів, що полягає в економічно обґрунтованому об'єднанні землевласниками та землекористувачами земельних ділянок і земель сільськогосподарського та несільськогосподарського призначення у єдині земельні масиви, місце розташування, розміри, конфігурація та склад угідь яких забезпечують стале землекористування [2]. Законом визначаються особливості використання і розпорядження земельними ділянками, розташованими в масиві земель сільськогосподарського призначення, а також полезахисних лісових смугах, які обмежують такий масив. Якщо цей закон націлен на вдосконалення правил землекористування в масивах, то концентрація сільськогосподарських земель має економічну, ресурсну та власністну складові. Концентрація екологічно чистих земель розглядається як частковий випадок об'днання особливо цінних земель для їх збереження та отримання безпечної та якісної продукції.

Екологічно чисте землеробство передбачає значні витрати та ризики на початкових стадіях процесу переведення придатних земель до статусу екологічно безпечних. Процес концентрації міцно переплітається з біологічними особливостями життєдіяльності мікроорганізмів, рослин, тварин, взагалі біотичних процесів в агроландшафті, які характеризуються своїми законами прояву, розвитку та поширення.

Концепція Державної цільової програми розвитку земельних відносин України на період до 2020 року, регламентує незавершеність процесів реформування економічних та правових відносин власності та відсутність механізму економічного стимулювання використання й охорони земель, а розвиток екологічно чистого земельного масиву як живої системи потребує суттєвої підтримки, особливо формування економічних механізмів стимулювання землевласників та землекористувачів до переходу на екологічно чисте виробництво сільськогосподарської продукції [3, 4, С. 148].

Процеси формування екологічно чистих земельних масивів і їх концентрація мають потенційно багатоканальну інвестиційну базу, інструменти якої можуть бути використані з метою регулювання її розвитку. Пошук нових фінансових інструментів є першочерговим завданням поряд із пристосуванням наявних до потреб екологоорієнтованого використання земельних ресурсів.

Основною умовою стійкості сільського господарства є повна відповідність використання земельних ресурсів ландшафтно-зональним особливостям та збереження їх екологічних характеристик.

Таблиця 1

Положення Земельного Кодексу України щодо економічного стимулювання раціонального використання та охорони земель

Положення Земельного Кодексу України	Проблема	Рішення
Надання податкових і кредитних пільг громадянам та юридичним особам, які здійснюють за власні кошти заходи, передбачені загальнодержавними та регіональними програмами використання і охорони земель.	Проте, на сьогодні такого механізму не сформовано. Відсутня програма щодо охорони земельних ресурсів шляхом створення екологічно чистих земель та їх концентрації.	В такому випадку є сенс у розроблені програми щодо відтворення природного та покращення якісного стану земель з метою поширення екологічного компоненту у сусідні земельні ділянки і поетапного повернення екологічної чистоти земельного фонду країни. Також важливим рішенням є надання коштів землевласникам/користувачам з державного або місцевих бюджетів на безоплатній основі для відновлення та охорони родючого шару ґрунту
Виділення коштів державного або місцевого бюджету громадянам та юридичним особам для відновлення попереднього стану земель, порушених не з їх вини.	Використання коштів, передбачених у державному бюджеті для фінансування заходів з докорінного поліпшення земель проводилося в останнє в 2011 році і лише для науково-дослідних господарств незалежно від причини порушення.	Однак цей захід повинне проводитися щорічно, як і обстеження існуючого стану земель. Якщо упустити процес погіршення стану земельних ділянок, це може спричинити ряд негативних наслідків для відповідної земельної ділянки і сусідніх територій.
Звільнення від плати за земельні ділянки, що перебувають у стадії сільськогосподарського освоєння або поліпшення їх стану згідно з державними та регіональними програмами.	Дане положення закріплено в Земельному Кодексі, проте в Податковому воно відсутнє, з того випливає, що процес звільнення від сплати не може бути здійснено.	Екологічно чисте землеробство, формування відповідно земель та їх концентрація потребують проходження трирічного періоду, під час якого землевласник/користувач не може отримувати прибуток і в результаті плати за відповідні земельні ділянки може піти в збиток. Це викликає необхідність перегляду взаємозв'язку відповідних нормативно-правових актів, що декларують даний процес і обов'язкового його запровадження й контролю за виконанням.
Компенсацію з бюджетних коштів зниження доходу власників землі та землекористувачів внаслідок тимчасової консервації деградованих та малопродуктивних земель, що стали такими не з їх вини.	Створення екологічно чистих земельних масивів є ризиковим процесом, в результаті необхідності проходження перехідного періоду, чутливості земель до потрапляння забруднювачів із сусідніх територій, розроблення структури чергування стійких сільськогосподарських культур	Необхідною умовою є визначення даного моменту в договорах землевласників /користувачів, а також законі про бюджет. Процес переводу екологічно чистих земель доволі тривалий й фінансово обтяжливий, особливо на перших етапах. Вірогідність порушення екологічної стійкості агроладшафту завжди буде існувати і це вимагає її попередження і компенсацію в результаті можливого випадку.

Джерело: розроблено з використанням [5, 6, 7, С. 156-161]

Сучасні агроценози характеризуються негативним балансом гумусу, органічної речовини, важливих елементів живлення, забрудненням важкими металами, активізацією ерозійних процесів. Це призводить до деградації ґрунтів та погіршення потенціалу стійкості агроекосистем, падінню біологічних, агрохімічних, агрофізичних показників, що визначають якість ґрунтів.

Щоб підготувати підстави для створення екологічно чистих територій в сільськогосподарських підприємствах і взагалі на території України, необхідно приділити увагу заходам поліпшення землекористувань (рис. 1). Для переведення земельних масивів в екологічно чисті необхідно проведення заходів на державному, регіональному і локальному рівнях стосовно їх трансформації у відповідність із місцевими агроекологічними характеристиками кожної окремої території.

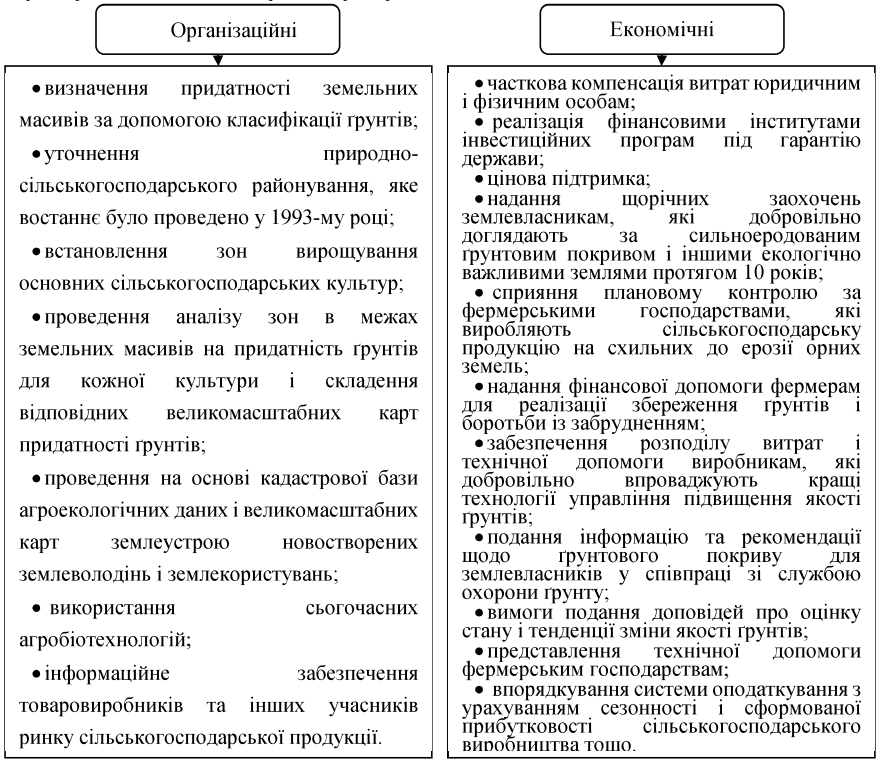


Рис. 1 Економічні та організаційні заходи щодо забезпечення переводу сільськогосподарських земель в стан екологічно чистих

Фундаментом створення екологічно-чистих земельних масивів є внутрішньогосподарська організація землекористування. Складовою екологічно-безпечного землекористування є визначення придатності ґрунтів земельних ділянок для вирощування районованих сільськогосподарських культур. Завдання внутрішньогосподарського землевпорядкування полягає в тому, щоб сформувати таку стратегію використання земельних масивів, яка б максимально орієнтувала дії землекористувачів щодо оптимізації, трансформації та використання земель до природних умов регіону.

Комплексне використання земельних ресурсів має здійснюватися і формуватися з позицій оптимізації форм господарського використання земель на рівні регіонів на основі регіональної програми щодо формування екологічно чистих земельних масивів. Регіональна програми складається із ідентифікації, класифікації та групування земель. Класифікація земель, удосконалення кадастрової бази, зворотного зв'язку спростить отримання й використання інформаційних даних щодо стану природних ресурсів під час проведення транзакційних операцій, а також полегшить догляд за земельними ділянками, зокрема збереженням і відновлення їх екологічної складової.

Дієвими шляхами до раціонального та ефективного використання земельних ресурсів є комплексне планування й управління землекористуванням. Визначені методи дозволяють улагодити суперечки, використати найбільш ефективні варіанти та сформувати зв'язок соціально-економічного розвитку з охороною й покращанням оточуючого природного середовища, сприяючи досягненню цілей екологічно безпечного розвитку.

Землекористування має бути економічно життєздатним, тому одним з критеріїв планування є ефективне та продуктивне використання землі. Для будь-якого конкретного землекористування деякі зони краще підходять, ніж інші. Ефективність досягається за рахунок співставлення різних землекористувань з ділянками, які дадуть найбільшу вигоду при мінімальних витратах. Синергія планування й управління землекористуванням полягає у визначенні придатного земельного масиву з метою використання його для тих чи інших потреб та сприянні переходу до екологічно безпечного використання земельних ресурсів із врахуванням екологічних, соціальних та економічних питань, а також прав власності, обмежень та обтяжень.

Економічне та організаційне забезпечення включає особливі умови використання земель, режим та оцінку відповідних ділянок, встановлення обов'язкових обмежень для збереження екологічної чистоти територій, контроль за якісним станом земель. Сукупність економіко-організаційних механізмів щодо забезпечення концентрації екологічно чистих земель є базисом доступного використання землевласниками та землекористувачами таких земель для досягнення бажаних цілей, зі збереженням їх високопродуктивного потенціалу та покращення якісного стану.

Література

1. Шарий Г.І. Інституційне забезпечення розвитку земельних відносин в аграрному секторі України : монографія / Г.І. Шарий. – Полтава. – 2016. – 604 с. – С. 93-113.

2. Законопроект про земельну консолідацію №6049-д від 26.12.2017 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://agroportal.ua/ua/news/ukraina/zakonoproekt-o-konsolidatsii-zemel-prinyat-v-pervom-chtenii/#

3. Про схвалення Концепції Державної цільової програми розвитку земельних відносин в Україні на період до 2020 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України, Концепція від 17.06.2009 № 743-р // Офіційний вісник України від 17.07.2009. – 2009 р. – № 51. – стор. 165. – стаття 1760. – код акта 47150/2009.

4. Колодійчук І.І. Концептуальні засади модернізації ринкових механізмів у сфері землекористування в Україні / І.І. Колодійчук // Регіональна економіка. – 2010. – № 3. – С. 148-155

5. Про затвердження Порядку використання коштів, передбачених у державному бюджеті для фінансування заходів з докорінного поліпшення земель науково-дослідних господарств: постанова Кабінету Міністрів України від 7 вересня 2011 р. № 945 / Офіційний вісник України від 16.09.2011. – 2011 р. – № 69. – стор. 27. – стаття 2631. – код акта 58208/2011

6. Земельний кодекс України : Закон від 25.10.2001 № 2768-III / Відомості Верховної Ради України від 25.01.2002. – 2002 р. – № 3. – стаття 27.

7. Черечон О.І. Економіко-правові механізми стимулювання раціонального використання та охорони земель [Електронний ресурс] / О.І. Черечон, Г.М. Дудич // Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія : Економіка АПК. - 2014. - № 21(2). - С. 156-161.

УДК 504.06:669

АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ МЕТАЛУРГІЙНОГО КОМПЛЕКСУ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Люта К. О., магістр, Нгуала С. Л. Б., магістр
Національна металургійна академія України, м. Дніпро

Всі технологічні процеси виробництва чавуну, сталі та їх подальшого переділу супроводжуються утворенням великих кількостей відходів у вигляді шкідливих газів та пилу, шлаків, шламів, стічних вод, що містять різні хімічні компоненти, скрапу, окалини, бою вогнетривів, сміття та інших викидів, які забруднюють атмосферу, воду і поверхню землі. Крім того, металургійні підприємства займають великі виробничі площі та відвали, що передбачає відчуження земель [1].

Чорна металургія займає друге місце (після енергетики) за загальною кількістю викидів в атмосферу серед галузей промисловості [2]. Джерела викидів у металургійних переділах наведено у таблиці 1 [1].

Таблиця 1 - Джерела викидів від основних переділів металургійного підприємства

Виробництво	Основні операції	Допоміжні операції
Агломераційне та виробництво окатишів	Спікання агломераційної шихти, охолодження агломерату та возврату, обпалення окатишів	Дроблення, просівання і транспортування шихти
Доменне	Завантаження шихтових матеріалів, виплавка і розливання чавуну	Доставка в доменний цех шихтових матеріалів і вивантаження на рудному дворі і в бункери естакади, грануляція шлаку
Сталеливарне	Виплавка та розлив сталі, завантаження шихтових матеріалів в піч	Підігрів чавуну перед виплавкою сталі
Прокатне	Нагрівання заготовки, зачистка металу	Різання металу на ножицях, видалення окалини, травлення металу, охолодження валків
Феросплавне	Виплавка феросплавів і випуск їх з печі, завантаження шахтних матеріалів	Охолодження відвантаження металу, сушка, підігрів, очищення ковшів; розм'якшення електродної маси

Металургія характеризується значним водопоспоживанням, але 60-70% стічних вод забруднені тільки термічно. У таблицях 2-3 наведені дані щодо усередненого водоспоживання та складу стічних вод металургійних виробництв [1].

Утворення відходів у металургійному виробництві в середньому становить 0,5 тонн на 1 тонну сталі. У таблицях 4-5 наведені характеристики джерел утворення брухту та відходів у чорній металургії [1].

Вирішення екологічних проблем галузі чорної металургії в контексті стратегії сталого розвитку нерозривно пов'язане з модернізацією основних засобів виробництва й освоєнням нових екологічно безпечних технологій. Основними екологічними напрямками програм по охороні довкілля є: тотальна реконструкція доменних печей із впровадженням систем аспірації; реконструкція агломераційних фабрик із приведенням обсягів викидів до європейських норм; впровадження передової технології сухого газоочищення; зниження обсягів шкідливих викидів і промислових відходів.

Таблиця 2 - Витрати води за видами металургійного виробництва

Виробництво	Продукція	Питомі витрати, $м^3$/т продукції		Частка в загальних витратах, %
		усього	в т.ч. свіжої	
гірськорудне	руда	12	4,5	5,0
агломераційне	агломерат	7,5	0,6	3,1
коксохімічне	кокс	12,5	1,0	5,2
доменне	чавун	60	4,5	25,0
сталеплавильне	сталь	52	3,5	21,7
прокатне	прокат	96	5,5	40
Усього	сталь	240	20	100

Таблиця 3 - Джерела утворення стічних вод металургійного виробництва

Виробництва	Операції
Агломераційне та окатишів	Очищення газів, зборка просипу від опалювальних машин та пилових мішків, вологе прибирання приміщень
Коксохімічне	Пиловловлювання, хімічні процеси (фенольні СВ), гасіння коксу
Доменне	Очищення доменного газу, гідравлічна зборка пилу, грануляція доменного шлаку та розлив чавуну
Сталеплавильне	Очищення газів, охолоджування та очистка ізложниць
Прокатне	Охолодження валків, змив та транспортування окалини

Таблиця 4 - Джерела утворення брухту та відходів у чорній металургії

Виробництво	Операції
Доменне	Випуск та розлив чавуну (залишки, брак, шлак), очистка доменного газу (шлам газоочисток)
Стале-плавильне	Випуск та розлив сталі (литники, недоливи, браковані злитки, залишки металу у ковшах, шлак), зачистка злитків (стружка, скрап), газоочистка (шлами)
Прокатне	Різка (обрізки, стружка), прокат (недокат), зачищення заготовок (стружка, пил)
Ливарне	Розлив (залишки у ковшах, литники), литво (брак)

Таблиця 5 - Утворення твердих відходів за видами продукції

Виробництво	Кількість відходів, кг/т
чавуну	7-10
сталі	35-40
прокату	280
сталевого литва	530
чавунного литва	350
сталевих труб	110-420
виливки чавунних труб	170-200
поковок та штампувань	175-180

Екологоорієнтований розвиток підприємства є цілеспрямованим процесом, який потребує розробки та реалізації не лише технічних, але й заходів організаційного характеру, зміни системи цінностей як на рівні підприємства, так і на рівні свідомості кожного працівника. Такий підхід відповідає концепції сталого розвитку.

Перелік посилань

1. Воздействие металлургических предприятий на окружающую среду [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://refleader.ru/jgeyfsyfsmeraty.html

2. Бакка М.Т. Техноекологія: навчальний посібник / М. Т. Бакка, В. В. Дорощенко. - Житомир: ЖДТУ, 2007. -219 с.

УДК 502.17

ЕКОЛОГІЧНІ ПРИНЦИПИ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ

Крисенко К.Ю., магістрант ф-ту НГтаЕ, Мадані М.М., к.т.н, доц.
Одеська національна академія харчових технологій

Раціональне використання природних ресурсів та охорона навколишнього середовища - одна з найважливіших проблем сучасного суспільства в епоху розвитку науково-технічного прогресу, що супроводжується активним впливом на природу.

Раціональне природокористування передбачає розумне освоєння природних ресурсів, запобігання можливих шкідливих наслідків людської діяльності, підтримка і підвищення продуктивності та привабливості природних комплексів і окремих природних об'єктів.

Природні ресурси поділяються на практично невичерпні (енергія сонця, припливів і відливів,внутрішнє тепло Землі, атмосферне повітря, вода);поновлювані (грунтові, рослинні, ресурси тваринного світу) і невідновлювані (корисні копалини, енергія річок).

В даний час все більш загострюється проблема виснаження природних ресурсів. Виснаження природно-ресурсного потенціалу виражається у зменшенні запасів природних ресурсів до рівня, що не відповідає потребам людства, його технічним можливостям і нормам безпеки для природних систем.

Виснаження природних ресурсів робить подальшу їх розробку екологічно недоцільною. Через обмеженість самовідновлювальних і компенсаційних функцій біосфери процеси людської діяльності мають відбуватися в суворих рамках згідно з законами розвитку суспільства і природи та законами взаємодії між ними. Ці закони належить свідомо виконувати, щоб процес природокористування постійно перебував під суворим контролем і регулювався державою. Реалізація згаданих законів відбувається через дотримання відповідних принципів раціонального природокористування, під якими розуміються певні економічно обумовлені правила поведінки людини і суспільства в природному середовищі. Дотримання принципів раціонального природокористування дозволить розробити заходи з охорони довкілля, відновити порушені взаємозв'язки в екосистемах, запобігти загостренню екологічних ситуацій.

При марнотратному, хижацькому використанні деякі види відновлюваних ресурсів можуть зникати, втрачаючи здатність до самовідновлення. Наприклад, орний горизонт грунту потужністю близько 18 см при сприятливих умовах відновлюється 7000 років.

Інтенсифікація індустріального втручання в процеси природи, винищувальне ставлення до природи, її ресурсів і багатств руйнує єдність між людським суспільством і природою.

Зростання виробництва не може здійснюватися за рахунок виснаження природних ресурсів і забруднення навколишнього середовища, так як від їх стану залежить не лише розвиток виробництва, а й існування життя на Землі.

Раціональне природокористування передбачає розумне освоєння природних ресурсів, запобігання можливих шкідливих наслідків людської діяльності, підтримка і підвищення продуктивності та привабливості природних комплексів і окремих природних об'єктів.

Раціональне природокористування передбачає вибір оптимального варіанту досягнення екологічного, економічного і соціального ефекту при використанні природних ресурсів.

Комплексне використання природних ресурсів передбачає використання безвідходних і маловідходних технологій, повторне використання вторинних ресурсів. З точки зору відтворювального аспекту, комплексне використання природних ресурсів включає широке коло проблем.

УДК 504.054

АНАЛІЗ ПИТАННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОГО ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ, ЩО ВМІЩУЮТЬ ПОЛІХЛОРОВАНІ ДИФЕНІЛИ (ПХД)

Погосов О.С., магістр, Говорунець Т.Г., магістр
Національна металургійна академія України, м. Дніпро

Діяльність людини супроводжується утворенням ряду сполук, що характеризуються особливою небезпекою для оточуючого навколишнього середовища і здоров'я людини. Серед них є речовини, що носять назву «стійкі органічні забруднювачі» (СОЗ). Їх об'єднують 4 загальних властивості:

1. Висока стійкість до фотохімічного та мікробіологічного окислення.
2. Здатність до біоакумуляції через високу ліпофільності, що дозволяє накопичуватися в жирових тканинах і просуватися по харчових ланцюгах.
3. Здатність до переміщення в оточуючому навколишньому середовищі на великі відстані - з повітряними і водними потоками або мігруючими видами тварин.
4. Здатність викликати віддалені канцерогенні, мутагенні і інші негативні ефекти навіть у малих дозах.

Принципова схема взаємного обміну стійкими органічними забруднювачами між об'єктами довкілля приведена на рисунку 1 [1-2].

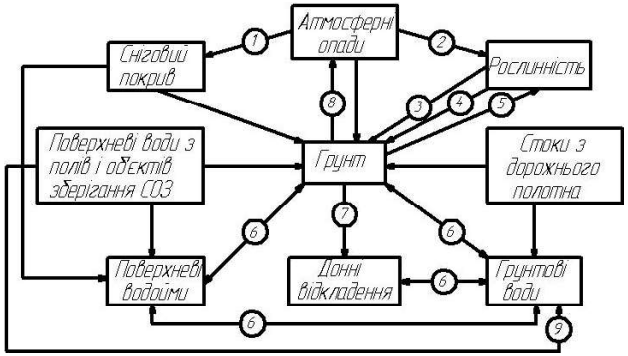


Рисунок 1 - Механізми надходження СОЗ до довкілля:
1 – акумуляція зі снігом; 2 – концентрація на стовбурах, листках і стеблах; 3 – опади;
4 – змив опадів, що осіли, дощем і снігом; 5 – кореневе живлення;
6 – взаємна інфільтрація розчинів; 7– змив в донні відкладення;
8 – вітровий пиловиніс; 9 – інфільтрація розчинів

Як бачимо, стійкі органічні забруднювачі можуть потрапляти та негативно впливати на усі складові довкілля.

Поліхлоровані дифеніли (ПХД) або поліхлоровані біфеніли (ПХБ) – група СОЗ, які здатні біоакумулюватись в живих організмах, мають високу токсичність. ПХД широко застосовуються в ряді галузей важкої промисловості. Їх використовують як діелектричні рідини в трансформаторах і конденсаторах, як пластифікатори для пластмас, лаків і лакофарбових матеріалів, як матеріали - носії і розчинники для пестицидів.

ПХД – найнебезпечніші отрути серед хлорвмісних сполук. Вони практично не руйнуються. В світі їх було вироблено близько 2 млн т [3-4].

За кількістю накопиченого ПХД в Україні лідерами є Донецька, Дніпропетровська, Волинська та Київська області. У Дніпропетровській області знаходиться 9% трансформаторів, 7% конденсаторів, 18% синтетичних рідин з ПХД, що розміщено в Україні [5].

Що стосується галузей промисловості, то тут лідерами є металургія за кількістю трансформаторів з концентрованим ПХД та машинобудування за кількістю конденсаторів з ПХД. Загальна маса ПХД, які наявні в обладнанні та зберігаються окремо на об'єктах України приблизно оцінюється в 5000 тонн [5]. Виявлення обладнання, продукції та відходів, що містять ПХД, здійснюється в процесі їх інвентаризації.

Відомо 4 промислові технології знищення СОЗ: відновлення в газовій фазі; каталітичне дехлорування; контейнерні спалюючі установки, технології УГНТЦ «Енергосталь». Ці процеси становлять підвищену екологічну небезпеку через утворення твердих, рідких і газоподібних токсичних і канцерогенних речовин. Кращім методом знешкодження на сьогодні є термічний метод [1, 3, 4].

Сутність процесу базується на термохімічному методі перетворення складних хімічних речовин і їх сумішей при високих температурах, тобто Т=2500-3500° С, у високошвидкісному рухомому потоці. При таких умовах хімічні речовини швидко розпадаються, відбувається їх «атомізація», за якою слідує окислення і зв'язування до безпечних побічних продуктів. Ефективність розкладання і видалення ПХД при застосуванні даної технології становить величину не нижче 99,99%, що відповідає найвищим світовим досягненням техніки знешкодження хлорорганічних речовин [4].

Висновки:

За результатами аналізу питання безпечного поводження з відходами, що вміщують ПХД, основними проблемами є:

- недосконаліть законодавчої та нормативно-методичної бази щодо поводження з ПХБ-вмісним обладнанням та відходами, що містять ПХБ;
- недостатність дієвих економічних важелів та відповідної державної підтримки для стимулювання підприємств - власників ПХБ-вмісного обладнання щодо виведення такого обладнання з експлуатації та його знешкодження;
- відсутність мотивації щодо залучення у цю сферу приватного капіталу;
- належним чином не організований облік ПХБ-вмісного обладнання та відходів, моніторинг їх потоків, невизначеність щодо їх інвентаризації, ідентифікації і класифікації;
- відсутність сучасних методів та достатніх потужностей зі знешкодження та зберігання небезпечних відходів, що містять ПХБ, нерозвиненість відповідної інфраструктури.

Найбезпечнішим методом знешкодження ПХД на сьогодні є термічний метод, але він потребує спеціального коштовного устаткування та значних експлуатаційних витрат.

Перелік посилань

1. Касимов А.М. Возможные пути решения проблемы непригодных и запрещенных к применению агрохимикатов: тактика и стратегия / А.М. Касимов, А.В. Носова, А.Н. Александров // Конфер.: Тез. докл. конфер. с междунар. участием: «Сотрудничество для решения проблемы отходов». – Х., 2004. - С. 229-231.

2. Касимов А.М. Проблема СОЗ на Украине и международное сотрудничество / А.М. Касимов, О.С. Полещук, А.М. Коваленко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2005. - №3/1(15). - С. 65-69.

3. Современные проблемы и решения в системе управления опасными отходами / А.М. Касимов, В.Т. Семенов, Н.Г. Щербань, В.В. Мясоедов. – Харьков: ХНАГХ, 2008. – 510 с.

4. Касимов А.М. Новая технология обезвреживания некондиционных средств защиты растений / А.М. Касимов, И.В. Варнавская // Экология и промышленность. – 2008. - №2. - С. 9-13.

5. Інвентаризація ПХД 2003 року [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://pcbs-ukraine.org/pkhd-v-ukraini

УДК 504.054

АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ УТВОРЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ ЯК ФАКТОРА ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

Хлівний Є.В., магістр, Лутченко В. О., магістр
Національна металургійна академія України, м. Дніпро

Зростання народонаселення планети та промислового виробництва до сьогодення супроводжується випереджальним збільшенням кількості відходів, що приводить до загострення кризового стану регіональних екосистем та біосфери в цілому. Збільшення обсягів відходів, стічних вод і викидів в атмосферу обумовлює загрозу здоров'ю людини та навколишньому середовищу. Екологічна небезпека відходів визначається комбінацією багатьох факторів. Насамперед це їх фізичний стан, хімічний склад і наявність екотоксикантів [1].

З появою в біосфері людства і значним зростанням його потреб виникла необхідність у використанні зростаючої кількості природних ресурсів. Так виник і склався антропогенний циклічний колообіг речовин та енергії. Цей колообіг, так само як і природні біогеохімічні цикли, незамкнений. У ньому значна частина використаних природних ресурсів (первинної матеріальної сировини), як і в природних біогеохімічних циклах, розсіюється в навколишнє середовище. Однак істотна відмінність між антропогенним і біохімічними циклами полягає в тому, що в останніх розсіювані відходи не забруднюють біосферу. Розсіювані відходи антропогенного ресурсного циклу, кількість яких невпинно зростає, переважно надходять у біосферу як забрудники, і тільки незначна їх частина використовується для самовідтворення. Крім того, лише 2-6 % природних ресурсів використовуються для виробництва готової продукції, а 94-98% накопичується в навколишньому природному середовищі у вигляді відходів. Відходи виступають основними забрудниками довкілля, проте водночас вони є важливими резервами ресурсозбереження [2].

Для екології ідеальна організація технології припускає використання побічних продуктів і відходів одного виробництва в інших. Одночасно це ідеальна схема ресурсозберігаючої технології, тобто завдання екології та ресурсозбереження багато в чому збігаються й поєднуються в єдине глобальне ресурсоекологічне завдання. Таким чином, утилізація техногенних відходів є комплексною ресурсоекологічною проблемою.

Головними факторами, що визначають можливість екологічно безпечної утилізації відходів, є їх фізичний стан і хімічний склад. На це накладаються технічні можливості існуючих технологій і економічна доцільність із урахуванням екологічної перспективи. Можна виділити три підходи до утилізації відходів: пряме використання, переробка з витягом корисних компонентів, знищення. Найбільш раціональні перші два, але не всі відходи можна переробити. Незважаючи на наявність корисних компонентів, на діючому етапі може не існувати ефективних технологій їх витягу. Такі відходи дешевше й безпечніше знищити. У таблиці 1 наведено способи переробки та утилізації багатотоннажних відходів [2].

Таблиця 1 - Способи переробки відходів

Вид відходів	Метод переробки
1	2
Металеві відходи	Сортування (розділення лома та відходів по видам металу); видалення неметалевих включень; механічна обробка (рубка, різка, дроблення, пакетування, брикетування); переплав; складування; захоронення
Відходи деревини	Пресування, різка, спалювання, складування
Відходи пластмас	Пресування, спалювання, захоронення
Високотоксичні відходи	Затарювання у спеціальні контейнери та захоронення

1	2
Органічні горючі речовини	Дроблення, пресування, спалювання, захоронення
Використані ртутні лампи	Демеркурізація ламп, утилізація ртуті
Пісок, забруднений нафто-продуктами, формовочна земля	Прокалювання, захоронення
Радіоактивні відходи	Затарювання у спеціальні контейнери та захоронення на спеціальних підприємствах

Необхідно розробляти комплексні системи керування раціональним використанням відходів, яка дозволить за рахунок вторинного використання зменшити їх кількість і тим самим знизити екологічну небезпеку.

Наведемо приклад комплексної системи керування раціональним використанням вторинних ресурсів [2]:

- прогнозування попиту у різних видах вторинних ресурсів;
- вивчення вітчизняного та закордонного досвіду їх використання;
- виявлення ресурсів, відходів та освоєння нових сфер використання;
- планування збору та переробки вторинних ресурсів;
- збір, сортування, транспортування, складування вторинних ресурсів;
- технологічна підготовка виробництва продукції з використанням вторинних ресурсів;
- організація ефективного споживання вторинних ресурсів;
- реалізація невикористаних вторинних ресурсів;
- утилізація вторинних ресурсів, що не використовуються;
- підбір, навчання та розстановка кадрів;
- контроль, аналіз та правове забезпечення раціонального використання ресурсів;
- стимулювання раціонального використання вторинних ресурсів.

Закон України «Про відходи» і Постанова Кабінету Міністрів України «Про програму використання відходів виробництва й споживання» визначають пріоритетну діяльність підприємств, спрямовану на попередження утворювання відходів, їх збору, перевезення, утилізації. Ефективність цієї діяльності визначається ефективністю методів керування, що дозволяють ухвалювати й здійснювати рішення в області поводження з відходами.

При розробках і дослідженні методів керування промисловими відходами переслідується, насамперед, загальна мета - зниження ступеня шкідливого впливу відходів на людину та навколишнє природне середовище, а також економія природних ресурсів.

У роботах, присвячених проблемі промислових відходів, не достатньо освітлені питання, щодо причин їх утворення, не виявлено закономірності, які дозволяють визначати мінімально припустимий рівень відходності конкретних виробничих процесів і тим самим – виявити мінімум екологічної небезпеки, яку несе виробництво. Основні недоліки існуючих публікацій в області поводження з відходами полягають у тому, що пропонується управляти відходами, що вже утворилися, не звертаючи уваги на джерела їх утворення [3].

Обмеження обсягів утворення відходів, розширення масштабів їх утилізації, а тим самим, послідовне зменшення нагромадження відходів в оточуючому середовищі стає для України одним з найважливіших завдань підвищення екологічної безпеки. Виходячи з масштабів і значимості проблеми промислових відходів в Україні, є очевидним, що для її рішення потрібно розробка теоретичного, технічного та інформаційного забезпечення, виконання ряду організаційних заходів [1].

Перелік посилань

1. А.К.Запольський, А.І.Салюк. Основи екології. – К.: Вища шк., 2004. – 382 с.
2. Т.А. Хван. Промышленная экология. – Ростов на Дону: Феникс, 2003. – 315 с.
3. Г.О.Білявський, Л.І.Бутченко. Основи екології: теорія та практикум. – К.: Лібра, 2004. – 368 с.

УДК 621.074:678

ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ И ДРУГИХ УСТРОЙСТВ С РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИМИ ИЗДЕЛИЯМИ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Хорольский М.С.[1], к.т.н., ст.н.с., Бигун С.А.[2]
1 Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара
2 Государственное предприятие «Конструкторское бюро “ Южное“ имени М.К. Янгеля»

В различных объектах пищевой промышленности используется большое количество разнообразных конструкционных материалов, к которым предъявляются высокие требования по обеспечению экологической безопасности. Не являются исключением и резины, которые благодаря своим уникальным свойствам, такими как высокоэластичность, водо- и газонепроницаемость, стойкость к действию многих рабочих сред пищевой промышленности, широко используются для изготовления уплотнителей, трубопроводных и транспортирующих систем, амортизаторов, защитных и других изделий, комплектующих такие объекты. При этом следует иметь ввиду, что резина – это многокомпонентная система, состоящая из различных ингредиентов, каждый из которых имеет свое назначение в резиновой смеси и свое воздействие как внутри самой резины, так и на разнообразные рабочие среды пищевой промышленности заданных параметров (давление, температура), контактирующие с изделием из резины в уплотнительных и других устройствах указанных объектов.

Как правило, кроме каучуков, которые являются основой резиновой смеси, в нее входят многие ингредиенты в определенном процентном соотношении на 100 массовых частей каучука, представляющие вулканизующие агенты, активаторы и ускорители вулканизации, наполнители, пластификаторы и мягчители, противостарители, которые, учитывая их химическую природу, могут после вулканизации мигрировать из резинового изделия в контактирующую пищевую среду, способные в ряде случаев отрицательно влиять на здоровье людей, если допустимое количество миграции (ДКМ) превышает нормативное. Поэтому не каждая техническая резина может использоваться в пищевой промышленности, а только та резина, которая допущена органами здравоохранения Украины для контакта с пищевыми продуктами, а также для обеспечения необходимых комфортных климатических условий в помещениях с ограниченным пространством. На такие резины, как правило, оформляются нормативные документы, согласованные с органами здравоохранения Украины. Они получили название пищевых.

Следует также отметить, что многие резины, из которых мигрируют некоторые ингредиенты, могут отрицательно влиять на состояние и надежность работы оборудования для автоматического регулирования и поддержания заданных параметров жидких и газообразных сред. В результате коррозионного воздействия продуктов миграции из резин на контакты автоматических средств, указанное оборудование часто теряет работоспособность. Поэтому контакты такого оборудования должны изготавливаться из коррозионностойких конструкционных материалов, а резинотехнические изделия (РТИ) – из пищевых резин.

Чтобы применить такие резины в технических требованиях или техническом задании на разработку РТИ, контактирующих с пищевыми средами, обязательно необходимо указывать их назначение, условия эксплуатации и хранения и все воздействующие факторы. Кроме того, должен быть указан перечень веществ, подлежащих определению в модельных средах, имитирующих эксплуатацию РТИ и их ДКМ.

В связи с этим разработаны специальные резины для изготовления РТИ, контактирующих с продуктами питания, а также резины, которые не влияют или слабо влияют на контактные соединения в средствах измерительной и регулирующей техники. Но

указанные резины были разработаны на основе сырья, большинство которого в Украине не производится. Так, в Украине полностью отсутствует производство каучуков, большинства вулканизующих агентов, многих активаторов и ускорителей вулканизации, пластификаторов и мягчителей, противостарителей. Резиновая промышленность Украины была ориентирована в основном на сырьевую базу Российской Федерации, которая в настоящее время практически не доступна. Поэтому требуется очень большая работа по импортозамещению со значительными затратами, которые полностью ложатся на производителя РТИ.

При разработке или выборе той или иной марки резины (а универсальной резины для пищевой промышленности не существует) производитель РТИ заинтересован в минимальной трудоемкости и высокой рентабельности. А это значит, что резиновая смесь должна содержать незначительное количество ингредиентов, быть технологичной с минимальными энергетическими и трудовыми затратами. Поэтому производитель после изготовления РТИ их специальную обработку и определение мигрирующих веществ может производить чисто формально или вообще не производить, что для пищевой промышленности недопустимо. Следовательно, в этом направлении необходим усиленный профессиональный контроль.

Из изложенного можно сформулировать основные принципы создания уплотнительных и других устройств с РТИ для объектов пищевой промышленности:

1. Резина должна быть стойкой к действию контактирующей с РТИ среды и не превышать ДКМ, которое необходимо контролировать органам здравоохранения. Например, для сосковых деталей доильных аппаратов используется резина на основе бутадиеннитрильного каучука, содержащая тиурам Д, сульфенамид Ц, противостаритель П-23, диоктилфталат, белила цинковые. При этом в модельной среде ДКМ нитрила акриловой кислоты должно быть не более 0,02 мг/л, ДКМ тетраметилтиурамдисульфида и диметилдитиокарбамата цинка не более 0,03 мг/л, ДКМ циклогексил-2-бензтиазолилсульфенамида и 2-меркаптобензтиазола не более 0,15 мг/л, ДКМ 2,4,6-три-трет-бутилфенола не более 0,5 мг/л, ДКМ диоктилфталата не более 2,0 мг/л, ДКМ ионов цинка не более 1,0 мг/л [1].
2. С течением времени под действием контактирующей и окружающей сред резина вследствие старения сравнительно быстро изменяет свои технические характеристики, поэтому разработчики РТИ и устройства с ним обязаны это учитывать при проектировании;
3. В резине в процессе эксплуатации устройств с РТИ имеют место ярко выраженные релаксационные процессы (особенно релаксация напряжения, ползучесть, восстановление), которые должны учитываться проектантами при их создании.
4. Рецептуры резин пищевого назначения и области их применения должны согласовываться с органами здравоохранения;
5. РТИ после изготовления в зависимости от рецептуры резины должно подвергаться дополнительной специальной обработке и испытаниям по методикам, согласованным с органами здравоохранения;
6. При проектировании РТИ необходимо руководствоваться стандартами на конкретные виды РТИ с учетом принципов, изложенных в пунктах 1-5.

Литература

1 Большой справочник резинщика. Ч.2. Резины и резинотехнические изделия / Под ред. С.В. Резниченко, Ю.Л. Морозова. – М.: ООО «Издательский центр «Техинформ» МАИ», 2012. – 648 с..

УДК 504.75 (075.8)

ВПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДУ ПРОДУКТИВНОГО НАВЧАННЯ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ МАЙБУТНІХ ЕКОЛОГІВ-БАКАЛАВРІВ І МАГІСТРІВ

Цикало А. Л,. д.х.н., проф.., Крусір Г.В., д.т.н., проф..
Одеська національна академія харчових технологій

Як відомо, технологія продуктивного навчання має такі особливості та переваги. Вона має універсальний характер. Тобто запланований «продукт» може мати відношення до педагогічного процесу, науково-технічного результату (новий прилад, технологія, науково-технічна модель, фізична модель, програмне забезпечення та ін). Відповідна розробка має бути виконана на сучасному науково-технічному рівні [1-4].

«Продукт» може відноситися до будь-якої галузі науки, техніки, технології, напряму навчання. Технологія продуктивного навчання передбачає спільну роботу викладачів, наукового працівника (працівників) та групи (бригади) учнів або студентів. Отож, ця технологія передбачає колективну працю, тобто працю «в команді» заради досягнення спільного успіху – запланованого продукту.

З метою впровадження цього методу в практику навчання майбутніх екологів - бакалаврів і магістрів було обрано дві теми:

1. «Розробка і впровадження комплекту приладів для визначення фізико-хімічних властивостей та екологічного стану природних і штучних водойм». Для виконання цієї роботи було сформовано групу (бригаду) студентів-екологів 3 курсу: - майбутніх бакалаврів (Е. Зайцева, О. Лось, Д. Трухачова, А. Отян,);
2. «Розробка проекту Міжнародного Статуту р. Дністер». Для виконання цієї роботи було сформовано групу (бригаду) студентів-екологів 5 курсу: - майбутніх магістрів (Д. Руссу, І. Балабан, К. Носенко).

Науковими керівниками цих робіт було призначено авторів цієї статті.

В результаті роботи над обома проектами студентами - виконавцями були вирішені такі задачі та досягнуті наступні цілі:

- студенти – виконавці обох проектів отримали важливий досвід колективної науково-технічної праці у складі групи (бригади);

- виконання обох проектів сприяло кращому оволодінню навчальним матеріалом з навчальної дисципліни «Основи екологічних досліджень» (перший проект) та навчальної дисципліни «Методологія та теорія екологічної безпеки» (другий проект) та, відповідно, отриманню відмінних оцінок з цих навчальних дисциплін студентами – виконавцями цих проектів.

- результати роботи над обома проектами були опубліковані в спеціалізованому науково-інформаційному і методичному журналі [6, 7] .

Крім того, студентами – виконавцями першого проекту були розроблені окремі прилади та обладнання, а також виконано деяке подальше удосконалення конструкції;

- продовжено визначення фізико-хімічних властивостей вод Одеської затоки Чорного моря та річок Дністер і Турунчук.

Студенти – виконавці другого проекту:

- ознайомилися з особливостями транскордонного переносу небезпек різної природи (розсіювання шкідливих домішок в атмосферному та водному середовищі внаслідок газових викидів, розливів та витоків шкідливих рідин, вибухів та пожеж, розсіювання та міграція радіонуклідів, наслідки техногенних та техногенно-природних аварій та катастроф тощо);

- ознайомилися з існуючою міжнародною практикою протидії транскордонному переносу небезпек та вирішення відповідних міжнародних проблем і протиріч, з діяльністю відповідних міжнародних правових інституцій, та, зокрема, Міжнародного суду ООН (на прикладі міжнародного судового процесу між Аргентиною та Уругваєм) [5] ;

- розробили типовий проект Статуту прикордонної річки (на прикладі р. Дністер).

Більш детальна інформація про результати, отримані студентами при виконанні цих проектів наведена в публікаціях [6.7].

Список літератури

1. Бьом І. І., Шнайдер Й. Складові системи продуктивного навчання. – Завуч, 2004, № 14.. – С. 13-17.
2. Востриков А. А. Система продуктивного элитного образования. – «Школа свободного развития». Теория, методология и технология /Монография/ . Изд. «Продуктивная педагогика», Томск, 2006. – 300 с.
3. Востриков А. А. Основы теории и технологии формирующего личность обучения. Практическое человекознание. /Монография, части 1, 2. / . Изд. «Продуктивная педагогика», Томск, 2006. – 271 с.
4. Осташкова Г. О., Цикало А. Л. Продуктивне навчання: його суть, можливості та перспективи. Надзвичайні ситуації і цивільний захист.. – 2014, № 1 (22). – С. 50 – 54.
5. Цыкало А. Л. К проблеме трансграничного переноса опасностей. Спор Аргентины и Уругвая. Надзвичайні ситуації і цивільний захист.. – 2014, № 1 (22). – С. 42 –46.
6. Руссу Д., Балабан І., Носенко К. Міжнародний статут р. Дністер. Надзвичайні ситуації і цивільний захист.. – 2017 - 2018, № 1 -2 (29 - 30). – С. 42 –44.
7. Зайцева Е. , Лось О., Трухачова Д., Отян А. Розробка та впровадження комплекту приладів для визначення властивостей вод. Надзвичайні ситуації і цивільний захист.. – 2017 - 2018, № 1 - 2 (29 - 30). – С. 45 –49.

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕКОЛОГІЇ ТА ЕНЕРГОАУДИТА

Чорна Н.А., канд. техн. наук, доцент
Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України, м. Харків

На сьогоднішній день енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності ставляться до числа вищих пріоритетів державної енергетичної політики. Це пов'язане з тим, що десятиріччя неефективного використання енергоресурсів створили величезний невикористаний потенціал енергозбереження, що є одним з найважливіших напрямків державної економічної політики, а також невід'ємним фактором рішення екологічних проблем. Енергозбереження передбачає впровадження сучасних технологій в енергетику, промисловість, житлово-комунальне господарство й т.п. Для реалізації програми енергозбереження та енергоефективності прийнятий ряд законодавчих актів, основною метою яких є досягнення ефективного використання природних енергетичних ресурсів і потенціалу енергетичного сектора для стійкого росту економіки та підвищення якості життя населення країни. Для цього ухвалені відповідні рішення щодо стратегії використання різних ресурсів на підставі енергетичного аудиту.

В теперешній час при розробці енергозберігаючих заходів основну увагу приділяють розвитку технологій використання нетрадиційних джерел енергії. Серед альтернативних джерел енергії при сучасному рівні знань особливо перспективним представляється водень, що має більші за потенційні можливості для забезпечення безперебійних поставок енергії і її надійності, переходу на водневу енергетику, поліпшення екології навколишнього середовища та соціальної, економічної, технологічної й державної стійкості в країні.

Використання металогідридів відкриває перспективи створення нових тепловикористовувальних пристроїв енергетичного й технологічного призначення. Такі пристрої дозволяють виконувати операції прийому водню, його тривалого безпечного зберігання, очищення, видачі споживачеві із заданим тиском і витратою й т.п. Зазначені операції можуть бути об'єднані в єдиній багатофункціональній системі.

Найважливішим фактором, який обумовлює ефективність установки, є вибір оптимальних режимів роботи основних функціональних елементів металогідридної системи. У зв'язку з цим необхідна розробка методики з визначення основних технічних характеристик металогідридних установок ще на етапі створювання та дослідження їх параметричних характеристик з метою ефективності роботи цих систем.

Досягти поставленої мети передбачається шляхом проведення досліджень ключових елементів металогідридних установок з метою створення універсальних систем, що повністю забезпечують споживачів різними видами енергії.

Основними завданнями роботи є: а) розробка науково-технічних принципів створення металогідридних систем зберігання водню на основі результатів математичного моделювання робочих процесів в установках енергетичного та технологічного призначення; б) технологічні рекомендації та технічна документація по удосконаленню конструкції елементів установок металогідридних систем з метою підвищення їх енергоефективності; в) удосконалення металогідридних елементів на основі розроблених рекомендацій для систем перетворення низькопотенційної теплоти з метою підвищення ефективності їх роботи; г) розробка пропозицій по втіленню перспективних високоефективних металогідридних систем зберігання водню на промислових підприємствах України для підвищення ефективності їх роботи та зменшення техногенного впливу на навколишнє середовище.

У результаті узагальнення інформації розроблена методика розрахунку конструктивних характеристик металогідридних елементів, яка дозволить створити зразки металогідридної техніки, що забезпечать перехід на якісно новий рівень технологій зберігання та переробки водню.

ЕКОЛОГІЧНІ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ СИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗВОРОТНИХ МЕТАЛОГІДРИДІВ

Чорна Н.А., канд. техн. наук, доцент
Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України, м. Харків

Увага до використання водню в якості альтернативного виду палива існує вже не одне десятиріччя. Це обумовлено як досягнутим за останнім часом технологічним прогресом у розглянутій області, так і привнесеними економічними обставинами, які пов'язані з високою ціною на викопні енергетичні ресурси та політичними аспектами формування ринку енергоносіїв. Не в останню чергу перспективи розвитку екологічно чистої енергетики визначаються забрудненням навколишнього середовища продуктами згоряння та прогнозованих змін клімату в результаті парникового ефекту.

Результати розробок останніх років та загострення екологічних проблем визначають як основні напрямки розвитку нового ринку водневих технологій і водню як екологічно чистого енергоносія в найближчій перспективі, так і загальні для всіх країн напрямки науково-дослідних робіт у даній області. Це, насамперед, технології виробництва, транспортування, зберігання й розподілу рідкого та стислого водню, водневі автомобілі, водневі системи енергозабезпечення на основі паливних елементів і потужні водневі енергоустановки паротурбінного циклу, металогідридні технології акумулювання й очищення водню, елементи водневої інфраструктури.

В промислово розвинутих країнах існує ряд провідних наукових організацій та технічних центрів, які займаються питаннями інтеграції водневих екотехнологій трансформації енергії в промисловості. Серед них можна виділити такі, як: CHEC (Canadian Hydrogen Energy Company); Solar Hydrogen Energy Corporation; H_2E Center (The Pennsylvania State University); Sandia National Laboratories (California); Clean Energy Research Institute, University of Miami; Department of Chemical Engineering, Tsinghua University, Republic of China; Technical University Berlin, Federal Republic of Germany та ін.

Проведений аналіз існуючих досліджень та публікацій дозволив встановити, що на сьогодні дана проблема знаходиться на стадії розробки. В рамках крупних міжнародних і національних проектів створюються основні елементи інтегрованих систем енергозабезпечення на базі водневих технологій і поновлюваних енергоресурсів. Але незважаючи на це, залишається ще невирішеним широке коло питань, пов’язаних з розробкою та експлуатацією водневого енерготехнологічного обладнання. Тому дослідження, що спрямовані на подальше удосконалення водневих технологій, є на сьогоднішній час досить актуальними.

Металогідридна технологія переробки водню є одним з напрямів водневої енергетики, що активно розвивається. Металогідридні установки являють собою поки що нетрадиційні системи, котрим властивий ряд особливостей, що потребують вирішення задач як конструкційного, так і технологічного характеру на всіх етапах від розробки до пусконалагоджувальних робіт. Металогідридні пристрої призначені для роботи в складі різних енерготехнологічних систем (лабораторне й технологічне устаткування, системи газозабезпечення, стаціонарні й транспортні енергоустановки). Всі вони характеризуються сполученням декількох функцій переробки водню. Пристрої мають широкий діапазон кількостей збереженого водню й робочих тисків. Стабільність видачі водню визначається точністю регулювання робочого тиску в металогідридном пристрої, ефективне керування яким реалізується шляхом використання температури в якості керуючого фактору. Враховуючи це, відкриваються перспективи створення високоефективних металогідридних систем зберігання водню, які мають ряд значних переваг в порівнянні з традиційними засобами його зберігання. Використання технічних пропозицій по втіленню таких систем дозволить створити реальні передумови для зменшення обсягів використання органічного палива і, як наслідок, знизити рівень негативного техногенного впливу на навколишнє

середовище.

При проектуванні металогідридних пристроїв особлива роль приділяється методам математичного моделювання, які дозволяють знизити матеріальні та тимчасові витрати в порівнянні з різноманітними експериментальними дослідженнями. На основі результатів чисельних експериментів можна краще зрозуміти суть фізичних процесів, що протікають у пристроях, оптимізувати конструкції та вибрати найкращі режимні параметри. Внаслідок складності фізико-хімічних процесів в металогідридих системах, математичні моделі, що описують теплофізичні та гідравлічні властивості середовища, що акумулює, кінетику реакцій сорбції-десорбції водню, теплообмін між газовою й твердою фазами, поки ще недостатньо вивчені. Саме тому вивчення процесів тепломасообміну в розглянутих середовищах і створення надійних математичних моделей для їхнього опису здобувають першорядне значення при розробці ефективних металогідридних систем.

Задача практичного конструювання металогідридних систем не може бути вирішена без математичного моделювання процесів тепломасообміну, які протікають у шарі металогідрида, що дозволяє розрахувати основні характеристики створюваного пристрою. Це потребує розробки ефективного обчислювального алгоритму та створення на його основі програм для моделювання роботи елементів водневих систем, дослідження їх параметричних характеристик, що дозволить із незначними витратами й досить оперативно вирішувати питання розробки та вибору ефективних режимів роботи систем такого типу.

В ІПМаш НАН України розроблена математична модель термосорбційної взаємодії водню з металогідридом, що описувана рівняннями переносу тепла й переносу маси при в'язкісному режимі фільтрації водню крізь дисперсний шар металогідрида [1-5].

Розроблено алгоритм розрахунку термохімічних процесів в металогідридних елементах, що враховує реальні теплофізичні і термохімічні параметри робочого тіла, термодинамічну ефективність перетворення енергії, а також конструктивні особливості цих елементів при роботі їх в режимах з високою динамікою.

Запропоновано удосконалену методику розрахунку, що описує нестаціонарний процес термосорбційної взаємодії металогідрида з воднем, яка дозволяє здійснити вибір гідридоутворюючого матеріалу з необхідними характеристиками; визначити геометрію та структуру шару, а також розташування теплообмінних поверхонь; дати оцінку ефективности методів інтенсифікації термосорбційного процесу та обрати найбільш доцільний метод в залежності від цільового призначення; оптимізувати параметри конструкції відповідно до заданих характеристик, які визначають загальну вагу системи, робочі тиски, необхідні витратні параметри, діапазон температури й ін.

Література.

1. Мацевитый Ю.М. Повышение эффективности металлогидридных элементов теплоиспользующих установок / Ю.М. Мацевитый, В.В. Соловей, Н.А. Черная / Пробл. машиностроения. – 2006. – Т. 9, № 2. – С. 85–93.

2. Соловей В.В. Энергосберегающие технологии генерации и энерготехнологической переработки водорода / В.В. Соловей, А.И. Ивановский, Н.А. Черная // Компрессор. и энерг. машиностроение. – 2010. – № 2(20). – С. 21–24.

3. Соловей В.В. Моделирование тепломассообменных процессов в металлогидридных теплоиспользующих установках / В.В.Соловей, А.В. Кошельник, Н.А. Черная // Промышленная теплотехника. – Т. 34, № 2. – 2012. – С. 48–53.

4. Чорна Н.А. Удосконалення математичної моделі тепломасообмінних процесів у водневих металогідридних системах / Н.А. Чорна // Проблемы машиностроения. – 2013. – Т. 16, №3.– С. 68–72.

5. Чорна Н.А. Удосконалення моделі тепломасообмінних процесів у водневих металгідридних системах / Н.А. Чорна, М.М. Зіпунніков / Экология и промышленность. – 2015.– № 4.– С. 77-80.

УДК 628.1(1-21):628.2(477.74)

ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ МІСТА БОЛГРАД

Арабаджи Я.А., студентка ф-ту НГтаЕ, Шевченко Р.І., к.т.н, доцент
Одеська національна академія харчових технологій

Система водопостачання міста — це складний багатофункціональний процес, що працює безупинно 365 днів у році. Основними елементами системи є споруди, що здійснюють забір і очищення води, а потім доставку ресурсу до споживача.

У м. Болград працюють 3 водопровідні насосні станції (ВНС).

ВНС (І) призначена для подачі води від водозабірної споруди до площі водопровідної очисної споруди. Вода з озера Ялпуг через водозабірну дамбу надходить у два відстійники й направляється у ВНС (ІІ).

На (І) насосній станції працюють 4 насоса по 160кВт потужністю 280 м^3/год. Працюють на І підйомі 4 машиніста.

Водозабірні споруди - призначені для забору води з поверхневого водного джерела; розташовані, як правило, у прибережній зоні озера. У місці забору води є зона санітарної охорони водного джерела.

ВНС (ІІ) – очисна. Вода заходить у відстійник проходить через фільтра (8шт.+3шт.у літній період) і хлораторну . Далі очищена вода подається в місто.

На станції працюють 6 насосів по 22 кВт потужністю 280 м^3/год.

ВНС (ІІІ) підйому – проміжна. Є резервний резервуар на 1000 куб.води. Працюють 2 насоса по 22 кВт потужністю 280 м^3/год.

Каналізація – це комплекс інженерних споруд і санітарних заходів, що забезпечують збір і видалення за межі населених пунктів і промислових підприємств забруднених стічних вод, їх очищення, знешкодження й знезаражування.

Основні забруднення стічних вод

- фізіологічні виділення людини;

- відходи та викиди, одержані при митті продуктів харчування, посуду, приміщень, пранню білизни, а, що так само утворюються в технологічних процесах на промислових підприємствах.

Побутові й багато виробничих вод містять значну кількість органічних речовин, які можуть загнивати, що дуже небезпечно для людей, тварин і риб.

Водовідвідна система складається з наступних основних елементів:

1. внутрішніх водовідвідних систем у будинках і внутрішньоквартальних водовідвідних мереж;

2. зовнішньої водовідвідної мережі;

3. регулюючих резервуарів;

4. насосних станцій і напірних трубопроводів.

Експлуатацією внутрішньоквартальних водовідвідних мереж, зовнішньої водовідвідної мережі резервуарів, що регулюють, насосних станцій і напірних трубопроводів займається цех водовідведения.

Існує спеціальна аварійна бригада в кількості 4 людей для промивання й продувки каналізаційних мереж.

Каналізаційна насосна станція (КНС) (І) типу - призначена для перекачування господарсько-фекальних і близьких до них по складу виробничих стічних вод.

КНС (І) шахтного типу, сполучена із прийомним резервуаром і трансформаторною підстанцією (є одна робоча підстанція й одна резервна). У підземній частині насосної станції розміщені: прийомний резервуар із гратами (грабельна) і машинний зал. Підземна частина станції виконана із залізобетону.

У наземній частині розміщаються: трансформаторна підстанція, генератор, щит керування, вентиляційна камера, елеваторний вузол і побутові приміщення.

Глибина закладення колектора близько 12 м від поверхні землі. Діаметр колектора 1500 мм.

На КНС (I) типу працюють 2 насоса по 160 кВт, потужністю – 280 м^3/год.

Стоять 4 відстійних колодязя за межами міста, качає близько 200 м^3/добу стічної води.

Режим роботи станції повторно-короткочасний, тому що включення й вимикання насосів відбувається залежно від рівня води в резервуарі.

Самопливна водовідвідна (каналізаційна) мережа населеного пункту (міста). Призначена для збору стічних вод від усіх абонентів і транспортування її убік очисних споруд каналізації (ОСК) міста. Мережа працює в самопливному безнапірному режимі за рахунок того, що трубопроводи покладені з ухилом. Мережа складається з вуличних трубопроводів і колекторів.

КНС (II) типу – проміжна між КНС (I) і картами для рідких нечистот. На КНС (II) працюють 2 насоса по 160 кВт, потужністю – 280 м^3/год. Ці 2 каналізаційні насосні станції обслуговують близько 1500 абонентів.

КНС (III) типу – обслуговує 30% міста (близько 1925 абонентів). працюють 2 насоса по 160 кВт, потужністю – 280 м^3/ч. Вони качають стічні води в карти для рідких нечистот (поля фільтрації).

На міському сміттєвому звалищі розташовано 12 карт для рідких нечистот.

Висновок: найбільший вплив на НС з тенденцією до збільшення відноситься до процесу утилізації СВ. Це пов’язано з недостатнім очищенням стічних вод на полях фільтрації, побудованих як очисні системи Болградського винзаводу в 1966 році з проектною потужністю 200 м^3/добу та подальшим розширенням до 400 м^3/добу. Навіть не зважаючи на їх вік, сьогодні очисні системи працюють з перевантаженням.

Скидання стоку на поля фільтрації проводиться без будь-якої попередньої очистки, що завдає колосальної шкоди навколишньому середовищу за рахунок інфільтрації стоків в грунтові води.

Істотним недоліком застарілої технології є недостатня ступінь зневоднення осаду і, як наслідок, велика площа, яку займають поля фільтрації при дуже низькій якості очищення стічних вод.

УДК 628.3:664.95.013

ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ТОВ «МАРІКО»

Мішкой Ю. Є., студентка ф-ту НГтаЕ, Шевченко Р.І., к.т.н., доцент
Одеська національна академія харчових технологій

Сьогоднішня ситуація зі станом природного середовища, особливо в промислово розвинених регіонах, змушує розробляти і вводити в дію все більш жорсткі нормативи на скидання забруднень в навколишнє середовище. Серйозний вплив на забруднення природного середовища стічними водами надають підприємства харчової промисловості, основними компонентами яких є: жири, білки, вуглеводи, жироподібні речовини, органічні кислоти, вітаміни, ферменти, пігменти, продукти розпаду білкових речовин. За вмістом органічних забруднень виробничі стічні води підприємств харчової промисловості відносяться до категорії висококонцентрованих, що не дозволяє скидати їх в міську каналізаційну мережу. Все це призводить до необхідності створення на території підприємств локальних очисних споруд для попереднього очищення стічних вод.

До методів локальної очистки стічних вод належать:

- фізичні (відстоювання, випарювання, флотація);
- хімічні (обробка активним хлором;
- окислення пероксидом водню;
- озонування;
- фотохімічна обробка;
- фізико-хімічні (сорбційний, мембранний, іонообмінний, обробка коагулянтами і флокулянтами);
- електрохімічні;
- електрофізичні.

Стічні води рибопереробного підприємства характеризуються високим вмістом білкових речовин і жирів в колоїдному і емульгованому стані, осадження яких відбувається вкрай повільно. Для видалення такого роду домішок доцільно використовувати метод напірної флотації .

Напірний флотатор очищує стічні води від забруднень маслами і неогранічних домішок. Це малогабаритний пристрій, який встановлюється в наявну систему очищення або як самостійна одиниця. Основною перевагою напірних флотаторів є поєднання камери флотації і сепарації в одну із застосуванням ефекту тонкошарового поділу фаз. Вихідний стік надходить в камеру флотації, де відбувається різке зниження тиску. При цьому розчинене повітря виділяється дрібними бульбашками, які забирають забруднення, наявні в стоці, утворюючи на дзеркалі (поверхні) флотатора пінний шар. З камери флотації стік переходить в камеру сепарації з розташованими в ній тонкошаровими елементами. У камері сепарації відбувається остаточне виділення розчиненого повітря. Поєднання флотації і сепарації із застосуванням тонкошарових модулів для поділу фаз дозволило досягти більш високого ступеня очищення при значному зниженні габаритів флотатора. Флотатор (флотаційна установка) оснащується всією необхідною арматурою, кишенею очищеної води з можливістю установки насоса і відкачування води на наступні споруди та тонкошаровими модулями. У напірному флотаторі є безліч робочих елементів: насосні агрегати, компресори, сатуратор, камера флотації і пристрої, що збирають і видаляють з нього утворилася в ході очищення піну.

Для очищення стічних вод від зважених і колоїдних забруднень також застосовують метод коагуляції з наступним відстоюванням. Під коагуляцією розуміють процес укрупнення колоїдних і зважених часток, що знаходяться у воді. Процес відбувається в результаті їх взаємодії з подальшим об'єднанням в агрегати. При коагуляції застосовують традиційні неорганічні речовини (солі двох тривалентного заліза, алюмінію). Для інтенсифікації процесу широко застосовують флокулянти, додавання яких до мінеральних коагулянтів зменшує витрату останніх і підвищує щільність і міцність утворених агрегатів.

Отже, саме метод напірної флотації є найбільш оптимальним у очищенні стічних вод підприємства.

УДК 504.75.06

ПРИМЕНЕНИЕ АГРЕГАТОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ КОМПОНЕНТОВ РАКЕТНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ

О.И. Шинкоренко, Е.А. Чуб, В.В. Сербин
Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное», г. Днепр, Украина

Загрязнение окружающей среды представляет собой глобальную проблему современности. Создано множество международных организаций, направленных на борьбу с ухудшением экологического состояния. Ученые неоднократно поднимают вопрос о неминуемости экологической катастрофы в самое ближайшее время.

На данный момент о загрязнении окружающей среды известно многое – написано большое количество книг и проведены многочисленные исследования. Но в решении проблемы человечество продвинулось совсем незначительно.

Загрязнение природы по-прежнему остается важным и актуальным вопросом, откладывание которого может обернуться трагично.

Одним из основных источников загрязнения являются промышленные отходы. Только небольшая их часть перерабатывается и утилизируется. Остальные же, как правило, подлежат хранению или захоронению. Такой способ обращения с отходами, которые в большинстве случаев являются токсичными, подвергает серьезной техногенной нагрузке природную среду и биосферу.

Проблемы, связанные с хранением опасных промышленных отходов актуальны и для территории Украины.

Отходами промышленности являются остатки материалов, сырья, полуфабрикатов, образовавшихся в процессе изготовления продукции и утратившие полностью или частично свои полезные физические свойства. Большинство промышленных отходов являются токсичными, могут нарушить экосистему в катастрофических масштабах. Последствия такого воздействия необратимы.

Промышленные отходы, находящиеся в жидком агрегатном состоянии, обычно являются трудноутилизируемыми. Большинство из них обладают высокой термостойкостью. Эффективное разложение этих веществ происходит только при температурах 800 – 1250°С. Кроме того, жидкие опасные отходы, по сравнению с твердыми, технологически значительно сложнее хранить и транспортировать.

ГП «КБ «Южное» в рамках работ по созданию ракетных космических комплексов коммерческого и стратегического назначения создало агрегат термической нейтрализации остаточных продуктов, образующихся при работах с высококипящими компонентами ракетного топлива, с целью исключения их воздействия на окружающую среду и обслуживающий персонал. Агрегат предназначен для утилизации тетраоксида диазота (АТ) и несимметричного диметилгидразина (НДМГ) в жидком состоянии в виде водных растворов и в газообразной фазе в виде дренажных газов. Данные компоненты ракетного топлива являются токсичными и относятся к первому классу опасности.

Принцип действия агрегатов нейтрализации основан на процессе доокисления опасных веществ (для горючего) в воздушной среде или восстановления (для окислителя) в топливовоздушной среде в камере термической нейтрализации с установленным температурным режимом. Такой процесс позволяет полностью уничтожать токсичные и опасные вещества.

К основным достоинствам агрегата нейтрализации относятся:

– Мобильность – исключается необходимость в доставке опасных веществ на нейтрализацию, возможность использования агрегата непосредственно в зоне хранения отходов и опасных веществ.

– Дистанционное управление – позволяет избежать пребывания персонала в зоне проведения работ.

– Широкий спектр применения агрегата – настройки системы управления позволяют поддерживать температуру в камере сгорания в пределах 300-1200°С, что позволяет использовать агрегат для утилизации большой номенклатуры опасных и вредных веществ, используя самые экономные режимы работы.

– Экологическая безопасность – выбросы агрегатов нейтрализации на срезе выхлопной трубы соответствуют нормам ПДК и проходят мониторинг в режиме реального времени при работе агрегата.

В докладе приведены предложения ГП «КБ «Южное» по применению агрегатов нейтрализации компонентов ракетного топлива для утилизации жидких и газообразных промышленных отходов. К таким отходам относятся стоки гальванических, травильных и других производств, где применяются кислоты и щелочи, остатки химических и нефтеперерабатывающих производств, пестициды, просроченные медицинские препараты и т.д. Также приведено описание конструкции агрегата, принцип работы и технико-экономические показатели эффективности работы.

СЕКЦІЯ 2:

ТЕПЛОФІЗИКА, ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА, НАНОМАТЕРІАЛИ ТА НАНОТЕХНОЛОГІЇ

УДК 658.264

ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ ЗАСТОСУВАННЯ ЧЕРГОВОГО РЕЖИМУ ОПАЛЕННЯ ДЛЯ БУДИНКІВ ГРОМАДСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Баласанян Г.А., д.т.н., проф, Кухарчук Н.В., студ. Поліщук О.Ю., студ
Одеський національний політехнічний університет

Зменшенню споживання паливно-енергетичних ресурсів в останній час приділяється багато уваги. При цьому великий потенціал енергозбереження лежить в комунальному секторі. Варто відмітити, що основними заходами енергозбереження в цьому секторі є термомодернізації та реконструкція системи теплопостачання (встановлення лічильників теплоти та погодо залежних регуляторів). Однак майже не задіяними є заходи узгодження режимів теплоспоживання з режимами експлуатації будівлі. При цьому широке коло будівель громадського призначення має явно визначений двоперіодний режим експлуатації будівель: робочий та черговий. Вказане дозволяє впроваджувати у вказані будівлі систему переривчастого теплопостачання.

Впровадженню переривчастого режиму роботи системи теплопостачання, приділяється велика увага [1], але існуючі рекомендації щодо особливостей використання переривчастого режиму теплопостачання не враховують рівень термомодернізації [2] і експлуатаційні параметри об'єктів теплозабезпечення. Крім того, існуючі результати досліджень не підтверджені експериментальним шляхом [3].

При використані переривчастого теплопостачання важливий енергозберігаючий ефект вносять зазвичай черговий режим роботи (тривалість підтримання мінімально допустимій температурі в приміщеннях в неробочий період) та режим надтопу (тривалість форсованого режиму виходу на робочий режим).

Для визначення потенціалу енергозбереження системи теплопостачання при використанні чергового режиму було складено модель, що визначає динамічні властивості будівель. Модель теплового режиму будівлі, складена на основі теплового балансу з використанням квазістаціонарних наближень.

$$T_B \frac{dt_B}{d\tau} + t_B = kW_0 + T_{OC} \frac{dt_{OC}}{d\tau} + t_{OC}, \qquad (1)$$

де T_{oc} – постійна часу диференціювання для температури зовнішнього повітря, прийнято $T_в = T_{oc}$, $k=1/q_oV$ – коефіцієнт передачі по каналу «потужність системи опалення – температура внутрішнього повітря». З рівняння (1), коефіцієнт передачі по каналу «температура зовнішнього повітря – температура внутрішнього повітря» дорівнює 1.

При цьому можна вважати, що модель динаміки нагріву приміщень являє собою паралельне з'єднання двох інерційних ланок 1-го порядку W_1 і W_2 – *малоінерційна і високоінерційна*, відповідно (рис. 1).

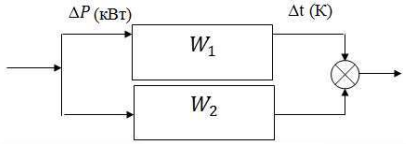


Рис. 1 – Структура математичної моделі динаміки зміни температури повітря в приміщенні

Передавальні функції ланок моделі відповідно мають вигляд:

$$W_1(s)=\frac{k_1}{1+T_1\cdot s}\ ;\quad W_2(s)=\frac{k_2}{1+T_2\cdot s} \qquad (2)$$

де k_1, k_2 – відповідно коефіцієнти передачі об'єкта по каналу «потужність нагріву – зміна температури повітря» для мало- і високоінерційних ланок, К/кВт; T_1, T_2 – відповідно постійні часу мало- і високоінерційних ланок, відповідно год.

Для двох типів будівель з великою акумуляційною здатністю (ВАЗ) T_2=200 год, та малою акумуляційною здатністю (МАЗ) T_2=30 год було проведене моделювання зміни температури в приміщенні при роботі системи опалення в переривчастому режимі. За результатами моделювання отримано розподіл температур в переривчастому режимі опалення впродовж доби при різних температурах зовнішнього повітря для умов експлуатації навчального корпусу (рис. 2).

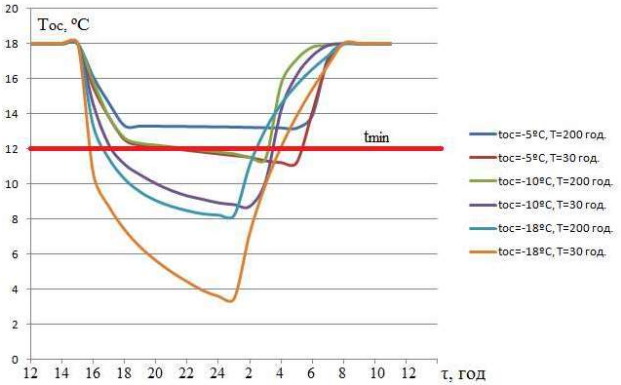


Рис.2 Узагальнюючі графіки зміни температури в приміщенні протягом доби в переривчастому режимі опалення для умов навчального корпусу

Аналіз результатів числового моделювання показує необхідність застосування чергового режиму опалення для будівель ВАЗ типу при температурах зовнішнього повітря нижче «-10 °С» для різних режимів експлуатації. Для будівель МАЗ типу необхідність застосовувати черговий режим наступає при температурах зовнішнього повітря нижче «-5 С». При цьому слід відмітити, що чим триваліше робочий режим тем менша тривалість чергового режиму. Вказане призводить до необхідності застосовувати додатково акумулятори теплоти, що дозволять провести форсований режим надтопу без збільшення потужності джерела теплоти.

Література

1. Панферов В.И. Анализ возможности экономии тепловой энергии при прерывистом режиме отопления [Текст] / В.И.Панферов, Е.Ю. Анисимова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитек-тура». – 2008. – Вып 6. – №12. – С. 30–37.

2. А.С. Куценко. Анализ энергоэффективности переривистого режима отопления здания [Текст] / А.С. Куценко., С.В. Коваленко, В.И. Товажнянский // ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 4 Т.1 2014 – С. 247–253.

3. Баласанян Г.А. Моделирование режима прерывистого отопления комбинированной системы теплоснабжения с тепловым насосом [Текст] / Г.А. Баласанян, М.Б. Миняйло, А.А. Климчук // Сборник научных трудов «Вестник Национального технического университета «ХПИ». Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. Харків.– Вип. 17.– 2015.– С.97–102.

УДК 621.56

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ДЖЕРЕЛ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ДЛЯ АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ ПРИЛАДІВ

Березовська Л.В., Гратій Т.І.
Коледж нафтогазових технологій, інженерії та інфраструктури сервісу
Одеської національної академії харчових технологій

Сучасна епоха – це епоха бурхливого розвитку науки і техніки, неконтрольованого зростання населення Землі, поступової деградації природного середовища під впливом негативних антропогенних чинників. В сучасних умовах швидкість науково - технічного прогресу на кілька порядків перевищує адаптаційні можливості існуючих живих організмів. Тому надзвичайно загострились багато проблем, а серед них одна з головних – проблема взаємозв'язку суспільства і природи, людини і навколишнього середовища. Все це призводить до порушення екологічної рівноваги, що складалася протягом тривалого часу і спричинює появу екологічної кризи, небезпечної для людей і довкілля.

Найбільший антропогенний вплив на навколишнє середовище в сучасну епоху чинить транспорт, промисловість, енергетика, сільське господарство. Саме тому різке загострення взаємозв'язаних енергетичних і екологічних проблем викликали значний інтерес до можливостей відкритих абсорбційних систем з альтернативними джерелами енергії, які й є альтернативою традиційній парокомпресійній техніці, так як їх робоче тіло складається із природних компонентів, що мають нульові значення озоноруйнівного потенціалу та потенціалу «парникового» ефекту в атмосфері Землі. Тому застосування абсорбційних холодильних приладів може розглядатися як один з варіантів переведення на екологічно безпечні холодоагенти. Ці системи працездатні при малих перепадах температур і використовують як гріюче джерело низько потенційне тепло, природній газ або сонячну енергію, наприклад, геліосистеми з плоскими сонячними колекторами.

Абсорбційні холодильні прилади мають ряд таких позитивних якостей, як безшумність, надійність і тривалий ресурс роботи, відсутність вібрації, магнітних і електричних полів при експлуатації, можливість використання в одному агрегаті декількох джерел енергії – як електричних, так і теплових.

Абсорбційні холодильні прилади практично не чутливі до зміни параметрів струму в мережі в діапазоні напруги 160...240 В. До достоїнств абсорбційних холодильних приладів слід віднести й меншу, в порівнянні з компресійними аналогами, вартість, що в багатьох випадках має вирішальне значення. Абсорбційні холодильні прилади ефективні при використанні в якості міні-холодильників, мінібарів, у вбудованих і у транспортних моделях холодильників, коли холодопродуктивність не перевищує 20 Вт і недоцільно використовувати компресійні холодильні машини.

Відкритий абсорбційний цикл може стати основою нового покоління холодильних і кондиціонуючих систем, які цілком або частково використовують поновлювані джерела енергії. Для практичної реалізації цих систем особливу увагу слід приділити створенню компактних тепломасообмінних апаратів, підбиранню і аналізу робочих речовин, розробці пристроїв для регенерації абсорбентів, підвищенню їх енергетичної ефективності з мінімальним впливом на стан навколишнього середовища, тим більше, що в Україні знаходиться один з великих виробників таких апаратів – Васильківський завод холодильників (ВЗХ), який, володіючи висококваліфікованими фахівцями, може зайняти провідне місце серед виробників побутової холодильної техніки не тільки в Україні, але й в інших країнах.

УДК 629.7.06-533.6

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ УЗЛОВ СТЫКОВКИ СИСТЕМ ТЕРМОСТАТИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ РАКЕТ

Бигун С.А.
Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное»,Ул. Криворожская, 3, г. Днепр, 49008, Украина,
телефон: +38 (0562) 38-47-90, факс: +38 (056) 770-01-25
E-mail: sbigun58@gmail.com

Узлы стыковки (подключения) для космических ракет-носителей представляют собой один из наиболее ответственных элементов наземного технологического оборудования системы термостатирования. Являясь конечным звеном по пути следования термостатирующего продукционнного воздуха от сложной наземной стартовой системы, они отвечают за соединение (разъединение) этой системы с бортом космической ракеты.

В мировой ракетно-космической технике эксплуатируется множество разновидностей космических ракетных комплексов. Автором доклада была сделана попытка рассмотрения, изучения и анализа доступного опыта зарубежных компаний и патентов в области узлов стыковки систем термостатирования. При этом информация о них в публикациях ограничена.

Цель настоящей работы состоит в том, чтобы восполнить этот пробел и описать данное техническое направление, а также рассмотреть и проанализировать ряд технических решений, заложенных в узлы стыковки космических ракетных комплексов, находящихся в эксплуатации в различных странах мира.

Прежде всего, стоит отметить, что узлы стыковки под разными наименованиями в том или ином конструктивном исполнении присутствуют во всех без исключения космических ракетных комплексах. Как правило, создателями и обладателями подобного рода комплексов становятся передовые в научно-технологическом отношении государства. Это США, Советский Союз и его правопреемница Россия, Франция, Китай, Япония, Индия и ряд других стран.

В докладе приводится анализ технических решений узлов стыковки в составе систем термостатирования известных космических ракетных комплексов. Одновременно проанализирована информация по доступным патентам Франции, России и других стран, которые развивают ракетно-космическую технику.

Отмечена важность узлов стыковки для обеспечения работоспособности систем термостатирования, космической ракеты и космического ракетного комплекса в целом.

Изложены разновидности технических решений узлов стыковки систем термостатирования с указанием преимуществ и недостатков.

Сделаны выводы и сформулированы основные технические требования, которые предъявляются к узлам стыковки систем термостатированиясо стороны ракет космического назначения и наземного комплекса.

Наиболее важные из них, по мнению автора, следующие:

1) герметичность и надежность обеспечения герметичности, включая надежность соединения;
2) многократное присоединение и отсоединение, при необходимости;
3) автоматическое отсоединение от ракеты космического назначения при минимальных усилиях;
4) минимальное силовое воздействие на борт ракеты в процессе подачи термостатирующего воздуха и при отсоединении от борта;
5) компенсация технологических, монтажных и просадочных смещений и погрешностей, с сохранением при этом, связей между ракетой и наземной системой термостатирования;

6) обеспечение геометрии соединений с учетом внешних силовых и прочих воздействий и заданного расхода воздуха;
7) исключение возможных загрязнений;
8) сохранение целостности и живучести в процессе воздействия эксплуатационных факторов при соблюдении длительных гарантийных обязательств;
9) обладание низкой теплопроводностью и устойчивостью к биологическим вредителям, хлоридам, солнечной радиации и другим воздействующим факторам;
10) наличие невысокой стоимости по сравнению с зарубежными аналогами с целью обеспечения конкурентоспособности на рынке пусковых услуг.

На основании проведенных исследований приходим к общему выводу о том, что создание оптимальных и высокоэффективных узлов стыковки может быть возможным после выполнения указанных требований.

УДК 621.65.05

ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ ВЫСОКОВЯЗКИХ НЕФТЕЙ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЦИСТЕРНАХ

Бошкова И.Л., д.т.н., проф., Иванов В. В., магистр
Одесская национальная академия пищевых технологий

В настоящее время добываются значительные объемы нефтей, обладающих высокой вязкостью при обычных температурах или содержащие большое количество парафина и, вследствие этого, застывающие при высоких температурах. Транспортировка таких нефтепродуктов при низкой температуре становится очень затруднительной, поэтому их перевозят в специальных железнодорожных цистернах. Чтобы облегчить транспортировку, приём и хранение в условиях низких температур, осуществляют подогрев нефтепродуктов непосредственно в резервуарах и цистернах. Вязкая нефть не может быстро передвигаться по трубам, что сокращает объем перекачиваемой нефти. Когда она течет слишком медленно, ее разбавляют бензином или другими растворами, а иногда нагревают. Но эти методы далеко не дешевы, а иногда и трудновыполнимы.

Сливно-наливные устройства для железнодорожных цистерн, а также их возможные схемы представляют авторы А.А. Коршак и А.М. Шаммазов в книге «Основы нефтегазового дела». Они рассматривают различные виды налива: открытой струёй, закрытой струей, герметичный. И разновидности слива: открытый, закрытый, принудительный. Более предпочтительным является нижний слив нефтепродуктов. Верхний слив применяют реже и в тех случаях, когда нижний сливной прибор цистерн неисправен. Устройства для железнодорожного слива и налива на нефтебазах рассчитывают на маршрутный, групповой и одиночный слив и налив вагонов-цистерн Количество устройств для слива и налива принимают исходя из суточного объема поступления и отгрузки нефтепродуктов по железной дороге. Если количество поступающих цистерн составляет более трех, то применяют одиночные устройства для слива и налива. При большем числе цистерн применяют односторонние или двусторонние эстакады [1]. Основные вопросы по хранению нефти и нефтепродуктов излагает автор Оленев Н.М. в книге «Хранение нефти и нефтепродуктов». Он приводит описания сооружений, устройств и оборудования хранилищ для нефти и нефтепродуктов, об их строительстве, монтаже и эксплуатации; рассматривает вопросы слива и перекачки маловязких и вязких нефтепродуктов; приводит расчетные зависимости по сливоналивным операциям, хранилищам и другому оборудованию нефтебаз. С понижением температуры вязкость многих нефтепродуктов настолько повышается, что перекачка их в ряде случаев становится невозможной, а нефтепродукты с большим содержанием парафина даже затвердевают в результате кристаллизации парафина. Восстановление их текучести достигается подогревом. Для подогрева нефти и нефтепродуктов применяются различные теплоносители: водяной пар, горячая вода, горячие нефтепродукты, горячие газы, высокотемпературные органические теплоносителя (ВОТ), а также электроэнергия [2].

В диссертации кандидата технических наук Комаровой Т.А. «Повышение эффективности слива вязких нефтепродуктов из железнодорожных цистерн» анализируются особенности перевозок загустевающих наливных грузов железнодорожным транспортом, влияния естественной конвекции на скорость остывания жидкости в цистерне, состояние парка железнодорожных цистерн, устройства и способы разогрева вязких жидкостей в железнодорожных цистернах. Рассматриваются способы разогрева жидкости через стенки котла цистерны. Рассчитываются скорости остывания загустевающих вязких жидкостей в железнодорожной цистерне при подавлении естественной конвекции. Перевозка загустевающих вязких жидкостей (ЗВЖ), в частности таких нефтепродуктов, как мазуты, масла, и др. в железнодорожных

цистернах в холодное время года встречает большие трудности. С понижением температуры ЗВЖ приобретают большую вязкость, их слив без предварительного разогрева становится невозможным, а масса затвердевших остатков может достигать нескольких тонн. Перевозка загустевающих вязких жидкостей (ЗВЖ), в частности таких нефтепродуктов, как мазуты, масла, и др. в железнодорожных цистернах в холодное время года встречает большие трудности. С понижением температуры ЗВЖ приобретают большую вязкость, их слив без предварительного разогрева становится невозможным, а масса затвердевших остатков может достигать нескольких тонн. Актуальность проблемы перевозок загустевающих вязких нефтепродуктов (мазутов, парафинистых нефтей, крекинг-остатков и др.). Целью работы является исследование проблем повышения эффективности перевозок ЗВЖ и выработка рекомендаций по техническим решениям выполнения этой задачи, которая подразумевает сокращение времени оборота цистерн за счет снижения их простоя под сливом, снижение энергозатрат на разогрев ЗВЖ перед и во время слива и обеспечение полного слива на площадках с ограниченными энергоресурсами [3].

Для перевозки загустевающих вязких жидкостей (ЗВЖ) по железной дороге используют цистерны с объемом котла 50 и 60 м3 без тепловой изоляции стенок, так как разогрев продукта на пунктах слива экономически более оправдан, чем массовое изготовление и эксплуатация вагонов-термосов. Разогрев ЗВЖ представляет собой длительную, трудоемкую, энергоемкую и дорогостоящую операцию, во многом определяющую низкий оборот цистерн. Продолжительность слива в холодное время года часто превышает установленные нормы МПС (8... 10 часов), а на площадках с ограниченными энергоресурсами полный слив часто не обеспечивается, причем масса затвердевших остатков достигает нескольких тонн.

Информационные источники

1. Коршак, А.А. Основы нефтегазового дела / А.А. Коршак, А.М. Шаммазов. – Уфа : ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2001 – 544 с.

2. Оленев, Н.М. Хранение нефти и нефтепродуктов / Н.М. Оленев – Л., Издательство «НЕДРА», 1964. – 429 с.

3. Перевозка битума и других вязких нефтесодержащих веществ на железнодорожном транспорте // Научно-производственное предприятие «Газэнергохим» : [Электронный ресурс] / сост. : Научно-производственное предприятие «Газэнергохим» ; Электрон. дан. – М., [2004-2016]. URL: http://sam-sebepsycholog.ru/articles/funkcii-psihiki (дата обращения 01.12.2016).

УДК 622.692.4

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ТРАНСПОРТИРОВКИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЖИДКОСТЕЙ ПО ТРУБОПРОВОДАМ

Бошкова И.Л., д.т.н., проф., Павлив Л.В., магистр
Одесская национальная академия пищевых технологий

Работа посвящена разработке новой технологии регулирования режимов транспортировки жидких углеводородов по магистральным трубопроводам путем использования на насосных станциях перекачивающих агрегатов с частотно-регулируемым электроприводом (ЧРП). Для осуществления этой задачи - от обоснования целесообразности применения частного регулирования на магистральных трубопроводах, до его технической реализации, необходим цикл расчетов (включая гидравлические и технико-экономические) и инженерных решений. В [1] сформулирована постановка оптимизационной задачи и определены: целевая функция и балансовые ограничения. Разработанная методика позволяет выбрать оптимальный режим работы для трубопроводных систем разных диаметров с заданной производительностью, путем определения количества работающих насосных агрегатов на каждой станции и частот вращения их роторов. В процессе исследований были получены зависимости к.п.д. насосных агрегатов от частоты вращения их роторов, потребляемой и удельной мощности от производительности электродвигателей, преобразователей частоты. В работе рассмотрен спектр вопросов, касающихся оптимизации режимов транспортировки жидких углеводородов по трубопроводам заданной производительности с минимизацией затрат на электроэнергию.

Установлено [2], что применение ЧРП в качестве САР увеличивает надежность и устойчивость работы НПС и нефтепроводов в целом. Применение ЧРП позволяет обеспечить работу нефтепровода при любой заданной производительности только в оптимальном режиме (с минимальными затратами электроэнергии). Максимальный эффект от ЧРП достигается при применении его на всем эксплуатационном участке и на стадии проектирования. При использовании в качестве системы автоматического регулирования давления на НПС частотно-регулируемого электропривода нефтеперекачивающих агрегатов количество плановых технологических режимов увеличивается и увеличивается количество возможных режимов эксплуатации магистральных нефтепроводов в десятки раз. Увеличение производительности нефтепровода внедрением ЧРП возможно, когда в процессе эксплуатации максимально-допустимое давление снижается, и количество работающих МНА уменьшается. Тогда, повысив частоту вращения роторов оставшихся МНА, возможно увеличение расхода перекачки. Таким образом, задача увеличения пропускной способности может быть решена для нефтепроводов, находящихся в длительной эксплуатации. Применение в качестве системы автоматического регулирования ЧРП позволяет снизить удельные затраты электроэнергии на транспортировку нефти в рассмотренных примерах до 10%, в зависимости от режима.

Для проектирования новых или модернизации старых систем магистральных нефтепроводов, где предполагается установка МНА с частотно-регулируемым приводом, необходимо разработать гидромеханическую модель работы таких МНА при нестационарных и стационарных режимах работы. Под нестационарными режимами работы подразумевается пуск i-го МНА j-ой НПС на закрытую, приоткрытую, открытую и открывающуюся задвижку, а также при аварийной остановке j-1 или j+1 НПС или прорыве участка нефтепровода после j-ой НПС. Ключевыми гидромеханическими параметрами, характеризующими работу НПС на эксплуатационном участке, являются расход (производительность, подача) Q центробежных насосов (ЦН) МНА, напор H (давление P) ЦН, мощность N, развиваемая центробежным насосом, частота вращения рабочего колеса ЦН n (угловая скорость ω) и момент на валу ЦН M, а также режим течения нефти по трубопроводу и возникновение волн давления при пуске и остановке

магистральных агрегатов или при перестановке запорно-регулирующей арматуры. Стационарный режим работы системы «НПС–нефтепровод» заключается в неизменности по времени параметров подачи ЦН МНА, развиваемого ими напора, угловой скорости, мощности и момента на валу ЦН МНА. Возникает вопрос разработки математической модели работы системы «НПС–нефтепровод» с установленной на каждой НПС системой частотно-регулируемого привода, с учётом гидромеханических параметров и учетом уравнений стационарных и нестационарных процессов. Построение подобной модели удобнее начинать непосредственно с i-го МНА j-ой НПС.

Для одного МНА, включающего синхронный электродвигатель и центробежный насос, математическая модель работы системы «НПС-нефтепровод» описывается следующими характеристиками: 1) уравнением преобразования частоты; 2) уравнением динамической характеристики синхронного двигателя при асинхронном пуске, учитывающее влияние электромеханических процессов в обмотках; 3) уравнением вращения ротора рабочего колеса насоса; 4) зависимостью $H = f(Q, \omega_н)$ для магистрального насоса НПС при изменении частоты вращения ротора насосов; 5) значением коэффициента полезного действия магистрального насоса, определяемым по паспортным характеристикам насосов графически или аналитически после аппроксимации линии КПД полиномом $h = f(Q, \omega_н)$; 6) уравнением для расчёта мощности $N_{ПОТР\ М} = f(Q, \omega_н)$, потребляемой ЦН МНА; 7) уравнением для расчёта момента вращения ротора рабочего колеса насоса $M = f(Q, \omega_н)$. Также при моделировании работы участка нефтепровода, на котором действует промежуточная нефтеперекачивающая станция, необходимо учесть уравнения непрерывности и движения нефти по нефтепроводу. Известно, что магистральный нефтепровод разбивается на эксплуатационные участки, гидравлически разделенные между собой, но внутри данных участков имеется некоторое количество промежуточных НПС, которые работают в гидравлической связке друг с другом. Поэтому для построения математической модели всего магистрального нефтепровода необходимо учитывать уравнение баланса напоров [3].

Информационные источники

1. Туманский А.П. Определение диапазона регулирования частотно-регулируемого электропривода. М.: ЦНИИТЭНЕФТЕХИМ. Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. - 2006. №2.

2. Туманский А.П. Оптимизация режимов перекачки по магистральным нефтепроводам с НПС, оборудованными частотно-регулируемыми приводами. -М.: ЦНИИТЭНЕФТЕХИМ. Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. 2005. №8.

3. Коршак А.А. Нечваль А.М. Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов: Учебник для вузов. — СПб: Недра, 2008. — 488 с.

УДК 621.65.05

ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТА ВЫСОКОВЯЗКИХ НЕФТЕЙ

Бошкова И.Л., д.т.н., проф., Радуш Д.С., магистр
Одесская национальная академия пищевых технологий

Мировые геологические ресурсы тяжелой нефти оцениваются в 700 млрд. т, что соизмеримо с мировыми запасами обычной нефти [1]. Подготовка и особенно транспортировка такой нефти является сложной задачей. Оптимизация процессов транспортировки нефтяных систем по трубопроводам связана с проблемой уменьшения гидродинамического сопротивления. Частично эта проблема может быть решена в результате улучшения технических характеристик труб, насосного оборудования, резервуарного парка и т. д. Однако принципиально новое решение возможно при специальном целенаправленном воздействии на нефтяные системы до этапа транспортировки или непосредственно в ходе самой транспортировки. Существующие способы трубопроводного транспорта высоковязкостной нефти можно разделить на несколько групп.

1. Способы, основанные на перекачке нефти по маловязкому пристенному слою. В этом случае в центральной стрежневой части трубопровода движется более вязкая жидкость, чем в наружной кольцевой области. Пристенный слой может образоваться за счет подлива пресной или пластовой воды с добавкой различных ПАВ, в результате чего в объеме потока образуется структура типа нефть в воде, которая обладает значительно меньшим гидродинамическим трением по сравнению с потоком безводной нефти. Уменьшение шероховатости стенок. При помощи малых добавок различных веществ стенки промышленных трубопроводов с естественной шероховатостью можно приблизить к гидравлически гладким, т. е. искусственно увеличить толщину пограничного слоя и тем самым свести гидравлические потери до минимума. В [2] периферийный кольцевой поток в трубопроводе создают путем закачки азота с температурой более 500 ^{o}C, затем закачивают эмульсию серного ангидрида с азотом. Формирование кольцевого пристенного [3]. Перед смешением с водой часть нефти обрабатывают озоном. Озонированную нефть диспергируют в потоке воды со слабощелочной реакцией. Образующиеся в результате реакции с озоном кислородосодержащие соединения придают нефти высокую поверхностную активность и способность образовывать маловязкие эмульсии прямого типа. Однако наличие механических примесей способствует образованию трудноразделимых эмульсий, повышает абразивный износ трубопроводов, затрудняет переработку нефти.

3. Способы, в которых улучшение реологических свойств и повышение эффективности транспорта перекачиваемой нефти достигается за счет физических воздействий. Здесь можно выделить большую группу методов основанных на образовании тепловых эффектов под воздействием различных физических полей. Сообщается о положительном влиянии переменного электрического поля на реологические свойства неньютоновской нефти. В качестве источника тепла для высоковязкостной нефти используют мощный ультразвук. Применение высокочастотных электромагнитных полей в областях частот, совпадающих с собственными частотами вращения дипольных моментов жидкости, способствует возникновению магнитореологического эффекта. Этот метод является эффективным для улучшения реологических свойств аномально вязкой нефти. Известным является факт изменения физико-химических свойств углеводородов при ударно-волновом воздействии. При этом процессы, протекающие в нефти являются не только следствием изменения давления и температуры; по-видимому, под действием ударной волны происходит механохимическая деструкция, то есть разрыв макромолекулярных цепей. Увеличение содержания в нефти более простых и, следовательно, маловязких компонентов приводит к уменьшению вязкости нефти и улучшению их реологических характеристик после прохождения ударных волн [4].

3. Способы, в которых за счет введения различных маловязких углеводородных разбавителей или композиционных составов уменьшается вязкость и температура застывания нефти. В качестве разбавителей могут использоваться маловязкий углеводородный компонент, топочный газ, простые или сложные эфиры с числом атомов углерода С5-12, продукты переработки попутных нефтяных газов (смесь легких ароматических углеводородов - бензола, толуолов и ксилолов). Для снижения температуры застывания вводятся депрессорные присадки, которые представляют собой смеси поверхностно-активных веществ: нафтенат алюминия, смесь азотистых ПАВ и смачивающих реагентов, гидроксилаты алюминия на основе нафтеновых кислот, промышленных фракций синтетических жирных кислот С17-20; С18-23; С10-16 или жирных кислот С10-18 [5]. Однако, введение растворителей приводит к существенному удорожанию транспортировки нефти, а добавка депрессантов эффективна лишь для парафинистой нефти, вязкость которых увеличивается вследствие наличия большого количества высокозастывающих парафиновых углеводородов.

Таким образом, перечисленные способы трубопроводного транспорта нефти направлены на повышение эффективности транспортировки высоковязкостной нефти и водонефтяных эмульсий. Наиболее эффективным в этой системе будет применение ПАВ и композиций на их основе обладающих многофункциональным действием.

Информационные источники

1. Башкирцева Н. Ю., Сладовская О. Ю. Особенности транспортировки высоковязких нефтяных дисперсных систем // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 16. – С. 457-459.

2. Патент РФ 2028538, МКИ F17 D 1/16. Способ транспортирования высоковязких нефтей.

3. Патент РФ 2105923, МКИ F17 D 1/16. Способ трубопроводного транспорта высоковязких нефтей.

4. Изменение свойств нефтей при ударно-волновом воздействии /А. Ф. Максименко, Н. Ю. Елисеев, Ю. С. Шахиджанов, А. А. Максименко, Д. Ю. Елисеев // Известия ВУЗов. Серия «нефть и газ». – 2000. – № 3. – С.24-31.

5. Исследование влияния оптимальных концентраций асфальтосмолистых веществ и парафина на реологические характеристики высоковязких нефтей при транспорте по магистральным трубопроводам // Инженерно-физич. журн. – 1984. – Т.46. – № 6. – С.984-986.

УДК 66.045.132

ТЕПЛОУТИЛИЗАТОРЫ КОНТАКТНОГО ТИПА ДЛЯ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ

Бошкова И.Л., д.т.н., проф., Чернов А.О., магистр
Одесская национальная академия пищевых технологий

Значительную часть тепловых потерь в энергетических и теплотехнических установках различного назначения составляет физическая теплота отходящих газов, использование которой может быть направлено на повышение эффективности производственных процессов. Однако целесообразность утилизации теплоты не всегда обоснована, что связано, в общем, с нехваткой разработок эффективных теплоутилизаторов, в частности для утилизации низкопотенциальной теплоты, и с неопределенностью данных из рациональных тепловых режимов их работы. Технико-экономическая целесообразность использования теплоутилизаторов с низкими температурными напорами может быть повышена при использовании в качестве промежуточного теплоносителя гранулированной насадки. Теплоутилизационных установки контактного типа, для которых характерен непосредственный теплообмен газа (воздуха) со слоем частиц, имеют значительный потенциал повышения эффективности их использования, о чем свидетельствуют работы [1,2].

Высокую тепловую эффективность демонстрируют рекуперативные теплообменники с плотным движущимся слоем, о чем свидетельствуют работы [3, 4]. Кроме того, они характеризуются компактностью, небольшой массой, простотой конструкции, надежностью. Использование проточных дисперсных теплоносителей в теплоэнергетике позволяет интенсифицировать процессы тепло- и массообмена. Однако для промышленного внедрения недостаточно надежных данных по теплообмену между плотным слоем частиц и газом.

Отдельным вопросом является разработка теплоутилизаторов с неподвижным слоем, по которым значительно меньше исследований. Определение рациональных режимных параметров работы теплоутилизаторов также зависит от адекватной математической модели процесса теплообмена между потоками газа и гранулированного материала, и надежных данных для коэффициентов межкомпонентных теплообмена, для получения которых требуются дополнительные экспериментальные исследования.

Аналитические зависимости как результат решения математической модели нужны для отображения распределения температур в гранулированном материале и газе для предприятий с разным уровнем температуры и расходами газового потока, что позволит оптимизировать конструкторские решения при проектировании аппаратов в соответствии с целевыми направлениями.

Итак, представляется целесообразным применение теплоутилизаторов с гранулированной насадкой на производствах, характеризуются относительно невысоким температурным уровнем отходящих газов.

Информационные источники

1. Горбис, З. Р. Теплообмен и гидромеханика дисперсных сквозных потоков. Москва: Энергия, 1970. 424 с.

2. Ермакова, И. А. Изменение механизма истечения сыпучего материала из бункера при использовании конических разделителей потока. *Геотехнология*. 2003. Т. 3. С.33-36.

3. Jacques D. Sands, Powders, and Grains: An Introduction to the Physics of Granular Materials. New York: Springer, 2012. 214 p.

4. Goldhirsch I. Rapid granular flows. *Fluid Mechanic*. 2003. V. 35. P. 267–293.

УДК 621.565.83

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ КОНТУРНЫХ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ

к.т.н. Буз В.Н., Гончаров К.А.
НПП «Тепловые агрегаты и системы», г. Химки

Контурная тепловая труба (КТТ) является перспективным современным устройством для термостабилизации тепловыделяющих объектов. Важными особенностями КТТ являются отсутствие энергопотребления для обеспечения циркуляции теплоносителя, существенно большие тепловые потоки, чем в обычных тепловых трубах, саморегулирование работы, возможность работы не только в невесомости, но и против сил тяжести. Одним из способов регулирования работы контурной тепловой трубы является использование регулирующего клапана на дополнительной байпасной линии. Схема такой КТТ с байпасной линией и регулятором представлена на рис. 1.

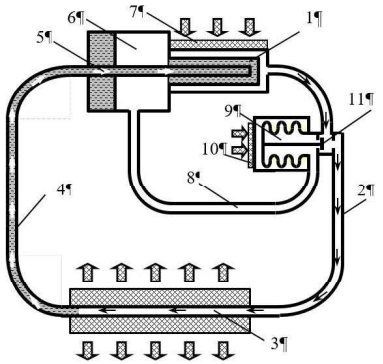


Рис. 1. Схема контурной тепловой трубы с клапаном-регулятором.
1 – пористая втулка испарителя; 2 – паропровод; 3 – конденсатор; 4 – конденсатопровод; 5 – участок конденсатопровода внутри резервуара; 6 – резервуар; 7 – термостатируемый объект; 8 – байпасная линия; 9 – сильфон; 10 – вспомогательный нагреватель; 11 – клапан.

Рассмотрена одномерная нестационарная моделью контура. Для каждого элемента контура модель содержит уравнение энергии потока жидкости, уравнение теплопроводности стенок контура и уравнение сохранения количества движения рабочей жидкости. Совместное решение системы таких уравнений для всех элементов контура позволяет рассчитать распределение температуры и давления по контуру в любой момент времени. Систему уравнений замыкает комбинированное уравнение баланса тепла и массы для резервуара. С его помощью можно определить массу пара теплоносителя в резервуаре в любой момент времени.

На рисунке 2 представлены результаты расчетов для простейшего случая без регулятора при ступенчатом изменении нагрузки (5 Вт и 15 Вт). Как можно видеть, это изменение при отсутствии каких-либо мер по регулированию соответствует изменению температуры 4,5 ° С температуры, стабилизированной температурой. Разность температур между охлаждающим объектом и окружающей средой варьируется от 7 до 2,5 градусов. Со временем происходит перераспределение скорости рабочей жидкости. При этом происходит некоторое периодическое заполнение резервуара жидкостью и его опорожнение. Расчеты КТТ с регулятором показали, что температура испарителя при тех же условиях изменяется не более, чем 0,2 градуса.

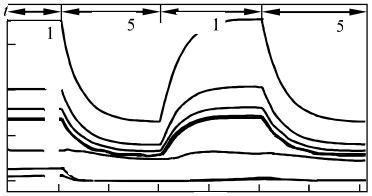


Рис. 2. Изменение во времени температуры в различных точках LHP при ступенчатом изменении тепловой нагрузки. (1 - объект термостатирования, 2 - стенка испарителя, 3 - насыщение в испарителе, 4 - насыщение в резервуаре, 7 – выход из конденсатора).

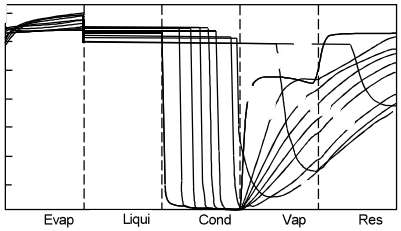


Рис. 3. Изменение во времени (шаг 0,5 с) распределения температуры теплоносителя вдоль контура.

Результаты численного анализа запуска и перехода КТТ из одного режима в другой показали, что такой переход не всегда является успешным. Ключевыми параметрами, определяющими их успех, являются масса заправляемого теплоносителя и теплоемкость резервуара. При недостаточных значениях этих величин циркуляция может остановиться и КТТ выйти из строя. Это определяет повышенные требования к правильному конструктивному исполнению и заправке КТТ.

Расчеты показали, что при запуске КТТ и при переходе с одного режима работы на другой возможно возникновение теплогидравлических автоколебаний. При малом значении коэффициента теплопередачи между испарителем и резервуаром могут возникать значительные автоколебания жидкости, сопровождающиеся попаданием пара из конденсатора в резервуар и обратным течением жидкости. При увеличении теплопередачи между испарителем и резервуаром автоколебания уменьшаются и становятся несущественными.

Замена непрерывного подвода тепла на циклический также может в некоторых случаях приводить к появлению устойчивых автоколебаний. При этом существенно повышается общее термическое сопротивление КТТ и температура испарителя. Этот рост термического сопротивления эквивалентен росту при теплоподводе к резервуару, поскольку при автоколебаниях в резервуар попадает пар из конденсатора. Циклический подвод тепловой нагрузки может провоцировать увеличение теплогидравлических автоколебаний теплоносителя в контуре, что может привести к росту термического сопротивления в 1,5 раза и существенному повышению температуры испарителя. При этом контур продолжает работать, но существенный рост температуры по сравнению непрерывным теплоподводом в испытаниях может ошибочно трактоваться, как выход КТТ из строя.

Представленная модель динамики контурной тепловой трубы дает физически обоснованные результаты расчетов и согласуется с результатами испытаний.

УДК 621.564:621.577

ВИКОРИСТАННЯ ЗЕОТРОПНИХ СУМІШЕЙ ХОЛОДОАГЕНТІВ В ТЕПЛОВИХ НАСОСАХ

Волчок В.О., к.т.н.
Одеська національна академія харчових технологій

Застосування теплових насосів відноситься до однієї з ефективних енергозберігаючих технологій. Це дає можливість перетворити низькопотенційну теплоту в енергію більш високого потенціалу, заощадити органічне паливо, знизити до мінімуму забруднення навколишнього середовища і задовольнити потреби споживачів у високопотенційному теплі.

Для передачі в систему опалення 1 кВт теплової енергії тепловому насосу потрібно 0,2 - 0,35 кВт електроенергії. Така висока ефективність виробництва тепла досягається тим, що тепловий насос залучає в корисне використання низькопотенційне тепло природного походження (теплоту грунту, грунтових вод, природних водойм, сонячної енергії) і техногенного походження (теплоту промислових стоків, очисних споруд, вентиляції) з температурою від + 3ºС до + 40ºС, тобто таке тепло, яке не може бути безпосередньо використано для теплопостачання [1].

У розвинених країнах теплові насоси досить інтенсивно витісняють традиційні способи теплопостачання, засновані на спалюванні органічного палива. Більшу частину теплонасосного обладнання, яке експлуатується у світі, складають парокомпресійні теплові насоси. Як робоче тіло в теплонасосних циклах використовують холодоагенти. В тепловому насосі є три основних агрегата (випарник, конденсатор і компресор) і три контури (хладоновий, водний низько потенційного джерела і водний опалення).

При проектуванні теплонасосної техніки на робочих тілах необхідно оцінювати їх переваги та недоліки. Робочі тіла для холодильної та теплонасосної техніки як і раніше залишаються в центрі уваги під час обговорення проблем, пов'язаних з озоновими дірами і глобальним потеплінням. Ця заклопотаність людства глобальним потеплінням клімату на планеті сприяла виробленню рекомендацій і вимог, що висуваються до холодоагентів, відмінною рисою яких є обмеження емісії парникових газів. У цю групу увійшли холодоагенти з низьким значенням потенціалу глобального потепління і природні холодоагенти.

На сьогоднішній день альтернативою природних холодоагентів є однокомпонентні речовини і суміші з низьким значенням потенціалу глобального потепління.

Визначення енергетичної ефективності парокомпресіонних теплових насосів, що працюють на зеотропних сумішевих холодоагентах, які відповідають вимогам, що висуваються до холодоагентів, є важливим завданням.

З аналізованої групи холодоагентів можна відібрати три, які прийнятні за екологічними вимогами. Це холодоагенти R32, R134a і R152a. Найбільш безпечним з екологічної точки зору є холодоагент R152a. Теплофізичні характеристики близькі до характеристик холодоагентів R12 і R134a. Хоча хладон R152a є хорошим замінником хладону R12, проте в чистому вигляді він не використовується через його горючість. Застосовується R152a переважно в негорючих сумішах холодоагентів. Холодоагент R152a токсикологічно безпечний, термічно і хімічно стабільний.

З цих же міркувань становить інтерес хладон R32, який не містить в собі атомів хлору. За своїми холодильними властивостями він схожий з холодоагентами R502 (R22 / R115 48,8 / 51,2%) і R22. Однак в чистому вигляді не може розглядатися як замінник цих двох холодоагентів, тому що тиск пару при стисненні занадто високий. Крім того R32 має межі вибухонебезпечності (12,7 - 33,4 об'ємного% в повітрі), з цієї причини він класифікується як високозаймманний. І навпаки, R32 відмінно підходить в якості компонента суміші для альтернативних холодоагентів. Він вже застосовується в сумішах холодоагентів R410 і R407C [2].

Найкращим виходом з ситуації, що склалася, є використання сумішей холодоагентів з відібраних за екологічними характеристиками однокомпонентних речовин. У вітчизняних і зарубіжних джерелах опубліковано велику кількість матеріалів, що стосуються фізико-хімічних властивостей зеотропних сумішей холодоагентів. Ряд авторів відзначають, що зеотропні холодоагенти мають неізотермічність фазового переходу або температурний глайд. Температурний глайд для різних сумішей є змінною величиною [3]. Концентрації парової і рідкої фаз зеотропних суміші в умовах термодинамічної рівноваги розрізняються, а ізотерми під прикордонною кривою в lgP-i координатах мають нахил.

Робота з зеотропними холодоагентами вимагає виконання певних правил, ігнорування яких при експлуатації установки може призвести до ряду небажаних наслідків. Це пов'язано в першу чергу з можливістю зміни концентрації компонентів, що входять до складу суміші в процесі заправки, що в кінцевому підсумку вплине на його термодинамічні властивості.

На основі найбільш достовірних результатів вимірювань, відібраних після аналізу доступної інформації про термодинамічні властивості зеотропних сумішей холодоагентів та їх компонентів, з урахуванням взаємодії цих компонентів в суміші, дозволило проводити порівняльний аналіз з точністю, прийнятною для інженерних розрахунків.

Холодоагенти, що мають незначні коефіцієнти тепловіддачі, не можуть працювати так само ефективно, як ті, у яких коефіцієнти тепловіддачі вище, незважаючи навіть на їхні термодинамічні переваги. Однак удосконалення конструкції може нівелювати цю різницю. Аналогічним чином суміші з великим глайдом, наприклад R407E, можуть не досягати продуктивності, зазначеної для конструкцій теплообмінників з поперечним потоком (наприклад, для повітря і, рідше, для води, що рухається перпендикулярно потоку холодоагенту), але можуть перевершити її в теплообмінниках з протитечією [4].

В якості робочих тіл закритого теплосилового контуру теплового насоса можна розглядати озонобезпечні бінарні зеотропні суміші R32/R134a і R32/R152a. Особливість застосування холодоагенту R32 полягає у високому значенні тиску (до 4,9 МПа при температурі 70ºС). Для поршневих компресорів, що використовуються в теплонасосній і холодильній техніці, максимальний робочий тиск складає 2,8 МПа. Цей фактор необхідно враховувати при виборі складу зеотропних сумішей холодоагентів.

Були проведені розрахунки сумішей холодоагентів R32/R134a і R32/R152a з різною концентрацією компонентів. Визначено склад суміші, для якої за досить високої продуктивності (в порівнянні з R12) робочі тиски знаходяться в допустимих межах. Це можливо при вмісті холодоагенту R32 в суміші до 30%. Так, для холодоагенту R32/R134a (30/70) тиск конденсації при температурі 63°С становить 2,5 МПа, для суміші R32/R152a (30/70) - 2,1 МПа. Проведений аналіз показує, що розгляд сумішей зі вмістом в суміші холодоагенту R32 більше 30% є недоцільним.

Інформаційні джерела

1. Янтовский, Е.И., Левин, Л.А. Промышленные тепловые насосы. М.: Энергоатомиздат, 1989. 128 с.

2. Волчок, В.О. Термодинамічні властивості альтернативних холодоагентів серії R400: автореф. дис. ... канд. техн. наук: (спец. 05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика: захист 03.07.2013) /Волчок Віктор Олександрович; наук. кер. М.І.Лапардін. – О.,2013. - 17 с.

3. Антаненкова И.С., Сухих А.А. Термодинамическая эффективность теплонасосных установок // Вестник Международной академии холода. 2013. № 1. С.43-47.

4. Zhao L., Bao J. Thermodynamic analysis of organic Rankine cycle using zeotropic mixtures // Applied Energy, Vol. 130. 2014. P. 748-756.

УДК 697.341

КОРЕГУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛОНОСІЯ ВІД ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З УРАХУВАННЯМ ФАКТИЧНОГО СТАНУ ОБЛАДНАННЯ

Ганжа А. М., д.т.н., проф.; Корнелюк В. М, асистент; Семененко Л. В., аспірант
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Очевидно, що для забезпечення якісного опалення будівель необхідно регулювати вироблення теплової енергії на джерелі не тільки від поточної температури зовнішнього повітря, але й враховувати фактичні втрати теплоти при транспортуванні теплоносія по теплотрасах до споживачів, що на даний момент зробити дуже важко через низку проблем. При цьому основним завданням такого регулювання є підтримання комфортної температури усередині приміщень.

В Україні переважає центральне регулювання відпустку теплоти від джерела. Теплова енергія, що відпускається, централізовано регулюється в основному двома способами: зміною тільки температури або витрати теплоносія [1]. Найбільш широке застосування у вітчизняній теплоенергетиці отримало якісне регулювання, тобто зміна температури теплоносія на джерелі при постійній її витраті в залежності від температури зовнішнього повітря. У той же час за кордоном переважає кількісне регулювання, що дає можливість автоматизувати установки споживачів шляхом зміни витрати теплоносія в опалювальних системах і тим самим знизити теплові втрати [2].

Основні методи, розрахунки регулювання теплового навантаження наведені в роботах Ю. Я. Соколова [1] та ін. На сучасному етапі дана проблема в основному розглядається з позицій впровадження приладів автоматики при поєднанні центрального, групового місцевого та індивідуального регулювання навантаження [3].

Економія теплової енергії на джерелах та об'єктах її кінцевого споживання є одним із способів енергозбереження, що і є метою досліджень. Кожен з методів регулювання відпустку теплоти має свої переваги і недоліки і залежить від гідравлічної стійкості системи. Але показати який з цих методів ефективніше є актуальною задачею. Виходячи з цього, в даній роботі були поставлені такі завдання: розрахунок відпуску теплової енергії від котельні, фактичних обсягів втрат теплової енергії в теплових мережах і споживаної теплової енергії; розрахунок, аналіз і оптимізація варіантів компенсації теплових втрат при передачі теплової енергії джерелом теплопостачання з метою забезпечення розрахункового споживання теплоти у т. ч. - при якісному або кількісному регулюванні навантаження; порівняння мінімальних рівнів витрат на енергоресурси в різних варіантах і визначення параметрів найбільш економічного режиму.

З метою розрахункового дослідження була складена система рівнянь теплового балансу та теплопередачі для схеми теплопостачання, що складається з джерела, системи транспортування та споживачів теплової енергії.

Температури та тиски теплоносія на виході з елемента системи та на вході у наступний елемент визначались з урахуванням реальних характеристик елементів (гідравлічна характеристика насосу та мережі, залежність ККД котлів від навантаження, ізольовані трубопроводи теплотрас, характеристика системи та нагрівальних приладів у споживачів). Була складена система рівнянь математичної моделі.

Цільова функція – мінімізація годинних витрат коштів на паливо та електроенергію. Параметри оптимізації: температура прямого теплоносія на виході з джерела t_1 і еквівалент витрати теплоносія (води) $W_м$, який представляє множення масової витрати теплоносія на його теплоємність. З метою забезпечення розрахункового теплового споживання опалювальною

системою необхідно поставити обмеження, щоб теплота, яка споживається, була розрахунковою при даній температурі зовнішнього повітря ($Q_{сп} = Q_р$). Розв'язання цієї задачі оптимізації здійснюється методом множників Лагранжа та методом послідовних наближень.

При низьких температурах зовнішнього повітря встановлено обмеження ДБН на температуру теплоносія на вході в житлові будинки без елеваторів не більше 95 ° С.

Проведено розрахунковий аналіз фактичного відпуску теплоти від котельні і споживання і оптимізація параметрів теплоносія на джерелі в 3 варіантах: компенсація теплових втрат при передачі теплоти споживачам витратою теплоносія; компенсація теплових втрат при передачі теплоти споживачам температурою теплоносія; пошук оптимальної витрати і температури теплоносія.

Розрахунки проводилися в усьому діапазоні зміни температури зовнішнього повітря при регулюванні відпустки теплоти для м. Харків (від -23 ° С до +8 ° С).

Фактичне споживання теплової енергії на всіх режимах нижче розрахункового через наявність втрат. Для всіх трьох варіантів оптимізації необхідне теплове навантаження на джерелі для забезпечення розрахункового теплоспоживання однакове та величина втрат складає 26 ÷ 29%.

Мінімальне значення витрат грошових коштів при компенсації теплових втрат при передачі теплоти споживачам температурою теплоносія близько до оптимального значення. Залежності мають практично лінійний характер, що дозволяє по ним знаходити мінімум витрат з урахуванням графіків завантаження котельні.

При компенсації теплових втрат при передачі теплоти споживачам витратою теплоносія вона буде вищою розрахункової в 1,8 рази, що призведе до значних витрат електроенергії. Оптимальна витрата теплоносія на всіх режимах різна. Постійна витрата теплоносія при компенсації теплових втрат при передачі теплоти споживачам його температурою вище розрахункової в 1,2 рази з метою забезпечення температури на вході в будівлі не більше 95 ° С. Слід зазначити, що у випадках компенсації теплових втрат при передачі теплоти споживачам витратою теплоносія і оптимальній її витраті необхідно частотне регулювання електродвигунів насосів, а також імовірне гідравлічне розрегулювання теплових мереж та внутрішніх будинкових систем. Оптимальна температура прямого теплоносія (як і відповідна зворотного) має нерівномірну залежність . При її частій зміні може знизиться надійність системи через мінливі температурні впливи на метал трубопроводів.

Висновок. Розроблені методи та засоби вибору раціональних параметрів теплоносія при відпуску теплоти від джерела, які враховують реальні характеристики обладнання елементів системи теплопостачання та їх взаємний вплив. Поставлено та розв'язано задачу мінімізації витрат коштів на природний газ та електроенергію з метою забезпечення необхідних параметрів повітря у приміщеннях споживачів у всьому діапазоні зміни температури зовнішнього повітря у опалювальному сезоні. Побудовано раціональний закон регулювання температури теплоносія при раціональній її витраті.

Інформаційні джерела

1. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети / Соколов Е. Я. – М.– Л. : Госэнергоиздат, 1963. – 360 с.

2. Ливчак В. И. Энергосбережение в системах централизованного теплоснабжения на новом этапе развития // Энергосбережение. – 2000. – №2.– С.

3. Шарапов В. И. Регулирование нагрузки систем теплоснабжения / В. И. Шарапов, П. В. Ротов. – М: Издательство «Новости теплоснабжения», 2007. – 164 с.

УДК 66.045.1

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОГІДРАВЛІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ТРУБЧАТОМУ ПЕТЛЕВОМУ ПОВІТРОПІДІГРІВАЧІ ДЛЯ ВЕЛЬЦ-ПРОЦЕСУ

Ганжа А. М., д.т.н., професор; Юрко В. В., аспірант
Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

У технології вельц-процесу задача утилізації теплоти та охолодження газів перед фільтром ускладняється наявністю окислів свинцю і цинку, які, зважаючи на низьку температуру розм'якшення окису свинцю, найбільш схильні до налипання із всього відомого ряду пилу технологічних процесів.

Для цієї мети ДП «УкрНТЦ «Енергосталь» розроблена оригінальна конструкція петлевого рекуператора з петлями із труб, що вільно висять, дозволяючи проводити струс для очищення від пилу (див рис.1). У нашому випадку, згідно з тепловим розрахунком, повітронагрівач петлевий чотирьохсекційний з труб ø 89 × 4,5 мм., в тому числі дві секції з жаростійкої сталі 08Х13, інші – зі сталі Ст.20. Розміщення труб коридорне, крок 120 мм, поперечний крок 100 мм. Кожна секція має вхідний і вихідний короби з трубними дошками, розташовані у верхній частині камери. З огляду на схильність вельц-окису (80 % в потоці) до налипання і високу запиленість газового потоку (50 г/Нм^3 і більше), зовнішні поверхні нагрівання повітронагрівача потребують надійних засобів періодичної очистки. Для надійності передбачені дві перевірені на практиці системи: магнітно-імпульсна і газоімпульсна [1].

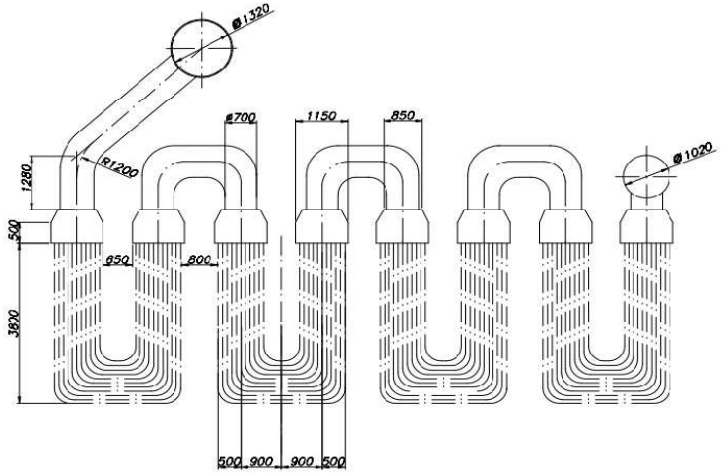


Рис. 1 Петлевий рекуператор

При своїй течії у теплообміннику поперек трубного пучка зовнішній теплоносій (струмені газів) практично повністю не перемішуються. Внутрішній теплоносій (повітря) перемішується тільки при переході між послідовними секціями.

На рис.2) представлена узагальнена схема однієї секції двоходового теплообмінника-утилізатора зі змішаною схемою течії теплоносіїв, петлевим з'єднанням рядів і протиточним включенням ходів. При послідовному додаванні секцій з цієї схеми можна скомпонувати будь-

яку кількість ходів по повітрю, що нагрівається. Число рядів труб, які послідовно омиває зовнішній теплоносій в кожній секції, може бути також довільним.

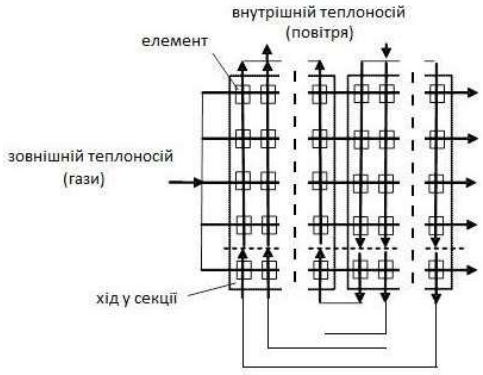


Рис.2 Схема однієї секції теплоутилізатора

Використовується запропонована та розроблена методика і алгоритм дискретного розрахунку [2], де елементами, з яких скомпонований теплообмінник (див. рис.2), є прості схеми одноразового перехресного плину з повним перемішуванням обох теплоносіїв по ходу та використовується "петлеве" з'єднання рядів труб..

На основі запропонованої методики була розроблена розрахункова програма визначення ефективності нагріву та розподілу температур поверхні та теплоносіїв. Теплофізичні властивості повітря і газів визначалися в кожному елементі теплообмінника з урахуванням середніх їх температур і тисків в ньому. Для повітря враховується зміна його відносної вологості. Для газів задається їх склад з урахуванням об'ємного вмісту кожного продукту згоряння і водяної пари. Для поверхні задається у кожному елементі характерне забруднення та геометричних розмірів елементів.

Таким чином, зроблені універсальні методи та засоби, що дозволяють проводити аналіз ефективності та надійності роботи трубчатого петлевого повітропідігрівача для вельц-процесу, як на етапі розробки, так і на етапі експлуатації.

Інформаційні джерела

1.Разработка и внедрение методики расчета оптимальных параметров газоотводящего тракта за нагревательными печами : отчет о НИР / ВНИПИЧЕРМЕТЭНЕРГООЧИСТКА; рук. Андоньев С. М. – Х., 1973. – 183 с

2.Ганжа А. Н. Анализ эффективности теплообменников-утилизаторов теплоты энерготехнологических комплексов и агрегатов / А. Н. Ганжа, Е. Н. Заец, В. Н. Подкопай, Н. А. Марченко // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" : зб. наук. праць : тематичний випуск "Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування". – Харків : НТУ "ХПІ", 2016. – №. 10 (1182). – С.56–60.

УДК 621.365.55

ВЫБОР СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ АНОДНОГО БЛОКА МАГНЕТРОНА

Георгиеш Е.В., к.т.н.
Одесская национальная академия пищевых технологий
65082, г. Одесса, ул. Дворянская, 1/3, тел. (+380-48) 7209182
georgiesh.kat@gmail.com

Устойчивость работы микроволновых устройств зависит от эффективности работы системы охлаждения анодного блока магнетрона, на котором выделяется теплота, высвобождаемая при преобразовании энергии от электрической сети в микроволновую. Это является неустранимой проблемой работы магнетрона, вследствие чего выходная мощность магнетрона меньше потребляемой от сети. Выделившаяся теплота разогревает анодный блок, и без его эффективного охлаждения ресурс работы магнетрона будет ограничен. Учитывая, что проектируемые микроволновые установки предусматривают продолжительную работу, в отличие от бытовых микроволновых печей, этому вопросу следует уделить особое внимание.

Рассмотрев и проанализировав существующие схемы и особенности теплоотвода для различных случаев, была выбрана в качестве базовой система жидкостного охлаждения. Этот выбор был основан на следующих положениях:

1. Плотность теплового потока на поверхности анодного блока составляет $1.68 \cdot 10^5$ Вт/м^2.
2. В системе жидкостного охлаждения (СЖО), в отличие от системы воздушного охлаждения (СВО), температура теплоносителя на входе в рубашку охлаждения постоянна.
3. Благодаря замкнутому контуру исключена возможность попадания частиц в рубашку охлаждения и забивание каналов, что является еще одним преимуществом по сравнению с СВО.
4. В отличие от испарительной системы охлаждения (ИСО), которые отличаются высокой эффективностью теплоотвода, в СЖО исключается образование накипи в каналах охлаждения.
5. Для СЖО ориентация в пространстве не имеет решающего значения, в отличие от ИСО. Это также облегчает условия транспортировки. Схема СЖО для рассматриваемого МВ-устройства приведена на рис. 1.

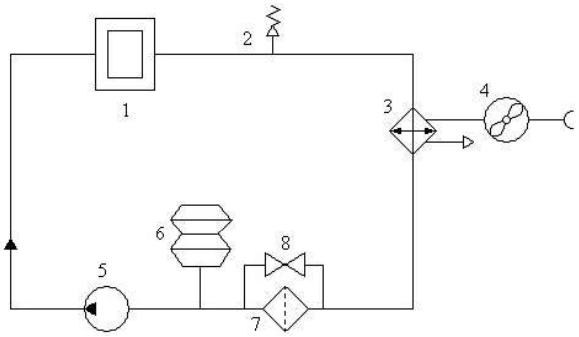


Рис. 1 Система жидкостного охлаждения микроволнового устройства.
1 – магнетрон, 2 – предохранительный клапан, 3 – воздухо-жидкостной теплообменник, 4 – вентилятор, 5 – насос, 6 – расширительный бачок, 7 – фильтр механический, 8 – байпасный вентиль.

Для организации теплоотвода от поверхности с помощью СЖО требуется заменить ребра, установленные ранее на магнетроне и предназначенные для СВО, на рубашку охлаждения, которая предусматривает поступление жидкого теплоносителя. Для обеспечения безаварийной работы, СЖО снабжена датчиками давления, температуры и расхода.

Информационные источники:

1. Лебедев, И.В. Техника и приборы СВЧ [Текст] / И.В. Лебедев. - Издание второе, перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1970. - 439 с.

2. Сапунов, Г. С. Ремонт микроволновых печей [Текст] / Г.С. Сапунов. – М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 272 с.

УДК 531.42, 532.13, 536.2, 536.632

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ, ТЕПЛОЕМКОСТИ, ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ И ВЯЗКОСТИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ BENZENE, C14-30-ALKYL DERIVS

Лукьянов Н.Н., Мельник Е.Ю., Железный В.П.
Одеська національна академія харчових технологій

Отсутствие информации о теплофизических свойствах для новых высокотемпературных теплоносителей сдерживает технологический прогресс в развитии энергетического оборудования. Теплоноситель benzene, C14-30-alkyl derivs (далее C14-30) рекомендуется использовать для закрытых или замкнутых систем в солнечной энергетике. По сравнению с другими теплоносителями на минеральной основе он обладает: высокой термической стабильностью; высокой стойкостью к окислению; обладает очень низкой способность к образованию нагара на поверхностях теплообменных аппаратов; отличается длительным сроком службы. Кроме того, C14-30 имеет небольшую вязкость по сравнению с рядом других теплоносителей, что способствует низкому потреблению энергии циркуляционными насосами. Наибольшим препятствием к практическому распространению теплоносителя C14-30 являются отсутствие достоверной информации о его плотности, теплоемкости, теплопроводности и вязкости в широком интервале температур.

Экспериментальное исследование теплофизических свойств теплоносителя было проведено на лабораторном оборудовании кафедры инженерной теплофизики и прикладной экологии. Для исключения термоокислительных процессов при проведении исследований при высоких температурах все экспериментальные установки были помещены в специальный герметичный шкаф заполненный инертным газом.

Исследование вязкости C14-30 выполнено капиллярным методом в высокотемпературном термостате, выполненном в виде массивного медного блока в интервале температур 20-300 ˚C. Расчет экспериментальных значений вязкости производился с учетом температурного изменения постоянной вискозиметра. Выполненный анализ показывает, что неопределенность измеренных значений вязкости образца теплоносителя с учетом погрешности тарировочного эксперимента с использованием справочных данных для дифенила не превышала 0.004 мм^2/с. Достоверность полученной оценки неопределенности измерений вязкости подтверждают данные сравнения измеренных значений вязкости дифенила со справочными данными [1, 2, 3].

Экспериментальные данные о вязкости C14-30 в диаппазоне от 20-300 ˚C были аппроксимированны уравнением:

$$\nu = 10^{\left(10^{(b-c\cdot\lg(T))}\right)} - a \qquad (1)$$

где коэффициенты уравнения a=0.799277261, b=10.02780202, c=3.980957158; T –температура, K.

Исследование плотности теплоносителя C14-30 выполнено пикнометрическим методом. Пикнометр с исследуемым образцом расположен в массивном термостате, который был изготовлен из меди. При расчете плотности образца учитывалось термическое расширение стекла, из которого изготовлен пикнометр. Полученные экспериментальные данные были аппроксимированы уравнением:

$$\rho = a + b \cdot T + c \cdot T^{2.5} \quad (2)$$

где коэффициенты уравнения a= 1.04403424; b= -0.00064381; c= $-4.8328 \cdot 10^{-9}$; T – температура, К

Выполненный анализ показывает, что неопределенность измеренных значений плотности для образца С14-30, с учетом неопределенности тарировки пикнометра, не превышает 0,00065 г/см^3.

Измерение теплоемкости исследуемого образца при высоких температурах производилось методом монотонного нагрева в бикалориметре. Формула для расчета теплоемкости исследуемого образца имеет вид

$$Cp = \left(\frac{\lambda_{\text{обр}} \cdot k \cdot \Delta\tau - C_{\text{вц}} \cdot m_{\text{вц}}}{\rho_{\text{обр}} \cdot V_{\text{слоя}}} \right) \cdot 2 \quad (3)$$

где $\lambda_{\text{обр}}$ – теплопроводность образца, Вт/м·К; k – «постоянная прибора»; $\Delta\tau$ – время запаздываня температуры на внутренней поверхности слоя жидкости по сравнению с температурой на наружной стенке, с; $Cp_{\text{вс}}$ – удельная теплоемкость материалла внутреннего цилиндра, Дж/(кг·К); $m_{\text{вс}}$ – масса внутреннего цилиндра, кг; $\rho_{\text{обр}}$ – плотность образца, кг/м^3; $V_{\text{слоя}}$ – объем слоя, заполняемого образцом, м^3.

Очевидно, что значение «постоянной» прибора (геометричекий фактор $F_1/\delta_1+F_1/\delta_1$, где F_1, F_2 – средняя поверхность цилиндрического слоя и торцевых плоских слоев, соответственно; δ_1, δ_2 – толщина слоев) будет зависить от температуры. Достоверные значения «постоянной» прибора могут быть определены только в результате проведения тарировочных опытов с использованием веществ, которые имеют точные данные о теплоемкости.

С учетом этого обстоятельства, а также с целью получения достоверной информации о теплоемкости исследуемого образца теплоносителя С14-30 в широком интервале температур была предложена двухэтапная методика исследования теплоемкости образца.

На первом этапе измерение теплоемкости образца было выполнено на низкотемпературной адиабатной калориметрической установке методом непрерывного нагрева, в диаппазоне температур от 30 до 60 ˚С [4]. Данный метод измерения теплоемкости отличается высокой точностью, однако верхний предел измерений на этой установке не может превышать 60 ˚С. Измерение теплоемкости образца в адиабатном калориметре позволяет определить значение «постоянной» прибора при низких температурах, а также увеличить достоверность полученной экспериментальной информации о теплоемкости образца в интервале температур 30– 300 ˚С.

Выполненный анализ показывает что неопределенность измереных значений теплоемкости образца методом непосредственного нагрева на адиабатном калориметре не превышает 0.007 кДж/(кг·К).

Для исследования «постоянной» прибора при высоких температурах был проведен тарировочный эксперимент с использованием справочных данных о теплоемкости дифенила [1-3].

Полученные эксперимeтальные данные о теплоемкости теплоносителя С14-30 аппроксимированы уравнением

$$Cp = a + b \cdot T^{1.5}, \text{ кДж/(кг·К)} \quad (4)$$

где a =1.394080193, b = 0.000111007– коэффициенты уравнения; Т – температура, ˚С.

Измерение теплопроводности производилось нестационарным методом нагретой нити. Основным элементом измерительной ячейки является термометр сопротивления, изготовленный из платиновой проволоки. Подробное описание измерительной ячейки приведено в работе [5]. Полученные экспериментальные данные были аппроксимированы уравнением:

$$\lambda = 0.165728012 - 0.00011068 \cdot T \quad (5)$$

Выполненный анализ показывает, что неопределенность измеренных значений теплопроводности для теплоносителя С14-30 не превышает 0.0022Вт/м·К (с учетом тарировочного эксперимента проведенного с использованием данных по толуолу.

Достоверность полученной оценки неопределенности измереных значений теплопроводности подтверждают данные сравнения измеренных значений теплопроводности дифенила с литературными данными [1, 2, 3] Максимальное отклонение экспериментальных значений теплопроводности дифенила от справочных данных не превышает 0,9%.

Результаты проведенных исследований демонстрируют рисунки 1-4

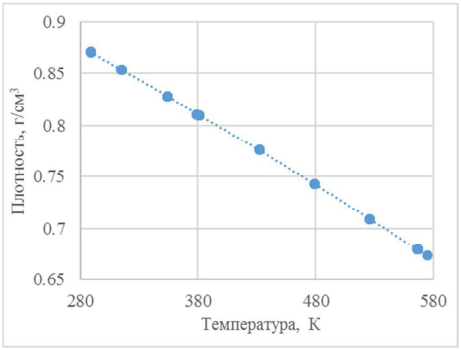


Рисунок 1. Температурная зависимость плотности теплоносителя С14-30

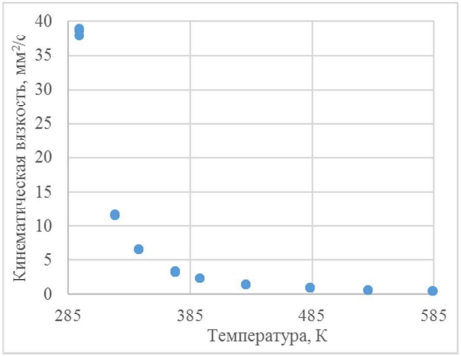


Рисунок 2. Температурная зависимость кинематической вязкости теплоносителя С14-30

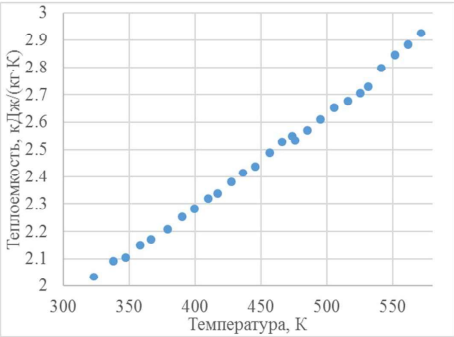


Рисунок 3. Температурная зависимость теплоемкости теплоносителя С14-30

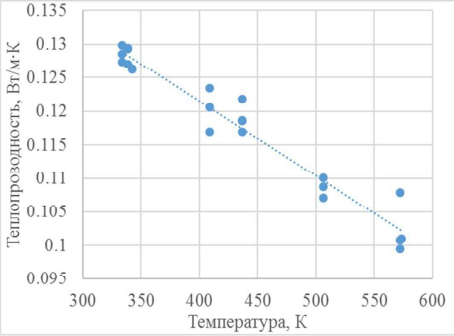


Рисунок 4. Температурная зависимость теплопроводности теплоносителя С14-30

Полученная информация по теплофизическим свойствам теплоносителя С14-30 будет использована при моделировании локальных и средних коэффициентов те теплоотдачи при вынужденной конвекции теплоносителя С14-30 в трубе.

Литература

1. Hedley, W.H., Milnes, M.V., Yanko, W.H., "Thermal Conductivity and Viscosity of Biphenyl and the Terphenyls, " J. Chem. Eng. Data, 15, 122 (1970)

2. Friz, G., "Bestimmung der Zahigheit von Polyphenylen, " EUR 594 d. Euratom, Brussels (1964)

3. Friend, J.N., Hargreaves, W.D., "Viscosities of Unsaturated Six-Membered Isocyclic Compounds, " Phil. Mag., 35, 7, 136 (1944)

4. Motovoy I., Zhelezny V., Lozovsky T. The influence of Al2O3 nanoparticles on the heat capacity of isopropanol //Abstracts Collection 1st European Symposium on Nanofluids (ESNf) 8-10 October 2017, Portugal.- P.146-150

5. Шимчук, Н. А., Геллер, В. З. Влияние различных факторов на теплопроводность нанофлюидов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – Т. 72, №6 (11). – С. 35-40.

6. Справочник по теплопроводности жидкостей и газов [Текст]: справ. / Н. Б. Варгафтик, Л. П. Филиппов, А. А. Тарзиманов [и др.]. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.

УДК 544.355-16+544.77

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОЧАСТИЦ НА ДАВЛЕНИЕ НАСЫЩЕННЫХ ПАРОВ ИЗОПРОПИЛОВОГО СПИРТА

Мотовой И.В., Семенюк Ю.В., Железный В.П.,
Одесская национальная академия пищевых технологий

Экспериментальные данные о термических свойствах нанофлюидов несут ценную информацию о структуре нанофлюида и ее изменении в зависимости от температуры и концентрации наночастиц. Кроме того, данные о термических свойствах нанофлюидов необходимы для расчета калорических свойств (изохорной, изобарной теплоемкости, энтальпии и энтропии) технически важных нанофлюидов.

В докладе представлены экспериментальные данные о давлении насыщенных паров нанофлюида изопропанол/ наночастицы Al_2O_3 с содержанием 2.53, 4.44, 6.87 и 9.55 масс.% наночастиц. Образцы нанофлюида были приготовлены путем смешивания чистого изопропилового спирта с концентрированным нанофлюидом, содержащим 20 масс.% наночастиц Al_2O_3 (производство SigmaAldrich). Средний диаметр наночастиц Al_2O_3, определенный методом сканирующей электронной микроскопии в высушенном образце составил 27.3 нм, а гидродинамический диаметр наночастиц в нанофлюиде по заявлениям производителя не превышает 50 нм.

Давление насыщенных паров образцов измерено статическим методом на установке, подробное описание которой приведено в [1]. Полученные экспериментальные данные о давлении насыщенных паров нанофлюида изопропанол/Al_2O_3 приведены в таблице 1.

Таблица 1. Экспериментальные данные по давлению насыщенных паров нанофлюида ИПС изопропанол/Al_2O_3

T, K	P, бар	T, K	P, бар	T, K	P, бар
Изопропанол (ИПС)					
297.8	0.0578	315.8	0.1622	344.7	0.6392
303.1	0.0800	332.1	0.36062		
ИПС + Al_2O_3 2.53 масс.%					
303.6	0.0832	325.9	0.2735	342.4	0.5924
ИПС + Al_2O_3 4.44 масс.%					
303.2	0.0837	323.5	0.2487	340.4	0.5502
ИПС + Al_2O_3 6.87 масс.%					
303.8	0.0894	316.0	0.1700	352.6	0.92730
305.7	0.0994	332.3	0.38153		
ИПС + Al_2O_3 9.55 масс.%					
304.1	0.0902	315.3	0.1636	334.1	0.4138
314.5	0.1579	333.7	0.4098	351.4	0.8848

Экспериментальные данные по давлению насыщенных паров в исследованном диапазоне температур были описаны уравнением (1). Это уравнение обладает хорошими экстраполяционными возможностями при расчете давления насыщенных паров исследуемых образцов в области низких температур.

$$\ln\left(P_S\right) = A\left(x\right) + B\left(x\right)\frac{1}{T} \qquad (1)$$

где P_S – давление насыщенных паров, *бар*; T – температура, *К*; $A(x)$, $B(x)$ – коэффициенты зависящие от концентрации наночастиц в нвнофлюиде.

Коэффициенты $A(x)$ и $B(x)$ были аппроксимированы уравнениями (2) и (3):

$$A\left(x\right) = -5237.7 + 802.79w \qquad (2)$$

$$B\left(x\right) = 14.762 - 2.027w \qquad (3)$$

где *a, b* – коэффициенты уравнений; *w* – массовая концентрация наночастиц в нанофлюиде, *масс.%.*

Отклонения экспериментальных данных от рассчитанных по уравнениям (1) - (3) представлены на рисунке 1.

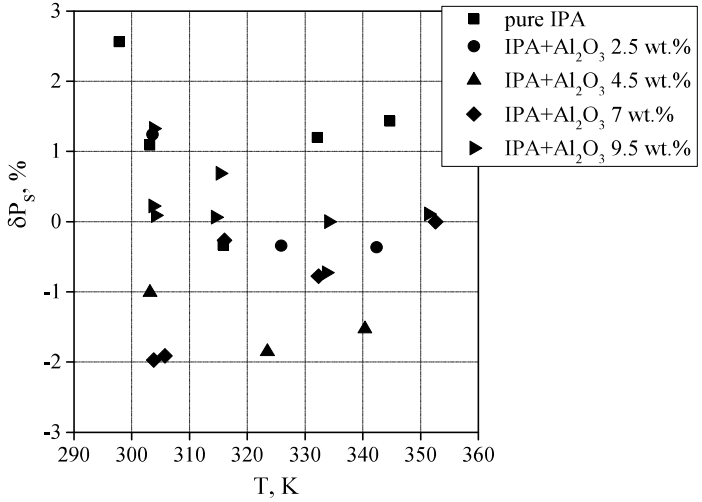


Рисунок 1 Температурная зависимость относительных отклонений экспериментальных данных по давлению насыщенных паров нанофлюида изопропанол/Al_2O_3 от значений рассчитанных по уравнениям (1)-(3)

Выполненный анализ показывает, что расширенная неопределенность полученных экспериментальных данных о давлении насыщенных паров нанофлюидов (см. таблицу 1 и рисунок 1) не превышает 0.0006 Па (0.71%).

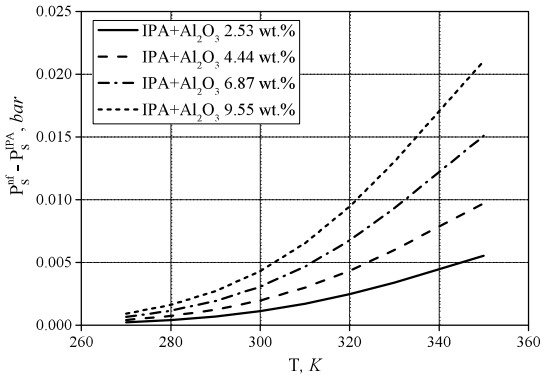


Рисунок 2 Температурная зависимость разницы давления насыщенного пара нанофлюида изопропанол/Al_2O_3 от давления насыщенного пара чистого изопропанола, рассчитанные по уравнению (1)

Полученная экспериментальная информация позволяет прийти к заключению о том, что примеси наночастиц в изопропаноле способствуют увеличению давления насыщенных паров. Причем этот эффект увеличивается по мере увеличения температуры и концентрации наночастиц Al_2O_3 (см. рисунок 2).

Литература

1. Zhelezny V., Faik A., Khliyeva O., Motovoy I., Ivchenko D., Grosu Y., Nikulin A. Caloric properties of R600a solutions in compressor oil containing fullerenes C60. *Natural refrigerant solutions for warm climate countries:* proc. the 13th IIR Gustav Lorentzen Conference on Natural Refrigerants. Valencia, Spain. June 18 to 20, 2018. DOI: 10.18462/iir.gl.2018.1176.

УДК 536.632

РОЛЬ ИЗБЫТОЧНЫХ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕПЛОЕМКОСТИ НАНОФЛЮИДОВ

Железный В.П., Хлиева О.Я., Мотовой И.В.
Одесская национальная академия пищевых технологий

В настоящее время опубликовано много статей, посвященных изучению различных теплофизических свойств нанофлюидов [1, 2]. Однако до сих пор в литературе мало результатов исследований посвященных изучению влияния наночастиц на величину плотности и теплоёмкости базовых жидкостей [3–12]. Хотя именно экспериментальные данные о величине избыточных функций мольного объема и калорических свойств несут ценную информацию о структуре нанофлюида и характере ее изменении в зависимости от температуры и концентрации наночастиц.

Предложенные в литературе уравнения для расчета плотности и теплоемкости нанофлюидов [5, 6], как правило основаны на принципах аддитивности. Причем аддитивности в рамках «газовой» модели, то есть с использованием объемных долей наночастиц в базовой жидкости. Такой подход к прогнозированию указанных свойств нанофлюидов вряд ли можно считать термодинамически обоснованным.

С учетом изложенного, целью проведенного исследования являлось разработка методов прогнозирования плотности и теплоемкости нанофлюидов. В качестве исходной информации использовались ранее полученные данные о плотности и теплоемкости модельного нанофлюида изопропанол/наночастицы Al_2O_3 [13, 14]. Из информации, приведенной в этих статьях следует, что присутствие наночастиц в изопропиловом спирте способствует увеличению плотности и уменьшению изобарной теплоемкости. Кроме того приведенные в работе [15] данные показывают, что наночастицы влияют и на теплоты фазовых переходов.Уменьшение значений теплоты фазовых переходов при наличии в изопропиловом спирте наночастиц Al_2O_3 является закономерным результатом по двум причинам. Во-первых, наночастицы занимают часть объема исследуемых образцов нанофлюидов. Поэтому при фазовом переходе меньшая масса изопропанола в образце нанофлюида изменяет агрегатное состояние. Во-вторых, в соответствии с «трехфазной» моделью нанофлюидов [16, 17], часть молекул дисперсионной среды (изопропанола) сорбируются на поверхности наночастиц образуя тем самым поверхностную фазу, свойства которой близки к свойствам изопропанола в твердой фазе, что приводит к появлению избыточных термодинамических функций изобарной теплоемкости ΔC_P и плотности ΔV [16, 17].

$$C_{P,NF} = C_{P,NP} \cdot x_{NP} + C_{P,BF}\left(1 - x_{NP}\right) + \Delta C_P, \quad (4)$$

$$V_{NF} = V_{NP} \cdot x_{NP} + V_{BF} \cdot \left(1 - x_{NP}\right) + \Delta V, \quad (5)$$

где $C_{P,NF}$, $C_{P,NP}$, $C_{P,BF}$ – изобарная теплоемкость нанофлюида, материала наночастиц (Al_2O_3) и базовой жидкости (изопропилового спирта), соответственно, Дж моль$^{-1}$К$^{-1}$; x_{NP} – мольная доля наночастиц в нанофлюиде, моль моль$^{-1}$; ΔC_P – избыточная теплоемкость, Дж моль$^{-1}$К$^{-1}$; V_{NF}, V_{NP}, V_{BF} – мольный объем нанофлюида, наночастиц и базовой жидкости, соответственно, см^3 моль$^{-1}$; ΔV – избыточный мольный объем, см^3 моль$^{-1}$.

Исходя из приведенных формул следует, что основная проблема при разработке методов прогнозирования термодинамических свойств нанофлюидов сводится к задаче определения избыточных функций. Решить эту проблему можно с использованием информации о теплоте плавления. В соответствии с «трехфазной» моделью, характеризующей внутреннюю структуру нанофлюида, определенное количество молекул изопропанола, которые образуют сорбированный слой на поверхности наночастиц (поверхностную фазу), при плавлении не будет участвовать в фазовом переходе. Проведенные экспериментальные исследования теплоты

плавления исследуемых образцов подтверждают этот вывод [15].Учитывая наличие в нанофлюидах поверхностной фазы можно записать:

$$\lambda_{NF} = \lambda_{BF}\left(1 - w_{NP} - w_{SPh}\right), \quad (6)$$

где λ_{NF} - удельная теплота плавления образца нанофлюида, Дж г$^{-1}$; λ_{BF} - теплота плавления базовой жидкости (изопропанола), Дж г$^{-1}$; w_{NP} - массовая доля наночастиц в нанофлюиде, г г$^{-1}$; w_{SPh} - массовая доля молекул базовой жидкости (изопропанола) участвующей в формировании сорбированного слоя вокруг наночастиц, г г$^{-1}$.

Из уравнения (6) следует, что концентрацию молекул в поверхностной фазе при температуре плавления базовой жидкости можно рассчитать использую информацию о теплоте плавления изопропанола и нанофлюида изопропанол/ наночастицы Al_2O_3

$$w_{SPh} = 1 - w_{NP} - \frac{\lambda_{NF}}{\lambda_{BF}}. \quad (7)$$

В рамках трехфазной модели нанофлюида термодинамические уравнения (1) и (2) могут быть переписаны в виде:

$$C_{P,NF} = C_{P,BF}\left(1 - x_{NP} - x_{SPh}\right) + C_{P,NP} \cdot x_{NP} + C_{P,SPh} \cdot x_{SPh} \quad (8)$$

$$V_{NF} = V_{BF} \cdot \left(1 - x_{NP} - x_{SPh}\right) + V_{NP} \cdot x_{NP} + V_{SPh} \cdot x_{SPh} \quad (9)$$

Располагая информацией о концентрации поверхностной фазы и данными по избыточному мольному объему и теплоемкости при температуре плавления можно прийти к следующим выводам:

- эффективная теплоемкость и мольный объем поверхностной фазы в нанофлюиде равняется теплоемкости и мольному объему твердой фазы изопропанола при температуре плавления;
- эффективную теплоемкость и мольный объем поверхностной фазы можно считать практически неизменными в интервале температур агрегативной устойчивости нанофлюида.

Располагая информацией о термодинамических свойства поверхностной фазы, о избыточном мольном объеме и теплоемкости нанофлюида изопропанол/ наночастицы Al_2O_3 можно рассчитать следующие характеристики при температуре плавления: средний объем поверхностной фазы V приходящийся на одну наночастицу; массу сорбированной на поверхности наночастиц фазы m_{SPh} в образце определенной массы; количество наночастиц в образце нанофлюида определенной массы N; средний размер наночастиц со слоем сорбированной на поверхности базовой жидкости (гидродинамический диаметр наночастиц) D_{SPh}:

$$V = \frac{4}{3}\pi\left(R_{SPh}^3 - R_{NP}^3\right), \quad (7)$$

$$m_{SPh} = m_{NF} - m_{NP} - \frac{h_{NF}}{\lambda_{BF}}, \quad (8)$$

$$N = \frac{m_{NP}}{\frac{4}{3}\pi R_{NP}^3 \rho_{NP}}, \quad (9)$$

$$D_{SPh} = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi}\frac{m_{SPh}}{\rho_{SPh} N} + R_{NP}^3}, \quad (10)$$

где V – средний объем базовой жидкости, сорбированной на поверхности наночастицы см^3; R_{NP} – средний радиус твердой фазы наночастицы (в данной работе оценивался по результатам исследования образца на электронном сканирующем микроскопе), нм; m_{SPh} – масса базовой жидкости в сорбированном на поверхности наночастиц слое в образце нанофлюида определенной массы, кг; m_{NF} – масса образца нанофлюида, г; m_{NP} – масса наночастиц в нанофлюиде, г; h_{NF} – количество энергии необходимое на осуществление плавления исследуемого образца, Дж; D_{SPh} – средний диаметр наночастиц со слоем сорбированной на

поверхности базовой жидкости (гидродинамический диаметр наночастиц), нм; N – количество наночастиц в образце нанофлюида, шт; ρ_{NP} – плотность материала наночастиц, кг м$^{-3}$; ρ_{SPh} – плотность поверхностного слоя, кг м$^{-3}$.

Формулы (7)-(10) могут быть использованы для расчета мольного объема и калорических свойств различных нанофлюидов. Однако, для расчета среднего диаметра наночастиц со слоем сорбированной базовой жидкости D_{SPh} по уравнению (10) необходимо располагать значением мольного объема базовой жидкости в кристаллическом состоянии при температуре плавления: $V_{SPh} = M_{BF} / \rho_{SPh}$. Как правило, такая экспериментальная информация в литературе отсутствует. Поэтому для определения величины мольного объема при температуре плавления можно воспользоваться зависимостью между структурно аддитивными величинами [18]:

$$V_{SPh} = Or = 0.788 \cdot V_{NB}, \qquad (10)$$

где Or – ортохор (мольный объем вещества при температуре плавления) м^3 моль$^{-1}$; V_{NB} – мольный объем вещества при температуре кипения при нормальном давлении $1.013 \cdot 10^5$ Па.

Рассчитанные по предложенной методике значения концентрации поверхностной фазы с использованием данных о избыточном мольном объеме и избыточной теплоемкости для модельного нанофлюида изопропанол/наночастицы Al_2O_3 приведены на рисунке 1. Рассчитанные по формуле (10) значения гидродинамического диаметра наночастиц для этого же нанофлюида в широком интервале температур приведены на рисунке 2.

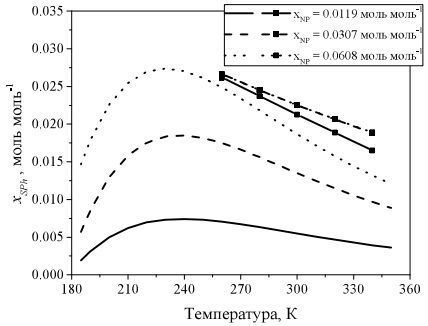


Рисунок 1 - Температурная зависимость концентрации поверхностного слоя в нанофлюидах изопропанол/наночастицы Al_2O_3: рассчитанная с использованием данных о избыточном мольном объеме (линии с точками); рассчитанная с использованием данных о избыточной теплоемкости (сплошные линии)

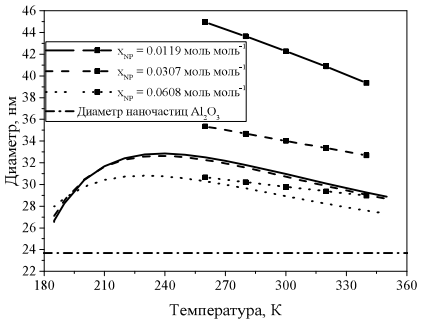


Рисунок 2 - Температурная зависимость среднего диаметра наночастиц со слоем сорбированной на их поверхности базовой жидкости, рассчитанная по формуле (10): рассчитанная с использованием данных о избыточном мольном объеме (линии с точками); рассчитанная с использованием данных о избыточной теплоемкости (сплошные линии)

Рассчитанная информация о концентрации молекул базовой жидкости, находящихся в поверхностной фазе и о среднем диаметре наночастиц со слоем сорбированной на их поверхности базовой жидкости (гидродинамическом диаметре) может быть использована для разработки методов прогнозирования различных теплофизических свойств в рамках трехфазной модели нанофлюидов.

Литература

1. Angayarkanni S.A., Philip J. Review on thermal properties of nanofluids: Recent developments // Advances in Colloid and Interface Science. 2015. Vol. 225. P. 146–176. doi: 10.1016/j.cis.2015.08.014.

2. Murshed S.M.S., Leong K.C., Yang C. Thermophysical and electrokinetic properties of nanofluids – A critical review // Applied Thermal Engineering. 2008. Vol. 28. No 17–18. P. 2109–2125. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2008.01.005.

3. Namburu P.K. et al. Experimental investigation of viscosity and specific heat of silicon dioxide nanofluids // Micro & Nano Letters. 2007. Vol. 2. No 3. P. 67–71. doi: 10.1049/mnl:20070037.

4. Starace A.K. et al. Nanofluid heat capacities // Journal of Applied Physics. 2011. Vol. 110. No 12. P. 124323. doi: 10.1063/1.3672685.

5. Pak B.C., Cho Y.I. Hydrodynamic and heat transfer study of dispersed fluids with submicron metallic oxide particles // Experimental Heat Transfer. 1998. Vol. 11. No 2. P. 151–170. doi: 10.1080/08916159808946559.

6. Xuan Y., Roetzel W. Conceptions for heat transfer correlation of nanofluids // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2000. Vol. 43. No 19. P. 3701–3707. doi: 10.1016/S0017-9310(99)00369-5.

7. O'Hanley H. et al. Measurement and Model Validation of Nanofluid Specific Heat Capacity with Differential Scanning Calorimetry // Advances in Mechanical Engineering. 2012. Vol. 4. P. 181079. doi: 10.1155/2012/181079.

8. Raud R. et al. Experimental study of the interactivity, specific heat, and latent heat of fusion of water based nanofluids // Applied Thermal Engineering. 2017. Vol. 117. P. 164–168. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2017.02.033.

9. Vajjha R.S., Das D.K. Specific Heat Measurement of Three Nanofluids and Development of New Correlations // Journal of Heat Transfer. 2009. Vol. 131. No 7. P. 071601. doi: 10.1115/1.3090813.

10. Zhou S.-Q., Ni R. Measurement of the specific heat capacity of water-based Al2O3 nanofluid // Applied Physics Letters. 2008. Vol. 92. No 9. P. 093123. doi: 10.1063/1.2890431.

11. Yiamsawasd T., S. Dalkilic A., Wongwises S. Measurement of Specific Heat of Nanofluids // Current Nanoscience. 2012. Vol. 8. No 6. P. 939–944. doi: 10.2174/157341312803989132.

12. Shin D., Banerjee D. Enhanced Specific Heat of Silica Nanofluid // Journal of Heat Transfer. 2011. Vol. 133. No 2. P. 024501. doi: 10.1115/1.4002600.

13. Zhelezny V.P. et al. Research into the influence of Al2O3 nanoparticle admixtures on the magnitude of isopropanol molar volume // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. P. 33–38. doi: 10.15587/1729-4061.2017.97855.

14. Lozovsky T.L. et al. The influence of nanoparticles Al2O3 on isopropyl alcohol heat capacity // Rerigeration Engineering and Technology. 2016. Vol. 52. No 1. P. 70–79. doi: dx.doi.org/10.21691/ret.v52i1.47.

15. Motovoy I., Zhelezny V., Lozovsky T. An influence of Al2O3 nanoparticles on the heat capacity of isopropyl alcohol in metastable and solid phase // 1st European Symposium on Nanofluids. Lisboa, Portugal: , 2017. P. 174–178.

16. Motovoy I., Zhelezny V., Lozovsky T. The influence of Al2O3 nanoparticles on the heat capacity of isopropanol // 1st European Symposium on Nanofluids. Lisboa, Portugal: , 2017. P. 169–173.

17. Zhelezny V.P., Motovoy I.V., Ustyuzhanin E.E. Prediction of nanofluids properties: The density and the heat capacity // Journal of Physics: Conference Series. , 2017. doi: 10.1088/1742-6596/891/1/012347.

18. Zhelezny V., Sechenyh V., Nikulina A. A New Scaling Principles–Quantitative Structure Property Relationship Model (SP-QSPR) for Predicting the Physicochemical Properties of Substances at the Saturation Line // Journal of Chemical & Engineering Data. 2014. Vol. 59. No 2. P. 485–493. doi: 10.1021/je400933x.

УДК 621.892.28

РОЗЧІННІСТЬ ХОЛОДОАГЕНТА R290 В ПОЛІЕФІРНИХ ТА АЛКІЛ-БЕНЗОЛЬНИХ МАСТИЛАХ

Корнієвич С. Г., Желєзний В.П.
Одеська національна академія харчових технологій

Правильний вибір мастила сприяє довготривалій і надійній роботі компресора. До компресорних мастил пред'являють певні вимоги залежно від умов їх роботи, виду холодоагенту, температур його кипіння та конденсації і т.д.

Взаємна розчинність мастила з холодоагентами має суттєвий вплив на характеристики та роботу холодильної машини і компресора. Охолодження, енергетичні показники, пускові характеристики компресора, теплообмін в апаратах, циркуляція мастила та надійність компресора в значній мірі визначаються теплофізичними властивостями реального робочого тіла - РХМ.

Основне протиріччя при виборі мастила для парокомпресійної холодильної машини полягає в тому, що кращі умови змащення і ущільнення компресорів досягаються при використанні мастил з низькою розчинністю, в той час як нормальна циркуляція мастила в системі забезпечується при добрій взаємній розчинності з холодоагентом. Холодоагенти з необмеженою розчинністю утворюють з мастилом гомогенні розчини в будь-якій пропорції. Холодоагенти з обмеженою розчинністю змішуються з маслами тільки в певних інтервалах температур і концентраціях. При досягненні критичної температури розшарування, розчин розділяється на дві рідкі фази, що мають різні концентрації.

Розчинене в рідкому холодоагенті мастило знижує холодопродуктивність компресорної системи. Оскільки тиск розчину холодоагент / масло нижче тиску чистого холодоагенту, при заданій температурі кипіння у випарнику тиск і дійсна холодопродуктивність, холодильний коефіцієнт зменшуються, а робота стиснення збільшується зі збільшенням концентрації масла в циркулюючому робочому тілі і зі зменшенням фіктивного перегріву в випарнику.

Таким чином розчинність мастила в холодоагенті має важливе значення для нормальної циркуляції масла та повернення його в компресор.

Актуальність проблеми вивчення розчинності хладагентов в мастила продиктоване вирішенням глобальних еколого-енергетичних проблем, пов'язаних із заміною галоїдопохідних холодагентів на альтернативні, які мають нульовий потенціал озонового руйнування і низьке значення потенціалу глобального потепління. Одним з таких холодоагентів, який призначений для заміни холодоагенту R22 (та запропонованих для його заміни численних суміше-вих холодоагентів) є пропан (R290).

На жаль в літературі практично відсутня інформація тільки про теплофізичні властивості розчинів R290 / масло, та й дані про криву розшарування пропану з новими мінеральними і синтетичними маслами.

В експерименті було використано 2 різних мастила: ProEco® RF 22S і RENISO SP46, а також пропан. Основні параметри яких наведені нижче.

Масло ProEco® RF 22S (поліефірне) фірми BASF виробництва Emgard®, в'язкість при 40 ° C - 22.26 мм ² / с.

Масло RENISO SP46 (алкілбензольне) фірми FUCHS (fuchs petrolub se), в'язкість при 40 ° C - 46 мм² / с

Пропан (C3H8) CAS No. 74-98-6, чистота 98%.

Принципова схема установки для дослідження кривої розшарування розчинів холодоагент / масло зображена на рис. 1.

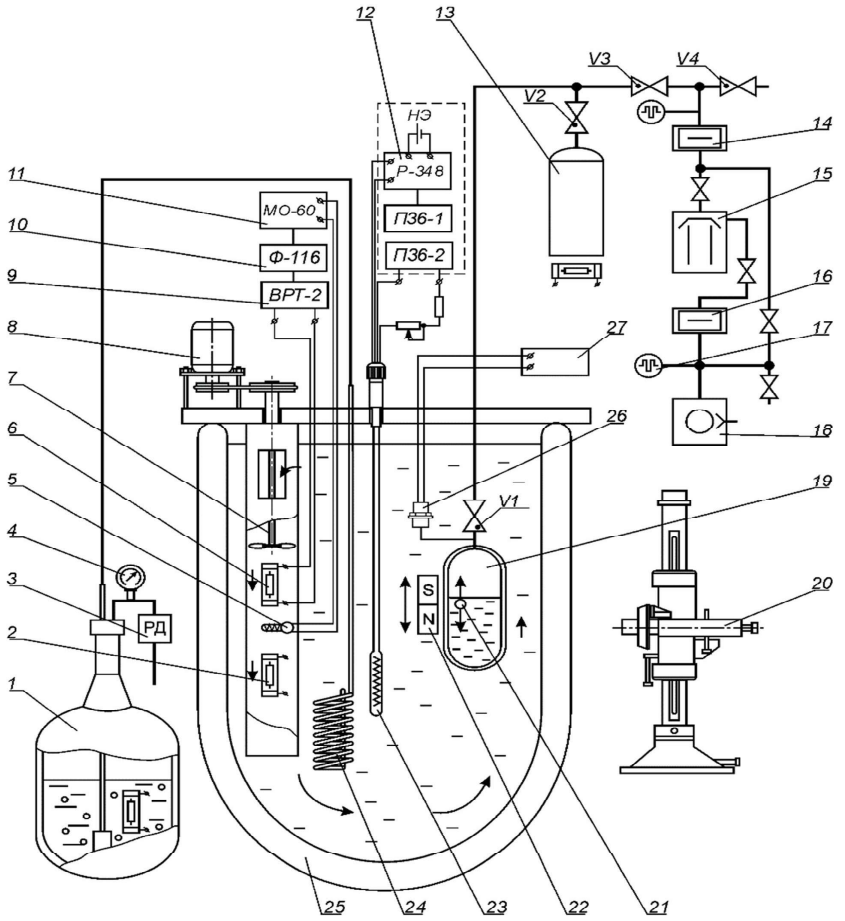


Рис. 1 - Принципова схема установки для вимірювання густини і параметрів фазової рівноваги РХМ:
1 - посудина Дюара з рідким азотом; 2 - розгінний нагрівач; 3 - регулятор тиску; 4 - зразковий манометр; 5 - датчик системи регулювання температури (термометр опору); 6 - регульований нагрівач; 7 - мішалка; 8 - електропривод мішалки; 9 - автоматичний регулятор температури ДРТ-2; 10 - фотопідсилювач Ф-116; 11 - міст постійного струму МО-60; 12 - потенціометр постійного струму Р-348; 13 - заправний балончик; 14, 16 - кріогенна вакуумна пастка; 15 - дифузний вакуумний насос моделі ЦВЛ-100; 17 - термопарний манометричний перетворювач; 18 - форвакуумний насос моделі ВН-461М; 19 - вимірювальна ячійка; 20 - катетометри КМ-8; 21 - магнітна мішалка; 22 - магнітний привід мішалки; 23 - платиновий термометр опору ПТС-10; 24 - теплообмінник; 25 - скляна посудина Дюара; 26 - датчик тиску; 27 - мультиметр; V1, V2, V3, V4 – вентилі

Установка реалізує статичний метод вимірювання фазових рівноваг рідина-рідина. Вимірювальна ячійка 19 представляла собою скляну ампулу з коваровим штуцером, до якого під'єднувався запірний «гарячий» вентиль V1. Ампула встановлювалася в рідинному термостаті (скляній посудині Дьюара) 25. Термостат забезпечений мішалкою 7 і електричними нагрівачами 2, 6. Як термостатуюча рідина використовувалися пентан і уайт-спіріт. Охолодження термостата здійснювалося парами азоту, що надходили в теплообмінник 24 з посудини Дьюара 1, в якому за допомогою регулятора 3 підтримувався певний рівень тиску, що забезпечувало сталість витрати азоту через теплообмінник. Постійна температура (з коливаннями більше 0,02 К) в термостаті підтримувалася за допомогою автоматичної системи регулювання, що складалася з датчика температури 4 (технічного платинового термометра опору), моста постійного струму 5, підсилювача 10, високоточного регулятора температури 9 і нагрівача 6.

Температура в термостаті вимірювалася компенсаційним методом за допомогою зразкового термометра опору 23 ПТС-10, потенціометра Р348 класу точності 0,002 і зразковою котушки Р-321 класу точності 0,01. У схемі вимірювання використовувалися стабілізовані джерела живлення типу П36-1 і П36-2. Похибка вимірювання температури не перевищувала 0,02 К.

Тиск пару РХМ вимірювалося п'єзоелектричним перетворювачем тиску 26 з похибкою не вище 0,25%. Перетворювач тиску перебував у зоні термостатирування, що забезпечувало відсутність «баластного об'єму» в вимірювальній ячійці.

Перед заправкою в вимірювальну ячійку масло очищалося від домішок води і розчинених газів. Ця процедура здійснювалася при вакуумуванні зразка РХМ, нагрітого до температури 388 К. Холодоагент зазнавав очищення від газів, методом багаторазової кристалізації під вакуумом. Вакуумна система, що складалася з форвакуумного насоса 18, дифузійного вакуумного насоса 15 і кріогенних вакуумних пасток 14, 16, забезпечувала тиск не вище 0,1 Па.

Заправка вимірювальної ячійки досліджуваним маслом здійснювалась з шприца, а заправка холодоагентом - з балончика 13. Після заправки вимірювальної ячійки охолоджувалася рідким азотом і вакуумована. Для визначення маси заправлених речовин шприц і балончик зважувалися до і після заправки на лабораторних аналітичних вагах з похибкою одиничного зважування $5 \cdot 10^{-7}$ кг.**У** процесі дослідження кривої розшарування періодично проводилося слабке перемішування розчину за допомогою мішалки 21. Якщо тиск і рівень кордону розділу фаз не змінювалися протягом 30 хв., Вважалося, що розчин досягав стану термодинамічної рівноваги.

Дослідження параметрів фазової рівноваги рідина-рідина проводився методом візуального спостереження за станом рідкої фази розчину. На початковій стадії досліду розчин приводився в гомогенний стан. Потім з певним кроком температура в термостаті змінювалася (напрямок зміни температури залежав від положення критичної точки на кривій розшарування) до тих пір, поки в розчині не відбувалося помутніння (опалісценція). Описана процедура повторювалася кілька разів зі зменшенням кроку зміни температури до 0,05 К.

Остаточно температура на лінії рівноваги рідина-рідина приймалася рівною значенню, при якому спостерігалося помутніння розчину. Зазвичай при цій температурі з часом відбувалося розшарування розчину на дві рідкі фази з утворенням чіткої межі розділу між ними.

Очевидно, що похибка визначення температури розшарування залежить, в першу чергу, від кроку, з яким змінюється температура термостата, і від часу підтримки її постійною. Проведені дослідження показують, що температури, відповідні гомогенному стану розчину і початку помутніння, в більшості випадків відрізняються на (0,1 ... 0,2) К. Слід зазначити, що підвищення ступеня відтворюваності результатів дослідження кривої розшарування РХМ сприяло перемішування розчину за допомогою мішалки 21 .

У таблиці 1 наведені параметри при яких проведені дослідження параметрів кривих розшарування РХМ з різними концентраціями.

Таблиця 1 - Розчинність мастил при різній концентрації та температурі

Поліуфірне мастило ProEco® RF 22S			Розчинність	Алкілбензольне мастило RENISO SP46			Розчинність
Температура, ^{0}C	Концентрація мастила, кг/ кг	Концентрація холодоагента R290, кг/кг		Температура, ^{0}C	Концентрація мастила, кг/ кг	Концентрація холодоагента R290, кг/кг	
-56	44,33%	55,67%	да	1	57%	43%	да
-44	34,40%	65,60%	да	-6	49,31%	50,69%	да
-36	27,80%	72,20%	да	-12	38,73%	61,27%	да
3	46%	54%	да	-29	33,55%	66,45%	да
-2	46%	54%	да	1	7,80%	92,80%	да
-32	46%	54%	да	-21	7,80%	92,80%	да
-48	46%	54%	да	-41	7,80%	92,80%	да
-41	7,10%	92,90%	да	-58	7,80%	92,80%	да
-49	7,10%	92,90%	да	0	10,80%	89,20%	да

Проведені дослідження показують, що в діапазоні досліджених параметрів спостерігається повна розчинність холодоагенту R290 в компресорних мастилах ProEco® RF 22S і RENISO SP46. За отриманими результатами можна зробити висновок про те, що поліефірне мастило ProEco® RF 22S і алкілбензольне RENISO SP46 мають дуже добру розчинність в пропані (R290) принаймні до температури мінус 55 ° С..

Список літератури

1. Железный В.П., Семенюк Ю.В. Рабочие тела парокомпрессорных холодильных машин: свойства, анализ применение: моногр./В.П. Железный, Ю.В. Семенюк.- Одесса: Фенікс, 2012.-420с.
2. Железный В.П., Семенюк Ю.В. Теплофизические свойства растворов хладагентов в компрессорных маслах: моногр./В.П. Железный, Ю.В. Семенюк.- Одесса: Фенікс, 2013.-419с.

УДК 621.56

СУЧАСНІ АСПЕКТИ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ АМІАЧНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК

Желіба Ю.О.[1], к.т.н., доцент, Желіба Т.О.[2], Сливинська М.В[1].
[1]Одеська національна академія харчових технологій
[2]Одеський національний політехнічний університет

Аміачні холодильні системи та установки не тільки не втратили свої позиції з ряду відомих причин а й стали більш затребувані для вирішення задач промислового холодопостачання. Декларування безпеки експлуатації таких установок, як потенційно небезпечних об'єктів, так і об'єктів підвищеної небезпеки є обов'язковим відповідно вимог чинного законодавства України, країн Європейського Союзу та інших розвинених країн. Тому розробка науково обґрунтованих положень для методик такого декларування є актуальною задачею, щоб не створювати псевдо заспокійливих прогнозів щодо можливого виникнення аварійних ситуацій, їх розвитку в аварії, особливо прогнозування наслідків таких можливих аварій.**У** попередніх роботах авторів було проведено детальну розробку логістичних сценаріїв розвитку ряду аварійних ситуацій для найпростішої (за схемою, переліком складових апаратів) аміачної холодильної системи. Було показано, що завдяки використанню СПАЗ на базі сучасних приладів захисної автоматики (перш за все, виробництва фірми Danfoss), ймовірність виникнення аварії на таких установках складає величини, що суттєво менші прийнятого порогового значення 10^{-6}. Проаналізовано наслідки дії таких уражаючих факторів можливих аварій як теплове випромінювання, ударна хвиля у разі виникнення пожежі-спалаху аміакоповітряної хмари (суміші). Проведено співставлення результатів розрахунків за різними методиками, пробіт- функціями, яке продемонструвало (в основному) узгодженість та необхідну наукову обґрунтованість результатів. Винятком є характеристики випаровування розлитого рідкого аміаку у випадку аварії та хімічної дії (отруєння, опіки) аміакоповітряних сумішей на людей, тварин що прогнозуються за вітчизняним нормативними документами. Тому подальший обґрунтований розв'язок цієї низки екологічних та техногенних питань остається актуальним.**У** даній роботі розглянуто більш складну холодильну систему за рахунок доповнення попередніх схемних рішень декількома аміачними ресиверами, що працюють на розгалужені системи охолодження різного температурного рівня. Показано, що якщо такі ресивери «обв'язані» згідно вимог НТД запобіжними клапанами, приладами автоматичного змішування кисню з аміаком та підпалюванням суміші на виході з запобіжника, одно-трьох позиційними рівнемірами аміаку в ресивері з виходом електричного сигналу на соленоїдні відсічні вентилі, приладами для вимірювань значень тиску та температур із подачею сигналів на відключення (відокремлення) окремих технологічних блоків установки один від одного, тощо, то ймовірність аварії, у цілому, остається на рівні тих же значень, що і для не складної аміачної холодильної системи. Прогнозування дії хімічного ураження було проведено за міжнародною методикою розрахунку концентраційних полів аміакоповітряної хмари, динаміки випаровування розлитого аміаку та розповсюдження хмари, формування токсодоз за різних метеорологічних умов. На жаль, висновок про наукову обґрунтованість та узгодженість результатів досліджень за методиками різних авторів та вимогами НТД України зробити не можна. У доповіді аналізуються шляхи розв'язку та отримані результати досліджень перелічених проблем.**У**провадження нової нормативної документації, яка регламентує обладнання та експлуатацію потенційно небезпечних об'єктів та об'єктів підвищеної небезпеки, у тому числі аміачних холодильних установок (АХУ), обумовила нові підходи до проектування систем раннього виявлення можливих надзвичайних ситуацій та систем упередження аварійних ситуацій та аварій. Якщо раніше дозволялось експлуатувати АХУ навіть без систем «газоаналізації» повітря приміщень за наявності постійно присутнього обслуговуючого персоналу, то віднині для об'єктів підвищеної

небезпеки з'явились вимоги, які знижують конкурентоспроможність невеликих АХУ у порівнянні з холодильними системами що працюють на хладонах. Ця вимога обґрунтована, дійсно направлена на зниження ризиків, проте не співпадає з світовими тенденціями розвитку холодильної техніки, які віддають перевагу саме аміаку.

Відповідно за результатами математичного прогнозування рівнів ризиків можливих техногенних та екологічних аварійних ситуацій та аварій, наслідків можливих аварій, кожний об'єкт, де експлуатуються аміачні установки, повинен бути обладнаний комплексом автоматизованого виявлення загрози виникнення техногенних надзвичайних ситуацій та оповіщення людей. Відповідно до вимог комплекс повинен складатися з таких частин:

- система раннього виявлення загрози виникнення надзвичайної ситуації – вихід параметрів експлуатації за межі робочих регламентних режимів;
- автоматизована система виявлення надзвичайної ситуації – стосовно АХУ це газоаналізатори повітряної суміші приміщення та площадок;
- система оповіщення керівного складу та персоналу об'єкту про загрозу чи виникнення надзвичайної ситуації;
- система оповіщення відповідальних посадових осіб територіальних органів МНС України, органів виконавчої влади, пульти централізованого моніторингу техногенної та екологічної безпеки регіону;
- пульти централізованого спостереження за регламентними характеристиками процесів;
- система оповіщення населення, що проживає або знаходиться в прогнозованих зонах ураження небезпечними чинниками можливих аварій АХУ з викидом СДОР - аміаку.

Діючі підприємства, що експлуатують АХУ, поки не відповідають вимогам попередження техногенних та екологічних аварій та оповіщення. На приведення їх технічного стану до рівня вимог знадобиться декілька років зусиль державних інспекцій; значні кошти як підприємств так і бюджетів різних рівнів. Що стосується будівництва нових та реконструкцій діючих об'єктів небезпеки, то обладнання систем раннього виявлення та оповіщення уже є обов'язковою складовою проектної документації. З технічної точки зору принципових проблем обладнання комплексів не має, адже є багаторічний досвід обладнання систем протиаварійного захисту (СПАЗ) АХУ, які досить легко дооснащуються сучасним електронним обладнанням та датчиками. Проте є й низка перешкод, серед яких: відсутність чіткого розмежування відповідальності за обладнання усіх семи складових комплексу між підприємствами, МНС України, органами місцевого самоврядування, як по фінансуванню, так і по організації упровадження та експлуатації; необхідність узгодження комплексу з іншими системами протиаварійного захисту виробничої автоматики, раннього виявлення аварійних систем, пожежної сигналізації; відсутність визначеності мінімальної ємності холодильних установки по аміаку, за якої комплекси можуть бути обладнані у спрощеній комплектності, або зовсім не обладнуватись, адже рівень вимог до комплексів не залежить від рівня прогнозованої небезпеки і ризиків техногенних та екологічних аварій і однаковий, як для АХУ аміакоємністю 35-50 кг, так і для комплексів по виробництву аміаку з аміакоємністю систем та складів у тисячі тонн. Не виключено, що для малоємних холодильних установок вартість комплексу може зрівнятись з вартістю самої установки.

Проте відмічені складнощі не знижують актуальності та доцільності упровадження систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій для АХУ. Технічні та організаційні особливості їх обладнання апробовані авторами доповіді під час проектування, виконання монтажних, пусконалагоджувальних робіт та здачі комплексу держкомісії в експлуатацію та подаються до обговорення.

УДК 662.613.1

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ ЦИКЛОННОЙ ТОПОЧНОЙ КАМЕРЫ ДЛЯ СЖИГАНИЯ ЛУЗГИ ПОДСОЛНУХА

Збараз Л. И., канд. техн. наук, Павлова В. Г., канд. техн. наук,
Национальний технический университет «Харьковский политехнический институт»

В процессе производства растительного масла из каждой тонны сырья образуется 17…19 % лузги, часть из которой сжигается в котлах для получения технологического пара. В ходе развития энергетических технологий сегодня применяется несколько принципиально разных технологий сжигания лузги семян подсолнуха, основанных на сжигании в слое, в факельной и циклонной топке.

В последнее время на Украинских маслоэкстракционных заводах (МЭЗах) активно внедряется циклонная технология. Циклонные камеры сжигания, благодаря особенностям вихревой аэродинамики, позволяют организовать наиболее полное сгорание топлива за короткий промежуток времени (до выноса несгоревшего топлива из топочной камеры). Кроме того, поскольку геометрия лузги постоянная, вихревая аэродинамика в циклонной топке позволяет добиться низких коэффициентов избытка воздуха (до 1,18), что в свою очередь повышает КПД всей котельной установки до 84…85 %.

Однако, методики расчёта и конструирования циклонной камеры сжигания лузги на сегодняшний день нет. Работающие на рынке Украины проектно-конструкторские организации «на ощупь» конструируют топочные устройства, и после монтажа выводят их на расчётную мощность, зачастую за счёт многочисленных переделок. Эти переделки затрагивают как геометрию топочной камеры (диаметр и высоту), так и аэродинамику (количество и диаметр сопел, угол их установки и т.д.)

Вместе с тем, типоразмеры котлов, эксплуатируемых на Украинских МЭЗах не велико. Это, как правило, ДКВР паропроизводительностью 2,5; 4,0; 6,5; 10,0 и 20,0 т/час, для которых применяется вертикальная циклонная топка, расположенная под подом котла (рис. 1).

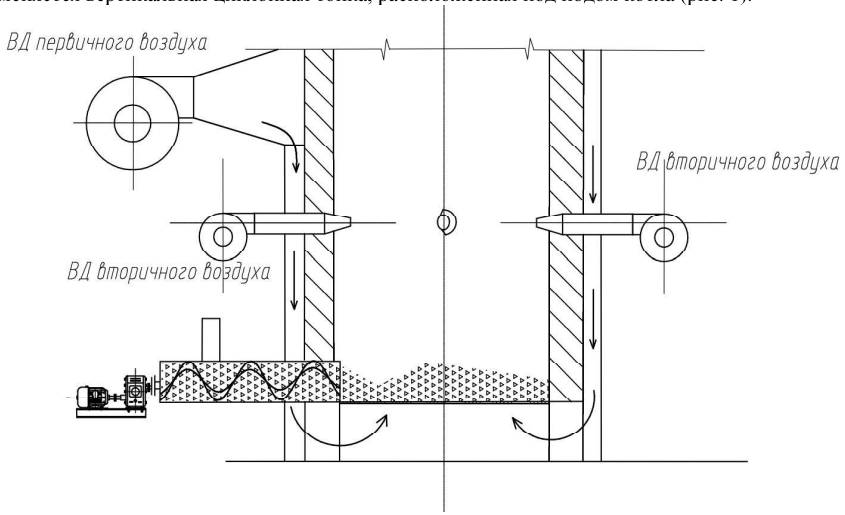


Рис. 1 – Вертикальная циклонная топка для сжигания лузги.

Анализируя основополагающие работы Г.Ф. Кнорре, А.Н. Ковригина, Ю.Л. Маршака, Л.К. Рамзина и др. можно остановиться на следующих уравнениях, описывающих процесс работы циклонной топки:

I. Движение частицы топлива в закрученном аэродинамическом потоке;
II. Время выгорания частицы топлива;
III. Количество теплоты, выделяющееся по мере выгорания частицы;
IV. Теплообмен между газовоздушным потоком и горящей частицей;
V. Взаимное влияние частиц топлива.

Поскольку задача достаточно сложная, решать её необходимо для котла конкретной марки и типоразмера. Моделирование процессов вихревого горения частицы топлива предполагается выполнить с помощью пакета прикладных программ Ansys Fluent для котла ДКВР 10/13. Такая циклонная топочная камера смонтирована, например, на МЭЦ в г. Сумы. Это позволит установить, насколько адекватна принятая математическая модель и корректны результаты вычислений.

Литература

1. Г.Ф. Кнорре Теория топочных процессов. – М.-Л.; Энергия. 1966. – 491 с.

УДК 621.577

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВОГО НАСОСУ ДЛЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ

І.В. Калініченко, ст. викл.; В.В. Сидорова, студентка
Національний ун-т кораблебудування ім. адм. Макарова, Херсонська філія (Херсон)

На сьогоднішній день теплогенеруючим джерелом для житлових будівель є міська ТЕЦ, яка знаходиться на відстані від 1 до 10 км, що обумовлює значні втрати теплоти при доставці теплоносія. З огляду на часті перебої в роботі ТЕЦ, а також незадовільний стан тепломереж, виникло питання про перехід від централізованого до автономного теплопостачання.

Розглядалося кілька альтернативних варіантів автономного теплопостачання для квартир: газові та електричні котли, теплові насоси і т.д, та для приватного сектору: твердопаливні та газові котли, теплові насоси.

Газові котли. Позитивним моментом у використанні газового котла для житлового будинку є його економічність і можливість регулювання температури теплоносія, що подається в порівнянні з ТЕЦ.

Недоліки даного опалення наступні:

- установка газового котла передбачає дотримання безлічі умов, що стосуються як технічного стану, так і оформлення відповідної документації. Необхідно узгодити свої дії з газопостачальною службою, для чого слід надати проект, договір з монтажною організацією, копію ліцензії цієї організації на здійснення діяльності подібного роду;
- необхідно подбати про наявність димоходу для виведення відпрацьованих речовин. Установку потрібно проводити в добре провітрюваному приміщенні, що має окремий вихід на вулицю. Це особливо важливо для котлів з пальником атмосферного типу;
- при зниженні тиску в системі газопроводу котел починає коптити, знижується коефіцієнт його корисної дії;
- при площі менше 100 м^2 застосування газового котла стає не тільки економічно невигідним, а й небезпечним; необхідна установка автоматики, яка здійснює контроль за витоком газу.

Електричні котли та бойлери. На сьогоднішній день на ринку України представлена величезна кількість електричних котлів та бойлерів, що дозволяє підібрати оптимальний варіант установки для теплопостачання. Але їх основним недоліком є велика кількість споживаної електроенергії. Тарифи на електроенергію великі, і в майбутньому можливо лише їх збільшення, тому використання такої установки економічно недоцільним [1].

Недоліки твердопаливного котла. Наслідком циклічності роботи є нестабільна температура у будівлі, низький комфорт, перевитрати палива. Транспортування та зберігання великого об'єму палива, що необхідне твердопаливному котлу, бруд, пил, комахи, запах, сажа, травми, регулярне завантаження та чистка котла, прибирання приміщень - супутники твердопаливного котла. Погіршення екології від застосування твердопаливного котла призводить до хвороб. Вартість котельної "під ключ" з твердопаливним котлом орієнтовно дорівнює сучасному тепловому насосу [1, 2].

Теплові насоси. Технічна можливість і енергетична ефективність застосування теплових насосів в якості джерел теплопостачання для систем опалення вже доведена майже півтора століття тому. Однак практичне використання ці розробки в Україні отримали тільки в останні десятиліття.

За принципом дії найбільш поширеними є парокомпресорні або абсорбційні схеми теплових насосів. Як джерело теплоти низького потенціалу можна використовувати грунтові води (t = 8 ... 15°C), грунт (t = 5 ... 10°C), атмосферне повітря (t = 0 ... 10 C), водопровідну воду (t = 9 … 20°C), каналізаційні стоки (t = 10 ... 17°C).

Так, в 2015 році Антонівська школа № 21 Херсонської міської ради виграла грант в розмірі 2,5 млн. євро на будівництво "зеленої школи", який надав фінський Фонд "Північна ініціатива гуманітарної підтримки і енергоефективність (НЕФКО України) - Збірні переносні будинки для соціальної інфраструктури в Україні". А Херсон став першим містом в Україні, який виграв грант на реалізацію такого проекту, а у 2016 школу відкрили [3].

На даному об'єкті був встановлений досить великий парк енергозберігаючого обладнання, у тому числі і тепловий насос компанії ВДЕ **"повітря-вода",** потужністю 35 кВт з компресором фірми "Emerson" (Copeland) EVI - з уприскуванням пара. Температурний режим роботи - до мінус 15°С.

У літню пору тепловий насос працює як холодильна машина з повітряним охолодженням конденсатора, а неавтономні кондиціонери забезпечують всі приміщення кондиціонованим повітрям [3].

В табл. та на рис. приведені порівняння вартості опалення житлових приміщень різними способами [1, 2].

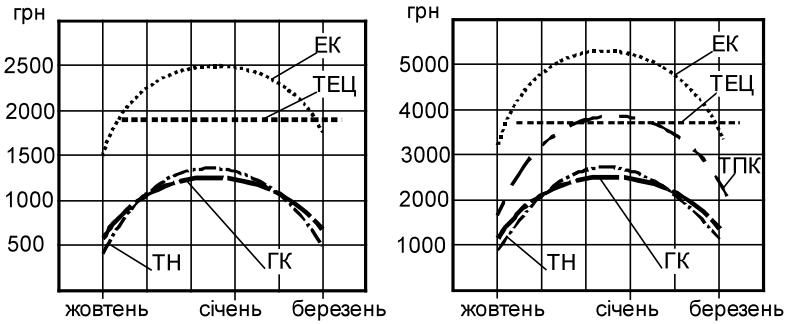


Рисунок. Вартість опалення житлових приміщень
ЕК – електрокотел; ТЕЦ – теплоелектроцентраль; ТПК – твердопаливний котел; ГК – газовий котел; ТН – тепловий насос

Таблиця. Вартість опалення житлових приміщень

	жовтень		січень		березень	
	Квартира 50м^2	Приватний Будинок 100м^2	Квартира 50м^2	Приватний Будинок 100м^2	Квартира 50м^2	Приватний Будинок 100м^2
ТЕЦ	1900	3800	1900	3800	1900	3800
ЕК	1500	3200	2500	5400	1700	3500
ГК	490	1050	1120	2450	560	1400
ТПК	-	1700	-	3900	-	2100
ТН	420	900	1300	2800	480	1200

Інформаційні джерела

1. Закиров, Д.Г. Состояние и перспективы использования низкопотенциальной теплоты с помощью тепловых насосов // Промышленная энергетика. - №6. – 2004 г. – с. 2 – 9.

2. Порівняння вартості опалення твердопаливним котлом і теловим насосом // NIBE. – Режим доступу http://www.nibe.ua.

3. Соколов В. Реконструкция зданий с радикальным повышением энергоэффективности // Тепловые насосы. – Запорожье: Информационное энергетическое агентство «ЭСКО». - №2. – июль 2017. – с. 42 - 43.

УДК 621.643

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПОИСКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ КОНТУРОВ КОЛЬЦЕВОЙ ГАЗОВОЙ СЕТИ

Бузовский В.П., к.т.н., ассистент, Кологривов М.М., к.т.н., доцент
Одесская национальная академия пищевых технологий

Предложен формализованный подход для гидравлического расчета разветвленной тупиковой и кольцевой газовой сети, который может быть использован при разработке систем автоматизированного проектирования газовых сетей [1,2]. Большую пользу данный подход может принести при расчете кольцевых газовых сетей, поскольку позволяет сложные итерационные вычисления переложить на ЭВМ. Суть формализации состоит в представлении структурных связей элементов газовой сети в виде матриц. Такими элементами являются трубопроводы, вершины, пересечения трубопроводов, и контуры. Согласно известной методике гидравлического расчета кольцевых газовых сетей [3] контуры следует выбирать такими, что не имеют внутренних пересечений, тогда их можно считать элементарными. При ручном расчете поиск элементарных контуров представляется простым и очевидным. Однако при разработке формального подхода их поиска, удобного для алгоритмизации и программирования, возникают трудности. Предложенный подход [1,2] позволяет получить элементарные контуры лишь в некоторых случаях. В остальных случаях имеем контуры, которые вложены в другие. Будет результат положительным или нет зависит от выбора замыкающих трубопроводов.

Целью данной работы является усовершенствование методики [1,2] путем разработки алгоритма поиска элементарных контуров кольцевой газовой сети, который не зависим от выбора замыкающих трубопроводов.

Выполним поиск элементарных контуров кольцевой газовой сети (рис. 1) с источником в вершине v0 и пятью сосредоточенными потребителями в вершинах v1, v2, v3, v4, v5.

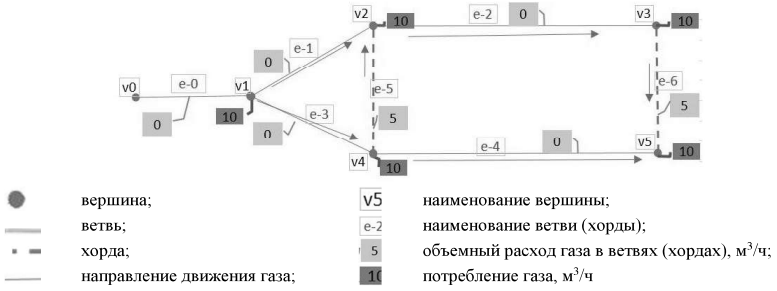


Рисунок 1 – Схема кольцевой газовой сети

Анализ газовой сети и изложение предложенного подхода представляется удобным в терминах теории графов. Так, схема на рис.1 является ориентированным графом с шестью вершинами и семью ребрами. Если из графа исключить ребра e-5 и e-6, то из оставшихся ветвей получим остовное дерево. Таких деревьев можно получить множество, например, исключением ребер e-1 и e-2. Ребра, которые замыкают контур будем называть хордами. Помимо хорд e-5 и e-6 граф имеет хорды, связывающие потребителей с источником. Будем их называть по имени потребителя, например, v1, v2 и т.д.

Связи между контурами и ребрами газовой сети удобно представить в виде матрицы фундаментальных контуров B (рис. 2). Физический смысл данной матрицы состоит в том, что она содержит коэффициенты из системы уравнений, выражающие второй закон Кирхгофа (1).

Матрица контуров, B

	e-0	e-1	e-2	e-3	e-4	e-5	e-6		$X_{\Delta P}$
v0	0	0	0	0	0	0	0	v0	ΔP_{v0}
v1	1	0	0	0	0	0	0	v1	ΔP_{v1}
v2	1	1	0	0	0	0	0	v2	ΔP_{v2}
v3	1	1	1	0	0	0	0	v3	ΔP_{v3}
v4	1	0	0	1	0	0	0	v4	ΔP_{v4}
v5	1	0	0	1	1	0	0	v5	ΔP_{v5}
e-5	0	-1	0	1	0	-1	0	e-5	ΔP_{e-5}
e-6	0	1	1	-1	-1	0	-1	e-6	ΔP_{e-6}

Рисунок 2 – Матрица контуров

Согласно второму закону Кирхгофа сумма потерь давления в контуре должна равняться нулю:

$$\sum_i^n \Delta P_i = 0, \quad (1)$$

где ΔP_i – потеря давления на участке i; n – количество участков в контуре.

Баланс потерь для всех контуров сети в матричном виде:

$$B \cdot X_{\Delta P} = 0, \quad (2)$$

где B – матрица (2) коэффициентов системы, составленной из уравнений (1); $X_{\Delta P}$ – вектор потерь давления на участках сети.

В контурах v0, v1, v2, v3, v4, v5 проверка второго закона Кирхгофа не требуется, поскольку соответствующие хорды являются мнимыми и были введены для соблюдения первого закона Кирхгофа, то есть баланса расходов в узлах. Интерес представляют контуры e-5 и e-6 (ряды e-5 и e-6 соответственно). Как видно из матрицы контуров B, контур e-5 является вложенным в e-6 (рис. 2). Попытка увязать законы Кирхгофа для газовой сети с такими контурами может оказаться неудачной или потребуется большое количество итераций. Поэтому над матрицей B следует провести некоторые манипуляции с тем, чтобы получить элементарные контуры без внутренних пересечений.

Построение формализованного алгоритма поиска элементарных контуров будем вести исходя из следующих правил:

- некоторый контур c_1 является частью контура c_2, если часть ребер контура c_1 общая с контуром c_2, и некоторая часть ребер контура c_1 пересекает контур c_2 или, другими словами, лежит внутри него;
- ребро, принадлежащее контуру c_1 лежит внутри контура c_2, если луч, брошенный из любой точки на рассматриваемом ребре контура c_1 в любом направлении пересекает контур c_2 нечетное количество раз;
- контуры c_1 и c_2 имеют одинаковое направление обхода, если коэффициенты в матрице B, соответствующие общим ребрам имеют разные знаки.

Блок-схема к алгоритму поиска элементарных контуров газовой сети в упрощенном виде представлена на рис. 3.

1. На входе в программу (рис. 3) имеем: двумерную матрицу фундаментальных контуров *B*, которую предстоит преобразовать; одномерный массив contours_names, состоящий из имен замыкающих хорд (в нашем случае e-5, e-6) в количестве count; два одномерных массива B_row_names и B_column_names, которые содержат имена рядов и столбцов в матрице B соответственно.

2. В цикле 1 перебираем массив contours_names с именами контуров, которые следует проверить на вложенность в остальные контуры. Пусть, для примера, текущим контуром из цикла 1 будет контур e-5.

3. Используя массив B_row_names определяем индекс row_ind_1 ряда e-5 в матрице B.

4. В цикле 2 перебираем имена контуров из массива contours_names, для которых следует определить, содержат ли они текущий контур из цикла 1 (в данном случае контур с именем e-5).

5. Если имя текущего контура из цикла 1 совпадает с именем текущего контура из цикла 2, то не заходим в тело цикла 2, а переходим к следующей итерации цикла 2. Пусть на этой итерации текущим контуром из цикла 2 будет контур e-6.

6. Определяем индекс ряда row_ind_2 текущего контура в цикле 2.

7. В цикле 3 пробегаем по столбцам матрицы B. Количество столбцов равно Length.

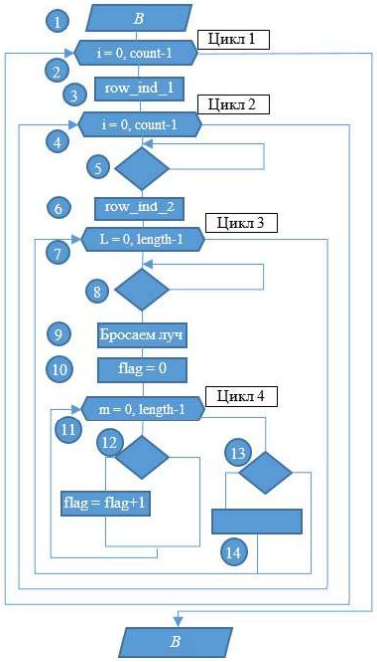


Рисунок 3 – Блок-схема к алгоритму поиска элементарных контуров

8. Если коэффициент контура из цикла 1 по модулю равен коэффициенту контура из цикла 2 или коэффициент контура из цикла 1 равен нулю или кратный двум, то не заходим в тело цикла 3:

$$|B[row_ind_1][L]| = B[row_ind_2][L];$$
$$B[row_ind_1][L] = 0;\ B[row_ind_1][L] \bmod 2 = 0; \quad (3)$$

Другими словами, не заходим в тело цикла 3, если: текущее ребро из цикла 1 и текущее ребро из цикла 2 являются общими или текущее ребро не принадлежит контуру из цикла 1. Если текущим контуром из цикла 1 является контур e-5, а текущим контуром из цикла 2 является e-6, то этому случаю соответствуют столбцы e-0, e-1, e-2, e-3, e-4, e-6 (рис. 2).

9. Иначе есть вероятность, что текущее ребро, принадлежащее контуру из цикла 1, пересекает контур из цикла 2. Чтобы проверить это, бросаем луч (рис. 1) из текущего ребра в любом направлении. Для контура e-5 из цикла 1 таким ребром является e-5 (см. столбцы в матрице B).

10. Для того, чтобы зафиксировать количество пересечений вводим переменную flag и устанавливаем flag = 0.

11. В цикле 4 перебираем все ребра, принадлежащие текущему контуру из цикла 2. В нашем случае контур e-6.

12. Если брошенный луч пересекает ребро, увеличиваем flag на единицу. Иначе переходим к следующему ребру в цикле 4. В рассматриваемом примере луч, брошенный из ребра e-5, принадлежащего контуру e-5, пересекает ребро e-2, принадлежащее контуру e-6.

13. По окончании цикла 4 проверяем значение flag. Если flag равен нулю или кратный двум, то текущее ребро из цикла 1 не пересекает текущий контур из цикла 2.

14. Если ребро из цикла 1 пересекает текущий контур из цикла 2 лишь единожды, то из ряда в матрице B, соответствующего контуру из цикла 2 вычитаем ряд, соответствующий текущему контуру из цикла 1. В рассматриваемом примере луч, брошенный из ребра e-5, контура e-5 пересекает ребра контура e-6 лишь один раз. Это означает, что контур e-5 принадлежит контуру e-6.

После преобразований, согласно предложенному алгоритму, матрица B, содержащая лишь элементарные контуры с учетом требования об одинаковом направлении обхода, будет иметь вид:

Матрица контуров, *B*

	e-0	e-1	e-2	e-3	e-4	e-5	e-6
v0	0	0	0	0	0	0	0
v1	-1	0	0	0	0	0	0
v2	-1	-1	0	0	0	0	0
v3	-1	-1	-1	0	0	0	0
v4	-1	0	0	-1	0	0	0
v5	-1	0	0	-1	-1	0	0
e-5	0	-1	0	1	0	1	0
e-6	0	0	-1	0	1	-1	-1

Рисунок 4 – Матрица элементарных контуров

Таким образом, благодаря предложенному алгоритму из матрицы B (2) получены элементарные контуры, в том числе интересующие нас два контура e-1, e-3, e-5 и e-2, e-4, e-5, e-6 без внутренних пересечений. Знаки у коэффициентов показывают, что контуры e-5, e-6 имеют одинаковое направление обхода – против часовой стрелки.

Список использованной литературы

1. Бузовський В.П. Гідралічний розрахунок газових мереж з використанням матриць: Энергосберегающие технологии теплогазоснабжения, строительства и муниципальной инфраструктуры, Харьков, 2013: материалы. Харьков: ХНУГХ им. А.Н. Бекетова, 2013.

2. Лащевер А.В. Розрахунок інженерних мереж з використанням матриць: VII Международная научно-практическая конференция Информационные технологии и автоматизация – 2014, Одесса. ОНАПТ, 2014. С. 29-30.

3. Брюханов О.Н. Газоснабжение: учеб. Пособие для студ. высш. учеб. Заведений / О.Н. Брюханов, В.А. Жила, А.И. Плужников. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 448 с.

УДК 662.951.2

ДЛИНА ФАКЕЛА ПЛАМЕНИ ГОРЕЛКИ

Кологривов М.М., канд. техн. наук доцент, Григорьев А.О. аспирант
Одесская национальная академия пищевых технологий

Объектом исследования является зажигательно-дежурная горелка [1]. При помощи таких горелок в факельных системах поддерживается надежное сжигание уходящих газовых смесей, содержащих горючие компоненты. В зажигательно-дежурной горелки низкого давления осуществляется горение природного или низкокалорийного газа.

При сжигании сбросных низкокалорийных газов в факельных системах длина факела не имеет принципиального значения в проектировании этих систем. Горящие низкокалорийные газы выбрасываются факельной системой в окружающую среду. С другой стороны в состав факельной системы входит зажигательно-дежурная горелка. Расчёт длины факела пламени этой горелки представляет практический интерес.

Известны [2] следующие критерии для определения длины факела:

- минимальное расстояние от сопла, до сечения факела, в котором отсутствуют компоненты горения газовой смеси;

- длина пламени, которая определяется визуально или по картинке на экране прибора;

В отличие от известных критериев мы приняли за длину факела пламени расстояние по оси факела от среза сопла горелки до точки, в которой температура продуктов сгорания равняется принятой температуре самовоспламенения низкокалорийных газов.

Назначение дежурно-зажигательной горелки постоянно поддерживать в локальной области потока отходящего газа температуру выше температуры его воспламенения. Это такая минимальная температура, при которой отходящие горящие газы выделяют достаточное количество теплоты, чтобы после удаления источника зажигания наблюдалось устойчивое горение газовой смеси. В этом случае скорость отвода теплоты в окружающую среду меньше скорости выделения теплоты. Температура воспламенения является функцией состава и давления газовой смеси. Она не является физико-химической константой смеси, так как зависит от физических свойств окружающей среды, метеорологических условий, формы и размеров факела.

Зажигание горючей газовой смеси, выбрасываемой из факельной системы, происходит при ее контакте с пламенем дежурно-зажигательной горелки. Температура зажигания (воспламенения) всегда выше температуры самовоспламенения. При определении температуры самовоспламенения газовая смесь в экспериментальном сосуде окружена стенками с высокой температурой. В факельной системе газовая смесь выбрасывается в холодную окружающую среду.

Температура самовоспламенения - минимальная температура газо-воздушной смеси, при которой происходит ее воспламенение без влияния высокоэнергетического источника зажигания. Для индивидуальных горючих веществ она является справочной. Известна методика расчёта температуры самовоспламенения для углеводородов, а также для веществ, в состав которых входят гидроксильные или фенильные группы. Температуру самовоспламенения низкокалорийных газов не рассчитывают, а принимают.

Справочные значения температур самовоспламенения для горючих компонентов низкокалорийных газов следующие:

Водород – 783 К (510 0С); Окись углерода - 883 К (610 0С); Метан – 810 К (537 0С).

Принимаем температуру самовоспламенения вышеприведенных низкокалорийных газов равной температуре самовоспламенения окиси углерода – 883 К, как максимальной.

Температура зажигания изменяется в зависимости от начального давления газовой смеси. Снижение давления приводит к повышению температуры зажигания и соответственно

минимальной энергии зажигания. При этом повышение температуры может составлять десятки и сотни градусов Кельвина.

Например, объёмные составы компонентов сбросных низкокалорийных газов некоторых факельных систем приведены в таблице 1.

Виды выплавляемого сплава	CO_2, %	CO, %	CH_4, %	H_2, %	N_2, %
феррогаз, получаемый в электропечи ПАО "Никопольский ферросплавный завод"					
ферромарганец	7÷10	80÷85	-	4÷8	0÷8
силимарганец	12÷15	65÷80	-	5÷8	0÷17
феррогаз, получаемый в доменной печи ООО "Краматорский ферросплавный завод"					
ферромарганец	4	33,4	3	1,8	57,8
доменный газ, получаемый в доменных печах ПАО "МК Азовсталь"					
сталь	18,5	25,4	-	2,6	53,5

Температуру зажигания факельного низкокалорийного газа принимаем равной температуре его самовоспламенения.

Горение газовых смесей в воздухе происходит при концентрациях горючих компонентов выше нижнего концентрационного предела (НКПВ) и ниже верхнего концентрационного предела (ВКПВ). С повышением температуры или давления эти пределы изменяются так, что расширяется концентрационный диапазон горения.

Нижний концентрационный предел воспламенения (НКПВ) – $\varphi_н$ (в об. %) определяют по минимальной энергии, необходимой для поддержания процесса горения из пропорции по отношению к низшей теплотворной способности топлива ($Q_Н$). Учитывая практические данные, что критическое количество тепла ($Q_{КР}$) при горении бедных смесей приблизительно равняется 1830 кДж/м^3 получим

$$\varphi_н = Q_{КР} \cdot 100 / Q_Н = 1830 \cdot 100 / Q_Н \text{ , \%}$$

Низкокалорийные газы представляют собой смесь нескольких горючих компонентов и нескольких негорючих компонентов. Нами предлагается приближенно определять верхний концентрационный предел воспламенения такой смеси по формуле аналогичной формуле Ле-Шателье [3]. Известная формула позволяет приближенно определять ВКПВ для газовой смеси, которая состоит только из горючих компонентов. При наличие в смеси негорючих компонентов результаты расчётов по известной формуле не имеют физического смысла. Нами предлагается условно считать негорючие компоненты смеси как горючие с верхним концентрационным пределом воспламенения 100 %. Формула для определения верхнего концентрационного предела низкокалорийного газа $(\varphi_в)$ в этом случае выглядит следующим образом

$$\varphi_в = 100 \cdot (X_1/ВКПВ_1 + X_2/ВКПВ_2 + \cdots + X_n/ВКПВ_n)^{-1} ,$$

где X_1, X_2, … X_n–концентрации горючих и негорючих компонентов газовой смеси (%, об.); $ВКПВ_1$, $ВКПВ_2$, … $ВКПВ_n$ – верхние концентрационные пределы воспламенения компонентов (справочный для горючего компонента и 100% для негорючего).

Известны другие методы расчёта ВКПВ. Например, использование аппроксимационной формулы с эмпирическими коэффициентами возможно только для газовых смесей с известным коэффициентом при кислороде в уравнении реакции [4]. Горение разных компонентов низкокалорийного газа характеризуется разными коэффициентами при кислороде в уравнениях реакций разных компонентов, а также наличием негорючих компонентов. В этом случае применить аппроксимационную формулу нельзя.

В другом случае ВКПВ можно точно рассчитать для индивидуального горящего вещества, зная его структуру, число структурных групп в химической формуле вещества и вклад каждой структурной группы в горение (определяется по справочнику) [4]. Для газовых смесей эта методика расчёта не используется.

Табл. Концентрационные пределы воспламенения низкокалорийных сбросных газов металлургических производств по результатам расчётов

Сбросные газы при производстве	$Q^c_н$, кДж/м^3	НКПВ, % (об)	ВКПВ % (об)
ферромарганец г. Никополь	10544 ÷ 11608	16,0	76,3
Силимарганец г. Никополь	8756 ÷ 10976	16,7	82,2
ферромарганец г. Краматорск	5492	33,3	66,3
сталь ПАО»Азовсталь»	3491	52,4	91,1

Выводы. Предложена новая физическая модель для определения длины факела зажигательно-дежурной горелки.

Предложена новая математическая модель для определения верхнего концентрационного самовоспламенения низкокалорийного газа.

Литература

1. Григорьев А..Ю., Газовий пальник Патент України на корисну модель №103475 UA МПК F23D 14/24, опубл. Бюл. №21, 2015 р.. Зареєстровано в державному реєстрі патентів 25.12.2015.

2. Крыжановский Ю. В. Структура и расчёт газового факела / Ю. В. Крыжановский, В. Н. Крыжановский. – Киев: «Освіта України», 2012. – 96 с.

3. Стрижевский И. И. Факельные установки / И.И. Стрижевский, А. И. Эльнатанов. – М.: Химия, 1979. – 184 с.

4. Тарахно Е.В., Жерноклёв К.В., Трегубов Д.Г. Теория развития и прекращение горения. Учебное издание. – Харьков: Изд-во УГЗУ, 2006. – 188 с.

УДК 666.1.031.2

ВИКОРИСТАННЯ НИЗЬКОПОТЕНЦІЙНОЇ ПАРИ СИСТЕМ ВИПАРНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ СКЛОВАРНИХ ПЕЧЕЙ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ХОЛОДУ

Кошельнік О.В., к.т.н., доцент
Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна
Долобовська О.В.,
Національний технічний університет«Харківський політехнічний інститут»

Інтенсифікація процесів скловаріння призводить до необхідності підвищення температури в робочій зоні печі, що є причиною скорочення терміну служби вогнетривів варильного басейну із-за погіршення температурних умов їх роботи. Зменшення тривалості кампанії печі пов’язано зі збільшенням капітальних витрат при ремонті, а також із зниженням економічних показників роботи скловарного виробництва в цілому. Для охолодження елементів огородження скловарних печей можуть бути розроблені різні системи охолодження – повітряне, водяне, випарне.

Основні недоліки повітряних та водяних систем охолодження можливо усунути шляхом застосування пароводяної суміші в якості теплоносія. Сутність системи випарного охолодження (СВО) полягає у використанні прихованої теплоти пароутворення води для охолоджування елементів печі.

В системах випарного охолодження скловарних печей виробляється пара з тиском до 0,8 МПа. В літній період роботи частина або вся пара може бути спрямована в пароежекторну холодильну установку. Можливий варіант, коли частина пари використовується в водопідігрівачі системи теплопостачання підприємства. В пароежекторних холодильних машинах використовується енергія тиску пари. Із випарника вода за допомогою насосу подається для охолодження стін скловарної печі, далі вона потрапляє в випарник. Для відведення теплоти від конденсатору холодильної машини передбачається плівкова градирня.

Для отримання води для системи охолодження печі також може бути застосовано схему з абсорбційною холодильною установкою. Вона використовує незначну кількість електроенергії, та при наявності дешевого джерела теплоти, отримання штучного холоду за її допомогою виявляється значно економічнішим, ніж інші способи. Для отримання холоду з температурним потенціалом вище 3 °С найбільш ефективним є застосування бромистолітієвих установок, що працюють в такий спосіб. В теплообмінниках другого та першого ступеня слабий розчин з абсорберу гріється зустрічними струменями гарячого розчину та надходить в генератор першого ступеня, де за рахунок теплоти низькопотенційної водяної пари СВО нагрівається та кипить. Пара, що утворюється, надходить на обігрів генератора другого ступеня, а розчин проміжної конденсації, попередньо охолодженої в теплообміннику першого ступеня, надходить в генератор другого ступеня та випаровується. Отримана пара потрапляє в конденсатор та після конденсації змішується з конденсатом і поступає в випарник. Міцний розчин перед надходженням в абсорбер охолоджується в теплообміннику другої ступені, а потім цикл замикається насиченням міцного розчину водяною парою.

При застосуванні двоступінчастої схеми знижується витрата охолоджувальної води, підвищується тепловий коефіцієнт, а також зменшується сумарна поверхня блоку генератор-конденсатор.

УДК 662.741.355

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ СУХОГО ТУШЕНИЯ КОКСА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 100 Т/ЧАС ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ УГАРА КОКСА И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Макей А.И., магистр, Круглякова О.В., к.т.н., доцент
Национальный технический университет «Харьковський политехнический институт», г. Харьков

На долю черной металлургии приходится значительное потребление энергоресурсов и существенная доля выбросов парниковых газов и вредных веществ.

Важным звеном в металлургическом цикле является коксохимическое производство (КХП). От снабжения коксом и его качества зависят объемы выплавки чугуна на металлургических комбинатах. Кроме того, кокс используется также в цветной металлургии и химической промышленности. Таким образом, стабильность и эффективность работы коксохимического производства в большой степени определяет результативность большого количества предприятий различных отраслей промышленности и способствует повышению их конкурентоспособности.

Кокс получается путем нагрева без доступа воздуха (т.е. методом пиролиза) в специальных печах соответствующих сортов угля, в результате чего получается твердый остаток с высоким содержанием углерода (96-98 %) – собственно кокс, а также коксовый газ и продукты коксования. После завершения коксования температура материала достигает 1000 ^{o}C, и, чтобы избежать его возгорания и проблем при транспортировке, кокс подвергается тушению.

Известны способы мокрого, сухого и комбинированного тушения кокса. Мокрое тушение, которое состоит в орошении раскаленного кокса водой в специальной тушильной башне, несмотря на относительную простоту процесса, имеет ряд существенных недостатков, в частности, большой расход воды, полная потеря теплоты кокса, снижение прочности кокса, загрязнение окружающей среды вредными веществами. При сухом тушение кокса через слой раскаленного кокса продуваются инертные газы, которые циркулируют в замкнутом контуре. Унося теплоту кокса, инертные газы направляются в котел-утилизатор, где вырабатывается пар. Недостатком метода являются потери кокса – угар, который образуется при взаимодействии с коксом горючих составляющих, присутствующих в охлаждающих газах. Однако в целом применение установок сухого тушения кокса (УСТК) позволяет повысить экономические показатели коксового производства и достичь значительной экономии топлива. Поэтому усовершенствование УСТК является актуальным вопросом для коксохимического производства. Повышение энергоэффективности установки в целом повышает технико-экономические показатели предприятия.

Суть предлагаемой модернизации УСТК касается комбинированного способа тушения кокса. Так как величина угара зависит не только от наличия воздуха в инертных газах, но и от температуры кокса, в зоне максимальных температур кокса охлаждение осуществляется контактным способом, а окончательное охлаждение осуществляется сухим способом с помощью инертных газов. В схеме сохраняется котел-утилизатор для производства пара энергетических параметров, при этом испарительная поверхность котла частично выносится в переднюю часть камеры тушения, т.н. форкамеру.

Произведены расчеты по модернизации котла-утилизатора за счет использования дополнительной испарительной поверхности нагрева. Проанализирована система автоматизации УСТК для оптимального ведения технологического процесса. Результаты показывают также снижение выбросов парниковых газов на КХП при использовании УСТК с комбинированным способом тушения.

УДК 697.3

ДОСЛІДЖЕННЯ ВАРІАНТІВ МОДЕРНІЗАЦІЯ ОПАЛЮВАЛЬНОЇ КОТЕЛЬНІ

Яхоніна А.Д., магістр, Круглякова О.В., к.т.н., доцент
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Багато районних та групових опалювальних котельнь крупних міст України збудовано ще за радянські часи, їх обладнання та інженерні мережі вже є морально застарілими, в багатьох випадках основне устаткування відпрацювало по 100-280 тис. год, вибравши таким чином не тільки розрахунковий ресурс, але й резерв збільшення терміну служби. Характерною рисою таких котельнь є значні питомі витрати паливно-енергетичних ресурсів на виробництво теплової енергії внаслідок експлуатації морально застарілого генеруючого обладнання. До того ж, більша частина котельнь використовує в якості палива природний газ, але сучасні обставини та постійний зріст тарифів приводять до необхідності пошуку альтернативних видів палива.

Метою модернізації котельного обладнання та систем енергопостачання є скорочення існуючих витрат природного газу на виробництво теплової енергії, на експлуатаційні та ремонтні видатки, забезпечення споживачам належної якості теплопостачання.

Об'єктом дослідження було обрано котельню (пуск в експлуатацію в 1989 р.) медичного комплексу в м. Харків, яка призначена для централізованого теплопостачання систем опалення та гарячого водопостачання будівлі закладу охорони здоров'я, адміністративних будівель міста, а також декількох багатоквартирних житлових будинків. Встановлена потужність котельні 8,84 МВт. В котельні застосовуються два парових котла ДЕ-6,5-14ГМ, які працюють на природному газі (резервне паливо - мазут) та два парових котла Е-1,0-9, паливом для яких слугують дрова та деревні відходи.

Було проведено енергетичне обстеження котельного обладнання та систем газо-, електро- та паливопостачання. Експериментальний та розрахунковий аналіз показників роботи котельні виявив існування значного потенціалу енергозбереження, так, наприклад, ККД-брутто котлів ДЕ-6,5-14ГМ склав 74,85 %, а котлів Е-1,0-9 – 52,05 %.

З метою знаходження найкращого варіанту модернізації, аналізувалися різні варіанти підвищення енергоефективності котельні. Оскільки основною причиною низької ефективності роботи котельні було визнано використання парових котлів, як працюють з навантаженням, що є значно нижчим за розрахункове, основною пропозицією було вибрано заміну котлів на водогрійні. Після аналізу можливості застосування місцевих видів палива було запропоновано водогрійні котли, який працюють на деревних тріски. Комбінація котлів потужністю 0,5 МВт, 1 МВт та 3 МВт дозволить покривати теплове навантаження споживачів протягом усього року при оптимальній витраті палива.

Також за результатами досліджень було запропоновано провести наступні енергоефективні заходи: заміну низькоефективного електроємного мережевого насосу 1Д200-90А на сучасний енергоефективний насосний агрегат; впровадження системи погодного регулювання відпуску тепла споживачам, впровадження АСКОЕ (АСКУЄ) для обліку виробітки тепла та споживання електричної енергії.

Враховуючи можливість поетапного впровадження заходів модернізації строки окупності обладнання знаходяться в межах від 1,4 до 4,8 років, середній строк окупності складає біля 4 років, що для об'єктів енергетичної галузі можна вважати прийнятним .

Таким чином, економічна ефективність проекту забезпечується за рахунок зниження споживання природного газу та зменшення інших експлуатаційних витрат, що знижує собівартість виробництва теплової енергії на котельні.

УДК 658.26

ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНОМУ СЕКТОРІ

Лужанська Г.В., к.т.н., доцент, Назаров І., студ. Мангір А.С., студ
Одеський національний політехнічний університет

В сучасних умовах енергетичної кризи на Україні стоїть гостре вирішення двох взаємопов'язаних проблем: це економія паливно-енергетичних ресурсів та зменшення забруднення навколишнього середовища. У світі відбувається різке зменшення запасів органічного палива, при цьому збільшуються витрати на розробку нових родовищ, стає нераціональним спалювання вугілля, газу і нафтопродуктів в мільйонах малопотужних котелень та індивідуальних топкових агрегатах, що викликає велику кількість шкідливих викидів в атмосферу й суттєве погіршення екологічної обстановки [1,2].

Сучасний світ двадцять першого століття вимагає почати застосовувати нові ефективні методи опалення, націлені на енергозбереження, використовуючи альтернативні низькопотенційного джерела відновлюваної енергії. Що стосується опалення газом, світова тенденція збільшення вартості нафтогазової продукції прийшла і в Україну. За останні роки ціна на газ значно зросла і подальше подорожчання газу в Україні буде неминучим. Все більше споживачів переходять на альтернативні системи опалення, які в змозі скоротити витрати на житлово-комунальне господарство до 80%.

Одним з ефективних шляхів економії паливно-енергетичних ресурсів є використання екологічно чистих нетрадиційних поновлюваних джерел енергії, і в першу чергу, сонячної енергії, акумульованої в грунті, водоймах, повітрі. Проте періодичність дії і низький температурний потенціал цих джерел не дозволяють використовувати їх енергію для опалення будівель безпосередньо, без перетворення. В якості перетворювачів теплової енергії від енергоносія з низькою температурою до енергоносію з більш високою температурою використовуються теплові насоси [3]. Тепловий насос представляє собою звернену холодильну машину і дозволяє виробляти теплову енергію, використовуючи низькопотенційне тепло вторинних енергетичних ресурсів, нетрадиційних поновлюваних джерел енергії. Застосування теплових насосів дозволяє економити до 80% традиційних енергетичних ресурсів.

Теплові насоси для опалення не спалюють запасів невідновних природних ресурсів, що вкрай важливо не тільки з точки зору охорони навколишнього середовища, але і дозволяє економити на традиційних енергоносіях [4]. До того ж, з допомогою теплових насосів можна не тільки опалювати приміщення, але і підігрівати гарячу воду для господарських потреб, і кондиціонувати приміщення в літню спеку.

Теплові насоси бувають декількох типів: грунтовий, водно-гліколівий, повітряний, з використанням тепла ґрунтових вод. Їх характеристики представлені в таблиці 1

Таблиця 1. Характеритики і типи теплових насосів.

Тепловий насос	Характеристика	Безкоштовна сонячна енергія	Використання електроенергії
грунтовий	необхідна для теплового насоса робоча речовина (фреон R410a) тече по трубах підземного колектора і приносить тепло, накопичене в землі, безпосередньо до системи опалення	81,8%	18,2%
водно-гліколієвий	робоча рідина (водно-гліколієва суміш), що циркулює в ґрунтових колекторних трубопроводах, збирає накопичену в землі сонячну енергію і в тепловому насосі перетворює її в тепло	80%	20%
повітряний	за допомогою повітряного теплообмінника тепло з зовнішнього повітря витягується навіть при температурі -15 °С	71%	29%
з використанням тепла ґрунтових вод	з джерела води (колодязь або свердловина) проводиться забір ґрунтових вод і направляється в тепловий насос, де відбувається вилучення тепла; після цього вода перекачується в поворотний колодязь	76,7%	23,3%

Потужність теплового насоса підбирається в залежності від тих функцій, які на нього покладені. Якщо тільки опалення, буде враховуватися тільки теплові втрати будівлі. Для підігріву води доведеться взяти агрегат з запасом по потужності.

Вартість теплового насоса залежить не тільки від потужності, але і від надійності і від фірми - виробника. У щомісячну вартість опалення тепловим насосом входять лише витрати на електроенергію

Потужність теплового насоса на опалення і гаряче водопостачання для будівлі площею близько 100м^2, розташованого в місті Одесі, згідно з розрахунком близько 16 кВт, споживана потужність 5,3 кВт/год. Тривалість опалювального періоду 158 доби. Тепловий насос працює циклічно, отже зменшиться витрата споживаної електричної енергії. Річна витрата електроенергії на опалення будівлі складе 10040 кВт.

Теплові насоси вигідні при використанні в бівалентних системах. На додаток до насоса можна встановити сонячний колектор, який зможе повністю забезпечувати насос електроенергією влітку, коли той буде працювати на охолодження. Для зимової підстраховки можна додати теплогенератор, який буде догрівати воду для систем гарячого водопостачання і високотемпературних радіаторів.

Системи з тепловими насосами безпечні та екологічно чисті, в них немає відкритого полум'я, вихлопу, сажі, запаху солярки, виключений витік газу, розлив мазуту.

Використання теплових насосів для систем опалення пов'язано з значним збільшенням початкових капітальних витрат у порівнянні зі звичайними системами, що використовують традиційні опалювальні теплогенератори. Однак протягом короткого періоду експлуатації цих систем сумарні витрати знижуються приблизно в 3-5 разів і продовжують подальше зниження з плином часу

Литература

1. http://progress21.com.ua
2. https://aqua-rmnt.com
3. Амерханов Р.А. Тепловые насосы.-М.: Энергоатомиздат, 2005. - 160 с., ил.
4. Гашо Е.Г., Козлов С.А. и др. Тепловые насосы в современной промышленности и коммунальной инфраструктуре.- Москва.: Перо, 2017. — 204 с.

УДК 621.57.045

РАСЧЁТ ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОРИСТЫХ ПАРОГЕНЕРИРУЮЩИХ КАНАЛОВ ПРИ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ПЕРВОГО РОДА С РАБОЧИМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ ФРЕОН - 12

Лукиша А.П., кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
Институт геотехнической механики НАН Украины, г. Днепр
E-mail: lukisha@ukr.net

Одним из путей в вопросе развития и совершенствования энергосберегающих технологий является исследование возможности создания и применения холодильной техники с незначительным потреблением электроэнергии. Решению данной задачи может способствовать разработка и внедрение пористых парогенерирующих каналов испарителей холодильных машин. Данная работа посвящена вопросу исследования теплогидравлической эффективности пористых цилиндрических каналов при фазовом переходе испарения теплоносителя для граничных условий первого рода. Приведём расчётные соотношения, применявшиеся в ходе вычислений.

Теплообмен в цилиндрическом гладкостенном канале.

Расчёт среднего по длине испартеля коэффциента теплоотдачи при кипении фреонов в каналах, согласно [1], можно провести по формуле Богданова С.Н. :

$$\alpha = Aq^{0,6}(w\rho)^{0,2}d_{вн}^{-0,2}\ , \qquad (1)$$

где α [кВт/м^{2}К], q [кВт/м^2].

Для расчёта коэффициента А, зависящего от вида фреона и температуры кпения, в [1] рекомендована следующая справочная таблица:

Хладагент	Температура кипения t_0, ^{0}C				
	-30	-10	0	10	30
R11	0,0208	0,0300	0,0341	0,0382	0,0498
R142	0,0372	0,0461	0,0514	0,0568	0,0710
R12	0,0536	0,0659	0,0719	0,0776	0,0928
R22	0,0599	0,0738	0,0833	0,0928	0,117

Здесь R11, R142, R12, R22 – соответственно названия хладагентов фреон 11, фреон 142, фреон 12, фреон 22.

Формула (1) учитывает рзличные режимы потока, которые возникают при изменении паросодержания по длине испартеля от x = 0 до x = 1. Диапазон применения формулы (1) составляет : q=0,6÷25 кВт/м^2; wρ=50÷600 кг/м^2·с.

Расчет теплоотдачи при движении двухфазного потока в пористых материалах

Вопрос экспериментального исследования теплоотдачи при движении пароводяной смеси через пористые среды рассмотрен в диссертации Калмыкова И. В. [2]. На основании обобщения массива экспериментальных данных автор получил следующую обобщенную зависимость, характеризующую теплообмен при движении пароводяной смеси сквозь пористые среды

$$\alpha_V / \alpha_{VLO} = 1 + 810x\sqrt{(\rho w)_0 \frac{\nu'}{\sigma}\cdot\frac{1-x}{x}} \qquad (2)$$

Здесь α_V - коэффициент объёмного внутрипористого теплообмена при движении сквозь пористый материал двухфазного парожидкостного потока Вт/м^3·град; α_{VLO} – коэффициент объемного внутрипористого теплообмена при движении сквозь пористый материал жидкости с расходом, равным полному расходу смеси, Вт/м^3·град; $(\rho w)_0$ - скорость фильтрации смеси (удельный массовый расход, кг/(м^2·с); ν' - коэффициент кинематической вязкости жидкости на линии насыщения, м^2/с; σ - коэффициент поверхностного натяжения жидкости, Н/м; x – массовое расходное паросодержание.

Для расчета величины α_{VLO} использовалась рекомендованная Косторновым А.Г. [3] зависимость для расчёта теплоотдачи внутри пористого металловолокнистого материала при движении сквозь него однофазного теплоносителя.

$$Nu_v = 0{,}007Re^{1,2}\ , \qquad (3)$$

где $Nu_v = \alpha_V(\beta/\alpha)^2/\lambda_l$, $Re = \dfrac{(\rho w)_0(\beta/\alpha)}{\mu_l}$, индекс l относится к параметрам жидкости; α и β – вяз костный и инерционный коэффициенты сопротивления пористого материала.

Расчёт перепада давления при испарении фреона в цилиндрическом гладкостенном канале

При испарении фреона в цилиндрическом гладкостенном канале расчёт перепада давления, согласно [1], производится по упрощённому уравнению Бо-Пьерре для полного испарения хладагента :

$$\Delta P^{(0)} = fv'' \cdot x_{ср}\,(l/d_{вн})(\rho w)^2, \qquad (4)$$

где ΔP_0 [кПа], f – коэффициент полного сопротивления, учтывающий потери на трение, ускорение и повороты потока. Для чистого хладагента f=1,5·10^{-5}, а при наличии масла f=3,5·10^{-5}. v" – удельный объём насыщенного пара хладагента, м^3/кг; $x_{ср}$ – среднее паросодержание (расходное). Поскольку в ходе расчётов предполагается полное испарение фреона, принимаем $x_{ср}$ = 0,5.

Расчёт гидросопротивления в пористых высокотеплопроводных каналах при двухфазном парожидкостном движении теплоносителя

Расчёт гидросопротивления в пористых каналах при двухфазном парожидкостном движении теплоносителя проводился по методике, аналогичной методике Локарта-Мартинелли [4]. Данная методика была применена Зейгарником Ю.А. и Калмыковым И.В. [2], [5], к движению двухфазных парожидкостных адиабатических потоков в пористых средах. Согласно этой методике, применённой для пористых сред, величины $(dp/dz)_L$ *и* $(dp/dz)_G$ расчитываются по модифицированному уравнению Дарси

$$-(dP/dZ) = \alpha\mu vG + \beta v G^2 \qquad (5)$$

где α и β – вязкостный и инерционный коэффициенты сопротивления пористого материала; μ и υ динамический коэффициент вязкости и удельный объём жидкости; G - удельный массовый расход жидкости сквозь пористый материал.

Согласно [4] параметры Φ_L и Φ_G являются функцией параметра Мартинелли $X = \sqrt{(\Delta P/Z)_L/(\Delta P/Z)_G}$. Для параметра X^2 можно записать следующее выражение [5] :

$$X^2 = \left(\frac{1-x}{x}\right)\left(\frac{\mu'}{\mu''}\right)\left(\frac{\rho''}{\rho'}\right)\frac{1+(\beta/\alpha)[G(1-x)]/\mu'}{1+(\beta/\alpha)[G\cdot x]/\mu''} = \left(\frac{1-x}{x}\right)\left(\frac{\mu'}{\mu''}\right)\left(\frac{\rho''}{\rho'}\right)\frac{1+\mathrm{Re}'}{1+\mathrm{Re}''} \qquad (6)$$

Связь параметра X с Φ_L и Φ_G можно выразить следующими формулами [5]:

$$\Phi_L^2 = 1 + C/X + 1/X^2\ ,\ \ \Phi_G^2 = 1 + CX + X^2 \qquad (7)$$

Зайгарником Ю.А. и Калмыковым И.В. [5], в результате обработки опытных данных, было получено, что коэффициент С для пористых каналов является функцией массовой скорости фильтрации $(\rho w)_0 = G$, физических свойств (ρ' и μ') и гидравлических характеристик пористой структуры (коэффициенты α и β)

$$C = 4{,}0\left(\frac{\beta/\alpha}{G}\cdot\frac{\rho'}{\mu'}\right)^{0{,}4}. \qquad (8)$$

Результаты выполненных работ

Для изучения возможности применения пористых парогенераторов в составе холодильных машин были проведены расчёты теплогидравлической эффективности пористых прямоточных трубчатых парогенераторов с рабочей жидкостью фреон – 12. В качестве параметров теплогидравлической эффективности использовались отношение *Q/N*, где *Q* – количество тепла, поглощенного при испарении жидкости, *N* – мощность, затрачиваемая на прокачку теплоносителя; отношение перепадов давления, затрачиваемого на прокачку испаряющегося теплоносителя в гладкостенном и пористом каналах ΔPsm/ΔPpor; отношение длин глдкостенного и пористого каналов *l*sm/*l*por. В качестве сравниваемых эталонных поверхностей использовались гладкостенные цилиндрические каналы различных диаметров. В ходе вычислений расчётно-конструктивные параметры изменялись в следующих диапазонах: число Рейнольдса на входе в канал $Re_0 = 2300 \div 10000$; температура и давление жидкости на входе в канал $t_0s = 110\ ^0C$; $P_0s = 39{,}9\cdot10^5$ Н/м^2; разность между температурой стенки канала и температурой жидкости на входе в канал $t_w - t_0s = 1\div5^0C$; диаметр канала d=3 ÷ 6 мм ; пористость канала прнмлась равной Θ = 0,9. В ходе проведенных расчётных исследований было получено, что для полного испарения теплоносителя пористые каналы могут быть короче аналогичных по диаметру гладкостенных каналов в 10 и более раз. При этом, при одинаковом расходе теплоносителя, пористые испарительные каналы, за счёт их значительно меньшей длины, могут иметь перепад давления на прокачивание теплоносителя в 2-3 меньше, чем аналогичные гладкостенные каналы. В ходе расчётов было получено, что теплогидравлческая эффективность пористых каналов увеличивается с уменьшением диаметра исследуемых каналов и с уменьшением разности между температурой стенки канала и температурой жидкости на входе в канал, что свидетельствует о том, что пористые испарительные каналы можно эффективно использовать для снятия низкопотенциального тнпла. Пример расчётных данных для температуры входа $t_{s\,in} = 110^0C$; температурного напора $t_w - t_{s\,in} = 5^0C$; диаметра канала d = 5 мм, показан в таблицах 1-8:

Таблица 1. Длина гладкостенного парогенератора, l_{sm} , м

	Число Рейнольда Re 0					
	2300	3000	4000	6000	8000	10000
Length *l*, m	0,033	0,038	0,045	0,060	0,081	0,088

Таблица 2. Длина пористого парогенератора, l_p , м

Пористость, Θ	Число Рейнольда Re 0					
	2300	3000	4000	6000	8000	10000
0,9	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002

Таблица 3. Геометрический коэффициент эффективности $k_F = l_{sm}/l_p$

Пористость, Θ	Число Рейнольда Re 0					
	2300	3000	4000	6000	8000	10000
0,9	20,581	22,886	25,932	32,575	42,238	45,496

Таблица 4. Отношение *Q/N* для гладкостенного парогенератора

	Число Рейнольда Re 0					
	2300	3000	4000	6000	8000	10000
Q/N	$3{,}98\cdot10^6$	$2{,}02\cdot10^6$	$0{,}95\cdot10^6$	$0{,}30\cdot10^6$	$0{,}11\cdot10^6$	$0{,}09\cdot10^6$

Таблица 5. Отношение *Q/N* для пористого парогенератора

Пористость, Θ	Число Рейнольда Re 0					
	2300	3000	4000	6000	8000	10000
0,9	$627{,}96\cdot10^6$	$424{,}25\cdot10^6$	$270{,}94\cdot10^6$	$138{,}55\cdot10^6$	$84{,}01\cdot10^6$	$75{,}42\cdot10^6$

Таблица 6. Перепад давления в гладкостенном канале, ΔPsm, Н/м^2

	Число Рейнольда Re 0					
	2300	3000	4000	6000	8000	10000
ΔPsm, Н/м^2	5,41	10,73	23,16	78,53	244,38	329,31

Таблица 7. Перепад давления в пористом канале, ΔPpor, Н/м^2

Пористость, Θ	Число Рейнольда Re 0					
	2300	3000	4000	6000	8000	10000
0,9	6,55	9,67	15,11	29,45	48,47	53,96

Таблица 8. Коэффициент отношения перепадов давлений Kp = ΔPsm/ΔPpor, Н/м^2.

Пористость, Θ	Число Рейнольда Re 0					
	2300	3000	4000	6000	8000	10000
0,9	0,825	1,109	1,532	2,666	5,042	6,103

Литература

1. Интенсификация теплообмена в испарителях холодильных машин // А.А. Гоголин, Г.Н. Данилова, В.М. Азарсков, Н.М. Медникова / Под ред. д.т.н., проф. А.А. Гоголина – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 224 с.

2. Калмыков И. В. Теплообмен и гидродинамика при движении пароводяного потока в пористых средах: дис. …канд. техн. наук: 01.04.14.–М.:АН СССР, ИВТАН, 1987, 224с.

3. Поляев В.М., Майоров В.А.,Васильев Л.Л. Гидродинамика и теплообмен в пористых элементах конструкций летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1988, 168 с.

4. Lockart, R. W., R.C. Martinelli Proposed correlation of data for isothermal two-phase, two-component flow in pipes // Chemical Engineering Progress. 1949. Vol. 45(1). Pp. 39-48.

5. Зейгарник, Ю. А., Калмыков И. В. Экспериментальное исследование гидравлического сопротивления пористых структур при адиабатическом движении пароводяных смесей //Теплофизика высоких температур. 1985. Т.23, № 5. С. 934-940.

УДК 621.575:620.91:662.997

РОЗРОБКА ХОЛОДИЛЬНИХ АГРЕГАТІВ НА НИЗЬКОПОТЕНЦІАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛАХ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ СИСТЕМ ОТРИМАННЯ ПИТНОЇ ВОДИ З АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Магурян Н.С., магістр, Мазуренко С.Ю., аспірант, Возиянов А.И., студент ф-ту НГтаЕ
Одеська національна академія харчових технологій

Загальновідомо, що найціннішим ресурсом на планеті найближчим часом стане вода, а боротьба за водні ресурси в світі є одним з факторів в сучасних збройних конфліктах і, ця тенденція буде тільки зростати в майбутньому. Для сприяння у вирішенні цієї проблеми, в грудні 2003 року Генеральна Асамблея Організації Об'єднаних Націй оголосила 2005-2015 роки Міжнародним десятиріччям дій «Вода для життя». Близько 70 відсотків поверхні земної кулі покрито водою, проте на 97,5 відсотка вона складається з солоної води. Тим часом, основна частина прісної води знаходиться в 1 кілометровому шарі атмосфери. Середня абсолютна вологість біля земної поверхні становить 11 г/м^3, а в тропічних регіонах вона доходить до 25 г/м^3 і вище. Велика кількість країн тропічного поясу страждає від відсутності прісної води, хоча її зміст в атмосфері досить значно. Тому одним з найважливіших завдань є більш розвинутою технологій дозволяють витягати воду з повітря, причому безпосередньо на місці, де вона необхідна. Найбільші перспективи мають методи, пов'язані з роботою автономних генераторів штучного холоду - холодильних машин, які гарантовано забезпечують температуру нижче точки роси. В наш час, основний обсяг ринку обладнання по виділенню води з повітря припадає на системи, які мають в своєму складі компресійну холодильну установку з електричним приводом. Необхідною умовою роботи компресійної холодильної машини є наявність електричної енергії. У той же час переважна кількість країн, що зазнають дефіцит води, обмежені і в енергоресурсах. Чи не єдиним доступним джерелом енергії у них є сонце. Тому, як найбільш перспективного напрямку нами вибрано використання модернізованих абсорбційних водоаміачних холодильних машин (АВХМ), що працюють від джерела нізкопотенціального тепла - сонячної енергії. Одним з перспективних напрямків є можливість використання існуючої інфраструктури сонячних нагрівачів води, сумарний обсяг площ колекторів яких в світі більше 110 млн.м^2.

Аналіз режимних характеристик АХМ показав, що основні проблеми, які треба вирішити при використанні їх в системах отримання води наступні: по-перше, розробити конструкції АХМ з повітряним охолодженням теплорассеівающіх елементів, а по-друге, запропонувати цикл, який можна було б реалізувати в умовах тропічних температур зовнішнього повітря і рівні температур традиційних водяних сонячних колекторів (80-100 °С)

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є розробка схем і термодинамічний аналіз АВХМ на низькопотенційних джерелах теплової енергії для систем отримання води з атмосферного повітря.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

а) провести аналіз сучасного стану розробок схем і циклів АВХМ і визначити найбільш перспективні напрямки досліджень;

б) провести розрахунок термодинамічних циклів АВХМ з урахуванням специфіки роботи в широкому діапазоні температур навколишнього середовища (коливання температури навколишнього середовища на протязі доби, робота при низьких температурах навколишнього середовища);

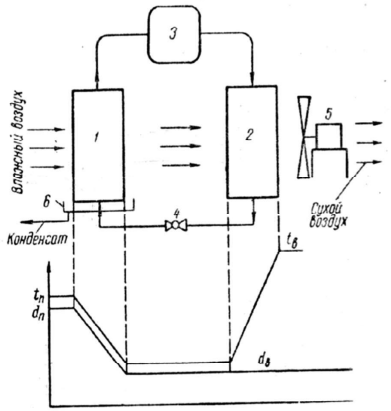
в) розробити нові схеми систем отримання води з атмосферного повітря на базі АВХМ з сонячними колекторами і сформулювати рекомендації для проектувальників.

Об'єкт дослідження - цикли і схеми АВХМ, що працюють в широкому діапазоні температурних параметрів.

Предмет дослідження - термодинамічні параметри циклів, температурні і енергетичні режими .

Методи отримання води з атмосферного повітря за допомогою штучного і природного холоду.

Компресійні холодильні машини. Оскільки поверхня повітроохолоджувача має температуру нижче точки роси осушуваного повітря, волога конденсується у вигляді крапель, що стікають в піддон або інею, що осідає на зовнішній поверхні трубок і ребр. При цьому температура і вологовміст повітря знижуються. Охолоджений і осушене повітря надходить в ребристий конденсатор повітряного охолодження, в трубках якого конденсується холодильний агент, стиснений компресором до тиску конденсації.



Принципова схема роботи механічного осушувача:

1 - повітроохолоджувач безпосереднього охолодження; 2 - конденсатор повітряного охолодження; 3 - компресор; 4 - регулюючий вентиль; 5 – вентилятор

Висновки:

Був проведений аналіз енергетичної ефективності циклів АВХМ з бустер-компресором. При аналізі використовувався «модифікований теплової коефіцієнт» циклу АВХМ, який являє собою відношення корисного ефекту (холоду) до витраченої в циркуляційному насосі і бустер-компресорі електричної потужності.

Було виконано порівняння енергетичних характеристик циклу АВХМ з бустер-компресором і циклу парокомпресійної холодильної машини, що працює в тому ж діапазоні температур охолодження і зовнішнього повітря. Показано, що мають місце енергетичні переваги АВХМ з бустер-компресором навіть перед ідеальним холодильним циклом Карно парокомпресійної холодильної машини, що працює в тому ж діапазоні температур охолодження і зовнішнього повітря, починаючи з рівня температури що гріє джерела 100 °С.

Енергетичну перевагу пропонованих АВХМ при цьому склало від 11 до 24 %.

УДК 536.242

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООТДАЧИ ПРИ ВЫНУЖДЕННОЙ КОНВЕКЦИИ

Мельник Е.Ю., Лукьянов Н.Н., Денисов Ю.П.
Одеська національна академія харчових технологій

Примеси твердых частиц в жидкости вызывают повышение теплопроводности теплоносителей. В исследованиях, направленных на изучение потенциала повышения теплоотдачи с использованием в качестве теплоносителя суспензий ранее, как правило, использовались частицы, размер которых не превышал несколько микрон [1]. Несмотря на более высокую теплопроводность по сравнению с базовыми жидкостями суспензии не обладали необходимой седиментационной устойчивостью, что приводит к засорению каналов теплообменных аппаратов. Для того чтобы устранить эту проблему, было предложено использовать технические жидкости с примесями наноразмерных частиц, которые образуют устойчивые коллоидные растворы, которые получили название нанофлюидов [2].

Следует заметить, что изменяя концентрацию наночастиц в базовой жидкости можно фактически регулировать его теплофизические свойства. Использование нанотехнологий открывает широкий потенциал для создания нового поколения рабочих жидкостей с заданными теплофизическими и технологическими свойствами, необходимыми для повышения энергетической эффективности теплообменных аппаратов. Даже небольшое увеличение коэффициента теплопередачи (КТ) при вынужденной конвекции может привести к значительному снижению материальных и энергетических затрат на производство, эксплуатацию и обслуживание теплообменного оборудования.

Однако добавление наночастиц в базовые теплоносители может приводить к получению противоречивых эффектов при различных режимах течения [3]. К числу таких эффектов могут быть отнесены увеличение вязкости теплоносителей в присутствии наночастиц, увеличения гидравлических потерь и, как следствие, увеличение затрат энергии на перекачку теплоносителей в теплообменных аппаратах и т.п. Кроме того следует подчеркнуть, что приведенные в литературе экспериментальные данные, полученные для ламинарного режима течения теплоносителей в круглых трубах при постоянной удельной тепловой нагрузке, являются противоречивыми. В настоящее время в литературе приведено очень мало экспериментальных данных об изменении локальных коэффициентов теплоотдачи при течении нанофлюидов. Выполненный анализ информации показывает, что большинство экспериментальных данных для однофазного конвективного теплообмена получен для нанофлюидов на водной основе. При этом вопросы целесообразности применения нанотехнологий в холодильной технике и в высокотемпературных теплообменных аппаратах остаются недостаточно изученными.

Исходя из изложенного следует, что задача экспериментального исследования однофазного конвективного теплообмена при различных режимах течения нанотеплоносителей и удельных тепловых нагрузках по-прежнему остается актуальной.

Целью настоящей работы является разработка и создание универсальной экспериментальной установки для исследования локальных коэффициентов теплоотдачи и гидравлических потерь при принуждённой конвекции тепло и нанохладоносителей в широких интервалах параметров состояния.

Схема экспериментальной установки для исследования локальных и средних значений коэффициентов теплоотдачи при вынужденном течении нанофлюидов показана на рисунке 1. Теплоноситель прокачивается по замкнутому контуру экспериментального стенда с помощью вихревых насосов 12. Расход теплоносителя может регулироваться вентилем 13, который установлен на байпасной линии. Массовый расход теплоносителя измеряется с помощью расходомера шестеренчатого типа 14, который работает в диапазоне от 15 до 450 л/час. Неопределенность измерения расхода теплоносителя не превышает 1%. Рабочий участок 3 экспериментальной установки представляет собой трубку из нержавеющей стали (AISI 321), имеющую внешний диаметр 4 мм, толщину стенки 0.25мм и длину 2,4 м. Часть трубы до рабочего участка, на котором подводится электрическая энергия от стабилизированного источника питания 1 используется для гидродинамической стабилизации потока теплоносителя. Длину участка стабилизации можно изменять за счет подключения или отключения обогреваемых участков трубы. Для обеспечения прямого и горизонтального положения измерительного участка установки используется растягивающее устройство с массой грузов 20 кг. Источник питания (BVP PS15V100A, с точностью стабилизации мощности 0.01 Вт) используется для регулирования постоянного теплового потока на отдельных участках трубы экспериментальной установки. Для этой цели, нагретая часть трубки 3 разделена на 8 частей, которые могут подключаться к источнику питания 1 с помощью переключателя нагрузки 2. Разъемы 9 и 17 используются для электрической изоляции рабочего участка от других металлических частей гидравлической системы экспериментальной установки. Чтобы предотвратить потерю тепла в окружающую среду от рабочего участка экспериментальной установки трубка 3 помещена в вакуумную камеру 4. Вакуумная система экспериментальной установки позволяет поддерживать динамический вакуум менее 100 Па. Все соединительные трубопроводы гидравлического контура экспериментальной установки изолированы изоляцией толщиной 8 мм с теплопроводностью менее 0,04 Вт/(м К). На наружной поверхности рабочего участка установлены 3 абсолютные медь константановые термопары и 12 дифференциальных термопар. Абсолютные термопары предназначены для измерения температуры стенки трубы на входе теплоносителя в рабочий участок на выходе из него. Дифференциальные медь-константановые термопары предназначены для измерения температуры стенки трубы по всей ее длине. Для исключения электрического контакта с рабочим участком все спаи термопар припаяны к миниатюрным контактам (2·2мм), которые выполнены из высокотеплопроводной керамики. Эти контакты припаяны на определенном расстоянии друг от друга на наружной поверхности трубы.

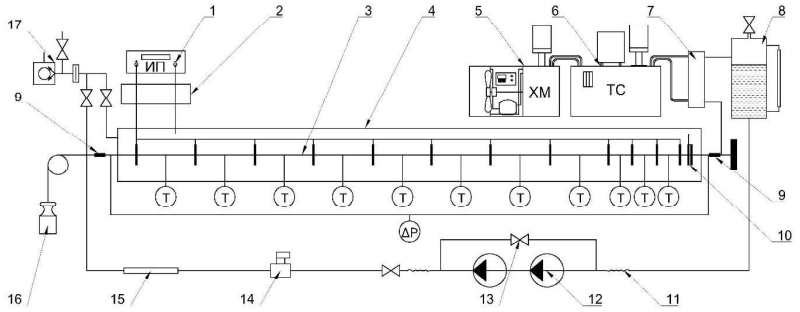


Рисунок 1 - Схема экспериментальная установка по исследованию коэффициентов теплоотдачи при вынужденном течении нанофлюидов: 1- Источник питания; 2 Переключатель секций нагрева; 3 – Трубка рабочего участка; 4 – Вакуумная камера; 5 – Холодильная машина; 6 – Термостат; 7 – Теплообменник; 8 – Ресивер; 9 – Электроизоляторы; 10 – Блок термопар рабочего участка; 11 – Виброизолятор; 12 – Вихревой насос; 13 – Вентиль байпасной линии; 14 – Расходомер; 15 – Подогреватель; 16 – Груз для натяжки трубы рабочего участка; 17 – Вакуумная система

С целью изучения влияния наночастиц на профиль температур при ламинарном течении теплоносителя в трубе в разъеме 10 установлены 6 абсолютных медь-константановых термопар, диаметр термоэлектродов которых на превышал 0.05 мм.

Все термопары прошли калибровку непосредственно на рабочем участке при турбулентном режиме течения теплоносителя. Все измерения температур, перепадов температур и показаний преобразователей давления на входе теплоносителя на рабочий участок и выходе из него фиксируются с системой сбора данных с использованием мультиметра (Picotest M3500A).

Как известно [4], коэффициент теплоотдачи нанотеплоносителя зависит от температуры на входе в рабочий участок. Поэтому перед входом нанотеплоносителя в рабочий участок и выходом из него установлены специальные камеры смешения, в которых установлены платиновые термометры сопротивления, чтобы точно измерить среднюю температуру потока теплоносителя.

Заполнение гидравлической системы экспериментальной установки теплоносителем (около 1,5 дм^3 по объему) проводилось через заправочную емкость 8. Вся гидравлическая часть экспериментальной установки перед заправкой теплоносителем предварительно вакуумировалась.

Локальные коэффициенты теплопередачи могут быть рассчитаны по закону Ньютона при установившемся стационарном режиме течения теплоносителя через рабочий участок

$$\alpha(x) = \frac{q}{\left(T_w(x) - T_b(x)\right)}, \quad (1)$$

где $q = M \cdot c_p \Delta T / A$ - плотность теплового потока (Вт/м^2); M - массовый расход (кг / с); C_P - удельная теплоемкость жидкости (Дж/ (кг К)); A - площадь поверхности канала (м^2); ΔT – разность температур теплоносителя в определенных сечениях канала (К); $T_w(x)$ - локальная температура стенки канала (К) и $T_b(x)$ - локальная объемная температура жидкости (К), рассчитанная следующим образом:

$$T_b(x) = t_{out} - \frac{q \cdot \pi \cdot D \cdot x}{M \cdot c_p}, \quad (2)$$

где T_{out} - температура на выходе теплоносителя из рабочего участка (К); D - внутренний диаметр трубки (м) и x - осевое положение спаев термопар (м).

Располагая информацией о локальных значениях коэффициента теплоотдачи производится расчет локальных значений значение числа Нуссельта

$$Nu(x) = \frac{\alpha(x)\mathrm{D}}{\lambda}, \quad (3)$$

где λ - теплопроводность теплоносителя (Вт/(м К)).

Среднее значения коэффициента теплоотдачи и числа Nu могут быть получены путем численного интегрирования.

На созданной экспериментальной установке предполагается проведение исследований влияния наночастиц и фуллеренов на локальные и средние значения коэффициента теплоотдачи при вынужденном течении теплоносителей, их влияние на потери давления на рабочем участке и затраты энергии на циркуляцию теплоносителя по гидравлическому контуру.

Список литературы

[1] A. S. Ahuja, Augmentation of heat transport in laminar flow of polystyrene suspensions. experiments and results[Text] / A. S. Ahuja// Journal of Applied Physics. -1975.- Vol.46. Issue 8. – P. 3408-3416.

[2] S. U. Choi, J. A. Eastman, Enhancing thermal conductivity of fluids with nanoparticles[Text] /S. U. Choi, J. A. Eastman // Argonne National Lab., IL (United States). - 1995.

[3] B. Raja, Convective heat transfer characteristics of silver-water nanofluid under laminar and turbulent flow conditions [Text] / L. Godson, B. Raja, D. M. Lal, S. Wongwises //Journal of Thermal Science and Engineering Applications. -2012. - Vol.4. Issue 3.

[4] A. Minakov, Study of turbulent heat transfer of the nanofluids in a cylindrical channel [Text] /A. Minakov, D. Guzei, M. Pryazhnikov, V. Zhigarev, V. Y. Rudyak // International Journal of Heat and Mass Transfer. -2016. - Vol.102. P. 745-755.

УДК 663.551

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОНТАКТНИХ ПРИСТРОЇВ БРАГОРЕКТИФІКАЦІЙНИХ УСТАНОВОК

Ободович Олександр Миколайович, д.техн.наук, с.н.с.,
Інститут технічної теплофізики НАН України,
03057, Україна, м. Київ, вул. Желябова, 2а, тел. (044) 424-31-85, e-mail: tdsittf@ukr.net ,
Булій Юрій Володимирович, канд.техн.наук, доцент
Національний університет харчових технологій,
01601, Україна, м. Київ,
вул. Володимирська, 68, тел. (044) 287-94-30, e-mail: yvbuliy@gmail.com

Недостатній проміжок часу перебування рідини на тарілках та перемішування рідини під час її переливу знижують ефективність контактних пристроїв брагоректифікаційних установок (БРУ). Тому для перегонки бражки і очистки спирту від летких домішок типові БРУ потребують збільшених витрат гріючої пари. Використання тарілок з частковою компенсацією прямотоку рідини не вирішує існуючу проблему.

Мета роботи - підвищення ефективності роботи контактних пристроїв колонного обладнання БРУ шляхом подовження часу контакту фаз на тарілках, зменшення часу переливу рідини та скорочення питомих витрат гріючої пари на процеси перегонки бражки і очистки етилового спирту.

Результати. Авторами запропонована технологія ректифікації з контрольованими циклами затримки рідини на ступенях контакту та її переливу без перемішування на суміжних тарілках. Для реалізації способу експериментальна колона була оснащена провальними лускоподібними тарілками з коаксіальним розташуванням лусочок, що виключало односпрямованість руху рідини. Переливні отвори кожної тарілки почергово відкривались та закривались рухомими клапанами, зв'язаними з приводними механізмами відповідно до програми контролера. Зміна живого перерізу тарілок на 45-50 % приводила до миттєвого зменшення швидкості пари і забезпечувала пролив рідини через переливні отвори та щілини лусок. Завдяки цьому час переливу скорочувався від 5 до 2 сек.

Досліджено, що подовження часу перебування бражки на тарілках до 12 сек. дозволяє підвищити концентрацію спирту в бражному дистиляті на 28 % в порівнянні з типовими колонами. Коаксіальне розташування лусочок виключає можливість утворення застійних зон та пригорання зважених частинок бражки. Питома витрата гріючої пари на процес брагоперегонки не перевищувала 16 кг/дал абсолютного алкоголю (а.а.) бражки.

В процесі розгонки головної фракції при затримці рідини на тарілках до 20 сек. ступінь вилучення альдегідів, вищих спиртів сивушної олії та метилового спирту зростала в середньому на 30 %, кратність концентрування головних та верхніх проміжних домішок підвищувалась на 32 %. При цьому витрата гріючої пари на процес розгонки скорочувалась до 14 кг/дал а.а., введеного на тарілку живлення.

Висновки. Для підвищення ефективності роботи контактних пристроїв доцільно подовжити час перебування рідини на тарілках до моменту, близького до рівноважного стану фаз, забезпечити перелив рідини без її перемішування на суміжних тарілках, використовувати провальні тарілки з повною компенсацією прямотоку і змінним живим перерізом.

НАУКОВІ ОСНОВИ З ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГО-ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ОСНОВІ КОГЕНЕРАЦІЙНО-ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК

Остапенко О. П., к. т. н., доцент
Вінницький національний технічний університет

Зважаючи на актуальність поставленого питання, за останні роки нами проведено низку досліджень [1 – 8] з оцінювання ефективності систем енергозабезпечення (СЕ) на основі комбінованих когенераційно-теплонасосних установок (КТНУ) в теплових схемах джерел енергопостачання.

В дослідженні [6] розроблено методичні основи та запропонований підхід із комплексного оцінювання енерго-еколого-економічної ефективності СЕ з КТНУ різних рівнів потужності та піковими джерелами теплоти (ПДТ), з урахуванням комплексного впливу змінних режимів роботи СЕ, пікових джерел теплоти в СЕ, джерел приводної енергії КТНУ, та з урахуванням втрат енергії при генеруванні, постачанні і перетворенні електричної енергії.

В нашому дослідженні [6] запропоновано здійснювати комплексну оцінку енерго-еколого-економічної ефективності СЕ на основі КТНУ та ПДТ з використанням комплексного узагальненого безрозмірного критерію енерго-еколого-економічної ефективності СЕ з КТНУ та ПДТ:

$$К_{CE}^{компл} = К_{CE} + \Delta E_i^{CE} + \Delta EK_i^{CE}, \qquad (1)$$

де $К_{CE}$ – комплексний безрозмірний критерій енергетичної ефективності СЕ з КТНУ та ПДТ з досліджень [2, 5 – 6], що використовується для оцінювання рівня енергоефективності та визначення високоефективних режимів роботи вказаних СЕ за умови $К_{CE} > 1$; ΔE_i^{CE} – відносна економічна ефективність (у частках) для СЕ з КТНУ та ПДТ для і-го режиму роботи СЕ з досліджень [5 – 6], цей показник дозволяє визначити економічно обґрунтовані режими роботи зазначених СЕ за умови, що $\Delta E_i^{CE} > 0$; ΔEK_i^{CE} – відносна екологічна ефективність (у частках) для СЕ на основі КТНУ та ПДТ для і-го режиму роботи СЕ з дослідження [6], цей показник дозволяє визначити екологічно безпечні режими роботи СЕ з КТНУ та ПДТ, за умови $\Delta EK_i^{CE} > 0$.

В роботі [6] зазначено, що екологічно безпечні, енергоефективні та економічно обґрунтовані режими роботи СЕ з комбінованими КТНУ та ПДТ будуть забезпечуватись за умови $К_{CE}^{компл} > 1$. Чим більшим буде значення показника $К_{CE}^{компл}$, тим більш енергоефективними, екологічно безпечними, економічно ефективними та конкурентоздатними будуть СЕ з КТНУ та ПДТ, згідно з [6].

Запропоновані в дослідженні [6] методичні основи із комплексного оцінювання енерго-еколого-економічної ефективності СЕ з КТНУ та ПДТ мають низку важливих переваг:

— враховують енергетичну ефективність та рівні потужності елементів СЕ;
— враховують екологічну ефективність ПДТ в СЕ та вид споживаної ними енергії з урахуванням втрат енергії при генеруванні та постачанні енергії до ПДТ та СЕ;
— дозволяють оцінювати комплексний вплив на енергетичну, екологічну та економічну ефективність СЕ з КТНУ та ПДТ таких чинників: змінних режимів роботи СЕ, пікових джерел теплоти СЕ, джерел приводної енергії парокомпресійних КТНУ з урахуванням втрат енергії при генеруванні, постачанні і перетворенні електричної енергії в КТНУ та СЕ;
— дозволяють комплексно оцінювати енерго-еколого-економічну ефективність значної кількості варіантів СЕ з КТНУ та ПДТ за умов змінних режимів роботи;
— можуть бути використані для вибору найбільш енергоефективного, екологічно безпечного та економічно обґрунтованого ПДТ для певного виду СЕ;

— можуть бути використані для комплексного оцінювання енерго-еколого-економічної ефективності СЕ з ПДТ та КТНУ з різними холодоагентами, джерелами низькотемпературної теплоти та схемними рішеннями КТНУ.

Запропоновані в роботі [6] наукові основи дозволяють визначити області високої енергоекономічної ефективності та екологічно безпечної роботи СЕ з КТНУ та ПДТ та розробити рекомендації з високоефективної експлуатації СЕ з КТНУ та ПДТ.

В дослідженні [7] проведено обґрунтування методу комплексного оцінювання енерго-еколого-економічної ефективності СЕ з КТНУ та ПДТ, де застосовано поглиблений підхід до оцінювання енергоперетворень в елементах СЕ, який дозволяє забезпечити обґрунтоване визначення високоенергоефективних, екологічно безпечних та економічно обґрунтованих режимів роботи СЕ з КТНУ та ПДТ, за умов змінних: режимів роботи СЕ та її елементів, рівнів енергоефективності елементів СЕ, холодоагентів, джерел приводної енергії та топологічного складу СЕ. В роботі [7] на основі результатів досліджень проілюстровано вплив складових енергетичної, економічної ефективності та екологічної безпеки на значення комплексного показника енерго-еколого-економічної ефективності СЕ з КТНУ та ПДТ. В публікації [8] представлено результати застосування методу комплексного оцінювання енерго-еколого-економічної ефективності СЕ з КТНУ та ПДТ.

Інформаційні джерела:

1. Остапенко О. П. Енергетична ефективність систем енергозабезпечення на основі комбінованих когенераційно-теплонасосних установок [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, В. В. Лещенко, Р. О. Тіхоненко // Наукові праці ВНТУ. – 2015. – № 4. – Режим доступу до журн.: http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/454/452.

2. Остапенко О. П. Енергетична ефективність систем енергозабезпечення на основі комбінованих когенераційно-теплонасосних установок та пікових джерел теплоти [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко // Наукові праці ВНТУ. – 2016. – № 1. – Режим доступу до журн.: http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/462/460.

3. Остапенко О. П. Методичні основи комплексного оцінювання енергетичної ефективності парокомпресійних теплонасосних станцій з електричним та когенераційним приводом / О. П. Остапенко // Наукові праці ОНАХТ. – 2015. – Вип. 47. – Т. 2. – С. 157 – 162.

4. Ostapenko O. P. Scientific basis of evaluation energy efficiency of heat pump plants: monograph / O. P. Ostapenko. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. – 64 p.

5. Остапенко О. П. Методичні основи з оцінювання енергоекономічної ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками та піковими джерелами теплоти / О. П. Остапенко // Наукові праці ОНАХТ.– 2017. – Т. 81. – Вип. 1. – С. 136 – 141.

6. Остапенко О. П. Методичні основи з комплексного оцінювання енерго-еколого-економічної ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками та піковими джерелами теплоти [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко // Наукові праці ВНТУ. – 2017. – № 3. – Режим доступу до журн.: https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/515/507.

7. Остапенко О. П. Обґрунтування методу комплексного оцінювання енерго-еколого-економічної ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками та піковими джерелами теплоти [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко // Наукові праці ВНТУ. – 2018. – № 1. – Режим доступу до журн.: https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/538/527.

8. Ostapenko O. P. Application of the method of complex assessment of energy-ecological-economic efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations and peak sources of heat / O. P. Ostapenko // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences. – VI (19). – Issue 171. – 2018. – P. 51 – 54.

УДК 620.97

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

Потапов М.Д., кандидат технических наук, доцент
Одесская национальная академия пищевых технологий
Дорошенко Ж.Ф., кандидат технических наук, доцент
Пуникверский А.Ф., студент
Одесский национальный политехнический университет

Одной из важнейших задач в области промышленной теплоэнергетики является создание надежных и эффективных теплоэнергетических систем (ТЭСПП). Надежность таких систем определяется неукоснительным обеспечением потребителя определенными энергоносителями заданных параметров, в установленном количестве, в строгом соответствии заданному потребителем временному графику. Эффективность теплоэнергетической системы, как правило, определяется удельными затратами первичного энергоносителя (топлива) на выполнение целевой задачи.

Повышение энергетической эффективности обеспечивается, прежде всего, за счет рационального построения теплоэнергетических систем, использования современного теплоэнергетического оборудования, использования вторичных энергетических ресурсов (ВЭР). Результатом использования тепловых ВЭР (например, уходящие газы теплотехнологических агрегатов) для генерирования пара, горячей воды, предварительного подогрева компонентов горения и т.д. является экономия органического топлива в сравнении с традиционными технологиями [1].

Рациональное построение ТЭСПП основывается на организации оптимального распределения и использования различных энергоносителей с обязательным учетом реальных графиков и режимов работы всех агрегатов, генерирующих и потребляющих их, с целью достижения баланса в любой момент времени и обеспечения надежной и экономичной работы, как отдельных агрегатов, так и предприятия в целом [2].

Задача сведения баланса энергоносителей и выбора резервных генерирующих источников связана с необходимостью рационально организовать и увязать потоки различных энергоносителей, характеристики и графики выработки и потребления которых диктуются технологическими задачами предприятия.

В случае использования в системах теплоэнергоснабжения ВЭР. необходимо учитывать тот факт, что график их выхода определяется режимными характеристиками оборудования (источника ВЭР). Таким образом, возникает несинхронность графиков выхода и потребления энергоносителей, генерируемых с использованием ВЭР. Решение этой задачи часто выполняют за счет резервных генерирующих источников энергоносителя на базе традиционных технологий с использованием органического топлива, в отличие от «бестопливных» технологий на базе энергетического потенциала ВЭР в утилизационных установках (УУ). Такой подход позволяет сводить баланс по конкретному энергоносителю и имеет свои «плюсы» и «минусы».

Кроме указанного способа сведения баланса по конкретным энергоносителям (пар, горячая вода), существует практика использования подтопки утилизационных установок, которые генерируют энергоносители с использованием потенциала ВЭР. Такой подход основан на сжигании под УУ органического топлива в специальном устройстве. Практическая реализация подтопки имеет свои особенности, которые связаны с правильной её организацией. Эти особенности определяются энергетическим потенциалом тепловых ВЭР - их температурой на

входе в утилизационную установку. Так, температурный уровень ВЭР перед серийными змеевиковыми котлами - утилизаторами (КУ) составляет 800 - 850° С. Поэтому, если просто сжигать топливо перед КУ, его придется сжигать с большим избытком воздуха, что приводит к большим потерям с уходящими газами. Для устранения этих издержек рекомендуется использовать рециркуляцию газов, что позволяет снизить потери с уходящими газами [1].

Практика организации подтопки предлагает использовать топочную камеру с беспламенными горелками и рециркуляцией. Камеру рекомендуется устанавливать возле газохода на некотором расстоянии от котла-утилизатора, чтобы газы успели смешиваться. Отходящие газы от теплотехнологической установки (тепловые ВЭР) не могут быть использованы в качестве окислителя при сжигании топлива для подтопки, т.к. содержат недостачно кислорода, поэтому необходимо использовать дутьевой вентилятор для подачи воздуха на подтопку. Использование беспламенных горелок обеспечивает горение топлива с коэффициентом избытка воздуха α = 1,05…1,1. При работающем теплотехнологическом агрегате через смесительную камеру пропускается также часть отходящих из агрегата газов, что способствует охлаждению подтопочной камеры и лучшему перемешиванию потоков газов с различными температурами. В режиме остановки агрегата продукты сгорания подтопки разбавляются уходящими газами котла-утилизатора с температурой ~ 220°С. Уходящие газы подаются на рециркуляцию в количестве, необходимом для того, чтобы температура смеси на входе в КУ не превышала 850°С.

Отличительной особенностью рециркуляции газов, взятых после КУ, является то, что при ней увеличивается количество газов, которые сбрасываются в окружающую среду, а следовательно, и не увеличиваются потери с уходящими газами по сравнению с базовым режимом КУ с подтопкой без рециркуляции газов. Увеличивается только количество газов, циркулирующих по внутреннему замкнутому контуру, причем суммарный расход газов через котел-утилизатор равен его расчетному значению при начальной температуре греющих газов ~ 850°С. Путем рециркуляции коэффициент использования теплоты дополнительно сжигаемого топлива может быть существенно повышен. Недостатком применения рециркуляции в обычных котлах на органическом топливе является увеличение вследствие этого поверхности нагрева. Но серийные котлы-утилизаторы предполагают сравнительно низкую температуру газов перед ними – около 850°С, поэтому наличие рециркуляции при подтопке КУ не увеличивает его поверхности нагрева, следовательно, никаких конструктивных изменений при использовании подтопки не требуется.

Несомненным достоинством подтопки является то, что она может автоматически вводиться в действие достаточно быстро и оперативно покрывать возникающие дебалансы по теплоносителям. В результате подтопки и рециркуляции удается повысить паропроизводительность установленных котлов примерно на 20%, использование теплоты сжигаемого в подтопочном устройстве топлива повышается до 0,8…0,82 [1].

Применение подтопки в технологии генерирования горячей воды с использованием тепловых ВЭР (уходящие газы высокотемпературных технологических агрегатов) показал эффективность и целесообразность такого подхода для сведения баланса по этому виду теплоносителя. Анализ результатов подтопки перед утилизационной установкой типа «экономайзер» для генерирования горячей воды, используемой в муниципальных системах теплоснабжения (в качестве сетевого теплоносителя), либо в технологических процессах предприятия, показал энергетическую результативность на уровне подтопки перед котлами-утилизаторами[1].

Таким образом, подтопка УУ для выравнивания дебалансов по пару и горячей воды является эффективной и малозатратной энергосберегающей технологией в системах теплоэнергоснабжения.

Информационные источники

1. Сазанов Б.В., Ситас В.И. Теплоэнергетические системы промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 304 с.

2. Колобков П.С. Использование тепловых вторичных энергоресурсов в теплоснабжении. – Х.: «Основа», 1991 – 224 с.

УДК 621.577

ОХОЛОДЖЕННЯ ПОВІТРЯ ТЕПЛОВИКОРИСТОВУЮЧОЮ ХОЛОДИЛЬНОЮ МАШИНОЮ З ТЕПЛОВИМ НАСОСОМ ПРИ УТИЛІЗАЦІЇ СКИДНОЇ ТЕПЛОТИ СУДНОВОЇ ЕНЕРГОУСТАНОВКИ

Р.М. Радченко[1], к.т.н., доц.; І.В. Калініченко[2], ст. викл.; А.А. Зубарєв[1], ст. викл.; Н.С. Богданов[3], аспірант

[1]Національний ун-т кораблебудування імені адмірала Макарова (Миколаїв)
[2]Національний ун-т кораблебудування ім. адм. Макарова, Херсонська філія (Херсон)
[3]Національний ун-т "Одеська морська академія " НУ "ОМА" (Одеса)

Утилізація скидної теплоти в енергетичних установках тепловикористовуючими холодильними машинами (ТХМ) – один з найбільш перспективних напрямів розвитку холодильної техніки й енергетики в цілому і суднової зокрема. Так, паливна ефективність суднових енергетичних установок (СЕУ) значною мірою визначається тепловими втратами з випускними газами двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) і знижується з підвищенням температури повітря на їх вході.

Ефективність утилізації теплоти та охолодження повітря в енергетичних установках досліджувалась провідними академічними інститутами і навчальними закладами та показали доцільність охолодження повітря на вході двигунів тепловикористовуючими ежекторними холодильними машинами (ЕХМ) як найбільш простими та надійними в експлуатації. Проте залишаються невирішеними питання раціонального використання скидної теплоти СЕУ власне в самих ТХМ відповідно до кліматичних умов експлуатації упродовж рейсу, а отже зміни їх теплових навантажень, і передусім питання використання високо- та низькопотенційної теплоти для нагріву та випаровування холодоагенту в теплосиловому контурі ТХМ. Окрім того, у відповідності до зміни споживання холоду та теплоти упродовж рейсу постають питання покриття дефіциту холодопродуктивності на окремих ділянках рейсу шляхом додаткового її виробництва з використанням теплоти, потенціал якої підвищують тепловим насосом (ТН).

Для вирішення поставлених питань розроблена математична модель для розрахунку процесів трансформації теплоти в ТХМ з бустерним ТН, що забезпечують максимальне використання високопотенційної теплоти водяної пари у випарній секції генератора ТХМ.

Математична модель процесів утилізації скидної теплоти відхідних газів суднового малообертового дизеля (МОД) у вигляді теплоти генерованої в УК водяної пари та конденсату шляхом її трансформації в холод в ТХМ з бустерним ТН, що використовують інші джерела низькопотенційної скидної теплоти (воду системи охолодження двигуна) для охолодження повітря на вході турбокомпресора (ТК) МОД, розроблена відповідно до узагальненої схеми системи утилізації на рис. і дозволяє розраховувати процеси трансформації теплоти різного потенціалу в ТХМ різного типу, зокрема ЕХМ як конструктивно найбільш простих, різних схемних рішень їх спільного використання для охолодження повітря на вході МОД суден морського флоту на конкретних рейсових лініях.

Був розглянутий варіант, коли у випарній секції генератора ЕХМ використовується частка теплоти конденсації водяної пари $r\,(1 - x)$, причому коли $x = 0$, вся теплота водяної пари утилізується у випарній секції генератора ЕХМ, а відношення теплопродуктивностей секцій генератора ЕХМ (випарна та економайзерна секції генератора ЕХМ) $Q_{ГВ}/Q_{ГЕ} = 1{,}0$. У випадку, коли теплота водяної пари $r \cdot x$ частково утилізується в економайзерній секції генератора ЕХМ для нагріву хладону з різницею температур $t_s - t_{кт4}$ виконується умова: $x > 0$, а $0{,}5 < Q_{ГВ} / Q_{ГЕ} < 1{,}0$.

При використанні інших джерел низькопотенційної теплоти на судні можна досягнути

приросту холодо- та теплопродуктивності до значення відношення випарної та економайзерної секцій генератора $Q_{ГВ} / Q_{ГЕ} = 0,8$, тобто до 80 % високопотенціальної теплоти водяної пари можна використовувати у випарній секції генератора ЕХМ, а при використанні бустерного ТН можна досягти відношення $Q_{ГВ} / Q_{ГЕ} = 1,0$. Тоді приріст холодопродуктивності ЕХМ з бустерним ТН збільшиться на 39,9 % при тепловому коефіцієнті ЕХМ $\zeta_{ЕХМ} = 0,3$; ТН $\zeta_{ТН} = 10,0$ і тиску насиченої водяної пари Рп = 0,7 МПа [1].

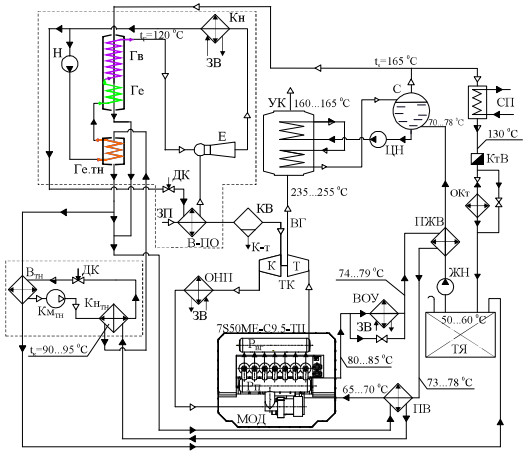


Рисунок. Схема системи утилізації теплоти відхідних газів МОД:
Рп – ресивер повітряний; Рвг – ресивер відхідних газів; Втн – випарник ТН; $Км_{тн}$ – компресор ТН; $Кн_{тн}$ – конденсатор ТН; ДК – дросельний клапан; Ге.тн – тепло-насосна економайзерна секція генератора ЕХМ; Ге – економай-зерна секція генератора ЕХМ; Гв – випарна секція генератора ЕХМ; Н – насос; Е – ежектор; Кн – конденсатор ЕХМ; ЗВ – забортна вода; ЗП – зовнішнє повітря; В-ПО – випарник-повітроохолоджувач; КВ – конденсатовідвідник; К-т – конденсат; ВГ – відхідні гази; К – компресор; Т – турбіна; ТК – турбокомпресор; ОНП – охолоджувач наддувного повітря; С – сепаратор пари; СП – споживачі пари; ОКт – охолоджувач конденсату; ЦН – циркуляційний насос УК; ВОУ – водоопріснювальна установка; ПВ – підігрівач води; ЖН – живильний насос; ПЖВ – підігрівач живильної води; ТЯ – теплий ящик

Проведені розрахунки показали, що при тепловому коефіцієнті ТХМ $\zeta_{ТХМ} = 0,8$ та умові $Q_{ГВ} / Q_{ГЕ} = 1,0$ сумарна економія палива на судні при використанні ТХМ з бустерним тепловим насосом для охолодження повітря на вході дизеля складе 2…2,4 %. Також зниження температури повітря на вході ДВЗ перед ТК в теплій зоні до $t_{п2}$=15 ºС призводить до зменшення викидів токсичних та шкідливих речовин (SO_x, NO_x, CO_2) у відхідних газах ДВЗ. Це відбувається за рахунок збільшення масових витрат повітря на 4...7%, що забезпечує значення сумарного коефіцієнта надлишку повітря на припустимому рівні до $\alpha_{\Sigma} = 2,8...3,2$ при експлуатаційній потужності двигуна $N_e = 75...85\%$. Зниження токсичних і шкідливих речовин (SO_x, NO_x, CO_2) у теплій зоні з використанням ТН у якості бустерної секції ТХМ, що охолоджує повітря на вході ДВЗ перед ТК становить 1,8…2,5 %.

Інформаційні джерела

1. Радченко Н.И. Охлаждение воздуха на входе судового дизеля эжекторной холодильной машиной с бустерным тепловым насосом / Н.И. Радченко, И.В. Калиниченко, Р.Н. Радченко // Авиационно-космическая техника и технология. – 2017. – №4 (139). – С. 98 – 101.

УДК 535.36+536.24+544.77

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ КИПІННЯ ХОЛОДОАГЕНТІВ ЗА РАХУНОК ДОДАВАННЯ НАОЧАСТИНОК ТА МОДИФІКАЦІЇ ТЕПЛООБМІННОЇ ПОВЕРХНІ

Лукьянова Т.В., Хлиева О.Я., Семенюк Ю.В.
Одесская национальная академия пищевых технологий

Підвищення коефіцієнта тепловіддачі при кипінні для випарників холодильних машин має істотне значення, оскільки відомо, що інтенсивність тепловіддачі в них невисока [1]. Як відомо, підвищення інтенсивності теплообміну при кипінні може бути досягнуто або збільшенням температурного напору, або зміною поверхневих умов. Перший спосіб обмежений умовами енергетичної та техніко-економічної оптимізації. Тому інтенсифікація пароутворення на практиці здійснюється головним чином шляхом створення поверхневих умов, сприятливих для виникнення і зростання парових бульбашок. Достатнього добре вивчені наступні способи інтенсифікації шляхом зміни поверхневих умов: підвищення шорсткості поверхні теплообміну, застосування оребрених поверхонь з певними геометричними параметрами, нанесення на поверхню різного роду покриттів і ін.

Останнім часом посилився інтерес до перспектив використання нанофлюїдів як теплоносіїв і робочих тіл енергетичного (в тому числі і холодильного) обладнання. Використання холодоагентів з добавками наночастинок (нанохолодоагентів) в якості робочих тіл парокомпресійних холодильних систем можна розглядати як новий напрямок підвищення інтенсивності процесу кипіння у випарниках без модернізації та істотного подорожчання обладнання. Робіт, присвячених дослідженню процесу кипіння нанохолодоагентів, не так вже й багато [2-8]. Більше досліджень є по кипінню нанофлюїдів на основі води і деяких органічних рідин. Але, не дивлячись на наявність робіт, однозначний висновок про вплив наявності наночастинок в базовій рідини на процес кипіння зробити не виходить, так як отримані різними дослідниками ефекти різні і іноді суперечливі.

Не викликає сумнів факт, що основну роль у зміні інтенсивності процесу кипіння нанофлюїдів грає не тільки зміна теплофізичних властивостей нанофлюїдів (в порівнянні з властивостями базової рідини), але в більшій мірі, модифікація поверхні нагрівання при осадженні на ній наночастинок. І тут можна виділити кілька ефектів, спільна дію яких на інтенсивність процесу тепловіддачі передбачити не можна:

- заповнення нерівностей поверхні наночастинками в процесі кипіння на ній нанофлюїда, що може сприяти зниженню кількості активних центрів пароутворення;
- формування пухкого пористого шару з осілих на поверхні наночастинок, наявність якого може сприяти інтенсифікації процесу кипіння за рахунок збільшення кількості центрів пароутворення, зменшення розміру і збільшення частоти відриву парових бульбашок;
- зміна крайового кута бульбашки на поверхні нагрівання після осідання наночастинок, тут ефект на інтенсивність процесу кипіння може бути неоднозначним;
- зменшення ступеня перегріву стінки за рахунок наявності термічного опору шару осілих наночастинок на теплообмінній поверхні, що може сприяти зниженню інтенсивності теплообміну при кипінні.

Як видно з описаних вище пунктів, вони частково суперечливі. Справа в тому, що тип модифікації поверхні при кипінні на ній нанофлюїдів і, отже, зміна поверхневих умов, що визначають інтенсивність кипіння, буде залежати і від стану теплообмінної поверхні і від розміру і типу наночастинок, від їх агрегативной стійкості в нанофлюїді, від наявності ПАР. Тому вплив наночастинок на стан теплообмінної поверхні, по всій видимості, є визначальним фактором при розгляді процесу кипіння нанофлюїдів і може пояснити відмінність результатів, отриманих різними дослідниками. Разом з тим слід констатувати, що питання це залишається

маловивченим і робіт, в яких розглядається стан поверхні теплообміну при кипінні на ній нанофлюїдів, досі не багато [9–12].

S. J. Kim та ін. [9, 10] проводили експериментальне дослідження стану поверхні нагрівання при кипінні нанофлюїдів, що містять наночастинки оксиду алюмінію, цирконію або кремнію. Показано, що шар, який утворюється на поверхні значно покращує змочуваність поверхні, що підтверджується зменшенням крайового кута змочування на поверхні, покритої наночастинками, в порівнянні з чистими поверхнями. Зменшення крайового кута пояснюється змінами поверхневої енергії і морфології поверхні, які викликані наявністю шару наночастинок. Висока змочуванність поверхні може достовірно пояснити збільшення критичного теплового потоку при кипінні нанофлюїдів.

В обзорі [11] йдеться, що в процесі кипіння ПАР і наночастинки можуть створювати агломерати і осідати на поверхні нагрівання, що змінює стан поверхні нагрівання і викликає ряд непередбачених ефектів, в тому числі зміна кількості активних центрів пароутворення, зміна змочуваності поверхні нагрівання і утворення додаткової термічного опору, яке запобігає прямий контакт рідини з киплячою поверхнею. Кожен з цих факторів може сприяти погіршенню інтенсивності теплообміну при кипінні, яке спостерігається рядом авторів.

В роботі [12] показано, що зміна геометрії поверхні при кипінні на ній нанофлюїдів є ключовим чинником, що пояснює суперечливі дані по інтенсивності тепловіддачі при кипінні нанофлюїдів, які отримані різними авторами. Зростання або падіння інтенсивності тепловіддачі при кипінні залежить від відносного розміру часток, зважених в рідини, від геометрії поверхні нагрівання і від їх взаємодії. Експерименти показують, що для гладкої поверхні нагрівання осадження частинок призводить до збільшення шорсткості поверхні, що сприяє інтенсифікації тепловіддачі при бульбашковому кипінні. У той же час для шорсткої поверхні не спостерігається очевидних змін геометрії поверхні. Показано, що модифікація поверхні наночастинками є невід'ємною рисою процесу кипіння нанофлюїдів. Так само показано, що на експериментальні результати впливає тривалість використання поверхні нагрівання.

Для оцінки впливу наявності наночастинок на інтенсивність процесу кипіння нами були виконані експериментальні дослідження з оцінки коефіцієнтів тепловіддачі при кипінні у вільному обсязі на двох поверхнях, що відрізняються шорсткістю і змочуванням.

Об'єктами дослідження в даній роботі були:

- холодоагент R141b без домішок наночастинок і ПАР - *R141b*;
- розчин холодоагенту R141b з ПАР Span80 (0,1% мас.) - *R141b/ПАР*;
- нанофлюїд, що складався з холодоагенту R141b, ПАР Span80 (0,1% мас.) та наночастинок TiO_2 (0,1% мас.) - *R141b/ПАР/TiO2*.

Холодоагент R141b був обраний для приготування модельних систем в силу зручності його використання при приготуванні нанофлюїдів, дослідженні їх властивостей і процесів кипіння (знаходиться в рідкому стані при температурі навколишнього середовища й атмосферному тиску). В якості добавки використовувалися наночастинки TiO_2 з розміром у порошку менш 25 нм, CAS № 1317-70-0 (Sigma-Aldrich). Було показано, що агрегативно стабільний нанофлюїд на основі R141b і наночастинок TiO_2 можна приготувати тільки з використанням поверхнево активної речовини (ПАР), в якості якої було підібрано ПАР Span-80 CAS № 1338-43-8 (Sigma-Aldrich). Детально методика приготування нанофлюїду на основі холодоагенту R141b та наночастинок TiO_2 і результати дослідження його агрегативної стійкості наведені в [13].

Так як при приготуванні нанофлюїда використовувався ПАР, то на думку авторів необхідно враховувати, що не тільки домішки наночастинок, але і домішки ПАР можуть впливати на інтенсивність тепловіддачі при кипінні.

Дослідження коефіцієнта тепловіддачі при кипінні у вільному обсязі для всіх об'єктів дослідження проведено на двох теплообмінних поверхнях, які відрізняються ступенем змочування холодоагентом R141b: на поверхні з нержавкої сталі і на аналогічній поверхні, вкритій тонким шаром фторопласту. Методика проведення експерименту і детальний опис експериментальної установки приведені в [14]. При проведенні експерименту варіювалися значення густини теплового потоку від 5 до 60 кВт·м$^{-2}$. Значення тиску в експериментальній установці підтримувалися рівними 0,2, 0,3 і 0,4 МПа.

Отримані експериментальні дані по залежності коефіцієнта тепловіддачі від щільності теплового потоку при трьох значеннях тисків були апроксимировані залежністю виду $\alpha = A \cdot q^B$ Після апроксимації були отримані значення відносних коефіцієнтів тепловіддачі – см. рис. 1.

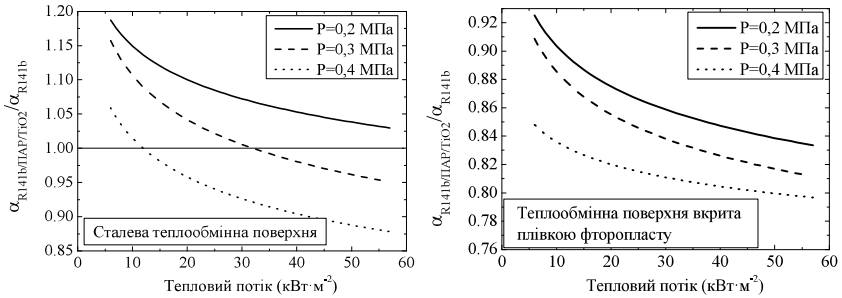


Рисунок 1 - Залежність відносного коефіцієнта тепловіддачі при кипінні нанофлюїда состава R141b / ПАР Span80 (0,1% мас.) / наночастинки TiO_2 (0,1% мас.) на двох типах поверхонь нагріву від густини теплового потоку

Показано, що при кипінні на поверхні, вкритій фторопластом, для всіх об'єктів дослідження спостерігалися значно більші значення перегріву поверхні у порівнянні з кипінням на сталевий поверхні, а, відтак, менші значення коефіцієнта тепловіддачі. Зроблено висновок, що зниження коефіцієнта тепловіддачі при кипінні на поверхні, покритій фторопластом, можливо обумовлено не зміною ступеня змочування, а зміною мікрогеометрії поверхні, покритої фторопластом, в порівнянні зі сталевою поверхнею, що призвело до зменшення кількості активних центрів пароутворення.

Імовірно, осідання на нагрівальній поверхні наночастинок і сорбування ПАР (високомолекулярних сполук) призводить до заповнення нерівностей, які виконували роль центрів пароутворення, і сприяє зменшенню їх кількості. Таке зниження кількості центрів пароутворення надає більший вплив на КТВ при кипінні, ніж зміна теплофізичних властивостей систем R141b/ПАР і R141b/ПАР/TiO2 у порівнянні з базовою речовиною.

Показано, що уведення у холодоагент наночастинок і ПАР призводить до інтенсифікації процесу тепловіддачі при кипінні в діапазонах параметрів, характерних для роботи випарників холодильних систем.

За результатами виконаних досліджень можна констатувати необхідність подальшого експериментального вивчення теплообміну у процесі кипіння перспективних нанохолодоагентів при параметрах роботи випарників холодильних систем. Доцільним є аналіз можливостей застосування різноманітних модифікацій теплообмінних поверхонь з метою інтенсифікації теплообміну у процесі кипіння.

Інформаційні джерела

1. Гоголин А.А. та ін. Интенсификация теплообмена в испарителях холодильных машин. : Издательство Легкая и пищевая промышленность, 1982. 224 р.

2. Peng H. та ін. Heat transfer characteristics of refrigerant-based nanofluid flow boiling inside a horizontal smooth tube // International Journal of Refrigeration. 2009. Vol. 32. No 6. P. 1259–1270. doi: 10.1016/j.ijrefrig.2009.01.025.

3. Peng H., Ding G., Hu H. Effect of surfactant additives on nucleate pool boiling heat transfer of refrigerant-based nanofluid // Experimental Thermal and Fluid Science. 2011. Vol. 35. No 6. P. 960–970. doi: 10.1016/J.EXPTHERMFLUSCI.2011.01.016.

4. Trisaksri V., Wongwises S. Nucleate pool boiling heat transfer of TiO2–R141b nanofluids // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2009. Vol. 52. No 5–6. P. 1582–1588. doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2008.07.041.

5. Tazarv S. та ін. Experimental investigation of saturated flow boiling heat transfer to TiO2/R141b nanorefrigerant // Experimental Heat Transfer. 2016. Vol. 29. No 2. P. 188–204. doi: 10.1080/08916152.2014.973976.

6. Eid E.I. та ін. An experimental investigation of the effect of the addition of nano Aluminum oxide on pool boiling of refrigerant 134A // Heat and Mass Transfer. 2017. Vol. 53. No 8. P. 2597–2607. doi: j.ijheatmasstransfer.2018.03.046.

7. Chang T.-B., Wang Z.-L. Experimental investigation into effects of ultrasonic vibration on pool boiling heat transfer performance of horizontal low-finned U-tube in TiO2/R141b nanofluid // Heat and Mass Transfer. 2016. Vol. 52. No 11. P. 2381–2390. doi: 10.1007/s0023.

8. Diao Y.H. та ін. Experimental investigation on the pool boiling characteristics and critical heat flux of Cu-R141b nanorefrigerant under atmospheric pressure // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2015. Vol. 89. P. 110–115. doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2015.05.043.

9. Kim S.J. та ін. Effects of nanoparticle deposition on surface wettability influencing boiling heat transfer in nanofluids // Applied Physics Letters. 2006. Vol. 89. No 15. P. 153107.

10. Kim S.J. та ін. Surface wettability change during pool boiling of nanofluids and its effect on critical heat flux // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2007. Vol. 50. No 19–20. P. 4105–4116. doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2007.02.002.

11. Wen D. та ін. Review of nanofluids for heat transfer applications // Particuology. 2009. Vol. 7. No 2. P. 141–150.

12. Wen D. та ін. Boiling heat transfer of nanofluids: the effect of heating surface modification // International Journal of Thermal Sciences. 2011. Vol. 50. No 4. P. 480–485.

13. Khliyeva O. та ін. AN EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECT OF NANOPARTICLE ADDITIVES TO THE REFRIGERANT R141B ON THE POOL BOILING PROCESS // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Vol. 4. No 8(94). P. 59–66. doi: 10.15587/1729-4061.2018.139418.

14. Nikulin A. та ін. Study of pool boiling process for the refrigerant R11, isopropanol and isopropanol/Al 2 O 3 nanofluid // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2018. Vol. 118. P. 746–757. doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2017.11.008.

УДК 536.24:621.1

ТЕПЛООБМЕН ГРАВИТАЦИОННОГО СЛОЯ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА С ПОВЕРХНОСТЬЮ

Бабаев Е.С., студент-магистр, ТЭФ, Титарь С.С., к.т.н., проф.
Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса

Во многих отраслях промышленности существует необходимость в нагреве (охлаждении) сыпучих материалов в технологических процессах либо с целью утилизации тепла.

Это нагрев либо охлаждение материалов в химической промышленности: термообработка материалов , газообразные продукты, разложение которых необходимо улавливать; нагрев мелкодисперсных руд концентратов для извлечения металла и охлаждение огарка на предприятиях цветной металлургии; прокалка формовочных смесей после литья с целью выжига смолянистых примесей, что позволяет многократно использовать формовочные материалы; процессы сушки утилизации тепла энерготехнологии и т.д.

Приведенный анализ позволяет сделать ряд выводов и сформулировать задачи настоящего исследования.

Задача изучения теплообмена плотного гравитационного слоя сыпучего материала с поверхностью с целью создания высокоэффективных теплообменных аппаратов весьма актуальна.

Более рациональной является компоновка теплообменника из горизонтальных поперечно омываемых труб, так как интенсивность теплообмена в этом случае выше, чем при длительном омывании.

Исследовались пучки с шахматным расположением трубок, как наиболее целесообразные в аппаратах с плотным слоем.

По данным Донскова С.В. изменение теплоотдачи происходит в трех первых рядах трубного пучка (уменьшается по глубине пучка) и далее остается неизменной.

На основании этого исследуемый калориметр помещался в четвертый ряд, что позволило получить данные, близкие к средним для многорядных пучков.

Это подтвердили и наши предварительные опыты.

Для расчета рекомендуется следующая критериальная зависимость:

$$Nu=0.47\ 〚Pe〛^{0.28}\ 〚(D/d)〛^{0.33}\ 〚(S_2/D)〛^{0.2} \quad (1)$$

Зависимость получена для диапазона: 1,36≤S_1/D≤2,7; 1,82≤S_2/D≤6,13; 60≤Pe≤1500; 45≤D/d≤145.Уравнение (1) с вероятностью ошибки ± 6 % справедливо при разных направлениях теплового потока (нагрев, охлаждение) и температура слоя до 500-600 °С.

УДК 536.24:621.1

ВИБРАЦИЯ ТРУБЧАТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА ТЕПЛООБМЕН С ПЛОТНЫМ СЛОЕМ

Дариенко Б.Е.Б, студент-магистр, ТЭФ, Титарь С.С., к.т.н., проф.
Одесский национальный политехнический университет

Плотный не продуваемый слой сыпучего материала является разновидностью сквозных дисперсных потоков, представляющий собой неоднородную двухкомпонентную систему “газ-твердые частицы” и характеризующееся номинальной концентрацией твердой фазы.

Разрывы непрерывности по физико-механическим и теплофизическим характеристикам на границе раздела компонентов значительно усложняют корректное математическое описание процессов, а в целом ряде случаев делают невозможным получение аналитических решений.

Однако из перспективных способов интенсификации теплообмена плотного слоя с поверхностью является вибрация. В ряде случаев вибрация позволяет не только значительно интенсифицировать процесс теплообмена, но и обеспечить стабильность движения. Данные по теплообмену плотного гравитационного слоя с поверхностью в условиях вибрации, приведенные в работах, ограничиваются очень узким диапазоном изменения режимных и геометрических характеристик, в силу чего не содержат рекомендации по методике расчета и проектированию теплообменных аппаратов.

В литературе практически отсутствуют сведения о процессах, происходящих в плотном движущемся слое при наложении сил вибрации.

Несомненно, что подобные данные в значительной мере должны помочь, а объяснении причин интенсификации теплообмена под воздействием вибрации и необходимы при проектировании аппаратов с вибрационным слоем.

Режимные характеристики изменялись в следующем диапазоне: а) скорость гравитационного движения слоя $-V_{сл} = 0{,}4 + 12$ мм/с; б) параметры вертикальной вибрации—амплитуда А=0,1 мм; в) частота $f = 20$ Гц,; г) скорость $V_в = 4Af = 60\frac{мм}{с}$, ; д) относительная скорость вибрации $\frac{V_в}{V_{сл}}$=110. е) компоновка пучка принята шахматной при относительных шагах $\frac{S_1}{D} = 1.82; \frac{S_2}{D} = 6.13$.

Обобщенная зависимость, позволяющая рассчитать интенсификацию теплообмена в пучках труб под влиянием вибрации получена и предоставлена на фиг.1. Прямая линия изображает результаты расчета степени интенсификации теплообмена под влиянием вибрации, полученной для одиночного калориметра.

Здесь же точками представлены результаты, полученные для пучка.

Хорошее согласование результатов позволяет рекомендовать для расчета степени интенсификации теплообмена в шахматных пучках под влиянием вибрации следующую зависимость:

$$\frac{Nu_в}{Nu_о} = 0.71\left(\frac{V_в}{V_{сл}}\right)^{0.1}\left(\frac{D}{d}\right)^{0.05} \qquad (1)$$

Справедливую с вероятной ошибкой ±4,9% при

$$1{,}8 \le \frac{V_в}{V_{сл}} \le 110 \quad 2{,}3 \le \frac{D}{d} \le 111 \quad 1.36 \le \frac{S_1}{D} \le 2.7 \quad 1.82 \le \frac{S_2}{D} \le 6.13$$

УДК 536.24:621.1

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ УТИЛИЗАТОРОВ ТЕПЛА С ПРОМЕЖУТОЧНЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ

Васылив О.Б., к.т.н., доц., Титлов А.С., д.т.н., проф.
Одесская национальная академия пищевых технологий

Рост стоимости энергоносителей и интенсификация “парникового" эффекта в атмосфере Земли предопределяют повышенные требования к экономичности современных систем проточно-вытяжной вентиляции и кондиционирования воздуха (СКВ).

СКВ по энергоемкости превосходят системы вентиляции, при этом капитальные затраты на них достигают 20% общей стоимости зданий, а эксплуатационные – 30…50 % всей стоимости эксплуатации [1].

Особую актуальность в этом случае приобретают вопросы утилизации тепла отработанного воздуха при помощи специализированного теплообменного оборудования.

При разработке систем утилизации тепла необходимо учитывать и сложную экологическую ситуацию. В настоящее время годовые загрязнения атмосферы составляют миллионы тонн, из них 90% приходятся на газообразные компоненты, 10% - на пыль. В частности, одним из наиболее экологически неблагополучным является сварочное производство, так как сварочный аэрозоль (СА) обладает широким спектром вредных воздействий на человека.

Применение встроенных и местных отсосов позволяет локализовать до 80 % СА. Для разбавления оставшихся 20 % СА до ПДК необходимо подавать в производственные помещения от 2000 м^3 до 350000 м^3 воздуха на 1 кг расходуемого сварочного материала [2].

В зимнее время перепад температур между наружным и воздухом в помещении может достигать 35 ^{0}С. В этом случае для производства с 10 сварочными постами на нагрев проточного воздуха необходимо затрачивать от 660 кВт до 10000 кВт тепловой энергии.

На первом этапе был разработан высокоэффективный теплоутилизатор (рис. 1), работающий в режиме барботирования [3].Устройство содержит две емкости, выполняющие функции охладителя 1 и нагревателя 2, сообщенные между собой циркуляционным контуром 3, 4, 5 промежуточного теплоносителя.

Вытяжной воздуховод 6 с фильтром 7 сообщен с помещением (не показан) и подключен к охладителю 1 с возможностью барботирования потока вытяжного воздуха через слой 4 промежуточного теплоносителя и его сообщения через расположенный в охладителе 1 сепаратор 8 (отделитель частиц с помещением.

Приточный воздуховод 9 подключен к нагревателю 2 с возможностью барботирования потока приточного воздуха через слой 5 промежуточного теплоносителя и его сообщения через расположенные в нагревателе 2 сепаратор 10 и подогреватель 11с помещением.

Дополнительный приточный воздуховод 12 подключен к охладителю 1 с возможностью смешивания с потоком вытяжного воздуха после сепаратора 8.

Циркуляционный контур 3 заполняют промежуточным теплоносителем (водой или, например, химически инертной жидкостью типа полиметилсилоксановой) с образованием в охладителе 1 и нагревателе 2 слоев 4 и 5 жидкости.

Вытяжной воздух собирается и удаляется из помещения и одновременно с приточным воздухом подаётся соответственно через вытяжной воздуховод 6 и основной приточный воздуховод 9 в охладитель 1 и нагреватель 2.

В охладителе 1 осуществляется охлаждение вытяжного воздуха и подачу из охладителя 1 в помещение.

Одновременно осуществляют нагрев приточного воздуха в нагревателе 2 и дополнительный нагрев в подогревателе 11 и последующую подачу обработанного приточного воздуха в помещение.

Одновременное охлаждение вытяжного воздуха и нагрев приточного воздуха осуществляют в режиме барботирования соответственно в охладителе 1 и нагревателе 2 теплоутилизатора через слои 4 и 5 циркулирующего промежуточного теплоносителя с проведением последующей сепарации в сепараторах 8 и 10 охлажденного и нагретого вытяжного и приточного воздуха от содержащейся в последних жидкости.

Удаляемый из помещения вытяжной воздух перед его подачей в охладитель теплоутилизатора предварительно очищают от примесей в фильтре 7, а после сепарации смешивают в охладителе 1 с подаваемым в последний по дополнительному приточному воздуховоду 12 приточным воздухом и затем подают в помещение раздельно от обработанного в подогревателе 2 теплоутилизатора приточного воздуха.

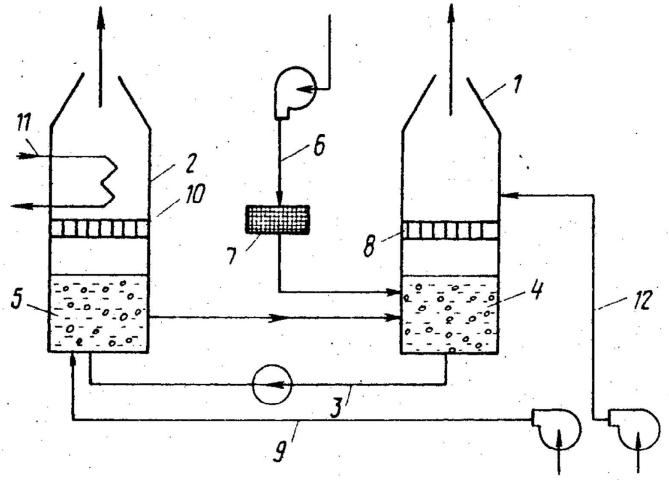


Рис. 1. Схема теплоутилизатора воздуха

Для обеспечения одновременной газоочистки разработана модификация с абсорбентом в качестве промежуточного теплоносителя. В частности, для обработки воздуха, содержащего сварочные аэрозоли можно использовать водный раствор уротропина (гексаметилентетрамина) с дисперсными частицами ионообменной смолы АВ-17-8 [2].

Показано [2], что новая конструкция теплоутилизатора-газоочистителя позволяет за счет реализации пенно-дисперсного режима очистки интенсифицировать теплообмен, как минимум, в 10 раз. В свою очередь это снижает габариты в 7…8 раз, а металлоемкость в 5…7 раз.

Информационные источники

1. Титлов А.С., Гродзинский В.В., Дмитренко В.В. Разработка конструкций высокоэффективных теплообменников утилизаторов с совмещенной газоочисткой //Экологически защищенные системы промышленной вентиляции. –М.: ЦРДЗ. –1992. –С. 106-110.

2. А.с. 1672136 СССР, МКИ F 24 F 3/14. Способ обработки воздуха /А.С. Титлов, А.А.Эннан, Г.Ф. Смирнов, Л. М.Белый А.С. Байрамуков (СССР). -4695520/29; Заявл. 26.05.89; Опубл. 23.08.91, Бюл. № 31.

3. Карпис Е.Е. Энергосбережение в системах кондиционирования воздуха. –2-е изд., перераб. и доп. –М.: Стройиздат, 1986. –286 с.

УДК: 621.574.013-932.2:621.574.1:661.91

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОГО ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПАРОЭЖЕКТОРНОЙ И АБСОРБЦИОННОЙ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ГАЗА И ПОЛУЧЕНИЯ ЖИДКОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА

Дьяченко Т.В., к.т.н., доц., Титлов А.С., д.т.н., проф., Сагала Т.А., к.т.н., доц.
Артюх В.Н., аспирант, Алнамер Абделкадер, аспирант
Одесская национальная академия пищевых технологий

Потоки углеводородных газов, получаемых в технологиях химических и нефтеперерабатывающих производств, имеющих достаточно высокую температуру (порядка 60 °С и выше), целесообразно охлаждать до 20…35 °С для выделения из них фракций жидкого углеводородного топлива. Расчеты показали, что из газа с массовым составом углеводородов и при давлении этого газа 10…11 бар может быть сконденсировано 36…57 % по массе жидкого н-бутана и н-пентана. При этом необходимо отводить 150…230 кДж тепла на 1 кг газа. В расчетах использовались справочные данные [1-3].

В зимний период это возможно путем охлаждения газа технической водой из оборотной системы теплоснабжения, а в летний период, особенно для южных районов страны, необходимы установки для производства искусственного холода.

Следует иметь в виду, что на вышеназванных производствах имеются теплогенераторы (котельные установки, печи и т.п.), продукты сгорания на выходе из которых имеют достаточно высокий (300…350 °С) потенциал и нуждаются в утилизации. Утилизированное тепло может быть использована для получения искусственного холода.

К числу таких теплоиспользующих холодильных установок (ХУ) относятся пароэжекторные (ПЭХУ) и водоаммиачные абсорбционные (АХУ).

В настоящей работе проводится сравнение основных технических показателей этих двух типов установок применительно к задаче охлаждения технологического углеводородного газа в летний период. Такое сравнение позволит более обоснованно подойти к выбору типа ХУ и для решения подобных задач.

Объект исследования – теплоиспользующие холодильные установки пароэжекторного и абсорбционного типа.

Предмет исследования – рабочие режимы теплоиспользующих холодильных установок пароэжекторного и абсорбционного типа.

Методы исследования –теоретические, путем моделирования рабочих циклов.

Рассмотрены режимы работы типичной технологической линии нефтеперерабатывающих производств [1]:

- расход технологического газа 12 т/ч (состав газа указан выше), его давление 10 бар, температура на входе в испаритель ХУ 60 °С;
- расход утилизируемых продуктов сгорания $18 \cdot 10^3$ м^3/ч (примерно 13,5 т/ч при плотности 0,75 кг/м^3), их температура 350 °С;
- температура технической воды на входе в охлаждаемые элементы ХУ 40 °С, на выходе из них 45 °С.

В результате расчетов для каждой ХУ определяются:

- температура конца охлаждения технологического газа;
- температура конца охлаждения продуктов сгорания;
- параметры в характерных точках термодинамических циклов ХУ: давление P_i, температура t_i, удельный объем υ_i, энтальпия h_i, массовое паросодержание x_i, концентрация аммиака в воде аммиачной смеси (для АХУ) ξ_i, расход G (приведенный [кг/кг] и абсолютный [кг/с]), скорости потоков (для потоков в проточной части эжектора ПЭХУ);

- холодопроизводительность и тепловой коэффициент ХУ;
- тепловая нагрузка теплообменных аппаратов и мощности насосов - побудителей циркуляции;
- поверхности нагрева и габариты теплообменного оборудования;
- габариты эжекторной группы (для ПЭХУ).

Результаты технического анализа технических показателей ПЭХУ и АХУ приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технические показатели ПЭХУ и АХУ

Наименование показателя		Единицы измерения	Численные значения	
			ПЭХУ	АХУ
Конечная температура охлаждения технологического газа		°С	35	32
Конечная температура утилизируемых уходящих газов		°С	144	100
Количество получаемых жидких углеводородов		т/ч	4,31	5,26
Холодопроизводительность установки		кВт	500	584
Тепловой коэффициент установки		-	0,58	0,57
Расход хладагента		т/ч	0,75	1,78
Мощность насоса в цикле установки		кВт	0,15	2,8
Мощность насоса охлаждающей воды		кВт	4,1	4,8
Парогенератор	Тепловая нагрузка	кВт	862	1027
	Коэффициент теплопередачи	Вт/(м^2·К)	280	286
	Поверхность нагрева	м^2	58	71
	Габариты	м	1,6×1,6×2,5	2,5×2,4
Испаритель	Тепловая нагрузка	кВт	500	584
	Коэффициент теплопередачи	Вт/(м^2·К)	420	420
	Поверхность нагрева	м^2	60	40
	Габариты	м	1,8×0,5×2,2	1,5×0,5×2,2
Конденсатор	Тепловая нагрузка	кВт	1362	554,5
	Коэффициент теплопередачи	Вт/(м^2·К)	972	1000
	Поверхность нагрева	м^2	258	80
	Габариты	м	2×1,3	1,5×1,2
Абсорбер	Тепловая нагрузка	кВт	-	952
	Коэффициент теплопередачи	Вт/(м^2·К)	-	500
	Поверхность нагрева	м^2	-	76
	Габариты	м	-	1,6×1,5
Дефлегмтор	Тепловая нагрузка	кВт	-	104,5
	Коэффициент теплопередачи	Вт/(м^2·К)	-	412
	Поверхность нагрева	м^2	-	11
	Габариты	м	-	1,6×0,8
Теплообменник	Тепловая нагрузка	кВт	-	284
	Коэффициент теплопередачи	Вт/(м^2·К)	-	500
	Поверхность нагрева	м^2	-	9
	Габариты	м	-	1×0,4
Охладитель жидкости	Тепловая нагрузка	кВт	-	42,3
	Коэффициент теплопередачи	Вт/(м^2·К)	-	210
	Поверхность нагрева	м^2	-	16
	Габариты	м	-	1×0,7
Эжекторная группа	Количество эжекторов	шт.	6	-
	Расход рабочего пара на один эжектор	т/ч	2,05	-
	Коэффициент эжекции	т/ч	0,625	-
	Габариты одного эжектора	м	1,7×0,3	-

Суммарная тепловая нагрузка теплообменного оборудования	кВт	2724	3548,3
Суммарная поверхность нагрева теплообменного оборудования	м^2	376	303
Суммарный расход охлаждающей воды	т/ч	233,5	276,2
Суммарная мощность насосов	кВт	4,25	7,6

Анализ полученных результатов показал, что получение большего количества жидкого углеводородного топлива в варианте с АХУ (при примерно равных тепловых коэффициентах в обоих типах установок) связано с:

1) возможностью более глубокого охлаждения технологического газа (температура кипения аммиака в испарителе АХУ равна ~ 9 °С, в то время как в испарителе ПЭХУ вода кипит при 25 °С);

2) возможностью более глубокой утилизации продуктов сгорания (до ~ 100 °С) ввиду переменности температуры кипения водоаммиачного раствора в парогенераторе АХУ;

3) меньшие суммарные поверхности нагрева теплообменного оборудования (на ~ 25%) в АХУ, несмотря на большее количество теплообменных аппаратов, это связано с отводом теплоты к охлаждающей воде не только в конденсаторе, как это имеет место в ПЭХУ, но и в абсорбере и дефлегматоре, осуществляющийся при больших, чем в конденсаторе, температурных напорах.

Выводы

При охлаждении технологического газа для получения из него жидкого углеводородного топлива с помощью пароэжекторной и абсорбционной холодильных установок технические показатели АХУ (возможность более глубокого охлаждения газа, большее количество получаемого топлива, меньшие суммарные поверхности нагрева теплообменных аппаратов) несколько выше (на ~ 20 – 25 %), чем ПЭХУ.

Тем не менее, ввиду определенной сложности АХУ (большее число элементов оборудования, более высокий уровень давлений 6 - 20 бар, применение более агрессивного хладагента – аммиака) окончательный выбор типа холодильной установки для этих целей может быть сделан, исходя из условий и возможностей конкретного производства.

Информационные источники

1. Варгафтик, Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / Н.Б. Варгафтик. – М: Наука, 1972. – 720 с.

2. Павлович, Н.В. Справочник по теплофизическим свойствам природных газов и их компонентов / Н.В. Павлович. – М-Л: Госэнергоиздат, 1962. – 120 с.

3. Кошкин, Н.Н. Холодильные машины / Под ред. Кошкина Н.Н. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 512 с.

УДК 621.574

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АБСОРБЦИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ИХ ЭЛЕМЕНТАХ

Биленко Н.А., аспирант, Титлов А.С., д-р техн. наук, проф., Осадчук Е.А., ассистент
Одесская национальная академия пищевых технологий

Дефицит органических топливных ресурсов, особенно ощутимый в настоящее время в Украине, а также ужесточающийся во всем мире экологические требования по снижению потенциала глобального потепления на планете ставят как никогда ранее актуальную задачу снижения потребления топлива в энергетических, холодильных и энерготехнологических установках.

Предпосылкой к решению этой задачи на стадии научно-исследовательских разработок является теоретический анализ потерь от необратимости процессов в элементах энергетических, холодильных и энерготехнологических установок (эксергетических потерь) и поиск на его основе практических путей возможного снижения этих потерь, дающих экономию топлива.

Рассмотрено два подхода при эксергетическом анализе установок.

При первом подходе определяют эксергетические КПД отдельных элементов установки, по которым судят о термодинамическом совершенстве процессов, происходящих в этих элементах, а затем определяют эксергетический КПД всей установки.

При втором подходе определяют относительные эксергетические потери, сопоставляют их значения по величине и, затем, по универсальной формуле рассчитывают эксергетический КПД установки.

Алгоритм эксергетического анализа разрабатывался для двух типов абсорбционных холодильных установок: для установки с электромеханическим насосом для циркуляции водоаммиачного раствора (АХУ) и для абсорбционно-диффузионного холодильного агрегата (АДХА), устанавливаемого в бытовых холодильных приборах.

В состав АХУ входят следующие элементы: генератор, дефлегматор; конденсатор; переохладитель жидкого хладагента; испаритель, помещённый в холодильную камеру; абсорбер; регенеративный теплообменник растворов; водоаммиачный насос и насосы для прокачки охлаждающей воды через дефлегматор, конденсатор и абсорбер; дроссельные вентили для хладагента и для водоаммиачного раствора.

Из предварительных тепловых расчётов [1-2] известны параметры в характерных точках P_i, T_i, i_i, s_i, v_i, расходы рабочего тела через элементы схемы g_i (приведенные к расходу хладагента через испаритель), и таким же образом приведенные тепловые нагрузки элементов схемы q_i, а также приведенная суммарная работа насосов Σl_H.

Кроме того, известны температура, поддерживаемая в холодильной камере T_x, температура теплоносителя греющего низкопотенциального источника $T_T = const$ и задана температура окружающей среды T_0.

В процессе генерации водоаммиачного пара участвуют два рабочих тела – кипящий водоаммиачный раствор и теплоноситель греющего низкопотенциального источника.

В процессе охлаждения в дефлегматоре участвуют: рабочее тело и окружающая среда.

В процессах конденсации и абсорбции участвуют рабочее тело и окружающая среда.

Переохладитель жидкого хладагента представляет собой теплообменник, в котором обмениваются теплом жидкий хладагент после конденсатора и парообразный хладагент после испарителя.

В регенеративном теплообменнике растворов обмениваются теплом слабый и крепкий водоаммиачные растворы.

В холодильной камере, в которой установлен испаритель, происходит теплообмен между охлаждаемым при температуре T_x объектом и испаряющимся жидким хладагентом.

Относительные эксергетические потери в насосах зависят от КПД насоса $\eta_н$ и КПД электродвигателя.

Приведенная выше методика позволяет провести сравнительный эксергетический анализ аппаратов бытовой холодильной техники, в частности, абсорбционно-диффузионных и компрессорных морозильников ёмкостью V = 200 дм³.

Выводы

Анализ полученных результатов показывает, что бытовые морозильники являются термодинамически несовершенными устройствами – эксергетические КПД преобразования энергии при их работе не превышают 7 %.

При работе бытовых морозильников от сетевой электроэнергии термодинамические преимущества, как и следовало ожидать, имеют компрессорные модели. При этом основные потери имеют место при получении и транспортировке электроэнергии (Ωпэ = 70 %).

Для абсорбционно-диффузионных моделей, в отличие от компрессорных моделей, имеется способ улучшить эксергетические показатели путём использования в качестве источника энергии органического топлива. При этом значительно возрастают потери в термосифоне-генераторе, однако, ввиду полного отсутствия потери, связанной с получением электроэнергии, общий эксергетический КПД АД-М увеличивается в ~ 3 раза, а, по сравнению с КМ – в ~ 1,7 раза. Во столько же раз уменьшается расход первичного топлива, что весьма существенно в условиях Украины.

Информационные источники

1.Захаров М.Д. Енергетичні і екологічні показники компресійної та абсорбційної побутової холодильної техніки / М.Д. Захаров, О.С. Тітлов, Ю.С. Ботук, О.Б. Василів, Н.В. Рева // Наукові праці Одеської державної академії харчових технологій. – 1997. – № 17. – С. 167-175.

2.Ботук Ю.С. Экспериментальное определение экономичности низкотемпературной камеры с абсорбционно-диффузионными холодильными машинами на различных температурных уровнях замораживания / Ю.С. Ботук, А.С. Титлов, О.Б. Васылив // Тепловые режимы и охлаждение радиоэлектронной аппаратуры. Научно-технический сборник. –1998. – № 1. – С. 68-70.

УДК 621.565.3:664.723

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКИ МЕЛКОСЕМЕННЫХ КУЛЬТУР

[1]Петушенко С.Н., преподаватель высшей категории, [2]Титлов А.С., д.т.н., проф., [2]Устенко Р.А., студент факультета НГиЭ
1) Одесский технический колледж Одесской национальной академии пищевых технологий
2) Одесская национальная академия пищевых технологий

Известно, что наибольший эффект в энергосбережении при хранении мелкосемянных культур может быть достигнут при совершенствовании систем охлаждения, воздухораспределения и вентиляции. В тоже время методики моделирования не могут быть в полной мере применены при разработке таких систем.

В этой связи актуальными становятся экспериментальные исследования температурно-влажностных режимов низкотемпературной обработки и хранении мелкосемянных культур, которые позволят определить степень адекватности разработанных моделей и изучить особенности реальных процессов тепломассообмена и гидродинамики в типовых условиях. Для достижения этих целей была изготовлена специализированная экспериментальная установка. При апробации методики экспериментальных исследований и установки в качестве исследуемых образцов использовали весь спектр отечественных мелкосеменных культур: рапс, лен, горчица, просо. Диаметр зерновки составляет для: проса обыкновенного – в среднем 1,6 мм; горчицы белой – 1,5-2,0 мм, льна – в среднем 1,8 мм; рапса – от 1,8 до 2,5 мм.

Проведение экспериментальных исследований на установке выполнялось следующим образом. Вначале проводилось тарирование скорости движения воздуха на выходе из зернового слоя. Для этого в экспериментальную ячейку помещалось зерно рапса. Высота засыпки определялась мерной шкалой на прозрачном окошке соответственно 100 мм, 200 мм и 275 мм. Изменяя скорость вращения вентилятора, доводили значение скорости воздушного потока на выходе из зернового слоя до υ = 0,8 м/с. Давление контролировалось микроманометром, а скорость потока воздуха определялась по формуле $\upsilon = 1{,}29\sqrt{Hg}$, м/с. Осуществлялось предварительное включение холодильной машины и выход на заданный температурно-влажностный режим установки.

Предварительно подготовленное зерно рапса, увлажненное и подогретое в термостате, помещалось в экспериментальную ячейку. При этом вначале взвешивалась масса самой ячейки, а затем вместе с зерном на лабораторных электронных весах. Температура зерна определялась с помощью термометров сопротивления и электронного блока. Заполненная ячейка закладывалась в экспериментальную камеру, при этом конструкция соединения ячейки с воздуховодом обеспечивало герметичное быстросъемное соединение, не допускающее боковых перетечек при продувке зерна воздушным потоком. Время отслеживалось по электронному секундомеру.

Через каждые 60 с экспериментальная ячейка вынималась из камеры, взвешивалась на электронных лабораторных весах, при этом проводилось измерение температуры слоя зерна в верхней части (на расстоянии 10 мм от края насыпи) и в средней части насыпи. После этого экспериментальная ячейка помещалась в камеру охлаждения и эксперимент продолжался.

В ходе эксперимента контролировались температуры: окружающей среды; воздуха на входе в слой зерна, воздуха на выходе из слоя зерна.

Каждый опыт заканчивался при достижении заданной температуры насыпи зерна в верхней части (на расстоянии 10 мм) независимо от высоты слоя. Начальная и конечная влажность зерна определялась в лабораторных условиях на приборе СЕШ-3М.

Эффективный коэффициент конвективного теплообмена определялся:

$$\alpha_э = \frac{Q_{общ}}{F \cdot (t_H - t_K)}. \quad (1)$$

Расчетные значения параметров приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Расчетные значения параметров

Параметр	Высота слоя, м		
	0,1	0,2	0,275
Эффективный коэффициент теплоотдачи	2,188	1,277	0,851
Критерий Нуссельта, Nu	9.328	5.441	3.627
Критерий Рейнольдса, Re	1671	1671	1671
Критерий Прандтля, Pr	0,718	0,718	0,718
Симплекс, d/l	1.04	0.52	0.38

Полученное уравнения для определения коэффициента конвективного теплообмена рапса будет иметь следующий вид:

$$Nu = 2 + 0.2 \cdot \mathrm{Re}_Э^{0.5} \cdot \mathrm{Pr}^{0.33} \cdot \left(\frac{d}{h}\right)^{1.423}, \quad (2)$$

Диапазон изменения симплекса: $1{,}1 \le \left(\frac{d}{h}\right) \le 0{,}37$

Сравнение расчетных значений, полученных по соотношению (2) с экспериментальными данными, приведено на рис.1.

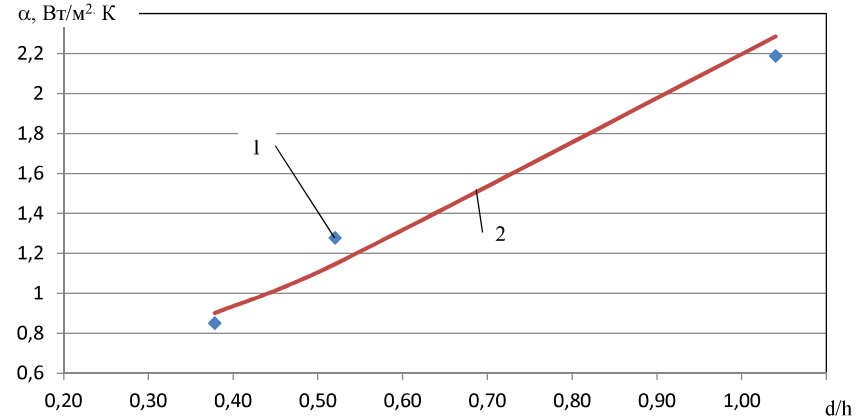


Рис. 1. График изменения коэффициента теплоотдачи от воздуха к слою зерна
1 – эксперимент, 2 – расчет.

Относительная погрешность определения коэффициента конвективного теплообмена составляет 10 %.

УДК 621.575(088.8):664.8

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ АБСОРБЦИОННЫМИ ХОЛОДИЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

Титлов А.С., д.т.н., проф., Тюхай Д.С., к.т.н., доц., Титлова О.А., к.т.н., доц., Березовская Л.В., аспирант, Адамбаев Д.Б., аспирант
Одесская национальная академия пищевых технологий

Современные требования к холодильным агентам в части озонобезопасности и минимизации вклада в «парниковый» эффект открывают широкие возможности для холодильных аппаратов абсорбционного типа или аппаратов с абсорбционно-диффузионными холодильными аппаратами (АХА), работающих с традиционным водоаммиачным раствором (ВАР) в качестве рабочего тела.

Основной недостаток АХА, сдерживающий их широкое распространение – низкая энергетическая эффективность, обусловленная физическими особенностями холодильного цикла. Этот фактор не только предопределяет повышенные, по сравнению с компрессионными аналогами, стоимостные затраты, но и соответствующий вклад в «парниковый» эффект.

Анализ результатов экспериментальных исследований опытных и серийных моделей холодильных аппаратов с АХА показали, что их повышенный уровень энергопотребления предопределяется существующей методологией расчета и способом управления при эксплуатации. В соответствии с существующими требованиями к бытовым и торговым холодильным аппаратам, в первую очередь, необходимо обеспечить заданный температурный режим в холодильной камере в «жестком» режиме эксплуатации, при этом, как правило, работа АХА осуществляется в непрерывном режиме (КРВ = 1), а величина энергопотребления во внимание не принимается.

Как показывает эксергетический анализ цикла АХА наибольший успех в энергосбережении можно добиться при оптимизации прямого (теплового) цикла, который реализуется в т.н. «приводном» контуре АХА. Особое внимание при этом необходимо уделять перекачивающему термосифону (ПТС), потери эксергии в котором достигают 60 % от суммарных [1].

Анализ основных направлений энергосбережения показал, что наибольший успех при минимуме затрат может быть достигнут за счет использования оптимальных систем управления аппаратами с АХА. В частности, за счет изменения величины теплоподвода на ПТС в зависимости от температурных режимов в характерных точках холодильной камеры и АХА.

Проблемы энергосбережения в ПТС связаны с частичной конденсацией паров в подъемной части. Она решается за счет распределения подводимой тепловой нагрузки на ПТС в зависимости от температуры окружающей среды и температуры в холодильной камере. Эффект энергосбережения при этом составляет 15…16 % [2].

Основное внимание при разработке энергосберегающих режимов АХА, уделялось генераторному узлу. Было показано, что в значительной мере, энергосберегающие режимы холодильного аппарата определяются режимом прохода пара через затопленный U-образный ректификатор АХА.

Режимы прохода пара зависят от величины теплоподвода к ПТС АХА. В энергосберегающих режимах работы АХА проход пара осуществляется путем барботирования. При увеличении тепловой нагрузки на ПТС пар оттесняет жидкость и в верхней части ректификатора образуется паровая прослойка. Очистка пара и предварительный подогрев пара в ректификаторе в этом режиме минимальны. На примере модели низкотемпературной камеры (НТК) «Стугна-101» АМЛ-180 было показано, что работа в энергосберегающих режимах позволяет снизить энергопотребление по сравнению с лучшими зарубежными аналогами до 50 % [3].

Развитие этого направления было связано с установкой дополнительного теплоизоляционного кожуха на дефлегматоре АХА. Эффект энергосбережения в этом случае составил: 21 % («Киев-410»); 12 % («Кристалл-408»); 17 % («Стугна-101» АМЛ-180). Для реализации таких энергосберегающих режимов необходимо осуществлять контроль температуры пара на выходе дефлегматора – она не должна превышать температуры насыщения аммиака при рабочем давлении в АХА (порядка 50 °С) [4].

При разработке энергосберегающих способов управления исходили из того, что в нерабочем периоде температура элементов приводного контура АХА (термосифона, ректификатора, дефлегматора), за счет тепловых потерь в окружающую среду, снижается.

Это сопровождается не только охлаждением крепкого и слабого ВАР, но и частичной конденсацией паров в дефлегматоре и конденсаторе АХА. При конденсации паров их место занимает инертный газ, до этого находящийся в контуре естественной циркуляции (КЕЦ). Очевидно, что чем больше время нерабочего периода, тем ниже опустится температура и тем больший объем в дефлегматоре АХА займет инертный газ.

При подаче тепловой нагрузки на ПТС инертный газ будет выталкиваться в КЕЦ динамическим напором парового потока, величина которого будет зависеть от количества паровой фазы. В момент запуска АХА определенное количество генерируемого в ПТС пара будет затрачиваться на разогрев элементов конструкции ректификатора, дефлегматора и конденсатора. При прочих равных условиях, время прохождения парового потока до конденсатора будет определяться степенью охлаждения элементов приводного контура в нерабочем периоде, т.е. длительностью нерабочего периода. Это говорит о том, что известное положение - "чем больше время нерабочего периода, тем больше экономичность", не всегда применимо для бытовых и торговых абсорбционных холодильных аппаратов.

Для повышения экономичности необходимо не допускать значительного переохлаждения элементов конструкции приводного контура АХА. Уменьшить степень переохлаждения транспортных элементов приводного контура АХА можно как путем увеличения термического сопротивления теплоизоляции генераторного узла, так и частичным их прогревом в нерабочем периоде.

Первый путь в бытовой и торговой технике ограничен габаритными требованиями, второй - более перспективен.

Несколько иная ситуация в холодильных аппаратах с высоким термическим сопротивлением ограждающих конструкций, например, в НТК с «суперизоляцией» «Стугна-101» АМЛ-180. В отличие от однокамерных или двухкамерных моделей, в которых регламентировано соотношение температур в камерах, НТК потенциально имеют большие функциональные возможности, т.к. могут применяться практически во всем диапазоне температур хранения, используемом в быту – от минус 18 °С до 12 °С, т.е. стать универсальным холодильным прибором.

В этом случае теплоизоляционные конструкции камеры традиционно должны проектироваться с учетом работы АХА в «жестком» режиме эксплуатации, поэтому универсальная модель будет обладать значительным запасом холодопроизводительности при умеренных низких температурах окружающей среды и положительных температурах хранения.

В таких универсальных аппаратах, выполненных по классу SN^*, могут иметь место режимы хранения с минимум либо отсутствием теплопритоков (t_K = 5...12 °С, $t_{o.c.}$ = 10 °С). Время рабочего периода в этом случае гораздо меньше нерабочего, поэтому обеспечивать постоянный прогрев элементов генераторного узла может быть нецелесообразно. В таких условиях эксплуатации экономичнее может быть позиционный режим управления.

Информационные источники

1. Захаров М.Д., Тітлов О.С., Тюхай Д.С., Ботук Ю.С., Василів О.Б. Аналіз ексергетичної ефективності циклів АХА // Наукові праці Одеської державної академії харчових технологій. –Одеса: ТЄС. –2001. –Вип.22, – С.161–167.

2. Титлов А.С., Тюхай Д.С. Энергосберегающие режимы работы перекачивающих термосифонов бытовых холодильных машин абсорбционного типа //Вестник Международной академии холода. – 2000. – Вып. 4. – С.13-15.

3. Титлов А.С., Ботук Ю.С., Мазур А.В., Завертаный В.В. Оптимизация температурно-энергетических характеристик абсорбционно-диффузионных холодильных агрегатов и аппаратов бытовой техники на их основе. // Тепловые режимы и охлаждение радиоэлектронной аппаратуры: Науч. -техн. сб. –1995. – Вып. 1-2. – С. 69-78.

4. Васылив О.Б., Титлов А.С. Поиск энергосберегающих режимов работы серийных абсорбционных холодильных аппаратов // Холодильная техника и технология. – 1999. -Вып. 60. – С.28-37.

УДК: 641.539: 621.574.013-932.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ДЕФЛЕГМАТОРА КОМБИНИРОВАННОГО АБСОРБЦИОННОГО ХОЛОДИЛЬНОГО ПРИБОРА

Холодков А.О., к.т.н., Титлов А.С., д.т.н., проф., Приймак В.Г., аспирант, Гратий Т.И., аспирант
Одесская национальная академия пищевых технологий

Анализ тепловых режимов абсорбционных холодильных агрегатов (АХА) показал, что перспективным направлением в энергосбережении может стать разработка бытовых приборов, совмещающих функции холодильного хранения и тепловой обработки пищевых продуктов, полуфабрикатов и сельскохозяйственного сырья [1]. В таких комбинированных бытовых приборах теплота, выделяющаяся при реализации холодильного цикла, не отводится в окружающую среду, а направляется в специальную тепловую камеру (ТК). В объеме ТК поддерживается температура выше, чем температура воздуха в помещении. Эффект энергосбережения достигается за счет того, что температурные режимы в ТК поддерживаются без привлечения дополнительных энергозатрат.

На предварительном этапе разработки бытовых комбинированных приборов был приведен анализ технологий, использующих термическую обработку продуктов, полуфабрикатов и сырья. Показано, что для реализации в быту подавляющего числа пищевых технологий достаточным является диапазон температур 50...70 °С [2].

В современной бытовой холодильной технике такой диапазон температур отвода тепла холодильного цикла может быть получен только в АХА, причем анализ температурных полей показал, что необходимым температурным потенциалом (более 70 °С) обладает опускной и подъемный участки дефлегматора и ректификатор [3].

В опускном участке дефлегматора и в ректификаторе проходит паровой поток водоаммиачной смеси, который используется для предварительного подогрева потока крепкого водоаммиачного раствора (ВАР) на входе генератора, поэтому отбор тепла в этих элементах влияет на энергетическую эффективность цикла АХА.

Максимальный эффект энергосбережения, в части обеспечения температурных режимов ТК, может быть достигнут в случае отбора тепла на подъемном участке дефлегматора. С учетом того, что большинство времени эксплуатации АХА в составе холодильного прибора работает в нестационарном режиме (позиционном [4] либо комбинированном [5]) с переменными тепловыми нагрузками на элементах следует оценить возможность применения ТК в составе абсорбционного холодильного прибора.

В первую очередь, необходимо оценить тепловой и температурный потенциал подъемного участка дефлегматора при работе в таких нестационарных режимах.

В общем случае, исходя из общих физических представлений, можно выделить два режима работы дефлегматора:

а) режим очистки паровой смеси, когда температура стенки превышает температуру конденсации аммиака;

б) режим частичной конденсации чистых паров аммиака.

Исходными данными при моделировании являются:

а) размеры подъемного участка дефлегматора (длина, внутренний и наружный диаметры трубы);

б) коэффициенты теплопроводности материала стенки трубы дефлегматора и материала теплой изоляции;

в) массовый расход пара аммиака на выходе подъемного участка дефлегматора G''_{ex};

г) параметры потока паровой смеси на входе в подъемный участок дефлегматора (температура, массовая концентрация).

На вход подъемного участка дефлегматора поступает паровая водоаммиачная смесь с параметрами.

При частичной дефлегмации на начальном (нижнем) участке за счет разности температур стенки и потока концентрация аммиака в нем увеличивается. Равновесная температура потока паровой смеси при этом снижается и на следующем, расположенном выше участке дефлегматора, температура стенки будет ниже, чем на начальном.

За счет изменения температуры стенки по высоте дефлегматора будут иметь место аксиальные перетоки тепла по сечению трубы (Q_{ax}).

Противотоком паровой смеси по внутренней стенке дефлегматора стекает охлажденная флегма. Теплота дефлегмации (Q_D) после подогрева флегмы (Q_F) отводится в окружающую среду (Q_{env}) как в зоне установки теплоизоляционного кожуха, так и со свободной поверхности трубы.

В основе математической модели лежат уравнения сохранения тепла и массы, которые для участка дефлегматора высотой Δx имеют вид

$$\Delta Q_{D(dx)} = \Delta Q_{env\,(dx)} + \Delta Q_F + \Delta Q_{ax}, \quad (1)$$

$$G''_{\text{бх}} = G''_{dx} + G'_{dx}, \quad (2)$$

где G''_{dx} и G'_{dx} – массовые расходы паровой смеси на выходе участка Δx и флегмы, образующейся на этом участке, соответственно, кг/с.

Результаты расчетов подъемных дефлегматоров типичных бытовых АХА приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты расчета подъемного участка дефлегматора типичных бытовых АХА

Наименование расчетных параметров	Базовые объекты		
	Холодопроизводительность испарителя АХА, Вт		
	40	50	60
	Высота подъемной части дефлегматора, м		
	0,80	1,00	1,25
Массовый расход $G\cdot10^5$, кг/с			
– аммиака во флегме	0,198	0,248	0,297
– воды во флегме	0,388	0,486	0,583
– флегмы	0,586	0,733	0,878
– пара аммиака на выходе дефлегматора	3,330	4,171	5,002
– паровой смеси на входе дефлегматора	3,916	4,905	5,882
Тепловая нагрузка подъемного участка дефлегматора, Вт	20,9	26,2	31,5
Термическое сопротивление тепловой изоляции при температуре воздуха, К/Вт:			
– 32 °С	2,54	2,02	1,68
– 22 °С	3,01	2,40	2,00
Тепловые потери при комфортной температуре воздуха в помещении (22 °С), Вт:			
– при установке тепловой изоляции на всем дефлегматора	1,8	2,2	3,3
– в базовой конструкции	7,4	10,9	13,7
Снижение тепловых потерь на подъемном участке дефлегматора АХА по сравнению с базовой конструкцией, %	17	22	22

Расчеты проведены для трубы дефлегматора диаметром 16 × 1,5 мм. Материал трубы – сталь (λ_S = 45 Вт/(м·К)). Материал теплоизоляции кожуха – ткань из стекловолокна (λ_{ti} = 0,056 Вт/(м·К)). На вход подъемного участка дефлегматора поступает водоаммиачная паровая смесь с температурой равной 120 °С.

Выводы

1. Перспективным направлением энергосбережения в бытовой технике может стать разработка приборов, совмещающих функции холодильного хранения и тепловой обработки пищевых продуктов, полуфабрикатов и сельскохозяйственного сырья. В таких бытовых комбинированных приборах теплота, выделяющаяся при реализации холодильного цикла, не отводится сразу в окружающую среду, а передается в специальную ТК, при этом в объеме ТК поддерживается температура выше, чем температура воздуха в помещении. Эффект энергосбережения достигается за счет расширения функциональных возможностей бытовых приборов без привлечения дополнительных энергозатрат.

2. Анализ температурных режимов АХА показал, что только подъемный участок дефлегматора обеспечивает работоспособность ТК в составе комбинированного теплового прибора.

3. Проведенное моделирование тепловых режимов подъемного участка дефлегматора показало, что тепловая изоляция должна закрывать весь участок, ее толщина для стекловолокнистой ткани должна быть не менее 3...4 мм. Тепловые потери в окружающую среду при этом сокращаются от 17 до 22 %.

4. Особый интерес разработанная модель представляет при оптимизации режимов работы АХА с переменными тепловыми нагрузками в генераторе, в том числе и с форсажными. Имея зависимость расхода паровой смеси на входе в дефлегматор от подводимой тепловой нагрузки, можно контролировать расположение зоны очистки пара аммиака при любой температуре воздуха в помещении и реализовывать энергосберегающие режимы работы бытовых комбинированных приборов с помощью электронных систем управления.

Информационные источники

1. Титлов А.С. Разработка новых конструкций бытовых комбинированных приборов абсорбционного типа, совмещающих функции холодильного хранения и тепловой обработки [Текст] / А.С. Титлов, С.В. Вольневич, Ю.А. Козонова // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій . – 2013. – Т.1. – Вип. 44.– С.231-241.

2. Тележенко Л.М. Розробка нового типу побутових комбінованих приладів [Текст] / Л.М. Тележенко, О.С. Тітлов, С.В. Вольневич, Ю.О. Козонова // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2009. – № 35. – Т.1. – С. 22-25.

3. Тітлов О.С. Науково-технічні основи створення енергозберігаючих побутових абсорбційних холодильних приладів [Текст] / О.С. Тітлов, М.Д. Захаров // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2009. – № 35. – Т.1. – С. 113-127.

4. Titlova O. Concept of automatic control system for improving the efficiency of the absorption refrigerating units / O. Titlova, V. Khobin, O. Titlov // Automation of technological and business-processes. – 2016. – V. 2. – № 4. – P. 4—7.

5. Titlova O. Search of the energy efficient operation modes of absorption refrigeration units / O. Titlova, O. Titlov, O. Olshevska // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.– 2016. – 5/2(83). – P. 45-53.

УДК 536.248.2:532.529.5

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОЛИМЕРНОГО ЖИДКОСТНОГО СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА

Халак В.Ф., аспирант
Одесская национальная академия пищевых технологий

Одним из перспективных направлений развития солнечных систем теплоснабжения является использование полимерных материалов в конструктивном оформлении солнечных жидкостных коллекторов (СК-ж) что обусловлено снижением стоимости и улучшением эколого-энергетических показателей систем [1].

Переход на полимерные материалы требует решения нового принципа оформления СК-ж с определением оптимальных геометрических и режимных параметров. Эти параметры включают: величину воздушного зазора, толщину изоляции и оформление многоканальной полимерной структуры теплоприемника и прозрачного покрытия.

Анализ суммарных тепловых потерь (U_Σ) обусловленных механизмами конвекции и радиации был произведен по известным выражениям [2] и приведен на рисунке 1 в зависимости от определяющих геометрических параметров – высоты воздушного зазора ($h_{вз}$) и толщины изоляции ($\delta_{из}$).

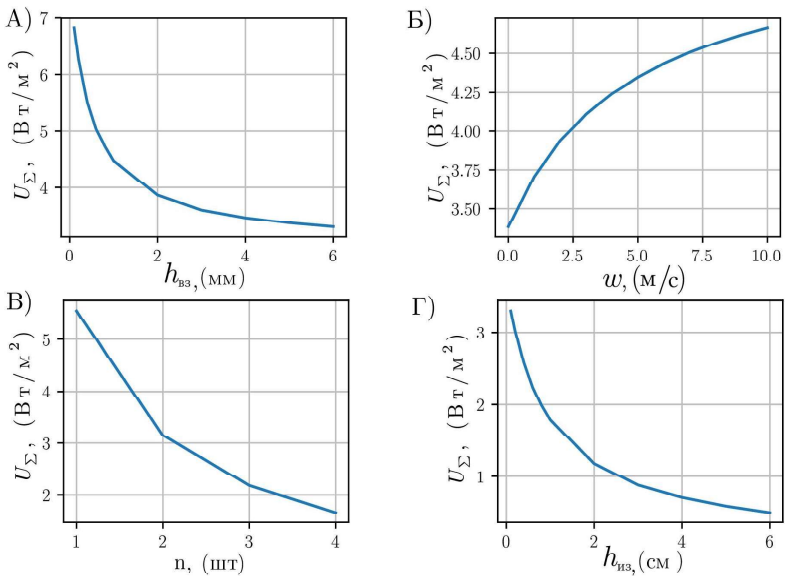
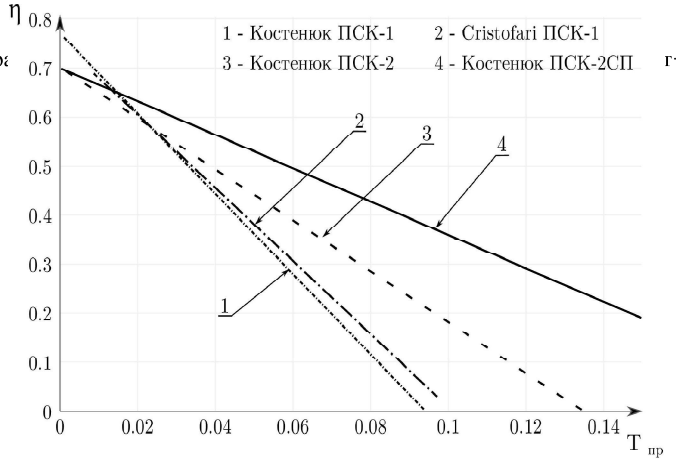


Рис. 1. Зависимость коэффициента суммарных тепловых потерь от: величины воздушного зазора между теплоприемником и прозрачным покрытием (А), скорости ветра (Б), количества прозрачных покрытий (В), толщины изоляции (Г).

На рисунке 2 приведены сравнительные результаты исследований полимерных СК-ж в ОГАХ [3] и зарубежных исследований [4] в виде зависимости η-$T_{пр}$ где видны близкие результаты, а также улучшенный вариант СК-ж с двумя ПП и селективным покрытием (ПСК – 2СП).

Величина $T_{пр}$ называется приведенной температурой и рассчитывается по формуле (1):

где $t_{ж1}$ – температура жидкости на входе в СК, °С; $t_{ж2}$ – температура жидкости на выходе из С J
К Позициями 1,3,4 обозначены СК-ж по работе Костенюка [3]: 1 – полимерный СК-ж с одним прозрачным покрытием, 3 – полимерный СК-ж с двумя прозрачными покрытиями, – полимерный СК-ж с двумя прозрачными покрытиями и селективным покрытием; позицией 2 согласно работе Cristofari [4] обозначен полимерный СК-ж с одним прозрачным покрытием.
С



- темпера г·ч/м^2 [1].

Рис 2. Зависимость коэффициента полезного действия от приведенной температуры для полимерных СК-ж.

Увеличение количества прозрачных покрытий позволяет уменьшить теплопотери при высокой ветронагрузке. Анализ параметров СК-ж показал что оптимальным является переход к двойному прозрачному покрытию при котором обеспечивается улучшение характеристик и снижается U_Σ.

Дальнейшее совершенствование полимерного СК-ж лежит в области оптимизации высоты воздушного зазора, числа прозрачных покрытий и толщины изоляции.

Литературные источники:

1. Дорошенко А.В., Глауберман М.А. Альтернативная энергетика. Солнечные системы тепло-хладоснабжения: монография. // Одесса: ОНУ. 2012. С. 457.

2. Duffie J.A., Beckman W.A. Solar Engineering of Thermal Processes. : John Wiley & Sons, 2013. Вып. 4. 910 С.

3. Дорошенко А.В., Костенюк В.В. Тепловые испытания полимерных солнечных коллекторов // Холодильная техника и технология. 2010. № 4. С. 54–59.

4. Cristofari C. и др. Modelling and performance of a copolymer solar water heating collector // Solar Energy. 2002. Т. 72. № 2. С. 99–112.

УДК 538.953:544.35.03

ВПЛИВ ДОМІШОК ФУЛЕРЕНІВ C_{60} НА ГУСТИНУ ОРТО-КСИЛОЛУ

Ханчич К.Ю., Мотовий І.В.
Одеська національна академія харчових технологій

На сьогоднішній день одним з найбільш перспективних напрямків підвищення ефективності енергетичного обладнання є впровадження робочих тіл і теплоносіїв з домішками наночастинок. Термодинамічні системи, що складаються з наночастинок, зважених в базовій рідини, прийнято називати нанофлюїдами. Аналіз опублікованих робіт показує, що перспектива використання різних наночастинок в якості домішок у теплоносії або робочі тілах не викликає сумнівів. В останні роки опубліковано багато статей, де вивчається вплив домішок наночастинок на теплофізичні властивості різних технічних рідин. Домішки наночастинок сприяють збільшенню теплопровідності, підвищенню тиску насичених парів, зменшення поверхневого натягу, інтенсифікації процесів теплообміну при конвекції і фазових переходах. Крім того, показано що домішки таких наночастинок як фулерени C_{60} сприяють зниженню тертя у дотичних деталях, підвищенню показників енергетичної ефективності холодильних компресорних систем і т.д. Однак незважаючи на перспективність застосування фулеренів у енергетичному обладнанні їх вплив на теплофізичні властивості залишається недостатньо вивченим [1-2]. Більш того, в літературі є дані, які вказують на те, що механізм впливу фулеренів на термодинамічні властивості базових рідин при різних концентраціях може значно змінюватися [3].У представленій доповіді досліджено вплив фулеренів C_{60} на густину орто-ксилолу в діапазоні концентрацій фулеренів 0-0,55 мас. % і зміни температур 283-343 К.

Для приготування розчинів були використані фулерени C_{60} з чистотою 99.54% (Китай, Suzhou Dade Carbon Nanotechnology Co.) і орто-ксилол ТУ 38.101254-72 з чистотою 99.76% (Україна).

Густина розчинів досліджувалася пікнометричним методом. Схема експериментальної установки представлена на рис. 1.

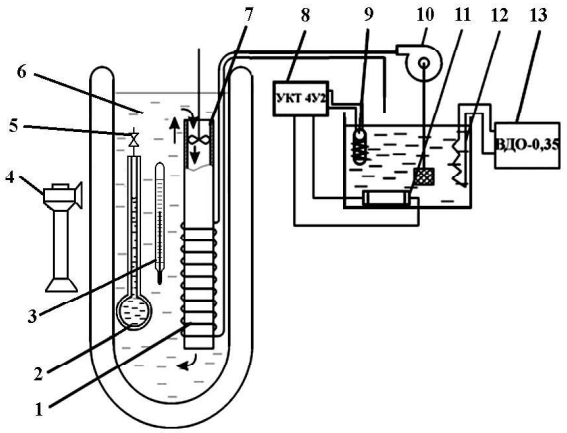


Рис. 1 – Схема експериментальної установки для дослідження густини розчинів фулерени C_{60}/орто-ксилол: 1, 12 – теплообмінник; 2 – вимірювальна комірка; 3 – лабораторний ртутний термометр; 4 – катетометр КМ 8; 5 – вентиль; 6 – термостатуюча рідина; 7 – мішалка; 8 – підсилювач контактного термометра УКТ 4У2; 9 – контактний термометр; 10 – насос; 11 – нагрівач; 13 – водоохолоджувач ВДО 0.35

Вибір даного методу вимірювання густини обумовлений його високою точністю, яка визначається високою точністю аналітичних вагів АДВ 200М (Δm = 0.0005 г) і можливістю виконання коректного калібрування об'єму пікнометра.

Автори оцінили невизначеність отриманих експериментальних даних по густині розчинів ± 0.0010 г / см3 (± 0.13%).

Отримана температурна залежність густини розчинів представлена на Рис.2.

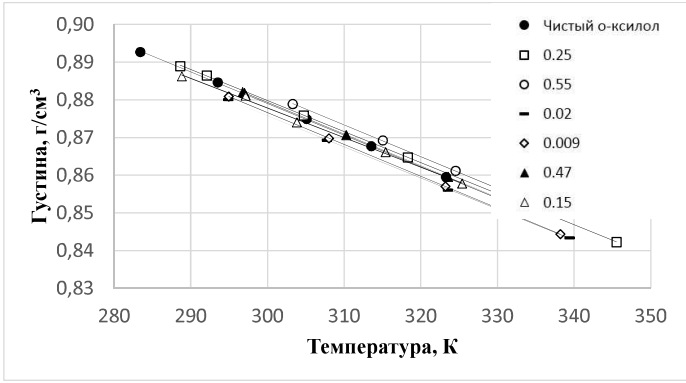


Рис. 2 – Залежність густини розчинів фулерени C_{60}/орто-ксилол від температури. На вставці вказано масову концентрацію розчинів, виражену у відсотках

Отримані експериментальні дані по густині C_{60}/орто-ксилол були апроксимовані лінійною залежністю

$$\rho = a + bT\,, \qquad (1)$$

де ρ – густина, г/см^3; T- температура, К.

На Рис. 3 приведені значення густини для розчинів досліджуваних концентрацій на ізотермах.

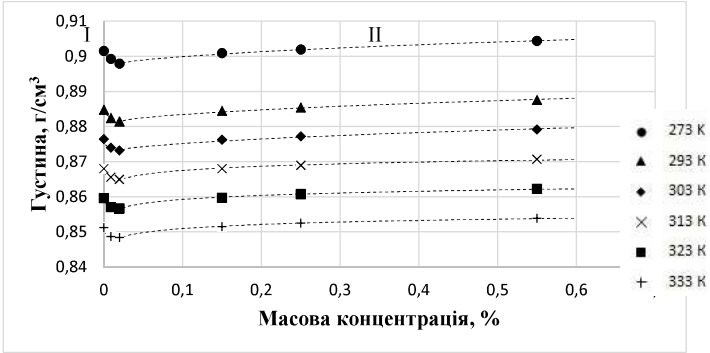


Рис. 3 – Концентраційна залежність густини розчинів C_{60}/орто-ксилол на ізотермах

При аналізі результатів дослідження густини розчинів C_{60}/орто-ксилол виявлено існування двох різних ділянок (I і II), розділених точкою мінімуму в області малих концентрацій фулеренів C_{60}. Особливу увагу звертає на себе ділянку I, на якій спостерігається падіння густини розчинів при малих концентраціях фулеренів C_{60} у порівнянні з чистим орто-ксилолом (інтервал концентрацій 0-10^{-2} мас.%). Зроблено припущення щодо причин такої поведінки концентраційної залежності густини досліджуваних розчинів, які спираються на об'ємні ефекти і характер міжмолекулярної взаємодії у розчинах.

Література

1. Безмельницын В Н, Елецкий А В, Окунь М В. Фуллерены в растворах // УФН. – 1998. – № 168. – С. 1195–1220.

2. Mchedlov-Petrossyan N.O. Fullerenes in Liquid Media: An Unsettling Intrusion into the Solution Chemistry // Chemical Reviews. – 2013. – V. 113, I. 7. – P. 5149–5193.

3. Ginzburg B.M., Tuichiev Sh., Rashidov D., Sodikov F.H., Tabarov S.H., Shepelevskii A.A. Step-Wise Concentration Influence of Fullerenes C_{60} and C_{70} on the Various Parameters of Condensed Systems // Journal of Macromolecular Science. – 2015. – Part B, 54:5. – P. 533-543.

УДК 536.248.2

ЛИМИТИРУЮЩИЕ СТАДИИ ПРОЦЕССА АБСОРБЦИИ АММИАКА В СИСТЕМЕ АММИАК – ВОДЯНОЙ ПАР – ВОДА

Цейтлин М.А. д.т.н., проф., Райко В.Ф. к.т.н., проф.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

Абсорбция аммиака из газов различного происхождения – процесс широко распространённый во многих производственных отраслях. Однако в холодильной и содовой промышленностях он имеет, по крайней мере, одну общую черту: абсорбция происходит из смеси аммиака с водяным паром. То есть, в ситуации, когда все компоненты газовой фазы растворяются (конденсируются) в абсорбенте. Поскольку и водяной пар, и аммиак имеют весьма близкие теплоты абсорбции (конденсации) абсорбент быстро разогревается, что приводит к прекращению поглощения аммиака, и требуемая его концентрация достигается только за счет охлаждения абсорбера внешним хладагентом (обычно водой).

Поиск путей интенсификации абсорбции аммиака связан с выяснением вопроса о лимитирующей стадии этого процесса. Именно это и было целью настоящего исследования. Работа проводилась применительно к аппаратурному оформлению, характерному для производства кальцинированной соды, где используется противоточный двухсекционный аппарат. В верхней его секции (АБ-1) процесс протекает в адиабатическом режиме и абсорбент разогревается теплом абсорбции до 50-60 °С, а в нижней части (АБ-2) имеет место изотермическая абсорбция за счет отвода теплоты фазового перехода встроенными холодильниками.

При переносе аммиака из газа в абсорбент с одновременным отводом тепла реакции существует, по крайней мере, три стадии, каждая из которых может определять скорость процесса в целом. Это, во-первых, транспорт аммиака из основной массы газа к поверхности раздела фаз, во-вторых, транспорт от поверхности раздела фаз вглубь жидкости, и в-третьих, отвод тепла, выделившегося при абсорбции. Следует, правда, отметить, что аммиак благодаря связыванию в воде в малодиссоциированное соединение – гидроксид аммония относится к хорошо растворимым газам. Причем реакция аммиака с водой носит практически мгновенный характер и в основную массу жидкости он поступает уже в связанном состоянии. В результате, сопротивление абсорбции аммиака со стороны жидкости практически отсутствует и, следовательно, вторая из перечисленных стадий при абсорбции аммиака не оказывает существенного влияния на кинетику массопередачи. Таким образом, задача определения лимитирующей стадии процесса сводится к сопоставлению интенсивностей массоотдачи в газе и теплопередачи от абсорбента к хладагенту. Такое сравнение встречает определенные трудности, поскольку сравниваемые процессы имеют разную физическую природу и их движущие силы выражаются в разных физических величинах. Для преодоления этой трудности можно использовать функциональную связь между парциальным давлением аммиака над абсорбентом и температурой последнего. Это делает возможным преобразование, которое позволяет выразить движущие силы массо- и теплопередачи в одинаковых физических величинах – единицах температуры.

Рассмотрим это преобразование. Тепловой баланс элемента высоты абсорбера Δh при изотермическом протекании процесса можно записать следующим образом:

$$q\beta\Delta F'(P_{bg}-P_{be}) = K_\lambda \Delta F(T_e, - T_v), \qquad (1)$$

где: q – парциальная теплота растворения газа, кДж/кг; β – коэффициент массопередачи, с/м; $\Delta F'$, ΔF – поверхности раздела фаз и теплопередачи, соответственно, приходящиеся на элемент высоты абсорбера, Δh, м; T_e, T_v – температура абсорбента и охлаждающей воды, соответственно, К; K_λ – коэффициент теплопередачи, кДж/м^2·с·К; P_{bg}, P_{be} – парциальные давления аммиака в газе и в равновесии с абсорбентом, соответственно. Па.

Левая часть уравнения (1) может быть преобразована к виду, формально соответствующему уравнению теплопередачи, путем аппроксимации зависимости парциального давления

аммиака от температуры уравнением вида $P_b = (a+bT)X_b$, где X_b – мольная доля аммиака в абсорбенте; a, b – коэффициенты аппроксимации. Это позволяет преобразовать уравнение (1) к следующему виду:

$$q\beta bX_b\Delta F'(T^* - T_e) = K_\lambda\Delta F(T_e, - T_v), \quad (2)$$

где T^* – температура, при которой парциальное давление аммиака над абсорбентом сравнялось бы с его фактическим значением в газе (далее – равновесная температура).

В уравнении (2) произведение $q\beta bX_b = K'_\lambda$ характеризует интенсивность абсорбции, имеет размерность коэффициента теплопередачи и может быть с ним сопоставлено. В принципе, сравнение экспериментально полученных значений произведений $K_\lambda\cdot\Delta F$ и $K'_\lambda\cdot\Delta F'$ могло бы дать ответ на вопрос, какая из стадий, массо- или теплопередача, являются лимитирующей, но значительно проще и наглядней это демонстрирует график изменения температур T^*, T_e и T_v по высоте абсорбера. Действительно, если лимитирующая стадия массопередача, температура абсорбента будет ближе к температуре охлаждающей воды, чем к равновесной. Если лимитирует теплопередача, то график T_e будет ближе к графику T^*.

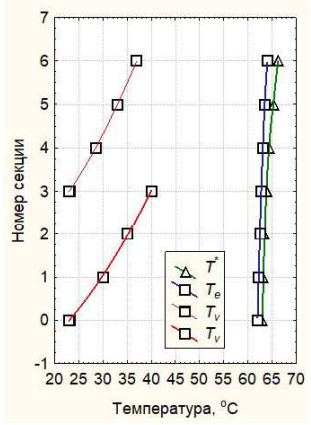


Рисунок – Распределение температур по высоте абсорбера.

Такие графики представлены на рисунке. Данные для него получены в заводских условиях на опытной установке, представлявшей собой вертикальный теплообменник типа «труба в трубе», внутренняя поверхность которого орошалась абсорбентом в пленочном режиме. Туда же снизу подавался газ из заводской установки регенерации аммиака (так называемый «газ дистилляции»). Теплообменник состоял из шести метровых секций, между которыми во фланцевых соединениях были размещены устройства для измерения температуры и отбора проб абсорбента. Охлаждающая вода подавалась двумя параллельными потоками, один из которых последовательно проходил снизу вверх три нижние секции, а второй – три верхние.

В качестве абсорбента использовался слабо аммонизированный раствор хлорида натрия (C_{NH3} – 2,5 моль/дм^3), разогретый за счет предварительного насыщения аммиаком до 60-65 °С. Газ дистилляции подавался при температуре 55-60 °С и содержал (в объемных долях) CO_2 – 20 %, NH_3 – 60 %, остальное – пар.

Из рисунка видно, что температура абсорбента почти совпадает с равновесной, а, следовательно, лимитирующей стадией абсорбции аммиака, является отвод тепла. Аналогичные результаты были получены и при анализе работы промышленного аппарата абсорбции.

Таким образом, аппарат для абсорбции аммиака должен проектироваться как высокоинтенсивный теплообменник, допускающий контакт охлаждаемого потока абсорбента с газом.

УДК 621.181:66.096.5:502.33

СЖИГАНИЕ СЕРНИСТОГО ТОПЛИВА В КИПЯЩЕМ СЛОЕ

В. И., Шевчук, к.т.н., доцент, Гирняк В.В., Мудрая С.Г., студенты
Одесский национальный политехнический университет

Одним из основных источников загрязнения атмосферы высокотоксичными оксидами серы $SO_y = SO_2 + SO_3$ являются котлы промышленной и станционной энергетики.

Увеличение выбросов в последние годы связано с вовлечением в топливный баланс все большего количества сернистых сортов топлива.

Существенное уменьшение выброса этих веществ является одной из важнейших задач проблемы снижения техногенной нагрузки природной среды.

Известен ряд приемов снижения выброса SO_y указанными объектами, в том числе котельными установками. Надежно апробированным приемом является связывание SO_y введенной в топочную камеру твердой присадкой в виде мелкодисперсных частиц природных материалов, содержащих CaO или MgO, – известняка, мела, магнезита. Взвешенные в топочной среде частицы присадки реагируют с SO_y с образованием частиц практически безвредного гипса $CaSO_4$, удаляемых вместе с твердыми очаговыми остатками.

Эффективность реализации этого приема связывания SO_y в топке зависит от действия ряда факторов, прежде всего, следующих:

- тип топки (слоевая, камерная, вихревая, кипящего слоя),
- концентрация частиц присадки в топочной среде,
- удельная поверхность (дисперсность) частиц присадки,
- степень равномерности распределения частиц присадки по сечению топки,
- уровень температуры топочной среды,
- степень турбулентности газового потока в зоне протекания реакции горения и реакции связывания SOy,
- длительности взаимодействия частиц присадки и топочной среды.

Известен отечественный и зарубежный положительный опыт промышленного применения рассматриваемого приема. В частности, известно его использование в Германии, Франции и США, в котельных установках при сжигании в камерных топках импортированного мазута, содержащего до 4,4 % серы. Целью использования указанного топлива является получение из его золы германия и ванадия. Побочным продуктом является товарный гипс.

Важным условием успешной реализации рассматриваемого приема в камерных топках является обеспечение

- непрерывного дозирования присадки (пропорционально текущему расходу топлива),
- непрерывное введение ее в топку,
- равномерное распределение присадки по поперечному сечению топочной камеры.

Четкое выполнение данного условия является ответственной технической задачей. В котельных небольшой мощности решение ее встречает определенные трудности.

Накопленный опыт показывает, что среди известных топочных технологий уникально благоприятные условия для связывания SO_y твердой присадкой складываются в топках низкотемпературного пузырькового кипящего слоя (КС). Это обстоятельство обусловило приоритетное положение указанной технологии по выбросу SO_y среди всех известных котельно-топочных технологий.

Рассмотренный прием, надежно апробированный в производственных условиях, целесообразно применять в котельных установках с мазутными топками независимо от их единичной мощности и содержания серы в топливе. В топках КС данный технологический эффект обусловлен следующим:

- существенным запасом вещества насадки в инерте КС,

- степенью равномерности концентрации вещества в горизонтальном сечении КС,
- уникально высокой степенью турбулизации КС частицами его инерта.

Сжигать в топках КС можно топливо любого вида: твердое, жидкое, газообразное. При этом интерес представляет ряд разных по характеру научно-технических задач применительно к топливу каждого вида. Это относится к задаче организации сжигания высокосернистого мазута, получаемого нефтеперерабатывающими заводами Украины из импортной сернистой нефти, в частности, с содержанием серы выше 1,0 %.

В рассматриваемой задаче речь идет о сжигании топлива и выбросе SO_y при концентрации их в уходящих газах ниже предельно допустимой.

Высокосернистый мазут содержанием серы на рабочую массу $S_н^р = 2{,}0…4{,}5$ % можно экологически высокоэффективно сжигать в топках КС с присадкой в зоне активного горения молотого мелкодисперсного известняка. Его количество должно соответствовать соотношению $CaO/S_н^р = 2{,}5…3{,}0$.

Необходимо отметить основные особенности топок КС при сжигании мазута:

- в топке, на воздухораспределительной решетке (ВРР), находится инерт в расчетном количестве; по мере его убыли, вследствие истирания частиц, следует оперативно производить добавку;
- твердую сыпучую присадку следует вводить в нижнюю часть КС струями воздуха с помощью фурм, расположенных по торцам ВРР,
- частицы присадки в значительной степени будут уноситься газовым потоком из топки; должна быть предусмотрена очистка от них уходящих газов;
- крупные частицы присадки будут накапливаться в инерте; должна быть предусмотрена возможность периодического оперативного удаления инерта из топки,
- система ввода жидкого топлива в КС должна обеспечивать высокую степень равномерности его распределения и, соответственно, процесса горения по площади топки.

В этих условиях унос из топок в значительной степени будет состоять из частиц гипса. Выделенный из уходящих газов сухим способом унос может оказаться вяжущим строительным материалом, аналогом алебастра. Для очистки газов от мелкодисперсного уноса, целесообразно использовать известное современное рентабельное высокоэффективное решение – применить малогабаритные электрофильтры.

Изложенные основные пути решения рассматриваемой задачи остаются характерными в случаях сжигания сернистого топлива всех видов и сортов.

В целях снижения интенсивности внешней эрозии котельных труб, в котлах КС при использовании твердой присадки, целесообразно в них применять инерт пониженной эрозионной агрессивности.

На кафедре тепловых электрических станциях и энергосберегающих технологий выполнено комплексное исследование технологического процесса, протекающего в котельно-топочных системах низкотемпературного пузырькового КС, что позволило расширить теоретические представления о нем и его составляющих. Одной из их числа является процесс связывания SO_y в КС твердой присадкой при сжигании сернистого топлива.

Выводы

1. Сокращение выброса SO_y котельно-топочными системами, сжигающими сернистое топливо, является актуальной научно-технической задачей.
2. Одним из надежных продуктивных приемов предотвращения выброса SO_y является связывание их в топочной камере вводимой в нее твердой присадкой, содержащей CaO или MgO.
3. Применение технологии низкотемпературного пузырькового КС с использованием твердой присадки, содержащей CaO или MgO, позволит при сжигании сернистого топлива радикально снизить техногенную нагрузку природной среды по выбросу SO_y.

УДК 621.181

ВЫБОР СПОСОБА ШЛАКОУДАЛЕНИЯ

Шевчук В.И., к.т.н., доцент
Одесский национальный политехнический университет

Современная система образования Украины базируется на двух основных стратегиях организации обучения – традиционной и инновационной, одним из направлений которой является дистанционное образование. Являясь новой, современной технологией, дистанционное образование позволит существенно расширить рамки образовательных услуг, сделать обучение более доступным и интересным для студента [1]..

В городе Зеленодольске Днепропетровской области создан филиал кафедры «Тепловых электрических станций и энергосберегающих технологий ОНПУ», где группа преподавателей под руководством автора более 15 лет готовит специалистов по специальности «Тепловые электрические станции». Работа филиала была бы невозможна без слаженного сотрудничества профессорско-преподавательского коллектива и студентов.

Функционирует филиал в рамках Института дистанционного и заочного образования ОНПУ. Большая часть студентов – работники Криворожской ТЭС.

При выполнении теплового расчета парового котла на твердом топливе в курсовом или дипломном проектировании студенту очной или заочной формы образования необходимо выбрать способ шлакоудаления.

В камерных топках можно организовать сжигание твердых топлив с твердым (ТШУ) и жидким шлакоудалением (ЖШУ).

Твердое шлакоудаление принимают при сжигании топлив с тугоплавкой золой (температура начала жидкоплавкого состояния золы $t_3 > 1400$ ºС). ТШУ также целесообразно для топлив с умеренной t_3 при относительно небольшой приведенной зольности $A^п < 1{,}0$ % · кг/МДж и высоком выходе летучих веществ $V^г > 25$ %. Это объясняется тем, что относительно небольшое количество летучей золы в продуктах сгорания не будет ограничивать скорости продуктов сгорания в газоходе котла по причине абразивного износа и не приведет к существенному удорожанию золоулавливающих устройств. При относительно большом выходе летучих веществ на горючую массу $V^г$ потери с механическим недожогом q_4 остаются относительно низкими [2].

Организация ЖШУ требует более высокой температуры в зоне горения топлива, что обеспечивает значительное снижение относительных тепловых потерь с химическим q_3 и механическим недожогом q_4.

Для обеспечения высокотемпературного процесса топки с ЖШУ изготавливают как однокамерными открытыми с утеплением нижней части стен и пода внутренней футеровкой, так и однокамерными полуоткрытыми или с пережимом и утеплением нижней части топки до пережима включительно.

Топки с ЖШУ применяют для сжигания малореакционных топлив (антрацитов, полуантрацитов, тощих и слабоспекающихся каменных углей с $V^г < 25$ %), а также при сжигании шлакующих каменных и бурых углей, отличающихся повышенным количеством относительно легкоплавкой золы с $t_3 = 1150…1400$ ºС.

Кроме того, при камерном сжигании низкосортных твердых топлив расходуется значительное количество дорого дефицитного топлива – природного газа или мазута для поддержания процесса горения (подсветка факела). При прочих равных характеристиках твердого топлива, применение ЖШУ, благодаря более высокой температуре в топке по сравнению с ЖШУ, позволяет значительно сэкономить расходы на дорогом топливе – природном газе или мазуте.

По этой причине практически все паровые котлы на отечественных твердотопливных ТЭС имеют ЖШУ.

На основании технико-экономического расчета производят окончательный выбор способа шлакоудаления [2].

Свои рекомендации по выбору способа шлакоудаления, для удобства студентов и проектантов, автор изложил в таблице 1. [3].

Таблица 1. Рекомендации по выбору способа шлакоудаления

Характеристика топлива	Шлакоудаление	
	Твердое	Жидкое
1. Приведенная зольность $A^{п}$, (% · кг)/МДж	< 1,0	≥ 1,0
2. Температура начала жидкоплавкого состояния золы t_3, °С	Без ограничений	≤ 1400
3. Выход летучих веществ $V^{г}$, %	> 25	≤ 25
4. Абразивные свойства золы (SiO_2, %)	≤ 50	> 50
5. Параметр $П = A^{п} \cdot SiO_2$, % · % · кг/МДж	< 50	≥ 50

Примечание к таблице 1:

1. Приведенной называют зольность топлива в процентах, отнесенную к 1 МДж теплоты сгорания топлива, т.е. $A^{п} = A^{р}/Q^{р}_{н}$, (% · кг)/МДж.

2. Расчет параметра П необходим при условии, что характеристика «Приведенная зольность» рекомендует один вид шлакоудаления, а «Абразивные свойства золы» другой.

Выводы

1. Необходимо развивать традиционные и инновационные, в том числе дистанционные технологии при обязательном сохранении очной формы образования.

2. Компьютерные технологии не могут полностью заменить преподавателя.

Литература

1. Организация работы филиала кафедры. Матер. XXI Міжнарод. науково-методичної конференції «Управління якістю підготовки фахівців» 21-22 квітня 2016 р. Одеса, ОДАБА. Част. 2, с. 264.

2. Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод. Изд. 3-е, перераб. и доп. С.-Петербург: НПО ЦКТИ-ВТИ, 1998. - 257 с.

3. Шевчук В.И. Тепловой расчет парового котла. Учебное пособие по курсовому проектированию. ОНПУ. - Одесса: Бондаренко М.А., 2016. - 200 с.

УДК 697.278

МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМА ТЕМПЕРАТУРА ПІДІГРІВУ ПОВІТРЯ В РАДІАЦІЙНО-КОНВЕКТИВНИХ РЕКУПЕРАТОРАХ

Шраменко О.М., к.т.н., доц.., Медвідь А.Н., студ., Ревенко В.О., студ.
Одеський національний політехнічний університет

На сучасному рівні розвитку промислові теплотехнологічні установки залишаються найбільшими споживачами енергоресурсів. Один з основних шляхів економії палива при роботі високотемпературних печей є використання регенеративних пристроїв для підігріву компонентів горіння.

Практика експлуатації показує, що основною причиною виходу з ладу металевих рекуператорів є прогар або порушення щільності поверхонь нагріву, що пов'язані з локальним або загальним перегрівом. Отже, найважливішим експлуатаційним фактором, що забезпечує надійність роботи високотемпературних рекуперативних теплообмінників, є захист поверхонь нагріву від перегріву. Це завдання в даний час вирішується організацією пасивного захисту за допомогою різних пристроїв типу «передввімкнений пучок» або розбавлення продуктів згоряння перед надходженням їх в рекуператор, а також комбінуванням схем руху теплоносіїв [1].

Слід зазначити, що захист поверхонь нагріву від перегріву можна забезпечити шляхом правильного вибору кінцевої температури нагрівання компонентів горіння, з урахуванням допустимої температури нагріву стінки рекуператора в залежності від матеріалу, з якої виготовлений теплообмінний апарат.

Гранично допустима температура підігріву повітря, при якій забезпечується надійність експлуатації розділової стінки рекуператора, може бути отримана, шляхом вирішення рівняння для температури розділової стінки [2], щодо температури підігріву повітря за умови $\theta_{ст} = \theta^{д}_{ст}$, де $\theta^{д}_{ст}$ – гранично допустима температура нагріву розділової стінки з умови теплостійкості, в залежності від типу матеріалу, з якого виготовлений рекуператор.

Рівняння, що зв'язує параметри і умови теплообміну в поверхневому теплообміннику при наявності конвективної і променевої тепловіддачі між теплоносіями має вигляд [3]:

$$\theta^{4}_{ст} + \frac{\mu_p B_{i_1} + \beta B_{i_2}}{\beta S_к}\theta_{ст} - \left(\frac{\mu_p B_{i_1}\theta_в + \beta B_{i_2}}{\beta S_к} + 1\right) = 0 \qquad (1)$$

де $B_{i_1} = \frac{\alpha_1 \cdot \delta}{\lambda}$ – критерій Біо з боку повітря;

$B_{i_2} = \frac{\alpha^{к}_{2} \cdot \delta}{\lambda}$ – критерій Біо з боку продуктів згоряння;

$S_к = \frac{c_п \cdot \delta}{\lambda} \cdot T^{3}_{пс} \cdot 10^{-8}$ – критерій Старка;

$\theta_{ст} = \frac{T_{ст}}{T_{пс}}$ – відносна температура стінки;

$\theta_в = \frac{T_в}{T_{пс}}$ – відносна температура повітря;

Рішення рівняння (1) щодо температури нагріву повітря має вигляд:

$$\theta^{д}_{в} = \frac{\beta S_к}{\mu_p B_{i_1}}\left(\theta^{д}_{ст}\right)^4 + \left(1 + \frac{\beta B_{i_2}}{\mu_p B_{i_1}}\right)\theta^{д}_{ст} - \frac{\beta\left(B_{i_2} + S_к\right)}{\mu_p B_{i_1}} \qquad (2)$$

Для рекуператорів без інтенсифікації тепловіддачі на стороні продуктів згоряння за допомогою вставок (μр = 1,0) гранична температура нагріву повітря в високотемпературному радіаційно-конвективного рекуператорі буде:

– в трубчастому рекуператорі:

$$\theta_в^{\partial} = \frac{\beta S_к}{B_{t_1}}\left(\theta_{ст}^{\partial}\right)^4 + \left(1+\frac{\beta B_{t_2}}{B_{t_1}}\right)\theta^{\partial}{}_{ст} - \frac{\beta\left(B_{t_2}+S_к\right)}{B_{t_1}} \quad (3)$$

– в щілинному рекуператорі (β=1,0):

$$\theta_в^{\partial} = \frac{S_к}{B_{t_1}}\left(\theta_{ст}^{\partial}\right)^4 + \left(1+\frac{B_{t_2}}{B_{t_1}}\right)\theta^{\partial}{}_{ст} - \frac{B_{t_2}+S_к}{B_{t_1}} \quad (4)$$

Для рекуператорів з конвективного тепловіддачею на стороні продуктів згоряння (Sк = 0) гранична температура повітря:

$$\theta_в^{\partial} = \left(1+\frac{\beta B_{t_2}}{\mu_p B_{t_1}}\right)\theta^{\partial}{}_{ст} - \frac{\beta B_{t_2}}{\mu_p B_{t_1}} \quad (5)$$

Рівняння (3) - (5) справедливі для протиточних схем руху теплоносіїв, коли максимальна температура розділової стінки в місці входу продуктів згоряння в рекуператор, а $T_в^{\partial} = \theta_в^{\partial} \cdot T'_{\partial}$, де T'_{∂} - температура продуктів згоряння на вході і в рекуператор [4].

Наведені формули справедливі і для прямоточних схем руху теплоносіїв, якщо безрозмірну температуру підігріву повітря відносити до локального значення температури продуктів згоряння, зокрема, до температури продуктів згоряння на виході з рекуператора, де має місце максимальна температура розділової стінки. Тоді $\theta_в^{\partial} = \frac{T_в^{\partial}}{T''_{пс}}$, де $T''_{пс}$ – температура продуктів згоряння на виході з рекуператора, К.

Література

1. Тебеньков Б.П. Рекуператоры для промышленных печей. М., «Металлургия», 1975,-296с.

2. Казанцев Е.И. Промышленные печи. Справочное руководство для расчётов и проектирования. 2-е издание, дополненное и переработанное / Казанцев Е.И. - М., «Металлургия», 1975. 368 с

3.Теплообмен и тепловые режимы в промышленных печах / Ю.И. Розенгарт, Б.Б. Потапов, В.М. Ольшанский, А.В. Богадулин. – Киев; Донецк: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 296с.

4. Аверин С.И. и др. Расчёты нагревательных печей / Аверин С.И. – К.: Техніка, 1969. – 540 с.

УДК 536.42;536.71;536.77

ТЕРМОДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ОТВЕРДІЛИХ МЕТАНУ CH_4, ПЕРФТОРМЕТАНУ CF_4 ТА ПЕРХЛОРМЕТАНУ CCL_4

Якуб Л.М., д.т.н., професор, Бодюл О.С., ст. викладач
Одеська національна академія харчових технологій

Метан CH_4, перфторметан CF_4 та перхлорметан CCl_4 є найпростішими представниками широкого класу речовин, утворених молекулами тетраедричної симетрії. Дослідження термодинамічних властивостей твердого метану при високому тиску є актуальною проблемою в галузі нетрадиційної енергетики. Також інтерес до речовин метанового ряду обумовлений пошуком нових енергоємних молекулярних систем на основі вуглецевих матеріалів, придатних для зберігання та легкого вилучення з них молекулярного водню як палива. Тетрафторметан CF_4 (фреон R14) є молекулярним аналогом метану. Завдяки своїй простоті та високій симетрії, він привертає увагу багатьох дослідницьких груп. Відзначається збільшення кількості досліджень властивостей цього кристала в різних інтервалах температур і тисків. Це пов'язано в тому числі з тим, що його комерційне значення останнім часом зростає у зв'язку з розробкою технології сухого травлення в мікроелектронній промисловості. Тетрафторметан також є побічним продуктом детонації, а розуміння його хімічних і фізичних властивостей має вирішальне значення для моделювання фізики вибухових речовин. Тетрахлорметан CCl_4 (фреон R10) відноситься до числа висококиплячих речовин. Його термодинамічні властивості добре вивчені в рідкій фазі та на лінії насичення, але обсяг експериментальних даних для твердої фази вкрай обмежений.

Обмежені можливості експериментальних досліджень в області низьких температур і високого тиску роблять актуальним проведення розрахунково-теоретичних досліджень властивостей метану і його похідних, а також комп'ютерного експерименту. У роботі, поряд з розрахунками термодинамічних властивостей, основаними на застосуванні теоретично обгрунтованих рівнянь стану, була зроблена спроба перевірити надійність застосованих розрахункових методів порівнянням з прямими обчисленнями термодинамічних властивостей метану та його галоїдопохідних методом Монте-Карло.

Було використано потенційну модель взаємодії молекул, у якій потенціал Леннарда-Джонса доповнено нецентральною октуполь-октупольною взаємодією молекул метану. Для аналітичного представлення було використано точний вираз октуполь-октупольної взаємодії молекул метану, отриманий в роботі [1]. У роботах [2, 3] при дослідженні властивостей твердого метану було запропоновано канонічне рівняння стану для вільної енергії Гельмгольца F(V, T). Рівняння стану було використано для прогнозування лінії плавлення метану [4]. Слід відмітити, що єдина інформація, необхідна для розрахунку термодинамічних властивостей твердого метану і його галоїдопохідних за розробленим рівнянням стану полягає у виборі параметрів потенціалу Леннарда-Джонса та октупольного моменту.

Оскільки в роботі запропоновано рівняння стану, що дозволяє проводити розрахунки в області високих тисків, де експериментальні дані нечисленні або відсутні, було проведено порівняння результатів розрахунків за рівнянням стану з результатами комп'ютерного моделювання методом Монте-Карло використовуючи один й той самий набір потенційних параметрів ε/k =148 K, σ = 3.77 Å. Для розрахунку термодинамічних властивостей твердого метану та перхлорметану CCl_4 у фазі з гранецентрованою кристалічною (ГЦК) решіткою було спеціально розроблено програму для моделювання методом Монте-Карло, в основі якої лежить класичний алгоритм Метрополіса та періодичні граничні умови. Деякі результати розрахунку властивостей метану [5] на лінії плавлення методом Монте-Карло та оцінку їх похибки наведено в таблиці 1. Слід відмітити добре погодження між результатами розрахунку та комп'ютерного експерименту, як для тиску, так й для термічних коефіцієнтів.

Крім докладного Монте-Карло дослідження термодинамічних властивостей кристалічного метану, було проведено комп'ютерні експерименти для моноклінної структури перфторметану CF_4 на лінії сублімації для β-фази при T = 60 ... 76 K [6] та для кристалічного CCl_4 уздовж лінії плавлення у ГЦК-фазі від T = 245 K до T = 320 K [7]. Відсутність експериментальних значень густини у твердій фазі в роботах, що присвячені дослідженню фазової діаграми

CCl_4, залишають можливість порівнювати результати розрахунку об'єму за теоретичним рівнянням стану з даними, отриманими методом машинного експерименту Монте-Карло. Також результати комп'ютерного моделювання, отримані для CF_4, було порівняно з експериментальними даними [8] (рис. 1, 2).

Таблиця 1 – Відносна похибка розрахунку мольних об'ємів метану на лінії плавлення методом Монте-Карло та за рівнянням стану.

T, K	P, ГПа	V, см³/моль		δ, %
		Метод Монте-Карло	Рівняння стану	
90.7	-0.008	32.87	32.81	-0.18 %
111.3	0.087	31.75	31.80	-0.16 %
131.8	0.186	30.92	30.88	-0.13 %
156.97	0.323	29.97	29.87	-0.03%
180.36	0.465	29.09	29.04	-0.17%
212.85	0.677	28.16	28.02	-0.50%
237.58	0.866	27.47	27.33	-0.51%
260.85	1.049	26.88	26.74	-0.52%

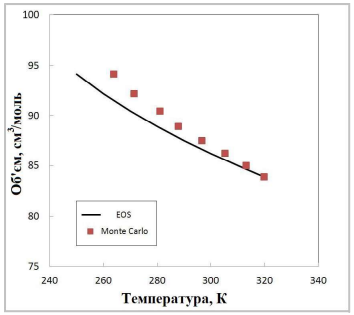


Рис. 1 – Порівняння результатів розрахунку об'єму CCl_4 за теоретичним рівнянням стану (–)з даними комп'ютерного моделювання методом Монте-Карло ( )

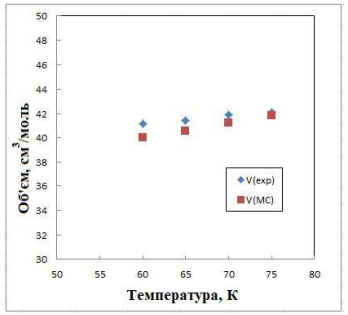


Рис. 2 – Порівняння результатів розрахунку об'єму CF_4 методом Монте-Карло ( ) з експериментальними даними [6] ( )

Висновки

Термодинамічні властивості CH_4, CF_4 та CCl_4 було розраховано на лініях сублімації та плавлення з використанням двох підходів: за теоретичним рівнянням стану та моделюванням методом Монте-Карло. Отримані результати добре узгоджуються з наявними експериментальними даними. Слід відмітити, що октуполь-октупольна взаємодія молекул при високих температурах дає лише малий вклад в термодинамічні функції, але при низьких температурах її вплив становиться суттєвим.

Література

1. Isnard P., Robert D. & Galatry L. (1976) Molecular Physics, 31:6, 1789-1811.
2. Yakub L.N., Bodiul O.S. Low-temperature equation of state of solid methane. // Refrigeration engineering and technology. – 2016. – Vol. 52, iss. 1. – P. 73-77.
3. Якуб Л.Н., Бодюл Е.С. Термодинамические свойства метана при високих давлениях. // Технические газы. –2016. – Том 16, № 2. – С. 54-59.
4. Yakub L.N., Bodiul E.S. Melting line parameters and thermodynamic properties of methane at high pressures. // Journal of Low Temperature Physics. – 2017. – Vol. 187, iss. 1. – P. 33-42.
5. Cheng M., Daniels W.B., Crawford R.K. (1975) Phys.Rev. B11, 3972-3975.
6. Bol'shutkin D. N., Gasan V. M., Prokhvatilov A. I., Erenburg A. I. (1972) Acta Cryst. B28, 3542.
7. Maruyama M., Kawabata K., Kuribayashi N. (2000) Journ.Crystal Growth, 220(1-2), 161-165.
8. Klimenko N. A., Gal'tsov N. N., Prokhvatilov A. I. (2008) Fiz. Nizk. Temp. 34(11), 960-965.

UDC: 621.575.932:621.565.92

THE SEARCH OF ENERGY-EFFICIENT OPERATION MODE OF AMMONIA-WATER-ABSORPTION REFRIGERATION MACHINES

Kirilov V.Kh., Dr.Sc., Prof., Osadchuk E.A., assistant, Titlov A.S., Dr.Sc., Prof.
Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa

The object of the research is the absorption water –ammonia cooling units of the pumping (AWCU) and non–pumped type – absorption–diffusion cooling units (ADCU).

To achieve this goal, it is necessary to accomplish the following tasks:

1. To develop a methodology for thermodynamic calculation of AWCU and ADCU cycles in the extended, in comparison with the traditional, operating temperature range, both in the part of the heating source, and the environment and the cooling object.

2. Conduct an analysis of the calculation of thermodynamic parameters in AWCU and ADCU in the extended range of operation parameters.

3. To develop the perspective schemes of AWCU and ADCU in the extended range of operation parameters when working in systems for obtaining water from atmospheric air.

One of the features of absorption refrigerators of all types is the interdependence of temperatures in the characteristic processes of the cycle-the temperature of the heating medium t_h, the temperature of the cooling medium t_{oc}, and the temperature of the cooling object t_{ob}. Of the three temperatures, only two can be arbitrarily assigned.

As practice shows, the operation of the refrigeration unit should provide a given level of cooling (t_{ob}), and the installation itself should operate under appropriate climatic conditions, that is, at a given temperature of the cooling medium. Therefore, the real parameter that can change is only the temperature of the heating source.

Modern calculation methods do not consider such interdependence of temperatures in the absorption refrigeration cycle, since they allow the presence of a source of thermal energy with only the necessary temperature potential.

At the first stage of the research, an algorithm was developed for calculating AWCU pump cycles for working with low-potential sources of thermal energy.

In Fig. 1. The simplest scheme of AWCU with two regenerative heat exchangers – solutions (RHS) and ammonia (RHA) is presented. To the generator 1, which is filled with liquid WAS, low-potential heat is supplied, as a result of which the low-boiling component (ammonia) with small particles of water vapor will predominantly boil off from the solution. The steam enters the rectifier 2, in which the cooled saturated WAS with the RHS 5 and the absorber 4 flows to meet the vapor stream that comes from the generator 1. At the same time, less volatile water vapor condenses first, thereby increasing the concentration of ammonia in the stream. Next, WAS pairs fall into the reflux condenser 3. On its cold tubes, the first condensed water vapor that remained after the rectifier 2. The presence of the rectifier 2 and the refluxer 3 in the AWCU circuit allows almost completely to get rid of the water vapor in the ammonia vapor stream that goes to the condenser 7. Further ammonia vapor enters the condenser 7, liquefies with the removal of the phase transition heat, enters the RHA 8, where the cold the ammonia vapor that comes from the evaporator 9 to the absorber 4 is preheated, thereby increasing the thermal coefficient of the AWCU cycle.

Initial data for the calculation were adopted: a) temperature of the cooling medium t_{oc}; b) temperature of the cooling object t_{ob}; c) temperature differences on elements that do not explicitly take into account heat exchange conditions and under-recovery of heat: temperature difference between the weak WAS and the generator's heating source of heat; temperature head in the condenser, absorber, dephlegmator with cooling medium; temperature head between the fluxes of weak and strong WAS at the cold end of RHS; d) refrigerating capacity of the evaporator Q_0.

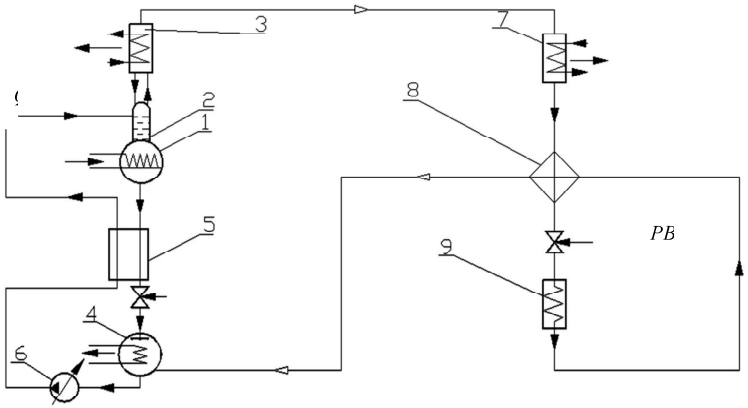


Fig 1. Scheme AWCU with two regenerative heat exchangers: 1 - generator; 2 - rectifier; 3 - a reflux condenser; 4 - absorber; 5 – RHS; 6 - the pump; 7 - the condenser; 8 - RHA; 9 - evaporator

The variable parameter is the temperature of the heating source of heat t_h.

At the first stage of the research on the above algorithm, a search was made for the temperature range of the heating source (t_h), which would satisfy the conditions of operation of AWCU (t_{oc}) and the requirements for the cooling object (t_{ob}).

The relevance of this research was due to the fact that some modes of operation of AWCU cannot be organized because of the insufficiently high temperature of the heating source. So, for example, the level of cooling temperatures in the evaporator requires an appropriate pressure level P_o both in the evaporator and in the absorber. The equilibrium temperature of the strong WAS in the absorber $t''_{кр.A}$ should be higher than the temperature of the cooling medium in order to ensure removal of the heat of absorption. The mass fraction of ammonia in the strong WAS $\xi'_{кр.}$ is determined by the values of P_o and $t''_{кр.A}$, and for the organization of the absorption process, a certain degassing zone is necessary-the difference in the mass fractions of ammonia in the strong $\xi'_{кр.}$ and weak $\xi'_{сл.}$ WAS. In turn, the mass fraction of ammonia in the weak WAS $\xi'_{сл.}$ is determined by the values of the condensation-generation pressure and the temperature of the heating source.

The algorithm for searching the AWCU operating modes was as follows. At the first stage, the temperatures of the cooling object were set t_{ob} = minus 30 °C; minus 15 °C; minus 5 °C. For each value t_{ob}, a calculation was made with a fixed value with a range of 25 ... 43 °C in steps of 1 °C. For the given values, we calculated the circulation multiplicity with a variable in steps of 1 °C.

In case the multiplicity of the circulation is a positive value, it was concluded that the operation mode of AWCU can be realized, and otherwise, when the circulation multiplicity was negative, it was concluded that the operating mode does not exist. An analytical relationship between the temperature of the cooling medium (t_{oc}), the temperature of the cooling object (t_{ob}), and the temperature of the heating source (t_h) is obtained under the condition of the maximum value of the thermal coefficient. The dependence has the following form [24]:

$$t_h = \frac{a + bt_{oc} + ct_{oc}^2 + dt_{об} + et_{об}^2 + ft_{об}^3}{1 + kt_{oc} + lt_{oc}^2 + mt_{об} + nt_{об}^2}, \quad (1)$$

where: a = 47,74648658; b = – 1,01853416; c =0,013464939; d = – 1,12675283; e = 0,02319431; f = – 0,00017897; k = – 0,03803459; l = 0,00049505; m = – 0,00750582; n = 0,000151575; dimension of temperature – °C.

The maximum error of the analytical dependence is 5.3%. The average error is 1,1 %.
The form of the surface constructed from the dependences is shown in Fig.2.

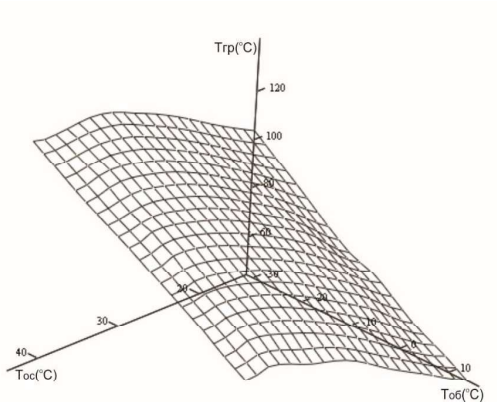


Fig.2. Dependence between the temperature of the cooling medium (t_{oc}), the temperature of the cooling object (t_{ob}) and the temperature of the heating source (t_h) under the condition of the maximum value of the thermal coefficient.

Analysis of the obtained calculation results allows us to draw the following conclusions.

First, in the range of design parameters with increasing temperature of the outside air (cooling medium), the necessary temperature of the heating source also increases. So, for example, with an increase from 20 ºC to 45 ºC at a fixed temperature of 5 ºC the temperature will increase from 65 ºC to 110 ºC.

Secondly, in the range of design parameters, the increase in the temperature of the cooling object, for example, from minus 30 ºC to 15 ºC at a fixed outdoor temperature of 45 °C, will result in an increase in the required temperature of the heating source from 85 ºC to 138 ºC.

Thirdly, for operation in a tropical climate (35...45 °C) and a cooling object temperature of 5°C (guaranteed "dew-point" temperature), the temperature of the heating source should be above 110°C.

UDC: 621.574

PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF SEASONAL HOUSEHOLD REFRIGERATOR

[1]Selivanov A.P., teacher of the highest category, [2]Titlov A.S., Dr. Sc., Prof.
1) Odesa Technical College of the Odesa National Academy of Food Technologies
2) Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa

By a term a «seasonal refrigerator» is presently named cooling attachment, which utilizes in the work low temperature potential of air environment, being outside the heated bays. A term is not confessedly, because such refrigeration apparatuses are on the initial stage of development. Actualty of generation of seasonal refrigerator is delineated the problems of energy-savings during production activity of domestic and point-of-sale refrigeration devices. Domestic absorbing refrigerators that use low temperature potential of environment and work in the wide range of temperatures, refrigerators of "seasonal" type, not suitable for work with the quick-changing loading, but declared oneself irreplaceable in the permanent mode at of long duration maintenance of preset parameter. During work in the permanent mode becomes the problem of maintenance of the even temperature field in all chilled volume. Even presence, so-called, super isolations in the corps of modern refrigeration devices during stabilizing of external and internal parameters are given by large running approach of temperature in the chilled volume and this running approach the more than greater ambient temperature. Researches showed that exactly an inertance of the systems on the base of diffusive for absorption refrigeration aggregates is reason of impossibility of creation of the even temperature field without additional modernization of cooling object. Modern domestic and point-of-sale refrigeration installation is designed for work in «hard» operation conditions for information climatic terms (in Ukraine is assurance of normative temperature characteristics in a condenser box at the temperature of air in a bay 32°C. At the same time in our temperate climate basal time of production activity of apparatuses of the domestic and point-of-sale engineering drives at the temperature of air in a bay 16...22°C. Such temperatures of air refrigeration apparatuses work not constantly, but with the cycling's cuttings-off, I.e. in position behavior. At lower temperatures of air in a bay (less than 10°C production activity of modern domestic and point-of-sale refrigeration devices is n. In the case of compression designs it is related to the possible breaks of compression facility, because of gelling of butter, and in the case of absorption – with the complexity of start from a non-working condition and ineffectiveness of chilling cycle from high thermal drop on the departments of haul-ing of quenching agent in a condenser and vaporizer. At the same time, the decrease of temperature of air in a bay favorably influences on duties condensers of absorption class: at first, heat entrances diminish in a condenser box; secondly, a capability auxiliary to supercool a fluid quenching agent on the entrance of vaporizer and weak solution on the entrance of absorber appears, that improves power efficiency of work of condenser.

The known fact is and that almost a temperate climate has third of dry land with average annual temperatures from minus 5°C to 12°C. To utilize a natural cold for storage of food products presently developers offer collections with the original author name «HOLT» (refrigerator – heater), supposing to take away all or feature of refrigeration apparatus on the opened air.

Apparatuses suggest to place in window apertures so that one of walls of refrigerator box went out in an environment. It becomes firmly established that it allows to reduce of energy during production activity of refrigeration device on 50-66 %.

The known collections of «HOLTS» are completed by vapor compression machines refrigeration installations or thermobatteries. For the exception of freezing of products a heater thermo-couple and special collection of temperature control is utilized.

To the lacks of collections of «HOLT» it is possible to take the problems of their installation in small apartments – the typical condenser box of 200-240 dm^3 will occupy all of window aperture of kitchen. The seasonal refrigerators of two classes are examined in developments of laboratory of

the domestic refrigeration engineering of ONAFT: universal – exploited in the wide band of ambient temperatures, including below 0°C (With, in dwellings and unoccupied bays, on a transport; traditional – exploited in dwellings bays with the temperature of air not below 16°C).

As universal seasonal refrigerators the apparatuses of absorption class, workings with absorption refrigeration installations, are examined (ARI). It should be noted and such not unimportant presently fact - the working body of ARI consists of natural components (water-ammonia solution with the addition agent of inactive gas – hydrogen, helium or blend of hydrogen and helium) and has zero values of extents of ozone-destroying potential and potential of «hotbed» effect practically. Refrigeration apparatuses with ARI have a bank of such unique grades, as: quiet, high fail-safety and protracted resource, deficiency of jarring action, magnetic and electric fields during production activity; capability of the use in one apparatus of a few different thermal energy sources – both electric and alternative (heat of combustion of organic fuel, sun radiation, exhaust-gas of engines domestic combustion); capability of work with off-grade energy sources, including to the electric in the band of tension gridiron 160...240 V.

To dignities of ARI it is necessary to take a minimum cost among analogues. Absorption condensers, equipped burn-uses attachments, are widely utilized tourists and travelers, because there is not an alternative them in districts with deficiency of sources of electric power.

The evaluation of consequences of experiments of experimental and serial designs of absorption refrigerators retained that them enhance able, as compared to compression analogues, the level of energy consumption is predetermined existent methodology of calculation and method of bureau during production activity. In accordance with existent calls to the domestic refrigeration apparatuses, above all things, it is necessary to provide the set temperature condition in a refrigerator box in «hard» operation conditions, here, as a rule, work of ARI is carried out in a continuous duty - at the coefficient of working hours equal to unit (WHE = 1), and into account not taken on value of energy consumption.

At such approach the heat-expression components of ARI possess the supply of floor in the conditions of production activity at moderate 18...25°C and low ambient temperatures.

Stocked floors allow to improve cool making vaporizer of ARI for a bill: auxiliary supercooling of fluid ammonia in a condenser; buildups of purification of vapor-gas blend (VGB) efficiency are in an absorber; decreases of temperature of VGB on included in a vaporizer.

At low ambient temperatures the steam current of ammonia fills up a refrigerator only partly, and an equal form concentration of ammonia in a water-ammonia grout (WAG) is bias in the band of low pressures. Both these the factor cause the decrease of complete pressure in collection and buildup of density of diffusive processes at evaporation and absorption, that auxiliary results in the buildup of cool making vaporizer.

To the negative moments of work of ARI, it is necessary to take in the conditions of moderate and low ambient temperatures: partial condensation of steams of ammonia in a dephlegmator; supercooling hard (saturated an ammonia) WAG on an entrance in fluid heat changer (FHC); buildup of thermal drop from the components of generator component.

All of these factors at the unchanging extent of the fed thermal duty on a generator-thermosiphon result in the decrease of discharge of ammonia in a vaporizer, I.e. cause the decrease of refrigeration horsepower.

Resulting effect on cool making vaporizer of ARI of ambient temperatures delineated the characteristics of construction, behaviors and field of refrigeration apparatus conditions.

In spite of the manufactures affecting of ambient temperature work of components of AKHA synonymous is its influence on the values of heat entrancing in the cooled barrels, I.e. on the value of required cool making in behavior of storage.

So, during production activity of refrigerator box with the level of temperatures of storage plus 5 (With in a bay with a temperature 19°C (With required approximately in two times less cool making, what drastic production activity).

At the generation of seasonal refrigerator of absorption class, it is necessary to consider the characteristic characteristics of starting cycle in behavior of position bureau.

These characteristics are related to the specific of realization of without pumping of chilling cycle, above all things, with the characteristics of gravity circulation of currents of working body, and consist in the following.

In an off-period due to thermal drop in an environment and steam no-flow conditions the temperature of components of direct circuit of ARI (generator-thermosiphon, rectifier, dephlegmator-tor) declines. It is accompanied cooling hard and weak and by partial condensation of steams in a condenser and dephlegmator of ARI. VGB drives in a condenser and lifting highway of dephlegmator, which to this moment was blocked in the circuit of gravity circulation (CGC) of ammonia a steam current. What anymore time of off-period, the below a temperature will go down and the greater feature of dephlegmator will be occupied by VGB.

At the inclusion of thermal duty on the generator component of ARI VGB entrance through a equality highway in CGC by the current of steam. The dynamic discharge head of steam current depends on density of generation of steam in PTS and thermal behaviors of a transport highway. In the period of start the several of steam of ammonia is utilized for heating of frappe components of a transport highway (rectifier, dephlegmator, condenser). Duration of infilling of condenser steam of ammonia in the period of start will be delineated the degree of cooling of components of generator component of ARI in an off-period, I.e. by duration of off-period and level of ambient temperatures. It talks that the well-known thesis – «than anymore time of off-period, the anymore economy», straight inapplicable to the refrigerators of absorption class.

Detectable in this case there is a consequence about non-admission of the considerable supercooling of components of construction of generator component of ARI in an off-period.

This condition comports and with the consequences of bank of researchers and developers of the domestic absorption refrigeration engineering.

Decreasing the degree of supercooling of components of generator component is possible either due to the buildup of thermal resistance head heat-insulation or due to their heating in an off-period.

The first way is related to the buildup of weight size attributes, second - perspective, but presently it is not enough studied.

Questions, related to hunting of energy-savings duties absorption condensers, were examined from middle of 50th of the last century. Likhareva N.V. offered the method of work of ARI with a two sectional heater one section of which is included constantly, and the second is periodically connected by thermouser. A decrease of energy consumption is 10-15 %. Such method of bureau was afterwards realized in the doublecamera refrigerators of "Sibir" company, including in the licensed designs of "Crystal-9" and "Crystal-9M".

A few other situations in refrigeration apparatuses with the high thermal resistance head of non-load-bearing constructions of condenser boxes, for example, in low temperature barrels (LTB) with «superinsulation». Unlike singlcamera or doublecamera designs in which correlation of temperatures is regulated in barrels, LTB potentially have large functional capabilities, because can, at presence of the fit collections of control, used in all of band of temperatures of storage, in-use in the way of life – from minus 18°C to plus 12°C, i.e. to become a multifunction refrigeration device.

In any case the heat-insulation coating of LTB must be designed considering work of ARI in «hard» operation conditions, therefore a multifunction design will possess the considerable supply of cool making at the positive temperatures of storage in the conditions of moderate and low temperatures of environment.

In multifunction LTB, executed on the class, behaviors of refrigeration storage can be realized with a minimum or with complete deficiency of warm, for example, temperature in a barrel plus 5...12°C, and ambient temperature plus 10°C. The time there is in this case a far fewer on-period non-working, therefore to carry out the permanent heating of components of generator component becomes inadvisable, I.e. in such terms more economical there will be position behavior of bureau.

Thus, it is possible to draw a conclusion about perspective (from positions of energy-savings) of investigations in area of follow-on of starting and transitional processes practical escape of which will be become by automated control the system universal seasonal condensers of absorption class.

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНА ДОПОВІДЬ

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДЫ ИЗ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ
Титлов А.С. 4

СЕКЦІЯ 1
ЕКОЛОГІЯ, ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

ОЦІНКА КАНЦЕРОГЕННОГО РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ ВИКИДАМИ АВТОТРАНСПОРТУ
Бєлоконь К.В., Ігнатченко К.О. 15

ОЦІНКА КАНЦЕРОГЕННОГО РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ВОЗНЕСЕНІВСЬКОГО РАЙОНУ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ ВИКИДАМИ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ
Бєлоконь К.В., Янович Д.М. 19

МЕМБРАННА ОБРОБКА СТІЧНИХ ВОД ПІДПРИЄМСТВ ОЛІЙНО-ЖИРОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ
Бондар С.М. 23

ЕКОЛОГІЧНІСТЬ СПОСІБІВ УТИЛІЗАЦІЇ ЗНОШЕНИХ ШИН
Буличов В.В., Коломієць О.В., Лапіка А.А. 24

АНАЛІЗ ПОТЕНЦІАЛУ РОЗВИТКУ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ НА ШЛЯХУ ДО «ЗЕЛЕНОЇ ЕКОНОМІКИ»
Женжеруха В.А., Голенкова О.І. 28

ПРОБЛЕМА ПИЛОВИДНИХ ВІДХОДІВ ПІДПРИЄМСТВ ГАЛУЗІ ХЛІБОПРОДУКТІВ І ШЛЯХИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ
Зацерклянний М.М., Столевич Т.Б., Майлунець Н.В. 30

ПОДАВЛЕНИЕ ВЫБРОСОВ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
Зацерклянный М.М., Столевич Т.Б., Запорожец Д.Н. 34

ПРЕДПРИЯТИЯ ОТРАСЛИ ХЛЕБОПРОДУКТОВ – ИСТОЧНИКИ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ И ВЗРЫВООПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ
Зацерклянный М.М., Столевич Т.Б., Руссу Д. 35

ЕКОЛОГІЧНІ ХАРЧОВІ ПРОДУКТИ З ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗВІДХОДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ УПАКОВКИ
Коваль В.Г. 36

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИДОРОЖНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
Кофанова Е. В., Борисов А. А. 37

РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЕРРИТОРИЙ НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ И БИОАККУМУЛЯЦИЯ
Кофанова Е. В., Тарикулиев А. Ф. 39

ПРОБЛЕМЫ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В ГОРОДАХ
Крусир Г. В., Ярмолович Ю.С. 41

КОМПОСТУВАННЯ ЯК МЕТОД УТИЛІЗАЦІЇ ХАРЧОВИХ ВІДХОДІВ
Крусір Г. В., Зайцева Е. Ю. 42

ПОБІЧНІ ПРОДУКТИ ТА ВІДХОДИ ОЛІЙНО-ЖИРОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ. НАПРЯМИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ
Крусір Г. В., Скляр В.Ю. 43

НЕОБХІДНІСТЬ СОРТУВАННЯ ПЛАСТИКУ ВІД ОСНОВНОГО ПОТОКУ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ
Крусір Г.В., Соколова В.І. 45

ВЕРМИКОМПОСТУВАННЯ ВІДХОДІВ М'ЯСОПЕРЕРОБНОГО ВИРОБНИЦТВА
Крусір Г.В., Чернишова О.О. 47

ТИПІЗАЦІЯ РИЗИКІВ ТА ЗАГРОЗ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕТИЧНО МОДИФІКОВАНИХ ОРГАНІЗМІВ
Купінець Л.Є. 51

ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ ЗЕМЕЛЬ В СИСТЕМІ ВІДТВОРЕННЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ
Купінець Л.Є., Тютюнник Г.О. 53

АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ МЕТАЛУРГІЙНОГО КОМПЛЕКСУ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ
Люта К. О., Нгуала С. Л. Б. 57

ЕКОЛОГІЧНІ ПРИНЦИПИ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ
Мадані М.М., Крисенко К.Ю. 59

АНАЛІЗ ПИТАННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОГО ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ, ЩО ВМІЩУЮТЬ ПОЛІХЛОРОВАНІ ДИФЕНІЛИ (ПХД)
Погосов О.С., Говорунець Т.Г. 60

АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ УТВОРЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ ЯК ФАКТОРА ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ
Хлівний Є.В., Лутченко В. О. 62

ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ И ДРУГИХ УСТРОЙСТВ С РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИМИ ИЗДЕЛИЯМИ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
Хорольский М.С., Бигун С.А. 64

ВПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДУ ПРОДУКТИВНОГО НАВЧАННЯ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ МАЙБУТНІХ ЕКОЛОГІВ-БАКАЛАВРІВ І МАГІСТРІВ
Цикало А.Л., Крусір Г.В. 66

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕКОЛОГІЇ ТА ЕНЕРГОАУДИТА
Чорна Н.А. 68

ЕКОЛОГІЧНІ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ СИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗВОРОТНИХ МЕТАЛОГІДРИДІВ
Чорна Н.А. 69

ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ МІСТА БОЛГРАД
Шевченко Р.І., Арабаджи Я.А. 71

ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ТОВ «МАРІКО»
Шевченко Р.І., Мішкой Ю. Є. 73

ПРИМЕНЕНИЕ АГРЕГАТОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ КОМПОНЕНТОВ РАКЕТНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ
Шинкоренко О.И., Чуб Е.А., Сербин В.В. 74

СЕКЦІЯ 2
ТЕПЛОФІЗИКА, ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА, НАНОМАТЕРІАЛИ ТА НАНОТЕХНОЛОГІЇ

ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ ЗАСТОСУВАННЯ ЧЕРГОВОГО РЕЖИМУ ОПАЛЕННЯ ДЛЯ БУДИНКІВ ГРОМАДСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ
Баласанян Г.А., Кухарчук Н.В., Поліщук О.Ю. 77

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ДЖЕРЕЛ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ДЛЯ АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ ПРИЛАДІВ
Березовська Л.В., Гратій Т.І. 79

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ УЗЛОВ СТЫКОВКИ СИСТЕМ ТЕРМОСТАТИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ РАКЕТ
Бигун С.А. 80

ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ ВЫСОКОВЯЗКИХ НЕФТЕЙ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЦИСТЕРНАХ
Бошкова И.Л., Иванов В. В. 82

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ТРАНСПОРТИРОВКИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЖИДКОСТЕЙ ПО ТРУБОПРОВОДАМ
Бошкова И.Л., Павлив Л.В. 84

ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТА ВЫСОКОВЯЗКИХ НЕФТЕЙ
Бошкова И.Л., Радуш Д.С. 86

ТЕПЛОУТИЛИЗАТОРЫ КОНТАКТНОГО ТИПА ДЛЯ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ
Бошкова И.Л., Чернов А.О. 88

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ КОНТУРНЫХ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ
Буз В.Н., Гончаров К.А. 89

ВИКОРИСТАННЯ ЗЕОТРОПНИХ СУМІШЕЙ ХОЛОДОАГЕНТІВ В ТЕПЛОВИХ НАСОСАХ
Волчок В.О. 91

КОРЕГУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛОНОСІЯ ВІД ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З УРАХУВАННЯМ ФАКТИЧНОГО СТАНУ ОБЛАДНАННЯ
Ганжа А. М., Корнелюк В. М., Семененко Л. В. 93

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОГІДРАВЛІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ТРУБЧАТОМУ ПЕТЛЕВОМУ ПОВІТРОПІДІГРІВАЧІ ДЛЯ ВЕЛЬЦ-ПРОЦЕСУ
Ганжа А. М., Юрко В. В. 95

ВЫБОР СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ АНОДНОГО БЛОКА МАГНЕТРОНА
Георгиеш Е.В. 97

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ, ТЕПЛОЕМКОСТИ, ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ И ВЯЗКОСТИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ BENZENE, C14-30-ALKYL DERIVS
Железный В.П., Лукьянов Н.Н., Мельник Е.Ю. 99

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОЧАСТИЦ НА ДАВЛЕНИЕ НАСЫЩЕННЫХ ПАРОВ ИЗОПРОПИЛОВОГО СПИРТА
Железный В.П., Семенюк Ю.В., Мотовой И.В. 103

РОЛЬ ИЗБЫТОЧНЫХ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕПЛОЕМКОСТИ НАНОФЛЮИДОВ
Железный В.П., Хлиева О.Я., Мотовой И.В. 106

РОЗЧІННІСТЬ ХОЛОДОАГЕНТА R290 В ПОЛІЕФІРНИХ ТА АЛКІЛ-БЕНЗОЛЬНИХ МАСТИЛАХ
Желєзний В.П., Корнієвич С. Г. 110

СУЧАСНІ АСПЕКТИ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ АМІАЧНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК
Желіба Ю.О., Желіба Т.О., Сливинська М.В. 114

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ ЦИКЛОННОЙ ТОПОЧНОЙ КАМЕРЫ ДЛЯ СЖИГАНИЯ ЛУЗГИ ПОДСОЛНУХА
Збараз Л. И., Павлова В. Г. 116

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВОГО НАСОСУ ДЛЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ
Калініченко І.В., Сидорова В.В. 118

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПОИСКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ КОНТУРОВ КОЛЬЦЕВОЙ ГАЗОВОЙ СЕТИ
Кологривов М.М., Бузовский В.П. 120

ДЛИНА ФАКЕЛА ПЛАМЕНИ ГОРЕЛКИ
Кологривов М.М., Григорьев А.О. 124

ВИКОРИСТАННЯ НИЗЬКОПОТЕНЦІЙНОЇ ПАРИ СИСТЕМ ВИПАРНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ СКЛОВАРНИХ ПЕЧЕЙ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ХОЛОДУ
Кошельнік О.В., Долобовська О.В. 127

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ СУХОГО ТУШЕНИЯ КОКСА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 100 Т/ЧАС ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ УГАРА КОКСА И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
Круглякова О.В., Макей А.И. 128

ДОСЛІДЖЕННЯ ВАРІАНТІВ МОДЕРНІЗАЦІЯ ОПАЛЮВАЛЬНОЇ КОТЕЛЬНІ
Круглякова О.В., Яхоніна А.Д. 129

ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНОМУ СЕКТОРІ
Лужанська Г.В., Назаров І., Мангір А.С. 130

РАСЧЁТ ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОРИСТЫХ ПАРОГЕНЕРИРУЮЩИХ КАНАЛОВ ПРИ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ПЕРВОГО РОДА С РАБОЧИМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ ФРЕОН - 12
Лукиша А.П. 132

РОЗРОБКА ХОЛОДИЛЬНИХ АГРЕГАТІВ НА НИЗЬКОПОТЕНЦІАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛАХ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ СИСТЕМ ОТРИМАННЯ ПИТНОЇ ВОДИ З АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ
Мазуренко С.Ю., Магурян Н.С., Возиянов А.И. 136

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООТДАЧИ ПРИ ВЫНУЖДЕННОЙ КОНВЕКЦИИ
Мельник Е.Ю., Лукьянов Н.Н., Денисов Ю.П. 138

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОНТАКТНИХ ПРИСТРОЇВ БРАГОРЕКТИФІКАЦІЙНИХ УСТАНОВОК
Ободович О.М., Булій Ю.В. 142

НАУКОВІ ОСНОВИ З ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГО-ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ОСНОВІ КОГЕНЕРАЦІЙНО-ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК
Остапенко О. П. 143

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ
Потапов М.Д., Дорошенко Ж.Ф., Пуникверский А.Ф. 145

ОХОЛОДЖЕННЯ ПОВІТРЯ ТЕПЛОВИКОРИСТОВУЮЧОЮ ХОЛОДИЛЬНОЮ МАШИНОЮ З ТЕПЛОВИМ НАСОСОМ ПРИ УТИЛІЗАЦІЇ СКИДНОЇ ТЕПЛОТИ СУДНОВОЇ ЕНЕРГОУСТАНОВКИ
Радченко Р.М., Калініченко І.В., Зубарєв А.А., Богданов Н.С. 147

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ КИПІННЯ ХОЛОДОАГЕНТІВ ЗА РАХУНОК ДОДАВАННЯ НАНОЧАСТИНОК ТА МОДИФІКАЦІЇ ТЕПЛООБМІННОЇ ПОВЕРХНІ
Семенюк Ю.В., Хлієва О.Я., Лук'янова Т.В. 149

ТЕПЛООБМЕН ГРАВИТАЦИОННОГО СЛОЯ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА С ПОВЕРХНОСТЬЮ
Титарь С.С., Бабаев Е.С. 153

ВИБРАЦИЯ ТРУБЧАТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА ТЕПЛООБМЕН С ПЛОТНЫМ СЛОЕМ
Титарь С.С., Дариенко Б.Е. 154

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ УТИЛИЗАТОРОВ ТЕПЛА С ПРОМЕЖУТОЧНЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ
Титлов А.С., Васылив О.Б. 155

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОГО ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПАРОЭЖЕКТОРНОЙ И АБСОРБЦИОННОЙ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ГАЗА И ПОЛУЧЕНИЯ ЖИДКОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА
Титлов А.С., Дьяченко Т.В., Сагала Т.А., Артюх В.Н., Алнамер А. 157

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АБСОРБЦИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ИХ ЭЛЕМЕНТАХ
Титлов А.С., Осадчук Е.А., Биленко Н.А. 160

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКИ МЕЛКОСЕМЕННЫХ КУЛЬТУР
Титлов А.С., Петушенко С.Н., Устенко Р.А. 162

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ АБСОРЦИОННЫМИ ХОЛОДИЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ
Титлов А.С., Тюхай Д.С., Титлова О.А., Березовская Л.В., Адамбаев Д.Б. 164

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ДЕФЛЕГМАТОРА КОМБИНИРОВАННОГО АБСОРБЦИОННОГО ХОЛОДИЛЬНОГО ПРИБОРА
Титлов А.С., Холодков А.О., Приймак В.Г., Гратий Т.И. 167

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОЛИМЕРНОГО ЖИДКОСТНОГО СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА
Халак В.Ф. 170

ВПЛИВ ДОМІШОК ФУЛЕРЕНІВ С60 НА ГУСТИНУ ОРТО-КСИЛОЛУ
Ханчич К.Ю., Мотовий І.В. 172

ЛИМИТИРУЮЩИЕ СТАДИИ ПРОЦЕССА АБСОРБЦИИ АММИАКА В СИСТЕМЕ АММИАК – ВОДЯНОЙ ПАР – ВОДА
Цейтлин М.А., Райко В.Ф. 175

СЖИГАНИЕ СЕРНИСТОГО ТОПЛИВА В КИПЯЩЕМ СЛОЕ
Шевчук В. И., Гирняк В.В., Мудрая С.Г. 177

ВЫБОР СПОСОБА ШЛАКОУДАЛЕНИЯ
Шевчук В.И. 179

МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМА ТЕМПЕРАТУРА ПІДІГРІВУ ПОВІТРЯ В РАДІАЦІЙНО-КОНВЕКТИВНИХ РЕКУПЕРАТОРАХ
Шраменко О.М., Медвідь А.Н., Ревенко В.О. 181

ТЕРМОДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ОТВЕРДІЛИХ МЕТАНУ CH_4, ПЕРФТОРМЕТАНУ CF_4 ТА ПЕРХЛОРМЕТАНУ CCL_4
Якуб Л.М., Бодюл О.С. 183

THE SEARCH OF ENERGY-EFFICIENT OPERATION MODE OF AMMONIA-WATER-ABSORPTION REFRIGERATION MACHINES
Kirilov V.Kh., Titlov A.S., Osadchuk E.A. 185

PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF SEASONAL HOUSEHOLD REFRIGERATOR
Selivanov A.P., Titlov A.S. 188

Наукове видання

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ

Матеріали XVII Всеукраїнської науково-технічної конференції

Мови видання: українська, російська, англійська

Підписано до друку 17.10.2018 р.
Формат 60×84/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Друк офсетний. Ум. друк. арк. 11,39. Наклад 300 прим.
Зам. № 1710/1.

Надруковано з готового оригінал-макету у друкарні «Апрель»
ФОП Бондаренко М.О.
65045, м. Одеса, вул. В.Арнаутська, 60
тел.: +38 0482 35 79 76
www.aprel.od.ua

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців ДК № 4684 від 13.02.2014 р.