

9. Тростенюк, Ю. В. Моделивання осевого теплового потоку трубки термоанемометричного витратоміра біопалив [Текст] / Ю. В. Тростенюк, О. М. Безвесільна, А. В. Ільченко // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». — 2014. — № 46. — С. 538–545.
10. Ільченко, А. В. Зміна радіального теплового потоку термоанемометричного витратоміра біопалив двигуна внутрішнього згоряння [Текст] / А. В. Ільченко, О. М. Безвесільна, Ю. В. Тростенюк // Вісник НТУ. — 2013. — № 28. — С. 186–191.

Abstract. The article introduces the equations which reflect variations of the thermal conductivity coefficient of a mixture of petroleum-based fuels, depending on the volume percent concentration of ethanol, and variations of the thermal conductivity coefficient of mixtures of fuels with diesel fuel as a basis, depending on the volume percent concentration of the vegetable oil.

It is shown that the fuel temperature at the level of its consumption ranging from 0 to 25 l/h at a distance from 1 to 6 cm from the heater of a flowmeter can be represented by a straight line approximation.

Analyzed are radial and axial heat flows in the tube of a termoanemometric flowmeter taking into consideration the influence of the thermal conductivity of biological components of the fuel, their concentration in the fuel mixture. The proposed equations allow us to determine the temperature of the fuel stream and the consumption rate of a car.

It is proven the numerical value of the termoanemometric flowmeter tube structural coefficient, which under the condition of reducing the measurement error of fuel consumption must be equal to 15,5.

It is proven that the thermal conductivity of the material of a flowmeter tube has little effect on heat flux.

Keywords: engine, anemometer, heat transfer, thermal conductivity meter, tomlivo, biofuels, fuel.

УДК 621.56/59

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЖЕКТОРНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Когут Владимир Емельянович, кандидат технических наук, доцент*
E-mail: vek.56@mail.ru

Бутовский Егор Дмитриевич
Аспирант*
E-mail: ariesoon@gmail.com

Хмельнюк Михаил Георгиевич, доктор технических наук, профессор*
E-mail: hmel_m@ukr.net

* Кафедра холодильных машин, установок и кондиционирования воздуха, Институт холода, криотехнологий и экоэнергетики им. В. С. Мартыновского, Одесская национальная академия пищевых технологий, ул. Дворянская 1/3, г. Одесса, Украина, 65082

В статье представлены теплообменные аппараты эжекторного типа. Их предлагается использовать при решении вопросов: снижение высокой температуры всасывания паров в компрессор, снижения высокой температуры конденсации в аммиачных установках при пиковых нагрузках, конденсация паров углеводородов для уменьшения эмиссии легкокипящих фракций жидких углеводородов, очистки дымовых газов, уменьшение усушки продуктов при замораживании, снегование продуктов.

Ключевые слова: уменьшение эмиссии, термопресор, эжекционный фильтр, легкокипящие фракции углеводородов, снегование, термоконденсатор-эжектор.

У статті представлені теплообмінні апарати ежекторного типу. Їх запропоновано використовувати при вирішенні питань: зниження високої температури всмоктування

у компрессор, зниження високої температури конденсації в аміачних установках при пікових навантаженнях, конденсація парів вуглеводнів для зменшення емісії легкокиплячих фракцій рідких вуглеводнів, очистки димових газів, зменшення усушки продуктів при заморожуванні, снігуванні продуктів.

Ключові слова: зменшення емісії, термопресор, ежекційний фільтр, легкокиплячі фракції вуглеводнів, снігування, термоконденсатор-ежектор.

1. Введение

В современной промышленности необходимо поддерживать экологическую безопасность производств и не допускать выбросы в окружающую среду вредных веществ. Однако все существующие методы малоэффективны. Применение ежекторных теплообменников в закрытых и полужакрытых системах позволит защитить окружающую среду. Применение этих устройств значительно уменьшит металлоемкость установок и потерь рабочих веществ. Использование ежекторных теплообменников в пищевой промышленности приводит к положительному результату уменьшения естественной усушки мяса при холодильной обработки. Охлаждение воздуха возможно с применением установки с ежекторным теплообменником.

2. Цель и задачи исследования

В настоящее время в науке значительно возрос интерес к процессам с использованием технологий нано-, микро-, и мезомасштабного диапазона, в том числе техники охлаждения и конденсации. Сам процесс испарительного дисперсного контактного охлаждения и дальнейшей конденсации перегретого потока паров углеводородов из воздушной смеси за счет впрыснутого высоко диспергированной жидкости с диаметром капель в десятки и сотни микрон может рассматриваться как один из примеров таких технологий (табл. 1) [1].

В таблице представлена классификация устройств ежекторного типа для применения в промышленности при решении различных актуальных производственных задач. Данные теплообменные аппараты можно классифицировать по 3 категориям [1]:

Закрытые системы — промышленные теплообменные системы без взаимодействия с окружающей средой.

Полуоткрытые системы — промышленные теплообменные, полугерметичные, частично взаимодействующие с окружающей средой.

Открытые системы — промышленные теплообменные системы, имеющие полное взаимодействие с окружающей средой.

3. Материалы и методы исследований

Термопресор. В современных промышленных установках для снижения температуры пара перед компрессором ступени высокого давления может быть применено испарительное контактное охлаждение путем впрыска распыленного жидкого хладагента в поток перегретого пара. Для более эффективного снижения температуры пара перед компрессором лучше всего использовать жидкий аммиак в мелкодисперсном состоянии.

В области дозвуковых скоростей при данном виде охлаждения можно повысить полное давление потока (так называемый *термогазодинамический эффект*). Такой процесс возможно осуществить в специально разработанном аппарате — термопресоре. Данный аппарат был разработан в Одесской академии холода. На рис. 1 [2] показана схема термопресора.

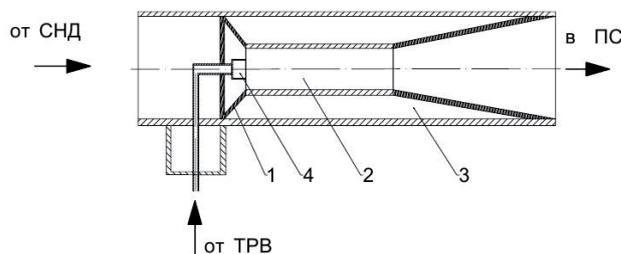


Рис. 1. Схема термопресора: 1 — конфузор; 2 — камера смешения; 3 — диффузор; 4 — форсунка

Данная модель термопресора отличается от существующих на рынке тем, что в ней изменены величины углов раскрытия конфузора и диффузора для более эффективной работы.

Таблица 1

Классификация теплообменников ежекторного типа

Эжекторы-теплообменники					
Закрытые системы		Полуоткрытые системы		Открытые системы	
Термопресор	Концевой охладитель	Термоконденсатор	Эжекционный фильтр для димовых газов	Эжектор-увлажнитель воздуха в камере термообработки	Эжектор-снегогенератор

Поток горячего пара хладагента в конфузоре приобретает скорость 80–100 м/с. В камеру смешения подается мелкодисперсный жидкий хладагент, приводящий к интенсивному теплообмену, смешению потоков и, как следствие — испарение жидкого хладагента и охлаждение потока горячего пара. На выходе из термопрессора в зоне диффузора оставшиеся капли жидкого хладагента полностью испаряются и поток пара замедляется.

Термопрессор в системе устанавливается внутри нагнетательного трубопровода ступени низкого давления, который изолируется, в непосредственной близости от промежуточного сосуда.

Жидкий хладагент поступает в змеевик промысосуда, переохлаждается, после чего дросселируется в циркуляционный ресивер низкого давления, часть его подается в термопрессор, при этом дросселирование происходит в форсунке. Форсунку следует устанавливать вдоль продольной оси термопрессора так, чтобы ее срез был в начале камеры смешения. Форсунка может быть любой конструкции, главная ее задача — получение минимально возможного диаметра капель впрыскиваемого хладагента — до 0,005 см. Компрессор низкого давления всасывает пары из циркуляционного ресивера и нагнетает через термопрессор в промежуточный сосуд. В термопрессоре осуществляется необходимый процесс охлаждения потока пара (рис. 2).

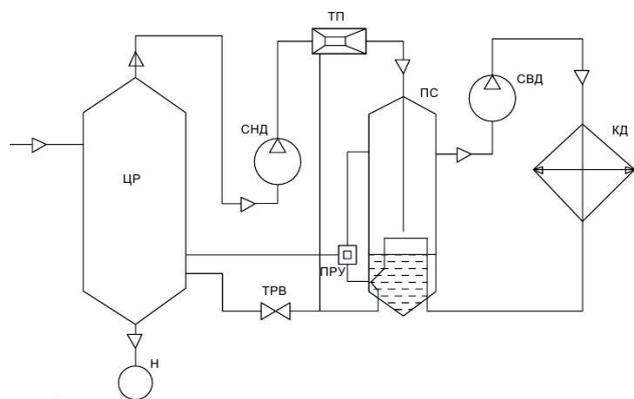


Рис. 2. Схема включения термопрессора в холодильную установку двухступенчатого сжатия: ЦР — циркуляционный ресивер; Н — центробежный насос; ТРВ — терморегулирующий вентиль; СНД — компрессор ступени низкого давления; ТП — термопрессор; ПС — промысосуд; СВД — компрессор ступени высокого давления; КД — конденсатор

Концевой охладитель. В аммиачных холодильных установках при пиковых нагрузках и высокой температуры окружающей среды возникает сложность эксплуатации из-за высокого давления конденсации. Давления конденсации зависит от температуры воды в конденсаторе. При обратном водоснабжении температура воды зависит от температуры окружающей среды. При высокой тепловой нагрузке на конденсатор перепад темпе-

ратуры конденсации и температуры охлаждающей воды увеличится. Это приведет к росту температуры конденсации. Методы уменьшения температуры конденсации хладагента дороги, и использовать их при пиковых нагрузках экономически не эффективно. Для уменьшения тепловой нагрузки на конденсатор можно применять термоконденсатор-эжектор, который будет выполнять функцию концевой охладителя паров хладагента перед конденсатором (рис. 3) [3].

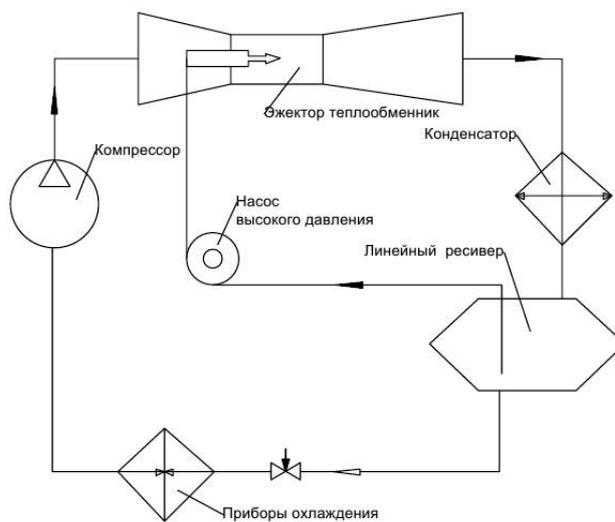


Рис. 3. Схема подключения эжектора-теплообменника, выполняющего функцию концевой охладителя с насосом высокого давления

Применение такого устройства позволяет при пиковых нагрузках снизить давление и обеспечить нормальную работу конденсатора. Сложностью такой схемы является аммиачный насос высокого давления. В схемах холодильных установок, где используются несколько конденсаторов (рис. 4),

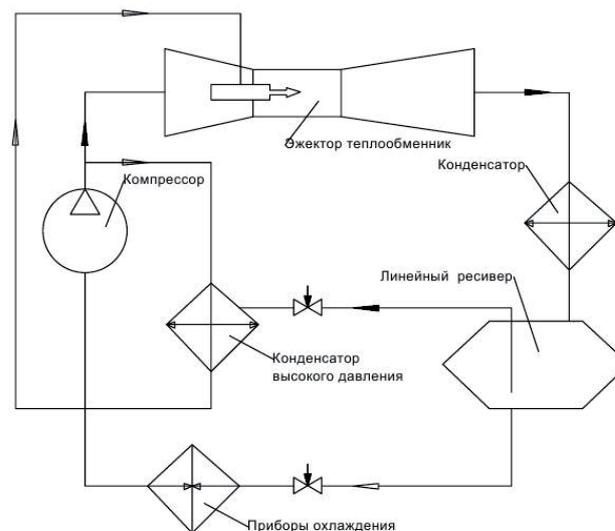


Рис. 4. Схема подключения термоконденсатора-эжектора в цикл холодильной установки

можно использовать один конденсатор искусственно повысить на нем давление конденсации. Полученный жидкий хладагент с более высоким давлением позволяет организовать впрыск через форсунку в основной поток пара в эжекторе-теплообменнике перед основными конденсаторами.

Термоконденсатор. Термоконденсатор-эжектор является аппаратом с изменением агрегатного состояния потока. Целью его создания было решение задачи промышленности в вопросах полной конденсации паров воздушной смеси с углеводородами [3].

Отсасываемый поток воздушной смеси с углеводородами ускоряется в конфузоре термоконденсатора-эжектора до скорости $M = 0,3$ (число Маха Маевского). Далее в камеру смешения через мелкодисперсную форсунку впрыскивается поток жидкого хладагента (охлажденные углеводороды; углекислота; азот). В ней происходит мгновенный теплообмен между средами, и воздушная смесь с углеводородами моментально конденсируется. Не сконденсированные пары углеводородов в камере смешения, полностью конденсируются на выходе из диффузора термоконденсатора-эжектора [2].

Отвод тепла осуществляется путем контактного теплообмена и испарительного охлаждения за счет впрыскиваемой в газовый поток мелкодисперсной жидкой хладагента. На рис. 5 [2] показана схема-развертка термоконденсатора.

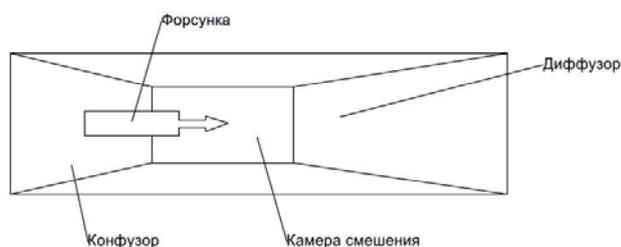


Рис. 5. Схема термоконденсатора-эжектора для конденсации углеводородов

Термоконденсатор-эжектор представляет собой конструктивно измененный струйный аппарат. В камере смешения термоконденсатора-эжектора происходит интенсивный теплообмен с моментальным фазовым переходом. Это достигается путем впрыска мелкодисперсного охлажденного жидкого хладагента в перегретый газообразный воздушный поток с углеводородами с высокой скоростью до 80–100 м/с.

Сила интенсивности испарения жидкого хладагента (жидкость испаряется полностью мгновенно), охлаждает перегретый газообразный воздушный поток с углеводородами, вследствие чего происходит полная мгновенная конденсация паров углеводородов [2]. На рис. 6 [3] показана принципиальная схема подключения термоконденсатора-эжектора в системе магистральных трубопроводов.

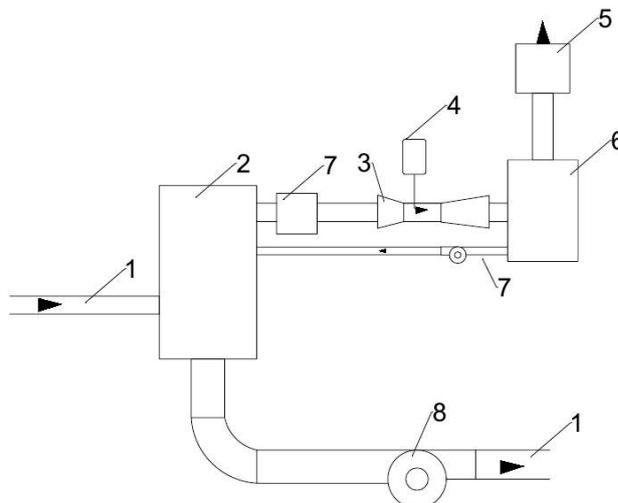


Рис. 6. Принципиальная схема подключения термоконденсатора-эжектора в системе магистральных трубопроводов: 1 — основной магистральный трубопровод; 2 — ресивер; 3 — эжекторный теплообменник; 4 — устройство впрыскивающее инертный газ; 5 — предохранительное устройство; 6 — приемная емкость; 7 — нагнетатель; 8 — насос

Эжекторный фильтр дымовых газов. Напряженная экологическая обстановка в различных регионах, особенно в промышленных, определяет актуальность данной работы. Для тонкой очистки дымовых газов предлагается использовать эжекторный конденсационный фильтр контактного теплообменника, который основан на методе охлаждения потока дымовых газов ниже точки росы. Его применение может обеспечить высокую интенсивность теплообмена, превышающую на порядок коэффициенты теплоотдачи при конвективном теплопереносе.

Основное и главное его отличие от используемых на ТЭЦ фильтров для очистки — полная конденсация компонентов дымовых газов путем впрыска мелкодисперсного жидкого хладагента (азота или углекислоты) в поток дымовых газов с температурой до 200 °С. И включение в уже существующие системы очистки на ТЭЦ [4]. На рис. 7 [2] показана схема применения эжекторного конденсационного фильтра в системе фильтрации дымовых газов.

Влажные дымовые газы направляются через электрофильтр по вертикальному участку дымовой трубы, к нагнетателю, где их ускоряют до 30 м/с, и направляют в эжекторный конденсационный фильтр, который имеет конструкцию эжектора, где газы ускоряются до 80–100 м/с в конфузоре эжекторного конденсационного фильтра. В горячий поток дымовых газов, до 200–220 °С, впрыскивается через форсунку мелкодисперсный жидкий хладагент (азот или углекислота) в камеру смешения [4].

В камере смешения происходит мгновенный теплообмен из-за лобового столкновения горячих

дымовых газов и холодного жидкого хладагента. Вследствие этого происходит мгновенное охлаждение и конденсация дымовых газов. Далее они проходят через пропускное сечение диффузора эжектора в тройник трубопровода, т. к. играют роль отделителя жидкости, где теряют скорость, и часть дымовых газов, которую получилось сконденсировать, направляется на цели потребителя. Остаточная часть дымовых газов, проходит через фильтрационный модуль, где очищается до значений ниже допусковых норм, в атмосферу.

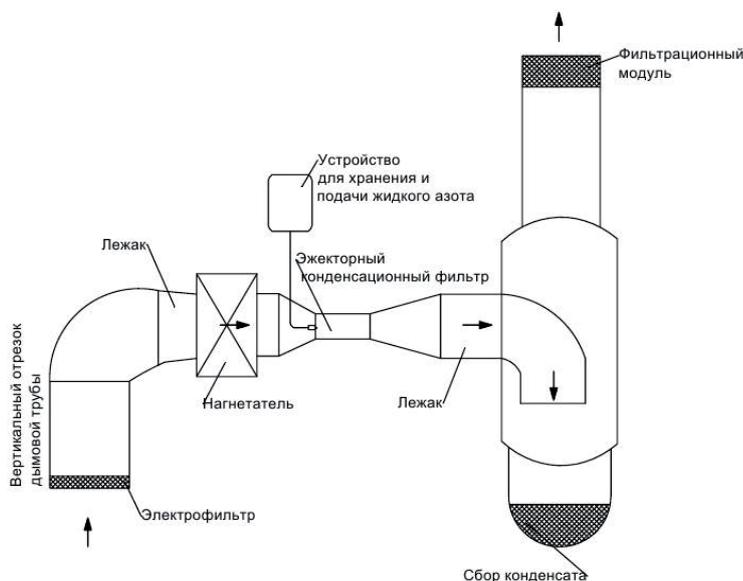


Рис. 7. Схема применения эжекторного конденсационного фильтра в системе фильтрации дымовых газов

Применение эжектора-увлажнителя воздуха при холодильной обработке продуктов. Использование предлагаемого способа позволяет уменьшить усушку продукта, при незначительном количестве влаги, которое оседает на приборах охлаждения [5].

Замораживание мясных полутуш осуществляется в потоке холодного воздуха на конвейере, что позволяет совместить транспортировку мясных полутуш и их холодильную обработку. Холодильная обработка, а именно замораживание, проходит в две стадии. После первой стадии замораживания происходит увлажнение полутуши. Этот процесс достигается путем помещения полутуши в изолированный отсек, в котором продукт обрабатывается водяным охлажденным паром, переносимым сжатым воздухом. Количество влажного пара соответствует потере влаги при последующем замораживании продукта в камерах. В результате такой обработки усушка продукта и оседание влаги на приборах охлаждения снижается. На рис. 8 [5] показана схема замораживания мясных полутуш:

1 — конвейер для перемещения мясных полутуш. Принцип действия работы рассматриваемой схемы замораживания мясных полутуш следующий.

По непрерывно работающему конвейеру поток мясных полутуш из цеха первичной переработки скота подается в туннель предварительного замораживания с температурой воздуха $t_k = -30^\circ\text{C}$ и снижающейся скоростью его движения с 7 до 2,5 м/с. В туннеле полутуши промораживаются на глубину 10–15 мм, при этом на поверхности мяса устанавливается отрицательная температура, которая ниже криоскопической. После туннеля полутуши поступают в отсек увлажнения. Отсек увлажнения, находящийся в туннеле предварительного замораживания экранируется, например, с помощью брезента. После отсека увлажнения, обрабатываемый продукт поступает в камеры для последующего замораживания.

В отсеке увлажнения мясо обрабатывается следующим путем. С помощью устройства эжектора-теплообменника, в котором вода через форсунку распыляется в камеру смешения эжектирующего устройства. Там она смешивается с поступающим холодным сжатым воздухом и подается в отсек увлажнения в виде смеси воздуха с мелкодисперсными каплями воды. В ограниченном объеме отсека создаются условия увлажнения, при которых достигается 100 % влажность воздуха, происходит формирование среды, которая не сообщается с воздухом, циркулирующим через воздухоохладители туннеля предварительного замораживания. Вместимость отсека по массе мяса связана с режимом работы конвейера, цеха первичной переработки скота и временем проведения процесса увлажнения.

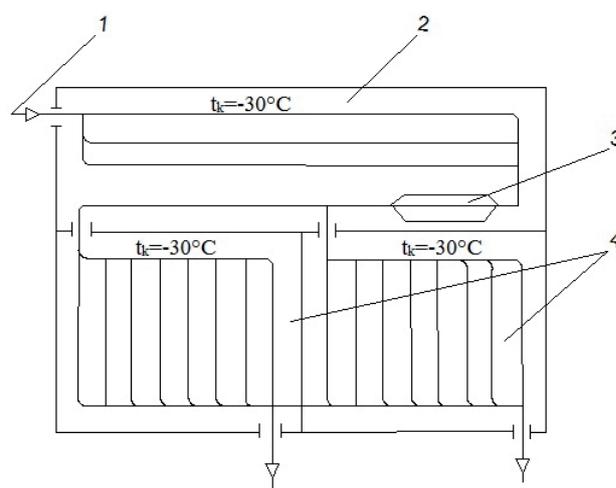


Рис. 8. Схема замораживания мясных полутуш: 1 — конвейер для перемещения мясных полутуш; 2 — туннель предварительного замораживания полутуш на первой стадии; 3 — изолированный отсек увлажнения; 4 — камеры замораживания продукта на второй стадии

Поверхность полутуши увлажняется за счет контакта с подаваемым увлажненным воздухом. Полутуша воспринимает по массе то количество влаги, которое вносится в объем отсека, что достигается благодаря образующейся водяной пленке, которая закрывает поры и неровности в мясе.

Увлажненные в отсеке мясные полутуши далее перемещаются на замораживание в камеры с температурой воздуха $t_k = -30$ °С и снижающейся скоростью его движения с 2 до 0,8 м/с.

Для уменьшения потерь от усушки, в предлагаемой схеме, полутуши на одной из стадий своей обработки попадают в изолированный отсек и увлажняются сжатым охлажденным воздухом с мелкодисперсными каплями воды. В качестве устройства, обеспечивающего получение такой смеси, используется теплообменник эжектор. На рис. 9 [5] показана схема-развертка эжектора-теплообменника.

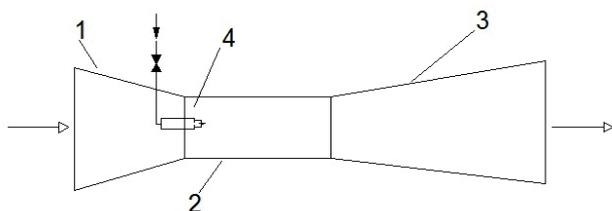


Рис. 9. Схема-развертка эжектора-теплообменника: 1 — конфузор; 2 — камера смешения (интенсивного теплообмена); 3 — диффузор; 4 — форсунка мелкодисперсного распыления

Эжектор-снегогенератор. Снегование является одной из мер по борьбе с усушкой замороженного мяса при хранении. Обычно для снегования мясных штабелей используют снегогенераторы с внешним смешиванием. Наряду с такими генераторами для обеспечения выполнения требуемых задач возможно использование эжектора-теплообменника. Оснащение камер обработки мяса эжектором-теплообменником, позволяющим получить снежную массу, позволит увеличить скорость получения снега, в силу интенсификации теплообмена в устройстве снежной машины по сравнению с простым снежным генератором. Использование теплообменника-эжектора в устройстве снежной машины открывает новые возможности. За счет применения эжектора и распыления воды в скоростной поток охлажденного воздуха, создаваемый эжектором, можно достигнуть получения ледяной массы, сократив при этом энергетические потери по сравнению с использованием обычных снежных генераторов [5].

Также кроме мясной отрасли возможно использование получаемого льда в рыбной, плодовоовощной, а также других отраслях пищевой промышленности.

4. Методика расчета аппаратов и результаты исследований

Методика расчета эжектора-теплообменника была основана на уравнениях теплового баланса [7].

$$Q_{ev} = Q_{cool} + Q_c, \quad (1)$$

где Q_{ev} — тепловая нагрузка от испарения рабочего вещества; Q_{cool} — тепловая нагрузка охлаждения воздуха смеси; Q_c — тепловая нагрузка от конденсации углеводородов в смеси (случае расчета эжектора конденсатора).

$$Q_{ev} = G_{wf}(h_2 - h_1), \quad (2)$$

$$Q_{cool} = C_p(t_1 - t_2), \quad (3)$$

$$Q_c = G_{ugl}(h_1 - h_2). \quad (4)$$

Важными параметрами для расчета эжектора-теплообменника является объемное содержание паров вещества в смеси, температура окружающей среды и рабочее вещество (охлажденные углеводороды; углекислота; инертный газ азот, в виде жидкости).

В основе конструктивного расчета эжектора-теплообменника лежит определение диаметров аппарата, длин зон и углов наклонов конфузора и диффузора.

Экспериментальным путем были найдены оптимальные углы наклонов элементов эжектора-увлажнителя:

Конфузор — 45°; Диффузор — 10 ÷ 12°.

Диаметр камеры испарения — $D_{chamber} = D_{э}/2$, где $D_{э}$ — диаметр эжектора (рассчитывается зависимости от скорости потока 20–25 м/с и производительности. Для обеспечения скорости потока $M = 0,3$ в камере испарения.

Длина камеры испарения — $L = 2 ÷ 4D_{chamber}$.

Оптимальный размер для хорошего перемешивания потоков и мгновенного теплообмена.

Длина диффузора — $L = 7 ÷ 9D_{chamber}$.

Оптимальный размер для торможения потока и выпадения конденсата углеводородов.

Форсунка может быть любой конструкции, обеспечивающая необходимую производительность и поддерживающая скорость факела 100 м/с.

5. Выводы

Эжекторы в качестве струйных аппаратов нашли широкое применение в различных отраслях — химической, экологической, а также в холодильной отрасли. Струйные эжекторы обладают простой конструкцией и высокой надежностью. Эжекторы работают без утечек, помех, не нуждаются

в техосмотре и обладают в связи с этим высокой производственной безопасностью.

Использование эжектора теплообменника способно решить задачу промышленности по сохранности углеводородов при хранении, и особенно при транспортировке нефтепродуктов, а так же при переливе из емкости в емкость.

В Украине подобных линий забора паров углеводородов не применяется.

Разработано устройство, позволяющее практически полностью снизить потери углеводородов при переливе из емкости в емкость, транспортировке.

В статье приведен способ двухступенчатого замораживания полутуш с уменьшением испарения влаги с их поверхности. В процессе такого замораживания для увлажнения полутуш используется термоконденсатор-эжектор, который посредством смеси сжатого охлажденного воздуха и мелкодисперсных капель воды обрабатывает поверхность полутуш. Главной и отличительной особенностью способа замораживания мясных полутуш в потоке

холодного воздуха в две стадии, является то, что с целью уменьшения усушки продукта, мясные полутуши после предварительного замораживания увлажняют в изолированном отсеке смесью мелкодисперсных капель воды и воздуха, в количестве, соответствующем выделяемой ими влаги при проведении второй стадии замораживания. Использование такого способа замораживания мясных полутуш позволяет сократить естественную убыль продукта в процессе замораживания с 1,4 до 1,2 % при незначительной конденсации влаги на приборы охлаждения.

Дополнительный интерес вызывает образование мелкодисперсного льда при взаимодействии смеси сжатого воздуха и капель воды при выходе из диффузора-эжектора теплообменника, с воздухом низкой температуры, циркулирующем в холодильной камере. Получаемый мелкодисперсный кристаллический лед может найти свое применение в широком спектре задач. Теплообменник-эжектор может быть применен для снегования мясных штабелей.

Литература

1. Когут, В. Е. Классификация эжекторов теплообменников, и их промышленное применение [Текст] / В. Е. Когут, Е. Д. Бутовский, М. Г. Хмельнюк // Сборник научных трудов ОНАПТ. — 2014. — Т. 1, № 45.
2. The American Society of Mechanical Engineers [Text] / Pipelines Transportation Systems for Liquid Hydrocarbons and Other Liquids. — ASME B31.4 — October, 2006.
3. Когут, В. Е. Применение теплообменника-эжектора для увлажнения воздуха в камере и получение снежной шубы [Текст] / В. Е. Когут, В. В. Миненков, М. Г. Хмельнюк // Научно-технический журнал «Холодильная техника и технология». — 2014. — № 3(149).
4. Kogut, V. Application heat exchange ejector for condensation of vapors of hydrocarbons [Text] / V. Kogut, I. Butovskiy, M. Khmelniuk // IV International Scientific and Technical Conference «Kazakhstan-Refrigeration 2014». Almaty, Kazakhstan, 2014. — P. 5–8.
5. Когут, В. Е. Проектирование термоконденсатора-эжектора [Текст] / В. Е. Когут, Е. Д. Бутовский, Н. Г. Носенко // Научно-технический журнал «Холодильная техника и технология». — 2013. — № 6(146). — С. 9–15.
6. Chunnanond, K. Ejectors: applications in refrigeration technology [Text] / K. Chunnanond, S. Aphornratana // Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2004. — Vol. 8, Issue 2. — P. 129–155. doi:10.1016/j.rser.2003.10.001
7. Sun, F. A new ejector heat exchanger based on an ejector heat pump and a water-to-water heat exchanger [Text] / F. Sun, L. Fu, J. Sun, S. Zhang // Applied Energy. — 2014. — Vol. 121. — P. 245–251. doi:10.1016/j.apenergy.2014.02.018 — Available at: http://econpapers.repec.org/article/eeeappene/v_3a121_3ay_3a2014_3ai_3ac_3ap_3a245-251.htm.
8. Yu, J. A new ejector refrigeration system with an additional jet pump [Text] / J. Yu, H. Chen, Y. Ren, Y. Li // Applied Thermal Engineering. — 2006. — Vol. 26, Issue 2–3. — P. 312–319. doi:10.1016/j.applthermaleng.2005.04.018
9. Левушкина, Ю. В. Снижение потерь теплоты с уходящими газами теплогенерирующих установок [Текст] : матер. IV рос.науч.-техн. конф. / Ю. В. Левушкина, М. Е. Орлов, В. И. Шарапов // Энергосбережение в городском хозяйстве, энергетике, промышленности. — Ульяновск, 2003. — С. 21–127.
10. Каухчешвили, Э. И. Физико-технические основы холодильной обработки пищевых продуктов [Текст] / Э. И. Каухчешвили. — М.: Агропромиздат, 1985. — 255 с.
11. Tepler, M. Flue Gas Condensate and Energy Recovery [Text] / M. Tepler, R. Intervex, Västerås, Sweden, Jonathan // Wood and Patrick Buzzel Siemens Water Technologies, Lowell, MA. Available at: http://www.mcilvainecompany.com/Decision_Tree/subscriber/articles/Flue_Gas_Condensate_and_Energy_Recovery.pdf.

Abstract. The article presents the ejector type heat exchangers, which are encouraged to use the following issues: reduction of suction vapor high temperature into the high stage compressor, reduce the heat of condensation in ammonia plants at peak loads, the condensation of hydrocarbon vapors to reduce the emission of low-boiling fractions of liquid hydrocarbons, flue gas cleaning, shrinkage product reduction during freezing, product icing. Intercooler on the thermal pressor base was introduced at the Kharkov Meat-Packing plant, and manufacturing refrigerators of Ukraine and Kazakhstan.

The thermal condenser-ejector has been designed, assembled, and successfully launched in the workflow on defense department Repairs Plant number 46 in Odessa. Was also designed and tested The ejector-air humidifier in heat treatment chamber at the V. S. Martynovsky Institute of the refrigeration, cryotechnology and ecoenergetics of Odessa National Academy of Food Technologies has been also designed and tested.

The authors are exploring the use of ejector heat exchangers in closed and semi-closed systems, because these studies are relevant and vital to the industry to achieve more effective results because of all the existing methods to prevent from harmful substances entering into the atmosphere and maintaining a high level of environmental safety are not very effective in comparison with the authors' methods.

The obtained results of the research prove the following hypothesis of ejector heat exchangers usage: complete condensation of flue gas in cleaning systems; environmental safety improving of flue gas emissions; metal content reduction in industrial refrigeration. Through the ejector heat exchangers usage may solve the problem of zonal air cooling in extreme environmental conditions.

Keywords: emission reduction, thermal pressor, ejection filter, low-boiling hydrocarbon fractions icing, thermal condenser-ejector.