

УДК 621.175:621.181

ББК 38.762.3

К-64

Схалияхов Анзаур Адамович, кандидат технических наук, доцент кафедры машин и аппаратов пищевых производств, декан технологического факультета Майкопского государственного технологического университета, 385000, Республика Адыгея, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191, т. (8772) 57 04 12.

Блягоз Хазрет Рамазанович, доктор технических наук, профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств, ректор Майкопского государственного технологического университета, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191.

Верещагин Александр Геннадьевич, доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры машин и аппаратов пищевых производств Кубанского государственного технологического университета, г. Краснодар, ул. Московская, 2.

Кошевой Евгений Пантелеевич, доктор технических наук, профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств, заведующий кафедрой Кубанского государственного технологического университета, г. Краснодар, ул. Московская, 2.

КОНДЕНСАЦИЯ ПАРОВАЗОВЫХ СМЕСЕЙ С ПОЛИМЕРНЫМИ ПОВОЛОКОННЫМИ МЕМБРАНАМИ

(рецензирована)

В статье проведен анализ целесообразности применения схемы конденсатора с подачей дополнительного тепла в зону конденсации и подачи хладагента через полимерные волоконные непористые мембраны, расположенные на поверхности труб подводящих паровозовую смесь.

Ключевые слова: волоконные мембраны, паровозовый конденсатор, теплообмен, фосфолипиды, паровозовая смесь.

Skhaliachov Anzaur Adamovich, Master of Technical Science, dean of technological faculty, Assistant Professor of food processing and production machinery department, Maykop State Technological University, 191 Pervomayskaya St., Maykop, 570412

Bliagoz Khazret Ramazanovich, Chief executive of Maykop State Technological University Doctor of Technical Science, Professor of food processing and production machinery department, 191 Pervomayskaya St., Maykop, 570412

Vereshagin Alexander Gennadievich, Master of Technical Science, Assistant Professor of food processing and production machinery department, Kuban State Technological University, 2 Moscovskaya St., Krasnodar

Koshevoy Evgeny Panteleevich, Doctor of Technical Science, head of food processing and production machinery department, Kuban State Technological University, 2 Moscovskaya St., Krasnodar

CONDENSATION OF STEAM-GASEOUS ADMIXTURES WITH POLYMERIC FIBER-OPTIC MEMBRANES

The article scrutinizes the expediency of application of condenser schema with delivering additional heat to condensation zone together with refrigerant delivery through non-porous polymeric fiber-optic membranes located on the surface of tubes bringing the steam-gaseous admixture.

Keywords: fiber-optic membranes, the steam-gaseous condenser, heat exchange, phospholipids, steam-gaseous admixture.

Применение при разработке экстракционной технологии очистки фосфолипидов в схеме дистилляции и конденсации масляно-ацетоновой мисцеллы азота вместо водяного пара позволяет избежать последующей ректификации образующегося азеотропа ацетон-

вода. Конденсацию парогазовой смеси ацетон-азот предложено осуществлять в конденсаторе с полимерными полуволоконными мембранами [1] (рис. 1).

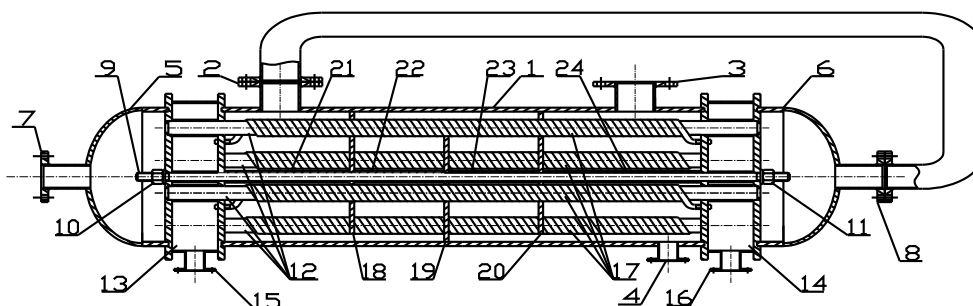


Рис 1. Парогазовый мембранный конденсатор

Парогазовый конденсатор состоит из цилиндрического корпуса 1, с фланцами, для подвода исходной смеси 2, отвода газовой фазы 3, отвода конденсата паровой фазы 4, закрытого с обеих сторон крышками 5 и 6, снабженными фланцами для подвода исходной смеси 7 и 8. Внутри цилиндрического корпуса расположен стержень 9, имеющий резьбу с обеих сторон для фиксации гайками 10 и 11 трубного пучка 12. Трубный пучок вставлен между прокладок в сквозных отверстиях распределительных камер 13 и 14, количество которых равняется количеству труб в пучке. Распределительные камеры имеют фланцы подвода и отвода хладагента 15 и 16 в полипропиленовый непористый полуволоконный мембранный пучок 17, обмотанный по поверхности каждой трубы и закрепленный в распределительные камеры. На стержень поочередно насажены поперечные перегородки 18, 19, 20 отделенные втулками фиксаторами 21, 22, 23, 24 на равные промежутки.

Работает конденсатор следующим образом. Исходная парогазовая смесь, проходя через фланец подвода исходной смеси 7, подается в трубный пучок 12, в котором предохладится до линии насыщения, отдавая тепло хладагенту, проходящему в полипропиленовом полуволоконном мембранном пучке 17. Предохлажденная парогазовая смесь, проходя через фланец подвода парогазовой смеси 2, подается в межтрубное пространство цилиндрического корпуса 1, где происходит конденсация паровой фазы растворителя на полипропиленовом непористом полуволоконном мембранном пучке 17. Конденсат паров растворителя выводится из цилиндрического корпуса 1 через фланец отвода конденсата паровой фазы 4. Освобожденная от паровой фазы растворителя газовая фаза выводится из цилиндрического корпуса 1 через фланец отвода газовой фазы 3. Для увеличения эффективности процесса предусмотрен зигзагообразный проход смеси в межтрубном пространстве цилиндрического корпуса 1, обеспечиваемый поперечными перегородками 18, 19, 20.

Полуволоконные мембраны в качестве теплообменных элементов развивают поверхность для конденсации парогазового потока и позволяют осуществлять подачу хладагента во внутреннее пространство мембран, а формирование их в виде пучка способствует коалесценции жидкой фазы конденсирующегося пара, при этом образуются пленки конденсата на поверхности труб, которые увеличивают высокий коэффициент теплопередачи. В конструкции конденсатора должны использоваться поперечные перегородки внутри межтрубного пространства, обеспечивающие равномерное распределение потока парогазовой смеси доведенной предварительным охлаждением в трубном пространстве до линии насыщения.

На входе в конденсатор температура парогазовой смеси принята $\vartheta_{V_H} = 363K$. Температура хладагента принята $\vartheta_{II_H} = 263K$. Температура выходящей парогазовой смеси из труб конденсатора соответствует температуре парогазовой смеси в межтрубном про-

странстве, содержащем мембраны. За счет перемешивания газового потока эта температура равна температуре по всему объему межтрубного пространства. Таким образом, неизвестными температурными параметрами являются, температура парогазовой смеси в межтрубном пространстве и температура хладагента, покидающего конденсатор.

В качестве хладагента используется R600a [2]. Химическая формула C_4H_{10} (изобутан). По сравнению с хладагентами R12 и R134a изобутан имеет значительные экологические преимущества. Этот природный газ не разрушает озоновый слой и не способствует появлению парникового эффекта. Он не содержит хлор, что способствует применению его в пищевой промышленности. Масса хладагента, циркулирующего в холодильном агрегате при использовании изобутана, значительно сокращается (примерно на 30%). Удельная масса паров изобутана в 2 раза больше удельной массы воздуха. Изобутан хорошо растворяется в минеральном масле, имеет более высокий, чем R12, холодильный коэффициент, что уменьшает энергопотребление. Физические свойства R600a в сравнении с хладагентами R12 и R134a приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные физические свойства R600a в сравнении с R12 и R134a

Параметр	R12	R134a	R600a
Нормальная температура кипения ($P = 0,1 \text{ МПа}$), °C	-29,8	-26,5	-12
Температура замерзания, °C	-158	-101,1	-159
Критическая температура, °C	122	101,15	135
Критическое давление, МПа	4,11	4,06	3,65
Давление всасывания при -15°C, МПа	0,182	0,164	0,089
Растворимость в масле	Не ограничена		
Растворимость воды в контуре (при 15.5°C), мас. %	0,005	0,015	0,0057
Потенциал разрушения озона (ODP)	1	0	0

Результаты расчета тепловых потоков в конденсаторе представлены в таблице 2.

Таблица 2. Температурные данные процесса конденсации

Длина трубы, м	Температура в газе, К			
	ϑ_V температура п-г, К	ϑ_{III} температура конденсата, К	ϑ_{II} температура хладагента мембране, К	ϑ_I температура п-г снаружи, К
0	363	308	263	308
1	336	292	264	308
2	308	268	265	308

Температурный режим работы конденсатора для предотвращения супернасыщенного состояния должен соответствовать следующим параметрам. Начальная температура парогазовой смеси на входе в конденсатор 363К, что соответствует минимальной тепловой нагрузке на конденсатор. Начальная температура хладагента поступающего в конденсатор 263К. Предохлажденная парогазовая смесь, выходящая из трубного пространства конденсатора должна иметь температуру 308К, что соответствует температуре насыщения паров ацетона в смеси. Следовательно, температура на внутренней стенке трубы должна соответствовать температуре насыщения. Учитывая, что предохлажденная парогазовая смесь попадет в межтрубное пространство, где интенсивно перемешивается, считаем, что температура в этой области конденсатора выравнивается и соответствует температуре насыщения паров ацетона. Такой тепловой режим позволяет организовать процесс конденсации без появления супернасыщенного состояния парогазовой смеси, что позволяет вести процесс конденсации в пространстве между трубками половолоконной мембраны.

Движущей силой процесса конденсации будет разность температур между хладагентом в половолоконной мембране и пленкой конденсата, образующейся на ее поверхности. За счет стекания этой пленки по поверхности мембран конденсат непрерывно отводится в установившемся режиме работы конденсатора.

В результате расчета установлено, что удельная поверхность пучка волоконных мембран на один метр длины трубы, на которую намотан пучок составляет $7,9 \text{ м}^2/\text{м}$ при изменении количества парогазовой смеси с $0,014 \text{ кг/с}$ до $0,0095 \text{ кг/с}$ последняя величина соответствует количеству азота в смеси с ацетоном и давление в аппарате складывается из суммы парциальных давлений ацетона 3682 Па и азота 198968 Па .

Процесс конденсации представлен на h - x диаграмме рисунок 2. Азотоацетоновая смесь с начальным содержанием ацетона 631 г/кг (азота) и температурой 363 К от точки 1 адиабатно охлаждается без изменения количества смеси до состояния насыщения с температурой 308 К - точка 2 соответствует началу конденсации. Процесс конденсации идет по линии насыщения φ_1 с выпадением конденсата ацетона с температурой 268 К до точки 3 соответствующей данной температуре и содержанию паров ацетона в смеси 78 г/кг (азота).

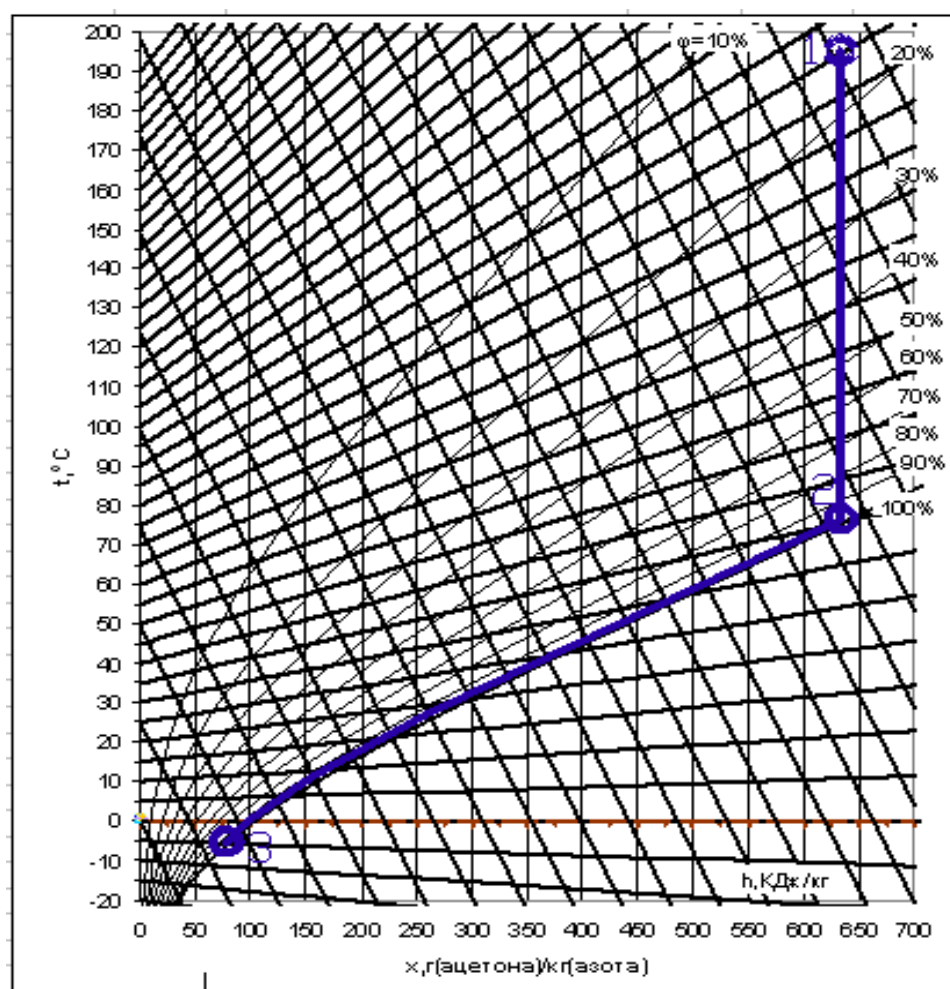


Рис. 2. Процесс конденсации ацетона из азотоацетоновой смеси

ВЫВОД:

Для осуществления конденсации паров ацетона в присутствии неконденсирующегося инертного газа - азота в случае образования аэрозоля целесообразно применение схемы конденсатора с подачей дополнительного тепла в зону конденсации, а подача хладагента должна осуществляться через полимерные полволоконные непористые мембраны, расположенные на поверхности труб подводящих парогазовую смесь.

Литература:

1. Конденсатор: пат. 61401 Рос. Федерации. Бюл. изобретений. 2007. №6.
2. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. М., 1972. 720 с.