

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

АЛМАТИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ALMATY TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ ХОЛОДА
INTERNATIONAL ACADEMY OF REFRIGERATION



**Х ЮБИЛЕЙНАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«КАЗАХСТАН-ХОЛОД 2020»**

**X ANNIVERSARY INTERNATIONAL SCIENTIFIC
AND TECHNICAL CONFERENCE
«KAZAKHSTAN-REFRIGERATION 2020»**

Сборник докладов конференции
4-5 марта 2020г.
Proceedings of the Conference
March 4-5 , 2020

Нур-Султан, 2020

УДК 621.56/59 (063)
ББК 31.392
К 14

Сборник подготовлен под редакцией
доктора технических наук, академика Кулажанова Т.К.

Редакционная коллегия:

Цой А.П., Радченко Н.И., Грановский А.С., Андреева В.И. (ответ. секретарь)

К 14 Казахстан-Холод 2020: Сб. докл. межд. науч-техн. конф. (4-5 марта 2020г.) =
Kazakhstan-Refrigeration 2020: Proceeding sof the Conference (March 4-5, 2020). –
Алматы: АТУ, 2020. –249 с., русский, английский

ISBN 978-601-263-529-4

На конференции при участии Министерства экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан обсуждалось стратегическое видение и поиск среднесрочных решений по применению экологически безопасных холодильных агентов и развитию «Зеленых» технологий переработки пищевых продуктов и холодильных технологий для Республики Казахстан.

В докладах из Казахстана, России, Украины, Германии, Бельгии, Дании, Японии, Южной Кореи, Италии представлены результаты научных исследований, посвященные экологически безопасным холодильным агентам, компрессорам, теплообменным аппаратам, компонентам, системам автоматизации, технологиям холодильного хранения и переработки пищевых продуктов. Сборник рассчитан на специалистов и ученых, работающих в областях холодильной техники, пищевой и нефтегазовой промышленности, а также на специалистов систем кондиционирования воздуха и жизнеобеспечения.

At the conference, the Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan jointly discussed the strategic vision and search for medium-term solutions for the use of environmentally friendly refrigerants and the development of "Green" food processing and refrigeration technologies for the Republic of Kazakhstan.

The reports from Kazakhstan, Russia, Ukraine, Germany, Belgium, Denmark, Japan, South Korea, Italy present the results of scientific research on environmentally friendly refrigerants, compressors, heat exchangers, components, automation systems, technologies for refrigerated storage and processing of food products and practical implementation. The Proceedings are intended for specialists and scientists working in the areas of refrigeration, food and oil and gas industries, as well as for specialists in air conditioning and life support systems.

УДК 621.56/59 (063)
ББК 31.392

ISBN 978-601-263-529-4

© АТУ, 2020

**EFFICIENCY OF LOW-TEMPERATURE PREPARATION OF NATURAL GAS FOR
TRANSPORTATION IN A SINGLE-PHASE STATE**

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПОДГОТОВКИ
ПРИРОДНОГО ГАЗА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ В ОДНОФАЗНОМ СОСТОЯНИИ**

Volchok V.A.¹, Ph.D. Volchok H.V.²	Волчок В.А.¹, к.т.н. Волчок Е.В.²
1 – Odessa National Academy of Food Technologies, Ukraine, 65039, Odessa, Kanatnaya Str., 112 2 – Odessa National Academy of Food Technologies, Ukraine, 65039, Odessa, Kanatnaya Str., 112	1 – Одесская национальная академия пищевых технологий, Украина, 65039, Одесса, ул. Канатная, 112 2 – Одесская национальная академия пищевых технологий, Украина, 65039, Одесса, ул. Канатная, 112
E-mail: a – recvicv@gmail.com ¹ ; b – evolchok8@gmail.com ²	

Abstract

The issues of low-temperature separation of natural gas are considered. The advantages and disadvantages of the applied gas separation schemes are analyzed. Promising areas for their improvement are identified.

Аннотация

Рассмотрены вопросы низкотемпературной сепарации природного газа. Проанализированы достоинства и недостатки применяемых схем сепарации газа. Определены перспективные направления их совершенствования.

Введение

В последнее время доля добываемого конденсатсодержащего газа в общем балансе добычи природного газа постепенно увеличивается. Это связано с вовлечением в разработку новых глубокозалегающих газоконденсатных месторождений и повышением интереса со стороны нефтеперерабатывающей отрасли продуктов переработки попутного нефтяного газа. Конечными продуктами промышленной подготовки газов газоконденсатных залежей являются товарный газ и жидкие углеводороды. В работе [1] указано, что от качества поставляемой продукции потребителям зависит эффективность и безопасность эксплуатации газотранспортной системы. Кроме смеси углеводородов в газе находятся примеси в виде газов и капельной жидкости, твердые частицы, водяной пар, сероводород и углекислый газ. Присутствие твердых частиц в газе приводит к быстрому износу трущихся деталей компрессоров, загрязнению и выходу из строя арматуры газопровода и контрольно-измерительных приборов. Скопление на отдельных участках газопровода приводит к уменьшению поперечного сечения трубопровода. Капельная жидкость, оседая на пониженных участках трубопровода, тоже вызывает уменьшение площади его поперечного сечения и, кроме того, вызывает коррозию трубопроводов, арматуры и приборов.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являются технологические схемы промышленной низкотемпературной подготовки конденсатсодержащих газов и извлечение углеводородного конденсата. На промышленных установках комплексной переработки газ подвергается предварительной обработке с целью извлечения из его состава механических примесей, влаги и фракций низкокипящих углеводородов.

В основе этой переработки лежит ряд низкотемпературных процессов переработки газа. За последние годы опубликован ряд работ [2-4] посвященных низкотемпературной обработке природного газа. Отечественный и мировой опыт оперирует такими процессами как дросселирование, теплообмен двух потоков, адиабатное сжатие и расширение, сепарация, конденсация, абсорбция и ректификация. Они направлены на одновременное разделение природного газа и выделение из его состава тяжелых углеводородов в жидком состоянии с последующей транспортировкой по трубопроводу.

При снижении температуры газового потока возможно образование гидратов, которые образуются в газопроводе в виде твердых кристаллов. Образовавшиеся гидратные пробки, особенно в местах наличия центров кристаллизации (твердые частицы, дефекты арматуры), могут полностью закупорить трубопровод. В присутствии влаги сероводород вызывает коррозию металла. Наличие углекислого газа приводит к уменьшению теплоты сгорания газа. До поступления в магистральный газопровод газ должен быть осушен и очищен от примесей.

Наиболее распространенным и доступным способом низкотемпературной переработки газа является низкотемпературная сепарация (НТС). Она характеризуется наименьшими эксплуатационными затратами, что связано с возможностью снижения температуры и давления до достижения равновесных условий сепарации. В основе лежит принцип ступенчатого охлаждения добытого газа с использованием дросселя или эжектора с последующим разделением смеси на газ и сконденсировавшиеся углеводороды C_3 - C_4 . Не сконденсировавшиеся из газа углеводороды C_{5+} поступают в магистральный трубопровод.

В отличие от дроссельного устройства эжектор дает возможность вовлечения низконапорных газов в основной поток. Остаточное содержание и степень извлечения компонентов смеси определяются основными параметрами, влияющими на эффективность НТС: состав исходного газа, давление, температура, фазовое равновесие и производительность сепаратора. Причиной низкой эффективности НТС является постоянное снижение давления добываемого газа, снижение содержания C_{5+} и как следствие снижение перепада давления на дроссельном вентиле, что влечет за собой повышение температуры сепарации и потери конденсата. Изотопный процесс дросселирования газа обеспечивает снижение его температуры при достаточно большом перепаде давлений. Для достижения наивысшей степени извлечения углеводородов процесс НТС необходимо проводить при оптимальных термобарических соотношениях. На основе результатов, полученных в работах [2, 3] по различным оценкам это диапазон давлений 4,5 – 5 МПа при температуре вблизи -30 °С.

Абсорбционная технология применяется для подготовки природного газа как при температуре окружающей среды так и при пониженных температурах. Второй способ предпочтительней, поскольку процесс абсорбции происходит в тех случаях, когда парциальное давление извлекаемого компонента газовой смеси выше, чем в абсорбенте. Чем выше разница парциальных давлений, тем интенсивней будет протекать процесс абсорбции. Масляная абсорбция при плюсовых температурах обладает низкой эффективностью, что выражено в высоком удельном расходе абсорбента и низкой степени извлечения углеводородов.

Снижение температуры процесса абсорбции возможно применением эжекторного устройства или турбодетандерного агрегата (ТДА) с заменой в качестве абсорбента нефтяных фракций на углеводородный конденсат, получаемый в первичном сепараторе. Такая замена обладает большей эффективностью в плане возрастания удельного выхода нестабильного конденсата при прочих равных условиях. В конечном итоге получаем объединение двух процессов – НТС на первичном сепараторе и низкотемпературная абсорбция в абсорбере.

Низкотемпературная ректификация (НТР) и дальнейшая сепарация газа осуществляется при температурах близких к -50 °С. Характерной особенностью является наличие тарельчатой или НАСА-дочной ректификационной колонны, в которую в качестве сырья поступает нестабильный конденсат из первого сепаратора, орошаемый конденсатор, выделенным из последующих стадий сепарации.

Несмотря на использование внешнего каскадного холодильного цикла на многокомпонентном хладагенте, НТР требует меньших капиталовложений по сравнению с использованием ТДА. Направленный в колонну конденсат подвергается разделению в процессе непрерывного фазового обмена между холодными жидкими углеводородами и газом. Этим достигается наивысшая эффективность извлечения углеводородов C_3 - C_4 и C_{5+} при сравнительно небольшом давлении.

Использование ТДА обусловлено возможностью достижения температур до -120 °С при том же перепаде давления, по сравнению с дроссельной или эжекторной технологиями.

Эффективность НТР определяется давлением и температурой охлаждения газа и конденсата и как следствие высокой степенью извлечения компонентов. Особенности состава месторождения и требований, предъявляемых к конденсату, повлекли за собой разнообразие технологий НТР, каждая из которых имеет свои технологические особенности. Все они дают возможность извлечения компонентов смеси в чистом виде с высокой степенью извлечения.

Результаты и их обсуждение

Промысловая подготовка газов залежей на месторождениях осуществляется с использованием низкотемпературных технологий сепарации. На основе экспериментальных данных исследователей в области НТС газа и проанализировав существующие разработки в этой области можно сделать

вывод, что перспективным направлением развития технологий НТС является дальнейшее снижение температурного уровня сепарации. Это позволит снизить остаточное содержание углеводов C_{5+} в товарном газе. С другой стороны, понижение температуры сепарации приводит к нарушению требований к качеству товарного газа по водной и углеводородной точкам росы.

Заключение

Проанализированы существующие технологические схемы промышленной подготовки природного газа газоконденсатных месторождений и определены их эффективности. На эффективность низкотемпературной подготовки природного газа для транспортировки в однофазном состоянии влияют: состав и свойства газа, интенсивность охлаждения газа и конденсата. Анализ эффективности низкотемпературной обработки природного газа позволит улучшить функциональные возможности моделирующих систем с учетом влияния внешних факторов на показатели действующих производств.

Благодарности

Авторы выражают благодарность за полезные советы, обсуждения и замечания в ходе сбора и обобщения информации для этой статьи студентам-дипломникам, инженерам газодобывающих и перерабатывающих предприятий и сотрудникам кафедр ОНАПТ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ланчаков, Г.А. Технологические процессы подготовки природного газа и методы расчёта оборудования [Текст] / Г.А. Ланчаков, А.Н. Кульков, Г.К. Зиберт. – М. : Недра, 2000. – 279 с.
2. Истомин, В.А. Низкотемпературные процессы промышленной обработки природных газов [Текст] / В.А. Истомин. – М. : ИРЦ Газпром, 1999. – 76 с.
3. Дунаев, А.В. Особенности технологических процессов промышленной подготовки природного газа с низким конденсатным фактором [Текст] / А.В. Дунаев, Д.М. Федулов, А.Н. Кубанов, В.А. Истомин // Газовая промышленность. – 2015. – № 11. – С. 80–83.
4. Прокопов, А.В. Повышение эффективности низкотемпературного абсорбционного извлечения углеводов C_{5+} из газа газоконденсатных месторождений [Текст] / А.В. Прокопов, В.А. Истомин, Д.М. Федулов, А.Г. Дедов // Химическая технология. – 2017. – №7. – С. 308-314.

УДК 664.8.036.62

INVESTIGATION OF VAPOR CONTACT HEATING OF FRUITS AND VEGETABLES

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТНОГО НАГРЕВА ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ НАСЫЩЕННЫМ ВОДЯНЫМ ПАРОМ

Verkhivker Y.G.^{1a}, Dr. Sci, Professor Altman E.I.^{2b}, PhD, Associative Professor	Верхивкер Я.Г.^{1а}, д.т.н., профессор Альтман Э.И.^{2б}, к.т.н., доцент
1 – Odessa National Academy of Food Technologies Ukraine, 65039, Odessa, Kanatnaya, 112 2 – Odessa National Academy of Food Technologies Ukraine, 65039, Odessa, Kanatnaya, 112	1 – Одесская национальная академия пищевых технологий Украина, 65039, Одесса, Канатная, 112 2 – Одесская национальная академия пищевых технологий Украина, 65039, Одесса, Канатная, 112
E-mail: a – yaverkhivker@gmail.com; b – ellaa@ukr.net	

Abstract

The results of studies on improving the technology of production of canned products from fruits and vegetables are presented. The use of saturated water vapor at atmospheric pressure allows you to increase the volumetric average temperature of the fruit layer in the container. The use of a pulsed method of supplying the coolant allows you to use the inertial properties of the raw materials and save the flow of coolant.

Аннотация

Представлены результаты исследований по совершенствованию технологий производства консервированной продукции из фруктов и овощей. Использование насыщенного водяного пара при

Bushmanov V.M., Kogut V.E., Zhikhareva N.V. The filter on the basis of the ejector of the heat exchanger for purification of harmful substances from flue gases	
Бушманов В.М., Когут В.Е., Жихарева Н.В. Фильтр на базе эжектора теплообменника для очистки вредных веществ из дымовых газов	55
Volchok V.A., Volchok H.V. Efficiency of low-temperature preparation of natural gas for transportation in a single-phase state	
Волчок В.А., Волчок Е.В. Эффективность низкотемпературной подготовки природного газа для транспортировки в однофазном состоянии	58
Verkhivker Y.G., Altman E.I. Investigation of vapor contact heating of fruits and vegetables	
Верхивкер Я.Г., Альтман Э.И. Исследование контактного нагрева плодов и овощей насыщенным водяным паром	60
Vorobiev A.M., Makaveev A.T., Machuev Yu.I. Methods for temperature mode stabilizing of underground structures	
Воробьев А.М., Макавеев А.Т., Мачуев Ю.И. Способы обеспечения температурного режима подземных сооружений	64
Gryshchenko R.V., Vasylenko S.M., Forsiuk A.V., Pylypenko O.Y., Samiilenko S.M. Analysis of energy efficiency of cold storage units	
Грищенко Р.В., Василенко С.М., Форсюк А.В., Пилипенко О.Ю., Самойленко С.Н. Анализ энергетической эффективности установок аккумулирования холода	66
Gryshchenko R.V., Vasylenko S.M., Forsiuk A.V., Pylypenko O.Y., Samiilenko S.M. Heat exchange during ice melting in the cold storage device	
Грищенко Р.В., Василенко С.М., Форсюк А.В., Пилипенко О.Ю., Самойленко С.Н. Теплообмен при таянии льда в аппарате аккумулирования холода	68
Danko V.P. Specialties features of hydrodynamic modes of heat and mass transfer apparatus	
Данько В.П. Особенности гидродинамических режимов теплообменных аппаратов	70
Danichenko N.V., Geraskina E.A. Analysis and development of mathematical model which optimize the parameters of energy saving systems	
Даниченко Н.В., Гераскина Э.А. Анализ и разработка математической модели по оптимизации параметров работы систем энергосбережения	74
Furkalo. S.V., Danko V.P. Rating and systematization of the reasons for damages of refrigerating equipment	
Фуркало С.В., Данько В.П. Оценка и систематизация причин поломок холодильного оборудования	80
Ermolaev V.A., Dvirny G.V. Relevance of low-temperature vacuum drying of biologically valuable raw materials	
Ермолаев В.А., Двирный Г.В. Актуальность низкотемпературной вакуумной сушки биологически ценного сырья	82