

сложных условиях, в том числе и погодных.

Литература

1. ГОСТ 7746-2001 Трансформаторы тока. Общие технические условия. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 29 с.
2. Измерительные трансформаторы [Электронный ресурс] // ГруппаСвердловскЭлектро «СВЭЛ»: офиц. сайт. – Режим доступа: <http://svel.ru/ru/>, свободный. - Загл. с экрана (дата обращения: 26.12.2016).
3. Мегапроект «Ямал» [Электронный ресурс] // Газпром: офиц. сайт. – Режим доступа: <http://www.gazprom.ru/about/production/projects/mega-yamal/>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 26.12.2016).
4. Северный поток [Электронный ресурс] // Газпром: офиц. сайт. – Режим доступа: <http://www.gazprom.ru/about/production/projects/pipelines/active/nord-stream/>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 26.12.2016).
5. Электрические аппараты : учебное пособие для вузов / Е. Ф. Щербаков, Д. М. Александров. — Москва: Инфра-М Форум, 2015. — 302 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА ТЕПЛОВОГО НАСОСА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОФРАКЦИОНИРУЮЩЕЙ УСТАНОВКИ ГФУ-2

А.А. Губских

Научный руководитель старший преподаватель О.А. Реутова

*Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина,
г. Москва, Россия*

В «Основных положениях энергетической стратегии России», утверждённых правительством РФ, главной целью является определение путей и условий наиболее эффективного использования энергетических ресурсов. Одной из основных задач на сегодня является максимальное использование возможностей нетрадиционной энергетики.

Актуальность данной работы определяется наличием большого количества вторичных источников энергии на производстве, которые необходимо грамотно использовать для получения наибольшей экономической выгоды [3].

Целью данного проекта является снижение энергозатрат на установке ГФУ-2.

Задачи проекта:

1. Рассмотреть варианты внедрения тепловых насосов на компьютерной модели установки
2. Рассчитать оборудование из которого состоят тепловые насосы
3. Дать технико-экономическое обоснование выбранному варианту реконструкции

Тепловые насосы парокомпрессионного и абсорбционного типов в промышленных и экономически развитых странах используются достаточно широко. Они доказали свою экологическую и энергетическую эффективность [2]. В настоящее время в РФ наблюдается повышенный интерес к тепловым насосам [6]. Это связано, в первую очередь, с ростом цен на энергоносители и проблемами экологии.

Установка ГФУ состоит из сырьевого парка, блока подготовки сырья, блока отделения сухого газа, разделения пропан-бутановой, бутановой и изопентановой фракций.

Была построена компьютерная модель всей установки ГФУ-2, которая хорошо согласуется с опытными данными с производства. Относительная погрешность моделирования не превышает 2,0%. На данной модели проведён анализ возможности интеграции теплового насоса. Тепловые насосы в процессах газофракционирования целесообразно использовать при соблюдении следующих эвристических параметров: незначительной разнице температур между низкопотенциальным потоком и подогреваемым контуром [4, 6], низких температурах верха колонны (не более 70 °С) [5, 8], достаточной чистоте греющего потока, больших энергозатратах на разделение [4, 6, 8].

Выяснено, что наиболее эффективно осуществить реконструкцию возможно в бутановом блоке, так как данный блок подходит по всем рекомендуемым эвристическим параметрам.

В бутановом блоке разделения (колонны К-5 и К-5А) происходит отделение н-бутана от изобутана. Для обеспечения нижнего циркуляционного орошения колонны К-5 используется поток н-бутана с подогревом его водяным паром. Для соблюдения технологического режима необходима подача 14,7 т/ч перегретого водяного пара в кипятильник Т-7 колонны К-5. В свою очередь, тепло потока, выходящего с верха колонны К-5А, безвозвратно теряется, рассеиваясь в окружающую среду.

Предлагается использование тепла потока изобутановой фракции, отходящего с верха колонны К-5А, для обогрева нижнего циркуляционного орошения колонны К-5, путём внедрения комплекса теплового насоса.

Рассмотрение вариантов интеграции двух видов тепловых насосов, парокомпрессионного (ПКТН) и абсорбционного бромисто-литиевого (АБТН) [1, 7], было выполнено в моделирующей программе UniSim Design. В результате поэтапно была построена модель установки газофракционирования ГФУ-2, в частности, бутановый блок разделения изобутановой фракции.

Бутановый блок разделения был смоделирован по трём вариантам – одному базовому и двум с интеграцией различных видов тепловых насосов. В результате внедрения ПКТН, расход водяного пара снижается с 14,7 т/ч

до нуля, расход электроэнергии возрастает на 1500 кВт·ч за счёт введения в эксплуатацию компрессионной установки. При внедрении АБТН, расход водяного пара снижается с 14,7 до 6,9 т/ч, энергопотребление возрастает на 600 кВт·ч за счёт введения в эксплуатацию насосного оборудования. Результаты преобразований представлены в таблице 1, экономическое обоснование представлено в таблице 2.

Таблица 1

Результаты преобразований

Параметры	Схема	
	ПКТН	АБТН
Экономия пара, т/ч	14,7	7,8
Увеличение энергопотребления на новое оборудование, кВт·ч	1500	600
Экономия денежных средств, млн. руб./г	63,7	38,3
Сумма капитальных затрат, млн. руб.	191,2	170,2

Таблица 2

Экономическое обоснование проектов

Параметры	Схема		Единица измерения
	ПКТН	АБТН	
Чистый дисконтированный доход (NPV)	164,1	43,2	млн. руб.
Срок окупаемости дисконтированный (DPP)	4,4	8,4	лет
Внутренняя норма доходности (IRR)	32,8	21,2	%
Индекс рентабельности (PI)	1,9	1,3	
Ставка дисконтирования	16		%
Расчётный период	15		лет

Технико-экономическая оценка двух вариантов реконструкции показала, что наиболее экономически эффективным является первый вариант с периодом окупаемости 4,4 года и экономией 63,7 млн. руб./год. Таким образом, обоснована интеграция парокompрессионного теплового насоса, которая позволит повысить энергоэффективность установки.

Литература

1. Горшков В.Г. Тепловые насосы. Аналитический обзор // Справочник промышленного оборудования – 2008. – № 2.
2. Дзино А.А., Малинина О.С. Тепловые насосы и термотрансформаторы: Учебно-методическое пособие. СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 68 с.
3. Захаров М.К. Энергоемкость и энергосбережение процессов ректификации, 1 часть // Энциклопедия инженера – химика, 2009. – №1. – С. 18 – 26.
4. Захаров М.К. Способы энергосбережения при проведении энергоемких технологических процессов // Технологии нефти и газа, 2006. – №1. – С. 63 – 72.
5. Захаров М.К., Аббаси М.К., Зверева Е.Н. Оценка качества разделения и затрат тепловой энергии в процессах ректификации // Вестник МИТХТ, 2013. – Т. 8. – №2. – С. 34 – 38.
6. Коновалов В.И., Гатапова Н.Ц. Основные пути энергосбережения и оптимизации в тепло- и массообменных процессах и оборудовании // Вестник ТГТУ, 2008. – Т. 14. – № 4. – С. 796 – 811.
7. Мартыновский В.С. Тепловые насосы. М. – СПб.: Государственное энергетическое издательство, 2005.
8. Трубаев П.А. Тепловые насосы: Учеб. пособие – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. – 142 с.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ CO₂ ПРИ СЖИГАНИИ ОТХОДОВ
УГЛЕПЕРЕРАБОТКИ**

М.А. Дмитриенко, А.Г. Косинцев

**Научный руководитель П.А. Стрижак, д. ф.-м. н., профессор каф. АТП, ЭНИН, ТПУ
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия**

Парниковые газы – ключевая экологическая и социальная проблема мирового сообщества [1]. На протяжении многих лет лидерами [2] по этому показателю являются США, Китай, Индия, Евросоюз, Россия. Более половины выбросов CO₂ в атмосферу приходится на энергетические предприятия. Такая тенденция обусловлена активным сжиганием энергоресурсов (самым опасным является уголь). Но традиционно при разработке новых и совершенствовании существующих технологий сжигания топлив основное внимание уделяется не CO₂, а более опасным выбросам, например, NO_x и SO_x [2, 3]. С выбросами NO_x и SO_x мировое научное сообщество пытается бороться за счет применения водоугольных (ВУТ) и организоводоугольных (ОВУТ) топливных композиций [4, 5]. Поэтому целесообразно провести экспериментальное определение концентраций выбросов CO₂, NO_x и SO_x при сжигании типичных для России, Китая и Индии кеков.