

ТРАНСПОРТ И ЭНЕРГЕТИКА

Ильина Т. Н., д-р техн. наук, проф.,

Бельмаз Д. Н., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СПОСОБЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СБРОСНОГО ТЕПЛА ОТ УСТАНОВОК ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ *

ilina50@rambler.ru

Рассмотрены внешние тепловые потоки, даны тепловой баланс и схема установки первичной переработки нефти. Рассчитана величина коэффициента регенерации теплоты установки, показаны технологические решения его увеличения за счет оптимизации схемы теплообмена. Представлены способы повышения энергоэффективности установки за счет использования сбросного и низкопотенциального тепла, например, в системах создания микроклимата, горячего водоснабжения, а также для технологических нужд. Это позволит увеличить долю полезно применяемой теплоты до 80 % от энергии, поступающей на установку.

Ключевые слова: установка первичной переработки нефти, вторичное и низкопотенциальное тепло, энергосбережение, микроклимат, коэффициент использования теплоты.

Установки первичной переработки нефти являются одними из наиболее энергоемких потребителей энергии в составе нефтеперерабатывающих заводов. Анализ внешних и внутренних энергетических потоков этих установок с учетом коэффициентов использования и регенерации теплоты является важным элементом энергосбережения в промышленности.

Коэффициент регенерации тепла на современных установках составляет обычно от 0,5 до 0,8 за счёт сложных и разветвленных теплообменных систем. В то же время процент теплоты внешних энергетических потоков, используемой на таких установках в технологическом процессе, зачастую невысок и может составлять около 20 %. Таким образом, чтобы увеличить полезное использование тепла на установке первичной переработке нефти необходимо расширить применение вторичных энергетических ресурсов.

При анализе внешних тепловых потоков установок переработки нефти (рис.1), выделяют тепло, поступающее на предприятие и тепло сбрасываемое в окружающую среду. Теплота, поступающая на установку, складывается из тепла сырой нефти из резервуаров (Q_n); полезного тепла, подведенного на нагрев сырья в печи ($Q_{пол}$). От установки теплота отводится в несколько потоков. Первый поток - теплота, отводимая в конденсаторах и холодильниках при конденсации паров верха колонн и охлаждении товарных продуктов до температур, при которых они откачиваются в парк ($Q_{охл}$). Второй поток теплоты - теплота всех охлажденных до 40-80 °С нефтепродуктов, откачивающихся в

складские резервуары ($Q_{нп}$). Небольшая часть теплоты теряется в окружающую среду ($Q_{пос}$).

Тепловой баланс внешних энергетических потоков установки атмосферной перегонки:

$$Q_n + Q_{пол} = Q_{нп} + Q_{охл} + Q_{пос} \quad (1)$$

$Q_{охл}$ складывается из теплоты, передаваемой атмосферному воздуху в аппаратах воздушного охлаждения ($Q_{охл1}$), и теплоты, передаваемой оборотной воде в водяных холодильниках ($Q_{охл2}$):

$$Q_n + Q_{пол} = Q_{нп} + Q_{охл1} + Q_{охл2} + Q_{пос} \quad (2)$$

Из рис. 1 и уравнения теплового баланса (2) видно, что тепло, теряемое в окружающую среду складывается из потерь с дымовыми газами трубчатых печей ($Q_{пп}$), потерь на холодильниках ($Q_{охл}$) и потерь через изоляцию трубопроводов и оборудования ($Q_{пос}$).

Как правило, коэффициент использования тепла КИТ довольно низок: получаемая тепловая энергия используется лишь на 30-35%. Около 36% энергии, поступающей на завод, уходит с охлаждающей водой или воздухом, до 16% вместе с дымовыми газами печей выделяется в атмосферу, 12-14% энергии рассеивается в окружающую среду в виде тепла, отдаваемого горячими поверхностями оборудования [1].

В то время как количество тепла, полезно регенерируемого на установке атмосферной перегонки, зависит от эффективности рекуперации. Наиболее очевидным способом повышения регенерации тепла является оптимизация схемы теплообмена установки.

Сведения о тепловых нагрузках современной установки переработки нефти приведены в табл. 1.

*Работа выполнена при поддержке Совета по грантам Президента РФ (Код проекта НШ-588.2012.8)

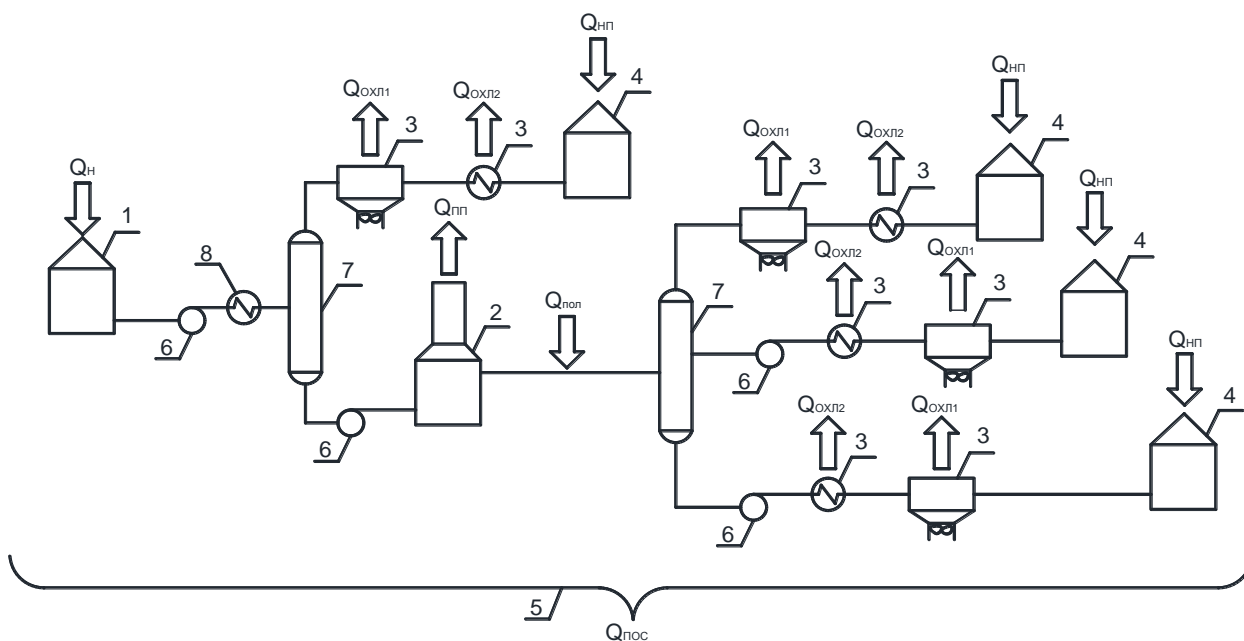


Рис. 1. Схема внешних тепловых потоков установки первичной переработки нефти: 1 - нефтяные резервуары и поток теплоты из них (Q_n); 2 - печь и потоки теплоты: полезно использованного на нагрев сырья ($Q_{пол}$) и потери тепла с дымовыми газами ($Q_{пп}$); 3 – конденсаторы, холодильники и отводимое в них тепло ($Q_{охл1}$ и $Q_{охл2}$); 4 - приемники товарных продуктов, вносимое в них тепло ($Q_{нп}$); 5- потери окружающую среду (через изоляцию) ($Q_{пoc}$); 6 – центробежные насосы; 7 – ректификационные колонны; 8 – рекуперативные теплообменники

Таблица 1

Основные тепловые нагрузки установки переработки нефти

Статья расхода теплоты	Нагрев		Охлаждение		Коэффициент регенерации теплоты, %
	Нагрев сырья за счет регенерации	Полезная теплота трубчатых печей	Теплота, передаваемая воздуху	Теплота, передаваемая оборотной воде	
Тепловая нагрузка, кВт	29848	10908	6110	3644	76,07

Для повышения коэффициента регенерации тепла на нефтеперерабатывающих заводах во второй половине XX века и по сегодняшний день применяется ряд технологических решений: укрупнение мощностей, комбинирование различных технологических установок [2], замена кожухотрубчатых теплообменных аппаратов пластинчатыми [3], установка котлоутилизаторов [4], применение различных схем теплообмена и ректификации [5]. Например, известно решение по использованию тепла головных погонов колонн для подогрева сырья перед установкой электрообессоливания, благодаря чему уменьшается нагрузка на воздушные и водяные конденсаторы-холодильники [6]. Также возможно совмещение аппаратов воздушного охлаждения с воздухоподогревателями трубчатых печей [4].

Известны способы оптимизации схемы нагревательных блоков АВТМ-1,9 ОАО «НУНПЗ» [7] с использованием энергосберегающих теплообменных систем. Степень регене-

рации тепла на этих установках составляла 37,11 и 49,37 % соответственно, после оптимизации степень регенерации тепла отходящих технологических потоков составила 42,61 % для АВТМ-1 и 59,62 % для АВТМ-9.

Как видно из уравнения теплового баланса (2), одним из приоритетных направлений повышения эффективности энергосбережения является увеличение использования вторичных топливно-энергетических ресурсов, использование сбросного и низкопотенциального тепла.

Известны способы утилизации вторичного тепла в производственных цехах хлебопекарных предприятий [8, 9], молочных комбинатов [10], холодильного оборудования мясокомбинатов [11] в системах создания микроклимата и для технологических нужд. По аналогии с вышесказанным возможна более полная утилизация теплоты на нефтеперерабатывающем заводе.

В настоящее время при рассмотрении вторичных энергетических ресурсов на нефтеперерабатывающих заводах рассматривают теплоту

дымовых газов, отработанного пара, оборотной воды и нагретого воздуха [12, 13]. При этом не принимают во внимание теплоту вытяжного воздуха промышленных зданий (при их наличии на предприятии), теплоту соледержащих стоков и подтоварной воды ввиду их сравнительно «небольшого» энергетического потенциала в сравнении с вышеупомянутыми источниками.

В работе [14] приведен способ использования теплоты вытяжного воздуха для технологических нужд установки атмосферной перегонки нефти. Тем самым указаны дополнительные возможности по энергосбережению.

Оценим возможности повышения использования теплоты на примере проекта завода мощ-

ностью 1 миллион тонн в год по сырью, также вычислим коэффициент использования тепла. Теплота, передаваемая сырью в трубчатых печах, и потери с дымовыми газами приведены в табл.2.

Для оценки величины теплоты, вносимой потоком сырья, и поступающей в резервуарный парк с товарными продуктами (табл. 3), использовалось уравнение:

$$Q = HG, \tag{3}$$

где H – энтальпия кДж/кг, G – массовый поток кг/час.

Таблица 2

Тепловой баланс трубчатых печей

Позиция печи	Мощность трубчатых печей, МВт	Тепловой поток, ГДж/час	КПД печей, %	Теплота Q _{пол.} , ГДж/час	Теплота Q _{пп.} , ГДж/час
Печь П1	6,46	23,26	75	17,45	5,81
Печь П2	6,46	23,26		17,45	5,81
Суммарно	12,92	46,52		34,90	11,62

Таблица 3

Теплота, от сырьевых и продуктовых потоков

Наименование потока	Масса, кг	Плотность (ρ _{15/15}), кг/м ³	Температура, °С	Энтальпия, кДж/кг [15]	Тепловой поток, ГДж/час
Сырьё (нефть)	125740,00	850,00	20	33,6	4,22
Бензиновая фракция	38704,39	745,32	33	64,4	2,49
Дизельная фракция	46279,21	842,12	46	88,1	4,08
Мазут	38642,43	902,03	90	113,2	4,37

Таким образом, на установку атмосферной перегонки поступает теплоты:

$$Q_{\text{общ}} = 46,52 + 4,22 = 50,74 \text{ ГДж/час.}$$

Для оценки величины теплоты, передаваемой от горячих продуктов атмосферному воздуху, оборотной воде, подтоварной воде и соледержащим стокам, использовалось уравнение теплового баланса:

$$Q = CG(t_2 - t_1), \tag{4}$$

где C – средняя теплоемкость в интервале температур t₂-t₁, кДж/кг*К; G – массовый поток, кг/час; t₂ и t₁ – температуры сырьевых и продуктовых потоков, °С.

Сведения о теплоте, сбрасываемой в окружающую среду, приведены в табл. 4.

Таблица 4

Теплота, сбрасываемая в окружающую среду

	Нагретого воздуха	Оборотной воды	Соледержащих стоков	Подтоварной воды	Суммарно Q _{нпт}
Абсолютное значение, ГДж/час	21,61	10,28	0,22	0,90	33,01
%, к теплоте, поступившей на установку	42,59	20,26	0,43	1,77	65,06

Потери теплоты в окружающую среду согласно уравнению (1) составляют:

$$Q_{\text{пос}} = 50,74 - 33,01 - 2,49 - 4,08 - 4,37 = 6,79 \text{ ГДж/час}$$

Коэффициент использования теплоты, используя данные таблиц (2, 3, 4), составит:

$$K_{\text{ит}} = (Q_{\text{общ}} - Q_{\text{нпт}} - Q_{\text{пос}}) / Q_{\text{общ}}$$

$$K_{\text{ит}} = (50,74 - 33,01 - 6,79) / 50,74 = 0,2156 \text{ или } 21,56 \%$$

Коэффициент использования теплоты можно повысить, утилизируя сбросную теплоту. Произведем оценку потенциала энергосбережения на установке первичной перегонки нефти.

Примем коэффициент полезного действия теплообменников, применяемых для утилиза-

ции, равным 0,95 (пластинчатые теплообменники). Потери теплоты через изоляцию утилизирующего оборудования и трубопроводов - 5 %,

рассчитаем величину теплоты, которую теоретически возможно полезно использовать. Результаты расчета приведены в табл.5.

Таблица 5

Утилизируемая низкопотенциальная теплота установки атмосферной перегонки нефти

	нагретого воздуха, ГДж/час	оборотной воды, ГДж/час	солеосодержащих стоков, ГДж/час	подтоварной воды, ГДж/час	Суммарно Q _{нпт} , ГДж/час
Абсолютное значение	19,50	9,28	0,20	0,81	29,79
%, к общей теплоте, поступившей на установку	38,43	18,29	0,39	1,60	58,71
Перепад температур при утилизации, С	45-60 – окр. Среда	35 - 25	37,80 – 10	83 – 10	-

Оценим также потенциал использования теплоты дымовых газов трубчатых печей.

Таблица 6

Утилизация теплоты дымовых газов трубчатых печей

Дымовые газы	Масса, кг/час	t начальная, °С	t конечная, °С	С в интервале 310 - 220 °С, кДж/кг*К	Величина утилизируемой теплоты		КПД печи, %	
					ГДж/час	%	До утилизации	После утилизации
Одна печь	10125	310	220	1,09	0,99	4,28	75	79,28
Две печи	20250				1,98	4,28		

Таким образом, за счет использования вторичных энергетических ресурсов, возможно дополнительно утилизировать 29,79 ГДж/час или 58,71 % тепловой энергии установки первичной переработки нефти. В этом случае коэффициент использования теплоты составит:

$$K_{ит} = 21,56 + 58,71 = 80,27 \%$$

Дополнительно из дымовых газов трубчатых печей возможно получение 1,98 ГДж/час теплоты.

Возможные способы использования сбросной теплоты приведены в табл. 7.

Таблица 7

Способы утилизации сбросной теплоты установки первичной перегонки нефти

Способы использования	Виды вторичных энергетических ресурсов				
	Теплый воздух t ≤ 45 – 60 °С	Дымовые газы t = 310 °С	Оборотная вода t = 35 °С	Подтоварная вода t = 83 °С	Солеосодержащие стоки t = 37,8 °С
Воздушное отопление* t = 45 – 60 °С	+	-	-	-	-
Тепловые завесы* t = 45 – 60 °С	+	-	-	-	-
Нагрев сырья t ≤ 220 °С	-	+	-	-	-
Пар для парового отопления t = 130 °С	-	+	-	-	-
Горячее водоснабжение t = 50; 60; 75 °С	+**	+	+**	+	+**
Теплофикация (отопление) t = 105/70 °С	+**	+	+**	+**	+**
На технологические нужды (обогрев водяными спутниками) t = 105/70 °С	+**	+	+**	+**	+**

* возможно для промышленных зданий, расположенных вблизи установки первичной переработки нефти

** для данных способов необходимо комбинированное применение теплообменного оборудования и тепловых насосов

Таким образом, в результате использования вторичных энергетических ресурсов установки первичной перегонки возможно значительное увеличение коэффициента использования теплоты от 21,56 % до 80,27 %, в том числе за счет источников энергии, ранее не использовавшихся при утилизации вторичных энергоресурсов предприятия. Результаты представленной работы позволят в дальнейшем разработать новые схемы и способы утилизации вторичных энергетических ресурсов предприятия как на технологические нужды, так и в системах создания микроклимата.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бадретдинов И.М., Евтюхин Н.А., Бурдыгина Е.В. и др. Анализ установки первичной переработки нефти / Материалы 50-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Уфа, 2000. С. 203.
2. Багиров И. Т. Современные установки первичной переработки нефти. М.: Изд. Химия, 1974. 240 с.
3. Потылицын М. Оптимальное инновационное решение // Нефть России. 2011. №11. С. 90-91.
4. Ентус Н.Р., Шарихин В.В. Трубчатые печи в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. – М.: Изд. Химия, 1987. 304 с.
5. Пат. № 2437699 РФ. Способ ректификации нефти. / В.В. Столяров, В.П. Овсянников, И.Я. Харченко, И.Г. Горин, В.С. Купин, Д.А. Куликов, Д.Н. Бельмаз, опубл. 27.12.2011. Бюл. № 36
6. US Patent № 4484983, 27.11.1984. Bannan Distillation and vapor treatment process
7. Евтюхин Н.А., Бурдыгина Е.В. Результаты проведенного энергоаудита установок первичной переработки нефти Ново-Уфимского НПЗ, получающих масляные фракции // Региональные проблемы энергосбережения и пути их решения: тез. докл. VI Всерос. конф. / Нижний Новгород: НГТУ, 2002. – С. 20.
8. Ильина Т.Н., Мухамедов Р.Ю., Сериков С.В. Утилизация вторичного тепла в производственных цехах хлебопекарных предприятий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2011. №3. С. 146-149.
9. Пат. № 106938 РФ. Устройство для регенерации энергии в установке техники кондиционирования и вентиляции. / Т.Н. Ильина, Р.Ю. Мухамедов, С.В. Сериков, опубл. 27.07.2011. Бюл. № 21.
10. Минко В.А., Ильина Т.Н., Потапова О.Н. Анализ способов утилизации вторичного тепла от технологического оборудования в производственных цехах молочных комбинатов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2009. №4. С. 109-112.
11. Ильина Т.Н., Юдин Р.И. Утилизация тепловой энергии холодильного оборудования Губкинского мясокомбината // Энергосбережение и экология в жилищно-коммунальном хозяйстве и строительстве городов: матер. Междунар. науч.-практ. конф. / Белгор. гос. технол. ун-т. – Белгород: Изд-во БГТУ. 2012. С. 244-248.
12. C.V. Panchal Waste Heat to Power. Selectinga Technology. Houston, TX September 25, 2007 .
13. I.R. Calcott, A.J. Tuckett, A.H. Bell Waste Heat Recovery from Process Plants // WCCE7 July 2005.
14. Бельмаз Д.Н., Ильина Т.Н. Инновационный способ утилизации теплоты вытяжного воздуха на нефтеперерабатывающем заводе / Наука, образование, бизнес: проблемы, перспективы, интеграция: сб. научных трудов по материалам Международной науч.-практ. конф. (г. Москва, 28 февраля 2013 г.) // Мин-во обр. и науки – М.: «АР-Консалт», 2013. Ч.1.-С. 58 - 61
15. Рудин М.Г., Сомов В.Е., Фомин А.С. Карманный справочник нефтепереработчика. / Под редакцией М.Г Рудина- М.: ЦНИИТ-Энефтехим, 2004. 336 с.