

Снижение энергопотребления на НПЗ

Анатолий Миркин
Георгий Яицких
Галия Сюняева
Вероника Яицких

Авторами проведен анализ причин увеличения энергопотребления НПЗ по всем видам энергоносителей (электро- и тепловая энергия, топливо, вода). Предложены основные пути снижения потребления всех видов энергии как в основных технологических процессах, так и на объектах общезаводского хозяйства нефтеперерабатывающего предприятия.

Ключевые слова: НПЗ, энергопотребление, технологические установки, общезаводское хозяйство, тепловая энергия, топливо, теплообмен, градирня, холодильник.

Основные тенденции развития российских нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) — это углубление переработки нефти и освоение производства новых современных видов нефтепродуктов, в первую очередь моторных топлив, соответствующих современным стандартам РФ и Евросоюза.

При реконструкции НПЗ резко возрастает потребление всех видов энергоносителей: электричества, воды, водяного пара, топлива.

В статье проведен анализ причин увеличения энергопотребления и предложены основные пути снижения потребления всех видов энергии как в основных технологических процессах, так и на объектах общезаводского хозяйства нефтеперерабатывающего предприятия.

Динамика энергопотребления

Как правило, становление нефтеперерабатывающего завода в XX веке происходило, базируясь на установках первичной перегонки нефти с целью получения прямогонного бензина, керосина, дизельного топлива, котельных топлив (мазуты 40, 100, ИФО-180, ИФО-380 и т. п.).

Для такой переработки 1 тонны сырой нефти требовалось:

- 0,05–0,07 Гкал водяного пара
- 5–7 кВт·ч электроэнергии
- 2–6 м³ оборотной воды
- 25–35 кг углеводородного топлива

Развитие завода с целью освоения производства современных

Анатолий Миркин — к. т. н., генеральный директор ЗАО «ИПН» (Инженерно-промышленная нефтехимическая компания).

Георгий Яицких — к. т. н., заместитель генерального директора ИПН по развитию.

Галия Сюняева — заместитель генерального директора-главный технолог ИПН.

Вероника Яицких — старший инженер ИПН.

Область профессиональных интересов всех авторов — проектирование технологических установок и объектов общезаводского хозяйства НПЗ, ГПЗ, нефтехимических производств.

REDUCING ENERGY CONSUMPTION AT OIL REFINERIES

The authors analyzed the reasons for increased consumption of all for so of energy (electricity, heat, fuel, water) at oil refineries. They propose the main methods for reducing the consumption of all forms of energy, both during core technological processes and at offsite facilities.

Key words: oil refinery, energy consumption, onsite process units, offsite units, heat, fuel, heat transfer, cooler.

Anatoly Mirkin, Gorgy Yaitskikh, Galiya Siyunyeva, Veronika Yaitskikh

моторных топлив — дизельного топлива и бензина при одновременном углублении переработки нефти от 55% до 75–85% обуславливает рост потребления энергоресурсов (на 1 т сырой нефти):

- 0,2–0,3 Гкал водяного пара
- 80–110 кВт·ч электроэнергии
- 18–22 м³ оборотной воды
- 55–65 кг топлива

Дальнейшее повышение глубины переработки нефти до 90–95% и освоение производства продуктов нефтехимии — ароматических углеводородов, оксигенатов (высокооктановых компонентов автобензинов), полимеров, синтетических каучуков и т. д. — сопряжено с многократным повышением уровня потребления энергоносителей. Это в свою очередь может крайне негативно отразиться на экологии населенных пунктов, расположенных на сопредельной НПЗ территории.

Как правило, российские нефтяные компании, проводят реконструкцию нефтеперерабатывающих заводов следующим образом:

- выбранная на основе тендера консалтинговая компания разрабатывает мастер-план развития предприятия. При этом основное внимание уделяется освоению планируемого ассортимента продукции и технологической блок-схеме НПЗ;
- в соответствии с технологической блок-схемой завода рассчитывается мощность объектов общезаводского хозяйства (ОЗХ):
 - товарно-сырьевых парков;
 - насосных станций;
 - приемо-сдаточных пунктов нефти;
 - сливо-наливных железнодорожных и автомобильных эстакад;
 - резервуаров и насосных пожаротушения;
 - очистных сооружений;
 - административно-бытового корпуса;

— противорадиационного укрытия и т. д.;

□ потребности перерабатывающих установок в энергоносителях закладываются по данным фирм-лицензиаров технологий;

□ мощность объектов обеспечения водой, водяным паром, топливом и электричеством рассчитывается путем сложения потребностей технологических установок и объектов ОЗХ;

□ после завершения разработки мастер-плана нефтяная компания (НК) проводит тендеры и определяет зачастую несколько десятков проектных организаций, которые разрабатывают проектную и рабочую документацию отдельных блоков технологических установок и объектов ОЗХ. *Каждый проектировщик отвечает за свое пятно застройки.* В таких условиях крайне сложно получить оптимальную схему энергетических потоков как внутри технологических блоков, так и в рамках предприятия в целом, не говоря уже о возможности полезного использования «бросового» тепла для нужд предприятий и поселков, расположенных на смежных территориях.

В результате такого организационного подхода к процессу предпроектной проработки и проектирования среднестатистический НПЗ переплачивает миллиарды рублей при реконструкции предприятия, а также теряет сотни миллионов ежегодно в процессе эксплуатации.

Принцип «дробления» проектных работ с целью сэкономить посредством тендеров десятков миллионов рублей на проектировании оборачивается впоследствии потерями миллиардов.

Генеральный проектировщик, имеющий соответствующий опыт работы, должен играть решающую роль в подготовке технических заданий на разработку мастер-плана, проектов технологических установок и объектов ОЗХ, работать в составе тендерных комитетов, курировать и принимать проекты на всех этапах.

Основные энергоносители

Топливо. В качестве топлива на НПЗ применяют:

- углеводородный газ собственно-го производства;
- природный газ, приобретаемый со стороны;
- тяжелые остатки переработки нефти — мазут, гудрон, кокс.

Чем ниже уровень рекуперации (утилизации) тепла на технологических установках и объектах ОЗХ, тем больше потребность в топливе.

Ограниченность возможностей в приобретении дополнительных объемов природного газа обуславливает необходимость увеличения объемов сжигания высокомолекулярных углеводородов, что в свою очередь отрицательно сказывается на экономике завода (1 т. у. т. мазута стоит дороже 1 т. у. т. природного газа), а также наносит дополнительный ущерб окружающей среде.

Вода. Потребности большинства НПЗ в воде сегодня удовлетворяются посредством забора из открытых водоемов и артезианских скважин. При этом далеко не везде организован сбор и очистка ливневых вод для использования их в технологических процессах и на подпитку объектов ОЗХ.

Сотни тысяч кубометров воды безвозвратно теряются на градирнях.

Предписания надзорных органов обязывают НПЗ старой постройки вкладывать значительные денежные средства в модернизацию систем водоснабжения и канализации (ВИК), в результате которой могут производиться значительные объемы условно-чистой воды, пригодной для замещения свежей воды.

Комплексный подход к решению проблемы приведения к нормам систем ВИК может позволить свести к минимуму неизбежные затраты, а также снизить текущие эксплуатационные затраты предприятия.

Водяной пар и теплофикационная вода производятся в основном в заводских котельных, а также частично в котлах-утилизаторах отдельных технологических установок. При реконструкции НПЗ потребность в тепловой энергии возрастает в 5–10 раз. Экономически (и экологически) целесообразно покрывать большую часть прироста потребностей в тепловой энергии в первую очередь за счет утилизации «бросового» тепла процессов переработки нефти.

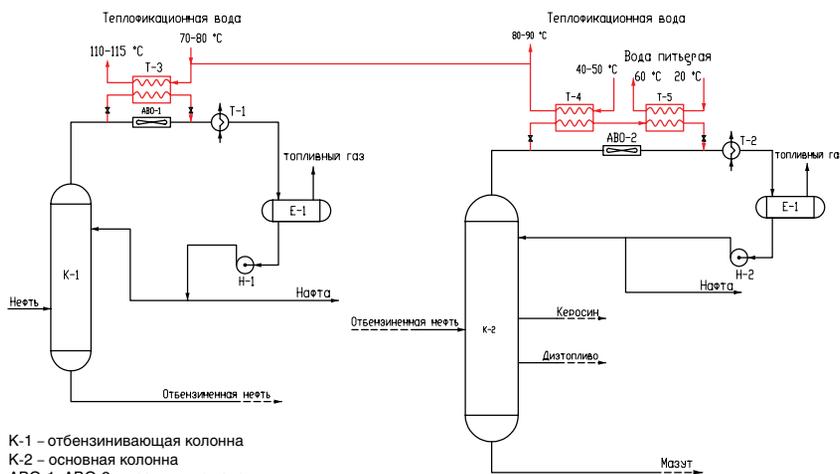
Электрическая энергия. Для обеспечения прироста потребления нефтеперерабатывающим предприятием электроэнергии на 70–100 МВт зачастую необходимо строительство не только новой главной понижающей подстанции (ГПП) и высоковольтных линий электропередачи, но и согласовывать возможность подключения к сетям поставщика электроэнергии. В последние 10 лет в России рост объемов потребления электроэнергии во много раз превышал рост объемов производства, поэтому в подавляющем большинстве регионов России в настоящее время остро ощущается ее дефицит.

Одним из вариантов обеспечения электрической энергией НПЗ является строительство заводских электростанций, работающих на углеводородном топливе. Однако такое решение НК принимает в крайнем случае, так как стоимость 1 кВт·ч электроэнергии

Таблица 1
Суммарные тепловые потоки на установке ЗЛОУ-АТ

Источник тепловой энергии	Суммарные основные тепловые потоки, Гкал/час		
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Печь	27,02	22,62	22,62
Рекуперация тепла в теплообменниках	40,36	48,45	48,45
Охлаждение потоков воздухом	21,58	20,31	15,11
Охлаждение потоков оборотной водой	2,42	-	-
Получение горячей воды	-	-	5,2

Рисунок 1
Принципиальная схема получения горячей и теплофикационной воды на установке ЗЛОУ-АТ



К-1 – отбензинивающая колонна
 К-2 – основная колонна
 АВО-1, АВО-2 – воздушные холодильники
 Т-1, Т-2 – теплообменники
 Н-1, Н-2 – насосы
 Е-1, Е-1 – рефлюсные емкости
 Т-3 – теплообменник получения теплофикационной воды +70/+115°C
 Т-4 – теплообменник получения теплофикационной воды +40/+90°C
 Т-5 – теплообменник получения горячей воды питьевого качества +60°C

гии собственного производства, как правило, выше, чем приобретаемого у энергосбытовых компаний. Использование «дарового» низкопотенциального тепла для производства электроэнергии может быть экономически (и особенно экологически) оправданной альтернативой традиционным дизель- и турбогенераторам [1].

Необходимо отметить, что капиталовложения в объекты обеспечения энергоносителями НПЗ при реконструкции составляют до 20 – 40% от общих затрат.

Затраты на энергетические потоки как в рамках технологических установок, так и между производственными и вспомогательными объектами завода могут достигать нескольких миллиардов рублей в год.

В процессе переработки нефти огромные объемы тепла «развеиваются по ветру» воздушными градириями, для привода вентиляторов и циркуляционных насосов которых тратятся мегаватты электроэнергии.

Поиск резервов всех видов энергоресурсов и поэтапная реализация организационно-технических мероприятий по сокращению их расходов на НПЗ в целом позволит сохранить миллиарды рублей в период реконструкции старых и строитель-

стве новых технологических установок и объектов ОЗХ, а также ежегодно экономить сотни миллионов рублей при эксплуатации производственных мощностей.

На технологических установках

Наиболее энергоемкими объектами НПЗ являются технологические установки.

Основными направлениями снижения потребления электроэнергии на установках являются:

- применение частотных регуляторов для электроприводов насосов, вентиляторов воздушных холодильников и т. п.;
- применение экономичных электроосветительных приборов;
- разумное ограничение применения электричества для обогрева помещений (производственных и бытовых), полов насосных, технологических трубопроводов и аппаратов, получения горячей воды и т. п.

Для этих целей экономически целесообразно применение «бросового тепла», образующегося при переработке нефти.

Основным источником тепловой энергии для технологических установок являются печи, в которых осуществляется нагрев сырья и техно-

логических потоков. Сегодня на российских НПЗ нередко работают старые печи с коэффициентом полезного действия (КПД) всего 65 – 67%.

После реконструкции КПД печей повышается до 90 – 92%. Эффект достигается посредством предварительного нагрева топлива и воздуха, а также применением котлов утилизаторов.

Значительный экономический и экологический эффект может быть достигнут при оптимизации рекуперации потоков тепла в технологических аппаратах нефтеперерабатывающих установок.

В качестве примера можно рассмотреть оптимизацию теплообмена на эксплуатируемой установке атмосферной перегонки (ЗЛОУ-АТ) мощностью 2,5 млн тонн нефти в год одного из нефтеперерабатывающих заводов юга России. В таблице 1 представлены суммарные основные потоки тепла на вышеуказанной технологической установке по трем вариантам:

- вариант 1 — существующая схема теплообмена;
- вариант 2 — оптимизированная схема теплообмена;
- вариант 3 — оптимизированная схема теплообмена с получением горячей и теплофикационной воды.

Оптимизация схемы теплообмена достигается переориентацией тепловых потоков таким образом, чтобы обеспечить повышение температуры:

- на входе в ЗЛОУ от 90 – 100°C до 120 – 130 °C;
- на входе в отбензинивающую колонну от 180 – 210°C до 230 – 250°C;
- на входе в нагревательную печь от 200 – 220°C до 250°C и выше.

При этом нагрузка на печь снижается на 14 – 17%, что в свою очередь уменьшает объем сжигаемого топлива и вредных выбросов.

Благодаря повышению степени рекуперации тепла на установке снижается нагрузка на воздушные холодильники: можно полностью отказаться от водяных холодильников и, как следствие, от строительства традиционной водяной градирни, что

приведет к экономии значительных инвестиций при строительстве новых производств. Например, строительство новой градирни мощностью 2000 м³ воды в час требует инвестиций 220 – 280 млн руб., а текущие затраты только на электроэнергию 32 – 34 млн руб. в год.

В настоящее время на объектах ОЗХ нефтеперерабатывающего завода используется от 20 до 100 и более Гкал тепловой энергии в виде водяного пара, теплофикационной воды с температурой от +70 до +115°C, горячей воды +60°C.

Основные потребители теплофикационной воды +70/+115°C:

- открытые насосные (полы);
- трансформаторные подстанции, контроллерные, операторные, административно-бытовой корпус, противорадиационное укрытие (ПРУ), центральная заводская лаборатория (ЦЗЛ), механические мастерские, отапливаемые склады, гаражи, столовые и т. д.

Также теплофикационная вода используется в значительных объемах для подогрева резервуаров с нефтью, мазутом, дизельным топливом, противопожарной водой, а также для смыва полов сливо-наливных эстакад, промышленных площадок и т. д.

Теплофикационная вода с температурой от +70 до +115°C и горячая вода питьевого качества +60°C на установке ЭЛОУ-АТ может быть получена по схеме, представленной на рисунке 1.

Параллельно АВО-1 и АВО-2 подключаются теплообменники Т-3, Т-4 и Т-5, в которых по необходимости подогревается вода. При этом нагрузка на воздушные холодильники снижается.

При значительных ресурсах тепла, отбираемого от 10 – 20 технологических установок, экономически оправдано создание отопительной системы жилого поселка, который на практике обычно расположен в 500 – 1000 м от завода.

Потребителям горячей воды +60 °С питьевого качества являют-

ся сотни санитарных узлов и душевые по всей территории завода круглый год.

При значительных излишках возможна круглогодичная подача такой воды в жилой поселок.

На объектах ОЗХ

Основными направлениями снижения потребления электроэнергии на объектах ОЗХ являются:

- ① Применение частотных регуляторов на сливо-наливных железнодорожных и автомобильных эстакадах.
- ② Применение экономичных электроосветительных приборов по всей территории завода.
- ③ Оптимальные решения по расстановке резервуарных парков, технологических установок, объектов ОЗХ с целью минимизации площади застройки, что в свою очередь позволяет:
 - снизить расходы на охранные системы и освещение в ночное время;
 - снизить расходы на внутрицеховые перекачки нефти и нефтепродуктов;
 - снизить затраты на сбор ливневых вод, их перекачку на очистные сооружения и очистку ввиду уменьшения их объема.

④ Размещение в возможно меньшем количестве зданий контроллерных, операторных, трансформаторных подстанций, противорадиационных укрытий (ПРУ), заводских лабораторий, механических мастерских, отапливаемых складов, гаражей, столовых, административно-бытовых корпусов и т. д.. Например, в корпусе ПРУ можно разместить операторную, контроллерную, столовую, актовый зал, кабинеты инженерно-технических работников и т. д. Это позволит сэкономить не только на строительстве и эксплуатационных расходах, (в том числе на энергоносителях), но и повысить «живучесть» операторной, т. к. появляется гарантия чистого воздуха в ПРУ, операторной и других помещениях при задымлении территории завода.

При наличии должного опыта у генпроектировщика реальное снижение энергозатрат по ОЗХ предприятия может достигать от 15 до 35 %.

⑤ Размещение, по возможности, оборудования основных и вспомогательных производств вне зданий. Например, традиционно блок пенотушения производительностью 250 м³/ч раствора пенообразователя располагается в помещении площадью 48 м². Затраты на строительство такого блока составляют 12 – 14 млн руб. На отопление необходимо 18 кВт тепловой энергии и 1 – 6 кВт электроэнергии (на освещение, вентиляцию, отопление). Альтернативный вариант ЗАО «ИПН» — размещение оборудования пеноблока вне помещения. Затраты на строительство такого блока в Краснодарском крае — 6 – 7 млн руб. (нет помещения, нет вентиляции и т. п.). На освещение и электрообогрев оборудования необходимо в течение года всего 4500 – 5000 кВт·ч электроэнергии.

Заключение

Сегодня НПЗ России имеют громадный потенциал снижения энергоемкости производства по всем видам энергоносителей: электроэнергия, тепловая энергия, вода, топливо.

В процессе строительства или реконструкции предприятия крайне необходимо уделить особое внимание комплексному подходу к формированию не только технологической схемы установок, но и наиболее полному применению «бросового» тепла технологических процессов для нужд объектов ОЗХ.

Эта задача может быть решена только с участием генерального проектировщика, обладающего опытом в данной области. ●

Литература

1. А. З. Миркин, Г. С. Яицких, А. В. Краснов, В. Г. Яицких. Энергосбережение на НПЗ. Oil&Gas Journal Russia, № 11 (77), ноябрь, 2013 г., стр. 72–75.