

Максимальное использование энергopotенциала попутного нефтяного газа

Кофман Д.И., к.т.н., Востриков М.М., к.т.н., ЗАО «Турмалин» (СПб)

Анализ статистических данных показывает, что в России среднее содержание ПНГ на 1 тонну добываемой нефти составляет примерно 17 м³, а его потенциальная тепловая энергия составляет около 170 кВт.

Также известно, что использование ПНГ для выработки какой-либо энергии в подавляющем большинстве случаев экономически невыгодно и даже убыточно. Причина в том, что существующие технологии и оборудование на их основе — для подогрева нефти (пластовой воды) и отопления, — могут эффективно использовать менее трети его потенциальной энергии. Использование остальных двух третей потенциала, особенно для выработки наиболее ценного вида энергии — электроэнергии, требует

дорогостоящего специального оборудования для очистки, компрессирования и осушки ПНГ. Современные газотурбинные и газопоршневые электростанции на неочищенном (факельном) ПНГ не работают.

В то же время потребность в электроэнергии в отрасли весьма велика, так как только на первичный подъем 1 тонны нефти затрачивается около 20 кВт электроэнергии [1], на ее подогрев — 50 кВт, на перекачку — 0,25 кВт, на компрессирование 17 м³ ПНГ — 2 кВт [2,3], а при закачке воды в пласт в объеме 10 м³ эта величина удваивается [3].

Нетрудно подсчитать, что при полном преобразовании энергии 17 м³ ПНГ в тепловую и электрическую, ее величина на 20% превышает потребность всех технологических затрат на процесс добычи 1 тонны нефти.

где:

N_T, N_E — тепловая и электрическая энергия, полученная при добыче 1 тонны нефти;

η_T, η_E — КПД тепловых и электрических генераторов соответственно;

$N_1 = 50$ кВт — мощность, затрачиваемая на подогрев 1 тонны нефти;

$N_2 = 20$ кВт — мощность, затрачиваемая на подъем 1 тонны нефти;

$N_3 = 2$ кВт — мощность, затрачиваемая на компрессирование 17 м³ ПНГ;

$N_4 = 0,25$ кВт — мощность, затрачиваемая на перекачку 1 тонны нефти.

Очевидно, что этот факт представляет практический интерес только в том случае, если источником преобразования энергии ПНГ в электрическую энергию являются агрегаты, работающие на неочищенном ПНГ без какой-либо подготовки.

Шесть лет назад компания «Турмалин» разработала и начала поставлять предприятиям отрасли циклонные топки, предназначенные для экологически чистого сжигания углеводород-

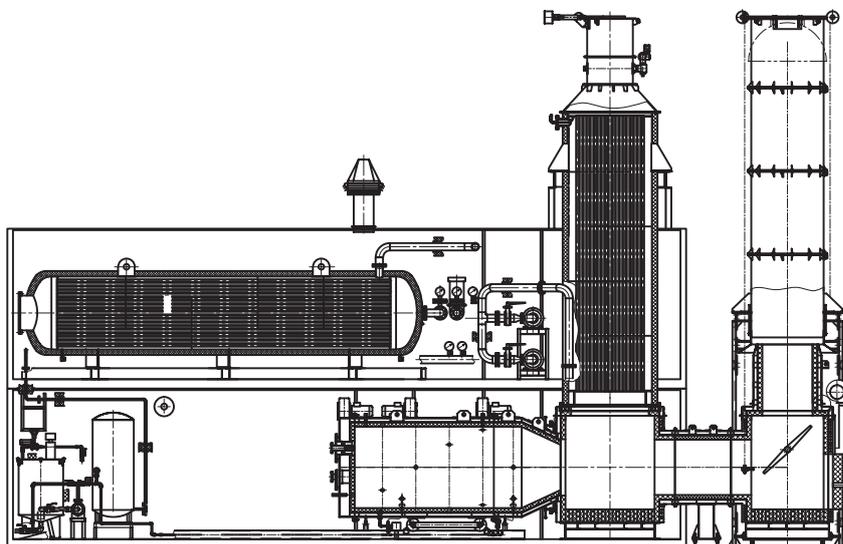
Рис. 1. Установка по уничтожению жидких отходов (шлам, сточные воды, буровые растворы)
Производительность: по ПНГ — 300 м. куб/ч, по отходам — 1 000 кг/ч



$$\frac{N_T \cdot \eta_T + N_E \cdot \eta_E}{\sum N_i} = \frac{N_T \cdot \eta_T + N_E \cdot \eta_E}{N_1 + N_2 + N_3 + N_4} =$$

$$\frac{57 \cdot 0,9 + 113,3 \cdot 0,3}{50 + 20 + 2 + 0,25} = 1,2$$

Рис. 2. Установка подогрева нефти
Производительность: по ПНГ — 1 500 м. куб/ч, по нефти — 100 т/ч



ных шламов, низкокалорийных газов и других видов низкосортного жидкого и газообразного топлива (рис. 1). Эксплуатация этих топков показала, что благодаря высокотурбулентному процессу горения с температурами более 1000°C и введению щелочных реагентов непосредственно в топку в дымовых газах практически отсутствуют бензопирины, а такие показатели, как CO, NO_x, SO₂, не превышают величины 20, 70 и 10 мг/м³ соответственно (последнее обеспечивается при наличии сероводорода в ПНГ на уровне ~ 0,3%).

Таким образом, циклонные топки могут быть основой не только установок, работающих на неочищенном ПНГ и вырабатывающих тепловую энергию для производства пара, горячей воды, подогрева нефти и отопления (рис. 2), но и электрогенераторов с газотурбинными и газопоршневыми двигателями.

Совместно с компанией «Комтек-Энергосервис» (Санкт-Петербург) мы

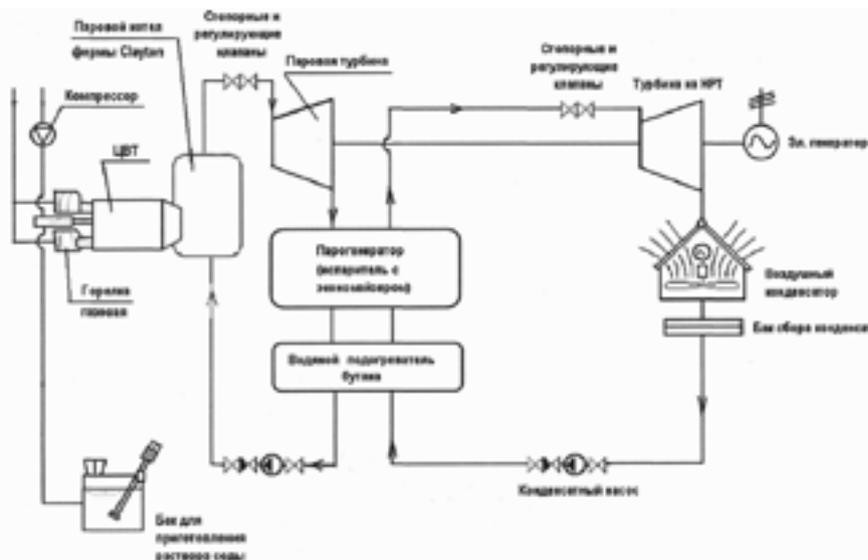


Рис. 3. Принципиальная схема КЭУ с паровым котлом Clayton и контуром с НРТ – изобутан

приступили к рабочему проектированию моноблочной комбинированной электростанции мощностью 1750 кВт.

Суть этого проекта состоит в том, что используются два известных энергетических контура: пароводяной и контур с

Рис. 4. Компоновка агрегатов комбинированной электростанции мощностью 1750 кВт



Таблица 1. Технико-экономические показатели

№ п/п	Технико-экономические показатели	Основные типы установок				Примечание
		Циклонно-топочная паро-изобутановая электростанция	Блочная электростанция компании "БПЦ-Инжиниринг" (Capstone)	Дизельная электростанция (MTU)	Газопоршневые электростанции (MTU)	
1	Мощность, кВт	1750,00	1750,00	1750,00	1750,00	
2	Капитальные вложения, тыс.руб/кВт	45000,00	60000,00	15000,00	16000,00	
3	Стоимость топлива, руб/кВт	0,14	1,00	7,50	1,5	
4	Стоимость установки, млн.руб	79,00	105,00	26,00	28,00	без НДС
5	Наработка, час/год	8200,00	8200,00	8200,00	8200,00	
6	Стоимость топлива, млн.руб/год	2,00	14,35	107,00	21,52	
7	Удельный расход масла, гр/кВт	0,20	0,20	1,00	1,00	
8	Стоимость масла, млн.руб/год	1,00	1,00	5,00	5,00	
9	Количество техуходов 1/год	1,00	1,00	4,00	4	
10	Стоимость технического ухода, млн.руб/год	0,80	1,10	2,00	2,00	
11	Годовые затраты, млн.руб	82,80	121,50	143,00	56,52	первый год эксплуатации
12	Эксплуатационные затраты, млн.руб	3,80	16,45	114,00	30,52	последующие годы

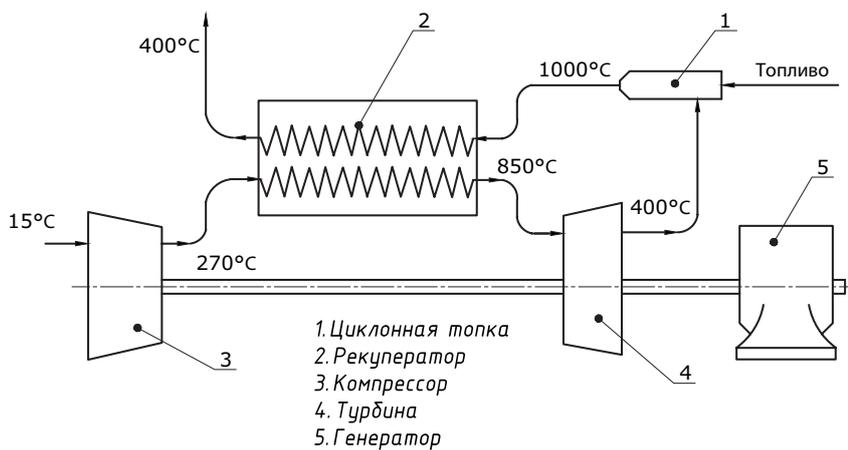


Рис. 5. Принципиальная схема электростанции с газотурбовоздушным приводом

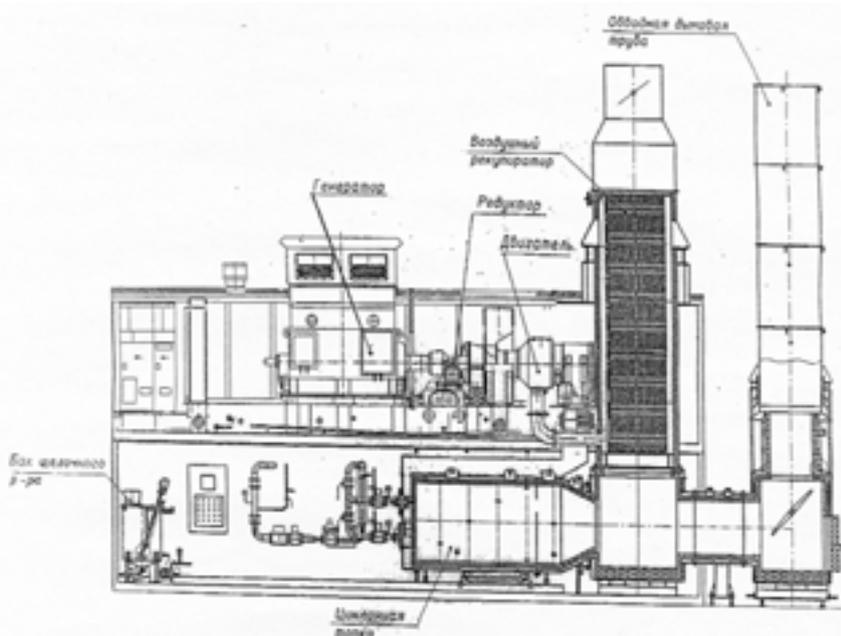


Рис. 6. Компоновка агрегатов электростанции с газотурбовоздушным приводом

органическим низкокипящим теплоносителем (изобутан, бутан) с циклом Rankine. В первом контуре установки используется паровой котел, в котором можно сжигать неочищенный ПНГ, нефтешламы, масла и т.д., а пар направляется в турбогенератор. Этот контур обладает большой надежностью и моторесурсом, но низким КПД. Во втором контуре находится испаритель, который использует остаточную тепловую энергию паровой турбины для испарения изобутана и его работы в газовой турбине. Обе турбины «сидят» на одном валу с электрогенератором и вырабатывают электроэнергию. Установка обладает высоким КПД, высокой надежностью и способностью работать на практически любом газообразном и/или жидком топливе.

На рис. 4 представлена принципиальная схема такой установки, на рис. 5 ее компоновка, в табл. 1 приведены ее

техничко-экономические показатели и их сравнение с данными по электростанциям Capstone и по дизельным и газопоршневым электростанциям MTU. Приведенные данные показывают, что комбинированная установка обеспечивает снижение эксплуатационных затрат в 4 раза в сравнении с турбогенераторами и в 30 раз — в сравнении с дизель-генераторами, которые в настоящее время являются основными источниками электроэнергии в отрасли.

В связи с тем, что в комбинированных установках используется потен-

циал теплоносителей в диапазоне низких температур (до 20°C), они могут служить дополнительными источниками электроэнергии и для уже эксплуатирующихся газотурбинных компрессорных станций, повышая их КПД на 15–20%. Только для системы «Газпрома» этот показатель может быть увеличен на 650–700 мВт.

Еще более простым и эффективным представляется также разрабатываемый нами проект газотурбинной электростанции, использующей для своей работы любые виды низкосортных топлив, и в первую очередь неочищенный ПНГ. В качестве источника электрической энергии выбрана газотурбинная электростанция компании «Сатурн — Газовые турбины ОДК» с двигателем ДО49Р. В качестве рабочего тепла в турбине используется нагретый в рекуператоре воздух (рис. 6). Такой рабочий цикл позволяет не только исключить негативное влияние дымовых газов на лопаточный аппарат турбины, но также повысить КПД установки на 4–5% за счет поступающего в циклонную топку воздуха, подогреваемого на выхлопе. Эта установка, как и вышеописанная (изобутановая), является экологически безопасной, дает возможность сжигать даже высокосернистые дымовые выбросы, которые нейтрализуются в топке путем добавления в нее щелочного раствора. Все агрегаты и системы электростанции размещаются в двух стандартных 40-футовых контейнерах, транспортируемых автомобильным, железнодорожным или водным транспортом.

Хорошо известно, что наибольшее влияние на экономический эффект от применения на объектах нефтедобычи локальных электростанций оказывают не столько капитальные затраты (первоначальная стоимость установок), сколько эксплуатационные, и в первую очередь — стоимость топлива. Таким образом, использование неочищенного ПНГ как «бесплатного» топлива для локальных электростанций экономически сверхвыгодно и на сегодняшний день безальтернативно.

Литература:

1. Добыча газа и нефти. www.gazprom.ru/about/production/extction/
2. Насосы поколения NEXT. — Деловой журнал Neftegaz.ru, № 3. — 2013.
3. Багманов А.А., Бажайкин С.Г., Кулешов К.В. Путь повышения энергоэффективности насосов и поддержание пластового давления. — Сумский госуниверситет, 2011. — С. 40–49.