

УДК 621.565

**А.В. Остапенко**, аспирант; **О.Ю. Яковлева**, кандидат техн. наук; **М.Г. Хмельнюк**, доктор техн. наук

Одесская национальная академия пищевых технологий, ул. Дворянская, 1/3, г. Одесса, Украина, 65082  
e-mail: studbk@mail.ru

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ КОМПЛЕКСА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КОНДЕНСАЦИИ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА

*В существующих комплексах низкотемпературной конденсации при извлечении широкой фракции лёгких углеводородов (ШФЛУ) из попутного нефтяного газа (ПНГ) часто применяются внешние холодильные циклы. На их основе создаются компрессорные установки, работающие на пропане. Недостаток этих установок — производство холода на одном температурном уровне, что приводит к потерям от необратимости при охлаждении потока ПНГ в широком интервале температур. С целью уменьшения этой потери необходимо производить холод на нескольких температурных уровнях и снизить конечную температуру ШФЛУ. Для этого предложено в качестве рабочего тела использовать неазеотропную смесь пропана и этана (R290/R170). Для дальнейшего совершенствования установки в её схему были внесены изменения и включены дополнительные аппараты для обеспечения более эффективной регенерации тепла. Найдено оптимальное значение минимальной разности температур в процессах рекуперации тепла, соответствующее минимуму суммарных затрат на модифицирование установки. Показано, что по сравнению с пропановой установкой выход ШФЛУ в модифицированной установке возрастает на 5 %, что позволит окупить дополнительные инвестиции в срок не более года.*

**Ключевые слова:** Холодильная установка. Пропан. Этан. Попутный нефтяной газ. Широкая фракция лёгких углеводородов. Рекуперация теплоты. Капитальные затраты. Эксплуатационные затраты. Эффективность.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Для снижения энергопотребления в сложных технологических системах с успехом применяется пинч-анализ [1, 2]. Исходные данные для анализа представляются в виде набора материальных и энергетических потоков или  $T$ - $H$ -зависимостей тепловых нагрузок от температуры, используемых для построения составных кривых, одна из которых относится ко всем горячим потокам (отдающим тепло), а другая — ко всем холодным (воспринимающим тепло). Точка наибольшего сближения горячей и холодной составных кривых — это пинч-температура [3].

Наряду с этим целесообразно использовать аппарат эксергетического анализа, являющегося эффективным методом для определения потерь в элементах системы [3, 4].

В настоящей работе показано, каким образом можно повысить эффективность установки для извлечения углеводородов из попутного нефтяного газа (ПНГ) с получением сухого отбензиненного газа и широкой фракции лёгких углеводородов (ШФЛУ). В качестве объекта исследования используется холодильная установка комплекса низкотемпературной конденсации ПНГ.

### 2. ПЕРЕВОД СИСТЕМЫ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КОНДЕНСАЦИИ ПНГ НА НОВОЕ РАБОЧЕЕ ТЕЛО

Для охлаждения поступающего на переработку ПНГ в существующей системе используется пропановая холодильная установка. Применение пропана (R290) в качестве хладагента позволяет достичь холодопроизводительности 5400 кВт на температурном уровне  $-38$  °С при температуре конденсации  $+47$  °С.

Компрессор представляет собой центробежную двухсекционную четырёхступенчатую машину марки ТП5-5. Каждая её секция состоит из двух последовательно расположенных ступеней сжатия. С целью повышения холодопроизводительности установки и снижения потерь от необратимости при охлаждении потока ПНГ было решено использовать в нём в качестве рабочего тела бинарную смесь пропан-этан (R290/R170).

Результаты испытаний пропанового турбокомпрессора типа ТП5-5 на неазеотропном хладагенте (R290/R170) подтвердили возможность его применения с максимальной концентрацией низкокипящего компонента 20 %. Дальнейшее повышение содержания этана приводило к увеличению удельного объёма на всасывании. Из-за этого могли существенно изме-