

*Нагимов Ильгам Рустямович,  
магистрант,*

*Уфимский государственный нефтяной технический университет,*

*Российская Федерация, г. Уфа*

*Научный руководитель: Трофимов Андрей Юрьевич,*

*доцент, кандидат технических наук, преподаватель кафедры ПТЭ,*

*Уфимский государственный нефтяной технический университет,*

*Российская Федерация, г. Уфа*

## **СПОСОБ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ СЫРОГО ГАЗА ПОСЛЕ ДОЖИМНОЙ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ**

*Аннотация:* В статье рассмотрены вопросы утилизации тепловой энергии сырого газа после дожимной компрессорной станции (ДКС) в условиях газоконденсатного промысла ачимовских отложений. Показано, что в процессе компримирования пластового газа формируется значительный низко- и среднетемпературный тепловой потенциал, который в существующих технологических схемах рассеивается в атмосферу через аппараты воздушного охлаждения. В качестве решения предложена схема с использованием промежуточного гликолевого теплоносителя, включающая комплекс теплообменных аппаратов. На основе сравнительного анализа в соответствии с требованиями ГОСТ для ключевого теплообменника-утилизатора обоснован выбор кожухотрубчатой конструкции, а для вторичных контуров – пластинчатых аппаратов. Реализация способа обеспечивает подогрев нестабильного газового конденсата и технической воды котельной, что позволяет снизить нагрузку на аппараты воздушного охлаждения, существенно уменьшить

*расход топливного газа на собственные нужды и повысить общую энергетическую эффективность системы подготовки газа к транспорту.*

**Ключевые слова:** *дожимная компрессорная станция, утилизация теплоты, сырой газ, ачимовские отложения, кожухотрубчатый теплообменник, пластинчатый теплообменник, энергоэффективность, топливный газ.*

***Nagimov Il'gam Rustyamovich,***  
***master's Student,***

***Ufa State Petroleum Technological University,***  
***Russian Federation, Ufa***

***Research supervisor: Trofimov Andrey Yuryevich,***  
***lecturer at the Industrial Heat Power Engineering Department,***  
***Associate Professor, Candidate of Technical Sciences,***  
***Ufa State Petroleum Technological University,***  
***Russian Federation,***

## **WASTE HEAT RECOVERY METHOD FOR RAW GAS AFTER A BOOSTER COMPRESSOR STATION**

***Abstract:*** *The article examines the utilization of thermal energy from raw gas after a booster compressor station (BCS) in the conditions of an Achimov gas condensate field. It is shown that the process of compressing reservoir gas generates significant low- and medium-temperature heat potential, which in existing technological schemes is dissipated into the atmosphere through air-cooling units. As a solution, a scheme using an intermediate glycol-based heat transfer fluid, incorporating a complex of heat exchangers, is proposed. Based on a comparative analysis in accordance with GOST requirements for the key waste heat recovery exchanger, the choice of a shell-and-tube design is justified, while*

*plate-type apparatuses are selected for secondary circuits. Implementation of the method provides heating of unstable gas condensate and boiler feed water, which allows reducing the load on air-cooling units, significantly decreasing fuel gas consumption for the station's own needs, and increasing the overall energy efficiency of the gas treatment system for transportation.*

**Keywords:** *booster compressor station, waste heat recovery, raw gas, Achimov deposits, shell-and-tube heat exchanger, plate heat exchanger, energy efficiency, fuel gas.*

**Введение.** Дожимная компрессорная станция (ДКС) является критически важным объектом для поддержания проектных давлений в системах сбора и подготовки газа, особенно на поздней стадии разработки месторождений, таких как ачимовские залежи, характеризующиеся низкими пластовыми давлениями и высоким содержанием конденсата. Процесс компримирования пластового газа сопровождается существенным адиабатическим нагревом потока. Для обеспечения технологических требований к температуре транспортируемого сырья и защиты магистрального трубопровода сжатый газ необходимо охлаждать, как правило, в аппаратах воздушного охлаждения (АВО).

Парадокс традиционной схемы заключается в том, что значительные электрические мощности затрачиваются на компримирование, а образовавшаяся тепловая энергия (до 25-35% от подведенной мощности) рассеивается в окружающую атмосферу, преимущественно в условиях Крайнего Севера, где тепловой потенциал особенно востребован [1, 3]. При этом собственные нужды объекта (котельная, подогрев технологических жидкостей) покрываются за счет сжигания ценного топливного газа. Таким образом, возникает системный энергетический дисбаланс.

С вводом в эксплуатацию перспективной ДКС на ГКП-22, где температура газа на выходе из компрессорного цеха может достигать 100°C,

проблема утилизации этого теплового потока становится не только вопросом энергоэффективности, но и технической необходимости. Предлагаемое решение направлено на трансформацию ДКС из чисто энергозатратного объекта в частично энергогенерирующий за счет внедрения системы рекуперации вторичных энергоресурсов [2].

**Технологический потенциал утилизации тепла.** Исходными данными для проектирования системы являются: ачимовская газоконденсатная смесь; параметры газа после ДКС – температура +100 °С, давление 10.0 МПа; расход 250 тыс. м<sup>3</sup>/ч; климатические условия Ямало-Ненецкого автономного округа [3]. Потребителями тепла определены система отопления и подогрева технической воды котельной, а также узел подогрева нестабильного конденсата перед его отправкой на завод подготовки.

Оценка теплового потока, который может быть утилизирован, проводится по классической формуле. Для ачимовского газа с высокой плотностью и теплоемкостью, обусловленной содержанием тяжелых углеводородов, при условии съема тепла со 100°С до 70°С (с сохранением запаса для АВО) расчетный тепловой потенциал составляет 8-12 МВт [1]. Этот значительный энергетический ресурс способен покрыть существенную часть тепловых нужд промысла.

**Предлагаемая технологическая схема утилизации.** Ввиду агрессивности и пожароопасности сырого газа, а также для обеспечения гибкости и безопасности, предлагается схема с замкнутым контуром промежуточного теплоносителя [2]. Данный способ исключает прямой контакт технологических сред и позволяет независимо оптимизировать теплоъем для каждого потребителя.

Ключевыми элементами системы являются: теплообменник-утилизатор, рассчитанный на высокое давление; промежуточный теплоноситель на основе водного раствора пропиленгликоля с низкой



давление (10.0 МПа), повышенная температура, агрессивная коррозионно-активная среда. Анализ показывает, что пластинчатые аппараты (ПТО) по ГОСТ 20690 [6] не рассчитаны на такое давление, а их применение потребовало бы нестандартных и ненадежных решений. Единственным корректным выбором, соответствующим нормам безопасности для сосудов, работающих под давлением (ГОСТ Р 53673 [4]), является кожухотрубчатый теплообменник (КТТ). Для компенсации термических напряжений рекомендуется конструкция с плавающей головкой (типы ТН, ТК по ГОСТ 15518 [5]). Материальное исполнение должно учитывать наличие сероводорода: оптимальным является применение биметаллических труб с внутренним коррозионно-стойким слоем.

**Потребительские теплообменники.** Для контуров подогрева технической воды и системы отопления, где давления невысоки, а среды чистые, преимущество имеют пластинчатые разборные теплообменники по ГОСТ 20690 [6]. Они обеспечивают высокий коэффициент теплопередачи, компактность и возможность легкого изменения мощности. Для подогрева нестабильного конденсата, представляющего собой вязкую и потенциально загрязненную среду, приоритет отдается надежности и ремонтпригодности. Наиболее предпочтительным, несмотря на большие габариты, остается кожухотрубчатый теплообменник по ГОСТ 15518 [5], допускающий механическую очистку. Альтернативой может выступать специализированный пластинчатый аппарат с широкими каналами, однако его применение требует дополнительного анализа рисков засорения [2].

Сводная таблица выбора теплообменников

Назначение	Рекомендуемый тип (ГОСТ)	Ключевая причина
<b>Утилизатор</b>	КТТ с плав. головкой (ГОСТ 15518)	Безопасность при высоком давлении и агрессивной среде
<b>Котельная/отопление</b>	ПТО разборный (ГОСТ 20690)	Теплотехническая и экономическая эффективность
<b>Подогрев конденсата</b>	КТТ (ГОСТ 15122)	Надежность для вязкой, загрязняющей среды

Таким образом, предлагаемая схема использует гибридный подход, сочетающий надежность кожухотрубчатых аппаратов для тяжелых и ответственных участков с высокой эффективностью пластинчатых – для вторичных контуров с чистыми средами [1, 2].

**Особенности реализации в условиях Крайнего Севера.** Реализация проекта в условиях Ямало-Ненецкого автономного округа накладывает ряд специфических требований [3]. Все наружные трубопроводы и оборудование теплового контура требуют усиленной влаго- и холодостойкой изоляции. Система автоматики должна обеспечивать защиту от размораживания, поддерживая минимально допустимую положительную температуру теплоносителя в любом режиме, включая останов, для чего может потребоваться резервный электрический подогрев. Оборудование и материалы должны иметь климатическое исполнение ХЛ1 по ГОСТ 15150, гарантирующее сохранение механических свойств, в частности ударной вязкости, при экстремально низких температурах. Кроме того, необходимо учитывать сезонность тепловой нагрузки: в летний период избыток тепла

должен быть предусмотрительно сброшен через резервную сухую градирню для сохранения работоспособности основного контура [3].

**Обсуждение результатов и выводы.** Предложен технически обоснованный способ утилизации теплоты сырого газа после дожимной компрессорной станции для условий газоконденсатного промысла ачимовских отложений ГКП-22. Ключевыми элементами способа являются: замкнутый контур промежуточного низкозамерзающего теплоносителя; кожухотрубчатый теплообменник-утилизатор, рассчитанный на высокое давление и агрессивную среду; комплекс вторичных теплообменников, оптимально подобранных по типу (пластинчатые и кожухотрубные) для конкретных потребителей [1, 2, 4, 5, 6].

Внедрение данной системы позволяет решить проблему рационального использования вторичных энергоресурсов ДКС, направляя тепловой потенциал сжатого газа на технологические нужды промысла – подогрев конденсата и теплоносителя котельной. Это приводит к снижению нагрузки на аппараты воздушного охлаждения, значительному сокращению потребления топливного газа на собственные нужды и, как следствие, к повышению общей энергоэффективности и экологической сбалансированности объекта [1, 3]. Предложенные технические решения адаптированы к реализации в суровых климатических условиях Крайнего Севера [3].

#### **Библиографический список:**

1. В.А. Зысин, Л.С. Ходанович. Энергосбережение в нефтегазовом комплексе. Утилизационные установки на компрессорных станциях. – М.: Недра, 2018.
2. Р.Н. Уразов, А.М. Петров, И.В. Семенов. Повышение энергетической эффективности газоперекачивающих агрегатов за счет утилизации тепла // Теплоэнергетика. – 2021. – № 12. – С. 45-53.

3. К.В. Степанов, Д.Л. Баранов. Особенности проектирования систем теплоснабжения с использованием низкопотенциального тепла в условиях Крайнего Севера // Энергосбережение и водоподготовка. – 2022. – № 4. – С. 28-34.

4. ГОСТ Р 53673-2009 "Сосуды и аппараты. Общие требования".

5. ГОСТ 15518-87 "Теплообменники кожухотрубчатые с температурным компенсатором на кожухе".

6. ГОСТ 20690-2015 "Теплообменники пластинчатые разборные. Основные параметры".