

*А. Ш. Алимгазин¹, А. Н. Бергузинов²,
Г.Т. Мерзадинова¹, Н.А. Баимбетов¹, Г. Ж. Тасболат¹

¹НАО «Евразийский национальный университет им.Л.Н.Гумилева»,
г. Астана, Республика Казахстан;

²НАО «Торайгыров университет», г. Павлодар, Республика Казахстан

Повышение эффективности транспортировки высоковязкой нефти по магистральным нефтепроводам путем внедрения теплонасосной технологии

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы внедрения повышения эффективности транспортировки высоковязкой нефти по магистральным нефтепроводам Республики Казахстан путем внедрения теплонасосной технологии ее подогрева с использованием нетрадиционных источников энергии. Впервые предложена к практическому внедрению на объектах АО «НК «КазМунайГаз» (далее – АО «КМГ») конкретная технология и схема применения низкоуглеродного модульного теплонасосного комплекса (НМТК) подогрева сырой нефти с использованием сбросной теплоты воды с температурой +11⁰С, отделенной после сепарации нефте-водяной эмульсии, выкачиваемой из скважин. В качестве пилотной площадки для проведения опытно-промышленных испытаний (далее – ОПИ) предварительно рассматривается НГДУ «Жайыкмунайгаз» месторождение Ю.З. Камышитовое с 2-х ступенчатой схемой подогрева нефти. При проведении ОПИ планируется установить модуль с тепловым насосом (НМТК) на узле подогрева нефти, тем самым снизить нагрузку на технологических печах, что в итоге существенно снизит потребление топливного газа. Данная инициатива является инновационной и впервые предусматривает использование тепловых насосов в процессе подогрева нефти в Республике Казахстан. Перспективы применения НМТК – в тиражировании данной технологии на другие добычные активы АО «НК «КазМунайГаз».

Ключевые слова: теплонасосная установка, энергоэффективность, энергосбережение, нетрадиционные источники энергии, низкоуглеродный модульный теплонасосный комплекс, подогрев высоковязкой нефти, декарбонизация.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-145-4-292-301

1. Введение

Преобразование энергетической системы, основанной на ископаемом топливе, в устойчивую и декарбонизированную систему является одной из величайших задач человечества. Сегодня около 80 % первичной энергии в мире производится из ископаемого топлива, сжигание которого приводит к выбросу в атмосферу около 34 млрд. т диоксида углерода [1-6].

В настоящее время наблюдается тенденция увеличения доли добываемой высоковязкой нефти. В связи с этим возникают проблемы с магистральным нефтепроводом из-за неизбежного увеличения гидравлического сопротивления.

На территории Республики Казахстан, как и в Российской Федерации, имеется несколько магистральных неизотермических трубопроводов для перекачки высокопарафинистой нефти. В этих нефтепроводах используются различные технологии перекачки высоковязкой, высокозастывающей нефти. Депрессорные присадки применяются для улучшения реологических свойств в нефтепроводах США-Ухта-Ярославль (Российская Федерация), Кумколь-Каракоин-Шымкент (Республика Казахстан); Печи используются для подогрева нефти в нефтепроводе Узень-Гурьев-Самара (Республика Казахстан, Российская Федерация). [2,7].

Зимой, особенно в очень холодные периоды, температура нефти в трубопроводе снижается. Если гидравлическое сопротивление трубопровода значительно возрастает и превышает возможности насосного оборудования, перекачку прекращают. В таком режиме используется нефтепровод Кумколь-Каракоин, несмотря на добавление депрессорных присадок, улучшающих транспортные свойства прокачиваемой по нему нефти, перекачка нефти приостанавливается на 2-3 месяца. [3-8].

В статье рассмотрен способ транспортировки высоковязкой нефти, ограничивающий процессы сжигания за счет использования низкопотенциального природного тепла, превращающего высокопотенциальную нефть в источник тепла в тепловых насосах.

Одним из перспективных направлений эффективного применения новых энергосберегающих технологий, адаптированных к суровым климатическим условиям Республики Казахстан, является направление, связанное с использованием нетрадиционных источников энергии.

Одним из перспективных направлений эффективного использования новых энергосберегающих технологий, адаптированных к суровым климатическим условиям Республики Казахстан, является область, связанная с использованием нетрадиционных источников энергии.

2. Материалы и методы

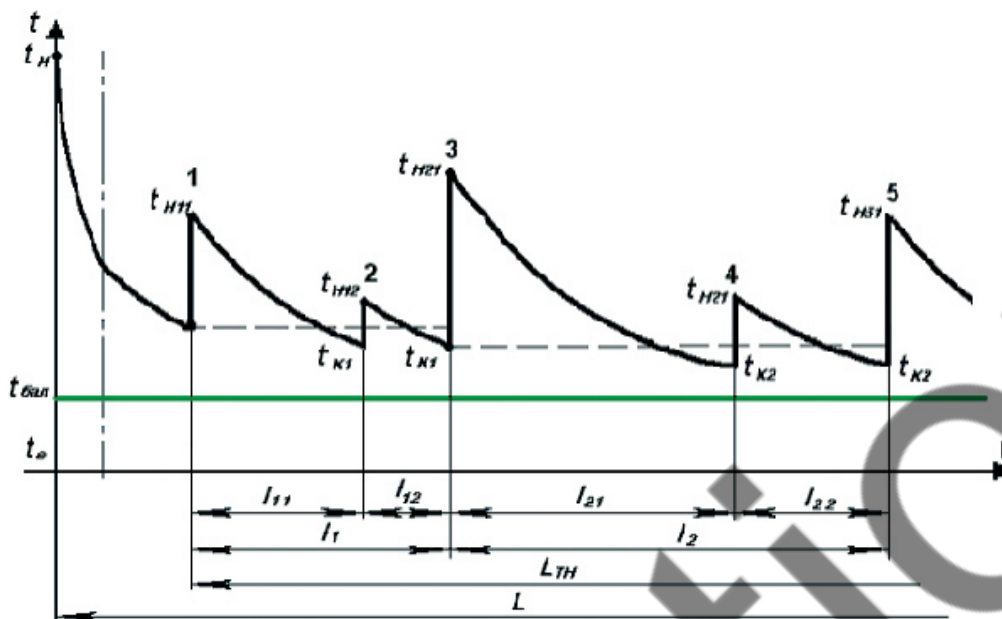
На промежуточных тепловых станциях магистральных нефтепроводов, оборудованных пожарными или паровыми нагревателями, широко известен способ нагрева высоковязкой нефти. Основными недостатками такого способа отопления являются потребление первичных энергоресурсов в виде топлива (нефти, мазута или газа) и загрязнение воздушного бассейна вредными продуктами при сжигании этих видов топлива в топках топливных обогревателей или паровых котлов.

Исследования показали, что чем ближе температурный режим насоса к изотермическому режиму, тем экономичнее будет рассмотренный вариант насоса [7].

Минимум затрат соответствует варианту изотермической перекачки с температурой $t_{\text{нал}}$, превышающей температуру t_c окружающей среды на 3.5 и более градусов. При этом положительным является то, что используется тепло трения.

Рекомендуется метод «разделенного» нагрева, при котором температурный режим насоса близок к изотермическому [7].

Метод заключается в основном в рассредоточенном расположении на нефтепроводной трассе маломощных тепловых станций на ограниченных участках. Имеет «пильчатое» распределение температуры по длине нефтепровода (рисунок 1).



L – длина нефтепровода; $L_{ТН}$ – длина части нефтепровода, подогреваемого с помощью ТНУ; l_j – длина j -го участка (расстояние между двух ТНУ, использующих водные источники низкотемпературного тепла); l_{ji} – длина i -го участка j -го (расстояние между двумя соседними ТНУ); t_{Hji}, t_{Kji} – соответственно начальная и конечная температуры i -го участка j -го; t_H – температура закачиваемой в трубопровод нефти; $t_{бал}$ – балансовая температура перекачки; t_0 – температура грунта на глубине заложения оси трубопровода в ненарушенном тепловом состоянии.

Рисунок 1 – Распределение температуры по длине трубы при использовании метода снижения вязкости нефти с помощью тепловых насосов

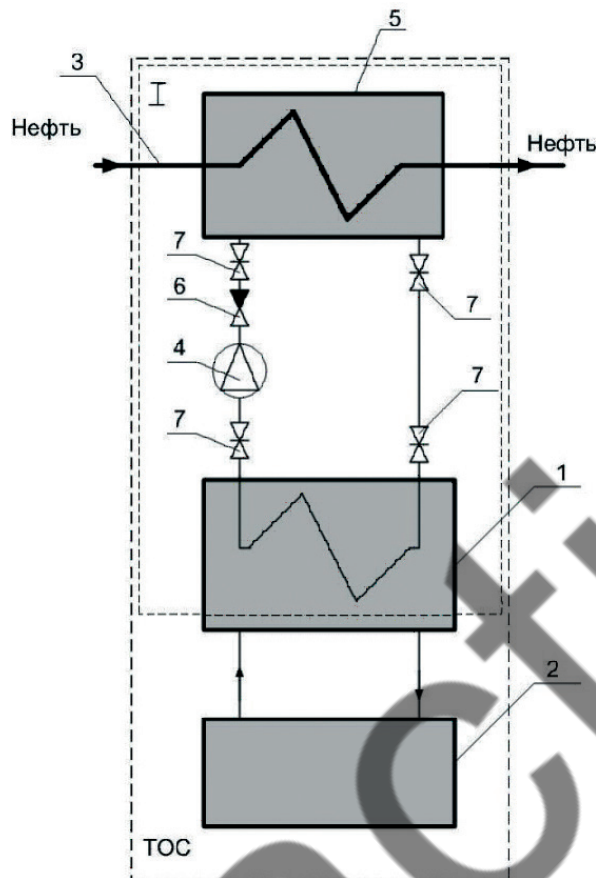
В качестве маломощных тепловых станций мы рекомендуем использовать тепловые насосные установки [9-11]. Для нагрева высоковязкой нефти в техническом результате вместо сжигания в топках пунктов обогрева нефти, мазута, газа или утилизации тепла выхлопных газов газоперекачивающих агрегатов используется низкотемпературное тепло природного теплораспределителя, которое затем преобразуется в тепловые насосы.

Анализ способа нагрева нефти с помощью теплового насоса показывает, что предложенный метод обеспечивает энергосберегающую и экологически чистую технологию нагрева высоковязких нефтяных потоков, транспортируемых по магистральным нефтепроводам.

Низкотемпературный источник тепла первичный теплораспределитель, который передает тепло хладагенту, циркулирующему в тепловом насосе 1. Низкотемпературными источниками тепла 2 могут быть грунтовые, русловые и подземные реки, озера, морские воды. Низкотемпературное тепло, получаемое охлаждающей жидкостью, преобразуется в высокотемпературное тепло с помощью теплового насоса. Полученное высокотемпературное тепло передается промежуточному энергоносителю, циркулирующему в контуре I под действием температурного давления.

На практике таких случаев нет и впервые рассматривается как возможность применения тепловых насосов в процессах нагрева нефти в магистральных нефтепроводах, так и метод низкотемпературной перегонки (перегонки с «распределенным» нагревом).

Так как тепловые насосы в качестве источника используют низкотемпературное (природное) тепло и работают тем эффективнее, чем меньше разница температурных перепадов в конденсаторе T_K и испарителе T_{Hr} то эффект будет наибольшим, если их устанавливать в конце перегонов, на низкотемпературных участках, рассредотачивая по трассе [3-8].



1 – установка теплового насоса; 2 – низкотемпературный источник тепла; 3 – линейная часть магистрального нефтепровода; 4 – циркуляционный насос; 5 – теплообменник; 6 – клапан; 7 – задвижка.

Рисунок 2 – Структурная схема, объясняющая способ нагрева потока нефти в магистральных нефтепроводах

Такой вариант распределения тепловых насосов имеет следующие преимущества:

1 – использование магистрального нефтепровода при относительно низких температурах осуществляется с использованием тепла трения;

2 – при низкотемпературном давлении теплообмен с окружающей средой менее интенсивен, а потери тепла меньше;

3 – поскольку тепло, полученное от почвенного массива, возвращается в почву и практически не передается в атмосферу, на земле поддерживается почти нулевой тепловой баланс, обеспечивая минимальное тепловое воздействие на почвы северных регионов. Такое снижение теплообмена полностью соответствует требованиям экологической безопасности в районах, где проходят северные трассы и препятствует оттаиванию грунта с промерзшим основанием.

Расстояние между тепловыми станциями меньше длины многотрубного нефтепровода, а природные источники пригодного для использования низкотемпературного тепла неравномерно расположены на трассе, поэтому в большинстве случаев места установки ТНУ могут быть установлены изначально [3-8].

Считаем, что расстояния l_i между пунктами подогрева (рисунок 2) заданы. При определении мощности ТНУ необходимо учитывать также, что затраты на сооружения ТНУ и эксплуатацию в перспективе зависят от вида источника низкотемпературного тепла.

3. Результаты и обсуждение

Впервые предложена к практическому внедрению на объектах АО «НК КазМунайГаз» конкретная технология и схемы применения НМТК с использованием в качестве источника теплоты с использованием сбросной теплоты воды, отделенной после сепарации нефтеводяной эмульсии, выкачиваемой из скважин с температурой +11°C [9-11].

НМТК с использованием альтернативных источников энергии в стационарной или модульной конфигурации представляет собой контейнер с металлической изоляцией, контейнерную опору, ограждающие конструкции, выполненные в виде трехслойных панелей, состоящих из гофрированных листов, изолированных от плит минеральной ваты (рисунок 3) [9-11].



Рисунок 3 – Общий вид предлагаемого основного оборудования НМТК в модульной компоновке

Внедрение в Республике Казахстан энергосберегающих экологически чистых технологий на базе НМТК [9-11] дает возможность:

- существенной экономии топливно-энергетических ресурсов;
- отопление нефтью предотвращает парафинизацию труб, а также снижает потери нефти при разгрузке из цистерн, танкеров и потери энергии, связанные с перекачкой нефти по трубопроводам.

Преимущество использования НМТК является использование альтернативных источников энергии для нагрева нефти во всех случаях с высоким содержанием парафина и асфальто-смолистых веществ (до 25%).

При транспортировке нефти по магистральным трубопроводам к дальним потребителям подогрев нефти производится в специальных печах тепловых станций, устанавливаемых примерно через каждые 100 км трассы.

В качестве топлива используют нефтяной или природный газ.

4 ноября 2021 году Советом директоров КМГ утверждена Программа низкоуглеродного развития АО «НК «КазМунайГаз» на период 2022 – 2031 годы (далее – ПНУР).

Одним из основных направлений по снижению углеродного следа ПНУР КМГ является повышение энергоэффективности и развитие возобновляемых источников выбросов.

В рамках реализации Программы низкоуглеродного развития АО «НК «КазМунай Газ» на период 2022 – 2031 годы департаментом низкоуглеродного развития совместно со специалистами АО «Эмбаунайгаз» (АО «ЭМГ») проведено целевое техническое обследование технологических объектов, целью которого являлось оценка потенциала использования НМТК на основных и вспомогательных объектах АО «ЭМГ».

По результатам обследования предложено использовать парокompрессионную тепловую машину – тепловой насос в модульной комплектации (НМТК) для подогрева

сырой нефти. Низкопотенциальным источником тепла планируется использовать сопутствующую воду с температурой $+11^{\circ}\text{C}$, отделенную после сепарации из нефтеводяной эмульсии из скважины [9-11].

Данная инициатива является инновационной и впервые предусматривает использование тепловых насосов в процессе подогрева нефти в Республике Казахстан.

В качестве пилотной площадки для проведения опытно-промышленных испытаний (ОПИ) предварительно рассматривается НГДУ «Жайыкмунайгаз» месторождение Ю.З. Камышитовое с 2-х ступенчатой схемой подогрева нефти до $55-60^{\circ}\text{C}$. А недалеко от него расположен источник низкопотенциального тепла в виде сопутствующей воды, отделенная после сепарации нефтеводяной эмульсии, выкачиваемой из скважины (рисунок 4).

В настоящее время на участке подготовки нефти (УПН) месторождения Ю.З. Камышитовое нефть после РВС (резервуаров) нагревается в технологических печах ПТ-16/150 (тепловая мощность $1,6 \text{ Гкал/ч}$) по 2-х ступенчатой схеме. При проведении ОПИ планируется установить модуль с тепловым насосом на узле подогрева нефти, тем самым снизить нагрузку на технологических печах, что в итоге существенно снизит потребление топливного газа.



Рисунок 4 – Схема установки модуля НМТК с тепловым насосом

В случае получения положительного заключения по результатам ОПИ планируется дальнейшее тиражирование данной практики.

Перспективы применения НМТК - в тиражировании данной технологии на другие добычные активы АО «НК «КазМунайГаз».

По итогам опытно-промышленных испытаний предлагается оценить эффекты, технико-экономическую целесообразность внедрения тепловых насосов на аналогичных позициях АО «ЭМГ», а также на других добывающих ДЗО АО «НК «КазМунайГаз».

4. Выводы

При внедрении НМТК [9-11] объектах АО «НК «КазМунайГаз» планируется получить значительный экономический, экологический эффект за счет замены традиционных источников тепла Республики Казахстан (котельные, работающие на твердом, жидком топливе, электрические котлы), снижения выбросов парниковых газов в атмосферу.

Таким образом, источником доходности проектов при внедрении НМТК на вышеуказанных объектах АО «НК «КазМунайГаз» являются:

1. Существенный экономический эффект, то есть разница в стоимости тепловой энергии, приобретаемой от котельных и вырабатываемых с применением НЭТК (в 3-5 раза).

2. Значительное снижение эксплуатационных расходов вышеназванных объектов, использующих альтернативные источники энергии для обогрева нефти.

3. Сокращение выбросов парниковых газов и, как следствие, сокращение экологических платежей хозяйствующих субъектов.

Список использованных источников

1. Декарбонизация добывающих отраслей экономики Республики Казахстан / Под ред. академика НАН РК, д.т.н., проф. С.Ж. Даукеева. – Нур-Султан: Би-ПРИНТ, 2021.- 295 с.
2. Романюк В.Н., Бобич А. А., Муслина Д.Б., Коломыцкая Н.А., Мальков С.В., Бубыр Т.В. Абсорбционные тепловые насосы в тепловой схеме ТЭЦ для повышения её энергетической эффективности // Энергия и Менеджмент. – 2013. – № 1. – С. 14–19.
3. Wei Wu, Baolong Wang, Wenxing Shi, Xianting Li Absorption heating technologies: A review and perspective / Applied Energy 130, 2014, P. 51–71
4. Jian S., Lin F., Shigang Zh. Experimental study of heat exchanger basing on absorption cycle for CHP system // Applied Thermal Engineering. 2016. Vol. 102. P. 1280-1286.
5. Xiaoyun X., Yi J. Absorption heat exchangers for long-distance heat transportation // Energy. 2017. Vol. 141. P. 2242-2250
6. Dorothee Keppler Absorption chillers as a contribution to a climate-friendly refrigeration supply regime: Factors of influence on their further diffusion: Journal of Cleaner Production 172 (2018) P. 1535-1544
7. Бурдуков А.П., Петин Ю.М. Тепловые насосы для России: технология использования геотермального и сбросного тепла предприятиями // Оборудование. Разработки. Технологии. – 2007. – № 7(07). – С.27–32.
8. Zhiqiang Liu, Nan Xie, Sheng Yang. Thermodynamic and parametric analysis of a coupled LiBr/H₂O absorptionchiller/Kalina cycle for cascade utilization of low-grade waste heat: Energy Conversion and Management Volume 205, 1 February 2020, P.112370
9. Алимгазин А.Ш., Бергузинов А.Н. Применение технологии «Зеленое отопление» для энергообеспечения объекта «Центр исследования энергии» международной выставки «EXPO-2017» // Вестник ПГУ им. С.Торайгырова, серия «Энергетическая». – 2017. – № 1. – С.21–28.
10. Алимгазин А.Ш., Бергузинов А.Н., Султангузин И.А., Серикпаев М.О., Ахметова И.Г. Перспективы применения технологий трансформации теплоты для декарбонизации углеродной экономики Республики Казахстан // Вестник Торайгыров университета, Энергетическая серия. – 2022. – № 2. – С.45–62.
11. Алимгазин А.Ш., Бергузинов А.Н. Применение блочно-модульной теплонасосной установки для утилизации теплоты систем технического водоснабжения промышленных предприятий Республики Казахстан // Вестник КазАТК – 2021. – №4. – С. 74–85.

References

- De karbonizaciya dobyvayushchih otraslej ekonomiki Respubliki Kazahstan [Decarbonization of extractive industries of the economy of the Republic of Kazakhstan] / Ed.Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Doctor of Technical Sciences, prof. S.Zh. Daukeeva. – Nur-Sultan: Bi-PRINT, 2021. – 295 p.
2. Romanyuk, V. N., Bobich, A. A., Muslina, D. B., Kolomytskaya, N. A., Malkov, S. V., Bubyr, T. V. Absorbzcionny`e teplovy`e nasosy` v teplovoj skheme TE`Cz dlya povu`sheniya eyo e`nergeticheskoy e`ffektivnosti [Absorption heat pumps in the heat circuit of a thermal power plant to increase its energy efficiency] // Energy and Management. – 2013. – No. 1. – P. 14–19.
 3. Wei Wu, Baolong Wang, Wenxing Shi, Xianting Li Absorption heating technologies: A review and perspective / Applied Energy 130, 2014, P. 51–71
 4. Jian, S., Lin, F., Shigang, Zh. Experimental study of heat exchanger basing on absorption cycle for CHP system // Applied Thermal Engineering. 2016. Vol. 102. P. 1280-1286.
 5. Xiaoyun, X., Yi J. Absorption heat exchangers for long-distance heat transportation // Energy. 2017. Vol. 141. P. 2242-2250

6. Dorothee Keppler Absorption chillers as a contribution to a climate-friendly refrigeration supply regime: Factors of influence on their further diffusion: *Journal of Cleaner Production* 172 (2018) P. 1535-1544
7. Burdukov, A. P., Petin, Yu. M. Teplovy`e nasosy` dlya Rossii: tekhnologiya ispol`zovaniya geotermal`nogo i sbrosnogo tepla predpriyatiyami [Heat pumps for Russia: technology for the use of geothermal and waste heat by enterprises] // *Equipment. Developments. Technology.* - 2007. - No. 7 (07). - P.27-32.
8. Zhiqiang Liu, Nan Xie, Sheng Yang Thermodynamic and parametric analysis of a coupled LiBr/H₂O absorptionchiller/Kalina cycle for cascade utilization of low-grade waste heat: *Energy Conversion and Management* Volume 205, 1 February 2020, P.112370
9. Alimgazin, A. Sh., Berguzinov, A. N. Primenenie tekhnologii «Zelenoe otoplenie» dlya e`nergoobespecheniya ob`ekta «Centr issledovaniya e`nergii» mezhdunarodnoj vy`stavki «EXPO-2017» [Application of "Green Heating" technology for energy supply of the facility "Energy Research Center" of the international exhibition "EXPO-2017"] // *Bulletin of PSU named after S. Toraiyrov, series "Energy"*. - 2017. - No 1. - P. 21-28.
10. Alimgazin A. Sh., Berguzinov A. N., Sultanguzin I. A., Serikpaev M. O., Akhmetova I. G. Perspektivy primeneniya tehnologi transformasii teploty dl`a dekarbonizatsii uglerodnoi ekonomiki Respubliki Kazahstan [Prospects of application of heat transformation technologies for decarbonization of the carbon economy of the Republic of Kazakhstan] // *Bulletin of Toraiyrov University, Energy Series.* - 2022. - No. 2. - pp.45- 62.
11. Alimgazin A. Sh., Berguzinov A. N. Primenenie blochno-modulnoi teplonasosnoi ustanovki dl`a utilizatsii teploty sistem tehničeskogo vodosnabženiya promyšlennyh predpriati Respubliki Kazahstan [Application of block-modular heat pump installation for heat utilization of technical water supply systems of industrial enterprises of the Republic of Kazakhstan] // *Bulletin of KazATC* - 2021. - No. 4. - pp. 74-85. ses of the Republic of Kazakhstan] // *Bulletin of KazATC* - 2021. - No. 4. - pp. 74-85.

Жылу сорғы технологиясын енгізу арқылы магистральдық мұнай құбырлары арқылы тұтқырлығы жоғары мұнайды тасымалдау тиімділігін арттыру

*А. Ш. Алимгазин¹, А. Н. Бергузинов², Мерзадинова Г.Т.¹, Баимбетов Н.А.¹,
Г.Ж.Тасболат¹

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан Республикасы;

²Торайғыров университеті, Павлодар қ., Қазақстан Республикасы

Аңдатпа. Мақалада дәстүрлі емес энергия көздерін пайдалана отырып, оны жылытудың жылу сорғы технологиясын енгізу арқылы Қазақстан Республикасының магистральдық мұнай құбырлары арқылы тұтқырлығы жоғары мұнайды тасымалдаудың тиімділігін арттыруды енгізу мәселелері қаралды. Алғаш рет “ҚазМұнайГаз “ҮК” АҚ (бұдан әрі – “ҚМГ” АҚ) объектілерінде ұңғымалардан айдалатын мұнай-су эмульсиясын бөлгеннен кейін бөлінген +110С температурасы бар судың ағызу жылуын пайдалана отырып, шикі мұнайды Жылытудың төмен көміртекті модульдік жылу сорғы кешенін (ҰМКК) қолданудың нақты технологиясы мен схемасы іс жүзінде енгізуге ұсынылды. “Жайықмұнайгаз” мұнайды жылытудың 2 сатылы схемасы бар Ю.З. Камышитовое кен орны тәжірибелік-өнеркәсіптік сынақтарды (бұдан әрі – ТӨС) өткізуге арналған пилоттық алаң ретінде алдын ала қаралады. ТӨС жүргізу кезінде мұнай жылыту торабында жылу сорғысы бар модульді орнату жоспарлануда, осылайша технологиялық пештердегі жүктемені азайтады, нәтижесінде отын газын тұтынуды айтарлықтай төмендетеді. Бұл бастама инновациялық болып табылады және алғаш рет Қазақстан Республикасында мұнайды жылыту процесінде жылу сорғыларын пайдалануды көздейді. “ҚазМұнайГаз “ҮК” АҚ басқа да өндіру активтеріне осы технологияны тираждауда ҰМКК қолдану перспективалары.

Кілтгі сөздер: жылу сорғы қондырғысы, энергия тиімділігі, энергияны үнемдеу, дәстүрлі емес энергия көздері, төмен көміртекті модульдік жылу сорғы кешені, жоғары тұтқыр мұнайды жылыту, декарбонизация.

Improving the efficiency of transportation of high-viscosity oil through trunk pipelines by introducing heat pump technology

*A. Sh. Alimgazin¹, A. N. Berguzinov², G.T.Merzadinova¹, N.A. Baymbetov¹, G. Zh. Tasbolat¹

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Republic of Kazakhstan

²Toraighyrov University, Pavlodar, Republic of Kazakhstan

Abstract. The article deals with the issues of introducing an increase in the efficiency of transportation of high-viscosity oil through the main oil pipelines of the Republic of Kazakhstan by introducing heat pump technology for heating it using unconventional energy sources. For the first time, a specific technology and scheme for the use of a low-carbon modular heat pump complex (NMTC) for heating crude oil using the waste heat of water with a temperature of +110C separated after separation of the oil-water emulsion pumped from wells has been proposed for practical implementation at the facilities of JSC NC KazMunayGas (hereinafter - JSC KMG). The Yu.Z. Kamyshtovoye field with a 2-stage oil heating scheme is being preliminarily considered as a pilot site for conducting pilot-industrial tests (hereinafter - CPI) by NGDU "Zhaiykmunaygas". During the CPI, it is planned to install a module with a heat pump (NMTC) at the oil heating unit, thereby reducing the load on the process furnaces, which will eventually significantly reduce fuel gas consumption. This initiative is innovative and for the first time provides for the use of heat pumps in the process of heating oil in the Republic of Kazakhstan. The prospects for the use of NMTC are in the replication of this technology to other mining assets of JSC NC KazMunayGas.

Keywords: heat pump installation, energy efficiency, energy saving, unconventional energy sources, low-carbon modular heat pump complex, heating of high-viscosity oil, decarbonization.

Сведения об авторах

Алимгазин А. Ш. - доктор технических наук, и.о.профессора, Евразийский национальный университет, Астана, Казахстан.

Бергузинов А.Н. - PhD, профессор, Торайгыров университет, Павлодар, Казахстан.

Баймбетов Н. - технический директор НИИ «Энергосбережение и энергоэффективность технологий», Евразийский национальный университет, Астана, Казахстан.

Тасболат Г. Ж. – докторант, Евразийский национальный университет, Астана, Казахстан.

Алимгазин А.Ш. - техника ғылымдарының докторы, и.о.профессора, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан.

Бергузинов А.Н. - PhD, профессор, Торайгыров университеті, Павлодар, Қазақстан.

Баймбетов Н. - «Энергия үнемдеу және технологиялардың энергия тиімділігі» ғылыми-зерттеу институтының техникалық директоры, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан.

Тасболат Г. Ж. - докторант, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан.

Alimgazin A.S. - Doctor of Technical Science, professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.

Berguzinov A.N. - PhD, Professor, Toraighyrov University, Pavlodar, Kazakhstan.

Baymbetov N. - Technical Director of the Research Institute «Energy Saving and Energy Efficiency of Technologies», L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.

Tasbolat G.Z. - PhD student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.