

ГЕЛИОРАЗОГРЕВ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ В НАКОПИТЕЛЯХ

Кенжетаев Г.Ж., Юнусов Н.Х., Рзаева К.С.

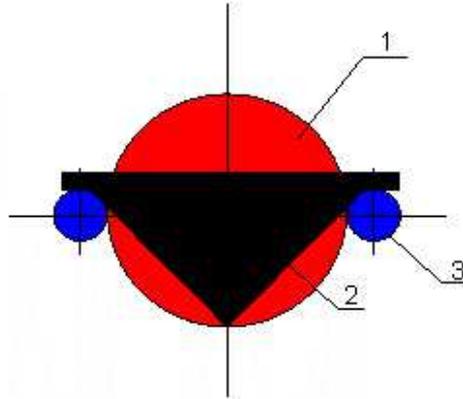
Основной причиной аварийных ситуаций, приводящих к разливам нефти, сопровождающихся загрязнением земель, является снижение пропускной способности трубопроводов транспортирующих парафинистую нефть из-за образования и выпадения кристаллов парафина и солей, создающих твердый осадок, как правило, трудно поддающийся разрушению [1].

Принципиально новым и актуальным, на предприятиях нефтедобычи, средством решения задачи ликвидации земляных «ёмкостей» с разлитой застывшей нефтью, является широкое внедрение устройств и установок, с использованием солнечной энергии, для подогрева и откачки парафинистой нефти из амбаров-накопителей. Несомненна актуальность вовлечения естественной энергии в энергобаланс предприятий на месторождениях нефтедобычи, в условиях жаркого климата.

Известно, на месторождениях для подогрева, сбора, транспортировки и дальнейшей утилизации застывшей нефти с поверхности накопителей, как альтернатива, был выбран наиболее экономичный и простой вариант создания системы каналов. Для образования каналов в толще нефти, на её застывшую поверхность укладываются распределенные по поверхности амбара подогреватели из U-образные труб. По трубам перекачивается теплоноситель, в результате чего трубы погружаются в слой нефти, образуя при этом каналы разжиженной нефти. Исходным моментом известной технологии является наличие толстого слоя застывшей нефти на водной поверхности, разогрев которого осуществляется Солнцем. Сбор расплавленной нефти происходит с помощью каналов, образованных на поверхности амбара-накопителя системой U-образных подогревателей [2].

Тепловые характеристики этой простейшей системы можно улучшить за счет увеличения площади поверхности, воспринимающей солнечное излучение. Это достигается тем, что понтоны из металлических бочек 1, и клиновидные полые рассекатели нефти 2, в устройстве дополнительно выполняют роль воздухонагревателей за счет непосредственной передачи тепла U – образным подогревателям 3, которые плотно обвязывают систему понтонов-воздунагревателей, обеспечивая жесткость в целом. Такая компоновка элементов устройства, увеличивает тепловоспринимающую поверхность всего гелиоподогревателя, а клиновидные воздухонагреватели в данном случае обеспечивают ускоренное погружение солнечного подогревателя, под воздействием собственного веса устройства, что улучшает условия инсоляции подогревателя в целом (рис. 1) [3]. Вместе с этим обеспечивается устойчивость и жесткость системы из 4 гелиоустройств типа

«горячий ящик-лист-труба», при их укладке на поверхность амбара-накопителя с застывшей нефтью.



1 – понтоны из металлических бочек; 2 – клиновидный поплавок-рассекатель 3- U-образный подогреватель из буровых труб;

Рис.1 – Плавильное гелиотехническое устройство для подогрева и извлечения парафинистых сливных нефтеотходов из накопителей

Анализ климатических условий Мангистауской области, показал, что процесс извлечения нефти из накопителей, с применением гелиоэнергетического устройства можно проводить с мая по октябрь месяц круглосуточно. По результатам исследований гелиопотенциала [3] Мангистауской области, наибольшими ее значениями характеризуются территории, районов исследования (Новый-Узень, Жетыбай) - 2500 кВт·м².

Детальный и строгий анализ к.п.д, солнечного коллектора представляет собой сложную задачу вследствие нелинейного характера уравнений описывающих радиационный теплообмен. Однако упрощенный анализ на основе решения линеаризованных уравнений радиационного теплообмена обычно достаточно точен для практических целей. Он позволяет проиллюстрировать влияние тепловых параметров на к.п.д, солнечного коллектора и указать каким образом эти параметры взаимодействуют между собой. Если пренебречь теплопроводностью в направлении оси x , (рисунок 2, приведен для численного анализа) то уравнение теплового баланса на данном расстоянии x_0 для поперечного сечения пластины на единицу длины в направлении x , можно записать в виде [4]

$$\alpha_s I_s dy - U_c (T_c - T_o) \cdot dy + \left[\left(-kt \frac{dT_c}{dy} \Big|_{y, x_0} \right) - \left(-kt \frac{dT_c}{dy} \Big|_{y+dy, x_0} \right) \right] = 0, \quad (1)$$

где I_c - плотность потока солнечного излучения, падающего на поверхность коллектора; α_s - поглощательная способность поверхности поглощающей пластины солнечного коллектора.

Если толщина пластины t постоянна, а коэффициент теплопроводности материала пластины не зависит от температуры, уравнение (1) можно представить в виде дифференциального уравнения второго порядка

$$\frac{d^2 T_c}{dy^2} = \frac{U_c}{kt} \left[T_c - \left(T_o + \frac{\alpha_s I_s}{U_c} \right) \right] \quad (2)$$

Это уравнение имеет следующие граничные условия:

1. В центре между любыми двумя каналами тепловой поток равен нулю,

$$\frac{dT_C}{dy} = 0, \text{ при } y = 0.$$

2. У трубы температура пластины равна

$$T_b(x_0), \text{ или } T_C = T_b(x_0), \text{ при } y = \omega = \left[l' - \frac{D}{2} \right],$$

где $T_b(x_0)$ - температура основания ребра.

Если принять, что
$$m^2 = \frac{U_C}{kt} \text{ и } \Phi = T_C - \left(T_o + \frac{\alpha_s I_s}{U_C} \right),$$

где m - масса пластины-ребра.

то уравнение (2) принимает вид

$$\frac{d^2\Phi}{dy^2} = m\Phi \quad (3)$$

$$\frac{d\Phi}{dy} = 0 \text{ при } y = 0$$

$$\text{и } \Phi = T_b(x_0) - \left(T_o + \frac{\alpha_s I_s}{U_s} \right) \text{ при } y = \frac{l' - D}{2}$$

Общее решение уравнения (3)

$$\Phi = C_1 \operatorname{sh} my + C_2 \operatorname{ch} my. \quad (4)$$

где $\operatorname{sh} x$ – (гиперболический синус) гиперболическая функция, применяемая для удобного описания поля теплового потока с помощью векторного анализа, $\operatorname{sh} x = \frac{e^x - e^{-x}}{2}$. Постоянные C_1 и C_2 можно определить подстановкой двух граничных условий и решением двух результирующих уравнений для C_1 и C_2 . Это дает

$$\frac{T_C - \left(T_o + \frac{\alpha_s I_s}{U_C} \right)}{T_b(x_0) - \left(T_o + \frac{\alpha_s I_s}{U_s} \right)} = \frac{\operatorname{ch} my}{\operatorname{ch} m\omega}. \quad (5)$$

где $\operatorname{ch} x$ - (гиперболический косинус) гиперболическая функция, определяемая формулой $\operatorname{ch} x = \frac{e^x + e^{-x}}{2}$.

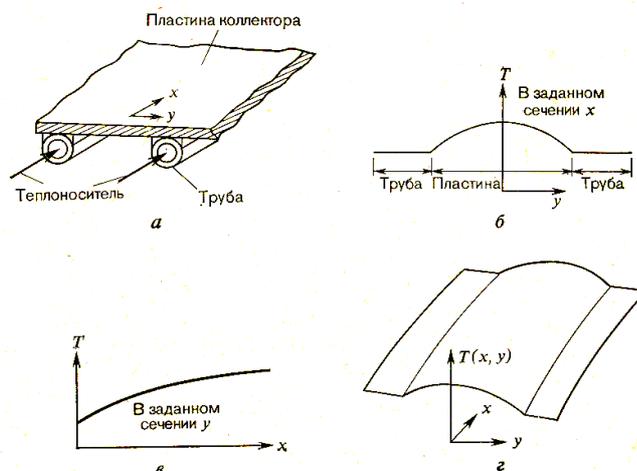
На основе приведенного выше уравнения тепловой поток к трубопроводу от части пластины между трубами можно определить путем расчета градиента температуры у основания ребра для единицы ширины ребра, или

$$q_{\text{РЕБ}} = -kt \left. \frac{dT_C}{dy} \right|_{y=\omega} = \frac{1}{m} [\alpha_s I_s - U_C (T_b(x_0) - T_o) \operatorname{th} m\omega], \quad (6)$$

Поскольку U-образный трубопровод соединен с ребрами с обеих сторон, полный тепловой поток равен

$$q_{\text{ПОЛН}}(x_0) = 2\omega [\alpha_s I_s - U_s (T_b(x_0) - T_o)] \frac{\operatorname{th} m\omega}{m\omega}, \quad (7)$$

Если все ребро находится при температуре $T_b(x_0)$, что физически соответствует пластине с бесконечно большим коэффициентом теплопроводности, тепловой поток будет иметь максимальное значение $q_{\text{ПОЛН}}$, МАКС.



a – схема поглощающей пластины; *б* – профиль температуры в направлении течения теплоносителя; *в* – профиль температуры в заданном сечении *y*; *г* – распределение температуры в поглощающей пластине.

Рисунок 2 – Распределение температуры в поглощающей пластине гелиоустройства

Таким образом, отношение теплового потока в реальном ребре к максимально возможному тепловому потоку есть коэффициент эффективности ребра η_f . С использованием этого определения уравнение (7) можно записать в виде [5]

$$q_{\text{ПОЛН}}(x) = 2\omega\eta_f [\alpha_s I_s - U_s (T_b(x_0) - T_o)], \quad (8)$$

где
$$\eta_f = \frac{\text{th } m\omega}{m\omega},$$

Кроме тепла, передаваемого через ребро, создается и полезный поток энергии излучением, поглощаемый частью пластины непосредственно над трубой. Полезный поток энергии из этой области пластины, который расходуется на нагрев теплоносителя, равен

$$q_{\text{ТРУБА}}(x) = D[\alpha_s I_s - U_c (T_b(x_0) - T_o)], \quad (9)$$

Таким образом, полезная энергия на единицу длины в направлении потока теплоносителя равна

$$q_u(x) = (D + 2\omega\eta_f) [\alpha_s I_s - U_c (T_b(x_0) - T_o)] \quad (10)$$

Энергия $q_u(x)$ должна передаваться в виде тепла теплоносителю. Если термическое сопротивление металлической трубы пренебрежительно мало и отсутствует контактное сопротивление между трубой и пластиной, то тепловой поток к жидкости равен

$$q_u(x) = (\pi D_i) h_{c,i}^- [T_b(x_0) - T_f(x_0)] \quad (11)$$

Вывод

Установлено, наличие тепловоспринимающего материала в виде герметически замкнутых устройств (цилиндра, и других форм) типа «горячий ящик», позволяют получить температуру в их объёме температуру на 41°С, больше в сравнении с температурой наружного воздуха 28°С, за счет того, что поверхность нефти представляет собой теплоизолированное основание.

Литература:

1. Кенжетаев Г.Ж., Каратаева З.Г., Рзаева К.С. Исследование причин снижения пропускной способности технологических систем транспортировки парафинистой нефти. // М.: ОАО «ВНИИОЭНГ «Нефтепромысловое дело» **Oilfield Engineering** -2005 - № 10 – С. 49-52.
2. Маяцкий Г.А. Рудой А.Д. Ткачев О.А. Способы подготовки высокопарафинистой нефти к откачке из земляных емкостей // М.: Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. – 1976. - № 9. – С 31-33.
3. Решение от 04.12.2007 г, о выдаче предварительного патента № 12-2/4-800. Гелиоподогреватель для высокопарафинистой нефти. // Кенжетаев Г.Ж., Ахмеджанов Т.К., Юнусов Н.Х., Рзаева К.С., Утеушева А.М.
4. Кенжетаев Г.Ж., Диханова Ж.Т. К вопросу оценки гелиопотенциала Мангистауской области // Научный журнал МОиН «Поиск». Серия естественных и технических наук. № 1. 2006. С 150-158.
Крейт Ф., Блэк У. Основы теплопередачи. // Перевод с английского под редакцией доктора. техн. наук, профессора Н.А. Антимова. М.: «Мир» 1983. С 406-407.