

УДК 532.592.2

Н. Х. ЮНУСОВ

## ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕЛИОПОДОГРЕВАТЕЛЯ ПАРАФИНИСТОЙ НЕФТИ

С целью повышения энергетической эффективности системы сбора сливной парафинистой нефти с поверхности разработан гелиоподогреватель. Приводится расчет темпа разогрева вокруг «горячей» трубы, максимально использующей солнечное излучение. На производительность системы сбора нефти решающее влияние оказывает пропускная способность «жидких» каналов.

Основным элементом системы, обеспечивающим разогрев нефти, является U-образный подогреватель, используемый в системе разогрева и сбора сливной парафинистой нефти на месторождениях нефтедобычи [1].

Принимая во внимание, что в основном разогрев застывшей нефти на водной поверхности земляных амбаров-накопителей осуществляется Солнцем, с целью достижения экономической эффективности системы подогрева и сбора нефти и увеличения активного периода работ по утилизации нефти, с учетом высокой интенсивности солнечной радиации и применения материалов, обладающих высокой поглощательной способностью, нами разработано устройство для подогрева и извлечения нефти из земляных емкостей.

Известно, солнечные лучи являются носителем высокопотенциальной энергии, температура поверхности Солнца равна  $\approx 600^\circ\text{C}$ , и его можно рассматривать как абсолютно черный излучатель. Однако естественная плотность потока солнечной радиации, приходящая на Землю, относительно невысока. Солнечная радиация, падающая на поверхность теплоприемника, поглощается им.

Количество поглощенной энергии определяется состоянием поверхности и свойствами материала, из которого изготовлен теплоприемник, причем тепловая энергия собирается большой площадью, а тепловые потери происходят с малой поверхности гелиоприемника. Для интенсификации времени нагрева U-образных нагревателей и, следовательно, уменьшения расхода энергии парогенераторов на нагрев теплоносителя в трубах, увеличена тепловоспринимающая поверхность рассмотренного выше устройства, за счет использования поплавков существующей конструкции в качестве воздухонагревателей.

Цель достигнута тем, что поплавок круглого и треугольного сечения в устройстве дополни-

тельно выполняют роль воздухонагревателей с непосредственной передачей тепла подогревателям, для передачи преобразованной солнечной энергии между поплавками, обвязанных U-образными нагревателями, размещены воздухонагреватели треугольного типа. При этом вершина в данном случае служит основанием, что обеспечивает ускоренное погружение нагретого «клина» в разогретую нефть под воздействием собственного веса устройства, а основание выполняет роль плоского солнечного-абсорбера (рис. 1).

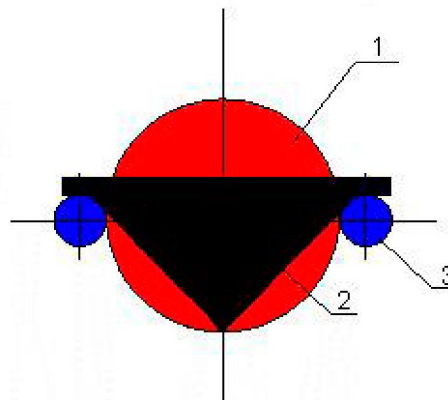


Рис. 1. Схема устройства для извлечения парафинистой нефти из накопителей: 1 – поплавок-воздухонагреватель из металлических бочек (с гладкой поверхностью); 2 – воздухонагреватель клиновидной формы; 3 – U-образные нагреватели из насосно-компрессорных труб

В целом выполненная компоновка способствует увеличению теплотехнических характеристик устройства, интенсификации процесса разогрева застывшей нефти и ускорению времени погружения, экономии расходуемого на подогрев теплоносителя топлива [2].

Для образования канала на поверхности нефти помещается разработанное гелиоустройство с U-образной трубой с наружным диаметром

$d_n = 70$  мм (рис. 1). На скорость формирования канала и его профиль оказывают влияние [3]:

температура разогрева нефти вокруг «горячей» U-образной трубы, по которой прокачивается горячая вода ( $t_1', °C$ ;  $t_1'' = 50 °C$ );

конвективный теплообмен между нефтью и стенками канала;

солнечная радиация, степень влияния которой зависит от скорости отбора разогретой нефти из канала;

конвективный теплообмен между поверхностью нефти и воздухом.

Температура разогрева нефти вокруг «горячей» U-образной трубы без учета интерференции температурных полей может быть определен по соотношению

$$t = t_0 + \frac{t_H \sqrt{r_0}}{\sqrt{r}} \operatorname{ierfc} \left( \frac{r - r_0}{2\sqrt{a\tau}} \right), \quad (1)$$

где  $r = 0,4$  м;  $r_0 = 0,035$  м;  $t_H = 50 °C$ .

Таблица 2. Температуры разогрева нефти вокруг U-образной трубы ( $d_n = 70$  мм)

$r$ м	$\tau$ сутки	1	2	3	4	10	11	15
0,4		21,9	24,1	25,6	26,6	29,3	29,5	30,5

Расчет проводился с учетом влияния конвективного теплообмена на увеличение эквивалентного коэффициента теплопроводности нефти [4].

Как отмечалось, исходным моментом подогрева и сбора нефти с высоким содержанием парафина с поверхности земляного амбара является разогрев нефти за счет использования теплоты солнечной энергии. В качестве теплоносителя для интенсификации процесса разогрева нефти по U-образной трубе, находящейся в сформированном ею канале, и по трубам теплообменного аппарата, расположенного в баке-приемнике, циркулирует горячая вода (рис. 2, 3) Проходя по этой системе, вода охлаждается от  $t_1' = 90 °C$  до  $t_1'' = 50 °C$ . При этом тепловая мощность теплообменного аппарата в системе сбора определяется по уравнению:

$$Q_1 = G \cdot C_{p_m} (t_1' - t_1''), \quad (2)$$

где  $G$  – расход горячей воды кг/с;  $c_p$  – весовая теплоемкость нефтепродукта;  $C_{p_m}$  – массовая весовая теплоемкость нефтепродукта ккал/град·кг;  $t_1', t_1''$  – температура соответственно на входе и выходе теплообменного аппарата.

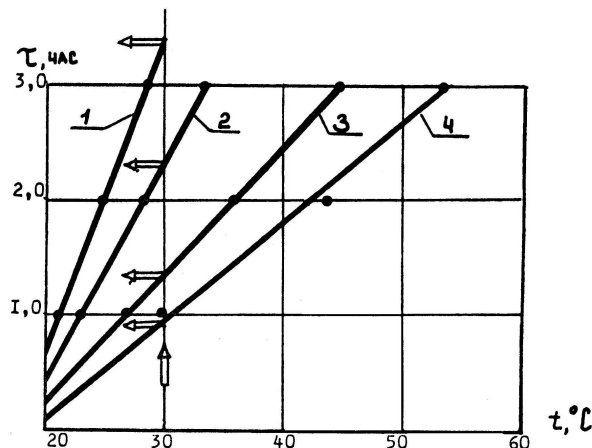


Рис. 2. Температуры разогрева нефти вокруг U-образных подогревателей: 1 –  $\delta = 0,07$  м; 2 –  $\delta = 0,06$  м; 3 –  $\delta = 0,05$  м; 4 –  $\delta = 0,04$  м

Система сбора нефти предусматривает установку насосного оборудования, обеспечивающего объемные расходы  $V_n = 1; 3,5; 5; 6$  л/с. В случае, если бы для разогрева нефти от температуры  $t_2' = 20 °C$  до  $t_2'' = 40 °C$  в системе разогрева и сбора застывшей сливной нефти использовалась дополнительная энергия, тепловая мощность, потребляемая установкой разогрева, составила бы  $Q_{II} = 31,7; 111,0; 159,0; 190$  кВт.

Сопоставление методов и схем подогрева и сбора нефти ведется по величине энергетических затрат на их осуществление.

Анализ полученных результатов показывает:

1. Формирование канала при укладке системы U-образных труб длиной  $L = 200$  м энергетически неэффективно даже при осуществлении максимального сбора нефти  $V_n = 6$  л/с.

2. Для любого из рассмотренных сборов нефти энергетически эффективной является лишь система сбора с каналом длиной  $L = 25$  м.

Расчет объемного расхода нефти, поступающей в канал, ведется по соотношениям, рекомендуемым для сливных устройств:

$$V_H = m \cdot b \cdot h \sqrt{2gh} \text{ м}^3/\text{с}, \quad (3)$$

где  $b$  – ширина сливного устройства,  $b = 2$  л;  $l$  – длина канала, м;  $h$  – толщина слоя разогретой нефти, м;  $m$  – приведенный коэффициент расхода сливного устройства:

$$m = m_0 \sigma_f \sigma_n \sigma_e \sigma_v, \quad (4)$$

для прямоугольного профиля сливного устройства с широким порогом:  $m_0 = 0,32$ ;  $\sigma_f$  – коэффициент нормы сливного устройства,  $\sigma_f = 1$ ;  $\sigma_n$  –

коэффициент полноты напора,  $\sigma_n = 1$ ;  $\sigma_n$  – коэффициент затопления,  $\sigma_n = 0,926$ ;  $\sigma_e$  – коэффициент сжатия струи;  $\sigma_e = 1$ ;  $\sigma_v$  – коэффициент, учитывающий вязкостное трение:

$$\sigma_v = \frac{V_B}{v} \frac{0,478}{32,4} = 0,0148.$$

При расчете разогретой нефти, стекающей в каналы, рассматривались случаи использования каналов длиной 25 и 50 м, формирование которых, как показали предыдущие теплотехнические расчеты, наиболее целесообразно с энергетической точки зрения. При этом толщина слоя разогретой нефти принималась равной  $h = 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05$  м; число каналов –  $n = 1; 2; 3$  (табл. 1).

Таблица 1. Объемный расход разогретой нефти  $V_n$  л/с, поступающей в сформированные каналы

h, м	Ширина сливного устройства, $v = 2 \cdot l \cdot n$ (м)				
	25	50	100	150	200
0,01	0,53	0,98	1,96	2,94	3,92
0,02	1,56	2,77	5,54	8,31	11,08
0,03	3,21	5,09	10,18	15,27	20,36
0,04	4,11	7,84	15,68	23,52	31,36
0,05	5,31	11,0	22,0	33,0	44,0

Пропускная способность сформированных на поверхности застывшей нефти каналов определяется по формулам (3) и (4), а коэффициенты расхода нефти, передвигающейся по каналам к баку-приемнику разогретой нефти, равны  $m_0 = 0,42$ ;  $\sigma_f = 1$ ;  $\sigma_n = 0,7$ ;  $\sigma_n = 0,78$ ;  $\sigma_v = 0,0148$ .

При расчете пропускной способности каналов рассматривались и случаи разогрева при глубине канала  $H = 0,2; 0,3; 0,4; 0,5$  м и числе каналов  $h = 1; 2; 3$  (ширина одного канала принималась равной  $\delta = 0,3$  м) (табл. 2).

Таблица 2. Пропускная способность каналов  $V_k$  л/с

H, м	Ширина проходного сечения каналов, $v = m\delta$ , м		
	0,8	0,6	0,9
0,3	0,40	0,81	1,21
0,4	0,74	1,49	2,32
0,5	1,14	2,29	3,43
0,5	1,6	3,20	4,60

Для обеспечения производительности системы сбора нефти с поверхности водоема в пределах  $V_k = 3,5 + 5,0$  л/с необходимо формирование трех каналов глубиной  $0,4 + 0,5$  мм и шириной  $\delta = 0,3$  м каждый [5].

Такая производительность системы подогрева обеспечена при длине каждого канала  $l = 25$  м, если толщина слоя разогретой нефти  $h$  равна или больше 20 мм. Если же длина одного из трех каналов равна  $l = 50$  м, то толщина для разогретой нефти, обеспечивающая заданный отбор, составляет  $h \geq 10$  мм (табл. 1).

Анализ результатов расчетов показывает, что на производительность системы сбора нефти с поверхности водоема решающее влияние оказывает пропускная способность каналов (табл. 1, 2). По мере отбора нефти с поверхности будет уменьшаться толщина слоя застывшей нефти и, как следствие, это приведет к снижению глубины  $H$  и продуктивной способности  $V_k$  каналов, что, в свою очередь, уменьшит производительность системы сбора нефти. Данный график (рис. 2) позволяет прогнозировать производительность системы сбора нефти в зависимости от глубины прогрева.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Александров В.К., Семьянистов А.И. Опыт откачки Мангышлакской нефти из земляных емкостей // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. М., 1972. № 9. С. 28-31.
2. Кенжетов Г.Ж., Ахмеджанов Т.К., Диханова Ж. К вопросу извлечения сливных нефтяных отходов из амбаров-накопителей // Материалы семинара-совещания «Инновационный потенциал Мангыстауской области». Актау, 2005. С. 150-160.
3. Маяцкий Г.А., Рудой А.Д., Ткачев О.А. Способы подготовки высокопарафинистой нефти к откачке из земляных емкостей // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. М., 1976. № 9. С. 31-33.
4. Кенжетов Г.Ж. Использование солнечной энергии при добыче высоковязкой нефти // Вестник Инженерной академии РК. 2001. № 2(7). С. 124-128.
5. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. М.: Энергоиздат, 1981. С. 346.

#### Резюме

Беттен араластырылган парафинді мұнайды жинау жүйесінің энергетикалық тиімділігін көтеру мақсатында гелио-жылытқыш дайындалды. Күн сәулесін барынша пайдаланатын «ыстық» құбырлар айналасының жылу қарқынының есептеуі келтіріледі. Мұнайды жинау жүйесінің өнімділігіне «сұйық» арналардың жіберу қабілеттілігі шешуші әсер етеді.

#### Summary

With a purpose of rising energy effectiveness for a system of waste paraffin oil collection from the surface, a helio-heater was developed. Represented calculation of heating rate around the “hot” pipe which maximally uses the solar radiation. Effectiveness of the system of oil collection is primarily depends on carrying capacity of “liquid” channels.

Актауский государственный университет им. Ш. Есенова

Поступила 2.03.07г.