МИНИСТЕРСТВО НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ВНИИСПТнефть

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ ТЕПЛООБМЕНА В НАГРЕВАТЕЛЯХ НЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

РД 39-1-1073-84

gost.e-ecolog.ru

1984

Министерство нефтяной промышленности
ВНИИСПТнефть

УТВЕРЖДЕН
Первым заместителем
министра
В.И.Игревским
22 марта 1984 года

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ ТЕПЛООБМЕНА В НАГРЕВАТЕЛЯХ НЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

РД 39-I-1073-84

1984

Настоящие методические указания по расчетам теплообмена в нефтяных эмульсиях разработаны в дополнение к действующим методикам расчета трубчатых печей и предназначены для использования при проектировании огневых нагревателей нефтяных эмульсий. В предлагаемых методических указаниях учтены теплофизические свойства нефтяных эмульсий, вводимые при расчетах в виде поправок или критериальных зависимостей. Специфические свойства эмульсий учтены по результатам опытно-экспериментальных исследований и анализа литературной проработки. Приведены упрощенные методики поверочного расчета трубчатых печей, позволяющие инженерно-техническому персоналу предприятий и проектировщикам производить периодическую проверку режима эксплуатации и, при необходимости, оперативно вносить изменения в проекты привязки нагревателей. Приведена методика расчета объемных нагревателей с погружением жаровых труб как в слой воды, так и в эмульсию.

Разработчик - Чурин В.Н. (ВНИИСПТнефть).

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

Методические указания по расчет' теплообмена в нагревателях нефтяных эмульсий

РД 39-I-I073-84

Вводится впервые

Приказом Министерства нефтяной промышленности от I8.06.84 г. № 369 срок введения установлен с 0I.08.84 г. срок действия до 0I.08.89 г.

Настоящие Методические указания распространяются на расчеты теплоотдачи поверхности нагрева водонефтяным эмульсиям при проектировании, выборе и привязке огневых нагревателей на предприятиях Министерства нефтяной промышленности.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Расчеты огневых нагревателей нефтяных эмульсий производятся согласно основным нормативным документам:

Нормативная методика теплового расчета трубчатых печей. РТМ 26-02-40-77-М:ВНИИнефтемаш, I977.

Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод. - М.: Энергия, I973.

Методические указания к курсу "Расчеты трубчатых печей. - М.: ЦНИИТЭнефтехим, I975.

I.2. В связи с наличием фазовых превращений нефти и воды при нагреве водонефтяных эмульсий ряд положений и формул для расчета водонефтяных эмульсий отличается от приведенных в указанных методиках.

2. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НАГРЕВАТЕЛЕЙ

2.I. Трубчатые огневые нагреватели (трубчатые печи) применяются для нагрева водонефтяной эмульсии, нефти или воды с учетом следующих требований:

I) источник давления должен обеспечивать перепад давления на входе и выходе змеевика, достаточный для создания турбулентного или переходного режима движения;

2) расход нагреваемой среды не должен снижаться более чем на 50% от номинального;

3) нагреваемая среда не должна содержать грубые механические частицы, вызывающие износ труб, более 0,I %;

4) тепловая мощность трубчатых печей, развиваемая в условиях длительной эксплуатации, зависит от свойств и расходов нагреваем й среды и топлива;

5) трубчатые печи обладают высокими теплотехническими характеристиками и могут быть использованы в любой системе нагрева, вплоть до частичного испарения нагреваемой жидкости. Основные теплотехнические показатели блочных печей приведены в разделе 6

2.2. Огневые подогреватели типа "труба в трубе" используются для нагрева водонефтяной эмульсии, нефти или воды с учетом требований, указанных в п.2.I.(I-4), а также

I) при отсутствии в нагреваемом продукте веществ, образующих обильные осадки солей на поверхности нагрева или шлам;

2) при нагревании неиспаряющихся жидкостей или нефтей с малым газовым фактором (до 0,5 $м^3/м^3$);

3) при нагревании до температуры, превышающей начальную не более чем на 30–40°;

4) при рабочем давлении в отстойных аппаратах не более 0,3 МПа (3 кгс/см^2)

Характеристики блока нагрева БН-5,4 (БН-2М) приведены в разделе 6.

2.3. Объемные жаротрубные нагреватели используются для нагрева водонефтяной эмульсии или воды с учетом следующих положений:

I) тепловая мощность объемных нагревателей мало зависит от расхода жидкости, что позволяет использовать их при значительных колебаниях расхода;

2) объемные нагреватели обладают малым гидравлическим сопротивлением;

3) при условии периодической очистки отсеков объемные нагреватели допускают наличие в нагреваемом продукте грубых механических примесей;

4) при наличии в нагреваемом продукте веществ, вызывающих образование осадков солей на жаровых трубах, межремонтный период нагревателя сокращается до I-3 месяцев;

5) жаровые трубы нагревателей могут быть погружены в слой воды или в слой эмульсии. Во всех случаях температура нагрева продукта не должна превышать 353 К(90^{0}С) во избежание обильного отложения солей на жаровых трубах. Характеристики объемных нагревателей приведены в разделе 7.

Совмещенные нагреватели-деэмульсаторы применяются, кроме вышеуказанных условий, при разности плотностей нефти и воды не менее I80 кг/м^3.

2.4. Нагреватели с промежуточным теплоносителем применяются для нагрева любых текучих сред до температуры 338К(65°С). Нагреватели отличаются высокой надежностью, допускают значительные колебания расхода, состава и свойств нагреваемых сред (жидкости или газа).

Характеристики нагревателей с промежуточным теплоносителем приведены в разделе 7.

2.5. Теплообменники "товарная нефть-эмульсия" используются в системах нагрева при наличии

перепада давления между точками входа эмульсии и вывода нефти;

оборудования (нагревателей, отстойников, электродегидраторов и т.д.), соответствующего выбранным рабочим давлениям;

необходимого температурного напора (средней разности температур нагреваемого и охлаждаемого продукта) не менее 40°.

Среда, содержащая больше загрязнений, в первую очередь механических примесей, должна проходить через устройства теплообменников, допускающие периодическую очистку (по трубкам и т.д.).

2.6. При проектировании узлов нагрева необходимо предусматривать технологические или химические методы предотвращения отложений солей на поверхностях нагрева.

Технологические методы предотвращения отложений включают глубокий предварительный сброс пластовой воды; подбор вод, не образующих осадка при смешении; обеспечение требуемых гидродинамических условий.

Подбор ингибиторов отложений солей определяется в соответствии с РД 39-I-641-81 "Методика подбора ингибиторов отложения солей для технологических процессов подготовки нефти" (Уфа: ВНИИСПТнефть, 1981).

3. РАСЧЕТ ТЕПЛООТДАЧИ В ТРУБЧАТЫХ ОГНЕВЫХ НАГРЕВАТЕЛЯХ

3.1. При проектировании трубчатых огневых нагревателей (печей) и выполнении проекта их привязки важнейшим условием является обеспечение турбулентного режима течения нагреваемой среды в трубах. В части труб допускается переходный режим при значении критерия Рейнольдса не менее 5000. Наибольшая скорость осаждения солей жесткости наблюдается при значении критерия Рейнольдса от 2500 до 5000, а также при ламинарном режиме (из-за вскипания капелек воды на поверхности нагрева). С ростом значения критерия Рейнольдса более 5000 скорость осаждения солей снижается.

3.2. Расчет коэффициента теплоотдачи от стенок печей к водонефтяной эмульсии производится по формуле:

$$\alpha_2 = 0{,}023 \frac{\lambda}{d_в} \cdot Re^{0{,}8} \cdot Pr^{0{,}43} \left(\frac{Pr}{Pr_{ст}}\right)^{0{,}25} \cdot K_l \cdot f \quad , \qquad (I)$$

где λ – коэффициент теплопроводности эмульсии при среднелогарифмической температуре потока эмульсии, Вт/(м.К);

$d_в$ – внутренний диаметр трубы, м;

Re – число Рейнольдса для условий эмульсии при среднелогарифмической температуре потока, $Re = \frac{V \cdot d_в}{\nu}$;

Pr – число Прандтля для эмульсии при среднелогарифмической температуре потока $Pr = \frac{c \cdot \nu \cdot \rho}{\lambda}$;

$Pr_{ст}$ – число Прандтля для нефти (безводной) при температуре стенки;

K_l – коэффициент, учитывающий длину трубы, определяется по таблице I.

Таблица I

Re		l/d$_в$			
		I	I0	20	50 и более
2	10^3	I,90	I,28	I,I3	I,0
I	10^4	I,65	I,23	I,I3	I,0
2	10^4	I,5I	I,I8	I,I0	I,0
5	10^4	I,34	I,I3	I,08	I,0
I	10^5	I,28	I,I0	I,06	I,0
I	10^6	I,I4	I,05	I,03	I,0

f – поправочный коэффициент для переходного режима ($2200 < Re < 10000$). Поправочный коэффициент может быть определен по формуле В.М.Рамма

$$f = 1 - 6 \cdot 10^5 \cdot Re^{-1.8} \qquad (2)$$

3.3. Для условий ламинарного режима, который может иметь место в змеевике или отдельных трубах, расчет при $Re = 2200$ ведется по формуле:

$$\alpha_2 = C \cdot \frac{\lambda}{d_в} \cdot Re^{0.3} \cdot Pr^{0.33} \cdot Gr^{0.1} \left(\frac{P_r}{P_{rcm}}\right)^{0.25} \cdot K_L \qquad (3)$$

Коэффициент С определяется в зависимости от содержания воды в эмульсии (по данным Антипова А.И.)(таб.2.)

Таблица 2

Содержание воды,%	0	I0	20	30	40	50
С	0,24	0,2I	0,I9	0,I8	0,24	0,35

Gr – критерий Грасгофа, $Gr = \frac{g \cdot d^3 \cdot \beta \cdot (t_{cm} - t_ж)}{\nu^2}$

3.4. Средняя расчетная теплонапряженность труб определяется, исходя из допустимых температур стенки трубы (внутренней и

наружной поверхности) по формуле:

$$\bar{q} = \frac{T_{ст.н} - T_{ж.в}}{K\left(\frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{\delta_{ос}}{\lambda_{ос}}\right)}, \qquad (4)$$

где $\bar{q}$ - средняя теплонапряженность поверхности нагрева, Вт/м^2;

$T_{ст.н}$ - температура наружной (газовой) поверхности стенки, К;

$T_{ж.в}$ - температура жидкости на выходе печи, К;

α_2 - коэффициент теплоотдачи труб эмульсии, Вт/(м^{2}К).

$\delta, \delta_{ос}$ - толщина стенки трубы и осадка (накипи), м;

$\lambda, \lambda_{ос}$ - теплопроводность металла трубы и осадка, Вт(м · К);

$$\lambda_{ос} = 0{,}116 - 2{,}900 \text{ Вт/(м · К)},$$

K - коэффициент неравномерности нагрева, определяемый по [I].

В печах ПТБ-10 К = 1,2; в ПТ-160/100М К = 1,5;

в БН-5,4 К = 1,6.

Задаваясь предельной температурой стенки, определяем теплонапряженность поверхности нагрева и затем находим температуру внутренней поверхности стенки:

$$T_{ст.в} = T_{ж.в} + K\bar{q}\left(\frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_{ос}}{\lambda_{ос}}\right), \qquad (5)$$

где $T_{ст.в}$ - наибольшая температура внутренней поверхности стенки, К;

$T_{ж.в.}$ - температура выходящей жидкости, К;

K - коэффициент неравномерности нагрева.

3.5. В связи с наличием в нефти растворенного газа, в нагревателях происходит выделение газовой фазы. Количество газа на выходе нагревателя рассчитывается по компонентному составу нефти и формулам определения доли отгона при однократном испарении (ОИ).

Расчетная скорость движения газожидкостной смеси определяется с учетом объема газовой фазы; для упрощения расчетов принимается равномерное возрастание скорости потока по длине змеевика.

4. РАСЧЕТ ТЕПЛООТДАЧИ В ОГНЕВЫХ НАГРЕВАТЕЛЯХ "ТРУБА В ТРУБЕ"

4.1. Расчет теплоотдачи в нагревателях "труба в трубе" производится по формулам (I– 3), в которые вводится множитель $\left(\frac{D_в}{d_н}\right)^{0{,}45}$,

где $D_в$ – внутренний диаметр наружной трубы;

$d_н$ – наружный диаметр внутренней трубы, м;

Определяющим размером является наружный диаметр внутренней трубы:

$$\alpha_2 = 0{,}023 \frac{\lambda}{d_н} \cdot Re^{0{,}8} \cdot Pr^{0{,}43} \left(\frac{\rho_г}{\rho_{г_{ст}}}\right)^{0{,}25} \cdot \left(\frac{D_в}{d_н}\right)^{0{,}45} \cdot K_L \cdot f \qquad (6)$$

при $Re > 2200$, и

$$\alpha_2 = C \frac{\lambda}{d_н} \cdot Re^{0{,}33} \cdot Pr^{0{,}43} \cdot Gr^{0{,}1} \left(\frac{\rho_г}{\rho_{г_{ст}}}\right)^{0{,}25} \cdot \left(\frac{D_в}{d_н}\right)^{0{,}45} \cdot K_L \qquad (7)$$

при 2200 (см.раздел 3).

4.2. При наличии в межтрубном пространстве спирального оребрения коэффициент теплоотдачи α_2' подсчитывается по формуле:

$$\alpha_2' = \alpha_2 \left(1 + 1{,}77 \frac{d_э}{R}\right), \qquad (8)$$

где α_2 – расчетный коэффициент теплоотдачи, определяемый по формулам (6,7)

$d_э$ – эквивалентный диаметр, равный

$$d_э = \frac{\beta \cdot h}{2(h+\beta)}, \qquad (9)$$

где h – высота ребер, м;

β – наименьшее расстояние между ребрами, м;

R – средний радиус кривизны канала, м.

5. РАСЧЕТ ТЕПЛООТДАЧИ В ОБЪЕМНЫХ НАГРЕВАТЕЛЯХ

5.I. Коэффициент теплоотдачи жаровых труб, погруженных в слой отделившейся пластовой воды при отсутствии кипения на стенках, определяется по формуле:

$$\alpha_2 = 0{,}51\frac{\lambda}{d_н}\cdot(Gr\cdot Pr)^{0{,}25}\cdot\left(\frac{Pr}{Pr_{ст}}\right)^{0{,}25}, \qquad (10)$$

где λ – коэффициент теплопроводности воды при температуре пленки $T = \frac{T_{ст} - T_ж}{2}$;

$d_н$ – наружный диаметр трубы, м;

Gr – критерий Грасгофа,

$$Gr = \frac{g\cdot d_н^3\cdot\beta(T_{ст}-T_ж)}{\nu^2}; \qquad (11)$$

$Pr, Pr_{ст}$ – критерий Прандтля при температуре пленки и стенки.

Коэффициент полезного действия для теплообмена смешением между горячей водой и эмульсией следует принимать 0,90–0,95.

Для ориентировочных расчетов предельную среднюю тепловую напряженность жаровых труб, погруженных в воду, следует принимать равной 32,2 кВт/м^2.

5.2. При температуре стенки жаровой трубы, погруженной в слой воды, превышающей температуру кипения воды при рабочем давлении более чем на 10^0, коэффициент теплоотдачи определяется по формуле:

$$\alpha_{кип} = 54\cdot\lambda\cdot K\,\frac{0{,}6}{Pr^{0{,}6}\sqrt{\frac{\sigma}{\rho g}}}, \qquad (12)$$

где λ – удельная теплопроводность воды (эмульсии "нефть в воде") Вт/(м · К);

$\alpha_{кип}$ – коэффициент теплоотдачи при кипении воды на стенке, Вт/(м^{2}К);

σ – поверхностное натяжение, равное при использовании деэмульгаторов $20\cdot10^{-3}$Н/м;

ρ – плотность жидкости при средней температуре пленки, равной $\frac{T_ж + T_{ст}}{2}$, кг/м^3;

q – средняя плотность теплового потока, Вт/м^2;

K – параметр, равный,

$$K = \frac{q}{\rho_п \cdot r \cdot W}, \qquad (I3)$$

где $\rho_п$ – плотность пара при $T_{ст}$ и рабочем давлении, кг/м^3;

r – теплота испарения воды, Дж/кг;

W – произведение среднего диаметра пузырьков, возникающих при кипении на число пузырьков, образующихся в секунду.

$$W = 0{,}078\left(\frac{\rho_в}{\rho_п}\right)^{11}, \qquad (I4)$$

где $\rho_в$ – плотность пара при атмосферном давлении и температуре стенки, кг;

$\rho_п$ – плотность пара при рабочих условиях, кг/м^3.

Следует учесть, что при режиме кипения межремонтные периоды жаровых труб сокращаются до 3 месяцев.

Расчет средней теплонапряженности поверхности жаровых труб производится с использованием формулы (I2). Коэффициент неравномерности нагрева для жаровых труб К = I,6. Максимальный нагрев имеет место в верхней зоне нижней трубы.

5.3. Расчет теплоотдачи жаровых труб, погруженных в слой эмульсии, производится по аналогичной методике.

В связи с большим влиянием плотности и вязкости водонефтяных эмульсий на теплообмен в объемном нагревателе расчет теплообмена и тепловой мощности нагревателя должны производиться в каждом индивидуальном случае привязки нагревателя (деэмульсатора). Для расчета может быть использована модификация базовой формулы коэффициента теплоотдачи при свободном движении

$$\alpha_2 = 0{,}51 \frac{\lambda}{d_н} (Gr \cdot Pr)^{0{,}25} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_{ст}}\right)^{0{,}25} \qquad (I5)$$

Значения критериев Грасгора и Прандтля определяются для водонефтяной эмульсии при средней температуре пленки $T = \frac{T_ж + T_{ст}}{2}$

Коэффициент теплопроводности эмульсии λ принимается при средней температуре эмульсии. Значение критерия $Pr_{ст}$ определяется при средней температуре стенки для безводной нефти.

Расчеты температуры стенки и средней тепловой напряженности выполняются в соответствии с п.п.3.4. Средняя предельная теплонапряженность поверхности нагрева при погружении жаровых труб в эмульсию составляет I3,3 кВт/м^2(по литературным данным). Для легких нефтей она может быть превышена.

6. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ТРУБЧАТЫХ ПЕЧЕЙ

6.I. При поверочном расчете берутся характеристики рабочей жидкости (вязкость, плотность, теплоемкость, теплопроводность и т.д.) и расход эмульсии. Исходя из наличия обвязки змеевиков,определяется скорость потока W .

Скорость продукта в трубах

$$W = \frac{V}{3600 \cdot f \cdot n}, \qquad (I6)$$

где V – объемный расход продукта, м^3/ч;

f – сечение труб, равное $f = \frac{\pi d_в^2}{4}$, м^2;

n – число потоков.

В связи с наличием газовой фазы на выходе змеевика печи в формулу (I6) подставляется средняя скорость движения потока, условно определяемая как

$$W = \frac{W_{вх} + W_{вых}}{2}, \qquad (I7)$$

где $W_{вых} = \frac{V_ж + V_г}{3600 \cdot f \cdot n}$ скорость рабочей среды в выходной трубе, м, (I8)

где $V_ж$ – объемный расход жидкости, $м^3/ч$;

$V_г$ – объемный расход газа, $м^3/ч$.

Это значение скорости потока подставляется в формулу для подсчета числа Рейнольдса.

Дальнейшие расчеты ведутся в следующей последовательности.

I) Исходя из технологических требований (температура нагрева эмульсии и температура входа в зимнее время, расход и состав рабочей жидкости), по уравнению теплового баланса определяется требуемая тепловая мощность:

$$Q = (G_н \cdot C_н + G_в \cdot C_в + G_с \cdot C_с) \cdot (t_{вых} - t_{вх}), \quad (I9)$$

где $G_н, G_в, G_с$ – расход нефти, воды и солей, кг/час;

$C_н, C_в, C_с$ – теплоемкость нефти, воды и солей, кДж/(кг К);

$C_с$ = I,55 кДж/(кг К) = 0,37 ккал/кг

$t_{вых}, t_{вх}$ – температура выхода и входа эмульсии.

2) Определяется средняя температура эмульсии в трубах:

$$\bar{t} = \frac{t_н + t_{вых}}{2}$$

3) По формуле (I) или (3), с учетом режима движения, определяется коэффициент теплоотдачи от стенки трубы к эмульсии; по формуле (5) определяется температура наружной стенки трубы, она не должна превышать 523 К(250°С).

4) С учетом температуры стенки трубы находится средняя четная теплонапряженность труб (см.пункт.3.4).

Если расчетная температура наружной стенки превышает 523 К (250°С), то в формулу (4) подставляется значение Т ст.н = 523 К как предельно допустимое

5) Тепловая мощность печи определяется по формуле:

$$Q = F \cdot \bar{q} \quad (20)$$

Если тепловая мощность по расчету получается выше паспортного значения, в дальнейшем пользуемся последним. В этом случае считаем, что условия теплоотдачи от труб к эмульсии соответствуют паспортным требованиям печи.

6) При расчетной тепловой мощности, меньшей полученной при подсчете по п.п.I, необходимо произвести изменение обвязки печи (уменьшить число потоков, если позволяет перепад давления, или изменить технологическую схему установки). В отдельных случаях необходимо перейти с прямого нагрева эмульсии на схему с нагревом циркулирующей воды или увеличить число печей. В последнем случае необходимо вновь провести проверочный расчет печей.

7) Гидравлическое сопротивление змеевиков печей (потери напора) определяется по формуле Дарси-Вейсбаха

$$\Delta P = \lambda \frac{l_э}{d} \cdot \frac{W^2}{2g}, \qquad (21)$$

где ΔP – потери напора в печи, кг/см^2;

$l_э$ – эквивалентная длина змеевика, м

$$l_э = n \cdot l_{тр} + (n-1)\psi \cdot d, \qquad (22)$$

где n – число труб;

$l_{тр}$ – длина трубы, м;

ψ – коэффициент местного сопротивления в отводах;

d – эквивалентный гидравлический диаметр.

Определение типа труб (гладкие или шероховатые) производится при помощи неравенства :

$$\frac{K}{d_э} > \frac{30}{Re^{0,275}}, \qquad (23$$

где K – абсолютная шероховатость стенки, м;

$d_э$ – эквивалентный гидравлический диаметр, м.

При соблюдении неравенства трубы относятся к шероховатым;

в противном случае трубы считаем гладкими.

Величины коэффициентов гидравлических сопротивлений определяем по формулам, приведенным в табл.3.

Таблица 3

Re	Коэффициент гидравлического сопротивления	
	шероховатые трубы	гладкие трубы
$0 < Re < 2320$	$64/Re$	$64/Re$
$2320 < Re < 800000$	$\frac{I}{(I,I4+2lg\frac{d}{\kappa})^2}$	-
$Re > 300000$	$0,I9\sqrt[3]{\kappa/d}$	-
$2320 < Re < I0^6$	-	$\frac{0,3I64}{Re^{0,25}}$
$I0^6 < Re < 3\ I0^6$	-	$0,0032 + \frac{0,22I}{Re^{0,227}}$
$Re > 3\ I0^6$		$\frac{0,857}{(lgRe)^{2,4}}$

6.2. Исходя из практических данных, а также с учетом конструктивных параметров печей, в табл.4 приведены важнейшие характеристики выпускаемых печей

Таблица 4

Показатели	ПТБ-I0	ПТ-I60/I00м	БН-2М
I	2	3	4
I. Паспортная тепловая мощность, МВт	II,6	I,9	6,3
2. Поверхность нагрева(по жидкости), $м^2$	I25	47,4	83

I	2	3	4
3. Диаметр труб: внутренний, м	0,I43	0,096	0,706
диаметр жаровой трубы, наружный, м	-	-	0,63
4. Число труб, шт.	4 x 8 = 32	23	4
5. Длина труб, м	8,7	6,0	I0,0
6. Расчетная теплонапряженность труб, кВт/м²	92,8	40,I	75,9
7. Тепловая мощность (по практическим данным), МВт	8-II,6	0,5-I,4	2,6-6,0
то же Гкал/час	7-I0	0,7-I,2	2,3-5,2

6.3. Вместо поверочного расчета для выпускаемых блочных печей можно использовать номограммы, построенные по вышеприведенной методике.

Номограммы для печей ПТБ-I0, ПТ-I60/I00М, блока нагрева БН-2М (аналогичного БН-5,4) приведены на рис.I,2.

После определения вязкостных характеристик эмульсии при средней температуре жидкости в печи подсчитывается расход эмульсии по трубам (из расчета на один змеевик при многопоточной обвязке). Из точки шкалы расходов, соответствующей найденному расходу, проводим вертикальную линию до пересечения с кривой найденной вязкости. От точки пересечения проводим горизонтальную линию до шкалы тепловой мощности. Эксплуатация печей рекомендуется на режимах, находящихся правее линии вязкости.

Прямолинейные участки кривых (в нижней части номограммы) соответствуют ламинарному режиму движения эмульсии, недопустимому в печах. Эксплуатация печей с тепловой мощностью, превышающей проектную или найденную по номограммам, приводит к перегреву

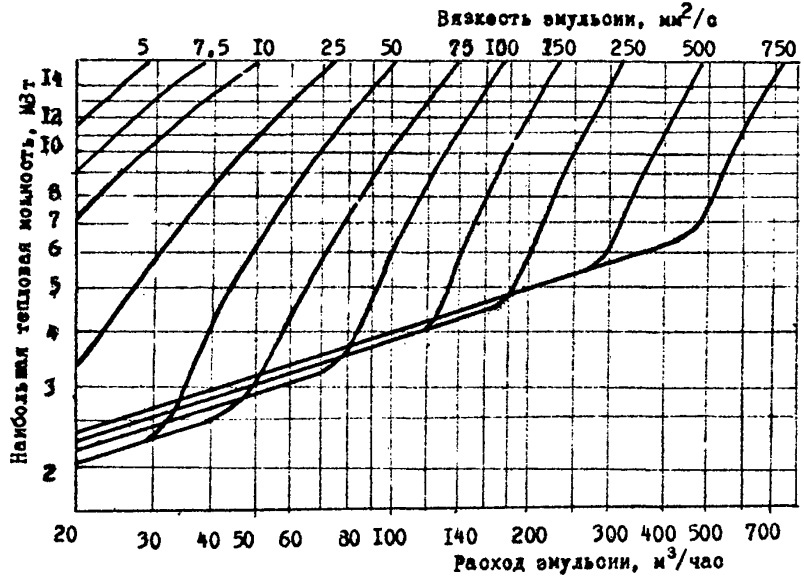
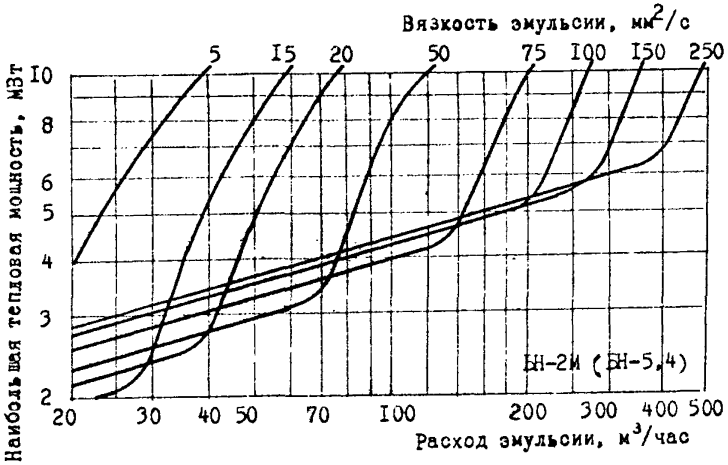


Рис.I. Номограмма для определения тепловой мощности печи ПТБ-10



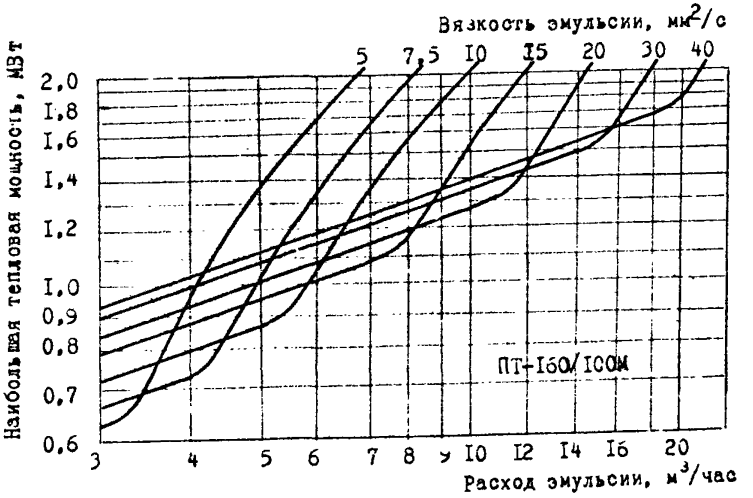


Рис.2. Номограммы для определения тепловой мощности печей БН-2М (БН-5,4) и ПТ-I60/I00М

труб и быстрому росту осадков солей и кокса.

Использование номограммы позволяет оперативно принимать решение о переобвязке труб в печи или об изменении технологической привязки печей на установке.

При необходимости по номограммам можно определить требуемый расход эмульсии через змеевик и печь, задаваясь проектной тепловой мощностью и вязкостью эмульсии.

7. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ОБЪЕМНЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ

7.I. Поверочный расчет объемных нагревателей при погружении жаровых труб в воду может быть сокращен за счет принятия предельной средней тепловой напряженности поверхности нагрева $\bar{q}_{пр} = 32{,}2$ кВт/м^2.

Наибольшая тепловая мощность определяется по формуле (20), расход эмульсии по формуле (I9).

Рекомендуемые значения тепловой мощности объемных нагревателей, деэмульсаторов и путевых нагревателей приведены в таблице 5.

Таблица 5

Марка (тип) аппарата	Поверхность нагрева, м^2	Тепловая мощность МВТ (Гкал/час)	
		по паспорту	по опытным данным
I	2	3	4
НН-I,6	3I,2	I,9 (I,6)	I,0(0,9)
НН-6,3	I30,0	7,3 (6,3)	4,2(3,6)
СП-I000	9,0	0,58(0,5)	0,3(0,25)
ДГ-I600	3I,2	I,9(I,6)	I,0(0,9)
УДО-2Н	45,6	I,74(I,5)	I,5(I,3)

I	2	3	4
УДО-3	68	4,I(3,5)	2,2(I,9)
УДО-3Н	74	4,I(3,5)	2,4(2,I)
ШН-0,4	-	0,46(0,4)	до 0,5(0,44)
ШН-0,63	-	0,72(0,63)	до 0,7(0,6I)
ШН-I,6	-	I,84(I,6)	до 2,0(I,7)

Расчет теплообменного змеевика путевых подогревателей производится по обычным формулам теплообмена.

7.2. При погружении жаровых труб в слой эмульсии (для деэмульсаторов УДО-3Н, УД-I500/6 и нагревателей НН-I,6 при обратном проходе эмульсии) поверочный расчет производится в соответствии с п.п.5.3. Допускается, при нагреве нефтей с плотностью до 880 кг/м^3, использовать значение предельной средней тепловой напряженности поверхности нагрева $\bar{q}_{пр}$ = I3,3 кВт/м^2. В этом случае поверочный расчет упрощается (см.п.7.I).

Для ориентировочного определения тепловой напряженности погруженных в эмульсию жаровых труб можно пользоваться графиком рис.3. График составлен для нефтей различной вязкости, при наличии на жаровой трубе слоя осадков, толщиной до 10 мм. Определение тепловой мощности производится по формуле (20).

7.3. Производительность блочного совмещенного нагревателя-деэмульсатора определяется как реальной тепловой мощностью, так и возможностями получения глубоко обезвоженной (до I% объемн.) нефти.

Производительность деэмульсатора УДО-3 может определяться по номограммам (см.рис.4), построенным по практическим данным.

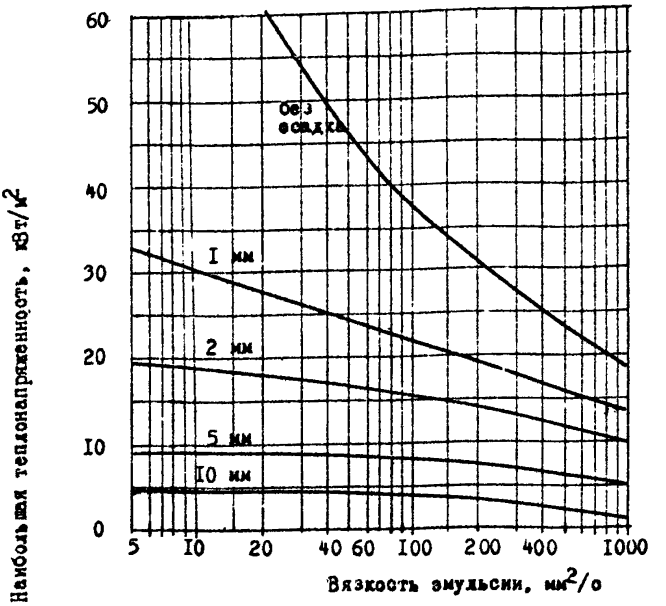


Рис.3. Зависимость предельно-допустимой тепловой напряженности жаровых труб от кинематической вязкости эмульсии, в которую они погружены, и от толщины слоя осадка отложений

Перепад температур при заданных расходе и обводненности эмульсии (или обратная задача) находятся по номограмме "в" (см. рис.4). Определив температуру нагрева эмульсии, по номограмме "а" находим вязкость нефти при рабочих условиях . Для этого на номограмме "а" проставляем точки, соответствующие вязкости нефти при двух температурах (обычно это 20 и 50°С). Через точки проводится прямая, точка ее пересечения с горизонтальной линией, соответствующей рабочей температуре. Для примера на номограмме показано нахождение вязкости нефти при температуре 49°С, равной 5,2 сст.

На монограмме "б" по пересечению прямых найденной вязкости и разностей плотностей воды и нефти находим, проводя из точки пересечения линию под 45°, допустимую производительность. В приведенном примере она равна 2000 т/руб.

Для деэмульсатора УДО-3Н показатели, полученные по номограммам рис.4, следует увеличить в 1,2 раза.

8. РАСЧЕТ ОТДЕЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ ПРИ ОТСУТСТВИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

8.1. Расчет плотности нефти при различных температурах производятся по формуле

$$\rho_T = \rho_{293} - \beta(T-293), \qquad кг/м^3 \qquad (24)$$

где β – коэффициент объемного расширения

$$\beta = 0{,}1828 - 0{,}132\rho_{293}$$

Плотность эмульсии определяется по формуле

$$\rho_э = \rho_н \cdot (1-\beta) + \rho_в \cdot \beta \qquad (25)$$

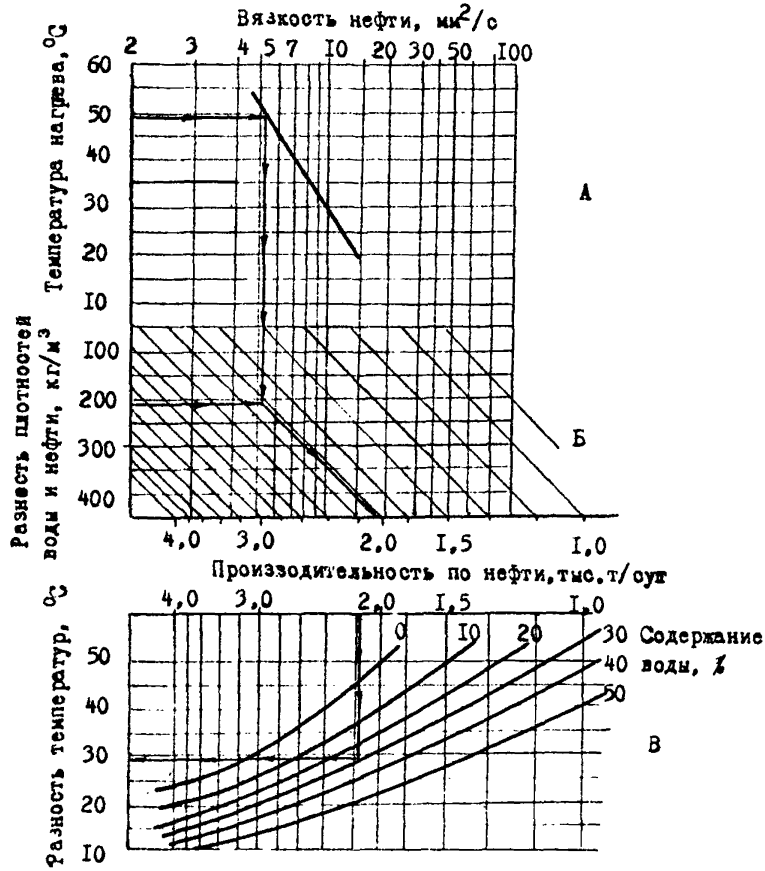


Рис.4. Номограммы для определения тепловой мощности и производительности отстойного отсека УДО-3

где $\rho_э, \rho_н, \rho_в$ – плотность эмульсии, нефти и воды при рабочей температуре ;

B – относительное содержание воды в эмульсии .

8.2. Вязкость нефти при различных температурах может определяться по результатам замера вязкости при двух температурах, обычно при 293 и 323К (20 и 50°С). Кинематическая вязкость при других температурах определяется при номограмме Вальтера или по формуле

$$\lg\lg(\nu+0{,}5)=a+b\lg T \qquad (26)$$

Вязкость эмульсии может определяться по формулам:

$$\mu_э=\mu_н\frac{\sqrt[3]{1/B}}{\sqrt[3]{1/B-1}} \qquad \text{Па.с} \qquad (27)$$

$$\nu_э=\frac{\nu_н\cdot\rho_э}{\rho_н}\cdot\frac{\sqrt[3]{1/B}}{\sqrt[3]{1/B-1}} \qquad м^2/с \qquad (28)$$

8.3. Удельная теплоемкость нефти может быть определена по формуле Крэга

$$C_н=\frac{4{,}19(0{,}403-0{,}00081t)}{\sqrt{\rho^{288}_{277}}} \qquad \text{кДж/(кг·К)} \qquad (29)$$

где t – температура, °С

ρ^{288}_{277} – относительная плотность нефти при 288 К(15°С)

Удельная теплоемкость эмульсии с достаточной точностью определяется по формуле

$$C_э=B\cdot C_в+(1-B)\cdot C_н \qquad \text{кДж/(кг К)} \qquad (30)$$

8.4. Коэффициент теплопроводности нефти определяется по формуле Крэга

$$\lambda_н=\frac{0{,}1172}{\rho^{288}_{277}}(1-0{,}00054t) \qquad \text{Вт/(м.К)} \qquad (31)$$

где t – температура, °С;

ρ^{288}_{277} – относительная плотность нефти при 288 К(15°С)

Коэффициент теплопроводности эмульсии "вода в нефти"

определяется по формуле Б.Миснара

$$\lambda_э = \lambda_н \cdot \left[1 + B \frac{1 - \frac{\lambda_н}{\lambda_в}}{1 - B^{1/3}\left(1 - \frac{\lambda_н}{\lambda_в}\right)}\right] \qquad (32)$$

Или усреднением коэффициентов теплопроводности, полученных по формулам:

$$\lambda_э' = \lambda_в \cdot B + \lambda_н (1 - B) \qquad (33)$$

$$\lambda_э'' = \frac{1}{\frac{B}{\lambda_в} + \frac{1 - B}{\lambda_н}} \qquad (34)$$

$$\lambda_э = \frac{\lambda_э' + \lambda_э''}{2}$$

где: $\lambda_н, \lambda_в, \lambda_э$ – удельная теплопроводность нефти, воды и эмульсии, Вт/(м.К);

B – относительное массовое содержание воды в эмульсии.

Для эмульсии "нефть в воде" формула Б.Миснара принимает вид:

$$\lambda_э = \lambda_в \left[1 + (1 - B) \cdot \frac{1 - \frac{\lambda_в}{\lambda_н}}{1 - (1 - B)^{1/3}\left(1 - \frac{\lambda_в}{\lambda_н}\right)}\right] \qquad (35)$$

Л И Т Е Р А Т У Р А

I. Нормативная методика теплового расчета трубчатых печей. РТМ 26-02-40-77, ВНИИнефтемаш, I977

2. Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод. М., Энергия, I973

3. "Методика расчета трубчатых печей" ЦКБН, I982

4. Методические указания к курсу "Расчеты трубчатых печей". М., ЦНИИТЭнефтехим, I975.

5. Антипов А.И. "О теплообмене в водонефтяных эмульсиях." В кн. "Вопросы интенсификации процессов добычи и совершенствования технологии подготовки нефти"(сборник трудов ТатНИИнефть), Альметьевск, I973, с.I96-202.

6. Антипов А.И. Исследование теплообмена и эффективности использования теплообменной аппаратуры в условиях подготовки обводненных нефтей к транспорту по магистральным нефтепроводам. Кандидатская диссертация, К I8I3I8, МИНХ и ГП, I976 , 236с.

7. Прогнозирование выпадения гипса из пластовых вод в нефтепромысловом оборудовании. Панов В.А. и др. РНТС "Нефтепромысловое дело", I978, № I0, с.9-I2.

8. Чурин В.Н. Номограмма для определения эксплуатационной характеристики деэмульсационной установки УДО-3. РНТС"Нефтепромысловое дело", I98I, № 5, с.29-30.

9. Чурин В.Н. Пути повышения эффективности работы жаровых нагревателей. РНТС "Машины и нефтяное оборудование", I98I, № 6, с.20-23.

I0. Чурин В.Н., Зарипов А.Г., Муравьева А.Б. Исследование процесса отложения гипса при подготовке нефти. РНТС "Нефтепромысловое дело", I980, № I, с.30-32.

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ ТЕПЛООБМЕНА В НАГРЕВАТЕЛЯХ НЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

РД 39-I-IO73-84

Издание ВНИИСПТнефти
450055, г.Уфа, пр.Октября, I44/3
Редактор Л.В.Батурина
Технический редактор Л.А.Кучерова

Подписано к печати I.IO.84г. П0I745
Формат 60x90/I6. Уч.-изд.л. I,4. Тираж 200 экз.
Заказ 172

Ротапринт ВНИИСПТнефти

gost.e-ecolog.ru