

Технологии перекачки
высоковязких и
высокозастывающих нефтей
("горячая" перекачка)

Бадретдинов Э.Э. 4143-41

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ТРУБОПРОВОДНОГО
ТРАНСПОРТА ВЫСОКОВЯЗКОЙ
НЕФТИ

Аномальные свойства проявляют сорта высоковязкой и высокозастывающей нефти. Такие нефти, как правило, содержат большое количество парафиновых углеводородов и относятся к классу т.н. **неньютоновских жидкостей**.

Нефть называется **высоковязкой** (ВВН), если её вязкость при минимальной температуре окружающей трубопровод среды велика настолько, что перекачка такой нефти связана с большими потерями напора.

Нефть называется **высокозастывающей**, если температура её застывания равна или выше минимальной температуры окружающей трубопровод среды.

Классификация нефти по кинематической вязкости ν :

$\nu < 10$ сСт – маловязкая;

$10 < \nu < 35$ сСт – средневязкая;

$35 < \nu < 100$ сСт – с повышенной вязкостью;

$1 < \nu < 5$ Ст – высоковязкая;

$\nu > 5$ Ст – сверхвязкая.

$1 \text{ Ст (Стокс)} = 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}; \quad 1 \text{ сСт (сантистокс)} = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}.$

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВВН

В расчётах, связанных с перекачкой ВВН по трубопроводам, используются параметры:

1. **Плотность ρ** – масса жидкости, содержащаяся в единице объёма (кг/м³);
2. **Кинематическая вязкость $\nu = \frac{\mu}{\rho}$** – отношение динамической вязкости жидкости к её плотности (СИ: м²/с; несист.: Ст = 10⁻⁴ м²/с, сСт = 10⁻⁶ м²/с);
3. **Температура застывания $T_{заст.}$** – температура, при которой жидкость остаётся неподвижной в течение 1 мин в пробирке стандартных размеров, наклонённой под углом 45° к горизонту (К, °С);
4. **Удельная теплоёмкость c_V** – количество теплоты, необходимое для нагревания единицы массы жидкости на 1 градус (Дж/(кг·К), Дж/(кг·°С));
5. **Коэффициент теплопроводности λ_n** – количество теплоты, проходящее через 1 м² площади жидкости за единицу времени при единичном температурном градиенте (Вт/(м·К)).

При гидравлических расчётах перекачки ВВН по трубопроводам используются следующие соотношения:

1. Зависимость плотности нефти от температуры:

$$\rho(T) = \rho_0 [1 + \xi(20 - T)] \quad (1)$$

где T – температура, при которой рассчитывается плотность ($^{\circ}\text{C}$); ρ_0 – плотность при стандартных условиях (температура 20°C , давление атмосферное) ($\text{кг}/\text{м}^3$); ξ – коэффициент температурного объёмного расширения ($1/^{\circ}\text{C}$).

2. Зависимость вязкости нефти от температуры, выражающаяся формулой Рейнольдса – Филонова:

$$\nu(T) = \nu_1 e^{-a(T-T_1)} \quad (2)$$

где ν_1 – известное значение вязкости нефти ($\text{м}^2/\text{с}$ или Ст) при некоторой температуре T_1 (К или $^{\circ}\text{C}$); a – коэффициент термовязкограммы ($1/^{\circ}\text{C}$):

$$a = \frac{1}{T_2 - T_1} \ln \frac{\nu_1}{\nu_2} \quad (3)$$

где ν_2 – ещё одно известное значение вязкости нефти при температуре T_2 .

3. Формула для расчёта температуры застывания нефти:

$$T_{заст} = \frac{-4,254(\ln v_{50})^2 + 48,347 \ln v_{50} - 59,5}{1 + 0,184 \ln v_{50}} \quad (4)$$

где v_{50} – кинематическая вязкость нефти при температуре 50 °С (сСТ).

4. Формула для расчёта удельной теплоёмкости нефти:

$$c(T) = \frac{31,56}{\sqrt{\rho_0}} (762 + 3,39 \cdot T) \quad (5)$$

где T – температура, при которой рассчитывается удельная теплоёмкость (К).

5. Формула для расчёта коэффициента теплопроводности нефти:

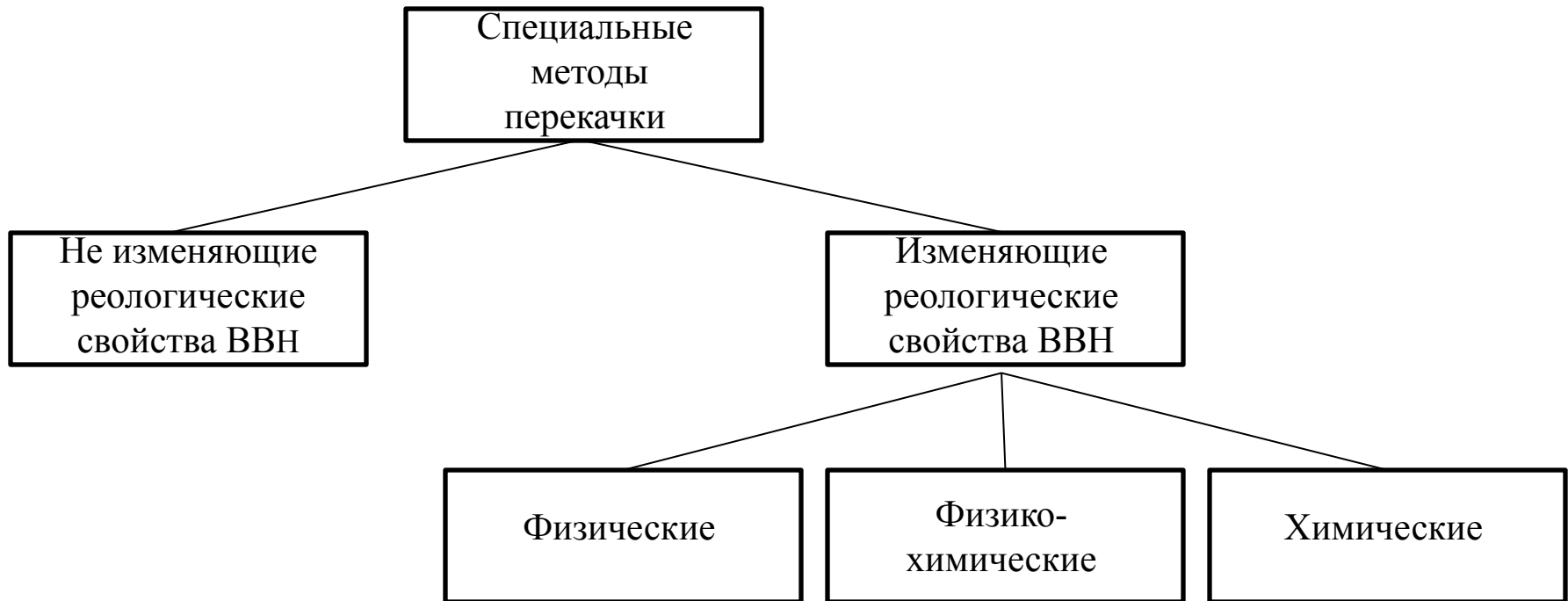
$$\lambda_n = \frac{156,6}{\rho_0} (1 - 0,00047 \cdot T) \quad (6)$$

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ
(ТЕХНОЛОГИИ)
ПЕРЕКАЧКИ ВВН
ПО ТРУБОПРОВОДУ

Цели применения специальных методов (технологий) перекачки ВВН:

1. Обеспечение заданного расхода ВВН в трубопроводе, а также соответствия величин потерь напора на трение и напора, создаваемого НПС.
2. Предотвращение застывания ВВН при остановках перекачки.

Общая классификация специальных методов перекачки





Физико-химические методы

```
graph TD; A[Физико-химические методы] --- B[1. Перекачка ВВН в виде эмульсии «нефть в воде» со стабилизирующими ПАВ]; A --- C[2. Перекачка ВВН в смеси с маловязкими углеводородными разбавителями (МУР)]; A --- D[3. Перекачка термически обработанной ВВН]; A --- E[4. Применение депрессорных присадок];
```

1. Перекачка ВВН в виде эмульсии «нефть в воде» со стабилизирующими ПАВ

2. Перекачка ВВН в смеси с маловязкими углеводородными разбавителями (МУР)

3. Перекачка термически обработанной ВВН

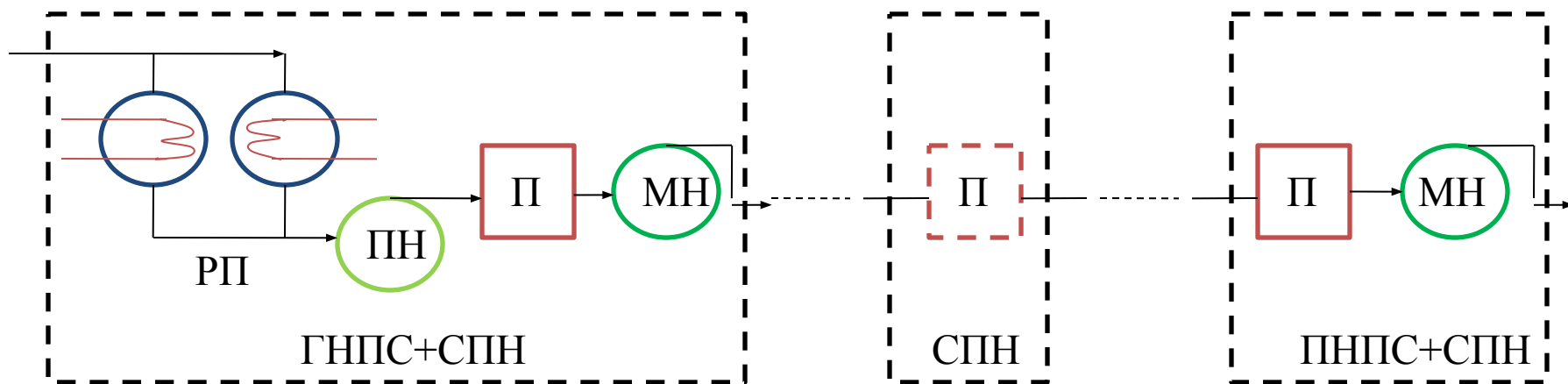
4. Применение депрессорных присадок

МЕТОД ПЕРЕКАЧКИ ВВН С
ТОЧЕЧНЫМ ПОДОГРЕВОМ
(«ГОРЯЧАЯ» ПЕРЕКАЧКА)

«Горячей» перекачкой называется специальный метод (технология) перекачки, при котором ВВН нагревается в отдельных пунктах, расположенных на трассе НП (точечный подогрев).

Нагрев осуществляется с **целью** снижения вязкости нефти и, как следствие, уменьшения потерь напора на трение.

Принципиальная схема НП, ведущего «горячую» перекачку



РП – резервуарный парк с подогреваемыми резервуарами; ПН – подпорные насосы; П – подогреватель; МН – магистральные насосы; ГНПС – головная нефтеперекачивающая станция; СПН – станция подогрева нефти; ПНПС – промежуточная нефтеперекачивающая станция.

ВВН подогревается вначале на СПН, совмещённой с ГНПС, а затем на остальных СПН, которые могут быть совмещены с ПНПС или располагаться отдельно на трассе НП.

На СПН располагается несколько подогревателей, а также оборудование, обеспечивающее их работу.

Резервуары на трассе «горячего» НП оборудуются дополнительным подогревом.

Дистанция расположения СПН определяется теплогидравлическим расчётом и зависит от:

- физико-химических свойств ВВН;
- температуры подогрева (после СПН);
- расхода перекачки.

Максимально возможная температура подогрева определяется:

- термостойкостью изоляции труб;
- деструкцией молекул нефти;
- возможностью коксования нефти в подогревателях.

Типы подогревателей:

- паровые;
- огневые.