

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  $\nu$ :*

$\nu < 10$  сСт – маловязкая;

$10 < \nu < 35$  сСт – средневязкая;

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

$1 < \nu < 5$  Ст – высоковязкая;

$\nu > 5$  Ст – сверхвязкая.

$1$  Ст (Стокс) =  $10^{-4}$  м<sup>2</sup>/с;     $1$ сСт (сантистокс) =  $10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с.

# ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВВН

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

- 1. Плотность  $\rho$**  – масса жидкости, содержащаяся в единице объёма (кг/м<sup>3</sup>);
- 1. Кинематическая вязкость  $\nu = \frac{\mu}{\rho}$**  – отношение динамической вязкости жидкости к её плотности (СИ: м<sup>2</sup>/с; несист.: Ст = 10<sup>-4</sup> м<sup>2</sup>/с, сСт = 10<sup>-6</sup> м<sup>2</sup>/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);
- 3. Удельная теплоёмкость  $c_V$**  – количество теплоты, необходимое для нагревания единицы массы жидкости на 1 градус (Дж/(кг·К), Дж/(кг·°С));
- 3. Коэффициент теплопроводности  $\lambda_n$**  – количество теплоты, проходящее через 1 м<sup>2</sup> 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 ( $^{\circ}\text{C}$ );  $\rho_0$  – плотность при стандартных условиях (температура  $20^{\circ}\text{C}$ , давление атмосферное) ( $\text{кг}/\text{м}^3$ );  $\xi$  – 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  $\nu_1$  – 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  $\nu_2$  – 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:

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

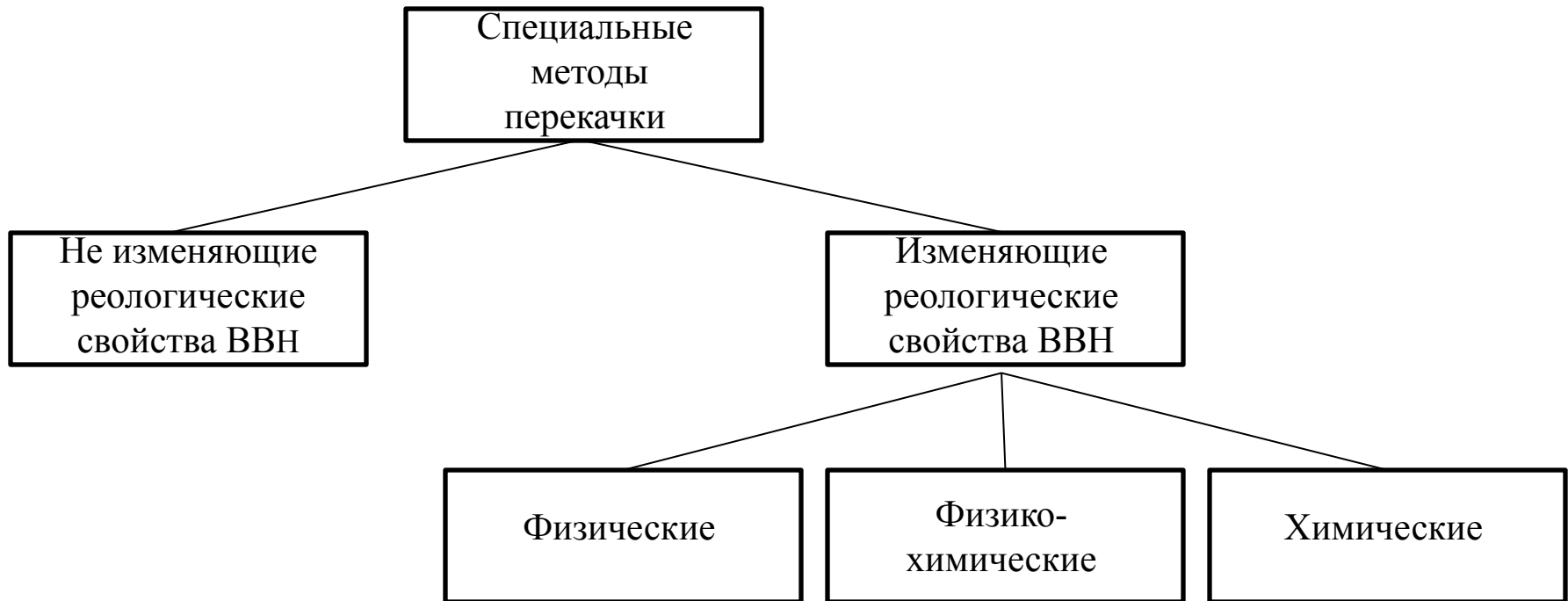
ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ  
(ТЕХНОЛОГИИ)  
ПЕРЕКАЧКИ ВВН  
ПО ТРУБОПРОВОДУ



**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**

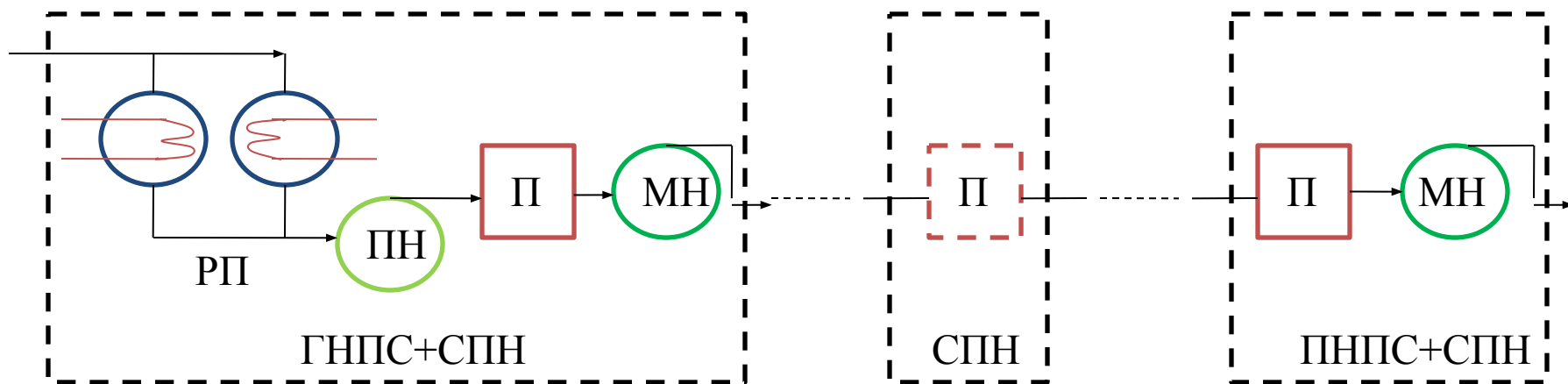
**4. Применение депрессорных присадок**

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.