1 ТРУБОПРОВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ  
ВЫСОКОВЯЗКИХ И ВЫСОКОЗАСТЫВАЮЩИХ НЕФТЕЙ

1.1 Краткая теория по трубопроводному транспорту высоковязких и высокозастывающих нефтей

В практике эксплуатации трубопроводов наиболее распространенным способом транспортировки высоковязких и высокозастывающих нефтей и нефтепродуктов является их перекачка с подогревом. Такую перекачку часто называют «горячей». В этом случае нефть или нефтепродукт нагревают на головной перекачивающей станции и насосами закачивают в трубопровод. По мере продвижения жидкость теряет свою температуру, и при необходимости ее снова нагревают на промежуточных пунктах подогрева (тепловых станциях). По данной технологии работает один из самых крупных горячих трубопроводов «Узень – Гурьев – Куйбышев».

Изменение температуры нефти (охлаждение) по длине трубопровода описывается формулой Шухова:

, (1.1)

где  - безразмерный параметр Шухова;

t0 – температура окружающей среды;

tн – температура нефти в начале трубопровода;

D, L – диаметр и длина трубопровода;

G – массовый расход нефти;

Ср – теплоемкость нефти;

К – полный коэффициент теплопередачи от нефти в окружающую среду.

На трубопроводах большого диаметра при перекачке парафинистых нефтей при расчетах учитываются работа трения потока, которая превращается в теплоту, и скрытая теплота кристаллизации парафина. Последние два фактора приводят к тому, что температура нефти в конце трубопровода может быть на несколько градусов больше, чем определенная по формуле Шухова (1.1).

В общем случае в «горячем» трубопроводе может быть два режима течения: турбулентный и ламинарный.

Длину турбулентного участка можно найти из (1.1) при условии t = tкр:

, (1.2)

где tкр – критическая температура, при которой происходит переход с турбулентного режима на ламинарный;

Кт – полный коэффициент теплопередачи при турбулентном режиме от нефти в окружающую среду.

Длина ламинарного участка будет

. (1.3)

Критическая температура нефти определяется формулой

, (1.4)

где Q – объемный расход нефти в трубопроводе;

Reкр = 2000 – критическое значение числа Рейнольдса при переходе от турбулентного к ламинарному режиму;

ν\* - известная вязкость при известной температуре t\*.

Точность расчетов по формуле Шухова (1.1) зависит в значительной степени от достоверности полного коэффициента теплопередачи.

Таким образом, если выполняется неравенство

tк < tкр < tн, (1.5)

то в трубопроводе существуют два участка – с турбулентным и ламинарным режимами одновременно.

Если tкр ≥ tн, то в трубопроводе только турбулентный режим; при tкр ≤ tк – только ламинарный режим (здесь рассматриваются только ньютоновские нефти и нефтепродукты).

**Задача. *Определить режим течения нефти в трубопроводе диаметром Dвн = … м и производительностью Q = … м3/ч. Начальная температура нефти tн = 55°С, конечная tк = 18°С. Коэффициент крутизны вискограммы   
u = 0,6 1/°С. Нефть при …°С имеет вязкость …·10-6 м2/с.***

**Варианты**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Dвн,**  **м** | **Q,**  ***м3/ч*** | **Вязкость ν,**  ***× 10-6 м2/с*** | **Температура,**  ***°С*** |
| 1 | 0,8 | 2160 | 40 | 30 |
| 2 | 0,72 | 2135 | 50 | 39 |
| 3 | 0,9 | 2120 | 73 | 64 |
| 4 | 0,7 | 2200 | 53 | 40 |
| 5 | 0,63 | 2210 | 41 | 21 |
| 6 | 0,85 | 2148 | 51 | 40 |
| 7 | 0,9 | 2133 | 39 | 20 |
| 8 | 1,1 | 2195 | 54 | 45 |
| 9 | 0,73 | 2187 | 62 | 50 |
| 10 | 0,5 | 2163 | 70 | 59 |
| 11 | 0,82 | 2155 | 44 | 31 |