Задача №1

Определение толщины стенки подземного трубопровода.

Расчет ведется (по безмоментной теории расчета, как для оболочки, работающей на внутреннее давление).

Толщина стенки трубы, работающей под давлением, определяется по формуле: , (3.1)

где n – коэффициент перегрузки по рабочему давлению, принимается равным для всех газо- и нефтепроводов условным диаметром до 700 мм – 1,1, а большим – 1,15;

R1 – расчетное сопротивление материала труб растяжению или сжатию:

, (3.2)

где  - нормативное сопротивление растяжению или сжатию материала труб и сварных швов, равное минимальному значению  (табл. 3,5);

 - коэффициент условий работы (зависит от категории трубопровода, принимается в соответствии со СНиП 2.05.06-85\*) (табл. 3.1);

- коэффициент безопасности по материалу (зависит от характеристики трубы и марки стали) (табл. 3.2);

- коэффициент надежности (зависит от вида перекачиваемого продукта, диаметра и давления) (табл. 3.3).

При наличии в трубопроводе продольной силы для определения толщины стенки трубы применяется формула:

, (3.3)

где  - коэффициент, учитывающий двухосное напряженное состояние металла труб, определяемый по формуле: , (3.4)

где - продольное осевое напряжение от расчетных нагрузок и воздействий в МПа.

Продольное осевое напряжение от расчетных нагрузок и воздействий определяется по формуле:

, (3.5)

где  - коэффициент линейного расширения металла труб, град-1;

- перепад температур (принимается со знаком + при нагревании);

- модуль упругости стали.

Если > 0, то напряжения растягивающие и =1.

Если напряжения сжимающие то, коэффициент рассчитывается по формуле 3.4

Таблица 3.1

|  |  |
| --- | --- |
| Категория магистральных трубопроводов и их участков |  |
| В | 0,6 |
| I | 0,75 |
| П | 0,75 |
| Ш | 0,9 |
| IV | 0,9 |

Таблица 3.2

|  |  |
| --- | --- |
| Характеристика труб | Значение k2 |
| Термически упрочненные трубы из стали марки Х60 | 1,2 |
| Прямошовные экспандированные трубы из стали марки 16Г2САФ, 14Г2САФ, 17Г1С, 17ГС | 1,15 |
| Горячекатанные термически упрочненные трубы из стали марки 14Г2САФ, 14ХГС, 10Г2С1, 09Г2С | 1,1 |
| Спиральношовные трубы из горячекатанной низколегированной стали марки 17Г2СФ, 17Г1С | 1,1 |

Таблица 3.3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Условный диаметр трубопроводов  Dу, мм | Значение коэффициента надежности | | | |
| Для газопроводов, в зависимости от внутреннего давления, Р, МПа | | | Для нефте- и продуктопроводов |
|  |  |  |
| 500 и менее | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 600-1000 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1 |
| 1200 | 1,05 | 1,05 | 1,1 | 1,05 |
| 1400 | 1,05 | 1,1 | 1,15 | 1,1 |

.

Варианты задачи №3 приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.5

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Марка стали | Размеры труб, мм | | Механические свойства | |
|  |  |  | Толщина стенки | ,Мпа  не менее | , Мпа  не менее |
| 1.Термически упрочненные трубы | | | | | |
| 1 | Х60 | 1420 | 16,5; 17,5; 19,5; 205; 25 | 600 | 420 |
| 2 | Х60 | 1220 | 10,5; 12,5 | 600 | 420 |
| П. Прямошовные экспандированные трубы | | | | | |
| 3 | 16Г2САФ | 1020 | 9; 10; 10,5; 12 | 600 | 420 |
| 4 | 14Г2САФ | 1220 | 11; 11,5; 13; 15 | 570 | 400 |
| 5 |  | 1020 | 9,5; 10; 11; 12,5; 14 | 570 | 400 |
| 6 | 17Г1С | 1220 | 12; 12,5; 14,5; 15,2 | 520 | 360 |
| 7 |  | 1020 | 10,11, 12, 14 | 520 | 360 |
| 8 | 17ГС | 820 | 8,5; 9; 10; 10,5; 11, 12 | 520 | 360 |
| 9 |  | 720 | 7,5; 8; 8,5; 9; 10; 11; 12 | 520 | 360 |
| 10 |  | 530 | 6; 6,5; 7; 7,5; 8; 9 | 520 | 360 |
| Ш. Горячекатанные прямошовные трубы | | | | | |
| 11 | 14Г2САФ | 1020 | 10, 11,5 | 550 | 380 |
| 12 | 14ХГС | 1020 | 10,5; 11; 12; 12,5 | 500 | 350 |
| 13 |  | 720 | 7,5; 8; 9; 10,5; 11 | 500 | 350 |
| 14 |  | 530 | 7,5;.8; 9 | 500 | 350 |
| 15 | 10Г2С1 | 530 | 7; 8; 9 | 500 | 360 |
| 16 | 09Г2С | 530 | 7; 8; 9 | 500 | 350 |
| IV. Спиральношовные трубы | | | | | |
| 17 | 17Г2СФ | 1220 | 12 | 550 | 380 |
| 18 |  | 1020 | 10; 11,5 | 550 | 380 |
| 19 |  | 820 | 8; 9,5; 10; 11; 11,5 | 550 | 380 |
| 20 | 17Г1С | 1220 | 12,5 | 520 | 360 |
| 21 |  | 1020 | 10,5 | 520 | 360 |
| 22 |  | 820 | 8; 10; 11,5; 12 | 520 | 360 |
| 23 |  | 720 | 7,5; 8; 8,5; 9; 10; 10,5; 12 | 520 | 360 |

Варианты решения задачи 1

Таблица 3.6

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  вар | Вид тр-да | Категория участка тр-да | Рабочее (нормат) давление  Р, МПа | Наружный диаметр  тр-да  Dн, мм | Характе-ристика  Труб  (см.табл.  3.5) | Марка стали  (см. табл. 3.5) | Темпе-ратурный  перепад |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | Газо-провод | I | 7,5 | 1420 | 1 | 1 | 20 |
| 2 | П | 7,0 | 1220 | 4 | 4 | 30 |
| 3 | Ш | 6,5 | 1020 | 3 | 3 | 40 |
| 4 | IV | 5,4 | 820 | 8 | 8 | 50 |
| 5 | Ш | 6,0 | 720 | 13 | 13 | 60 |
| 6 | Нефте-провод | 1 | 6,0 | 1020 | 5 | 5 | 40 |
| 7 | П | 5,5 | 820 | 19 | 19 | 45 |
| 8 | Ш | 5,0 | 720 | 9 | 9 | 35 |
| 9 | В | 6,0 | 530 | 24 | 24 | 30 |
| 10 | IV | 7,5 | 1220 | 20 | 20 | 20 |

Для всех вариантов принять: 

Коэффициент линейного расширения металла трубы - 

Модуль упругости металла – 2,1 х 105  МПа

.

Задача №2

**Расчет необходимого количества перекачивающих станций**

**однониточного магистрального нефтепровода**

**Исходные данные** (приняты по варианту №1).Производительность нефтепровода  нефти в год, кинематическая вязкость нефти , плотность нефти при расчетной температуре , протяженность трубопровода , разность геодезических отметок конца и начала нефтепровода  давление на выходе из насосной станции 

**Порядок расчета:**

1. Диаметр трубопровода (ориентировочно) выбираем в соответствии с табл. 2.1. В нашем примере наружный диаметр  при толщине стенки ; расчетный внутренний диаметр составляет:

 (2.1)

Таблица 2.1. Зависимость диаметра трубопровода от производительности

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наружный диаметр, , мм | Толщина стенки,  , мм | Производительность,  , млн.т/год | Рабочее давление, Р, Мпа |
| 530 | 8 | 6,5 | 5.5 |
| 9 | 8,5 | 6,5 |
| 720 | 9 | 14 | 5,0 |
| 11 | 18 | 6,0 |
| 820 | 10 | 22 | 4,6 |
| 11 | 26 | 5,8 |
| 1020 | 11 | 42 | 4,6 |
| 14 | 50 | 5,7 |
| 1220 | 12 | 70 | 4,6 |
| 12,5 | 78 | 5,4 |

2. Определяем скорость движения нефти в трубопроводе по формуле:

, (2.2)

где  - часовая подача нефти (м3/с):

; (2.3)

***N*** – число дней в году (365 дней);

 - производительность нефтепровода, млн.т/год;

 - плотность нефти, т/м3.

1. Определяем гидравлический уклон по формуле:

 (2.4)

где  - коэффициент гидравлического сопротивления;

- ускорение силы тяжести (.

Коэффициент гидравлического сопротивления зависит от режима движения жидкости по трубопроводу; последний определяется в зависимости от значения числа Рейнольдса:

 (2.5)

Для определения  рекомендуется пользоваться следующими формулами.

При до 2040: ; (2.6)

При  от 2041 до2800: ; (2.7)

При >2800: . (2.8)

В нашем примере , , .

1. Количество перекачивающих станций определяется по формуле:

, (2.9)

таким образом, получаем, что требуется 4 насосные станции.

Таблица 2.2. Варианты задачи № 2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вариан-та | , млн.т/год | , км | , см/с | , т/м3 | , м | , м ст. перек. жидк. |
| 1 | 70 | 400 | 0,45 | 0,85 | 100 | 550 |
| 2 | 8,5 | 500 | 0,88 | 0,884 | 180 | 650 |
| 3 | 10 | 1000 | 0,93 | 0,885 | 170 | 500 |
| 4 | 12 | 1200 | 0,87 | 0,883 | 160 | 500 |
| 5 | 14 | 1400 | 0,72 | 0,882 | 150 | 500 |
| 6 | 18 | 1600 | 0,45 | 0,878 | 140 | 600 |
| 7 | 22 | 1800 | 0,31 | 0,877 | 130 | 460 |
| 8 | 26 | 1000 | 0,28 | 0,876 | 120 | 580 |
| 9 | 32 | 1200 | 0,30 | 0,876 | 100 | 600 |
| 10 | 36 | 1400 | 0,36 | 0,877 | 90 | 600 |

Задача №3

Расчет необходимого количества транспортных средств

При сооружении магистральных трубопроводов основной объем транспортных работ приходится на перевозку отдельных труб и секций труб с промежуточных трубосварочных баз.

С железнодорожной станции или из речных или морских портов трубы необходимо доставить в зависимости от схемы сварочно-монтажных работ или на трубосварочную базу или непосредственно на трассу.

Если трубы доставляются на промежуточные трубосварочные базы, то с этих баз на трассу необходимо перевозить сваренные секции труб (обычно сваривают 3 и реже 2 или 4 трубы).

В зависимости от конкретных условий для перевозки труб или их секций используется как колесный (автомобили с прицепом), так и гусеничный (трактор с прицепом) транспорт. Желательно, чтобы трубовозы-плетевозы были одной марки. Это существенно упрощает эксплуатацию автопарка и прицепов.

При решении транспортных задач решается два главных вопроса:

* выбор типа (марки) трубовоза (плетевоза);
* определение необходимого числа транспортных средств на период строительства трубопровода.

При выборе типа (марки) транспортных средств следует учитывать вес труб, длину и вес секций, а также конкретные условия района строительства (время года, сложность трассы и т.д.).

Необходимое число транспортных средств на период строительства трубопровода определяется по формуле:

, (6.1)

где - необходимое число одновременно работающих машин;

- общий вес намечаемого к перевозке груза , т;

- фактическая грузоподъемность машины, т (перегруз или недогруз допускается в пределах % от номинальной грузоподъемности машины);

 - расстояние перевозки груза, км;

- средняя скорость движения машин, соответственно с грузом и порожняком, км/час;

время, необходимое, соответственно для погрузки и выгрузки груза, час;

 - коэффициент использования рабочего времени, учитывающий состояние дорог, климатические условия и другие факторы. При расчетах  принимается равным:  =0,9 для летних условий;  =0,8 для зимних условий.

- общая продолжительность транспортных работ (перевозки грузов), месяцы;

*nсм* – число смен в месяце, *nсм =* 26,5 смен для всех вариантов;

- продолжительность работы машин за смену, час.

Если применяется схема транспортировки через трубосварочную базу, то формулу (6.1) используют дважды, сначала для транспортировки отдельных труб (), а затем для перевозки секций труб ().

Общий парк машин для перевозки труб определяем по формуле:

, (6.2)

где - коэффициент организационно-технических перерывов. Он учитывает время, необходимое для технического обслуживания автомобилей и прицепов.

Характеристика некоторых машин для транспортировки отдельных труб и секций приведены в табл. 6.1.

Предельное число труб и секций труб на трубоплетевозах показано в табл. 6.2.

Варианты задачи 6 приведены в табл. 6.3.

Таблица 6.1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип машины | Базовый автомобиль  (трактор) | Номинальная грузоподъемность (т) | Диаметры перевозимых труб или секций (мм) | Трубовоз  (плетевоз) |
| ПВ-92 | Урал-375 | 12 | 529-1420 | Трубо-плетевоз |
| ПВ-95 | Урал-4320 | 12 | - « - |
| ПВ-204 | КрАЗ-255Б | 19 | - « - |
| ПТК-252 | К-701 | 25 | - « - |
| ПВ-301 | МАЗ-543 | 30 | 1020-1420 |
| ПТ-301 | Т -130Б | 30 | - « - |
| ПВ-361 | МАЗ-7310 | 40 | - « - |
| ПВ-481 | МАЗ-537  «Ураган» | 50 | - « - |

Таблица 6.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка | Диаметр труб, мм | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1420 | | | 1220 | | | 1020 | | | 820 | | | 720 | | | 530 | | |
| Длина труб или секций, м | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 24 | 36 | 12 | 24 | 36 | 12 | 24 | 36 | 12 | 24 | 36 | 12 | 24 | 36 | 12 | 24 | 36 |
| ПВ-92  ПВ-95 | 1 | - | - | 2 | 1 | - | 2 | 1 | - | 5 | 2 | 1 | 5 | 2 | 1 | 7 | 4 | 2 |
| ПВ-204 | 2 | 1 | 0 | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 6 | 3 | 2 | 6 | 3 | 2 | 7 | 5 | 3 |
| ПТК-252 | 2 | 2 | 1 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 6 | 6 | 3 | 6 | 6 | 3 | 9 | 9 | 7 |
| ПВ-301  ПТ-301 | 2 | 2 | 1 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 6 | 6 | 5 | 6 | 6 | 5 | 9 | 9 | 7 |
| ПВ-361 | 2 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 9 | 9 | 9 |
| ПВ-481 | 4 | 3 | 3 | 5 | 4 | 3 | 5 | 4 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Таблица 6.3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар | Исходные данные | | | | | | | | | |
| D, мм | L, км | T, мес | , км | , км | Vгр ,  км/ч | Vпор,  км/ч | tпог, ч | tвыг, ч | tсут, ч |
| 2 | 529 | 150 | 8 | 105 | 24 | 18 | 23 | 0,25 | 0,15 | 12 |
| 3 | 720 | 60 | 4 | 70 | 18 | 16 | 21 | 0,25 | 0,15 | 8 |
| 4 | 1020 | 120 | 5 | 70 | 18 | 16 | 24 | 0,25 | 0,15 | 16 |
| 5 | 1220 | 75 | 5 | 12 | 24 | 18 | 21 | 0,25 | 0,15 | 16 |
| 6 | 1420 | 40 | 8 | 10 | 16 | 5 | 8 | 0,30 | 0,30 | 8 |
| 7 | 529 | 180 | 6 | 260 | 18 | 26 | 30 | 0,25 | 0,30 | 12 |
| 8 | 820 | 145 | 4 | 38 | 8 | 19 | 24 | 0,30 | 0,30 | 12 |
| 9 | 720 | 125 | 12 | 8 | 16 | 4 | 8 | 0,30 | 0,30 | 8 |
| 10 | 1020 | 70 | 4 | 146 | 35 | 26 | 30 | 0,25 | 0,15 | 8 |