

Практическое задание 3. Трубопроводы с самотечными участками.

Самотечным называется участок $[x_1, x_2]$ трубопровода, на котором жидкость течет неполным сечением, самотеком, под действием силы тяжести, рис. 1.

Давление в парогазовой полости над свободной поверхностью жидкости остается практически постоянным, равным упругости p_y насыщенных паров транспортируемой жидкости, поэтому течение на самотечном участке называют безнапорным. При этом разность напоров между сечениями x_1 (началом самотечного участка) и x_2 (концом самотечного участка) существует и равна разности $(z_1 - z_2)$ геодезических отметок этих сечений. Стационарные самотечные участки в трубопроводе могут существовать только на нисходящих сегментах.

Начало Π каждого стационарного самотечного участка в трубопроводе называется перевальной точкой, рис. 1. На этом рисунке представлено поведение кривой гидравлического уклона, линии $y = H(x)$, на самотечном участке. Видно, что на этом участке линия гидравлического уклона проходит параллельно оси трубопровода на расстоянии $p_y/\rho g$ от нее. Гидравлический уклон течения на самотечном участке равен абсолютной величине тангенса угла наклона профиля трубопровода к горизонту, то есть $i = \operatorname{tg} \beta$. Но значение гидравлического уклона может быть определено из физического смысла поставленной задачи.

Примеры решения типовых задач:

Профиль участка нефтепровода $L = 120$ км, $D = 529 \times 8$ мм, $\Delta = 0,2$ мм представлен таблицей:

x, км	0	20	40	60	80	100	120
z, м	50	100	150	100	200	120	40

(x - координата сечения; z - геодезическая отметка). По трубопроводу перекачивают нефть ($\rho = 780$ кг/м³, $\nu = 3$ сСт., $p_y = 0,02$ МПа) с расходом 500 м³/ч, причем давление p_k в конце участка равно 1 атм. Как изменится расход перекачки, если давление в конце участка увеличить на $\Delta p = 5$ атм.? (№39, стр.34)

Решение:

Сначала определяем гидравлический уклон i участка трубопровода. Для этого надо определить параметры d , ν , Re , ε , λ . Получаем:

$$d = 0.529 - 2 \cdot 0.008 = 0.513 \text{ м,}$$

$$(19) \Rightarrow v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 500}{3600 \cdot 3.14 \cdot 0.513^2} \cong 0.672 \text{ м/с}$$

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{0.672 \cdot 0.513}{3 \cdot 10^{-6}} = 114912,$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{d} = \frac{0.2}{513} \cong 0.39 \cdot 10^{-3},$$

$$(24) \Rightarrow \lambda = 0.11 \cdot \left(\varepsilon + \frac{68}{Re} \right)^{1/4} = 0.11 \cdot \left(0.39 \cdot 10^{-3} + \frac{68}{114912} \right)^{0.25} \cong 0.0195$$

$$(21) \Rightarrow i = \lambda(Re, \varepsilon) \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = 0.0195 \cdot \frac{1}{0.513} \cdot \frac{0.672^2}{2 \cdot 9.81} \cong 0.875 \cdot 10^{-3},$$

или 0.875 м на каждый км трубопровода.

$$\frac{p_y}{\rho \cdot g} = \frac{0.02 \cdot 10^6}{780 \cdot 9.81} \cong 2.61 \text{ м} \quad (*)$$

Определим потери напора на участке между концом трубопровода ($x=120$ км) и сечением $x=80$ км. Имеем:

$$H(80) - H(120) = i \cdot 40 = 0.875 \cdot 40 = 35 \text{ м}, \left| \frac{\text{м}}{\text{км}} \cdot \text{км} = \text{м} \right|.$$

Определим напор $H(120)$ в конце трубопровода:

$$H(120) = \frac{p_k(120)}{\rho \cdot g} + z_{120} \Rightarrow H(120) = \frac{1.0 \cdot 98100}{780 \cdot 9.81} + 40 \cong 52.82 \text{ м},$$

тогда напор $H(80)=52.8+35=87.8$ м. Но высотная отметка сечения $x=80$ км по условию составляет 200 м. Значит на сегменте $[80; 120]$ км имеется самотечный участок, а сечение $x=80$ км является перевальной точкой (см. рис.1). При этом разность высот начала самотечного участка ($z_{80}=200$ м) и его конца больше, чем $200 - 87.8=112.2$ м. При этом увеличение давления в конце участка на 5 атм. даст в конце трубопровода:

$$H(120) = \frac{p_k(120)}{\rho \cdot g} \Rightarrow H(120) = \frac{5.0 \cdot 98100}{780 \cdot 9.81} \cong 64.1 \text{ м},$$

что не способно ликвидировать самотечный участок полностью, лишь уменьшает его длину. Поэтому расход перекачки от увеличения давления в конце участка на 5 атм. при данных условиях **не изменится**.

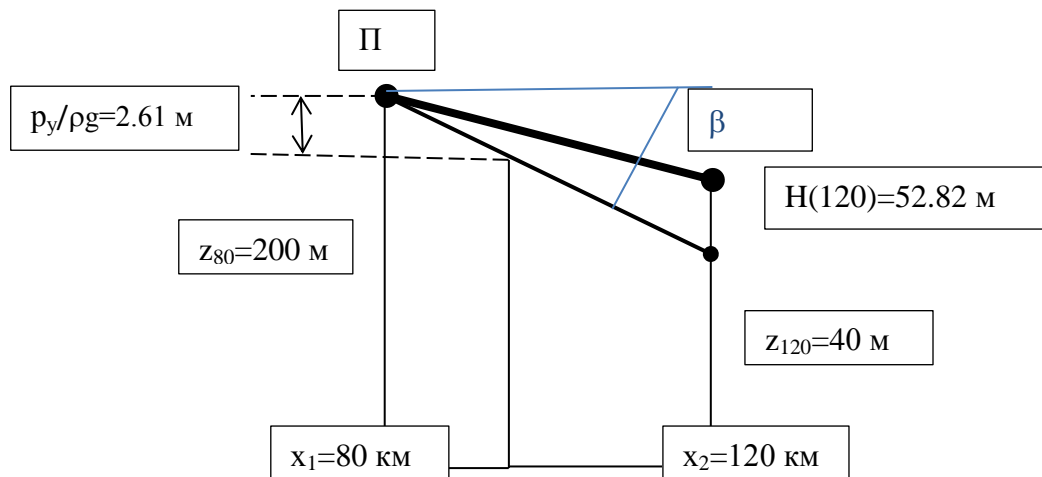


Рис.1

2.Основываясь на условии предыдущей задачи, определить, на сколько нужно увеличить расход перекачки (сохранив при этом давление в конце участка трубопровода) для того, чтобы самотечный участок, имеющийся в трубопроводе, исчез. (№40, стр.35)

Решение:

Используем все расчетные параметры предыдущей задачи. Гидравлический уклон на полностью заполненных сегментах участка трубопровода равен $i = 0.875$ м/км. Найдем напор

$H(80)$ в сечении $x = 80$ км:

$$H(80) = z_{80} + \frac{P_y}{\rho \cdot g} = 200 + \frac{0.02 \cdot 10^6}{780 \cdot 9.81} \cong 202.61 \text{ м.}$$

Определим напор $H(0)$ и давление p_n в начале участка. Имеем:

$$H(0) = H(80) + i \cdot (x_{80} - x_0) = 202.61 + 0.875 \cdot 80 \cong 272.6 \text{ м,}$$

$$p_n = \rho \cdot g \cdot [H(0) - z_n] = 780 \cdot 9.81 \cdot (272.6 - 50) = 1.703 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Для устранения самотечного участка в трубопроводе нужно чтобы гидравлический уклон составил:

$$i_{\infty} = \frac{H(80) - H(120)}{x_{120} - x_{80}} = \frac{202.61 - 52.82}{40000} \cong 3.745 \cdot 10^{-3} \text{ или } 3.75 \text{ м/км.}$$

Значит, напор $H(0)$ и давление p_n в начале участка должны быть равны:

$$H(0) = H(120) + i_{\infty} \cdot L = 52.82 + 3.745 \cdot 120 \cong 502.2 \text{ м,}$$

$$p_n = \rho \cdot g \cdot [H(0) - z_n] = 780 \cdot 9.81 \cdot (502.2 - 50) \cong 3.460 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Давление p_n должно быть увеличено на величину $3.460 - 1.703 = 1.757$ Мпа ($\cong 17.9$ атм.)

Самостоятельное задание:

1. Как изменится расход перекачки (первоначальный расход $500 \text{ м}^3/\text{ч}$), если давление в конце участка заданного трубопровода увеличить на Δp атм.? Данные профиля участка трубопровода, свойства нефтепродукта, расхода и давления в конце участка p_k приведены в таблице (x - координата сечения; z - геодезическая отметка).
2. Основываясь на условии предыдущей задачи, определить, на сколько нужно увеличить расход перекачки (сохранив при этом давление в конце участка трубопровода) для того, чтобы самотечный участок, имеющийся в трубопроводе, исчез.
3. Оформите результаты расчетов по варианту в файле Практическая_работа_3_ММЗНГК_ФИО.doc, используемые формулы наберите в EqEditor.

Таблица
Данные вариантов для самостоятельных расчетов

№ вар.	Параметры трубопровода	Профиль трубопровода							Свойства нефти	p_k , атм	Δp , атм	
		x , км	0	20	40	60	80	100				120
1	$L = 130$ км, $D = 539 \times 8$ мм, $\Delta = 0,15$ мм	z , м	65	110	160	140	120	80	50	$\rho = 780$ кг/м ³ , $\nu = 3$ сСт, $p_y = 0,02$ МПа	1,1	5,1
		x , км	0	20	40	60	80	100	120			
2	$L = 140$ км, $D = 539 \times 10$ мм, $\Delta = 0,15$ мм	z , м	55	120	150	120	110	70	50	$\rho = 770$ кг/м ³ , $\nu = 3,1$ сСт, $p_y = 0,021$ МПа	1,2	4,5
		x , км	0	20	40	60	80	100	120			

3	L = 110 км, D = 519×8мм, Δ= 0,16 мм	<table border="1"> <tr> <td>x, км</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>z, м</td> <td>60</td> <td>110</td> <td>120</td> <td>140</td> <td>100</td> <td>80</td> <td>40</td> </tr> </table>	x, км	0	20	40	60	80	100	120	z, м	60	110	120	140	100	80	40	ρ = 760 кг/м ³ , ν = 3,2 сСт, p _y = 0,022 МПа	1,3	4,6
x, км	0	20	40	60	80	100	120														
z, м	60	110	120	140	100	80	40														
4	L = 150 км, D = 539×7мм, Δ= 0,16 мм	<table border="1"> <tr> <td>x, км</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>z, м</td> <td>63</td> <td>100</td> <td>130</td> <td>120</td> <td>110</td> <td>90</td> <td>60</td> </tr> </table>	x, км	0	20	40	60	80	100	120	z, м	63	100	130	120	110	90	60	ρ = 750 кг/м ³ , ν = 3,2 сСт, p _y = 0,023 МПа	1,4	4,7
x, км	0	20	40	60	80	100	120														
z, м	63	100	130	120	110	90	60														
5	L = 100 км, D = 549×9мм, Δ= 0,17 мм	<table border="1"> <tr> <td>x, км</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>z, м</td> <td>65</td> <td>100</td> <td>140</td> <td>120</td> <td>130</td> <td>70</td> <td>50</td> </tr> </table>	x, км	0	20	40	60	80	100	120	z, м	65	100	140	120	130	70	50	ρ = 740 кг/м ³ , ν = 3,3 сСт, p _y = 0,024 МПа	1,5	4,8
x, км	0	20	40	60	80	100	120														
z, м	65	100	140	120	130	70	50														
6	L = 160 км, D = 549×10мм, Δ= 0,18 мм	<table border="1"> <tr> <td>x, км</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>z, м</td> <td>68</td> <td>112</td> <td>120</td> <td>150</td> <td>125</td> <td>85</td> <td>40</td> </tr> </table>	x, км	0	20	40	60	80	100	120	z, м	68	112	120	150	125	85	40	ρ = 775 кг/м ³ , ν = 3,4 сСт, p _y = 0,025 МПа	1,1	5,2
x, км	0	20	40	60	80	100	120														
z, м	68	112	120	150	125	85	40														
7	L = 170 км, D = 539×8мм, Δ= 0,13 мм	<table border="1"> <tr> <td>x, км</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>z, м</td> <td>60</td> <td>110</td> <td>160</td> <td>140</td> <td>120</td> <td>80</td> <td>50</td> </tr> </table>	x, км	0	20	40	60	80	100	120	z, м	60	110	160	140	120	80	50	ρ = 765 кг/м ³ , ν = 3,5 сСт, p _y = 0,026 МПа	1,1	5,1
x, км	0	20	40	60	80	100	120														
z, м	60	110	160	140	120	80	50														
8	L = 120 км, D = 519×8мм, Δ= 0,11 мм	<table border="1"> <tr> <td>x, км</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>z, м</td> <td>61</td> <td>111</td> <td>162</td> <td>140</td> <td>120</td> <td>80</td> <td>50</td> </tr> </table>	x, км	0	20	40	60	80	100	120	z, м	61	111	162	140	120	80	50	ρ = 755 кг/м ³ , ν = 3,6 сСт, p _y = 0,027 МПа	1,2	4,5
x, км	0	20	40	60	80	100	120														
z, м	61	111	162	140	120	80	50														
9	L = 160 км, D = 529×4мм, Δ= 0,17 мм	<table border="1"> <tr> <td>x, км</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>z, м</td> <td>62</td> <td>112</td> <td>164</td> <td>140</td> <td>120</td> <td>70</td> <td>50</td> </tr> </table>	x, км	0	20	40	60	80	100	120	z, м	62	112	164	140	120	70	50	ρ = 745 кг/м ³ , ν = 3,7 сСт, p _y = 0,028 МПа	1,3	4,6
x, км	0	20	40	60	80	100	120														
z, м	62	112	164	140	120	70	50														
10	L = 180 км, D = 559×8мм, Δ= 0,18 мм	<table border="1"> <tr> <td>x, км</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>z, м</td> <td>63</td> <td>115</td> <td>166</td> <td>140</td> <td>120</td> <td>81</td> <td>50</td> </tr> </table>	x, км	0	20	40	60	80	100	120	z, м	63	115	166	140	120	81	50	ρ = 780 кг/м ³ , ν = 3 сСт, p _y = 0,02 МПа	1,4	4,7
x, км	0	20	40	60	80	100	120														
z, м	63	115	166	140	120	81	50														
11	L = 130 км, D = 539×8мм, Δ= 0,15 мм	<table border="1"> <tr> <td>x, км</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>z, м</td> <td>65</td> <td>110</td> <td>160</td> <td>140</td> <td>120</td> <td>80</td> <td>50</td> </tr> </table>	x, км	0	20	40	60	80	100	120	z, м	65	110	160	140	120	80	50	ρ = 770 кг/м ³ , ν = 3,1 сСт, p _y = 0,021	1,5	4,8
x, км	0	20	40	60	80	100	120														
z, м	65	110	160	140	120	80	50														

12	L = 140 кМ, D = 539×10мм, Δ= 0,15 мм	<table border="1"> <tr> <td>x, кМ</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>z, м</td> <td>55</td> <td>120</td> <td>150</td> <td>120</td> <td>110</td> <td>70</td> <td>50</td> </tr> </table>	x, кМ	0	20	40	60	80	100	120	z, м	55	120	150	120	110	70	50	<p>МПа</p> <p>$\rho = 760$ кг/м³, $\nu = 3,2$ сСт, $p_y = 0,022$ МПа</p>	1,1	5,2
x, кМ	0	20	40	60	80	100	120														
z, м	55	120	150	120	110	70	50														
13	L = 110 кМ, D = 519×8мм, Δ= 0,16 мм	<table border="1"> <tr> <td>x, кМ</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>z, м</td> <td>60</td> <td>110</td> <td>120</td> <td>140</td> <td>100</td> <td>80</td> <td>40</td> </tr> </table>	x, кМ	0	20	40	60	80	100	120	z, м	60	110	120	140	100	80	40	<p>$\rho = 750$ кг/м³, $\nu = 3,2$ сСт, $p_y = 0,023$ МПа</p>	1,1	5,1
x, кМ	0	20	40	60	80	100	120														
z, м	60	110	120	140	100	80	40														
14	L = 150 кМ, D = 539×7мм, Δ= 0,16 мм	<table border="1"> <tr> <td>x, кМ</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>z, м</td> <td>63</td> <td>100</td> <td>130</td> <td>120</td> <td>110</td> <td>90</td> <td>60</td> </tr> </table>	x, кМ	0	20	40	60	80	100	120	z, м	63	100	130	120	110	90	60	<p>$\rho = 740$ кг/м³, $\nu = 3,3$ сСт, $p_y = 0,024$ МПа</p>	1,2	4,5
x, кМ	0	20	40	60	80	100	120														
z, м	63	100	130	120	110	90	60														
15	L = 100 кМ, D = 549×9мм, Δ= 0,17 мм	<table border="1"> <tr> <td>x, кМ</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>z, м</td> <td>65</td> <td>100</td> <td>140</td> <td>120</td> <td>130</td> <td>70</td> <td>50</td> </tr> </table>	x, кМ	0	20	40	60	80	100	120	z, м	65	100	140	120	130	70	50	<p>$\rho = 775$ кг/м³, $\nu = 3,4$ сСт, $p_y = 0,025$ МПа</p>	1,3	4,6
x, кМ	0	20	40	60	80	100	120														
z, м	65	100	140	120	130	70	50														
16	L = 160 кМ, D = 549×10мм, Δ= 0,18 мм	<table border="1"> <tr> <td>x, кМ</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>z, м</td> <td>68</td> <td>112</td> <td>120</td> <td>150</td> <td>125</td> <td>85</td> <td>40</td> </tr> </table>	x, кМ	0	20	40	60	80	100	120	z, м	68	112	120	150	125	85	40	<p>$\rho = 765$ кг/м³, $\nu = 3,5$ сСт, $p_y = 0,026$ МПа</p>	1,4	4,7
x, кМ	0	20	40	60	80	100	120														
z, м	68	112	120	150	125	85	40														
17	L = 170 кМ, D = 539×8мм, Δ= 0,13 мм	<table border="1"> <tr> <td>x, кМ</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>z, м</td> <td>60</td> <td>110</td> <td>160</td> <td>140</td> <td>120</td> <td>80</td> <td>50</td> </tr> </table>	x, кМ	0	20	40	60	80	100	120	z, м	60	110	160	140	120	80	50	<p>$\rho = 755$ кг/м³, $\nu = 3,6$ сСт, $p_y = 0,027$ МПа</p>	1,5	4,8
x, кМ	0	20	40	60	80	100	120														
z, м	60	110	160	140	120	80	50														
18	L = 120 кМ, D = 519×8мм, Δ= 0,11 мм	<table border="1"> <tr> <td>x, кМ</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>z, м</td> <td>61</td> <td>111</td> <td>162</td> <td>140</td> <td>120</td> <td>80</td> <td>50</td> </tr> </table>	x, кМ	0	20	40	60	80	100	120	z, м	61	111	162	140	120	80	50	<p>$\rho = 745$ кг/м³, $\nu = 3,7$ сСт, $p_y = 0,028$ МПа</p>	1,1	5,2
x, кМ	0	20	40	60	80	100	120														
z, м	61	111	162	140	120	80	50														
19	L = 160 кМ, D = 529×4мм, Δ= 0,17 мм	<table border="1"> <tr> <td>x, кМ</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>z, м</td> <td>62</td> <td>112</td> <td>164</td> <td>140</td> <td>120</td> <td>70</td> <td>50</td> </tr> </table>	x, кМ	0	20	40	60	80	100	120	z, м	62	112	164	140	120	70	50	<p>$\rho = 780$ кг/м³, $\nu = 3$ сСт, $p_y = 0,02$ МПа</p>	1,1	5,1
x, кМ	0	20	40	60	80	100	120														
z, м	62	112	164	140	120	70	50														

20	L = 180 км, D = 559×8мм, Δ= 0,18 мм	<table border="1"> <tr> <td>x, км</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>z, м</td> <td>63</td> <td>115</td> <td>166</td> <td>140</td> <td>120</td> <td>81</td> <td>50</td> </tr> </table>	x, км	0	20	40	60	80	100	120	z, м	63	115	166	140	120	81	50	ρ = 770 кг/м ³ , ν = 3,1 сСт, p _y = 0,021 МПа	1,2	4,5
x, км	0	20	40	60	80	100	120														
z, м	63	115	166	140	120	81	50														
21	L = 130 км, D = 539×8мм, Δ= 0,15 мм	<table border="1"> <tr> <td>x, км</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>z, м</td> <td>65</td> <td>110</td> <td>160</td> <td>140</td> <td>120</td> <td>80</td> <td>50</td> </tr> </table>	x, км	0	20	40	60	80	100	120	z, м	65	110	160	140	120	80	50	ρ = 760 кг/м ³ , ν = 3,2 сСт, p _y = 0,022 МПа	1,3	4,6
x, км	0	20	40	60	80	100	120														
z, м	65	110	160	140	120	80	50														
22	L = 140 км, D = 539×10мм, Δ= 0,15 мм	<table border="1"> <tr> <td>x, км</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>z, м</td> <td>55</td> <td>120</td> <td>150</td> <td>120</td> <td>110</td> <td>70</td> <td>50</td> </tr> </table>	x, км	0	20	40	60	80	100	120	z, м	55	120	150	120	110	70	50	ρ = 750 кг/м ³ , ν = 3,2 сСт, p _y = 0,023 МПа	1,1	5,1
x, км	0	20	40	60	80	100	120														
z, м	55	120	150	120	110	70	50														
23	L = 110 км, D = 519×8мм, Δ= 0,16 мм	<table border="1"> <tr> <td>x, км</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>z, м</td> <td>60</td> <td>110</td> <td>120</td> <td>140</td> <td>100</td> <td>80</td> <td>40</td> </tr> </table>	x, км	0	20	40	60	80	100	120	z, м	60	110	120	140	100	80	40	ρ = 740 кг/м ³ , ν = 3,3 сСт, p _y = 0,024 МПа	1,2	4,5
x, км	0	20	40	60	80	100	120														
z, м	60	110	120	140	100	80	40														
24	L = 150 км, D = 539×7мм, Δ= 0,16 мм	<table border="1"> <tr> <td>x, км</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>z, м</td> <td>63</td> <td>100</td> <td>130</td> <td>120</td> <td>110</td> <td>90</td> <td>60</td> </tr> </table>	x, км	0	20	40	60	80	100	120	z, м	63	100	130	120	110	90	60	ρ = 775 кг/м ³ , ν = 3,4 сСт, p _y = 0,025 МПа	1,3	4,6
x, км	0	20	40	60	80	100	120														
z, м	63	100	130	120	110	90	60														
25	L = 100 км, D = 549×9мм, Δ= 0,17 мм	<table border="1"> <tr> <td>x, км</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>z, м</td> <td>65</td> <td>100</td> <td>140</td> <td>120</td> <td>130</td> <td>70</td> <td>50</td> </tr> </table>	x, км	0	20	40	60	80	100	120	z, м	65	100	140	120	130	70	50	ρ = 765 кг/м ³ , ν = 3,5 сСт, p _y = 0,026 МПа	1,4	4,7
x, км	0	20	40	60	80	100	120														
z, м	65	100	140	120	130	70	50														
26	L = 160 км, D = 549×10мм, Δ= 0,18 мм	<table border="1"> <tr> <td>x, км</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>z, м</td> <td>68</td> <td>112</td> <td>120</td> <td>150</td> <td>125</td> <td>85</td> <td>40</td> </tr> </table>	x, км	0	20	40	60	80	100	120	z, м	68	112	120	150	125	85	40	ρ = 755 кг/м ³ , ν = 3,6 сСт, p _y = 0,027 МПа	1,5	4,8
x, км	0	20	40	60	80	100	120														
z, м	68	112	120	150	125	85	40														
27	L = 170 км, D = 539×8мм, Δ= 0,13 мм	<table border="1"> <tr> <td>x, км</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>z, м</td> <td>60</td> <td>110</td> <td>160</td> <td>140</td> <td>120</td> <td>80</td> <td>50</td> </tr> </table>	x, км	0	20	40	60	80	100	120	z, м	60	110	160	140	120	80	50	ρ = 780 кг/м ³ , ν = 3 сСт, p _y = 0,02 МПа	1,1	5,2
x, км	0	20	40	60	80	100	120														
z, м	60	110	160	140	120	80	50														
28	L = 120 км, D = 519×8мм, Δ= 0,11 мм	<table border="1"> <tr> <td>x, км</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>z, м</td> <td>61</td> <td>111</td> <td>162</td> <td>140</td> <td>120</td> <td>80</td> <td>50</td> </tr> </table>	x, км	0	20	40	60	80	100	120	z, м	61	111	162	140	120	80	50	ρ = 770 кг/м ³ , ν = 3,1 сСт, p _y = 0,021	1,1	5,1
x, км	0	20	40	60	80	100	120														
z, м	61	111	162	140	120	80	50														

									МПа			
29	L = 160 км, D = 529×4мм, Δ= 0,17 мм								ρ = 760 кг/м ³ , ν = 3,2 сСт, p _y = 0,022 МПа	1,2	4,5	
		x, км	0	20	40	60	80	100	120			
		z, м	62	112	164	140	120	70	50			
30	L = 180 км, D = 559×8мм, Δ= 0,18 мм									ρ = 750 кг/м ³ , ν = 3,2 сСт, p _y = 0,023 МПа	1,3	4,6
		x, км	0	20	40	60	80	100	120			
		z, м	63	115	166	140	120	81	50			
31	L = 160 км, D = 549×9мм, Δ= 0,17 мм									ρ = 740 кг/м ³ , ν = 3,3 сСт, p _y = 0,024 МПа	1,4	4,7
		x, км	0	20	40	60	80	100	120			
		z, м	65	110	160	140	120	80	50			
32	L = 150 км, D = 539×8мм, Δ= 0,16 мм									ρ = 775 кг/м ³ , ν = 3,4 сСт, p _y = 0,025 МПа	1,5	4,8
		x, км	0	20	40	60	80	100	120			
		z, м	55	120	150	120	110	70	50			
33	L = 130 км, D = 519×8мм, Δ= 0,13 мм									ρ = 765 кг/м ³ , ν = 3,6 сСт, p _y = 0,029 МПа	1,1	5,2
		x, км	0	20	40	60	80	100	120			
		z, м	60	110	120	140	100	80	40			