

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

«Уфимский государственный нефтяной технический университет»

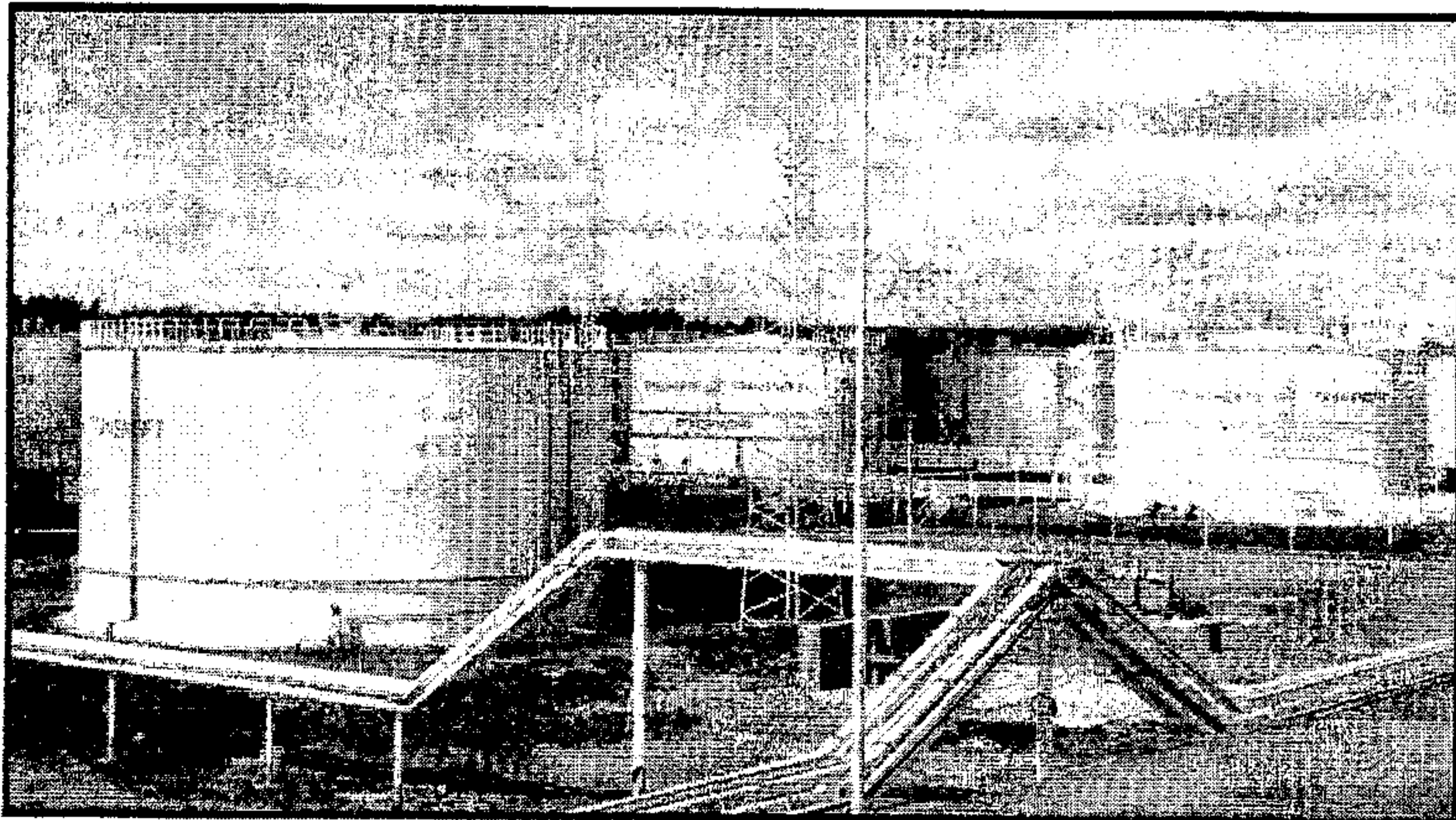
Кафедра «Транспорт и хранение нефти и газа»

## **Учебно - методическое пособие**

к практическим занятиям по курсу

### **«Проектирование и эксплуатация нефтехранилищ и автозаправочных станций»**

для студентов специальности 130501 «Проектирование, сооружение  
и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ»  
специализации 130501.1 «Проектирование и эксплуатация  
газонефтепроводов и газонефтехранилищ»



Уфа 2008

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов специальности 130501 специализации 130501.1 при изучении ими на практических занятиях дисциплины «Проектирование и эксплуатация нефтехранилищ и автозаправочных станций».

Учебно-методическое пособие содержит краткую теорию по рассматриваемым задачам, варианты заданий, методику и порядок выполнения расчетов, справочные данные, список использованных источников.

Учебно-методическое пособие предназначено для использования на практических занятиях, при курсовом и дипломном проектировании.

Составитель

Дмитриева М.В., доц., канд. техн. наук

Рецензент

Коробков Г.Е., проф., канд. техн. наук

## СОДЕРЖАНИЕ

1	Задача №1 «Гидравлический расчет сливной коммуникации»	2
2	Задача №2 «Проверка сливной коммуникации на устойчивость всасывания»	24
3	Задача №3 «Определение вероятной температуры масла в конце срока его хранения»	34
4	Задача №4 «Расчет трубчатого подогревателя»	44
5	Задача №5 «Расчет потерь автомобильного бензина от «больших дыханий»	50
	Список использованных источников	59

## 1 ЗАДАЧА №1

### «Гидравлический расчет сливной коммуникации»

#### 1.1 Теоретическое введение

Цель гидравлического расчета зависит от того, для проектируемого или действующего объекта он выполняется. Целью гидравлического расчета для проектируемого объекта является определение оптимального диаметра трубопроводов, исходя из заданной производительности (грузооборота), вязкости и плотности нефтепродукта; определение потерь напора в трубопроводных коммуникациях и подбор насосно-силового оборудования. Целью гидравлического расчета для действующего объекта является проверка соответствия установленного насосно-силового оборудования по подаче и напору новым условиям эксплуатации (изменение грузооборота, ассортимента нефтепродуктов, реконструкция технологических коммуникаций).

В обоих случаях, исходя из требуемого (имеющегося) количества сливных устройств, вычерчивается технологическая схема трубопроводной коммуникации, которая разбивается на участки, в пределах которых диаметр труб и расход нефтепродукта постоянны, и гидравлический расчет ведется по каждому участку отдельно. Полные потери напора в коммуникации определяются по формуле

$$H = h_{BC} + h_H + \Delta z + h_{ост}, \quad (1.1)$$

где  $h_{BC}$ ,  $h_H$  – потери напора соответственно во всасывающем и нагнетательном трубопроводе коммуникации;

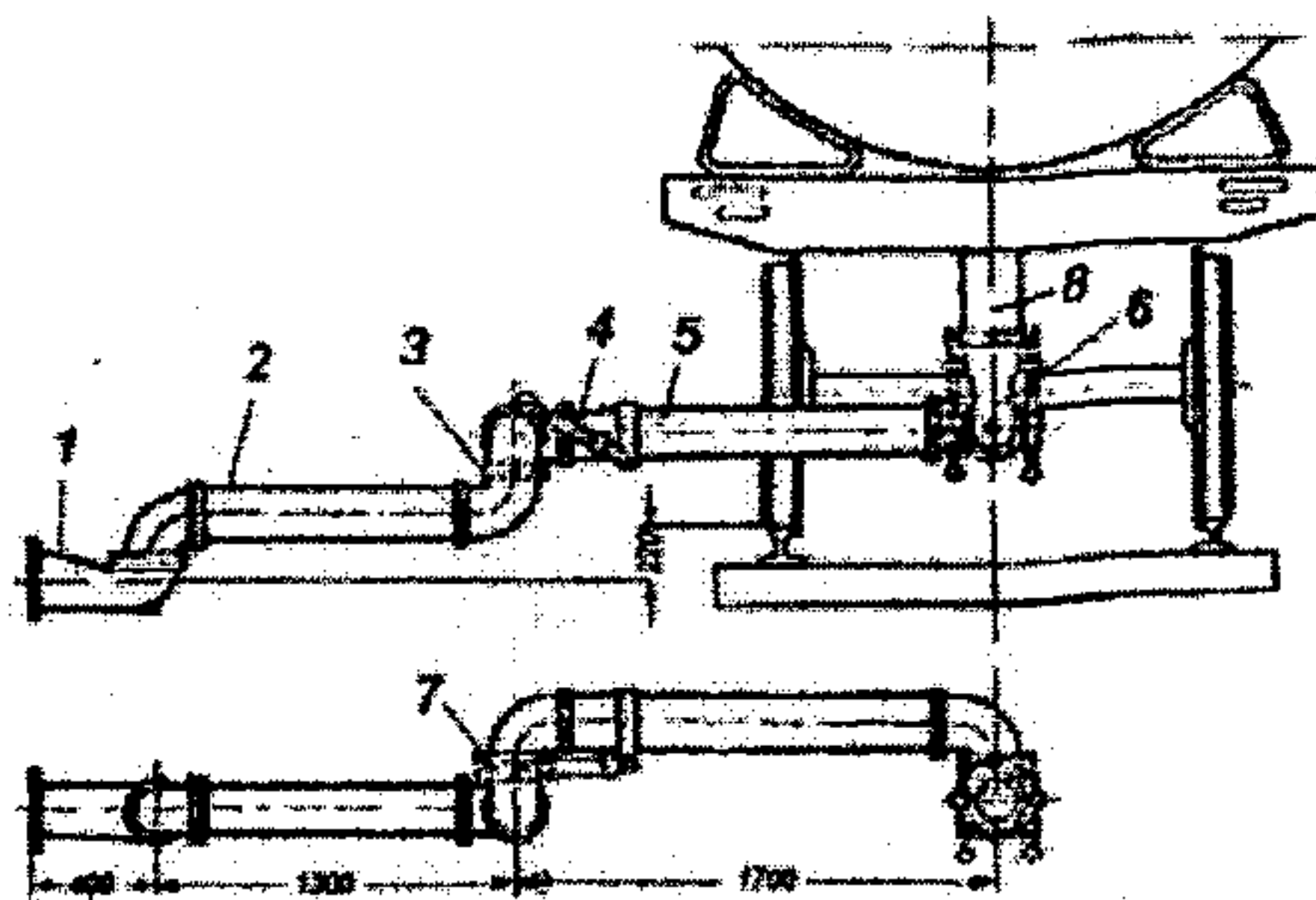
$\Delta z$  – разность геодезических отметок между конечной и начальной точками коммуникации;

$h_{ост}$  – остаточный напор в конце коммуникации.

## 1.2 Задание

Выполнить гидравлический расчет технологической коммуникации для слива нефтепродукта из железнодорожных цистерн через установки нижнего слива УСН (см. рисунок 1.1) при следующих исходных данных (см. таблицы 1.1–1.4):

- $V_{II}$  – полезный объем цистерны равен  $60 \text{ м}^3$ ;
- $G_{\text{МЕС.МАХ}}$  – максимальный месячный грузооборот, т;
- $\nu$  – кинематическая вязкость при температуре слива,  $\text{мм}^2/\text{с}$ ;
- $\rho$  – плотность нефтепродукта при температуре слива,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;
- $\Delta z$  – разность геодезических отметок, м;  $\Delta z = 5 \text{ м}$ ;
- $h_{\text{ВЗЛ}}$  – максимальный уровень разлива нефтепродукта в резервуаре;  $h_{\text{ВЗЛ}} = h_{\text{ОСТ}} = 10,5 \text{ м}$ ;
- $l_{\text{ВС}}$  – длина всасывающей коммуникации, м;
- $l_{\text{НАГ}}$  – длина нагнетательной коммуникации, м.



1 – основание; 2 – труба коренная; 3 – шарнир горизонтальный; 4 – пружинное устройство; 5 – труба концевая; 6 – соединительная головка; 7 – шарнир вертикальный; 8 – сливной прибор цистерны

Рисунок 1.1 – Принципиальная схема установки нижнего слива

Таблица 1.1 – Исходные данные к задаче «Гидравлический расчет сливной коммуникации» (группа 1)

Номер варианта	$\nu$ , мм <sup>2</sup> /с	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$G_{\text{МЕС.МАХ}}$ , Т	$l_{\text{вс}}$ , М	$l_{\text{наг}}$ , М
1	3,10	822	29800	39	103
2	5,40	830	35100	43	120
3	6,00	831	42300	55	138
4	7,50	840	50000	48	110
5	4,30	826	48900	59	120
6	5,10	828	21800	38	130
7	3,80	824	30400	60	140
8	0,65	730	26100	50	150
9	0,70	735	44200	47	160
10	0,74	738	54000	44	165
11	0,82	742	38900	56	145
12	0,90	750	20700	55	155
13	0,86	744	15400	39	170
14	0,78	740	27700	57	125
15	0,66	732	25000	35	135
16	5,00	828	49000	59	154
17	7,70	854	38000	38	142
18	5,70	832	41000	43	147
19	6,20	838	56000	54	154
20	7,30	835	28000	48	161
21	7,20	833	17400	63	128
22	5,60	831	39000	67	141
23	4,80	828	43000	52	139
24	3,90	820	57000	44	125
25	0,70	730	31000	49	133
26	0,77	742	32500	53	140
27	0,82	751	29300	61	119
28	0,87	759	51400	39	136
29	0,93	760	40600	50	146
30	0,95	770	26800	45	155
31	1,00	775	31300	58	160
32	0,78	764	47000	64	173

Таблица 1.2 – Исходные данные к задаче «Гидравлический расчет сливной коммуникации» (группа 2)

Номер варианта	$v$ , мм <sup>2</sup> /с	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$G_{\text{МЕС.МАХ.}}$ , Т	$l_{\text{вс}}$ , М	$l_{\text{наг}}$ , М
1	3,00	787	35200	60	136
2	4,50	828	38000	35	169
3	5,10	836	41000	35	136
4	5,30	832	29000	48	124
5	5,25	833	35000	56	162
6	4,90	806	48000	44	132
7	6,10	835	59000	52	171
8	6,00	835	61000	52	126
9	5,90	810	65000	41	125
10	6,40	835	29800	43	107
11	1,00	759	27100	41	125
12	4,50	833	64000	41	172
13	4,30	832	51000	57	120
14	5,00	835	49500	60	145
15	3,70	810	40700	52	149
16	4,00	835	36000	52	115
17	4,10	833	29100	45	139
18	5,10	834	37800	55	121
19	4,80	823	43000	59	120
20	3,00	809	48000	36	170
21	3,95	835	54000	58	172
22	4,10	834	56200	46	137
23	0,97	797	58000	49	114
24	3,10	835	62100	46	158
25	3,40	834	64300	56	110
26	0,96	786	29700	48	100
27	1,00	770	19500	39	169
28	0,98	797	31000	39	129
29	3,30	831	62000	54	179
30	5,15	835	39700	39	176
31	5,20	831	43500	40	102
32	0,67	753	26600	53	116

Таблица 1.3 – Исходные данные к задаче «Гидравлический расчет сливной коммуникации» (группа 3)

Номер варианта	$\nu$ , мм <sup>2</sup> /с	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$G_{\text{МЕС.МАХ}}$ , т	$l_{\text{вс}}$ , м	$l_{\text{наг}}$ , м
1	3,15	815	37500	41	123
2	3,45	827	39500	53	130
3	3,60	832	42000	48	125
4	3,78	821	43500	61	137
5	4,01	827	38500	47	127
6	4,15	834	36500	54	139
7	4,37	840	34500	62	121
8	4,44	843	32300	55	140
9	4,67	825	38700	60	120
10	4,81	831	40700	52	151
11	5,01	844	43000	66	163
12	5,15	850	43900	50	155
13	5,35	857	34200	48	166
14	5,47	861	33900	46	170
15	5,55	839	32000	51	142
16	5,62	841	30900	56	138
17	6,14	837	45000	58	143
18	6,18	829	43000	55	141
19	6,38	820	42000	54	151
20	6,42	831	44000	48	167
21	6,54	830	39800	44	171
22	6,56	829	36300	42	178
23	7,03	834	35000	41	139
24	7,12	821	32700	39	146
25	7,18	830	30800	47	154
26	7,38	835	31300	54	171
27	7,48	840	43000	51	169
28	7,51	842	42700	54	155
29	7,65	838	49000	59	167
30	7,67	827	50500	63	174
31	3,20	820	20700	45	161
32	4,50	832	21300	58	173



Таблица 1.4 – Исходные данные к задаче «Гидравлический расчет сливной коммуникации» (группа 4)

Номер варианта	$v$ , мм <sup>2</sup> /с	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$G_{\text{МЕС.МАХ.}}$ , Т	$l_{\text{вс.}}$ , М	$l_{\text{нар.}}$ , М
1	3,70	826	27800	45	115
2	3,20	829	32400	51	125
3	4,55	833	29700	37	135
4	5,01	845	30000	48	145
5	6,96	838	37000	55	155
6	7,32	825	36000	61	165
7	6,10	821	34000	70	175
8	3,70	863	28300	73	118
9	4,15	867	25900	44	128
10	5,61	839	44000	48	138
11	6,35	844	48000	39	148
12	7,44	851	52000	42	158
13	7,35	863	58000	54	168
14	3,19	821	29500	58	112
15	4,81	832	26300	62	122
16	5,41	847	41700	67	132
17	6,27	856	48000	38	142
18	7,31	861	54000	43	152
19	6,28	828	58000	45	162
20	5,40	821	61000	54	127
21	3,37	855	39000	57	137
22	4,48	841	45000	64	147
23	5,17	838	26700	66	157
24	6,21	829	32000	72	167
25	6,78	841	41800	37	131
26	7,24	858	60300	43	141
27	4,19	846	59200	47	147
28	5,31	829	48000	52	157
29	6,07	838	37700	57	167
30	7,32	843	40000	64	144
31	3,20	820	20700	45	161
32	4,50	832	21300	58	173

### 1.3 Методика расчета

#### 1 Определяем суточный грузооборот нефтепродукта

$$G_{\text{СУТ}} = \frac{G_{\text{МЕС.МАХ}}}{30}, \text{ т.} \quad (1.2)$$

#### 2 Определяем требуемое количество сливных устройств.

##### 2.1 Общая весовая норма (брутто) группы цистерн $G_{\text{СУТ}} < 700$ т.

В этом случае на нефтебазе предусматривается строительство одиночных сливных устройств или односторонней эстакады, исходя из числа одновременно обрабатываемых цистерн. Как правило, одиночные сливные устройства применяются, если число цистерн не превышает трех.

2.1.1 Слив нефтепродукта с использованием одиночных сливных устройств.

##### 2.1.1.1 Необходимое число одиночных сливных устройств

$$N = \frac{G_{\text{СУТ}}}{\rho \cdot V_{\text{Ц}}}. \quad (1.3)$$

Полученное число устройств округляется до целого значения в большую сторону.

2.1.2 Слив нефтепродукта с использованием односторонней эстакады.

##### 2.1.2.1 Определяем расчетное число маршрутов

$$N_{\text{Э}} = \frac{G_{\text{СУТ}}}{G_{\text{М}}}, \quad (1.4)$$

где  $G_{\text{М}}$  – грузоподъемность маршрута,  $G_{\text{М}} = 2-4$  тыс. т.

##### 2.1.2.2 Определяем необходимое число сливных устройств

$$N = k \cdot \frac{G_{\text{СУТ}}}{\rho \cdot V_{\text{Ц}}}, \quad (1.5)$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий количество маршрутов, поступающих на нефтебазу в сутки, определяется по таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Рекомендуемое значение коэффициента  $k$ .

Количество маршрутов	Значение коэффициента $k$
от 0,35 до 1 включительно	на 1/3 маршрута
более 1 до 3 включительно	на 1/2 маршрута
более 3 до 6 включительно	на 1 маршрут

Полученное число устройств округляется до целого значения в большую сторону.

По таблице 1.6 выбираем тип эстакады.

Таблица 1.6 - Основные сведения об эстакадах для слива и налива светлых нефтепродуктов в железнодорожные цистерны

Показатели	КС-2	КС-3	КС-4	КС-5	КС-6	КС-7	КС-8	КС-9	КС-10
Длина эстакады, м	72	108	144	180	216	252	288	324	360
Число средних звеньев	-	1	2	3	4	5	6	7	8
Число одновременно сливаемых (наливаемых) цистерн	12	18	24	30	36	42	48	54	60
Грузоподъемность маршрута (по бензину), т	800	1170	1540	1910	2280	2650	3010	3380	3750

## 2.2 Общая весовая норма (брутто) группы цистерн $G_{\text{СУТ}} > 700$ т.

В этом случае предусматривается строительство только двухсторонней эстакады, обеспечивающей маршрутный слив, независимо от числа обрабатываемых цистерн.

Выбор типа эстакады осуществляется в соответствии с п. 2.1.2 (п.п. 2.2.1, 2.2.2).

### 2.2.3 Определяем необходимое число эстакад

$$\mathcal{E} = \frac{N_{\mathcal{E}} \cdot \tau_3}{24}, \quad (1.6)$$

где  $\tau_3$  – время занятия эстакады маршрутом с учетом времени на технологические операции, подачу и уборку цистерн, ч.

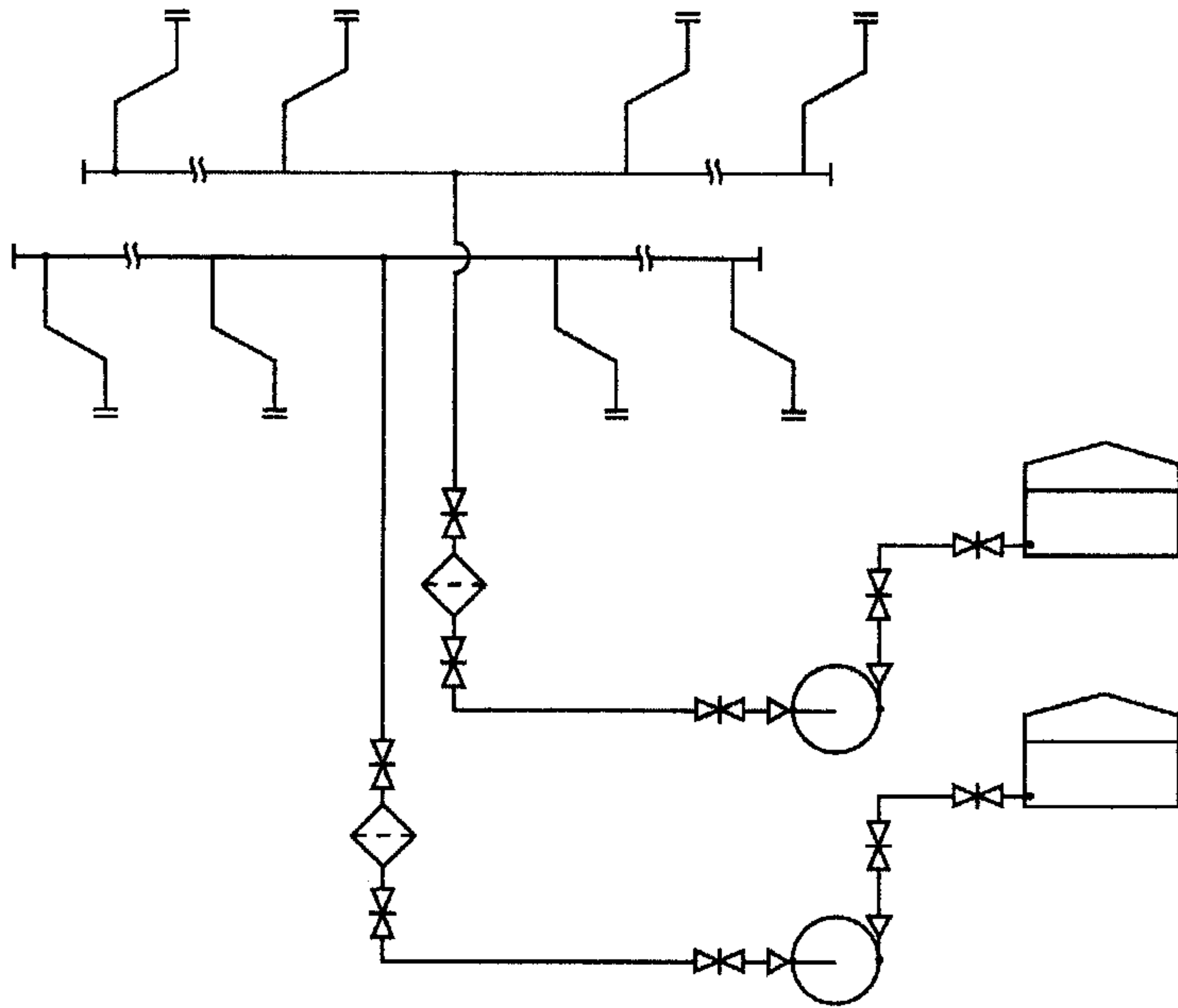
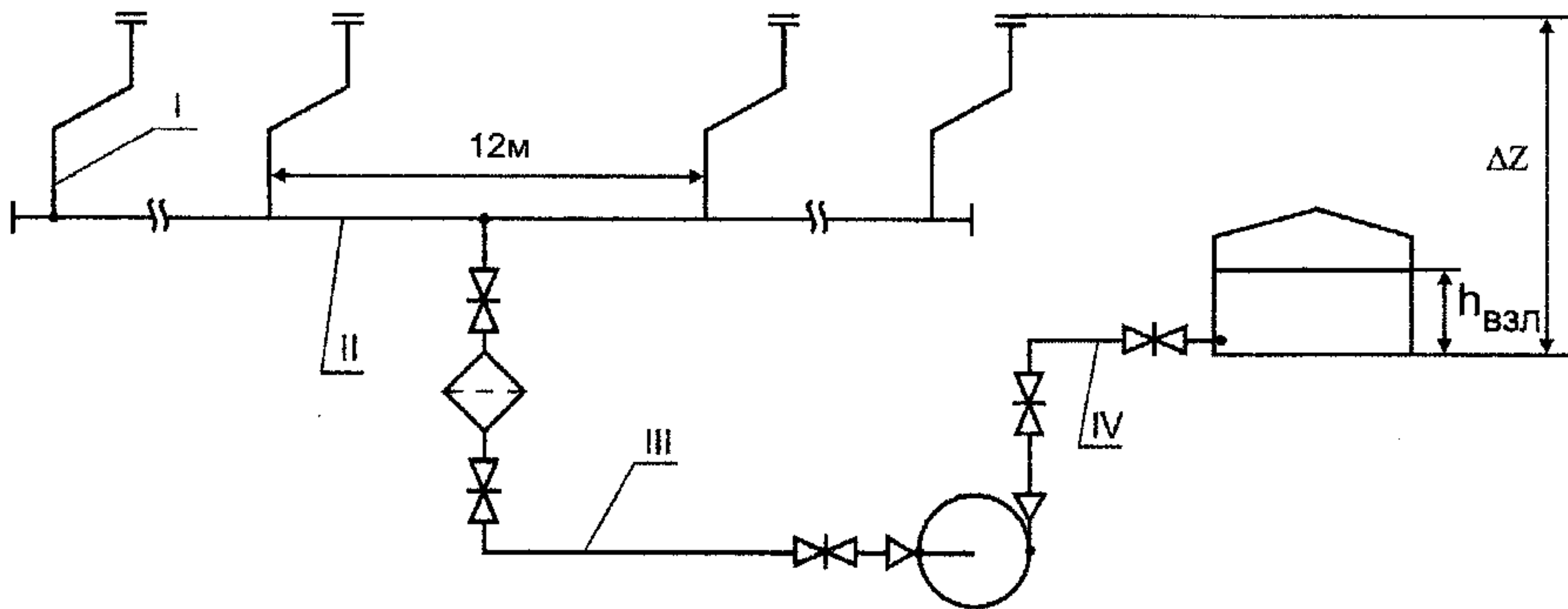
Согласно «Правилам перевозок жидких грузов наливом в вагонах-цистернах и бункерных полувагонах» время сливных операций в механизированных пунктах слива нефтепродуктов из двухосных цистерн и бункерных полувагонов принимается равным 1 ч 15 мин, из четырехосных (и более) цистерн и бункерных полувагонов – 2 ч.

Цистерны моделей 15-890, 15-892, 15-894 с полезной вместимостью  $V_{\text{Ц}} = 60 \text{ м}^3$  относятся к четырехосным.

3 Для полученного числа сливных устройств вычерчивается схема технологической коммуникации, которая разбивается на участки, в пределах которых расход постоянен (см. рисунок 1.2).

4 Определяем значения коэффициентов местных сопротивлений для каждого участка и сводим их в таблицу 1.7.

а)



б)

а) односторонняя эстакада (одиночные сливные устройства);

б) двухсторонняя эстакада;

I – установка нижнего слива (УСН); II – коллектор; III – линия всасывания; IV – линия нагнетания

Рисунок 1.2 – Расчетная технологическая схема

Таблица 1.7 - Перечень местных сопротивлений и значения их коэффициентов  $\xi$ , по участкам

Наименование местного сопротивления	Значе- ние $\xi_i$	УСН		Коллектор		Линия всасывания		Линия нагнетания	
		Кол- во	$\sum \xi_i$	Кол- во	$\sum \xi_i$	Кол- во	$\sum \xi_i$	Кол- во	$\sum \xi_i$
Сливной прибор	1,3	1							
Плавный поворот на 90°	0,23	6							
Поворотное устройство	2,0	2							
Тройник на слияние	3,0								
Тройник с поворотом	1,3								
Тройник на проход	1,1								
Задвижка	0,5								
Фильтр	1,7								
Вход трубы в резервуар	1,0								
Плавный переход	0,26								
Всего									

5 Определяем потери напора в установке нижнего слива (I участок).

5.1 Определяем расход нефтепродукта

$$q_{УСН} = \frac{V_{\text{ц}}}{\tau_{\text{СЛ}}}, \quad (1.7)$$

где  $\tau_{\text{СЛ}}$  – время непосредственного (без учета времени на вспомогательные операции: присоединение и заправка сливных

устройств, замер взлива, выполнение приемных анализов и т.п.) слива маршрута или группы цистерн не должно превышать 80 мин.

5.2 Определяем ориентировочный диаметр установки нижнего слива

$$d_{o_{УСН}} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{УСН}}{\pi \cdot w_0}}, \quad (1.8)$$

где  $w_0$  – ориентировочная скорость течения жидкости, которая зависит от вязкости нефтепродукта и назначения трубопровода (см. таблицу 1.8).

Таблица 1.8 - Рекомендуемые значения средней скорости нефтепродукта

Кинематическая вязкость нефтепродукта, мм <sup>2</sup> /с	Средняя скорость, м/с	
	на линии всасывания	на линии нагнетания
менее 11,5	1,5	2,5
от 11,5 до 27,7	1,3	2,0
от 27,7 до 72,5	1,2	1,5
от 72,5 до 145,9	1,1	1,2
от 145,9 до 438,5	1,0	1,1
от 438,5 до 877,2	0,8	1,0

Найденный ориентировочный диаметр округляем в большую сторону до ближайшего стандартного значения  $d_{УСН}$ . Условные проходы патрубков установок нижнего слива нефтепродуктов – 150, 175, 200, 250 и 300 мм.

## 5.3 Определяем скорость течения жидкости

$$w_{УСН} = \frac{4 \cdot q_{УСН}}{\pi \cdot d_{УСН}^2} \quad (1.9)$$

## 5.4 Определяем параметр Рейнольдса

$$Re = \frac{w_{УСН} \cdot d_{УСН}}{\nu} \quad (1.10)$$

## 5.5 Определяем переходные числа Рейнольдса:

$$Re_I = \frac{10}{\overline{K_э}}; \quad Re_{II} = \frac{500}{\overline{K_э}}, \quad (1.11)$$

где  $\overline{K_э}$  – относительная эквивалентная шероховатость внутренней стенки трубы.

$$\overline{K_э} = \frac{K_э}{d_{УСН}}, \quad (1.12)$$

где  $K_э$  – эквивалентная шероховатость стенки трубы (см. таблицу 1.9).

Таблица 1.9 - Эквивалентная шероховатость  $K_э$  стальных труб

Вид труб	Состояние труб	$K_э$ , мм	
		диапазон изменения	среднее значение
Бесшовные	Новые и чистые	0,001–0,02	0,014
Сварные	Новые и чистые	0,03–0,12	0,05
	С незначительной коррозией после очистки	0,1–0,2	0,15
	После нескольких лет эксплуатации	0,15–0,3	0,2
	Умеренно заржавленные	0,3–0,7	0,5
	Старые заржавленные	0,8–1,5	1
	Сильно заржавленные или с большими отложениями	2–4	3

5.6 Определяем коэффициент гидравлического сопротивления (см. таблицу 1.10).



### 5.7 Определяем приведенную длину УСН

$$l_{\text{пр УСН}} = l_{\Gamma} + \frac{d_{\text{УСН}}}{\lambda} \cdot \sum \xi_i, \quad (1.13)$$

где  $l_{\Gamma} = 3,4$  м.

Таблица 1.10 - Значения коэффициента гидравлического сопротивления  $\lambda$  в зависимости от режима течения жидкости

Режим течения		$\lambda$
ламинарный		$64/Re$
турбулентный		
зона	гидравлически гладких труб	$0,3164/Re^{0,25}$
	смешанного трения	$0,11 \cdot \left( \frac{68}{Re} + \overline{K_{\text{Э}}} \right)^{0,25}$
	квадратичного (шероховатого) трения	$0,11 \cdot \left( \overline{K_{\text{Э}}} \right)^{0,25}$

### 5.8 Определяем потери напора в УСН

$$h_{\text{УСН}} = \lambda \frac{l_{\text{пр УСН}}}{d_{\text{УСН}}} \cdot \frac{w_{\text{УСН}}^2}{2g}. \quad (1.14)$$

### 6 Определяем потери напора в коллекторе (II участок).

Расчет ведется в той же последовательности, что для УСН. Расчет выполняется для половины коллектора, поскольку левая и правая части коллектора представляют собой параллельно соединенные трубопроводы, потери напора в которых равны между собой.

В случае нечетного числа УСН, подключенных к коллектору, расчет выполняется для части коллектора с большим числом УСН.

Расход нефтепродукта в половине коллектора

$$q_K = q_{УСН} \cdot \frac{n}{2}, \quad (1.15)$$

где  $n$  – число УСН, подключенных к коллектору.

Ориентировочный наружный диаметр коллектора определяется по формуле (1.8) и округляется до ближайшего стандартного  $d_{KH}$ .

Стандартный диаметр труб коллектора (трубопроводов на линии всасывания и нагнетания) принимается в соответствии с таблицами 1.11, 1.12.

Таблица 1.11 - Бесшовные трубы (ГОСТ 550-75)

Наружный диаметр, мм	Номинальная толщина стенки, мм
48	4;5
60	4;5;6
76	4;5;6;8
89	4;5;6;7;8
108	4;5;6;7;8
114	6;7;8;9;10;11
127	6;7;8;9;10;11;12;14
133	5;6;7;8;9
146	11
152	6;7;8;9;10;11;1;14;16
159	6;7;8;9;10;11;1;14;16
168	11;12
194	7;8;9;10;12
219	8;9;10;11;12;14;16;18;20

Таблица 1.12 - Трубы сварные (ГОСТ 20295-85)

Наружный диаметр, мм	Номинальная толщина стенки $\delta$ , мм
159	4;4,5;5;5,5
168	4;4,5;5;5,5;6;7
219	4;4,5;5;5,5;6;7;8
273	4;4,5;5;5,5;6;7;8
325	4;4,5;5;5,5;6;7;8;9
351	4;4,5;5;5,5;6;7;8;9;10
377	4,5;5;5,5;6;7;8;9;10
426	5;5,5;6;7;8;9;10

Внутренний диаметр коллектора определяется по формуле

$$d_{KBH} = d_{KH} - 2 \cdot \delta.$$

Потери напора в коллекторе определяются по формуле

$$h_K = K \cdot \lambda \frac{l_{ПК}}{d_{KBH}} \cdot \frac{w_K^2}{2g}, \quad (1.16)$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий неравномерность расхода по длине коллектора;

$K = 1/2$  – при ламинарном режиме течения жидкости;

$K = 1/3$  – при турбулентном режиме течения жидкости.

7 Определяем потери напора в трубопроводе линии всасывания

$h_{BC}$ .

Расчет ведется в той же последовательности, что и для УСН.

8 Определяем потери напора в трубопроводе линии нагнетания

$h_H$ .

Расчет ведется в той же последовательности, что и для УСН.

9 Определяем полные потери напора в сливной коммуникации:

– при пустом резервуаре  $H = h_{УСН} + h_K + h_{ВС} + h_H + \Delta z$ ;

– при полном резервуаре  $H_1 = h_{УСН} + h_K + h_{ВС} + h_H + \Delta z + h_{ВЗЛ}$ .

10 По полученным значениям расхода в линии нагнетания  $q_H$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) и  $H_1$  (м) подбираем насос (см. рисунки 1.3–1.10).

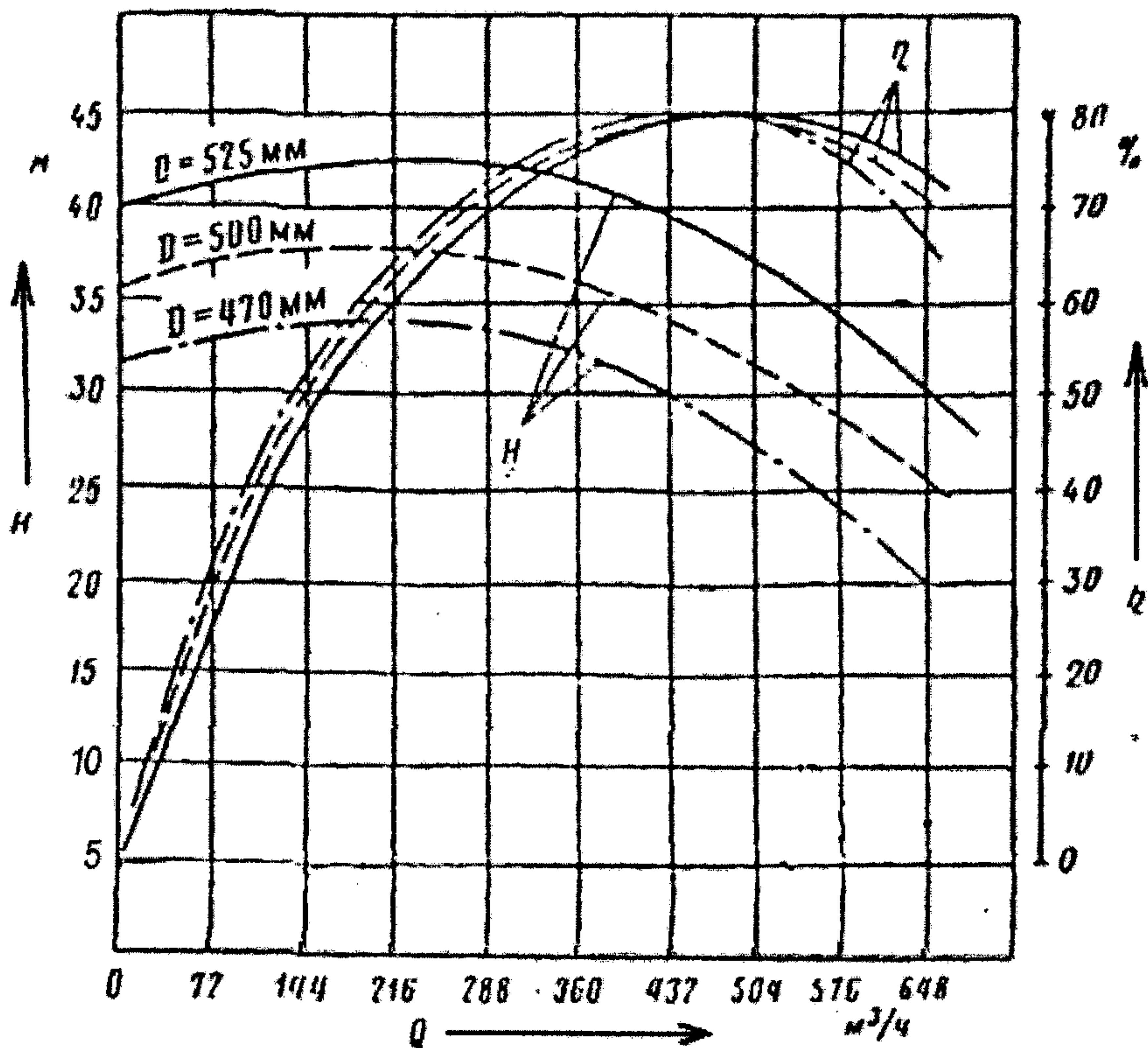


Рисунок 1.3 - Характеристика насоса 8НДв-Нм;  $n=960$  об/мин

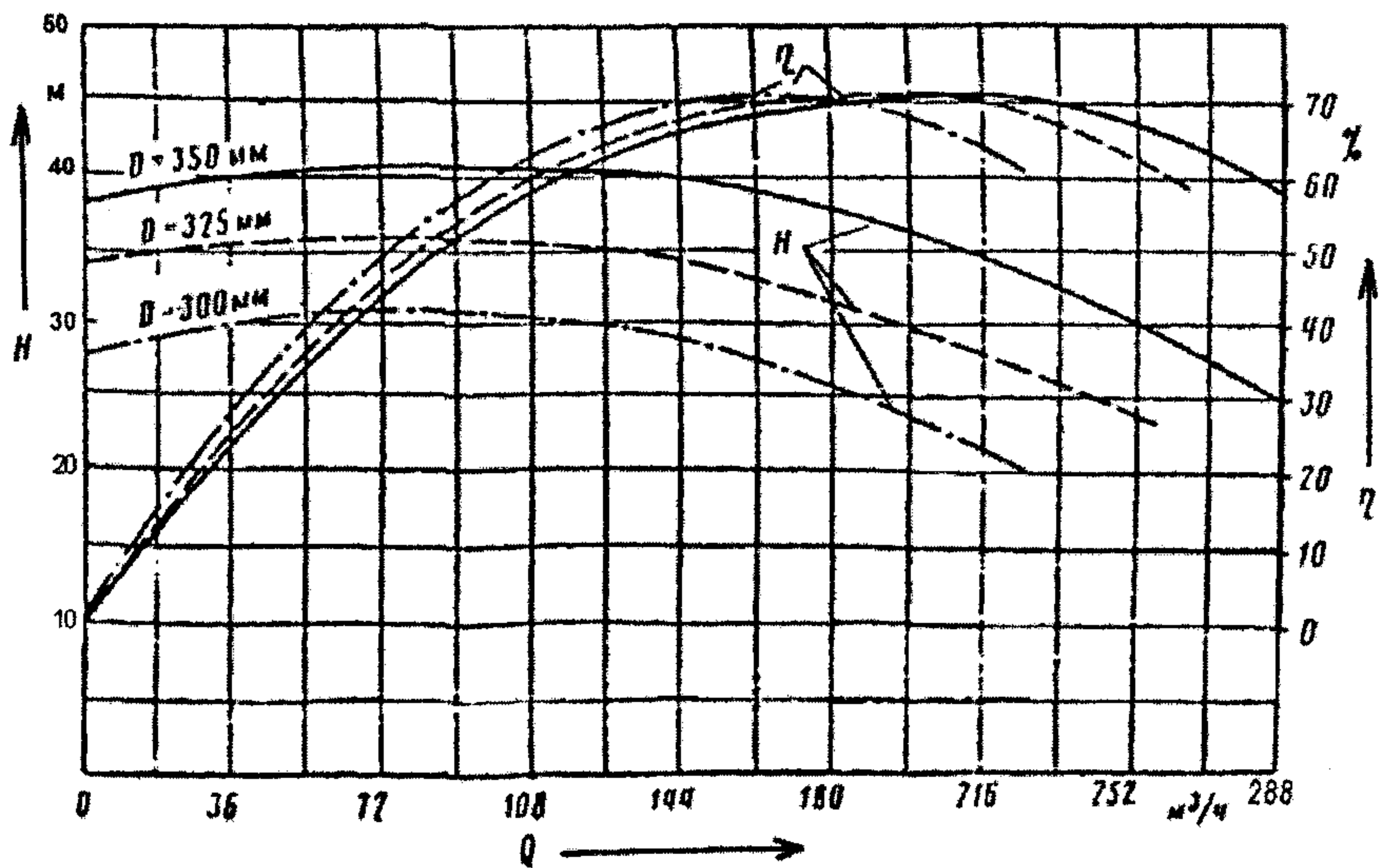


Рисунок 1.4 - Характеристика насоса 5НДв;  $n=1450$  об/мин

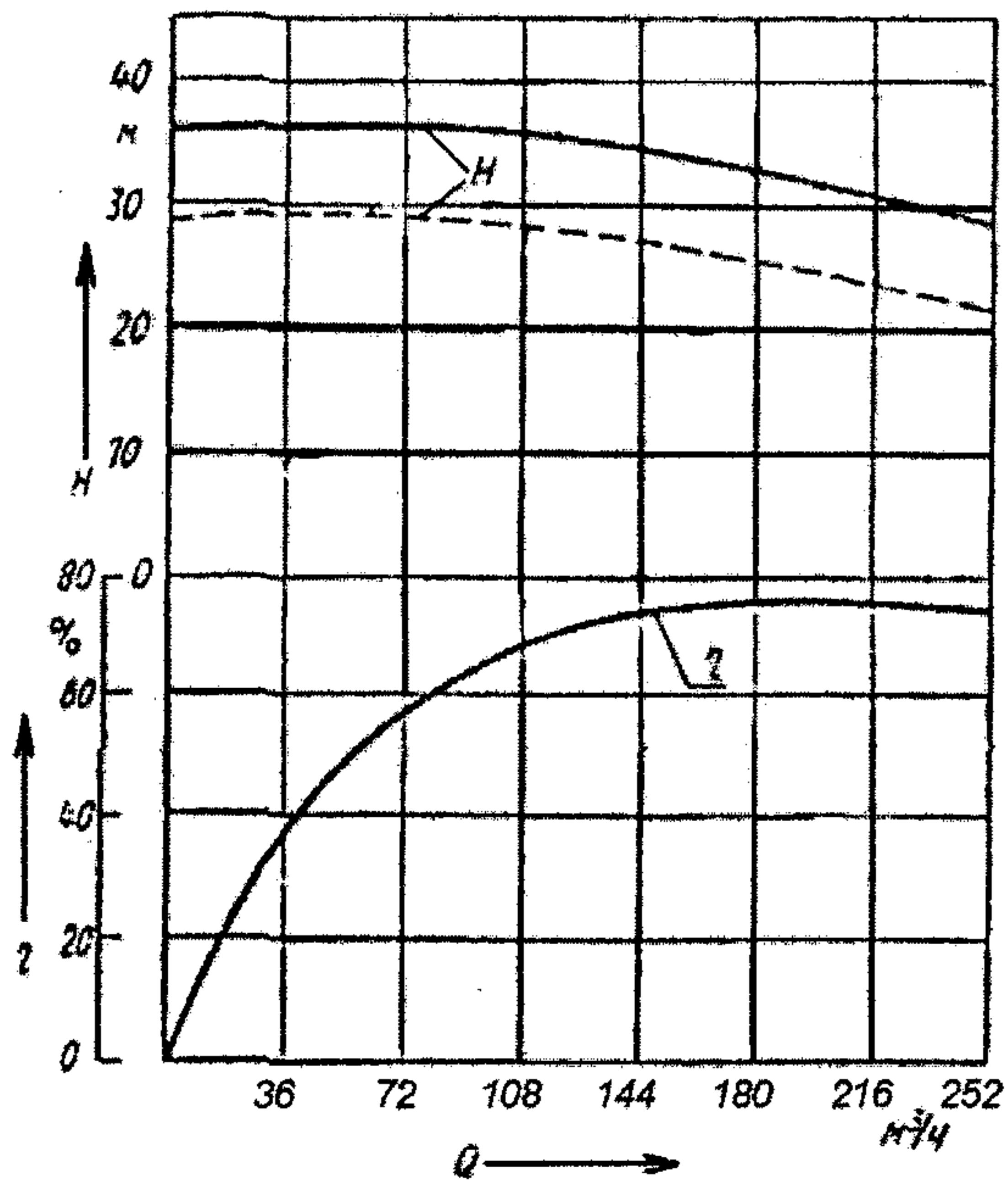


Рисунок 1.5 - Характеристика насоса К 150-125-315;  $n=1450$  об/мин

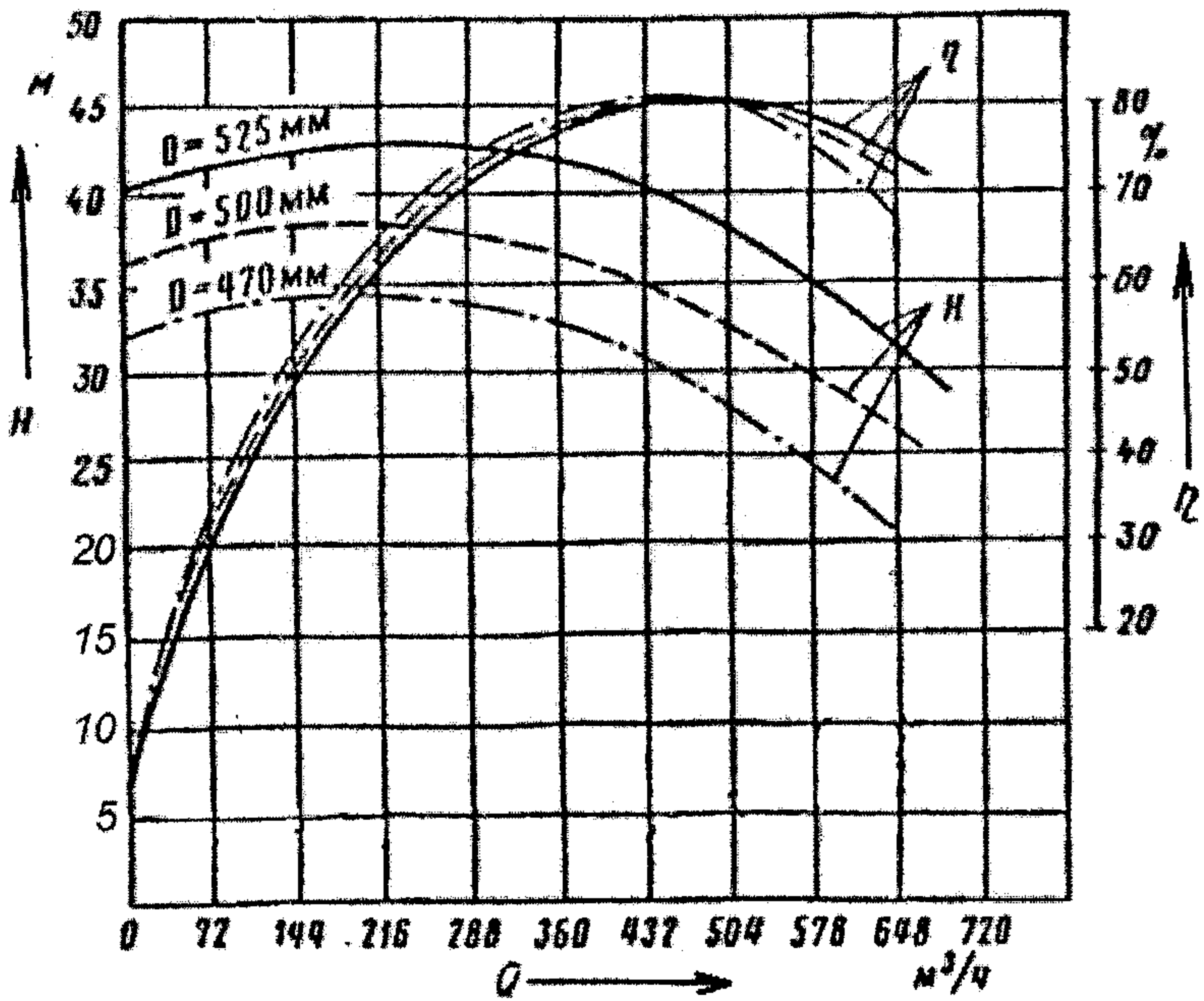


Рисунок 1.6 - Характеристика насоса 8НДв-Х;  $n=960$  об/мин

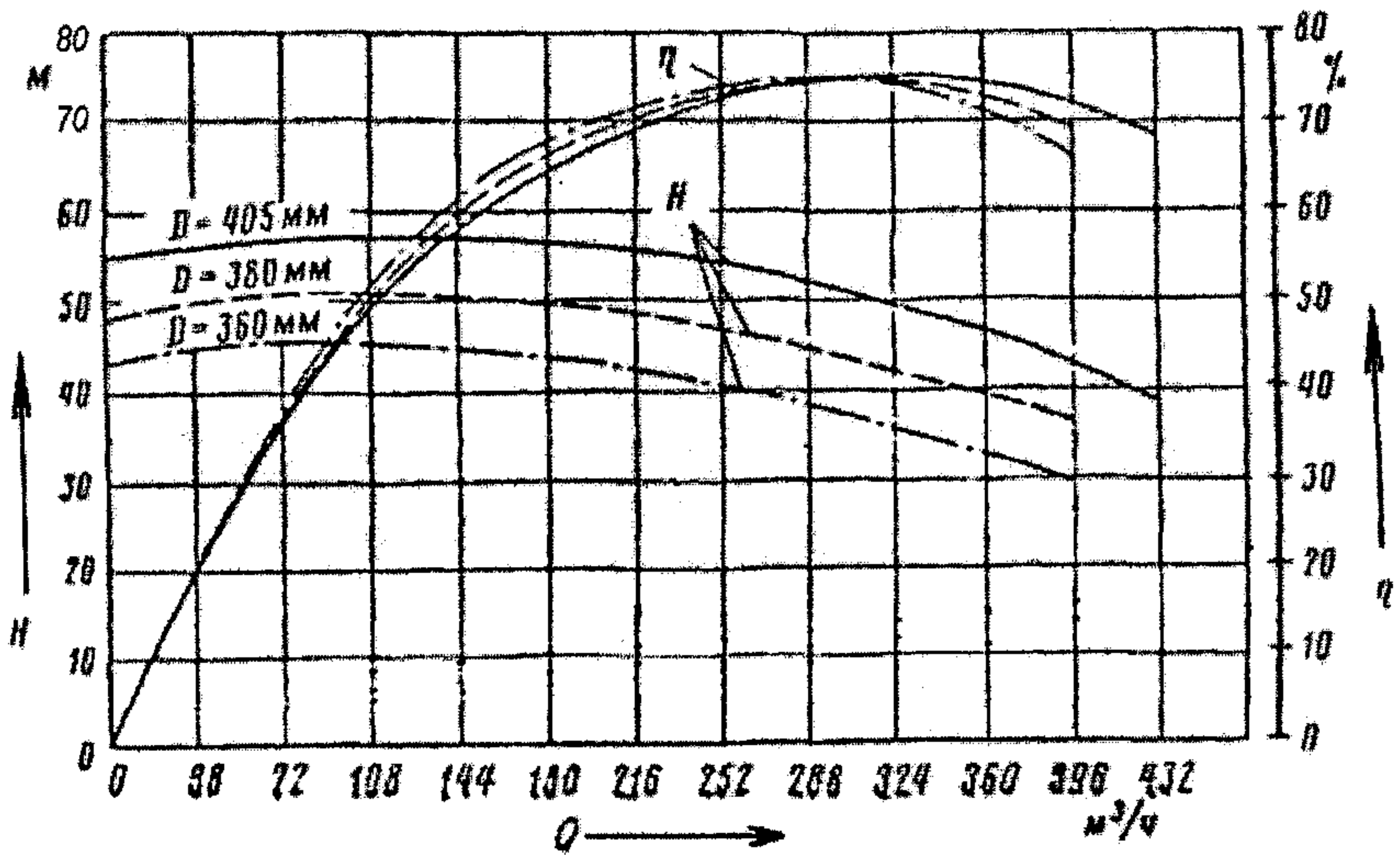


Рисунок 1.7 - Характеристика насоса 6НДв;  $n=1450$  об/мин

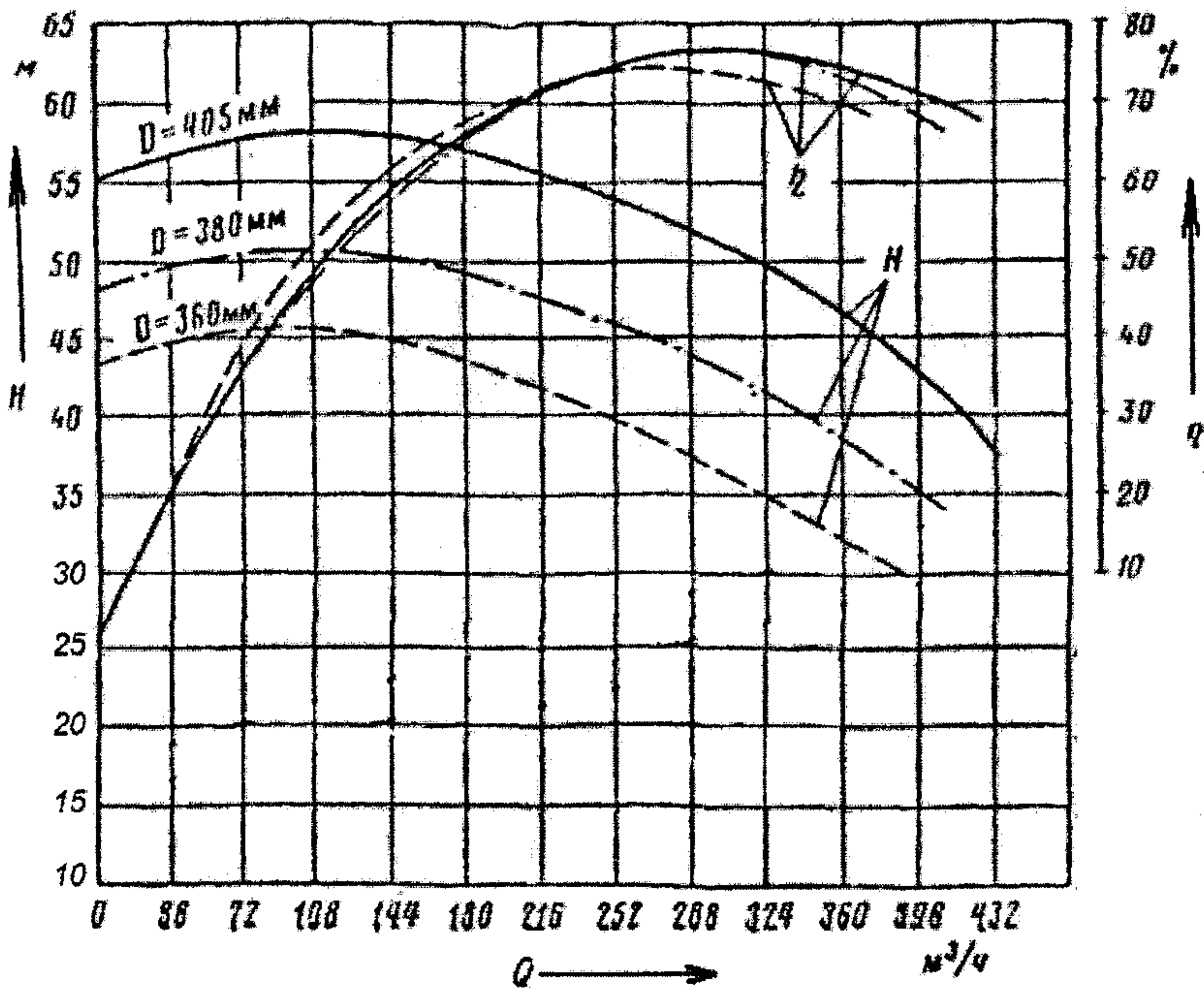


Рисунок 1.8 - Характеристика насоса 6НДв-Х;  $n=1450$  об/мин

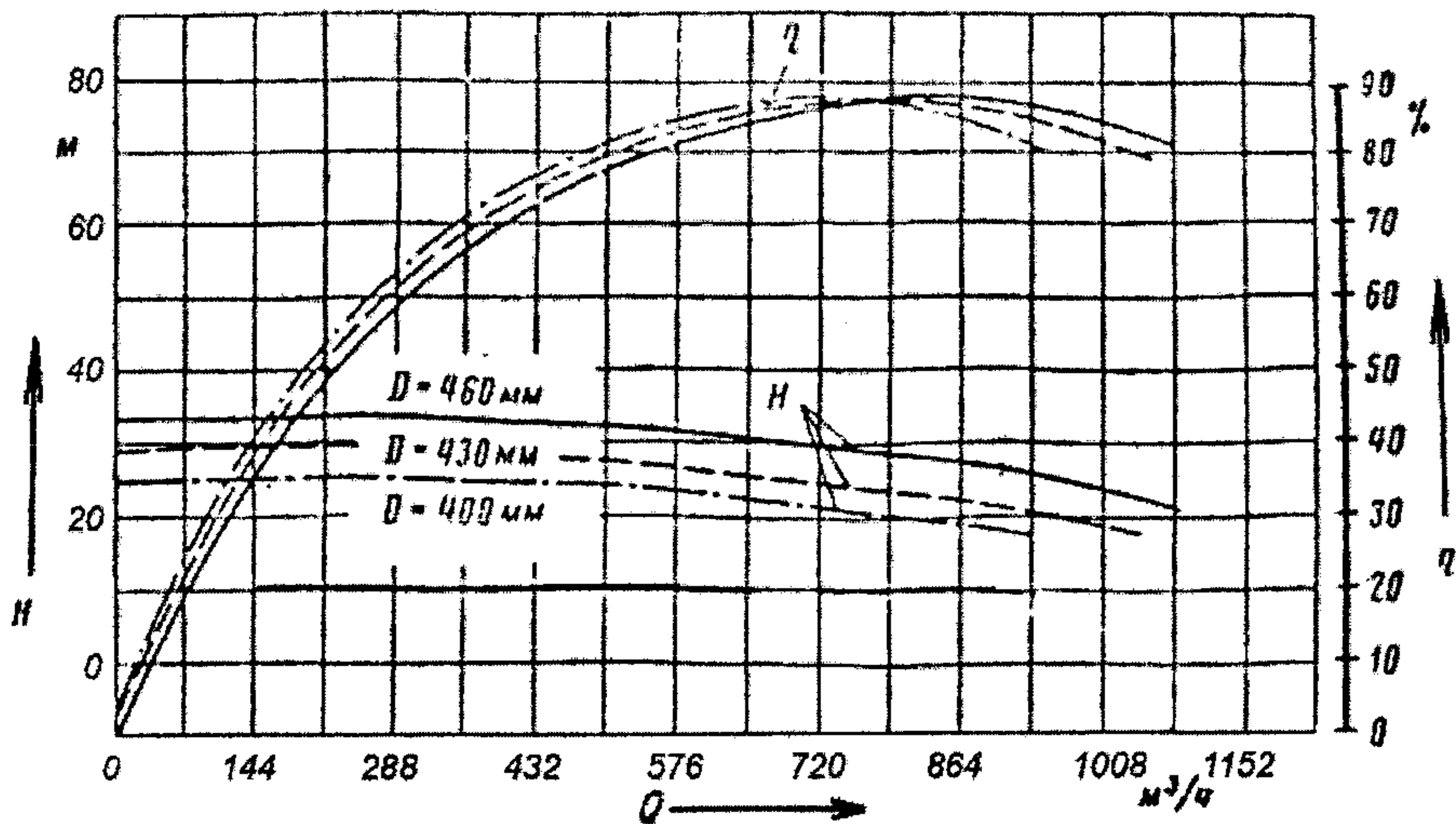


Рисунок 1.9 - Характеристика насоса 12НДс;  $n=960$  об/мин

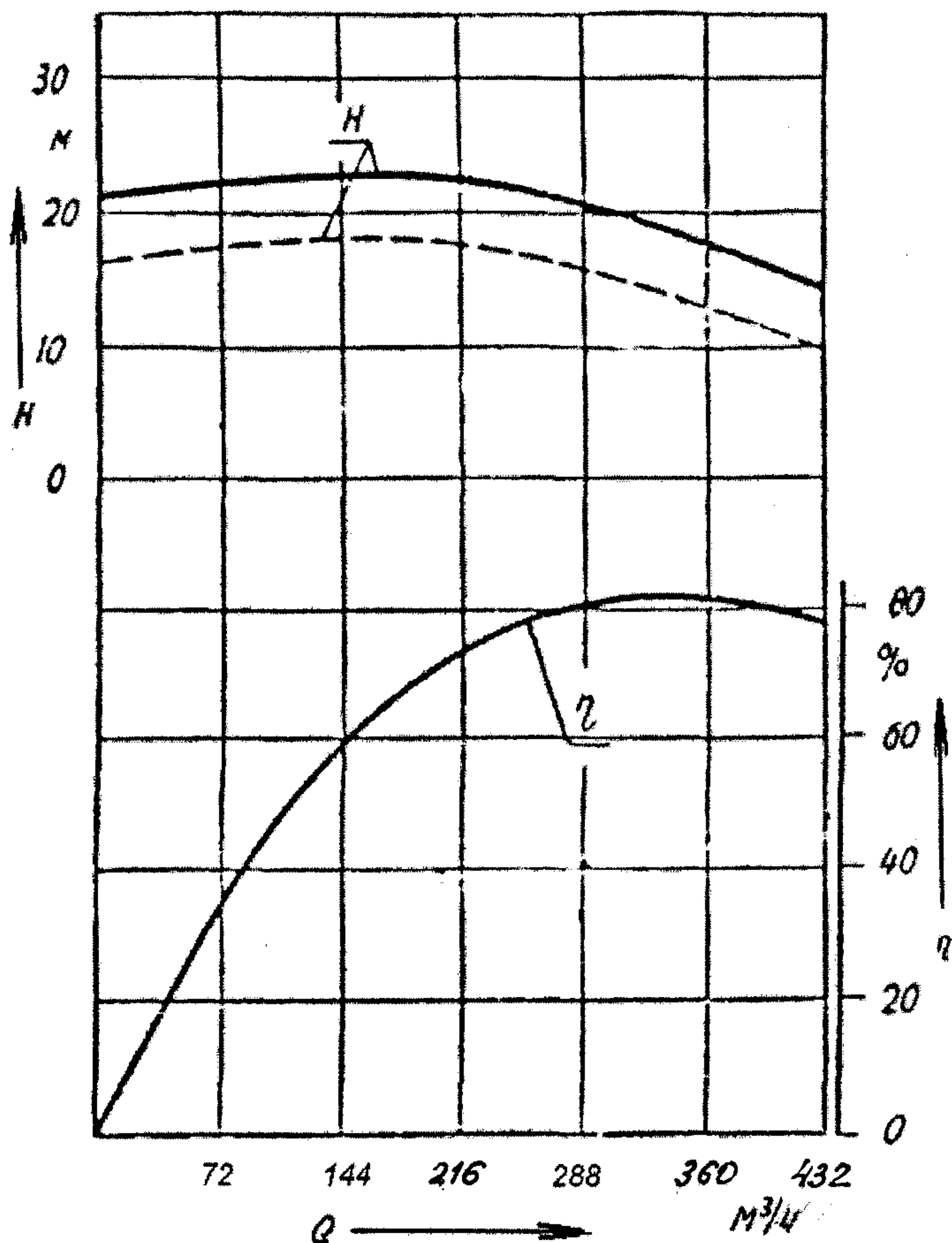


Рисунок 1.10 - Характеристика насоса К 200-150-250;  $n=1450$  об/мин

11 Для построения совмещенной характеристики насоса и трубопроводной коммуникации, используя программу «РАКЕТ1», определяем потери напора при различных значениях расхода в интервале характеристики насоса.

Результаты расчета сводим в таблицу 1.13 с учетом п.9.

Распечатки с расчетами приводятся в приложении работы с указанием номеров участков.



Таблица 1.13 - Результаты расчета потерь напора в трубопроводной коммуникации

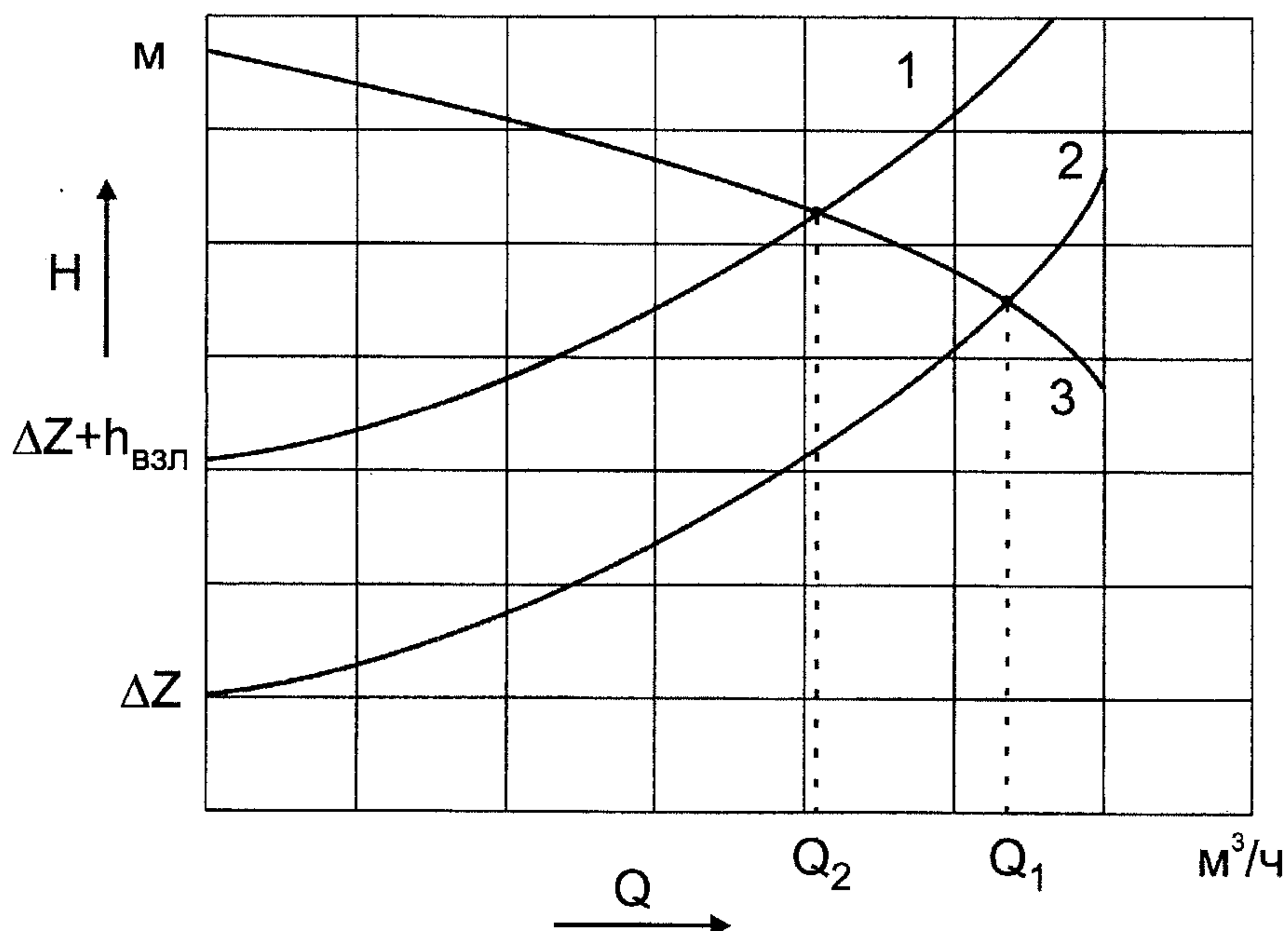
УСН		Коллектор			Линия всасывания		Линия нагнетания		Полные потери напора $H$ , м	Полные потери напора $H_1$ , м
$q_{усл}$ , м <sup>3</sup> /ч	$h_{усл}$ , м	$q_k$ , м <sup>3</sup> /ч	$h_k$ , м	$\kappa \cdot h_k$ , м	$q_{вс}$ , м <sup>3</sup> /ч	$h_{вс}$ , м	$q_n$ , м <sup>3</sup> /ч	$h_n$ , м		
$q_1$										
$q_2$										
...										
$q_{усл}$ (расчетная)										
...										
$q_n$										

Параметры Q-H характеристики насоса сводим в таблицу 1.14.

Таблица 1.14 - Параметры Q-H характеристики насоса

$Q$ , м <sup>3</sup> /ч	$H$ , м
$Q_1$	$H_1$
...	...
$Q_n$	$H_n$

12 По результатам таблиц 1.13, 1.14 строим совмещенную характеристику насоса и сливной трубопроводной коммуникации (см. рисунок 1.11), по которой определяем расходы нефтепродукта в трубопроводной коммуникации при пустом ( $Q_1$ ) и полном ( $Q_2$ ) резервуаре.



- 1 – характеристика трубопроводной коммуникации при полном резервуаре;  
 2 – характеристика трубопроводной коммуникации при пустом резервуаре;  
 3 – характеристика насоса

Рисунок 1.11 - Совмещенная характеристика насоса и сливной трубопроводной коммуникации

13 Делаем вывод о том, как изменяется расход в трубопроводной коммуникации в процессе слива нефтепродукта и соответствуют ли полученные значения расхода  $Q_1$  и  $Q_2$  нормативному времени слива нефтепродукта. В случае несоответствия, дать рекомендации по его устранению.

## 2 ЗАДАЧА №2

### «Проверка сливной коммуникации на устойчивость всасывания»

#### 2.1 Теоретическое введение

Проверка коммуникации на устойчивость всасывания производится при верхнем сливе автомобильных и авиационных бензинов, а также нефтепродуктов с высоким давлением насыщенных паров из железнодорожных цистерн.

Для расчета принимается максимальная температура окружающей среды данного географического района, минимальное атмосферное давление и минимальный уровень нефтепродукта в железнодорожной цистерне.

Нормальная работа сливной коммуникации возможна в том случае, когда остаточное давление в любой точке трубопроводной сети  $P_o$  больше давления насыщенных паров  $P_s$  сливаемого нефтепродукта при температуре слива, т.е.

$$P_o > P_s \text{ или } \frac{P_a}{\rho g} - \Delta z - \sum_{i=1}^n h_i > \frac{P_s}{\rho g}, \quad (2.1)$$

где  $P_a$  – атмосферное давление, Па;

$\rho$  – плотность нефтепродукта при температуре слива, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ;

$\Delta z$  – разность геодезических отметок рассматриваемой точки коммуникации и днища железной цистерны, из которой осуществляется слив нефтепродукта, м;

$\sum h_i$  – потери напора на трение и местных сопротивлениях на  $i$ -м участке коммуникации, м.

При несоблюдении этого условия поток нефтепродукта в трубопроводе разрывается, образуются газовые мешки, вследствие чего пропускная способность коммуникации резко снижается и может произойти срыв работы насоса.

При невыполнении условия (2.1), во избежание образования газовых мешков, следует:

- увеличить диаметр трубопровода;
- уменьшить длину трубопровода;
- уменьшить разность геодезических отметок;
- изменить конфигурацию коммуникации;
- использовать при перекачке нефтепродукта эжектор.

## 2.2 Задание

Для технологической схемы, соответствующей задаче №1, выполнить проверку сливной коммуникации на устойчивость всасывания при верхнем сливе автобензина при следующих исходных данных:

- диаметр шланга  $d_{ш}$  равен диаметру стояка  $d_c$ ;

$$d_{ш} = d_c = 0,102 \text{ м};$$

- коэффициент гидравлического сопротивления шланга  $\lambda_{ш} = 0,1$ ;

- коэффициент местного сопротивления – вход в шланг –  $\xi_{ш} = 0,5$ ;

– разность геодезических отметок между дном цистерны и входным патрубком насоса  $\Delta z = 2 \text{ м}$ ;

- температура начала кипения бензина  $T_{НК} = 319 \text{ К}$ ;

– плотность бензина при температуре  $T = 293K$   $\rho_{293} = 760 \text{ кг/м}^3$ ;

– вязкость бензина:

- при температуре  $T_1 = 293K$ ;  $\nu_1 = 0,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$  ;
- при температуре  $T_2 = 313K$ ;  $\nu_2 = 0,53 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$  .

Значения температуры бензина и атмосферного давления при сливе принимаются по таблице 2.1.

Задача решается графоаналитическим методом.

### 2.3 Методика расчета

1 Определяем расчетную плотность бензина

$$\rho_T = \rho_{293} + \xi(293 - T), \quad (2.2)$$

где  $\xi$  - температурная поправка,  $\text{кг}/(\text{м}^3 / \text{K})$ ;

$$\xi = 1,825 - 0,001315 \cdot \rho_{293}.$$

2 Определяем расчетную вязкость бензина

$$\nu_T = \nu_{293} \cdot \exp[-u(T - 293)], \quad (2.3)$$

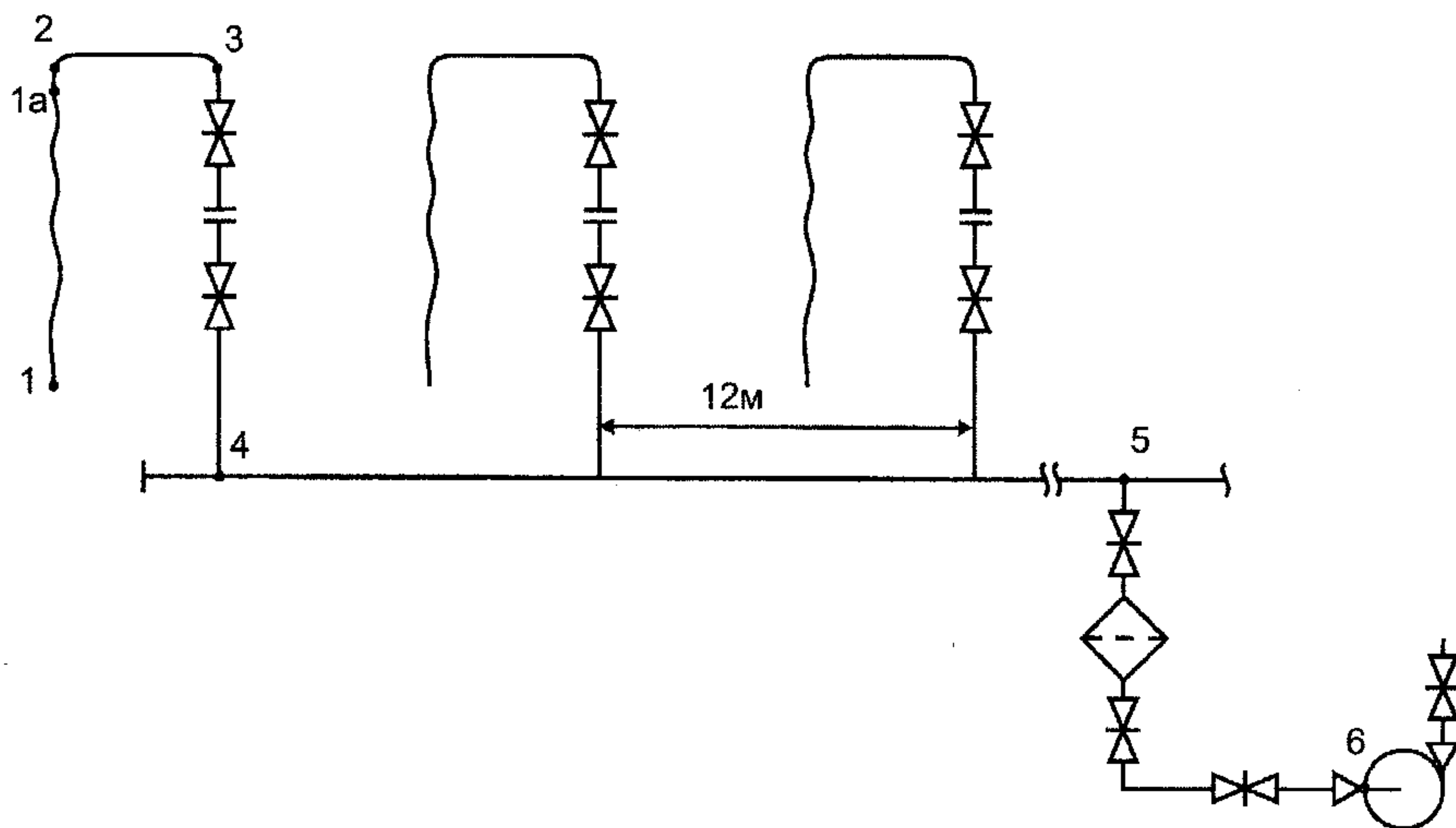
где  $u$  – коэффициент крутизны вискограммы,  $1/\text{K}$ .

$$u = \frac{\ln \frac{\nu_1}{\nu_2}}{T_2 - T_1}.$$

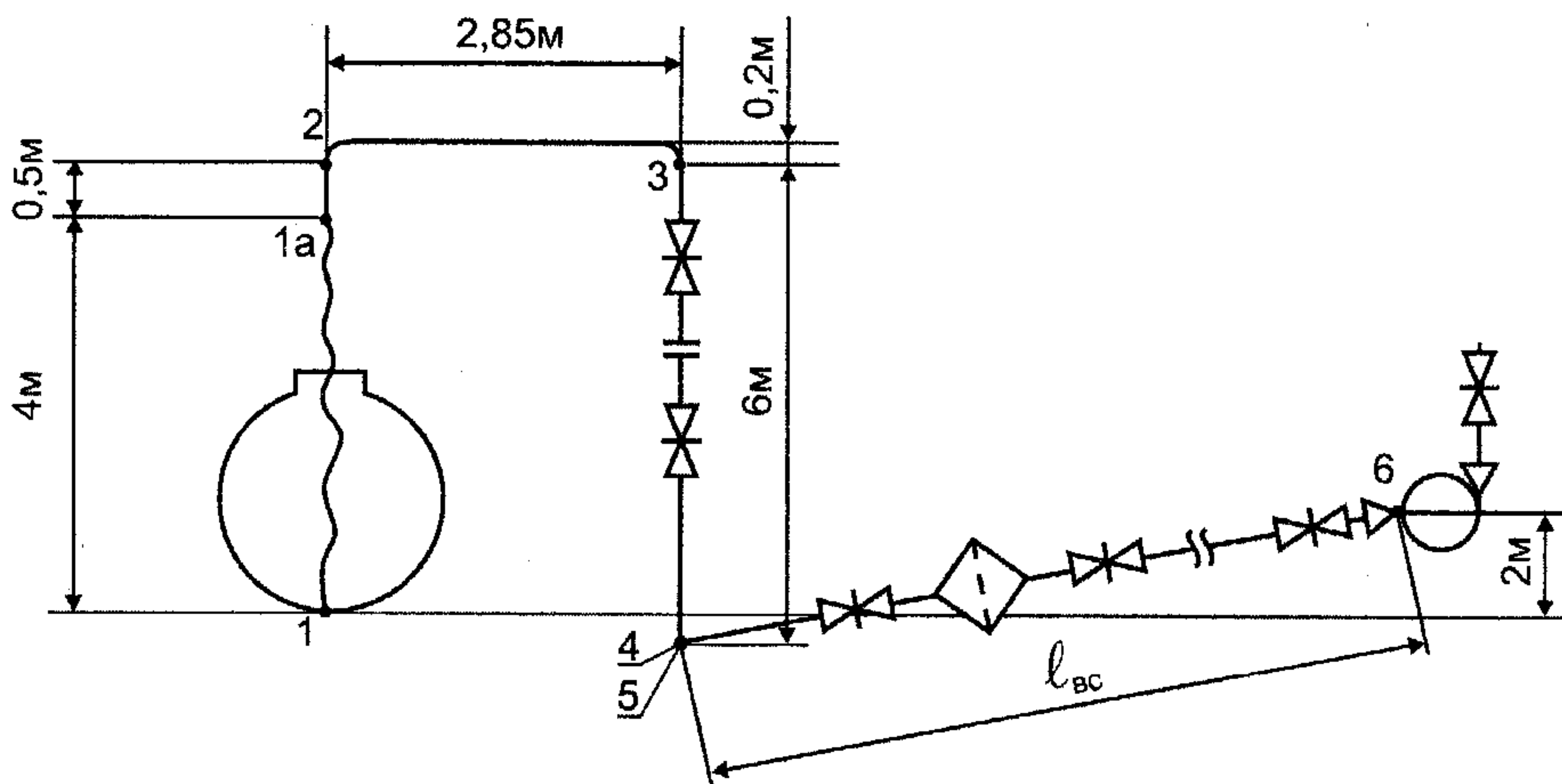
3 Вычерчиваем схему технологической коммуникации (см. рисунок 2.1, а, б).

Таблица 2.1 – Исходные данные к задаче «Проверка сливной коммуникации на устойчивость всасывания»

Номер вар.	t, °C	P <sub>a</sub> , Па	t, °C	P <sub>a</sub> , Па	t, °C	P <sub>a</sub> , Па	t, °C	P <sub>a</sub> , Па
	I группа		II группа		III группа		IV группа	
1	33	95697	33	96753	29	95536	32	96700
2	27	97096	28	97278	32	96662	28	97100
3	32	95330	32	96296	30	97400	31	97150
4	31	97007	31	96970	26	97455	33	96800
5	27	96425	31	97166	30	95765	29	96850
6	26	96575	33	96251	31	96786	27	97200
7	29	95006	28	96071	26	96443	25	96900
8	28	97290	25	96184	30	95615	30	96200
9	27	95802	27	96109	25	96593	26	96300
10	30	96945	32	97105	25	97100	29	96400
11	32	95515	25	97152	32	95515	31	96500
12	27	96104	32	96936	27	96104	29	96600
13	28	97123	28	95933	28	97123	28	96700
14	33	96086	31	96233	33	96086	27	96800
15	25	96640	32	97136	25	96640	26	96900
16	33	96856	30	97376	33	96856	25	97000
17	29	97404	33	96979	29	97404	32	97100
18	31	97376	30	95905	31	97376	33	97200
19	26	95423	28	96016	26	95423	27	97150
20	27	95327	31	95696	27	95327	29	96100
21	25	96847	26	95140	25	96847	28	97180
22	28	97445	25	95530	28	97445	26	97250
23	33	96749	29	97135	33	96749	31	96600
24	27	96475	30	96111	27	96475	32	97400
25	33	97047	31	97177	33	97047	30	97350
26	33	96002	29	97274	33	96002	25	96000
27	30	95827	28	96495	30	95827	29	97120
28	25	96422	29	96565	25	96422	27	97850
29	32	96804	28	95609	32	96804	31	96940
30	29	95326	33	97464	29	95326	32	96800
31	30	95265	29	97399	30	95265	29	96850
32	26	96838	30	96357	26	96838	28	97930



а)



б)

а) общая;

б) расчетная с одним стояком;

= – поворотное устройство

Рисунок 2.1 - Технологическая схема сливной коммуникации

4 Определяем потери напора на участке 1-2.

4.1 Определяем расход жидкости через стояк

$$q_c = \frac{V_{\text{ц}}}{\tau_{\text{сш}}}$$

4.2 Определяем скорость течения жидкости в стояке

$$w_c = \frac{4q_c}{\pi \cdot d_c^2}$$

4.3 Определяем параметр Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{w \cdot d_c}{\nu}$$

4.4 Определяем переходные числа Рейнольдса:

$$\text{Re}_I = \frac{10}{K_{\text{э}}}; \quad \text{Re}_{II} = \frac{500}{K_{\text{э}}}$$

4.5 Определяем коэффициент гидравлического сопротивления  $\lambda_c$  (см. таблицу 1.10).

4.6 Определяем приведенную длину участка 1-1а

$$l_{\text{ПП}_{1-1a}} = l_{\Gamma} + \frac{d_{\text{ш}}}{\lambda_{\text{ш}}} \cdot \xi_{\text{ш}}$$

4.7 Определяем потери напора на участке 1-2

$$h_{1-2} = \left( \lambda_{\text{ш}} \cdot \frac{l_{\text{ПП}_{1-1a}}}{d_{\text{ш}}} + \lambda_c \frac{l_{1a-2}}{d_c} \right) \cdot \frac{w_c^2}{2g}$$

5 Определяем потери напора на участке 2-3.

5.1 Определяем приведенную длину участка

$$l_{\text{ПП}_{2-3}} = l_{\Gamma} + \frac{d_c}{\lambda_c} \cdot \sum_{i=1}^n \xi_i$$

значения  $\xi_i$  определяются по таблице 1.7.



## 5.2 Определяем потери напора на участке 2-3

$$h_{2-3} = \lambda_c \cdot \frac{l_{\text{ПП}2-3}}{d_c} \cdot \frac{w_c^2}{2g}$$

## 6 Определяем потери напора на участке 3-4.

## 6.1 Определяем приведенную длину участка

$$l_{\text{ПП}3-4} = l_{\Gamma} + \frac{d_c}{\lambda_c} \cdot \sum \xi_i$$

## 6.2 Определяем потери напора на участке 3-4

$$h_{3-4} = \lambda_c \cdot \frac{l_{\text{ПП}3-4}}{d_c} \cdot \frac{w_c^2}{2g}$$

7 Определяем потери напора на участке 4-5 (диаметр, длина, расход жидкости, скорость течения, переходные числа Рейнольдса в коллекторе принимаются по результатам расчетов задачи №1).

## 7.1 Определяем параметр Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{w_K \cdot d_K}{\nu}$$

## 7.2 Определяем коэффициент гидравлического сопротивления

$\lambda_K$ .

## 7.3 Определяем приведенную длину участка

$$l_{\text{ПП}4-5} = l_{\Gamma} + \frac{d_K}{\lambda_K} \cdot \sum \xi_i$$

## 7.4 Определяем потери напора на участке 4-5

$$h_{4-5} = k \cdot \lambda_K \cdot \frac{l_{\text{ПП}4-5}}{d_K} \cdot \frac{w_K^2}{2g}$$

8 Определяем потери напора на участке 5-6 (диаметр, длина, расход жидкости, скорость течения, переходные числа Рейнольдса в трубопроводе на линии всасывания принимаются по результатам расчетов задачи №1).

8.1 Определяем параметр Рейнольдса

$$Re = \frac{w_{BC} \cdot d_{BC}}{\nu}$$

8.2 Определяем коэффициент гидравлического сопротивления  $\lambda_{BC}$ .

8.3 Определяем приведенную длину участка

$$l_{ПП5-6} = l_{\Gamma} + \frac{d_{BC}}{\lambda_{BC}} \cdot \sum \xi_i$$

8.4 Определяем потери напора на участке 5-6

$$h_{5-6} = \lambda_{BC} \cdot \frac{l_{ПП5-6}}{d_{BC}} \cdot \frac{w_{BC}^2}{2g}$$

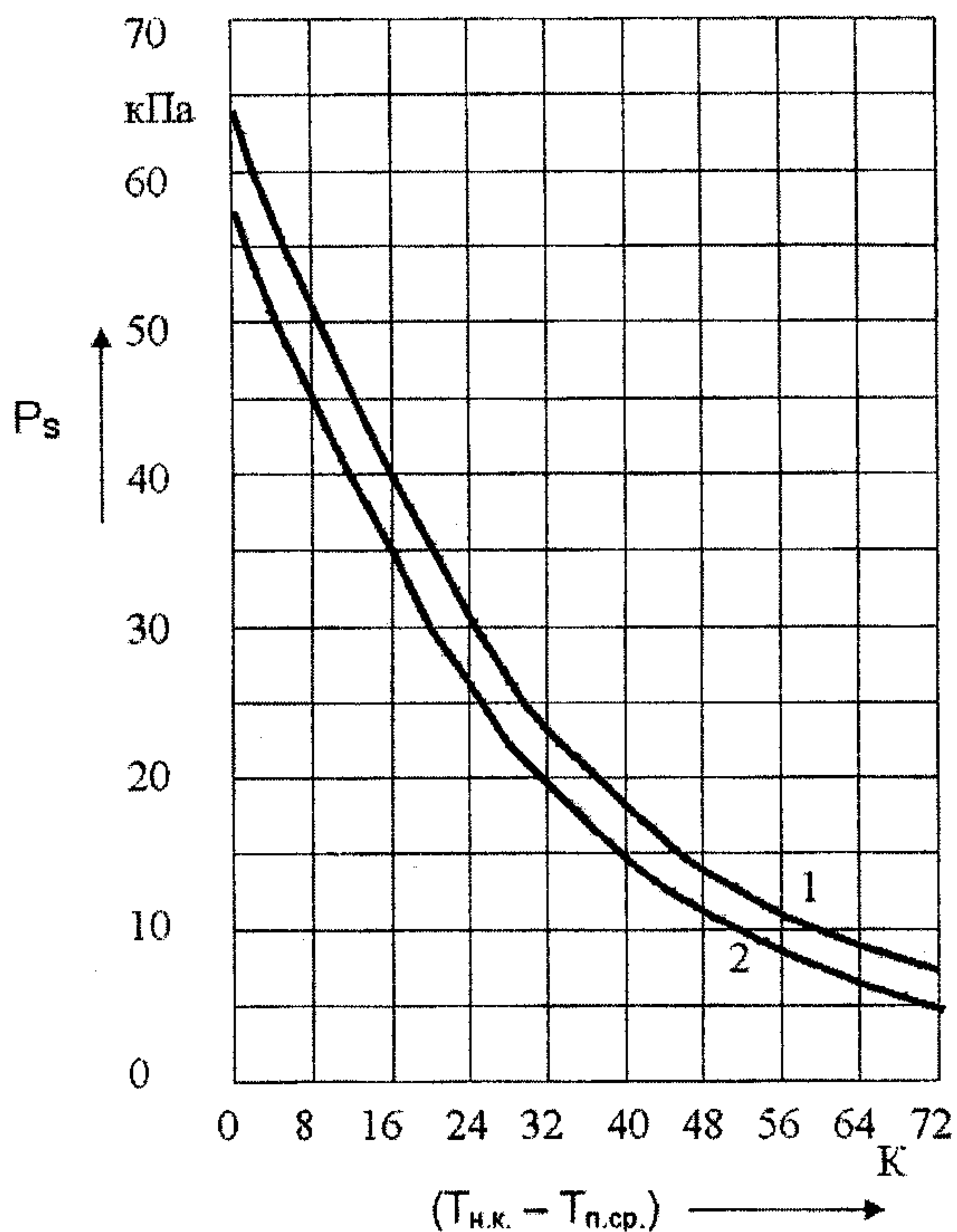
9 Определяем давление насыщенных паров нефтепродукта при температуре слива (см. рисунок 2.2) и соответствующий ему напор

$$H_s = \frac{P_s}{\rho g}$$

10 Определяем напор, соответствующий атмосферному давлению,

$$H_a = \frac{P_a}{\rho g}$$

11 Вычерчиваем в масштабе технологическую схему сливной коммуникации (вертикальный и горизонтальный масштабы могут быть различными) (см. рисунок 2.3).



1 – авиационный бензин; 2 – автомобильный бензин

Рисунок 2.2 - Зависимость давления насыщенных паров нефтепродукта от температуры

Вверх от уровня нижней образующей цистерны (низший уровень нефтепродукта) откладываем величину  $H_a$ . От уровня  $H_a$  вниз откладываются потери напора на участке 1-2 (отрезок 1'-2'). Аналогичным образом получаем точки 3',4',5',6' и соединяем их ломаной линией, которая представляет собой линию падения напора в сливной коммуникации. Ордината между линией падения напора и коммуникацией представляет собой остаточный напор в данной точке трубопровода.

Параллельно линии падения напора на расстоянии  $H_s$  вниз от нее проводится линия 1"-2"-3"-4"-5"-6". Для соблюдения условия  $P_o > P_s$  необходимо, чтобы линия 1"-2"-3"-4"-5"-6" не пересекала соответствующие участки технологической коммуникации.

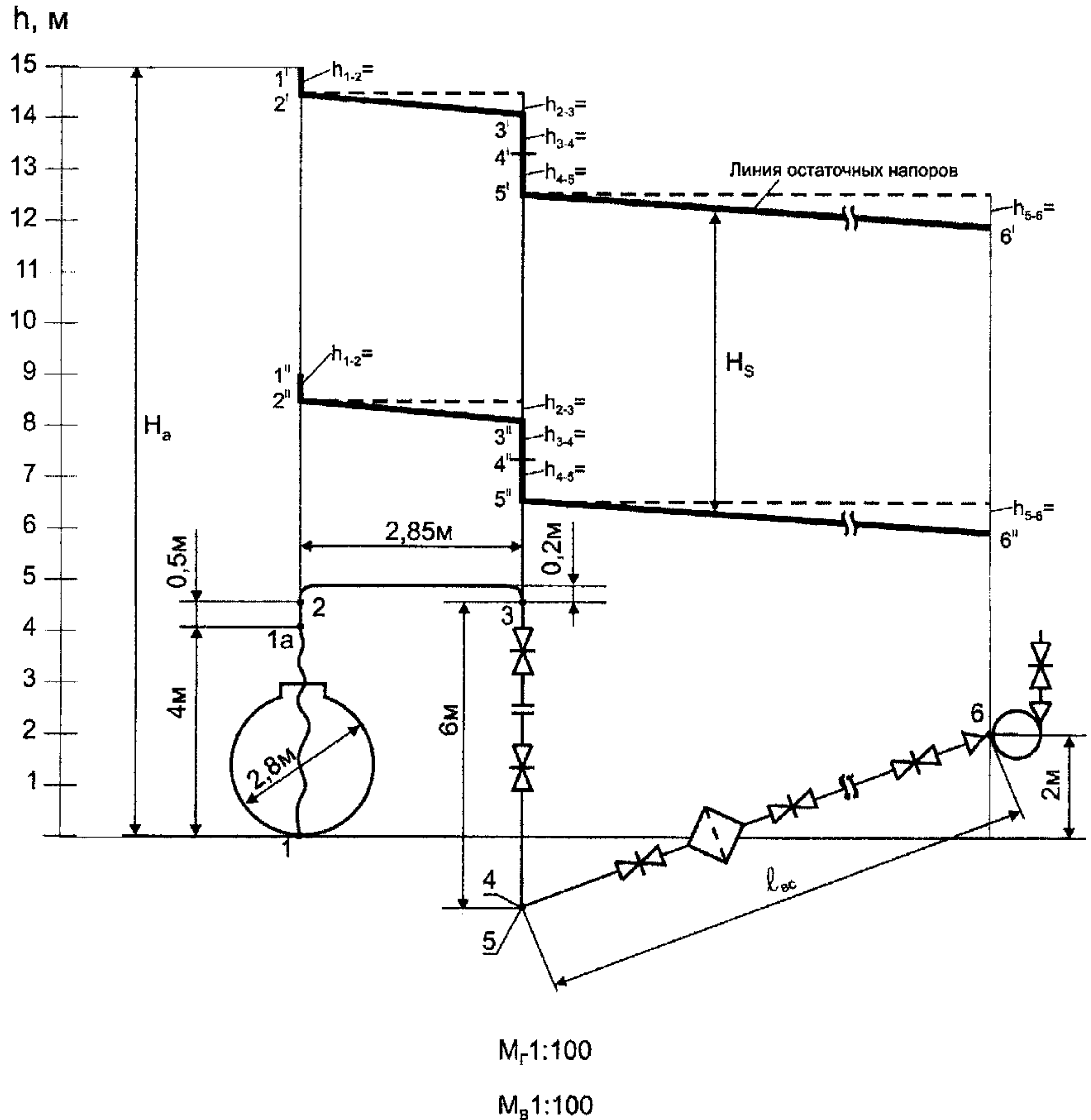


Рисунок 2.3 – Результаты расчета сливной коммуникации

12 Делаем вывод по работе на основании рисунка 2.3 и формулы (2.1).

### 3 ЗАДАЧА №3

#### «Определение вероятной температуры масла в конце срока его хранения»

##### 3.1 Теоретическое введение

Вероятная температура масла определяется по формуле

$$T_B = T_O + (T_{ЗАЛ} - T_O) \cdot \exp\left(-\frac{K_T \cdot F \cdot \tau_{ХР}}{G \cdot C_P}\right), \quad (3.1)$$

где  $K_T$  – полный коэффициент теплопередачи от нефтепродукта в окружающую среду,  $Вт/м^2 \cdot К$ ;

$F$  – полная площадь поверхности резервуара,  $м^2$ ;

$\tau_{ХР}$  – время хранения масла в резервуаре, с;

$G$  – масса масла, залитого в резервуар, кг;

$C_P$  – удельная теплоемкость масла,  $Дж/кг \cdot К$ .

Для горизонтального резервуара, установленного на опорах,

$$K_T = K_{СТ} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{1СТ}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{2СТ} + \alpha_{3СТ}}}, \quad (3.2)$$

где  $K_{СТ}$  – коэффициент теплопередачи от нефтепродукта в окружающую среду через стенку резервуара,  $Вт/м^2 \cdot К$ ;

$\alpha_{1СТ}$ ,  $\alpha_{2СТ}$ ,  $\alpha_{3СТ}$  – коэффициент теплоотдачи соответственно от нефтепродукта к внутренней стенке резервуара; от наружной поверхности стенки в окружающую среду за счет конвекции; от наружной поверхности стенки в окружающую среду за счет радиации,  $Вт/м^2 \cdot К$ ;

$\delta_i$  – толщина стенки резервуара, изоляции, м;

$\lambda_i$  – коэффициент теплопроводности материала резервуара, изоляции,  $Вт/м \cdot К$ .

### 3.2 Задание

Определить вероятную температуру турбинного масла марки Т-22 ( $\nu_{20} = 100 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ;  $\nu_{50} = 21,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ;  $\rho_{20} = 896,4 \text{ кг}/\text{м}^3$ ) в конце срока его хранения  $\tau_{XP}$  в резервуаре РГС-50 (резервуар заполнен маслом до горловины), который выполнен в надземном варианте и имеет следующие геометрические размеры:

- длина  $L=8480$  мм;
- наружный диаметр  $D_H=2870$  мм;
- толщина стенки  $\delta_{CT}=4$  мм.

Коэффициент теплопроводности стали  $\lambda_{CT} = 40 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$ .

Резервуар имеет теплоизоляцию, выполненную из минеральной ваты толщиной  $\delta_{из}=0,07\text{м}$  с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_{из} = 0,064 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$ . Средняя скорость ветра в период хранения масла  $w_B = 5 \text{ м}/\text{с}$ . Температура, при которой масло было залито в резервуар, время его хранения, температура воздуха в период хранения даны в таблицах 3.1, 3.2.

### 3.3 Методика расчета

1 Определяем среднюю температуру масла в процессе его хранения

$$T_{II} = \frac{T_{ЗАЛ} + T_O}{2}. \quad (3.3)$$

Таблица 3.1 - Исходные данные к задаче «Определение вероятной температуры масла в конце срока его хранения»

Номер варианта	I группа			II группа		
	$t_{\text{зал.}}^{\circ\text{C}}$	$t_{\text{o.}}^{\circ\text{C}}$	$\tau_{\text{xp.}}^{\text{сут}}$	$t_{\text{зал.}}^{\circ\text{C}}$	$t_{\text{o.}}^{\circ\text{C}}$	$\tau_{\text{xp.}}^{\text{сут}}$
1	40	-20	20	42	-16	22
2	45	-25	22	43	-18	24
3	50	-21	24	47	-22	19
4	42	-24	26	48	-23	21
5	44	-22	28	49	-24	23
6	46	-26	30	45	-19	28
7	52	-23	32	46	-20	30
8	48	-19	19	47	-21	32
9	47	-17	21	44	-22	28
10	51	-25	23	46	-23	30
11	53	-18	24	51	-22	38
12	45	-26	25	45	-18	22
13	46	-19	27	50	-20	24
14	47	-21	23	42	-21	26
15	48	-24	25	35	-25	25
16	49	-17	25	36	-16	27
17	41	-19	20	50	-18	31
18	42	-21	21	45	-20	15
19	43	-24	23	52	-15	32
20	44	-18	25	47	-20	30
21	45	-16	22	41	-19	25
22	46	-21	24	39	-17	16
23	47	-25	27	40	-21	18
24	49	-20	29	50	-24	20
25	50	-22	31	48	-23	21
26	54	-18	19	41	-18	23
27	53	-16	21	42	-16	19
28	51	-23	28	53	-25	17
29	52	-20	30	51	-16	24
30	55	-21	27	48	-17	19
31	48	-21	30	39	-18	21

Таблица 3.2 - Исходные данные к задаче «Определение вероятной температуры масла в конце срока его хранения»

Номер варианта	III группа			IV группа		
	$t_{\text{зал}}, ^\circ\text{C}$	$t_o, ^\circ\text{C}$	$\tau_{\text{xp}}, \text{сут}$	$t_{\text{зал}}, ^\circ\text{C}$	$t_o, ^\circ\text{C}$	$\tau_{\text{xp}}, \text{сут}$
1	45	-21	15	43	-21	22
2	46	-23	17	46	-23	21
3	50	-22	30	42	-22	20
4	51	-24	18	44	-24	19
5	47	-26	21	50	-25	18
6	48	-25	20	49	-20	17
7	49	-27	22	45	-18	16
8	47	-19	19	47	-17	15
9	51	-21	17	48	-19	19
10	45	-20	16	41	-22	20
11	50	-22	30	40	-23	21
12	44	-24	28	39	-17	22
13	45	-20	26	42	-19	23
14	46	-19	25	47	-18	24
15	42	-17	22	48	-20	25
16	43	-18	24	46	-24	22
17	38	-20	27	44	-22	23
18	48	-21	26	43	-25	22
19	49	-18	20	41	-23	21
20	42	-25	18	50	-19	20
21	44	-23	16	51	-17	19
22	40	-22	25	53	-18	18
23	42	-23	27	52	-20	17
24	39	-24	17	48	-22	16
25	37	-22	19	47	-21	21
26	40	-20	20	43	-24	22
27	42	-18	21	41	-26	23
28	43	-16	23	49	-25	24
29	50	-19	25	43	-23	23
30	51	-21	24	40	-22	30
31	52	-29	20	48	-20	25



2 Задаем температуру внутренней поверхности стенки резервуара  $T_{CT}$

$$T_{CT} = T_{II} - (2-3).$$

3 Определяем параметры масла при температурах  $T_{II}$  и  $T_{CT}$  ( $\rho, \nu, C_p, \lambda$ ).

Плотность масла

$$\rho_T = \frac{\rho_{293}}{1 + \beta_p(T - 293)} \quad \text{или} \quad (3.4)$$

$$\rho_T = \rho_{293} + \xi(293 - T), \quad (3.5)$$

где  $\beta_p$  – коэффициент объемного расширения, 1/К;

$\xi$  – температурная поправка,  $\text{кг}/\text{м}^3 \cdot \text{К}$ .

Значения  $\beta_p$  и  $\xi$  приведены в таблице 3.3.

Удельная теплоемкость

$$C_p = \frac{31,56}{\sqrt{\rho_{293}}} (762 + 3,39T), \quad \text{Дж}/\text{кг} \cdot \text{К}. \quad (3.7)$$

Коэффициент теплопроводности

$$\lambda = \frac{156,6}{\rho_{293}} (1 - 0,00047 \cdot T), \quad \text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}. \quad (3.8)$$

Таблица 3.3 - Средние температурные поправки плотности и коэффициент объемного расширения

Плотность $\rho_{293}$ , кг/м <sup>3</sup>	Температурная поправка $\xi \cdot 10^3$ , кг/м <sup>3</sup> · К	Коэффициент объемного расширения $\beta_p$ , 1/К	Плотность $\rho_{293}$ , кг/м <sup>3</sup>	Температурная поправка $\xi \cdot 10^3$ , кг/м <sup>3</sup> · К	Коэффициент объемного расширения $\beta_p$ , 1/К
700-709	0,000897	0,001263	890-899	0,000647	0,000722
710-719	0,000884	0,001227	900-909	0,000638	0,000699
720-729	0,000870	0,001193	910-919	0,000620	0,000677
730-739	0,000857	0,001160	920-929	0,000607	0,000656
740-749	0,000844	0,001128	930-939	0,000594	0,000635
750-759	0,000831	0,001098	940-949	0,000581	0,000615
760-769	0,000818	0,001068	950-959	0,000567	0,000594
770-779	0,000805	0,001039	960-969	0,000554	0,000574
780-789	0,000792	0,001010	970-979	0,000541	0,000555
790-799	0,000778	0,000981	980-989	0,000528	0,000536
800-809	0,000765	0,000952	990-999	0,000515	0,000518
810-819	0,000752	0,000924	1000-1009	0,000502	0,000499
820-829	0,000738	0,000896	1010-1019	0,000489	0,000482
830-839	0,000725	0,000868	1020-1029	0,000476	0,000464
840-849	0,000712	0,000841	1030-1039	0,000463	0,000447
850-859	0,000699	0,000818	1040-1049	0,000450	0,000431
860-869	0,000686	0,000793	1050-1059	0,000437	0,000414
870-879	0,000673	0,000769	1060-1069	0,000424	0,000398
880-889	0,000660	0,000746	1070-1079	0,000411	0,000382

Вязкость определяется по таблице 3.4.

Таблица 3.4 - Значения вязкости масла в зависимости от его температуры

Т, °К	$\nu$ , мм <sup>2</sup> /с	Т, °К	$\nu$ , мм <sup>2</sup> /с	Т, °К	$\nu$ , мм <sup>2</sup> /с
270	605,4	292	106,6	341	11,5
271	550,8	293	100	342	11,1
272	501,9	294	93,9	343	10,8
273	458,2	295	88,2	344	10,5
274	418,9	296	83,0	345	10,1
275	383,6	297	78,1	346	9,8
276	351,9	298	73,6	347	9,6
277	323,3	299	69,5	348	9,3
278	297,4	300	65,6	349	9,0
279	274,1	330	16,7	350	8,8
280	252,9	331	16,1	351	8,5
281	233,7	332	15,5	352	8,3
282	216,2	333	15,0	353	8,1
283	200,3	334	14,5	354	7,8
284	185,9	335	14,0	355	7,6
285	172,7	336	13,5	356	7,4
286	160,6	337	13,1	357	7,2
287	149,6	338	12,6	358	7,1
290	121,7	339	12,2	359	6,9
291	113,8	340	11,8	360	6,7

### 3.1 Параметры масла при температуре $T_{II}$ :

$$\rho_{II} =$$

$$\nu_{II} =$$

$$C_{P_{II}} =$$

$$\lambda_{II} =$$

3.2 Параметры масла при температуре  $T_{CT}$ :

$$\rho_{CT} = \quad C_{P_{CT}} =$$

$$\nu_{CT} = \quad \lambda_{CT} =$$

4 Определяем параметры Прандтля и Грасгофа

4.1 Параметр Прандтля при температуре  $T_{II}$

$$Pr_{II} = \frac{\nu_{II} \cdot C_{P_{II}} \cdot \rho_{II}}{\lambda_{II}}. \quad (3.9)$$

4.2 Параметр Прандтля при температуре  $T_{CT}$

$$Pr_{CT} = \frac{\nu_{CT} \cdot C_{P_{CT}} \cdot \rho_{CT}}{\lambda_{CT}}. \quad (3.10)$$

4.3 Параметр Грасгофа при температуре  $T_{II}$

$$Gr_{II} = \frac{D_B^3 \cdot g \cdot \beta_P (T_{II} - T_{CT})}{\nu_{II}^2}, \quad (3.11)$$

где  $D_B$  – внутренний диаметр резервуара,  $D_B = D_H - 2\delta_{CT}$ ;

$g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

5 Определяем коэффициент теплоотдачи от масла к внутренней стенке резервуара

$$\alpha_{1CT} = 0,5 \cdot \frac{\lambda_{II}}{h} \left( Gr_{II} \cdot Pr_{II} \right)^{0,25} \cdot \left( \frac{Pr_{II}}{Pr_{CT}} \right)^{0,25}, \quad (3.12)$$

где  $h$  – уровень разлива нефтепродукта в резервуаре (при полном резервуаре  $h = D_B$ ).

6 Определяем параметр Рейнольдса при обдувании резервуара воздухом

$$Re_B = \frac{w_B (D_H + 2\delta_{uz})}{\nu_B}, \quad (3.13)$$

где  $\nu_B$  – вязкость воздуха,  $\text{м/с}^2$  (см. таблицу 3.5).

Таблица 3.5 – Значения вязкости воздуха

Т, К	$\nu_{\text{в}} \cdot 10^6, \text{ м}^2/\text{с}$
223	9,40
233	10,04
243	10,80
253	12,43
263	12,79
273	13,28
283	14,16
293	15,06

7 Определяем коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности резервуара в окружающую среду за счет конвекции

$$\alpha_{2СТ} = 0,032 \frac{\lambda_{\text{в}} \cdot \text{Re}_{\text{в}}^{0,8}}{(L + 2\delta_{\text{из}})}, \quad (3.14)$$

где  $\lambda_{\text{в}}$  – коэффициент теплопроводности воздуха,  $\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$  (см. таблицу 3.6).

Таблица 3.6 – Значения коэффициента теплопроводности воздуха

Т, К	$\lambda_{\text{в}}, \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$
223	0,0204
233	0,0212
243	0,0220
253	0,0228
263	0,0236
273	0,0244
283	0,0251
293	0,0259

8 Определяем коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности резервуара в окружающую среду за счет радиации

$$\alpha_{3CT} = \frac{\varepsilon_{CT} \cdot C_S \left[ (T_{CT}/100)^4 - (T_O/100)^4 \right]}{T_{CT} - T_O}, \quad (3.15)$$

где  $\varepsilon_{CT}$  – степень черноты поверхности резервуара, принимается по таблицам в зависимости от материала и вида поверхности. При заданных исходных данных  $\varepsilon_{CT} = 0,91-0,93$ ;

$C_S$  - постоянная Планка;  $C_S = 5,768 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}^4$ .

9 Определяем коэффициент теплопередачи от масла в окружающую среду по формуле (3.2).

10 Проверяем правильность выбора температуры стенки резервуара:

$$T_{CT}' = T_{II} - \frac{K_T}{\alpha_{1CT}} (T_{II} - T_O); \quad (3.16)$$

$$\left| \frac{T_{CT}' - T_{CT}}{T_{CT}} \right| \cdot 100\% \leq 5\%. \quad (3.17)$$

Если условие (3.17) не выполняется, то уточняем температуру стенки резервуара и расчет повторяем, начиная с п.2.

11 По формуле (3.1) определяем температуру масла в конце срока его хранения.

Полная площадь поверхности резервуара

$$F = \pi \cdot (D_H + 2\delta_{ИЗ}) \cdot (L + 2\delta_{ИЗ}) + 2 \frac{\pi \cdot (D_H + 2\delta_{ИЗ})^2}{4}.$$

Масса масла, залитого в резервуар,

$$G = V \cdot \rho_{II} = \frac{\pi \cdot (D_H - 2\delta_{СТ})^2}{4} \cdot (L - 2\delta_{СТ}) \cdot \rho_{II}.$$

## 4 ЗАДАЧА №4

### «Расчет трубчатого подогревателя»

#### 4.1 Теоретическое введение

Среднее количество тепла, которое должен сообщить подогреватель нагреваемой среде в единицу времени, определяется по формуле

$$Q = G \cdot C_p \cdot (T_K - T_H) \cdot \frac{1}{\tau} + \frac{G_{ТВ} \cdot \chi}{\tau} + K_T \cdot F \cdot \Delta T, \quad (4.1)$$

где  $G$  – масса нефтепродукта, кг;

$C_p$  – удельная теплоемкость нефтепродукта,  $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ ;

$T_H, T_K$  – соответственно начальная и конечная температура подогрева, К;

$\tau$  – время, необходимое для разогрева нефтепродукта, с;

$G_{ТВ}$  – масса застывшего нефтепродукта, кг;

$\chi$  – скрытая теплота плавления нефтепродукта,  $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ ;

$K_m$  – коэффициент теплопередачи от нефтепродукта в окружающую среду,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ ;

$F$  – полная площадь поверхности резервуара,  $\text{м}^2$ ;

$\Delta T$  – разность температур между нефтепродуктом и окружающей средой, К.

Первое слагаемое уравнения (4.1) – тепло, идущее на подогрев всего нефтепродукта от начальной до конечной температуры.

Второе слагаемое уравнения (4.1) – тепло, расходуемое на расплавление застывшего нефтепродукта массой  $G_{ТВ}$ .

Третье слагаемое уравнения (4.1) – тепловые потери в окружающую среду за время разогрева нефтепродукта.

#### 4.2 Задание

Рассчитать местный подогреватель для резервуара РГС-50 (по условиям задачи №3). Масло необходимо разогреть за время  $\tau = 5$  ч с помощью трубчатого подогревателя с диаметром трубок  $d_{TP} = 60$  мм толщиной стенки 3,5 мм, работающего на насыщенном водяном паре с параметрами:

- давление пара  $P = 0,39$  МПа;
- температура пара  $T_{нар} = 416$  К.

#### 4.3 Методика расчета

1 Определяем конечную температуру подогрева масла, которая не должна превышать 333 К.

Для данной задачи выбор температуры масла в конце его подогрева осуществляем, исходя из следующих соображений.

Согласно справочным данным, минимальная температура, при которой возможна перекачка масла Т-22, составляет  $5^{\circ}\text{C}$ . С учетом тепловых потерь в трубопроводе до насоса, а также коэффициента запаса принимаем конечную температуру подогрева масла  $T_K = 290$  К.

2 Находим отношение

$$A = \frac{T_K - T_O}{T_B - T_O}. \quad (4.2)$$



3 Определяем среднюю температуру масла в процессе подогрева:

$$- \text{если } A \leq 2, \text{ то } T_{CP} = 0,5(T_B + T_K); \quad (4.3)$$

$$- \text{если } A > 2, \text{ то } T_{CP} = T_O + \frac{T_K - T_B}{\ln \frac{T_K - T_O}{T_B - T_O}}.$$

4 Определяем среднюю температуру масла вблизи трубок теплообменного аппарата

$$T_{II} = 0,5(T_{ПАР} + T_{CP}). \quad (4.4)$$

5 Определяем параметры масла при температуре  $T_{II}$  ( $\rho_{II}, \nu_{II}, C_{PII}, \lambda_{II}$ ) по формулам (3.4 – 3.8).

6 Задаемся значением коэффициента теплоотдачи от пара к внутренней стенке теплообменного аппарата

$$\alpha_{1CT} = (3480 - 11600) \frac{Вт}{м^2 \cdot К}.$$

7 Задаемся температурой стенки теплообменного аппарата (она близка к  $T_{ПАР}$ )

$$T_{CT} = T_{ПАР} - (2 - 3), \text{ К.}$$

8 Определяем параметры Прандтля и Грасгофа при температуре  $T_{II}$  по формулам (3.9, 3.11).

$$8.1 \ Pr_{II} = \frac{\nu_{II} \cdot C_{PII} \cdot \rho_{II}}{\lambda_{II}}. \quad (4.5)$$

$$8.2 \ Gr_{II} = \frac{d_{TP}^3 \cdot g \cdot \beta_P (T_{CT} - T_n)}{\nu_{II}^2}. \quad (4.6)$$

9 Определяем коэффициент теплоотдачи от стенок теплообменного аппарата к маслу (при свободной конвекции)

$$\alpha_{2CT} = 0,53 \cdot \frac{\lambda_{II}}{d_{TP}} (G_{II} \cdot Pr_{II})^{0,25}. \quad (4.7)$$

10 Определяем коэффициент теплопередачи от пара к маслу

$$K_{CT} = \frac{1}{d_{TP_{BH}} \left( \frac{1}{\alpha_{1CT} \cdot d_{TP_{BH}}} + \frac{1}{2\lambda_{CT}} \ln \frac{d_{TP}}{d_{TP_{BH}}} + \frac{1}{\alpha_{2CT} \cdot d_{TP}} \right)}, \quad (4.8)$$

где  $\lambda_{CT} = 40 \frac{Вт}{м \cdot К}$ ;  $d_{TP_{BH}} = d_{TP} - 2 \cdot \delta_{TP}$ .

11 Проверяем правильность выбранной температуры стенки теплообменного аппарата

$$T_{CT}' = T_{ПАР} - \frac{K_{CT}}{\alpha_{1CT}} (T_{ПАР} - T_{II}),$$

$$T_{CT}'' = T_{CT}' - \frac{K_{CT} \cdot d_{TP_{BH}}}{2\lambda_{CT}} \cdot \ln \left( \frac{d_{TP}}{d_{TP_{BH}}} \right) (T_{ПАР} - T_{II}). \quad (4.9)$$

Если  $\left| \frac{T_{CT}'' - T_{CT}'}{T_{CT}'} \right| \cdot 100\% \leq 5\%$ , то температура стенки выбрана

верно. В противном случае уточняется температура стенки и расчет повторяется с п. 7.

12 Определяем по формуле (4.1) количество тепла, необходимое для разогрева масла в единицу времени с учетом следующих допущений:

- 1) поскольку для большинства вязких нефтепродуктов, в том числе и масел, не рекомендуется при хранении допускать такую температуру, при которой наблюдается их застывание и

образование твердой корки на стенках емкости, то считаем  $G_{TB}=0$ ;

2) пренебрегаем тепловыми потерями в окружающую среду, т.е. третье слагаемое в формуле (4.1) отсутствует.

$$Q = G \cdot C_{P_{CP}} (T_K - T_B) \cdot \frac{1}{\tau} = \frac{\pi D_{BH}^2}{4} \cdot (L - 2\delta_{CT}) \cdot \rho_{CP} \cdot C_{P_{CP}} \cdot (T_K - T_B) \cdot \frac{1}{\tau}, \text{ Вт}, \quad (4.10)$$

где  $C_{P_{CP}}$  – удельная теплоемкость масла при температуре  $T_{CP}$ ;

$\rho_{CP}$  – плотность масла при температуре  $T_{CP}$ .

13 Находим среднелогарифмический температурный напор

$$\Delta T_{CP} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}, \text{ К}, \quad (4.11)$$

где  $\Delta T_1 = T_T' - T_B$  – наибольшая разность температур между теплоносителем и нагреваемой средой;

$T_T'$  – температура теплоносителя на входе в теплообменный аппарат;

$$T_T' = T_{ПАР};$$

$\Delta T_2 = T_T'' - T_K$  – наименьшая разность температур между теплоносителем и нагреваемой средой;

$T_T''$  – температура теплоносителя на выходе из теплообменного аппарата.

Считая, что конденсация пара в теплообменном аппарате происходит при постоянной температуре, принимаем  $T_T' = T_T'' = T_{ПАР}$ .

14 Находим расчетную поверхность нагрева

$$F = \frac{Q}{\Delta T_{CP} \cdot K_{CT}}, \text{ м}^2.$$

С учетом образования накипи на стенках теплообменного аппарата за время его эксплуатации и, как следствие, изменения коэффициента теплоотдачи, необходимо увеличить полученную площадь на 20-30%.

15 Исходя из требуемой поверхности нагрева, выбираем тип нагревательного элемента и определяем их количество (см. таблицу 4.1).

Таблица 4.1 - Поверхность нагрева нагревательного элемента.

Тип нагревательного элемента	Поверхность нагрева, м <sup>2</sup>
ПЭ-1	1,70
ПЭ-2	2,06
ПЭ-3	2,42
ПЭ-4	3,14
ПЭ-5	3,86
ПЭ-6	4,58

## 5 ЗАДАЧА №5

### «Расчет потерь автомобильного бензина от «больших дыханий»

#### 5.1 Теоретическое введение

Потери от «больших дыханий» – это потери от вытеснения паров нефтепродукта из газового пространства (ГП) резервуара закачиваемым нефтепродуктом.

При откачке нефтепродукта из резервуара объем газового пространства увеличивается. Поэтому давление в нем падает, и через дыхательную арматуру в резервуар подсасывается атмосферный воздух. Это, с одной стороны, приводит к снижению средней концентрации углеводородов в ГП, а с другой стороны, струя воздуха омывает поверхность нефтепродукта. В результате процесс его испарения интенсифицируется. При последующем заполнении резервуара нефтепродукт, поступая в герметизированный резервуар, сжимает паровоздушную смесь до давления, на которое рассчитан дыхательный клапан. Как только давление станет равным расчетному давлению дыхательного клапана, из резервуара будет выходить паровоздушная смесь, начнется «большое дыхание» («выдох»). Чем больше давление, на которое отрегулирован дыхательный клапан, тем позднее начнется «большое дыхание».

Потери от «большого дыхания» определяются по формуле

$$G_{БД} = \left[ V_H - V_G \left( \frac{P_2 - P_1}{P_2 - P_V} \right) \right] \frac{P_V}{P_2} \cdot \rho, \quad (5.1)$$

где  $V_H$  – объем закачиваемого нефтепродукта, м<sup>3</sup>;

$V_G$  – объем газового пространства перед закачкой нефтепродукта, м<sup>3</sup>;

$P_1, P_2$  – соответственно давление в ГП до и после закачки нефтепродукта, Па;  $P_2 = P_a + P_{кв}$ ;

$P_y$  – среднее парциальное давление паров нефтепродукта, Па;

$\rho$  – плотность паров нефтепродукта, кг/м<sup>3</sup>.

## 5.2 Задание

Выполнить расчет потерь автомобильного бензина от «больших дыханий»: 1) если закачка производится днем (солнечно); 2) если закачка производится ночью, при заданных технологических параметрах:

- тип резервуара: РВС–5000;
- диаметр резервуара,  $D=22,79$  м;
- высота корпуса,  $H_p=11,86$  м;
- высота конуса крыши,  $H_k=0,57$  м;
- атмосферное давление  $P_a=101200$  Па;
- нагрузка дыхательного клапана НДКМ-200:
  - на вакуум  $P_{кв}=196,2$  Па;
  - на давление  $P_{кд}=1962$  Па;
- температура начала кипения бензина  $T_{нк}=311$  К;
- средняя температура бензина:
  - днем  $T_{Пср}=298$  К;
  - ночью  $T_{Пср}=289$  К;
- количество дыхательных клапанов – 2 шт;
- диаметр патрубка клапана  $d=200$  мм.

Производительность закачки бензина, начальный и конечный уровни разлива приведены в таблицах 5.1, 5.2.

Таблица 5.1 - Исходные данные к задаче «Расчет потерь бензина от «больших дыханий»

Номер вар	Значения параметров							
	I группа				II группа			
	Н <sub>вэл1</sub> , м	Н <sub>вэл2</sub> , м	Q, м <sup>3</sup> /ч	T <sub>пр</sub> , ч	Н <sub>вэл1</sub> , м	Н <sub>вэл2</sub> , м	Q, м <sup>3</sup> /ч	T <sub>пр</sub> , ч
1	5,0	6,9	207	14	3,4	5,3	261	18
2	2,9	6,6	368	11	1,1	4,8	273	19
3	1,2	3,1	297	10	3,1	5,0	390	17
4	1,4	3,3	293	20	4,0	7,7	379	10
5	3,4	7,1	329	15	1,7	5,4	574	13
6	2,6	4,5	307	24	1,3	3,2	264	23
7	3,3	5,2	313	10	1,6	3,5	390	15
8	1,7	3,6	263	10	1,3	5,0	491	17
9	3,6	7,3	343	17	4,1	6,0	376	11
10	2,9	4,8	483	23	2,5	6,2	320	14
11	2,1	4,0	225	15	2,1	4,0	225	15
12	2,3	4,2	339	12	2,3	4,2	339	12
13	1,6	3,5	408	17	1,6	3,5	408	17
14	3,3	5,2	253	21	3,3	5,2	253	21
15	4,5	8,2	299	23	4,5	8,2	299	23
16	1,4	5,1	258	12	1,4	5,1	258	12
17	4,5	6,4	486	11	4,5	6,4	486	11
18	3,8	7,5	536	16	3,3	5,2	383	24
19	4,5	8,2	250	15	4,1	7,8	576	13
20	2,5	6,2	360	21	2,5	4,4	353	19
21	1,5	5,2	449	19	2,5	4,4	208	15
22	1,1	4,8	401	10	4,5	6,4	592	17
23	2,2	5,9	275	14	1,8	3,7	272	13
24	4,6	6,5	524	25	4,8	6,7	480	10
25	1,6	5,3	546	24	4,7	6,6	381	12
26	3,0	4,9	510	11	3,3	5,2	399	19
27	4,1	7,8	469	15	3,6	5,5	537	10
28	2,2	4,1	387	21	3,2	6,9	597	15
29	2,2	4,1	407	20	3,1	5,0	241	25
30	2,6	4,5	463	11	1,9	3,8	416	18
31	3,7	7,4	455	25	4,3	8,0	405	24
32	1,2	4,9	490	19	4,6	8,3	218	21

Таблица 5.2 - Исходные данные к задаче «Расчет потерь бензина от «больших дыханий»

№ вар	Значения параметров							
	III группа				IV группа			
	H <sub>взл1</sub> , м	H <sub>взл2</sub> , м	Q, м <sup>3</sup> /ч	T <sub>пр</sub> , ч	H <sub>взл1</sub> , м	H <sub>взл2</sub> , м	Q, м <sup>3</sup> /ч	T <sub>пр</sub> , ч
1	1,1	7,0	200	15	2,1	10,7	420	30
2	1,2	7,5	205	16	1,1	10,6	435	29
3	1,3	7,6	220	17	2,2	10,5	450	28
4	1,4	7,8	225	18	1,2	10,4	350	27
5	1,5	8,0	300	19	2,3	10,3	250	26
6	1,6	8,1	315	20	1,3	10,2	375	25
7	1,7	8,2	345	21	2,4	10,1	275	24
8	1,8	8,3	360	22	1,4	10,0	340	23
9	1,9	8,4	420	23	2,5	9,9	240	22
10	2,0	9,0	435	24	1,5	9,8	360	21
11	2,1	8,5	215	25	2,6	9,7	260	20
12	2,2	8,7	230	26	1,6	9,6	415	19
13	2,3	8,8	240	27	2,7	9,5	410	18
14	2,4	9,1	250	28	1,7	9,4	400	17
15	2,5	9,2	260	29	2,8	9,3	390	16
16	2,6	9,3	270	30	1,8	9,2	380	18
17	2,7	10,0	280	20	2,9	9,1	370	20
18	2,8	10,3	290	19	1,9	9,0	360	22
19	2,9	10,5	300	18	3,0	8,9	350	24
20	3,0	10,7	310	17	2,0	8,8	290	26
21	1,3	9,8	320	16	3,1	8,7	280	28
22	1,4	9,3	330	15	3,2	8,6	260	30
23	1,5	8,4	340	21	3,3	8,5	270	24
24	1,6	8,2	350	22	3,4	8,4	250	26
25	1,7	10,5	360	24	3,5	8,3	240	25
26	1,8	10,7	370	19	3,6	8,2	320	27
27	1,9	9,7	380	17	3,7	8,1	330	29
28	2,0	10,0	390	18	3,8	8,0	410	31
29	2,1	8,3	400	24	3,9	7,9	400	33
30	2,2	7,8	410	23	4,0	7,8	435	35
31	2,3	7,5	420	15	4,1	7,7	225	37
32	2,4	7,7	430	17	4,2	7,6	345	39



### 5.3 Методика расчета

1 Находим абсолютное давление в газовом пространстве в начале закачки:

– днем:  $P_1 = P_a$ ;

– ночью:  $P_1 = P_a - P_{кв}$ , Па.

2 Находим молярную массу бензиновых паров

$$M = 52,629 - 0,246 \cdot T_H + 0,001 \cdot T_H^2, \text{ кг/кмоль}, \quad (5.2)$$

где  $T_H$  – средняя температура кипения фракций, находящихся в парах;

$$T_H = T_{н.к} - 30, \text{ К},$$

$T_{н.к}$  – температура начала кипения нефтепродукта, К.

3 Находим плотность паров бензина

$$\rho = \frac{P_1 \cdot M}{T_{н.сп} \cdot \bar{R}}, \text{ кг/м}^3, \quad (5.3)$$

где  $\bar{R}$  – универсальная газовая постоянная,  $\bar{R} = 8314,3 \frac{\text{Дж}}{\text{кмоль} \cdot \text{К}}$ .

4 Находим высоту газового пространства перед закачкой нефтепродукта

$$H_{Г1} = H_P - H_{взл1} + \frac{H_K}{3}, \text{ м}. \quad (5.4)$$

5 Находим объем газового пространства перед закачкой нефтепродукта

$$V_{Г} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H_{Г1}, \text{ м}^3. \quad (5.5)$$

6 Находим объем закачиваемого бензина

$$V_H = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot (H_{ВЗЛ2} - H_{ВЗЛ1}), \text{ м}^3. \quad (5.6)$$

7 Находим величину газового пространства после закачки нефтепродукта

$$H_{Г2} = H_P - H_{ВЗЛ2} + \frac{H_K}{3}, \text{ м}. \quad (5.7)$$

8 Находим прирост относительной концентрации  $\frac{\Delta C_2}{C_S}$  за время

$\tau = \tau_{np} + \tau_3$  по графику на рисунке 5.1.

Здесь  $\tau_{np}$  – время простоя, ч;  $\tau_3$  – время закачки, ч.

Время закачки определяется из отношения

$$\tau_3 = \frac{V_H}{Q}, \text{ ч}.$$

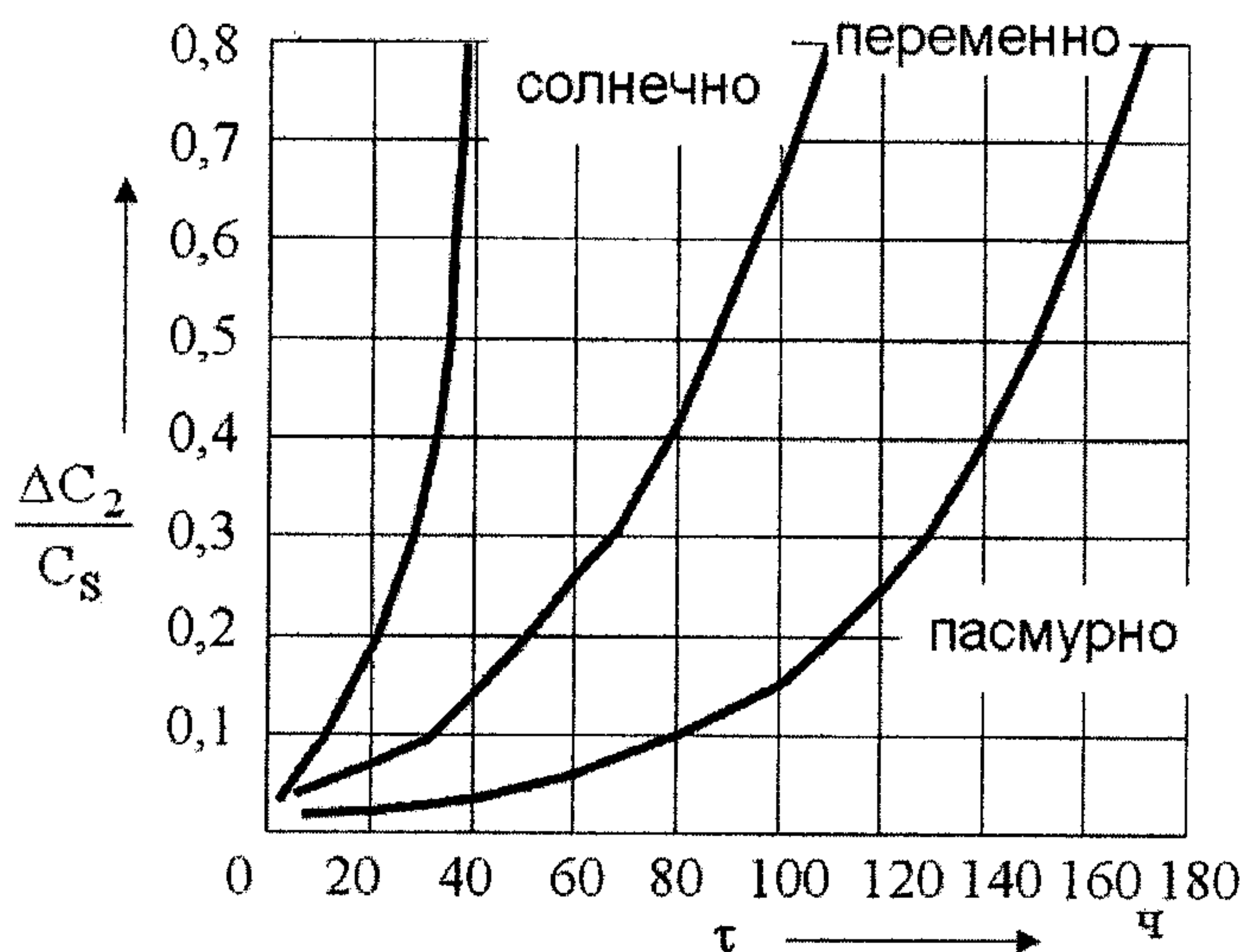


Рисунок 5.1 – Зависимость прироста относительной концентрации паров бензина в ГП от длительности простоя резервуара и погодных условий

9 Находим скорость выхода паровоздушной смеси через дыхательные клапаны

$$V_B = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot 3600 \cdot n \cdot d^2}, \quad (5.8)$$

где  $d$  – диаметр дыхательного клапана, м;

$n$  – количество дыхательных клапанов, шт;

$Q$  – производительность закачки, м<sup>3</sup>/ч.

10 Находим прирост относительной концентрации  $\frac{\Delta C_1}{C_S}$  за время

выкачки нефтепродукта по графику на рисунке 5.2.

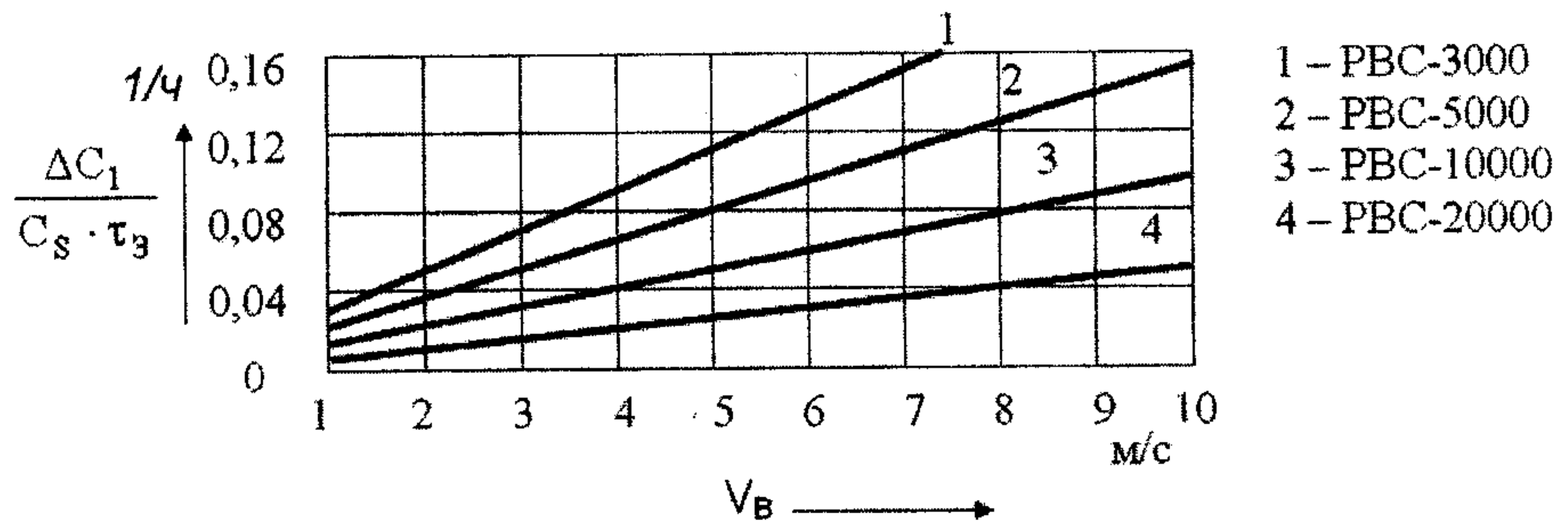


Рисунок 5.2 – Зависимость часового прироста относительной концентрации паров бензина в газовом пространстве за время выкачки нефтепродукта из резервуара

11 Находим среднюю относительную концентрацию паров в газовом пространстве

$$\frac{\Delta C}{C_S} = \frac{H_{Г2}}{H_{Г1}} + \frac{\Delta C_1}{C_S} + \frac{\Delta C_2}{C_S}; \quad (5.9)$$

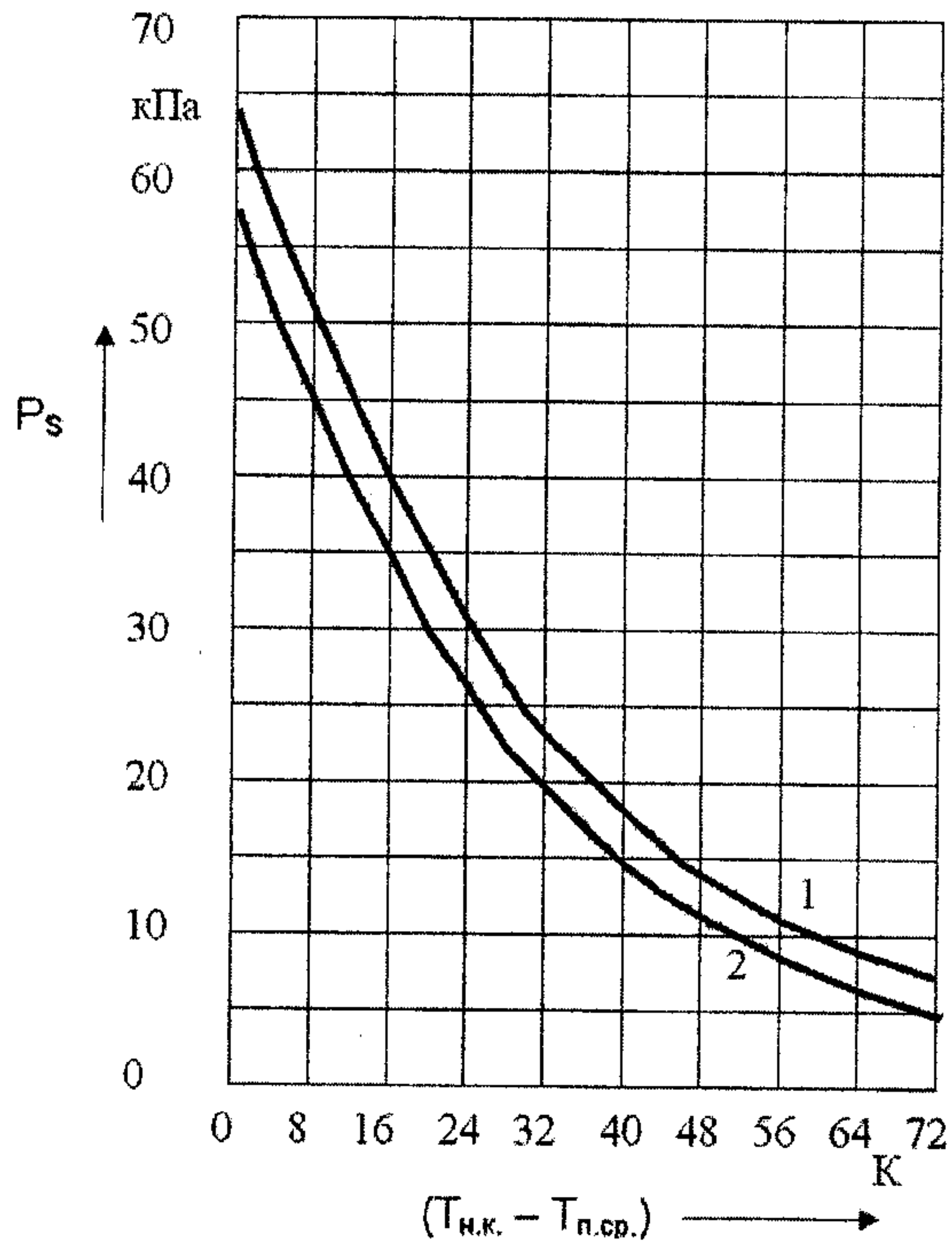
исходя из физического смысла  $\frac{\Delta C}{C_S} \leq 1$ , если  $\frac{\Delta C}{C_S} > 1$ , то для

дальнейших расчетов принимаем  $\frac{\Delta C}{C_S} = 1$ .

12 Находим давление насыщенных паров  $P_S$  при температуре  $T_{n.cр}$  по графику на рисунке 5.3.

13 Находим среднее парциальное давление паров нефтепродукта

$$P_y = \frac{\Delta C}{C_s} \cdot P_S. \quad (5.10)$$



1 – авиационный бензин; 2 – автомобильный бензин

Рисунок 5.3 – Зависимость давления насыщенных паров нефтепродукта от температуры

14 Находим потери нефтепродукта от одного «большого дыхания» по формуле (5.1).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Шишкин Г.В. Справочник по проектированию нефтебаз.- Л.:Недра, 1978.-215с.
- 2 Едигаров С.Г. и др. Проектирование и эксплуатация нефтебаз: учебник для вузов.- М.:Недра, 1982. -280с.
- 3 Транспорт и хранение нефти и газа: учеб. пособие для вузов/ под ред. Н.Н. Константинова, П.И. Тугунова. – М.:Недра, 1975. - 248с.
- 4 Тугунов П.И.,Новоселов В.Ф. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепродуктов: учеб. пособие.-М.:Недра, 1981.- 176с.
- 5 Коршак А.А. и др. Нефтебазы и АЗС: учеб. пособие.-Уфа : ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2006.-415с.
- 6 Новоселов В.Ф. и др. Методика расчета потерь от испарения нефти и нефтепродуктов с наземных резервуаров: учеб. пособие.- Уфа.: УНИ, 1987.-73с.

**Редактор Л.А. Матвеева**

Подписано в печать 31.07.08. Бумага офсетная. Формат 60x84 1/16.

Гарнитура "Таймс". Печать трафаретная. Усл. печ. л. 3,8. Уч. –изд. л. 3,3.

Тираж 150 экз. Заказ 169.

Издательство Уфимского государственного нефтяного технического университета

Типография Уфимского государственного нефтяного технического университета

Адрес издательства и типографии:

450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1