

# Трубопроводная транспортная система

# ПЛАН ТЕМЫ

6.3. Магистральные нефтепроводы и нефтепродуктопроводы.

6.3.1. Состав магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов.

6.3.2. Основные характеристики и свойства нефти и нефтепродуктов.

6.3.3. Перекачка нефти и нефтепродуктов.

6.3.4. Показатели транспортирования жидких и газообразных грузов.

6.3.5. Нефтепродуктопроводы.

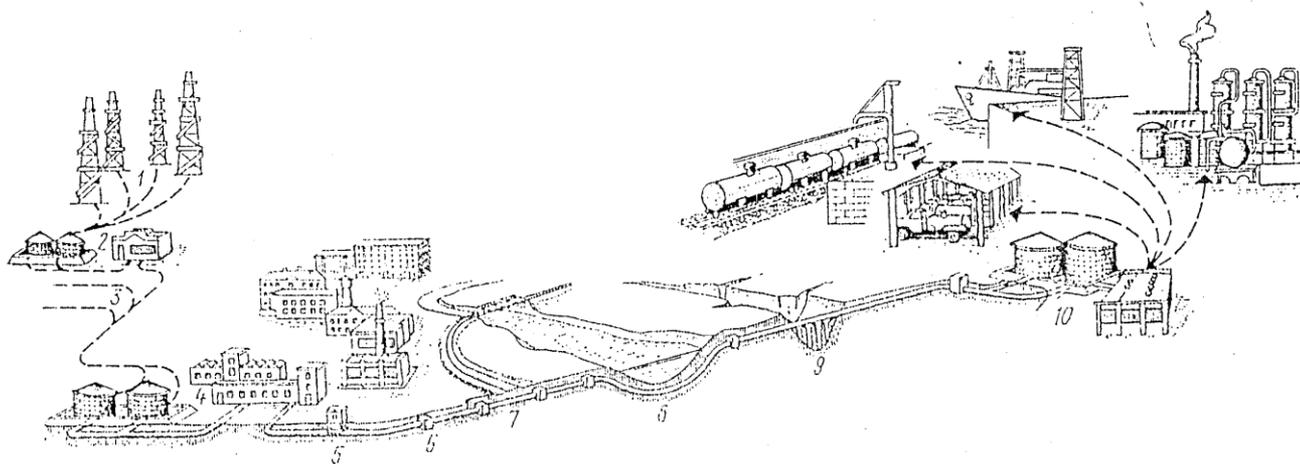
6.3.6. Нефтебазы.

## **6.3. МАГИСТРАЛЬНЫЕ НЕФТЕПРОВОДЫ И НЕФТЕПРОДУКТОПРОВОДЫ**

### ***6.3.1. СОСТАВ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ И НЕФТЕПРОДУКТОПРОВОДОВ***

Магистральный нефтепровод и нефтепродуктопровод (рис.3) включают в себя:

- головную насосную станции (ГНС), на которой происходит сбор и накапливание нефти, предназначенной для дальнейшей транспортировки по магистральному трубопроводу;
- подводящих трубопроводов, по которым перекачивается нефть с промысла в резервуары головной станции;
- линейную часть, состоящую из собственно трубопровода, запорной арматуры, переходов через естественные и искусственные преграды, компенсаторов;
- установок электрохимической защиты;
- промежуточные перекачивающие станции (ППС), которые принимают и направляют нефть и нефтепродукты по трубопроводу до следующей станции, к конечным и промежуточным распределительным пунктам;
- конечные пункты, которыми при перекачке сырой нефти обычно являются нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) и распределительные нефтебазы, снабжающие нефтепродуктами регион.



**Рис.3 Схема магистрального нефтепровода.**

- 1 – промысел, 2 - нефтесборный пункт, 3 - подводящие трубопроводы,  
 4- головные сооружения, колодец для пуска скребка,  
 7 – переход под железной дорогой, 8 – переход через реку,  
 9 - переход через овраг 10 – конечный распределительный пункт**

Располагаются конечные пункты обычно в узлах железных дорог, вблизи морских и речных портов. Они включают в себя в основном резервуары.

Основные показатели протяжённости нефтепроводов отдельных стран  
(1988 г.) и России (1998 г.)

Страны	Протяжённость нефтепроводов, км		
	Тыс. км.	на 1000 км <sup>2</sup> территории	на 1 млн. человек
США	345	37	1,4
Германия	2	9	0,04
Франция	5	9	0,09
Канада	34	3	1,28
Китай	14	1	0,01
Россия	62	4	0,41

Наблюдается недостаточность развития трубопроводной транспортной системы. Общая протяженность нефтепроводов в Российской Федерации в 2005 г. составила около 90 тыс. км. Для сравнения в США нефтепроводная система имеет общую протяженность около 350 тыс. км. Кроме того российская трубопроводная система характеризуется высокой степенью износа и за последние 10 лет практически не ремонтировалась.

## **6.3.2. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И СВОЙСТВА НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ**

**Нефть** – горючая маслянистая жидкость со специфическим запахом, распространенная в осадочной оболочке Земли, важнейшее полезное ископаемое.

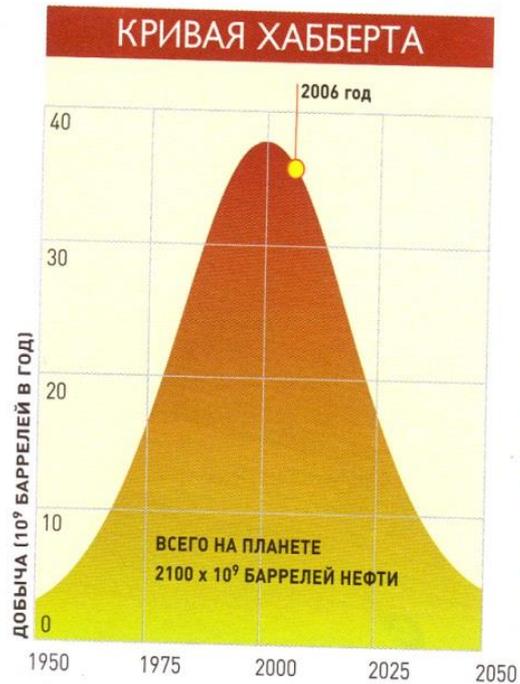
Мировые запасы нефти составляют около 500 млрд. тонн. Разведанные запасы составляют 160 млрд. т. Столько же добыто. 205 млрд. т. предстоит ещё открыть и добыть.

**Запасы нефти в млрд барелей на конец 2010 г. (% от мировых запасов нефти) «Аргументы и факты № 39, 2011»:**

○Саудовская Аравия	- 264,5 (19,1)
○Венесуэла	- 211,2 (15,3)
○Иран	- 137 (9,9)
○Ирак	- 115 (8,3)
○Кувейт	- 101,5 (7,3)
○ОАЭ	- 97,8 (7,1)
○Россия	- 77,4 (5,6)
○Ливия	- 46,4 (3,4)
○Казахстан	- 39,8 (2,9)
○Нигерия	- 37,2 (37,2)
○Весь мир	1383,2.

**Хватит на 46 лет**

# Доказанные запасы нефти на нашей планете оценивают в 164 миллиарда тонн. Примерно столько же выработано



Так происходит исчерпание запасов нефти в мировых масштабах. Некоторые аналитики полагают, что нефтяной пик уже пройден



От косметики до CD-дисков: многие ежедневно необходимые нам товары сделаны на основе нефти

Рис.4

Мировые запасы нефти, %	
Ближний Восток	67
Латинская Америка	9
Западная Африка	7
Россия, Каспий, Средняя Азия	6
Северная Америка	5
Китай и Юго-Восточная Азия	3
Западная Европа	3
Итого	100

В 2002 году на Земле было добыто 4,6 млрд. тонн нефти, из которой 1 млрд. тонн потребили США. В США разведанных запасов 8 млрд. тонн. Ежегодно в США добывается около 330 млн. тонн собственной нефти и по этому показателю США занимает 3 место после Саудовской Аравии и России.

Обычно нефть расположена на глубинах 1,2 – 2 км и более. Нефть состоит из различных углеводородов и соединений, содержащих кислород, серу и азот. Большинство нефти имеют серы 0,5 % (ближневосточная), а треть - > 1 % (тюменская).

**Цвет нефти** меняется от белого, зелёного, светло-коричневого до тёмно-бурого оттенка.

**Плотность нефти** зависит от температуры и колеблется от 700 кг/м<sup>3</sup> до 1050 кг/м<sup>3</sup>. Нефть с плотностью 700 кг/ м<sup>3</sup> – лёгкая (Ближневосточная), а с плотностью 1050 кг/ м<sup>3</sup> – весьма тяжёлая (Тюменская).

**Вязкость** – свойство жидкости оказывать сопротивление перемещению одной части нефти или нефтепродукта относительно другой. Она зависит от температуры.

Вязкость некоторых сортов нефти настолько велика, что перекачка её по нефтепроводу при температуре ниже 25 - 30 град. Цельсия практически невозможна. Транспортирование такой нефти возможно только с подогревом.

Одной из важнейших характеристик является степень огнеопасности нефтепродуктов.

**Электризация** – способность нефти и нефтепродуктов накапливать и сохранять длительное время заряд статического электричества. При возникновении высоких потенциалов трубопроводов и резервуаров относительно Земли возможно возникновение искры. Поэтому трубопроводы и резервуары с нефтью должны быть заземлены.

Пары нефти и нефтепродуктов содержат различные опасные для здоровья людей включения.

Особенно вредны этилированные бензины, содержащие ядовитые вещества (тетраэтилсвинец, пары сернистой нефти и сероводорода).

Если при этом паровоздушная смесь находится в состоянии взрывоопасности, то происходит взрыв. В связи с этим в опасных зонах требуется оборудование вентиляции.

### **6.3.3. ПЕРЕКАЧКА НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ**

Для осуществления перекачки по трубопроводу нефти и нефтепродуктов необходимо затрачивать энергию по преодолению сил трения по всей длине трубопровода.

Такая работа выполняется перекачивающими насосными станциями, которые поднимают давление в трубопроводе и обеспечивают движение перекачиваемого продукта.

В настоящее время применяют две генеральные схемы перекачки:

- перекачка нефти и нефтепродуктов одного вида;
- перекачка по одному трубопроводу последовательно отличающихся по свойствам нефтепродуктов.

При второй схеме в трубопроводе устанавливают движущиеся перегородки. Необходимость последовательной перекачки диктуется, прежде всего, тем, что строить параллельно два трубопровода не всегда целесообразно.

Магистральный трубопровод обычно сооружают в виде одной нитки.

На всех головных насосных станциях (ГНС) и большинстве перекачивающих станций (ПНС) имеются резервуарные парки.

Суммарный объём таких резервуарных парков может достигать 1-2 млн.м<sup>3</sup> (например, резервуарный парк компании Вентспилс Нафта составляет 1,5 млн.м<sup>3</sup>).

На ПНС резервуары имеют чисто технологическое назначение, а также служат для приёма нефти в случае кратковременных остановок перекачки. Для перекачки нефти и нефтепродуктов используются высоконапорные центробежные насосы производительностью до 10000 м<sup>3</sup>/час и более с приводом от электродвигателей.

Для перекачки высоковязких и застывающей нефти наиболее распространены методы:

- подогрева;
- смешение с маловязкими нефтепродуктами или водой;
- добавление различных разжижающих присадок.

### **6.3.4. ПОКАЗАТЕЛИ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ЖИДКИХ И ГАЗООБРАЗНЫХ ГРУЗОВ**

**Объём перевозок** – количество тонн нефти, нефтепродуктов и газа, перевезённого за определённый период.

**Грузооборот** - количество тонно-километров, выполненных за определённый период времени. Определяется умножением объёма перекачки нефти, нефтепродуктов и газа на протяжённость магистральных трубопроводов.

**Срок доставки** нефти и нефтепродуктов  $t_d$  - время от начала заполнения резервуара на головной станции до заполнения резервуара в конечном пункте.

Определяется по формуле:

$$t_d = t_{xp} + \ell / v,$$

где  $t_{xp}$  - время хранения груза в резервуарах при продвижении по трубопроводу;

$\ell$  - длина трубопровода, км;

$v$  - скорость перекачки нефти (нефтепродуктов), км/сутки.

**Скорость перекачки** нефти определяется по формуле:

$$V = \frac{0,033 \times Q_p}{F \times \gamma} \quad \text{м/сек, где}$$

$Q_p$  - расчётная производительность нефтепровода или нефтепродуктопровода, млн. тонн/год;

$F$  - средняя площадь проходного сечения трубопровода, м<sup>2</sup>;

$\gamma$  - массовая плотность перекачиваемого груза, тонн/м<sup>3</sup>

**Пропускная способность** нефтепроводов зависит от диаметра трубопровода, рабочего давления, расстояния между перекачивающими станциями и скоростью перекачки (км/сутки) (таблица 4)

Диаметр трубопровода, мм	Рабочее давление, $\mu$ Па	Расстояние (шаг) между станциями, км					
		100		200		400	
		Объём перекачки за год, млн. тонн	Скорость перекачки, км/сутки	Объём перекачки за год, млн. тонн	Скорость перекачки, км/сутки	Объём перекачки за год, млн. тонн	Скорость перекачки, км/сутки
377		3,4	113,5	2,4	77,1	1,6	51,5
426		4,8	120,5	3,2	80,5	2,2	55,4
529	5,4 – 6,5	8,0	128,0	5,4	86,4	3,7	59,2
680		12,9	146,0	8,7	98,3	5,8	65,6
720		18,2	156,0	12,2	104,5	8,2	70,3
820	4,8 – 5,8	26,0	171,0	17,5	115,1	11,6	76,1
1020	4,6 – 5,6	46,6	199,0	31,5	134,5	21,0	89,7
1220	4,4 – 5,4	72,0	214,0	49,0	137,0	33,0	98,3

Для повышения производительности нефтепровода обычно строят вторую нитку.

Поддерживают внутреннюю поверхность трубы в состоянии, обеспечивающим возможность минимального сопротивления движению нефти путём их периодической очистки.

Повышение производительности за счёт увеличения давления нежелательно, так как при этом нефть перегревается и теряет лёгкие фракции в резервуарных парках при неудовлетворительном состоянии понтонов.

### **6.3.5. НЕФТЕПРОДУКТОПРОВОДЫ**

Светлые нефтепродукты от нефтеперерабатывающих заводов до баз нефтепродуктов в основном перевозятся по железным дорогам, а до мелких многочисленных потребителей развозятся автомобильным транспортом. По железным дорогам перевозится и мазут (от нефтеперерабатывающих заводов до потребителей).

Трубопроводным и другими видами магистрального транспорта транспортируется незначительная доля нефтепродуктов.

Распределение потоков нефтепродуктов по видам транспорта предопределяется, прежде всего, их физическими свойствами.

Топочный мазут и вязкие нефтепродукты транспортируются, как правило, железно-дорожным и водным транспортом. Перекачка их по трубопроводам практикуется только на короткие расстояния в подогретом состоянии.

Битум, кокс и другие, твердые или особо вязкие конечные продукты переработки нефти, практически могут перевозиться только железнодорожным, автомобильным или водным транспортом.

Масла и отдельные фракции, служащие сырьём для химической промышленности перевозятся железнодорожным, частично водным транспортом с развозкой мелким потребителям автомобилями.

Таблица 5

Диаметр трубопровода, мм	Рабочее давление μПа	Расстояние (шаг) между станциями, км			
		150		300	
		Объём перекачки за год, млн. тонн	Скорость перекачки, км/сутки	Объём перекачки за год, млн. тонн	Скорость перекачки, км/сутки
219	9 - 10	1.0	106.5	0,7	74.5
273	7,5 – 8,5	2,0	134.0	1.3	87,0
325	6,7 – 7,5	6,7 – 7,5	140.0	2.0	93.0
377	5,5 – 6,5	5,5 – 6,5	137.5	2,7	92.7
426	5,5 – 6,5	5,5 – 6,5	134.3	3.5	94.1
529	5,5 – 6,5	5,5 – 6,5	154.5	6.0	133.0

### **6.3.6. НЕФТЕБАЗЫ**

Современная нефтебаза представляет собой комплекс производственных, технологических и других сооружений и средств для приёма, хранения и отгрузки нефтепродуктов и нефти.

Нефтебазы классифицируются:

- **по характеру операций** (распределительные, перевалочные, перевалочно – распределительные и базы хранения);
- **по транспортным связям** (железнодорожные, водные, водно – железнодорожные, трубопроводные
  - на магистральных трубопроводах и ответвлениях на них) и глубинные, получающие нефтепродукты автотранспортом;
- **по номенклатуре хранения нефте-продуктов** (базы общего хранения, светлых нефтепродуктов, масел, темных нефтепродуктов и нефти).

В зависимости от общего объёма резервуарного парка все нефтебазы делятся на три категории:

1 категории – объём более 50000 м<sup>3</sup>,

2 категории - от 10000 до 50000 м<sup>3</sup>,

3 категории - до 10000 м<sup>3</sup>.

**Распределительные нефтебазы** предназначены для снабжения нефтепродуктами потребителей, расположенных в районе, обслуживаемом базой.

**Перевалочные нефтебазы** осуществляют перевалку нефти и нефтепродуктов с одного вида транспорта на другой.

Для выполнения технологических операций на нефтебазе строятся здания и сооружения:

- для железнодорожного приёма и отпуска - подъездные железнодорожные пути, технологические трубопроводы, сливо-наливные эстакады, межрельсовые сливные желоба для слива мазута и нефти и др.
- для водного приёма и отпуска - пирсы и причалы со сливными и наливными устройствами, насосными помещениями и площадками узлов задвижек насосных станций, технологическими трубопроводами и др. объекты;
- для хранения нефти и нефтепродуктов – резервуарные парки, технологические трубопроводы и др.;
- для отпуска нефтепродуктов мелкими партиями – автоматизированные системы налива нефтепродуктов в автоцистерны, разливные для налива нефтепродукты в бочки (баррель = 159 литров).

Основными характеристиками нефтебаз, определяющими их пропускную способность, являются объём резервуарного парка, производительность насосных установок и трубопроводов.

А для морских и речных нефтебаз кроме этого, протяжённость слива – наливных железнодорожных эстакад и число причалов.

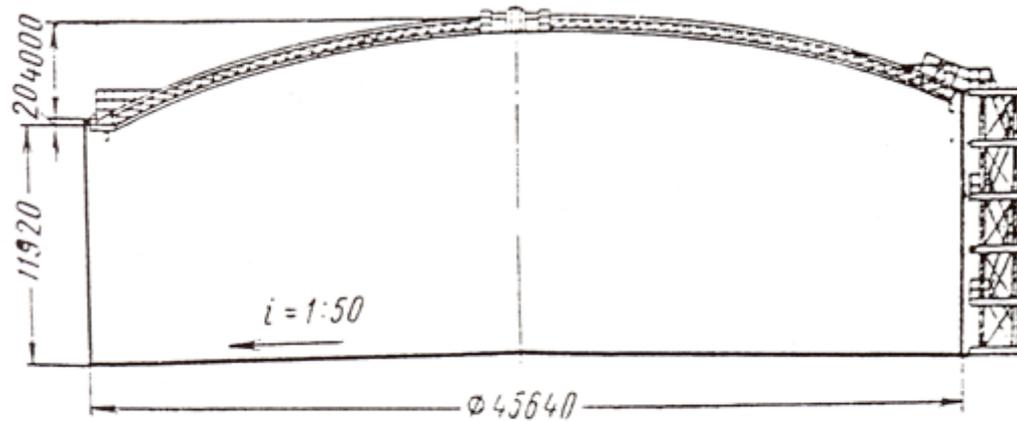
### Резервуары

Резервуарные парки являются основными сооружениями нефтебаз. На них приходится до 60 % всех капиталовложений при строительстве нефтебазы.

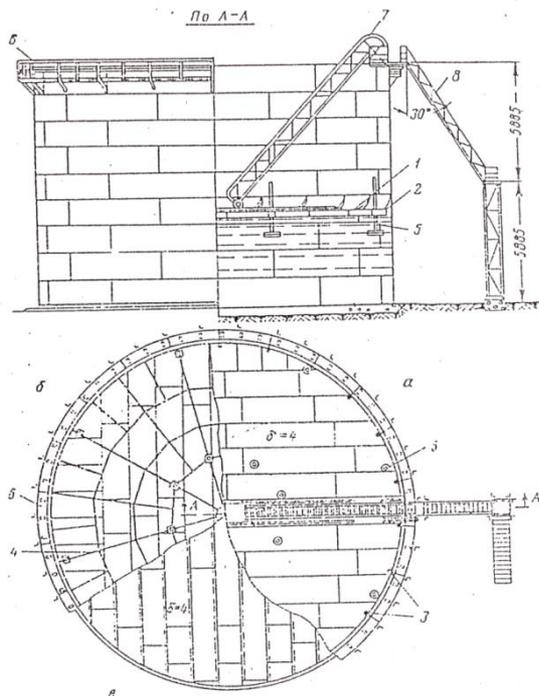
Большинство находящихся в эксплуатации резервуаров двух типов:

- вертикальные цилиндрические стальные листовой и рулонной сборки, рассчитанные на избыточное давление в газовом пространстве 20 – 200 мм. водяного столба ( 0,05 кг/см<sup>2</sup>);
- резервуары с металлическими понтонами, отличающиеся в основном вместимостью (от 1000 до 20000 м<sup>3</sup>) и конструкцией покрытия.

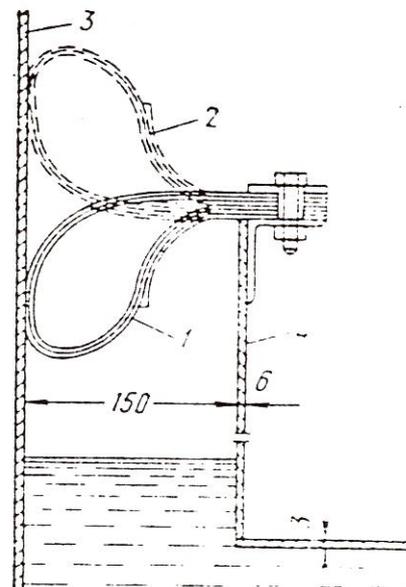
Толщина листов зависит от вместимости резервуара и высоты пояса. Так, в резервуарах вместимостью 5000 м<sup>3</sup>, толщина листов первого пояса составляет 10 мм, толщины 6 – го пояса – 5 мм.



**Рис. 5** Резервуар вместимостью 20 000 м<sup>3</sup> со сферическим покрытием



**Рис. 6**



**Рис. 7**

**Железобетонные резервуары.** Они выполняются цилиндрическими или прямоугольной формы, наземные или заглублённые вместимостью до 40000 м<sup>3</sup>.

Достоинства железобетонных резервуаров:

- оувеличение срока эксплуатации;
- осокращение расхода стали почти в 3 раза на 1 м<sup>3</sup> объёма по сравнению со стальными резервуарами;
- оотсутствие коррозионных повреждений, требующих ремонта при эксплуатации;
- оповышение пожарной безопасности;
- охранение нефти и нефтепродуктов в наземных железобетонных резервуарах сокращает потери от “ малых дыханий “ в 3 – 5 раз, а в заглублённых в 8 – 10 раз по сравнению с потерями в стальных наземных резервуарах низкого давления, так как суточные колебания температур практически затухают на глубине 0,5 метра.

Наибольшее распространение на крупных морских нефтебазах получили цилиндрические заглублённые железобетонные резервуары большой вместимости.