

# Курс “Транспортные системы”

## Лекция 6.

# Трубопроводная транспортная система (часть 1)

Автор: Кузнецов В.П.

# ПЛАН ТЕМЫ

6.1. Трубопроводный транспорт и его логистические характеристики.

6.2 Магистральные газопроводы.

*6.2.1. Состав магистральных газопроводов.*

*6.2.2. Горючие природные газы и их основные свойства.*

## 6.1. ТРУБОПРОВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ И ЕГО ЛОГИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Трубопроводный транспорт осуществляет передачу на расстояние жидкие, газообразные или твёрдые продукты (твёрдого топлива, строительных материалов, зерна и др.), под действием разности давлений (напора) в различных сечениях трубопровода.

Трубопроводный транспорт по существу не соответствует общепринятому понятию “транспорт“. У него нет подвижного состава и пути. Подвижной состав и путь – это сам трубопровод.

Характерной особенностью работы трубопроводного транспорта является непрерывность транспортного процесса.

**Трубопроводы**, по которым нефть, нефтепродукты, природные или искусственные газы (в газообразном или сжижённом состоянии), вода перекачиваются от мест добычи, переработки, забора (начальная точка трубопровода) к местам потребления (конечная точка), называются **магистральными**.

В зависимости от вида транспортируемого продукта трубопроводы подразделяются на:

- газопровод;
- нефтепровод;
- нефтепродуктопровод (для бензина, керосина, мазута, дизельного топлива);
- конденсатопровод;
- водопровод;
- аммиакопровод;
- трубопровод контейнерного транспорта;
- пульпопровод (для транспортировки по трубам зерна, руды, угля с водой).

Транспортные расходы на трубопроводном транспорте примерно в 2 - 3 раза ниже, чем на железнодорожном транспорте, и в 2 раза ниже, чем на речном.

Благодаря высокой герметичности перекачки трубопроводный транспорт обеспечивает сокращение потерь нефти в 1,5 раза по сравнению с железнодорожным и в 2,5 раза по сравнению с водным транспортом.

Достаточно высокая надёжность доставки продуктов благодаря наличию подземных хранилищ газа и резервуарных парков нефти и нефтепродуктов в районах потребления.

# Логистические характеристики трубопроводного транспорта

## Достоинства:

- низкая себестоимость доставки грузов.
- высокая производительность (пропускная способность);
- высокая сохранность груза;
- низкая капиталоемкость и металлоёмкость;

 независимость от погоды;

 непрерывность подачи транспортируемого груза, что позволяет обеспечить ритмичность работы производств;

 высокий уровень автоматизации технологических операций (залив, перекачка, слив);

 возможность быстрого строительства трубопроводов большой протяжённости в самых сложных условиях.

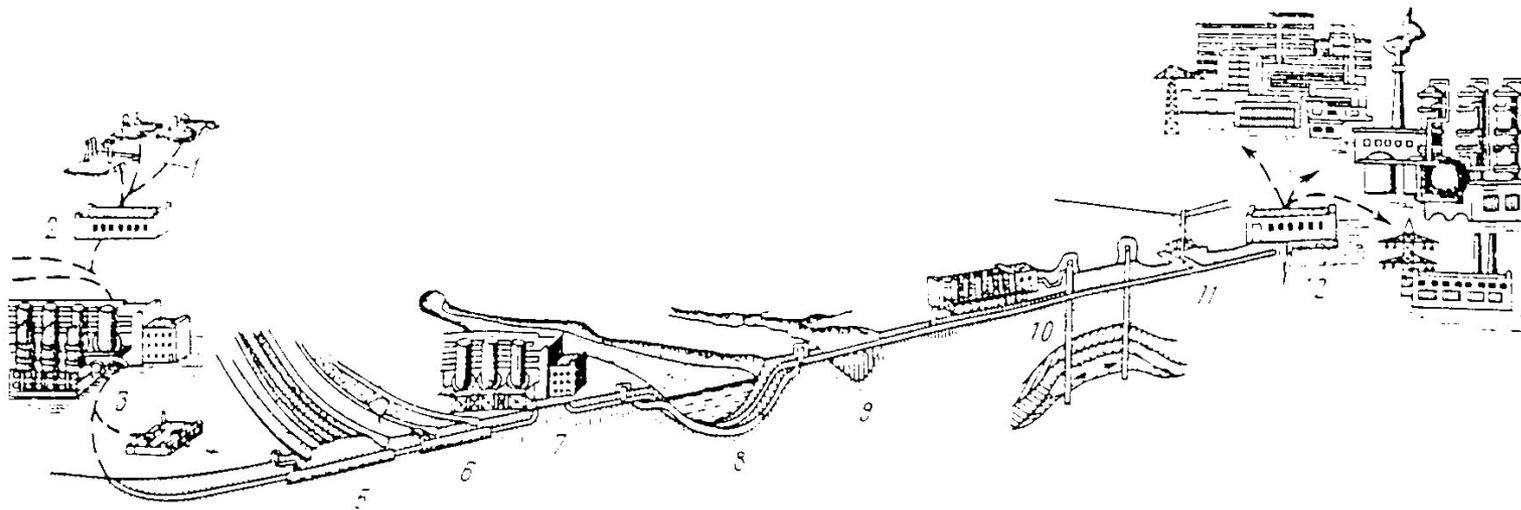
## Недостатки:

- узкая специализация (ограниченность видов груза);
- невозможность транспортирования малых объёмов грузов;
- односторонняя транспортировка.

## 6.2. МАГИСТРАЛЬНЫЕ ГАЗОПРОВОДЫ

### 6.2.1. СОСТАВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

В общем случае он включает в себя следующие группы сооружений, схематично показанных на рис. 1.



**Рис. 1** Схема магистрального газопровода.

- 1 – промысел, 2 – газосборный пункт, 3 – головная КС,
- 5,6 – переход под автомобильной и железной дорогами,
- 7 – промежуточная КС, 8,9 – переходы через реку и через овраги,
- 10 – газохранилище, 11 – станция катодной защиты,
- 12 – газораспределительная станция.

- головные и линейные компрессорные станции (КС);
- газораспределительные станции (ГРС) в конце трубопровода;
- подземные хранилища газа (ПХГ);

 объекты связи, системы электрозащиты сооружений трубопровода от коррозии;

- вспомогательные сооружения, обеспечивающие бесперебойную работу газопровода (линии электропередач, водозаборные устройства и водопроводы, канализация, ремонта – эксплуатационные службы и т.д.).

**Компрессорные станции** представляют собой комплекс сооружений и установок для сжатия, очистки и охлаждения газа. Расстояние между компрессорными станциями составляет 110 – 120 км. Электрический ток вырабатывается турбинами с авиационным приводом мощностью около 25 тыс. квт.

Головная компрессорная станция отличается от линейной тем, что на её территории размещены все установки по подготовке газа к дальнейшей перекачке.

Газ, попадающий на головные сооружения газопровода со сборных пунктов промысла, содержит механические примеси (песок, пыль, металлическую окалину и т.д.) и жидкости (пластовую воду, конденсат, масло).

Поэтому, перед подачей в газопровод, газ очищают и осушают, так как без этих операций он будет засорять трубопровод, вызывать преждевременный износ запорной и регулирующей аппаратуры, нарушать работу контрольных измерительных приборов.

Газораспределительные станции (ГРС) предназначены для снижения давления газа до уровня необходимого потребителям (от 0,3 до 1,2  $\mu\text{Па}$ ).

Кроме того, на ГРС осуществляется дополнительная очистка и осушка газа, а также при необходимости дополнительное введение одоранта. **Одорант** (этилмеркаптан, метил-меркаптан, пропилмеркаптан, сульфон) – вещество, обладающее резким запахом, предназначенное для обнаружения возможной утечки газа. Примерная среднегодовая норма расхода одоранта 16 грамм на 1000  $\text{м}^3$ .

ГРС делятся на 2 группы:

- для малых потребителей с расходом газа менее 250 тыс.  $\text{м}^3/\text{час}$ ;
- для крупных потребителей с расходом более 250 тыс.  $\text{м}^3/\text{час}$ .

В течение года ГРС с производительностью  $Q = 250$  тыс.  $\text{м}^3/\text{час}$  без остановки распределит 2 млрд. 190 млн.  $\text{м}^3$  газа.

- все ГРС оборудованы автоматически действующими клапанами в комплекте с регуляторами давления, расходомерами и другими приборами и системами.

Подземные хранилища газа (рис.2) обеспечивают регулирование сезонной неравномерности потребления газа. Сооружают их в выработанных нефтяных и газовых месторождениях, а также в благоприятных геологических структурах (пористые водоносные пласты). К последнему типу относится Инчукалнское газохранилище (Сигулдский район Латвии), общий объём которого составляет 4 млрд.м<sup>3</sup>.

Глубина залегания газохранилища составляет 700 метров.

**Линейная часть** представляет собой непрерывную нить, сваренную из отдельных труб и уложенную вдоль трассы тем или иным способом. Линейная часть прокладывается в разнообразных топографических, геологических, гидрологических и климатических условиях, в том числе на участках с грунтами малой несущей способности, болотистых и многолетнемёрзлых грунтов.

Кроме того, магистральные трубопроводы пересекают значительное число естественных и искусственных препятствий (реки, озёра, железные и шоссейные дороги), требующих соответствующих конструктивных решений, пересекаемых сооружений по их прямому назначению.

В настоящее время при сооружении магистральных трубопроводов принимают подземную, полуподземную, наземную и надземную схему.

Давление газа в магистрали предусматривается до 7,5 МПа.



**Рис.2**

Nord Stream протяженностью 1220 километров **проходит по дну Балтийского моря от России до Германии**. Ввод в эксплуатацию первой нитки газопровода пропускной способностью 27,5 миллиарда кубометров газа в год осуществлён в 2010 году. Строительство второй нитки "Северного потока" к 2012 году приведет к увеличению его пропускной способности до 55 миллиардов кубометров.

## **6.2.2. ГОРЮЧИЕ ПРИРОДНЫЕ ГАЗЫ И ИХ ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА**

**Горючие природные газы** – это газообразные углеводороды, образующиеся в земной коре. Они состоят из смеси различных газов, основным и наиболее ценным из которых является метан.

Газовые месторождения в основном располагаются на глубине 1500 метров.

Количество метана в различных горючих природных газах составляет:

- ▣ чисто газовые месторождения – 85 - 98 %;
- ▣ газоконденсатные месторождения – 80 – 95 %;
- ▣ попутные с нефтью газы - 30 – 70 %.

В газах имеются также вредные примеси (сероводород, азот, углекислота, вода и др.). Наиболее вреден сероводород, который вызывает активную коррозию трубопровода и аппаратов. Так если по трубопроводу перекачивать неочищенный газ с сероводородом, не применяя защитных антикоррозионных мер, то трубопровод выходит из строя через 1 – 2 года.

При перекачке горючего газа по трубопроводу важно учитывать его следующие свойства:

- сжимаемость;
- повышение температуры при сжатии;
- вязкость;
- горючесть и взрывоопасность в смеси с воздухом.

**Сжимаемость газа** и значительное изменение его температуры при сжатии приводят к изменению режима работы газопроводов. В настоящее время, практически весь объём газов транспортируется по трубопроводам в газообразном состоянии. Сжатие газа в КС осуществляется до давления, обеспечивающего дальнейшее движение газа с заданной пропускной способностью.

**Температура газа на выходе из КС поднимается до 80 – 100 град. Цельсия**, что усложняет условия работы трубопроводных агрегатов и приборов, приводит к потере устойчивости и выпучиванию труб из грунта и даже их разрушению. Очень опасно повышение температуры газа для трубопроводов, сооружаемых в условиях вечномёрзлых грунтов.

Повышение температуры газа приводит также к уменьшению массовой плотности газа и повышению его вязкости, и как следствие к уменьшению пропускной способности газопровода.

Для уменьшения температурного воздействия на КС газопроводов применяют охлаждающие установки. С их помощью температура газа, поступающего в газопровод после сжатия, будет не выше – 1 град. Цельсия.

При охлаждении газа увеличивается массовая плотность и тем самым увеличивается пропускная способность газопровода.

Магистральные газопроводы сооружаются из труб диаметром 1420 мм с давлением газа до 7,5 МПа. При коэффициенте использования газопровода по времени 0,9 – 0,95 трубопровод с таким диаметром трубы обеспечивает производительность по валовому газу 28 – 32 млрд. куб. метров газа в год.

При этом расход газа на газотурбинный привод компрессорных нагнетателей (при КПД 0,27 – 0,29 и типичной длине газопровода около 3000 км.) составляет 10 – 12 % .

При транспортировке газа существенны потери газа в результате не герметичности трубопровода. В результате, общие потери и затраты на транспортировку газа, например из Тюменской области, составляет 20 %.

Дальнейшее увеличение производительности газопроводов возможно за счёт повышения рабочего давления газа (при увеличении толщины стенки трубопровода), увеличения диаметра трубы, снижения шероховатости внутренней поверхности стенок трубы и др. Так, увеличение диаметра трубы до 1620 мм повышает производительность на 30 %.

Охлаждение газа до – 30 град. Цельсия при давлении 7,5 МПа увеличивает пропускную способность газового трубопровода на 20 %.

Трубы для газопроводов применяют те же, что и при строительстве нефтепроводов.

Магистральные газопроводы в зависимости от рабочего давления газа в них подразделяются на три класса (таблица 1).

Длительность работы газопровода составляет 25 – 30 лет. При полной загрузке он работает 15 – 20 лет. Прекращается работа в результате истощения источника.

**По оценкам международных экспертов потенциальные запасы газа в Земле оцениваются в объёме около 450 – 500 трилл. м<sup>3</sup>, 45 % которых располагается в России.**

Крупнейшие получатели российского газа, млрд.м<sup>3</sup>:

- Германия - 28,99,
- Украина - 22,3,
- Италия - 15,66,
- Белоруссия – 14,72,
- Литва – 2,94
- Латвия – около 1,5.

Таблица 1

Категории магистральных нефтепроводов и продуктопроводов

Нефтепроводы, нефтепродуктопроводы	Классы	Условный диаметр, мм
	1	1000 – 1200
	2	500 – 1000
	3	300 – 500
	4	< 300