

Транспорт СУГ

От мест производства к местам потребления сжиженный газ доставляется

1. железнодорожным,
2. автомобильным,
3. водным
4. трубопроводным транспортом

Железнодорожный транспорт

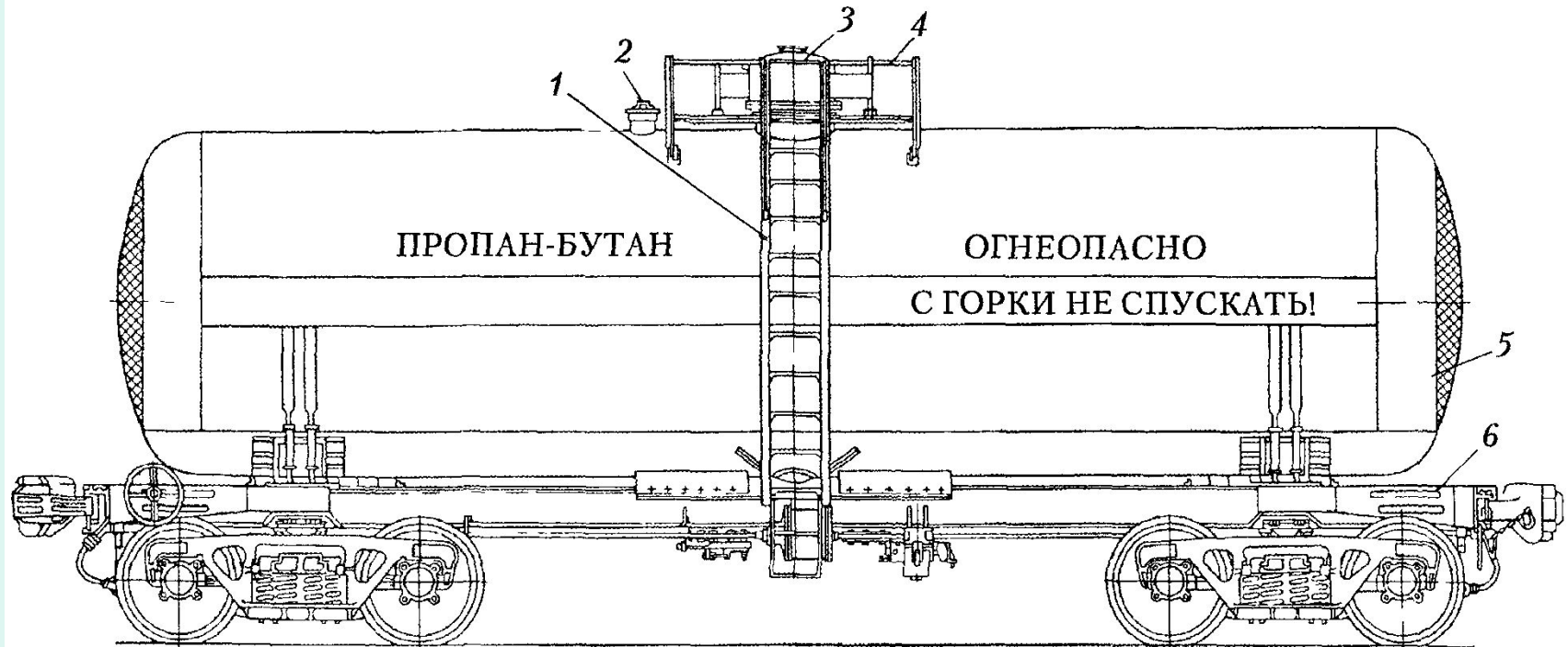


Рисунок 3.1 Железнодорожный вагон-цистерна для перевозки СУГ.

1 — лестницы; 2 — узел манометродержателя; 3 — предохранительный колпак; 4 — площадка с поручнями; 5 — сосуд со сферическими днищами; 6 — четырехосная платформа

Цистерна выкрашена в светло-серый цвет и на ней сделаны соответствующие надписи. Низ цистерны (400мм) окрашивают в черный цвет, вдоль оси красная отличительная полоса шириной 300 мм.

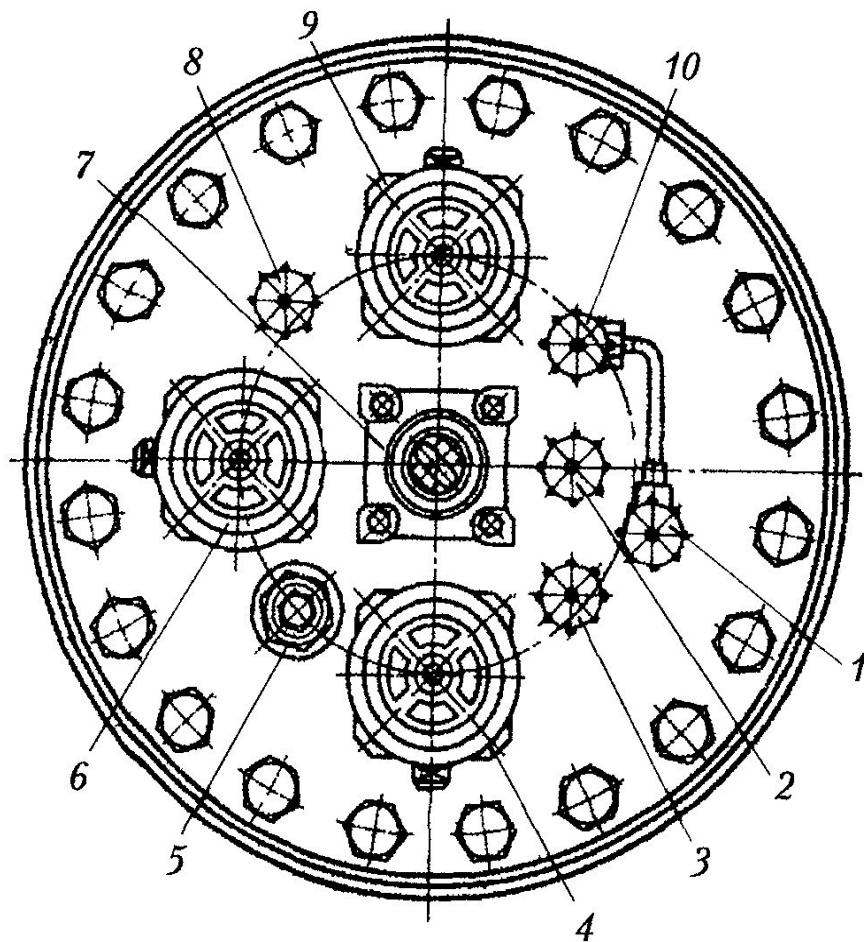


Рисунок 3.2
Расположение
арматуры на
крышке люка ЖД
цистерны.

1, 10 — вентили для контроля опорожнения; 2, 3 — вентили для контроля уровня наполнения; 4, 9 — угловые вентили для наполнения и слива сжиженного газа; 5 — карман для термометра; 6 — угловой вентиль для отбора (подачи паровой фазы сжиженного газа); 7 — предохранительный клапан; 8 — вентиль для удаления воды

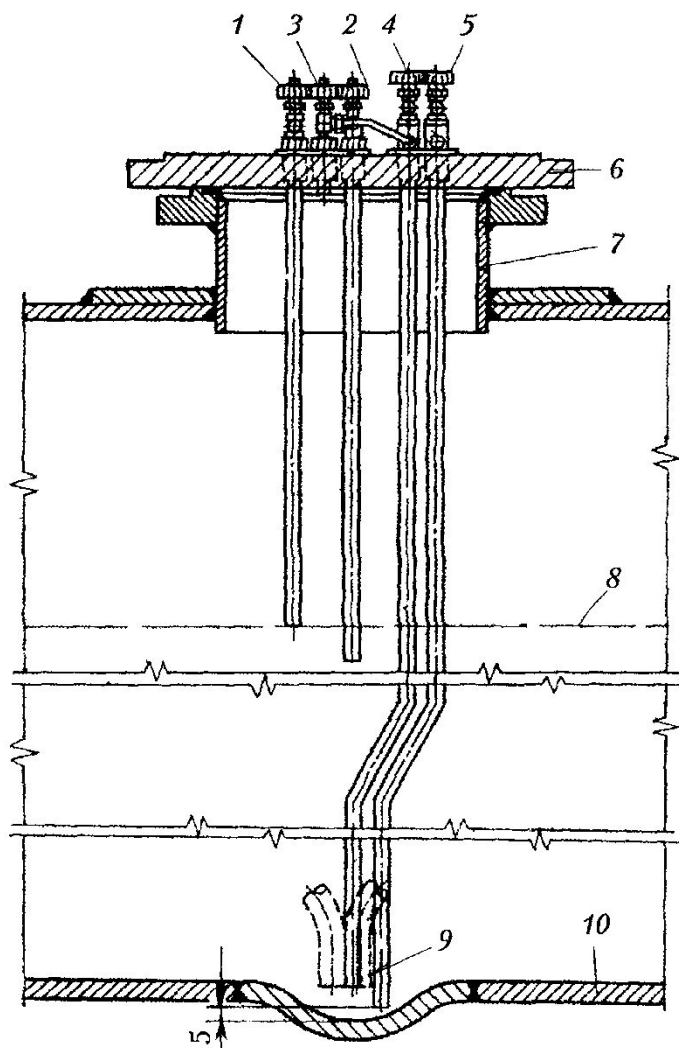


Рис. 10.3. Схема расположения вентилей контроля за уровнем сжиженного газа в железнодорожной цистерне:

1 – сигнальный вентиль; 2 – вентиль контроля максимального наполнения; 3, 4 – вентили контроля за опорожнением сосуда цистерны; 5 – вентиль слива воды из сосуда цистерны (дренажный вентиль); 6 – крышка люка; 7 – люк; 8 – предельный уровень налива сжиженного газа; 9 – нижний уровень сливо-наливных труб, 10 – низ сосуда цистерны

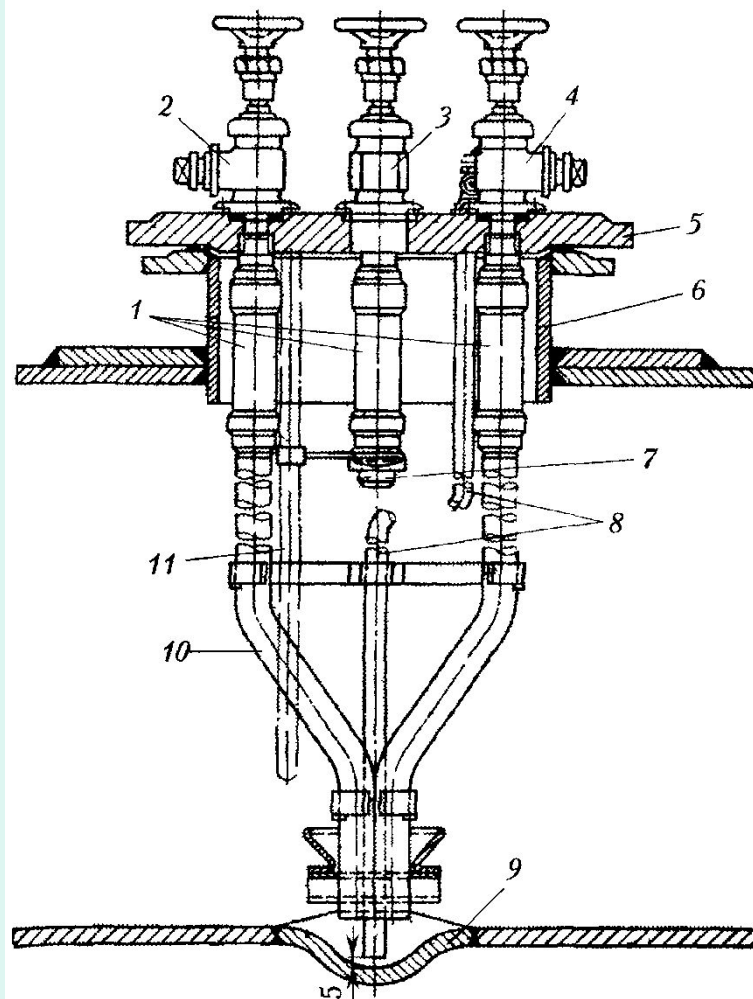


Рис. 10.4. Схема расположения сливо-наливных и уравнильных вентилей на крышке люка железнодорожной цистерны:

1 – скоростные клапаны; 2, 4 – сливо-наливные угловые вентили; 3 – угловой вентиль отбора (подачи) паровой фазы сжиженного газа; 5 – крышка люка; 6 – люк; 7 – труба для отбора (подачи) паров сжиженного газа; 8 – сливо-наливные трубы; 9 – низ сосуда цистерны; 10 – трубка для слива воды из сосуда цистерны; 11 – карман для термометра

Показатель	Цистерна		
	пропановая	бутановая	безрамная
Емкость резервуара цистерны, м ³	54	60	98,3
Полезная вместимость резервуара, м ³	46	54	83,5
Допустимое давление, кг/см ²	20	8	18
Диаметр емкости (внутренний), м	2,60	2,81	3,00
Длина, м	10,65	10,65	14,50
Масса тары, т	39	35,6	43
Ширина вагоно-цистерны, м	3,00	3,00	3,26
Давление гидравлического испытания, кг/см ²	30	12	27
Длина рамы цистерны, м	12,10	12,1	15,7
Толщина стенки резервуара цистерны, мм	26	16	18
Толщина стенки днища, мм	32	24	18
Конструктивная скорость, км/ч	120	120	120



Автомобильный транспорт



Автоцистерна СУГ представляет собой резервуар для сжиженного газа установленный на шасси, отечественного или импортного производства - ЗИЛ, МАЗ, КАМАЗ, ISUZU, MAN. Полуприцеп-цистерна - это резервуар СУГ установленный на подкатную одно, двух или трехосную тележку и с помощью седельно-сцепного устройства присоединяемый к тягачу.



Полуприцепы газовозы для перевозки сжиженного газа подразделяются на два типа:

- заправочные - ППЦЗ
- транспортные - ППЦТ

Техническая характеристика автоцистерн для транспортировки СУГ

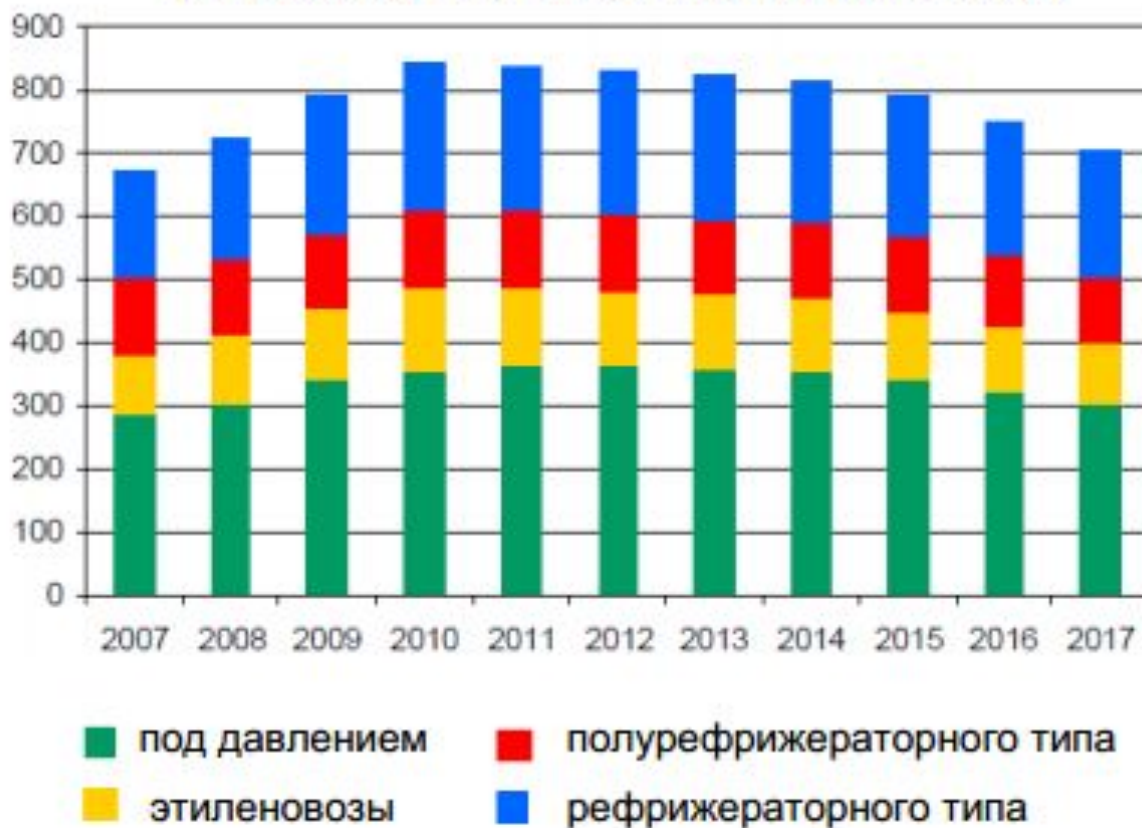
Показатели	АЦТ-8-130	ЦППЗ-12-130В 1	ЦППЗ-33,9-25 8	ППЦТ-36,3-258
Общий объём, м ³	7,25	12	33,9	36,3
Полезный объём, м ³	6,15	10,2	28,8	30,8
Рабочее давление, (абс.), МПа	1,8	1,8	1,8	1,8
Масса газа, т	2,62	5,1	14,4	15,42
Тип насоса для		Н4-5/170;	Н4-5/170;	
слива СУГ	-	С5/140	С5/140	-

Передвижная газонаполнительная станция для заправки автомобилей
прицеп-цистерна транспортный
автопоезд заправочный

Водный транспорт морской

Мировой флот танкеров для СУГ и нефтехимии

Прогнозная динамика количества судов
для перевозки СУГ и нефтехимии (в единицах)



Полуизотермический танкер EPSOM, 1998 год

Дедвейт – 4490 тонн

Длина – 94,91 м

Ширина – 19,6 м

Высота борта – 7,7 м



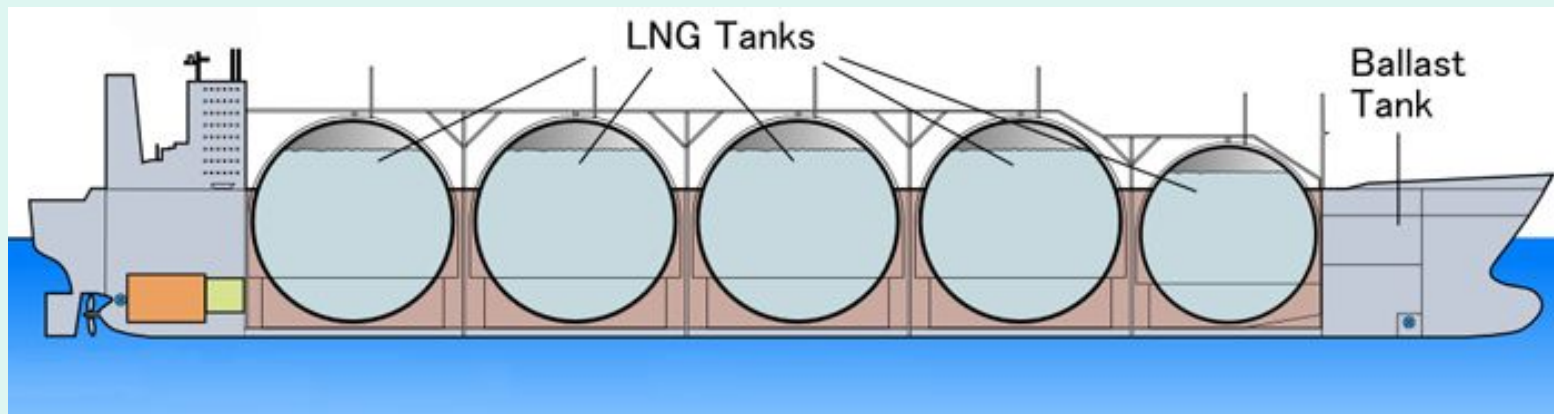
Изотермические резервуары



Типовой СПГ-танкер (метановоз) может перевозить 145-155 тыс. м³ сжиженного газа, из чего может быть получено порядка 89-95 млн. м³ природного газа в результате регазификации. Операции по наливу и разгрузке СПГ не занимают много времени (в среднем 12-18 часов).

Груз (СПГ) перевозится при атмосферном давлении и температуре -162°C в специальных термоизолированных резервуарах (именуется «система хранения груза») Система хранения груза состоит из первичного контейнера или резервуара для хранения жидкости, слоя изоляции, вторичной оболочки, предназначенной для недопущения утечек, и еще одного слоя изоляции.

СПГ-танкер типа Moss (сферические резервуары)



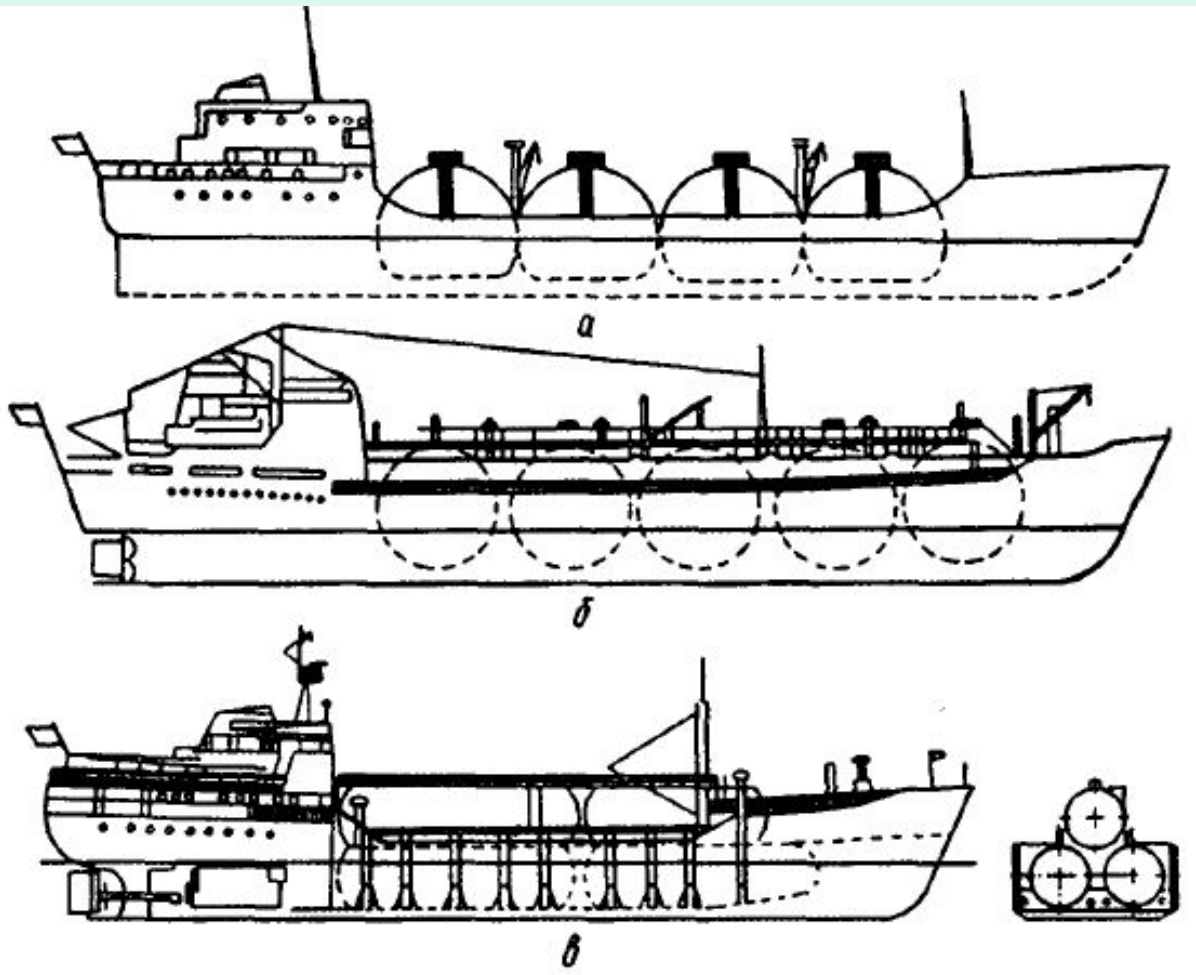
Отличительной особенностью **судов-газовозов типа Moss**, составляющих на сегодняшний день 41% мирового флота метановозов, являются самонесущие *резервуары сферической формы*, которые, как правило, изготавливаются из алюминия и крепятся к корпусу судна при помощи манжета по линии экватора резервуара.

СПГ-танкер GazTransport & Technigaz (мембранные конструкции)



На 57% танкеров-газовозов применяются *системы трехмембранных резервуаров* (**система GazTransport, система Technigaz и система CS1**). Система *GazTransport* включает в себя первичную и вторичную мембраны в виде плоских панелей из инвара, а в системе *Technigaz* первичная мембрана изготовлена из гофрированной нержавеющей стали. В системе *CS1* инварные панели из системы *GazTransport*, выполняющие роль первичной мембраны, сочетаются с трехслойными мембранами *Technigaz* (листовой алюминий, помещенный между двумя слоями стеклопластика) в качестве вторичной изоляции.

Полуизометрические танкеры для перевозки сжиженных нефтяных газов



а) со сферическими резервуарами, установленными на грузовой палубе

б) со сферическими резервуарами, установленными на грузовых трюмах

в) с цилиндрическими резервуарами, установленными в грузовых трюмах и на верхней палубе

Трубопроводный транспорт ШФЛУ и СУГ

Особенность:

Способность ШФЛУ и СУГ переходить в газообразное состояние

Причина:

Снижение давления перекачки ниже давления насыщенных паров

Последствия:

Резкое возрастание гидравлического сопротивления, изменение (ухудшение) условий перекачки

Предотвращение:

Обеспечение однофазного состояния перекачки

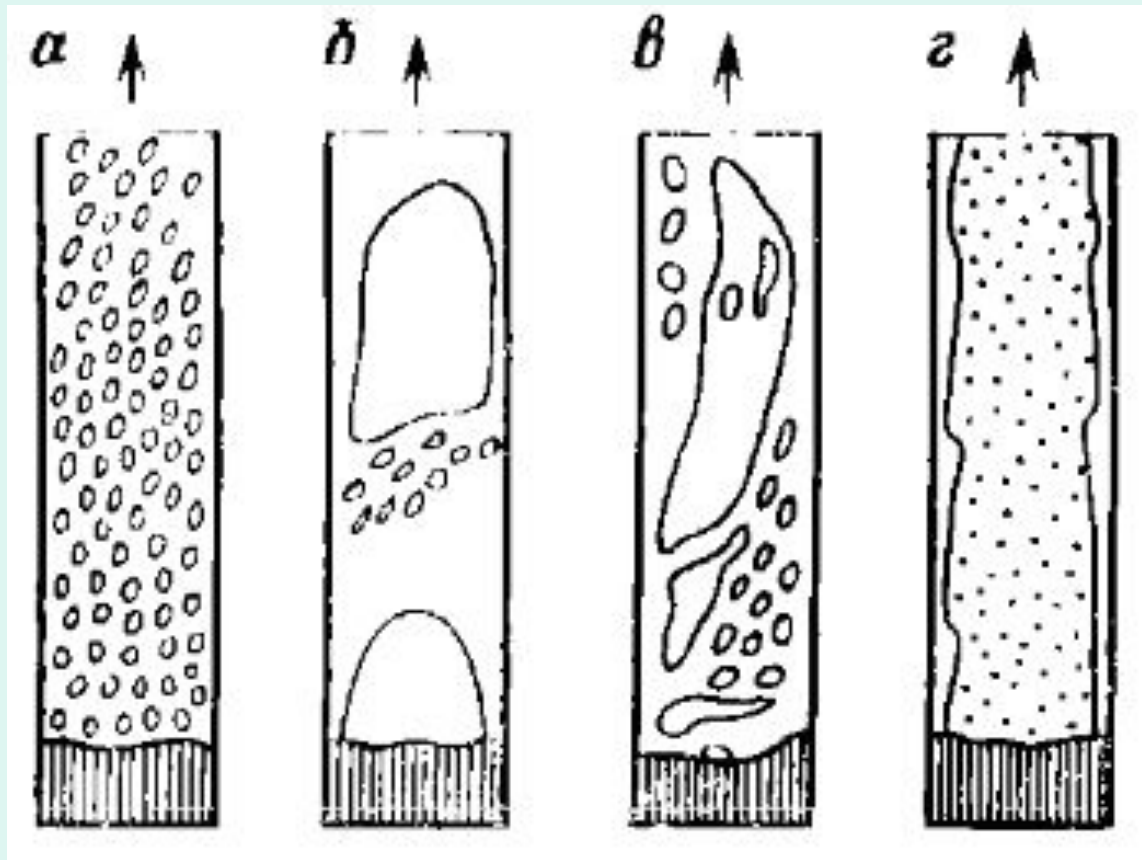
$$P_{\min} \geq P_{\text{нас}} + P_{\text{доп}} \quad P_{\text{доп}} = 0,5 \text{ МПа}$$

Потери на сопротивление определяются по формуле

Дарси-Фейсбаха

Особенности движения газожидкостных смесей по трубопроводам

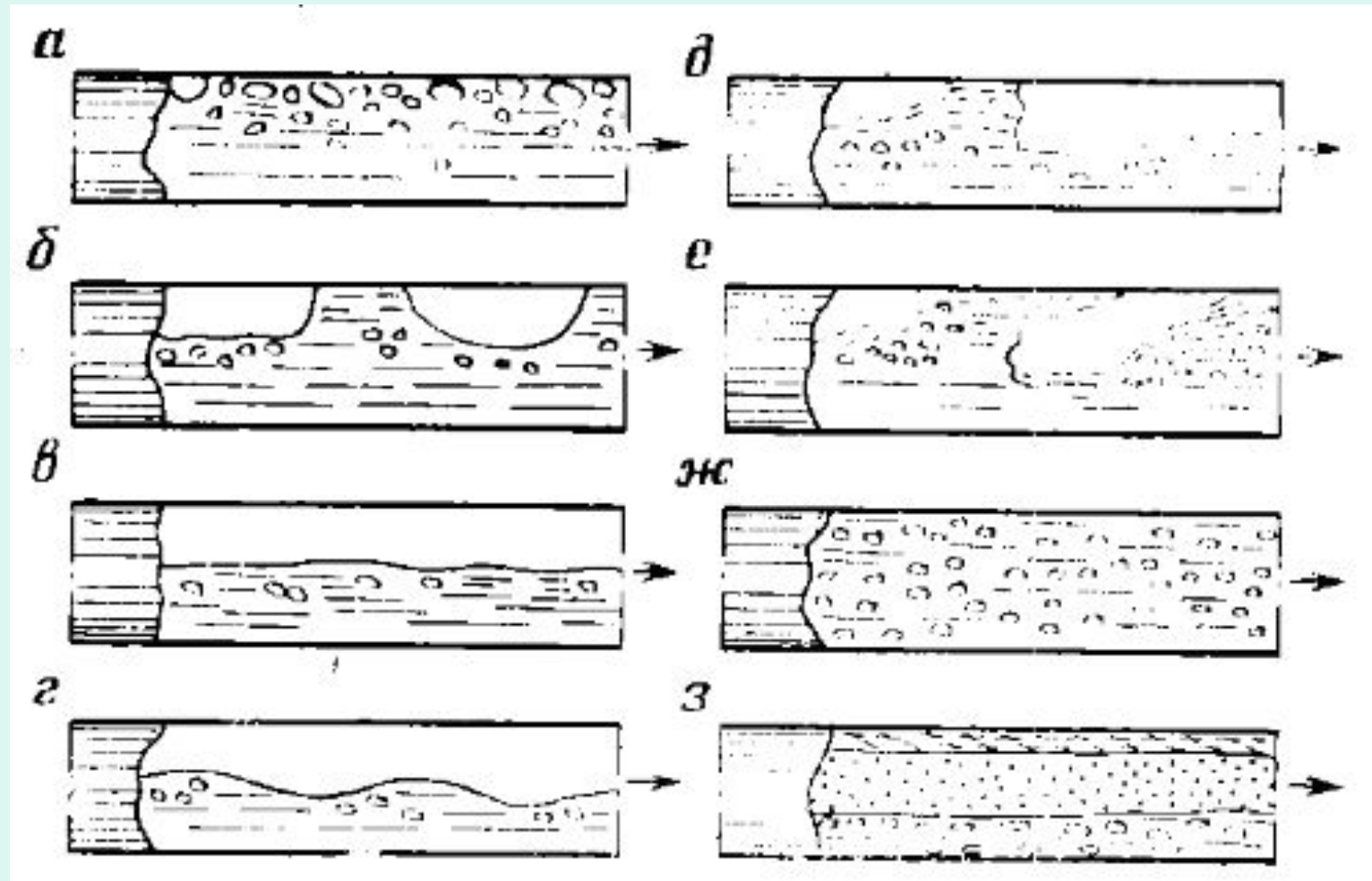
Под структурой газожидкостного потока понимается характер распределения по объему каждой из фаз



- а – пузырьковая
- б – пробковая или
снарядная
- в – вспененная
- г – кольцевая или
дисперсно-кольцевая

Структурные формы газожидкостных потоков в вертикальных трубах

Структурные формы газожидкостных потоков в горизонтальных и слабонаклоненных трубах



а – пузырьковая; б – пробковая; в – расслоенная с гладкой границей раздела; г - расслоенная с волновой границей раздела; д – расслоенная со шквальными волнами; е – пробково-вспененная; ж – мелкодиспергированная или эмульсионная; з – кольцевая или дисперсно-кольцевая

В трубопроводах $D > 0,2$ м основными структурами являются расслоенная и пробковая – при нисходящих и горизонтальных потоках

При восходящих (с углом наклона более 2°) – пробковая

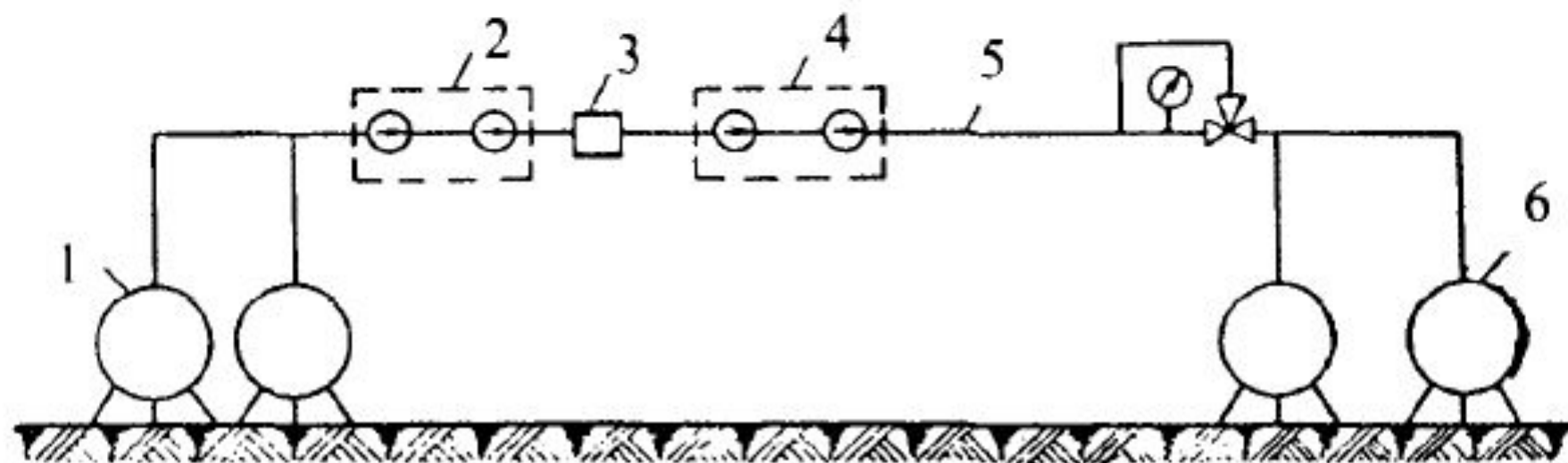
Критерием подобия для определения структуры потока является число Фруда

$Fr_{см} < Fr_{кр}$ – течение расслоенное

$Fr_{см} > Fr_{кр}$ – течение пробковое

$$\sqrt{Fr_{см}} = \frac{0,5 \left(\frac{\rho_{ж} - \rho_{г}}{\rho_{ж}} \right)^{0,5} (1 + \sin \alpha)}{(1 - \beta) (1 + 72 \cdot 10^{-4} \bar{\mu}_{ж})^2 [1 + 2 \cdot 10^{-4} (pD/\sigma)^{0,5}]}$$

где α — угол наклона трубопровода к горизонту; $\mu_{ж}$ — относительная вязкость; $\bar{\mu}_{ж} = \mu_{ж}/\mu_{г}$; $\mu_{ж}$ и $\mu_{г}$ — динамическая вязкость соответственно жидкой и газовой фаз; p — среднее давление на рассматриваемом участке трубопровода; σ — поверхностное натяжение на границе жидкость — газ.



***Схема транспортировки сжиженных нефтяных газов
по магистральному трубопроводу***

*1 – резервуары хранения; 2 – головная насосная станция; 3 – пункт замера газа;
4 – промежуточная насосная станция; 5 – магистральный трубопровод;
6 – резервуары хранения в конечном пункте*

Характеристики сталей и труб, пригодных для транспорта СПГ

Марка стали	Минимальная рабочая температура, °C	Предел текучести, МПа	Предел прочности на разрыв, МПа	Толщина стенки трубы при давлении 0,4 МПа, мм			
				Ø529	Ø720	Ø1020	Ø1420
0 6Н3 (3%Ni)	-100	3,5	5,0	4	6	8	11
0 6Н6 (6%Ni)	-140	4,2	5,5	4	5	8	10
0 6Н9 (9%Ni)	-190	5,2	6,5	3	5	6	9
Н18Н9	Ниже -190	3,0	6,0	4	6	9	12

Контрольные вопросы:

1. Способы транспортировки СУГ
2. Условия транспортировка автомобильным транспортом
3. Основные характеристики ж/д цистерны. Особенности расчете ж/д цистерны на прочность
4. Типы танкеров для транспортировки СУГ
5. Условия транспортировки СУГ по трубопроводу
6. Условия возникновения пузырьковой и пробковой структуры потока