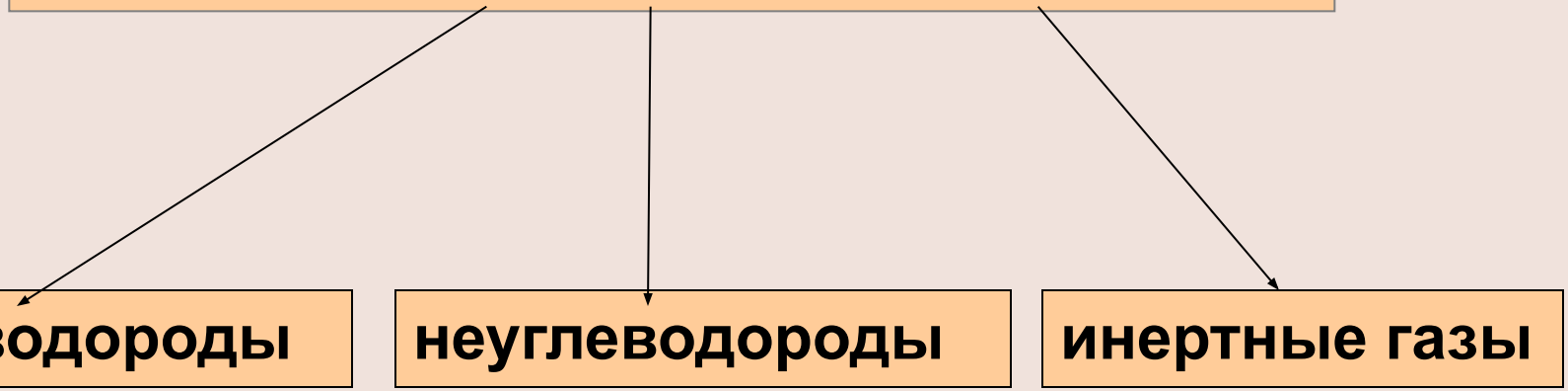
Процессы подготовки газа к транспорту

Состав природных газов



углеводороды

алканы C_nH_{2n+2}
цикланы C_nH_{2n}

неуглеводороды

азот N_2
угл. газ CO_2
сероводород H_2S
ртуть
меркаптаны RSH

инертные газы

Гелий
аргон
криптон
ксенон

Фазовые состояния углеводородов

сухой газ	жидкие (сжижаемые, сжиженные) углеводород-ные газы.	бензиновая фракция	твердые
Газ -при нормаль-ных усло-виях и повышен-ном дав-лении[	При нормальных ус-ловиях - газ, при по-вышенных давлениях - жидкость.	При атмосфер-ных условиях - жидкость	При атмосфер-ных условиях - твердые
Метан (CH_4), этан (C_2H_6) и этилен (C_2H_4)	Пропан (C_2H_6), пропилен (C_3H_6), изобутан ($i=C_4H_{10}$), нормальный бутан-($n=C_4H_{10}$), бутилены (C_4H_8)	с изопентана ($i=C_5H_{12}$) и более тяжелые ($17 \geq n > 5$)	Углеводороды, в молекулу кото-рых входит 18 и более атомов углерода (от $C_{18}H_{28}$), располо-женных в одну цепочку

Типовые процессы подготовки газа к транспорту

- гидромеханические процессы
- теплообменные процессы
- массобменные или диффузионные процессы.

Основы понятия массобменных процессов

Массопередача – это сложный процесс, включающий в себя перенос вещества (массы) в пределах одной фазы, перенос вещества через границу раздела фаз и его перенос в гранах другой фазы.

Массоотдача – это перенос вещества из фазы к границе раздела фаз или в обратно, т.е. в пределах одной из фаз.

общие признаки массобменных процессов

1. Они применяются для разделения смесей.
2. В любом процессе участвуют как минимум две фазы: жидкая и паровая (сепарация), жидкая и газовая (абсорбция) и твердая и жидкая (адсорбция).
3. Переход вещества из одной фазы в другую осуществляется за счет диффузии.
4. Движущей силой массобменных процессов является разность или градиент концентраций между фактической концентрацией компонента в данной фазе и равновесной с другой фазой.
5. Перенос вещества происходит через границу раздела фаз.
6. Диффузионные процессы обратимы, их направление определяется законами фазового равновесия, фактическими концентрациями компонентов в обоих фазах и термобарическими условиями.
7. Переход вещества из одной фазы в другую заканчивается при достижении фазового равновесия.

Способы выражения составов смесей и связь между ними.

1. Массовая доля.

$$q_i = \frac{m_i}{\sum_{i=1}^{r} m_i},$$

где m_i – масса i – го компонента в растворе; r – число компонентов в растворе.

2. Мольная доля

$$N_i = \frac{n_i}{\sum_{i=1}^{r} n_i}$$

где n_i – число молей i – го компонента в растворе; r – число компонентов в растворе.

$$n_i = \frac{m_i}{M_i}$$

где M_i – молярная масса i – го компонента.

3. Объемная доля.

$$\nu_i = \frac{V_i}{\sum_{i=1}^{r} V_i}$$

где V_i – объем i – го компонента до смешения при заданных температуре и давлении.

$$\rho_i = \frac{m_i}{V_i}$$

где ρ_i – плотность i – го компонента при заданных температуре и давлении.

Взаимосвязь между способами выражения составов

Перевод	Формула
Из массовой доли в мольную долю	$N_i = \dfrac{\dfrac{q_i}{M_i}}{\sum_{i=1}^{r} \dfrac{q_i}{M_i}}$
Из мольной доли в массовую долю	$q_i = \dfrac{N_i \cdot M_i}{\sum_{i=1}^{r} N_i \cdot M_i}$
Из массовой доли в объемную долю	$v_i = \dfrac{\dfrac{\rho_i}{q_i}}{\sum_{i=1}^{r} \dfrac{\rho_i}{q_i}}$
Из мольной доли в объемную долю	$v_i = \dfrac{\dfrac{N_i \cdot M_i}{\rho_i}}{\sum_{i=1}^{r} \dfrac{N_i \cdot M_i}{\rho_i}}$
Из объемной доли в массовую долю	$q_i = \dfrac{\rho_i \cdot v_i}{\sum_{i=1}^{r} \rho_i \cdot v_i}$
Из объемной доли в мольную долю	$N_i = \dfrac{\dfrac{\rho_i \cdot v_i}{M_i}}{\sum_{i=1}^{r} \dfrac{\rho_i \cdot v_i}{M_i}}$

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Парциальные параметры

Парциальное давление компонента смеси p_i - давление, которое он бы имел при удалении из объёма, занимаемого смесью, остальных компонент при неизменных величинах начального объёма и температуры.

Парциальный объем компонента смеси v_i- объём, который он бы имел при удалении из объёма, занимаемого смесью, остальных компонент при неизменных величинах начального давления и температуры.

Газовые законы

Авогадро

1кмоль газа при нормальных условиях (**p**=760 мм рт.ст.; **T**=0^0C) занимает объём 22.41м^3;

Дальтона

$p = \sum p_i$

Амаги

$v = \sum v_i$

Параметры газовых смесей

плотность газа в нормальных условиях $\rho_{ст} = M/22.41$, кг/м^3 ;

относительная плотность **-ρ -** плотность, отнесённая к плотности воздуха $\rho_в$ при тех же значениях давления и температуры;

концентрации компонент - массовые $g_i=G_i/G$;

молярные $y_i=m_i/m$; объёмные $x_i=v_i/v$

Определение средних параметров через парциальные

давление $p=p_i/x_i$; объём $v=v_i/x_i$;

молекулярная масса $M=100/\sum(g_i/M_i)$;

плотность $\rho=100/\sum(g_i/\rho_i)=100M/\sum(x_i M_i)/\rho_j=\sum(x_i\rho_i)$.

(плотности воздуха: ρ^0= 1,293кг/м^3, ρ^{20}= 1,205кг/м^3); концентрации связаны между собой соотношениями $g_i=x_i M_i/M$; $y_i=x_i$.

Критические и приведённые термодинамические параметры

Критическим состоянием называется такое состояние вещества, при котором плотность вещества и его насыщенного пара равны друг другу.

Параметры, соответствующие этому состоянию, называются **критическими параметрами.**

Критической $T_{кр}$ называется такая температура, выше которой газ под действием давления любого значения не может быть превращён в жидкость.

Критическое давление $p_{кр}$, - зто давление, необходимое для сжижения газа при критической температуре.

Критическим объёмом $v_{кр}$ называют объём, равный объёму одного моля газа при критических значениях давления и температуры.

Приведённые параметры

Приведенным давлением $p_{пр}$ называется отношение давления газа **p** к его критическому давлению $p_{кр}$: $p_{пр}=p/p_{кр}$.
Приведенной температурой $T_{пр}$ называется отношение абсолютной температуры газа **T** к его критическому значению $T_{кр}$: $T_{пр}=T/T_{кр}$.

Определение критических параметров смеси

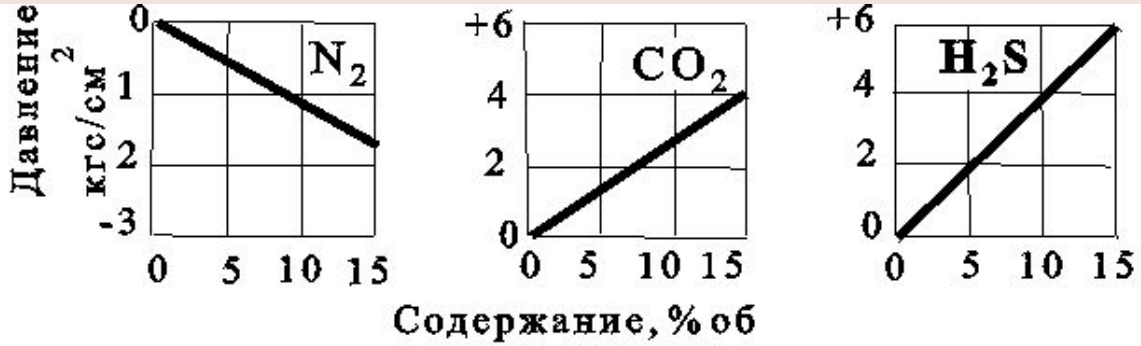
x_{C5+}<10% или содержание N_2, CO_2, H_2S превышает 15%

$$p_{кр}=\sum(P_{крi}\,x_i)\ ,\ T_{кр}=\sum(T_{крi}\,x_i)$$

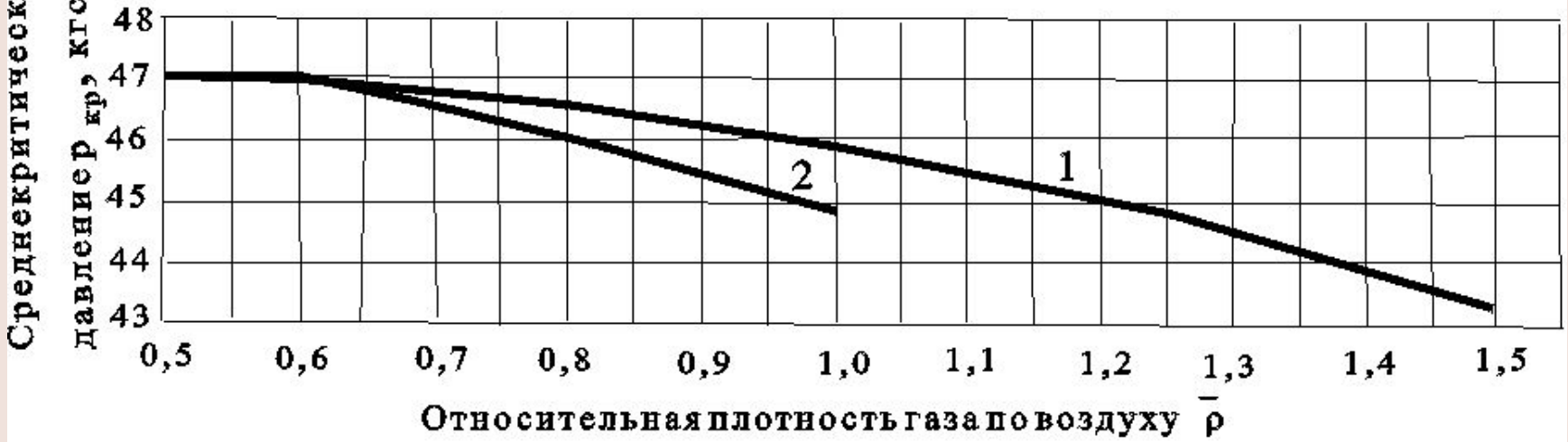
ρ от 0,5 до 0,9 (газовые месторождения)

давление в кгс/см^2 - $p_{кр}=49{,}5-3{,}7\overline{\rho};$

температура в К - $T_{кр}=93+176\overline{\rho},$



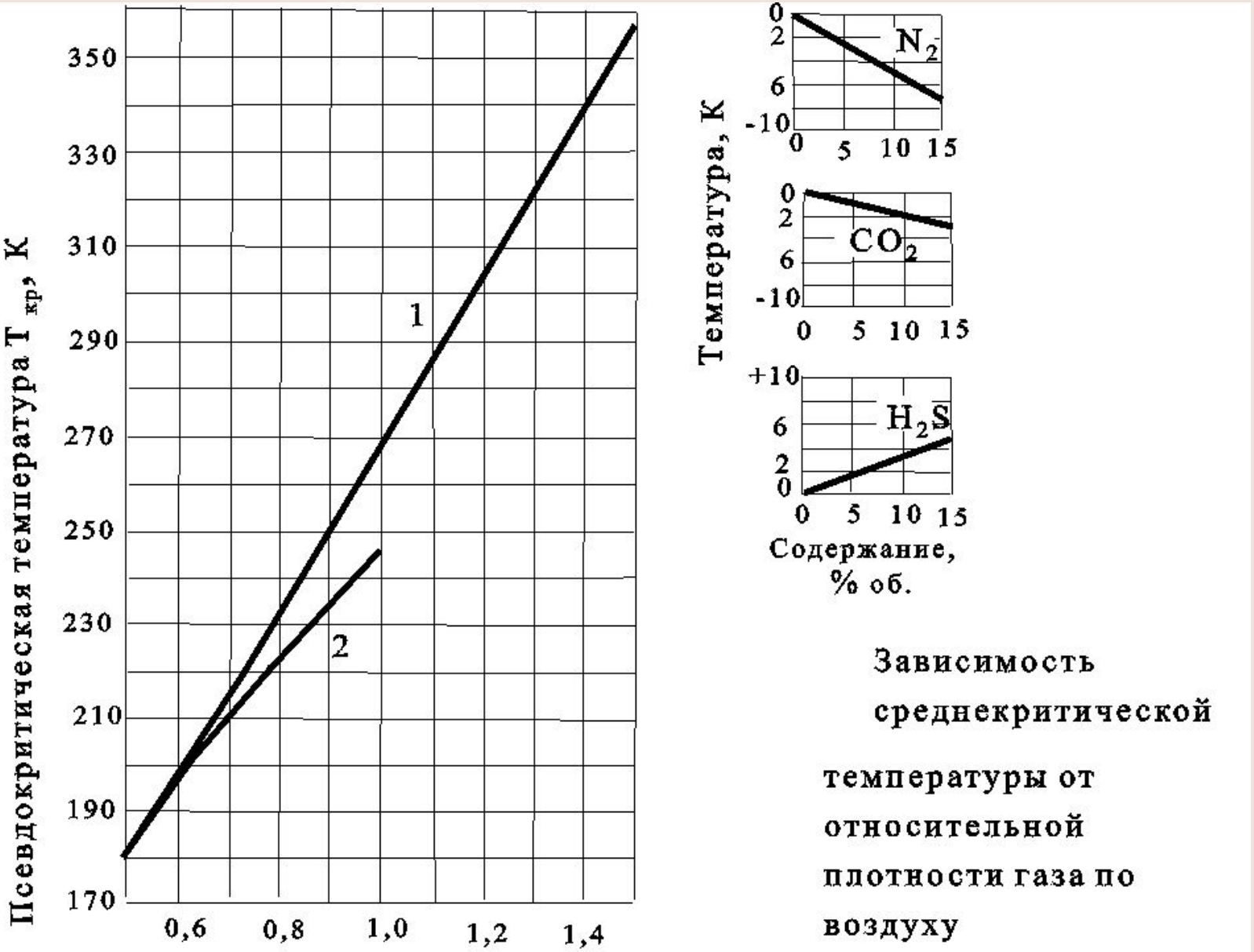
Поправки к среднекритическому давлению при содержании неуглеводородных газов



Зависимость среднекритического давления от относительной плотности газа по воздуху:

1 - газовые месторождения;

2 - газоконденсатные месторождения ($\bar{\rho}$=0,7 - 0,8)



Зависимость среднекритической температуры от относительной плотности газа по воздуху

Относительная плотность газа по воздуху $\bar{\rho}$ 1 - газовые месторождения;
2 - газоконденсатные месторождения

Уравнения состояния природных газов

Уравнением состояния называется аналитическая зависимость между термодинамическими параметрами, описываю-щими поведение вещества.

Совершенный газ - это газ, в котором можно пренебречь объёмом молекул и взаимодействием их между собой.

Уравнение состояние совершенного газа $p = \rho R T$ **(до 10 МПА)**

Обобщенное уравнение состояния $p = z \rho R T$

Многопараметрические зависимости $p = f(a_1, \ldots, a_n, v, T)$

Обобщенное уравнение состояния $p=z\rho RT$

Коэффициент сверхсжимаемости z является функцией приведенных значений давления $p_{пр}$, температуры $T_{пр}$ и для тяжелых углеводородов C_{5+} - ацентрического фактора **ω.**

Ацентрический фактор - учитывает нецентричность сил притяжения

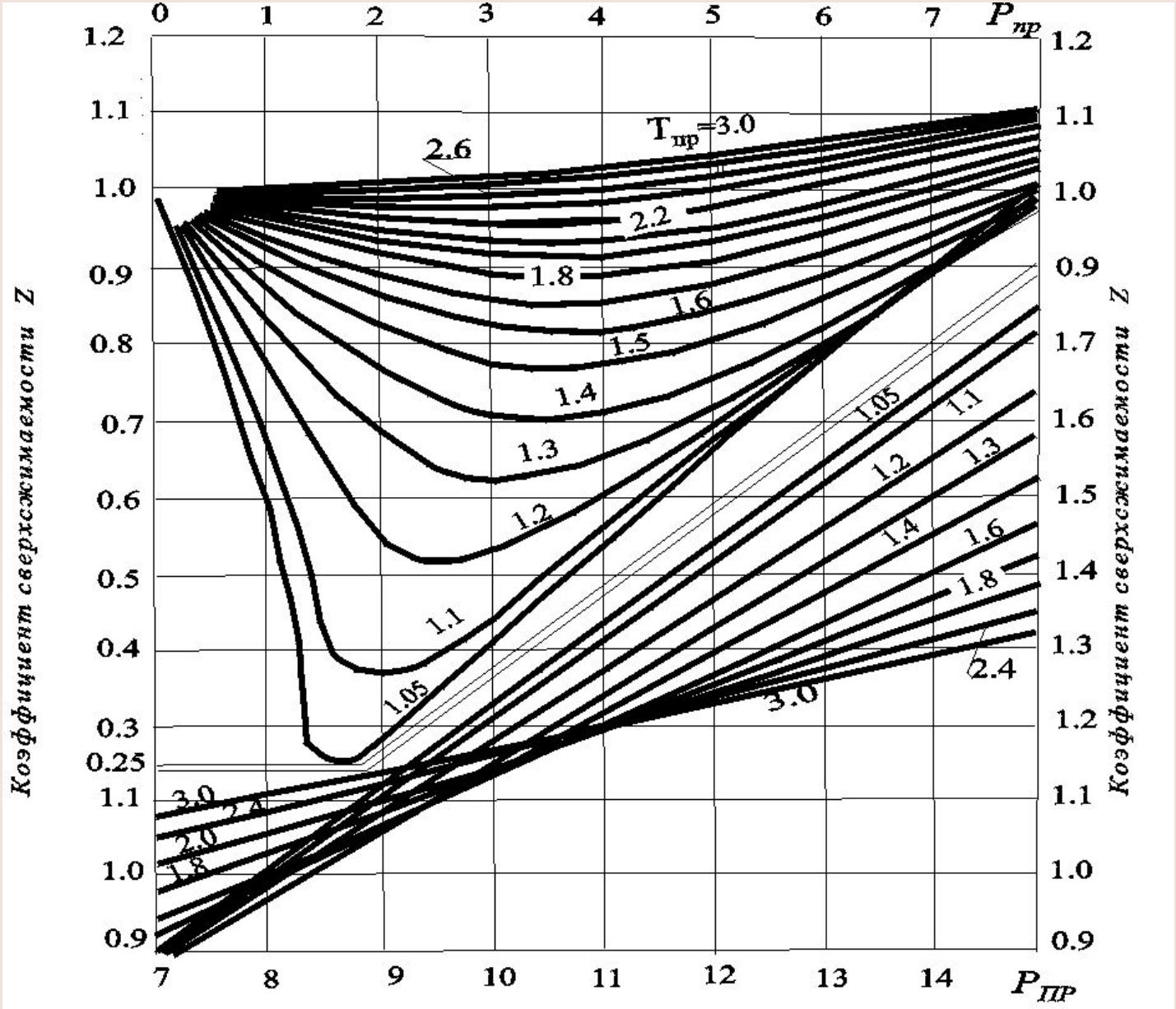
Формула Эмистера: $\omega = 3/7[\lg(p_{кр}/p_{ст})/(T_{кр}/T_{кип}-1)]-1$

Формула Гуревича (до C_7, включительно):

$$\frac{T_{кр}}{T_{кип}} = 2{,}1898 - 0{,}1735\left(\frac{T_{кр}}{100}\right) + 0{,}006854\left(\frac{T_{кр}}{100}\right)^2,$$

где $540 \le T_{кр} \le 775$ К, $372 \le T_{кр} \le 625$ К

Для смесей газов $\omega = \sum (y_i \omega_i)$, $0 < \omega_i < 0{,}4$



Зависимость коэффициента сверхсжимаемости природных газов от приведенного давления и

Аппроксимация Платонова-Гуревича

$$z = \left(0.4 \cdot \lg T_{пр} + 0.73\right)^{p_{пр}} + 0.1 \cdot p_{пр}$$

Формулы ***Хенкинсона, Томаса и Филлипса***

$$p_{кр} = 0{,}00689\left(4709{,}604 - \frac{M}{28{,}96}58{,}718\right); \text{МПа},$$

$$T_{кр} = \left(170{,}491 + \frac{M}{28{,}96}307{,}44\right)/1{,}8. \text{ К}.$$

Область использования - p<40МПа; $x_{C\ 5+}$<10моль%.

Погрешность формулы: меньше 1% при **p**< 25МПа;

3% при **p**= 25- 35МПа и 5% - от 35 до 40МПа.