

1. Икономическа оценка на технологията за компресиране на природен газ

На базата на прогнозите за краткосрочно потребление на природен газ в населените места може да бъде определен и необходимия обем на вместимостите за съхраняване на газ като резерв, осигуряващ сигурност в енергийното потребление на битовите и стопански потребители.

В разгледания модел освен прогнозните данни за потреблението са включени и разчети за акумулиращата способност на разгледаната газоснабдителна мрежа. Целта е да се определи оптималния обем на газохранилището и да се изготви логистична схема на доставките на компресиран газ при минимизиране на разходите за това.

На тази основа е направена икономическа оценка на разходите за компресиране при находището транспорт до Газоразпределителния пункт и е определен и обема на газохранилището, разхода с най голяма тежест.

Икономическата оценка на технологията с компресиран газ представлява прогноза за разходите, извършвани в трите фази на процеса, средно за една година. Трите фази са: (1) Компресиране; (2) Охлаждане и (3) Транспорт, отделно като технология е оценено и съхранението на газа.

1.1. Оценка на първа фаза: Компресиране

Основен показател в тази оценка е необходимата мощност за компресирането на газа (N_p).

Нетната мощност, необходима за една степен на компресия се изчислява по формулата:

$$N_p = 1,307 \cdot 10^{-4} \cdot Z_{av} \left[\frac{q_g T_s}{E} \right] \left[\frac{k}{k-1} \right] \left[\left(\frac{p_d}{p_s} \right)^{\left[\frac{k-1}{k} \right]} - 1 \right], \quad (5.1)$$

където:

q_g е обемът на газа, m³/h

T_s – температурата на входа, K

Z_s – коефициентът на свръхсвиваемост при $P_{вх}$

Z_d – свръхсвиваемост при $P_{изход}$

E – ефективността (0.8 при батални компресори)

k – коефициентът на адиабатно разширение, (1,31)

P_s – входящото налягане, bar

P_d – изходящото налягане, bar

$$Z_{av} = \frac{Z_s + Z_d}{2}$$

В таблица 5.1 е онагледена зависимостта между необходимата мощност (N_p) и налягането за компресиране на природен газ с дебит 5000 м³/час.

Табл.5. 1. Нетна мощност при различни стойности на налягането за компресиране

Налягане bar	Нетна мощност kwh
38	-
95	142
230	135

Годишните разходи за единица нетна мощност се определят След трансформиране в kWh:

$$1NP * 0,746kWh * 0,18bgn / kW.hr * 8760hr / yr = 1300 \text{ лв. годишно за единица нетна мощност.}$$

Необходимата мощност умножена по годишните разходи за единица NP дава годишните оперативни разходи, които по принцип се приемат, че не зависят от вида на компресорната станция.

При компресор с 160 kW мощност годишните разходи за компресиране са от порядъка на 190 хил лева.

Към тези разходи трябва да се добавят капиталовите разходи за единица NP, т.е разходите за компресорната станция, както и разходите за поддръжка (в т.ч. резервните части).

1.2. Оценка на втора фаза: Охлаждане

Основен показател за тази оценка е показателят Q_{ch} – охлаждащата енергия. От Q_{ch} се изчислява мощността, необходима за процеса на охлаждане (NP_{ch}), с помощта на конверсионен фактор h по формулата:

$$NP_{ch} = Q_{ch} * h, \quad (5.2)$$

където Q_{ch} е охлаждащата енергия (tonofrefrigeration, TOR) в тона охладен газ. 1 TOR=12 000 BTU/h
коэффициентът h варира между 1.89 и 1.63, и зависи от броя на циклите в процеса на охлаждане.

Разходите за 1 NP_{ch} се получават като разходите за 1 NP се умножат с множителя f_2 :

$$\text{лв. за 1 } NP_{ch} = (\text{лв. за 1 NP}) * f_2,$$

като f_2 варира между 1,2 и 1,4 и зависи от броя на циклите за охлаждане.

От своя страна Q_{ch} се получава по следната формула:

$$Q_{ch} = \frac{Q}{12000}, \quad (5.3)$$

$$Q = M_s * C_p * \Delta T, \quad (5.4)$$

където:

Q – Охладителна мощност в кJ/час

M_s – масовият дебит, кг/h

C_p – средна стойност на специфичната топлина на изгаряне на газа, кJ/kg.K

ΔT – разлика между температурата при охлаждане

$$M_s = \frac{Q_g * \rho}{24}, \quad (5.5)$$

където:

Q_g – пропускливостта в куб.м/den

ρ – плътността на газа в стандартни условия (kg/m^3)

$$C_p = \frac{C_{ps} + C_{pp}}{2}$$

C_{ps} – температурата на съхранявания газ

C_{pp} – температурата на закупения газ

В таблица 5.2 са показани разходите за охлаждането на газа (лв/ NP_{ch}) за два типа охладителни инсталации на компресора:

1. Въздушно охлаждане;
2. Водно охлаждане.

Табл.5.2. Цена на единица охладена нетна мощност (лв/ NP_{ch}) при въздушно и водно охлаждане [3]

Цикли	H	f_2	лв/ NP_{ch} (1)	лв/ NP_{ch} (2)
1	1,89	1,2	4348	7246
2	1,71	1,23	4262	7102
3	1,63	1,4	4374	7291

2. Модел на транспортните разходи и определяне обема на газохранилището

Основната цел на тази фаза е поддържането на оптимален обем в газовото хранилище (необходимият обем на минимални разходи). Освен оптималният обем обикновено допълнително се оценяват броят на доставките, интервалът между две доставки, обемът в хранилището при което се извършва следващата поръчка.

Разходите, свързани с транспорта и съхранението на газа, може да се класифицират в две категории:

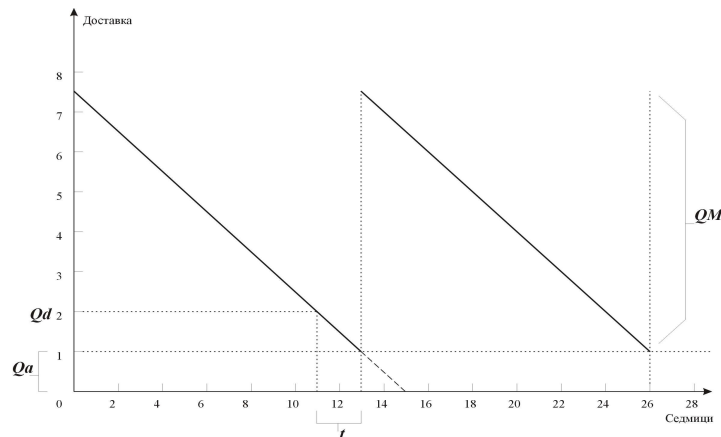
- разходи за поддържане – “складови” разходи, застраховки, данък сгради, амортизация и остаряване, пропуснати лихви;
- разходи за доставка - разходи по договарянето, транспортирането и приемането на газа.

Като приспособявам популярният във финансовия мениджмънт модел на Уилям Бомъл определям оптималния обем на хранилището на газ на разтоварището на входа на газоразпределителната мрежа. Основните допускания в модела се дефинират по следния начин :

- Предварително е определен необходимият обем газ за един месец (Q_s);
- Този обем се осигурява от хранилището и доставките по виртуалния газопровод (Q_m) през равни интервали от време (I);

Ако означим с n броя на доставките за един период:

$$Q_s = Q_m \cdot n \quad (5.6)$$



фиг.5. 1 визуализация на процеса на доставки на природен газ

Схемата на доставките е онагледена на фиг.1. Обемът, който се съхранява средно е $Q_m/2 + Q_c$. Разходите за поддържането (CC) се изменят пропорционално с $Q_m/2$.

На база сравнителни анализи (с подобни технологии) се определя относителният дял (c) на CC в стойността на $Q_m/2$. Ако означим с P_m цената на единица газ, стойността на $Q_m/2$ е $Q_m P_m/2$, а разходите за поддържане са:

$$CC = c Q_m P_m / 2 \quad (5.7)$$

Разходите за една доставка обикновено се приемат за постоянно число (F). Така разходите за осъществяването на доставките в рамките на една година (OC) са:

$$OC = F \cdot n \quad (5.8)$$

И тъй като $n = Q_s / Q_m$:

$$CC = F Q_s / Q_m \quad (5.9)$$

Общите разходи за транспорт и съхранение на газа (TC) се представят като сума от CC и OC:

$$TC = CC + OC = c Q_m P_m / 2 + F Q_s / Q_m \quad (5.10)$$

Оптимален е такъв обем Q_m , за който функцията TC (Q_m) достига минималната си стойност при зададени стойности на Q_s , F, P и c.

Първото условие за минимум е изискването първата производна на функцията спрямо Q_m да е равна на нула:

$$[c Q_m P_m / 2 + F Q_s / Q_m]' = 0 \quad (5.11)$$

От където следва:

$$c P_m / 2 - F Q_s / Q_m^2 = 0$$

$$c P_m / 2 = F Q_s / Q_m^2, \quad (5.12)$$

$$\text{и } Q_m = \sqrt{\frac{2 * F * Q_s}{c * P_m}} \quad (5.13)$$

$$Q_m/2 = \sqrt{\frac{2FQ_s}{cP_m}} * \frac{1}{2} \quad (5.14)$$

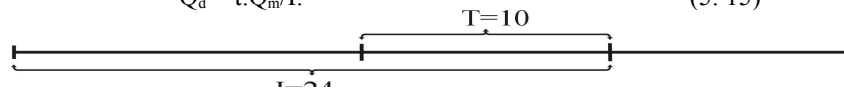
От оценката на Q_m по-нататък се определят броят на доставките (n), интервалът между две доставки (I), както и количеството, при което се поръчва следващата доставка (Q_d) (виж фиг.1).

Интервалът между две доставки (I) е съотношението между дните в годината (365) и броят на доставките (n). Ако $n=365$

$$I = 365/365 = 1 \text{ ден}$$

Обемът, при който се поръчва следващата доставка (Q_d), зависи от интервала между две доставки и времето за една доставка (t). Ако t е по-малко от I , например $t=10$ часа, обемът, при който се поръчва следващата доставка, е необходимият обем за един ден (Q_m/I), умножено по времето за една доставка (t):

$$Q_d = t \cdot Q_m / I. \quad (5.15)$$

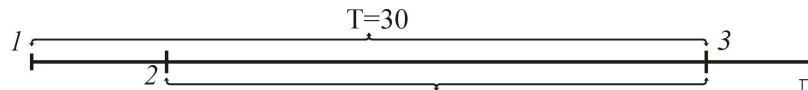


фиг.5.2 Оценка на обема при който се поръчва следващата доставка ($t < I$)

Тази възможност е онагледена на фиг.2. Компанията ще поръча следващата доставка, когато в хранилището остане газ за толкова часа, колкото е времето за една доставка.

Ако t е по-голямо от I , например $t = 30$ часа. Това е възможно при смяна на мястото за зареждане с компресиран газ. Тогава остатъчният обем при който се поръчва следващата доставка е необходимият обем за един ден (Q_m/I), умножено по $(t - I)$:

$$Q_d = (t - I) \cdot Q_m / I \quad (5.16)$$



фиг. 5.3 Оценка на обема при който се поръчва следващата доставка ($t > I$)

Втората възможност е показана на фиг.2. Компанията ще поръча доставката в момент 1 , когато в хранилището остане газ за $(t-I)$ часа. След като получи предходната доставка в момент 2 , компанията ще оползотвори тази доставка и ще получи новата в момент 3 .

Поради вероятната неточност на прогнозата на продажбите и вероятността от забавяне на доставките се компенсира от акумулиращия обем газ – Q_a .

С допълнителният обем Q_a , общият обем, който компанията поддържа, е:

$Q_m/2 + Q_a$, обемът, при който се поръчва следващата доставка, е $Q_d + Q_a$, а общите разходи (TC) се увеличават с $P_m(Q_m/2 + Q_a)$, или:

$$TC = cP_m(Q_m/2 + Q_a) + FQ_s/Q_m \quad (5.17)$$

В конкретният случай при потребителят газоразпределителна мрежа е изчислена да е от следните тръби:

Таблица 5.2.

DN	Ø, mm	δ, mm	d, mm	L, m	V, l m	обем, м3
25	32	3.00	26.00	18.00	0.0005	0.01

50	63	5.80	51.40	1450.00	0.002074	3.01
100	110	10.00	90.00	1119.00	0.006359	7.12
150	160	14.60	130.80	1698.00	0.013430	22.80
250	250	22.70	204.60	3240.00	0.032861	106.47

Общият обем на изградената използваната газоразпределителна мрежа е 140 м³ (Приложение ГРМ). Оценената акумулираща способност на мрежата е 370 стандартни метра кубични оценена (по Бобровски).

При средно месечно потребление от 200 000 м³ на всички потребители присъединени към мрежата и при цена на газа 1,2 лева/м³ се получава използвайки формули 5.13 и 5.14 и отчитайки акумулиращата способност на мрежата и количеството на една доставка, че обемът на хранилището осигуряващо населеното място е 22 000 м³.

При транспортирането на газа и хранването на по малки потребители от битов тип с потребление 100-200 м³ на месец, не е необходимо резервирането на големи количества. При тях е възможна схема по която да бъдат „доливани“ бутилките с природен газ от газовоз за компресиран газ.

1. Обосновка на параметрите на транспортния модул

Идеята за пренос на газ чрез газовози до потребителите е реализирана през 30^{-те} години на миналия век в Франция, Германия и Италия. Първоначалното налягане в бутилките е 35 МРа. Като от тях директно са зареждани автомобили до 20 МРа без компресор. След като бензина и дизела се налагат като гориво в автомобилите този опит е позабравен и едва през последните 10 години отново възроден.

Газовозите като правило представляват автоvlak, състоящ се от *автомобил-теглич и полуприцеп* на който е монтирана една или няколко батерии от бутилки с блок за зареждане и изпразване на газа. Съвременните газовози транспортират от 3000 до 6000 стандартни м³ природен газ при налягане до 32 МРа.

Газовозите, които се използват за самостоятелно зареждане на автомобили и бутилкови инсталации са снабдени с компресор монтиран на транспортното средство.

В този случай газовоза сам по себе си се явява в ролята на газо-пълначна станция и на практика рядко се използва.

По разпространения вариант е използването на газовози без компресори в състава си. Така наречените сателитни газо-компресорни станции тип /майка-дъщеря/, до които няма изградени газопроводи.

Технологията на използването им е следната:

Газовоза с налягане 20-32 МРа се зарежда в газо-компресорната станция- майка, след което той се предвижда до сателитните станции, оборудвани с малък компресор и газо-колонка. Зареждането на потребителите е двустепенно. Отначало директно се зарежда от газовоза, а след като налягането намалее се включва и компресора за повишаване на налягането в инсталацията или автомобила, който се зарежда до 20 МРа.

Основни показатели на газовозите

Таблица 5.4.

<i>Показатели</i>	<i>Далмини</i>	<i>Варюлек</i>	<i>Кавзаки</i>	<i>Месер</i>
Товароподемност на прицепа, тона	32	32	32	32
Брой балони	18	15	18	9
Вместимост на 1 балон, литри	834	885	825	1700
Налягане на газа, МРа	32	32	32	35
Общ обем, ст. м ³	5330	4700	5280	~5000

Характеристика на балоните с голяма вместимост

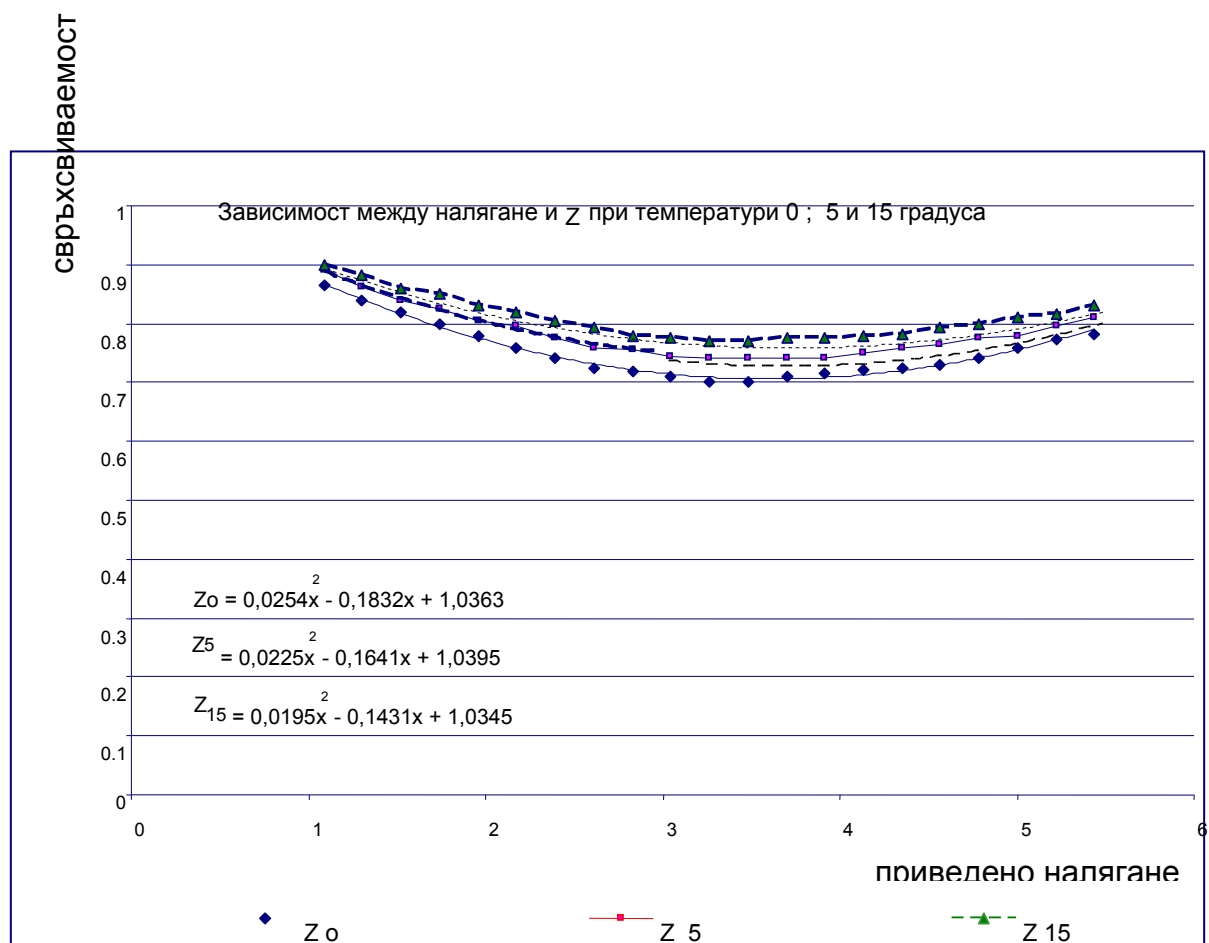
Таблица 5.5.

Фирма Произво- дител	Вместимост литри	Налягане МРа	Диаметър мм	Дължина мм	Дебелина на стената мм	Маса
Русия	130	32	325	2170	13.8	280
	400		465	3290	19.7	840
Германия	500	35	324	7340	11.9	806
	1000	35	419	8970	16	1691
Италия	1240	25	521	8000	31	3030
Франция	535	35	406	6000	31	1690
Япония	825	32	355	10300	13.3	1290

При обосноваване на параметрите на транспортните системи за компресиран газ основния въпрос за решаване е дали изпразването на газа от камиона да бъде с компресор или да е без компресор и да се определи максималното налягане в газовите инсталации при избрания способ за зареждане. При решаването на тези задачи е анализиран и минималния натрупан опит по транспортирането на компресиран природен газ в страната последните години.

За целта е изследвано и поведението на коефициентът на свръхсвиваемост при наляганя в диапазона 10-35 МРа.

Установих че коефициентът на свръхсвиваемост има минимални стойности, около 0,7 в диапазона 17-20 МРа при стандартни температури (фигура.5.3.) и може да се предположи че именно това налягане е оптимално при газовозите с компресор за разтоварване на газа с оглед на максималния обем съхраняван в съдовете под налягане.



Фигура.5.3. . Зависимост на коефициента на свръхсвиваемост от приведеното налягане

Освен компресорния способ за разтоварване на газа е възможен и безкомпресорен способ, като достатъчно ефективен и прост начин за разтоварване на газа в бутилкови инсталации. Именно този начин на запълване на автомобили и битови газови бутилкови инсталации е изследван по-долу.

Направена е оценка на технико-икономическите показатели при компресорен и безкомпресорен способ на разтоварване в диапазона от 5 до 40 МРа. За спазване на условията за съпоставимост са разгледани 2 газовоза с товароподемност 20 тона. За компресорните газовози полезния товар е намален с теглото на компресора, което е 3 тона.

Резултатите от изчисленията са визуализирани на фигура 5.4., като зависимостта на масата на бутилките M_b и относителното тегло G_L като функция от работното налягане P_p е резултат от решаването на уравнението:

$$T_r = G_{л(p)} \cdot V + \rho(p, T, z) \cdot V = const \quad (5.18)$$

Където:

T_r е товароподемността на газовоза;

G_L – относителното тегло на бутилките;

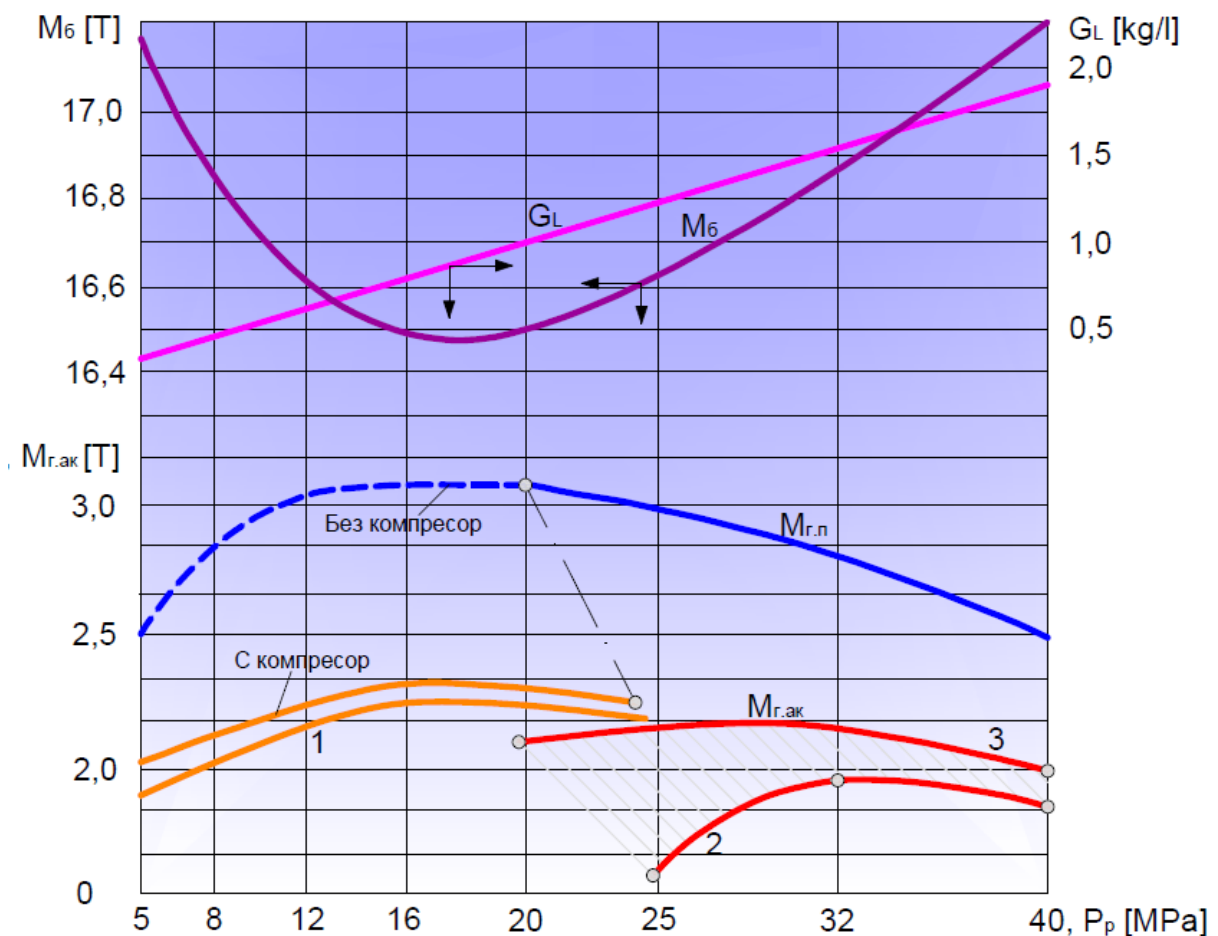
V – геометричният обем;

ρ –плътността на газа;

P – налягането;

T – температурата;

Z – коефициент на свръхсвиваемост;



Фигура 5.4. Зависимост между работното налягане, активния обем на газа и масата на бутилките

За камионите с компресор масата на бутилките превозващи газа е намалена с 3 тона заради теглото на самото съоръжение компресиращо газа.

При определянето на масата на активния газ е направено допускането, че налягането в газовозите с компресор от технологична гледна точка може да се разтовари до 2 МРа и е сравнено с количеството газ извличано от бутилките по безкомпресорен способ при съответните коефициенти на опразване. При това масата на активния газ е определена при два варианта. Запълване на автомобилите до 20 МРа (крива 3) и при непълно запълване (крива 2). На фигурата масата на активния газ е шрихованата област.

Изследвайки получената фигура може да се обособят и следните изводи:

- Масата на активния газ при компресорния и безкомпресорния способ е близка по значение;
- Оптималният работен режим при безкомпресорните газовози е при налягане около 32 МРа;
- Когато запълването на автомобилните газови уредби е до 10 МРа и оптималното налягане е по-ниски от порядъка на 25 МРа;

Основните параметри на безкомпресорните газовози, при което са обезпечават максимално разтоварване на газа и брой заредени потребители е свързано с определянето на коефициента на разтоварване на газа.

Задачата по определяне на коефициента на разтоварване на газове (η) е решена като са определени броя на обслужените потребители, при условие на вариране на следните параметри:

- Обем на газа в бутилките;
- Налягане на газа;
- Степени (секции) за зареждане;
- Съотношение на обемите на отделните секции;

Коефициентът на разтоварване е дефиниран като отношение на активния обем на газа Q_a към целия обем пренасян газ Q_0 при едни и същи условия. В случая стандартни ($T=20^\circ\text{C}$ и $P=1\text{ атм}$).

Общият обем на газа (Q_0) се определя като се преизчисли геометричния обем на бутилките пренасящи газа към стандартни условия по зависимостта:

$$Q_0 = \frac{V_b \cdot P_g \cdot T_{st}}{P_{st} \cdot T_g \cdot Z_g} \cdot Z \quad (5.19)$$

Където,

V_b – геометричния обем на бутилките,

P_g – налягането на газа в бутилките,

T_{st} – стандартното налягане,

T_g – налягането на газа,

Z_{st} , Z_g – коефициентът на свръхсвиваемост при стандартни условия и при налягане на газа в бутилките.

Активният обем е тази част от преносимия газ, която може да се отдаде на потребителите, при разтоварването на газове. За разчетите са приети обемите на бутилките използвани и в предишния раздел и наляганя 25, 32 и 40 МРа.

Разтоварването на газа от газове е за сметка на разликата в наляганята на газове и това при потребителите. Геометричния обем на бутилките инсталации на камиона превозващ газ е значително по-голям от този на при автомобилната газова уредба или при индивидуалния битов потребител. Поради тази причина пада на налягането в газове е значително по-малко отколкото повишаването на налягането при потребителя за времето за което се зарежда бутилката.

За повишаване на коефициентът на разтоварване е удачно обемът транспортиран газ да се раздели на няколко секции, които да се включват последователно към потребителите.

Вярно е, че с увеличаване броя на секциите, процеса на зареждане се усложнява, но едновременно с това се увеличава и коефициентът на разтоварване, тоест обема на активния газ нараства. Зареждането трябва да започва от секцията с най-голям обем и за целите на изследването ще я наречем първа. Когато налягането на газа в първата секция падне дотолкова, че стане невъзможно да се запълни следващия потребител до максималното работно налягане (например до 20 МРа), то тогава той се зарежда до максималното на тази секция и следва допълване от следващата секция. По натам в действие се включват

и следващите секции при същата логика и последователност докато дойде време и за подвключването на последната секция.

За определяне на характера на изменението на налягането на газа по секции при зареждане на потребители е приета формулата [Василев Ю.Х., Особенности процесса...]:

$$P_{ак} = \left(\frac{P_{max} \cdot V_{ai}}{z} - \left(\frac{P_{bkp}}{z_{bkp}} \cdot I - \frac{P_{bH}}{z_{bH}} \right) \cdot V_b \right) \cdot \frac{z_a}{V_{ai}}$$

Където,

Рак е максималното налягане на газа в секциите, МРа

Рбн – начално налягането при потребителите,

Рбк – крайно налягане при потребителите,

Vai – геометричен обем на i-тата секцията, m³

Vb – геометричен обем на резервоара при потребителя, m³

Z – коефициенти на свръхсвиваемост съответстващи на налягането на тяхното определяне.

I – коефициент зависещ от скоростта на зареждане и отчитащ нагряването на газа в резервоара на потребителите.

При експериментални практически наблюдения е установена, че при зареждането на бутилкови инсталации на потребители, нагряването на газа при тях е незначително от инженерно-практична гледна точка и в по-нататъшните изчисления е прието за 1.

Означавайки отношенията Rak/zак; Pbk/zк; Pbn/zн; Pmax/z, съответно с Pa'; Pbk'; Pbn' и Pmax' се получава:

$$P'_{ак} = P'_{max} - (P'_k - P'_n) \cdot V_i \quad (5.21)$$

Където Vi=Vb/Vai (i-1,2,3, брой секции)

И ако означим чрез P(i,j) налягането в i-тата секция, след зареждането на j-тия потребител до налягане Pbk, то се получава следния израз използван за определяне на наляганята на газа в отделните секции:

При зареждане до крайното налягане в резервоара при потребителите:

$$P'(i,j) = P'(i,j-1) - [P'_{bk} - P'_{(i-1,j)}] \cdot V_i \quad (5.22)$$

където:

P'(i,0)=P'a максималното в секцията, P'(0,j)=P'bn- налягане преди началото на зареждане,

И при зареждане до максималното възможно налягане:

$$P'(i,j) = \frac{[P'_{(i,j-1)} + V_i \cdot P'_{(i-1,j)}]}{V_i + 1} \quad (5.23)$$

Броят потребители или автомобили ni които могат да се заредят от първата секция се определя от неравенството:

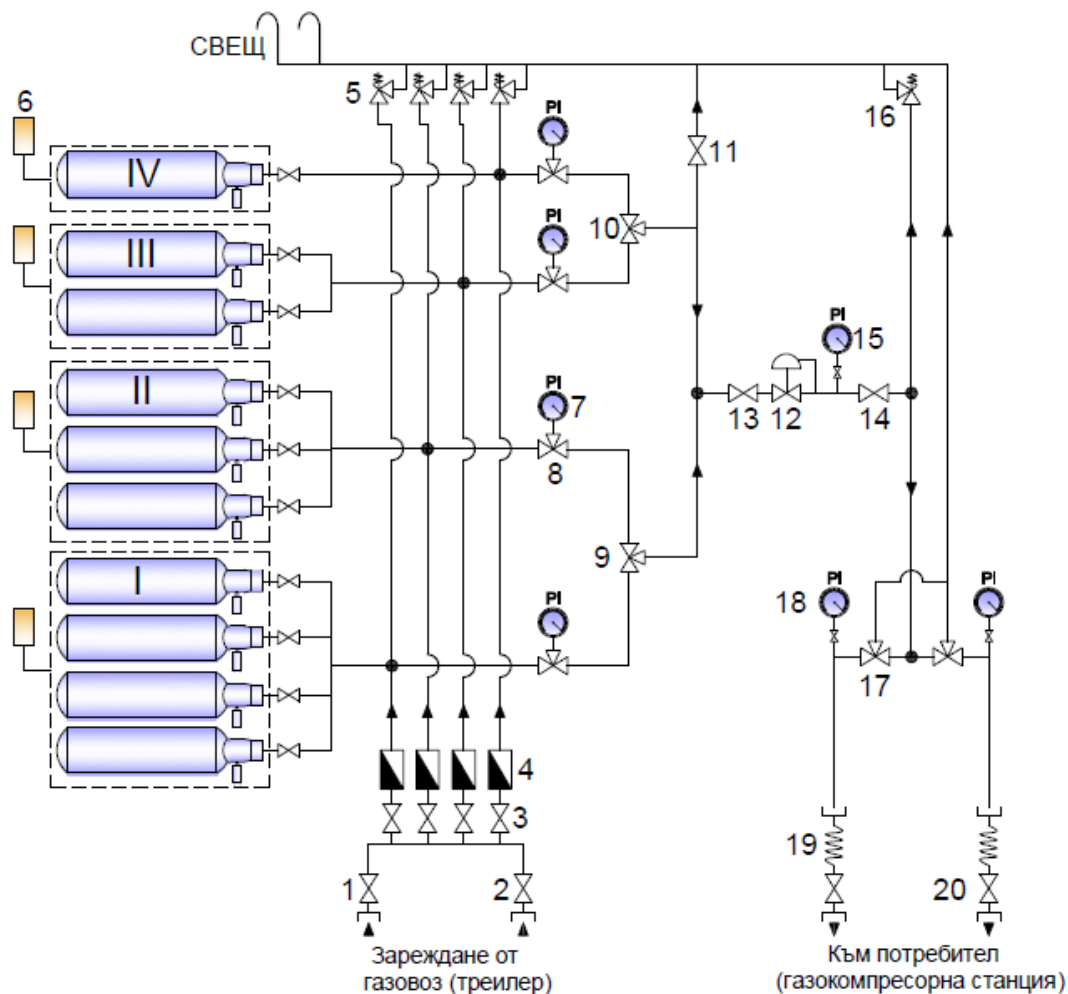
$$P'_{(i,ni+1)} < P'_k < P'_{(i,ni)}; i = 1,2 \dots \quad (5.24)$$

Оптималният брой на секциите е уточнен в изследване на Мкртичан и Ровнер (Автомобилни газови комплекси 2010 г.) .

За оптимален модели за пренос на компресиран газ с маса 20 тона най-ефективен се оказва варианта с 22-26 бутилки в първа секция, 18-21 бутилки във втора секция и 10-14 бутилки в трета секция. На представената по-долу схема е представена технологична схема с четиристепенно зареждане на потребители осигуряващо коефициент на изпразване над 70 % и в същото време е достатъчно надеждно и просто за обслужване и експлоатация.

Газовоза се разделя на три функционални схеми :

- **собствена пирамидална четири секционна инсталация от бутилки:** по 14 бутилки по 130 литрови, оборудвани с предпазни клапани.
- **възел за зареждане на газовоза:** осигурява едновременно или поотделно зареждане на 4-те секции с контрол на налягането
- **възел за зареждане на потребители** снабден със система за автоматично поддържане на зададеното изходно налягане.



Фиг. 5.5 Предложена схема на свързване на бутилковите групи за газовоз с 4 секции
 1-кран; 4- обратен клапан; 5- баланс вентил; 6-предпазен темичен клапан; 7- манометър; 8-трипътен кран; 19-гъвкава връзка;

Четирите секции в които се съхранява газа са с различен брой бутилки и съоръжение с предпазни клапани. Зареждането на газовоза се осъществява от линия 1 и 2. Чрез кранове 3 се позволява едновременно или поотделно зареждане на четирите секции. Всяка от секциите е снабдена с отделен предпазен клапан-5 и термклапан-6. Налягането във всяка секция се следи от манометър свързан към трипътен вентил -8. На линията за зареждане на потребители е поставен регулатор недопускащ превишаване на зададеното налягането-20 МРа. Предпазно-изпускателния клапан 16 изпуска превишаващото налягане през свещ-21. Манометър 18 е за контрол на налягането в бутилковите инсталации на потребителите, които се зареждат от накрайник 20 и шланг 19.

Изводи:

Предложеният метод за съхраняване на компресиран газ е икономически по-ефективен от съхранението в газолдери или втечнен природен газ.

Предложената схема за „каскадно „ изпразване на батериите бутилки от газовозите дава възможност до 30 % от обема на транспортирания газ да бъде използван, като в същото време спестява 80 000 евро за монтиране на компресор на транспортните модули.

Предложен е модел за оценка на обема на резервоара при потребителите присъединени към газоразпределителна мрежа, захранвана с компресиран природен газ.

Използвана литература:

1. Радев, Ю, Вертикална интеграция в сектора на втечения природен газ, Научна конференция на МГУ “Св. Ив. Рилски”, Годишник на МГУ “Св. Ив. Рилски”, т. 47, свитък IV: Хуманитарни и стопански науки, 2009, с.51-58.
2. Радев, Ю, Клаузите взем-или-плати в дългосрочните договори в газовия сектор на Европа, Научна конференция на МГУ “Св. Ив. Рилски”, Годишник на МГУ “Св. Ив. Рилски”, т. 47, свитък IV: Хуманитарни и стопански науки, 2009, с.59-66.
3. Дончев С.Г., България – коридор за природния газ в Югоизточна Европа, Газова конференция за Централна и Източна Европа, Санкт Петербург, 1997.
4. Николов Г.К., Бояджиев М.М. “Сравнителен анализ на възможностите за пренос на природен газ”, Годишник МГУ 2002 г.с
5. Defireli J., Gil S., Modelo de Prediccin del Consumo de Gas Natural – ENARGAS, 2004