

УДК 621.1

## **ЖЭО-ДА ДЕТАНДРЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАРДЫ ҚОЛДАНУ МҮМКІНДІКТЕРІ**

**Балғабаева Динара Глеужанқызы**

*dinoka.b@mail.ru*

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті «Жылуэнергетика»

кафедрасының магистранты, Нур-Султан, Қазақстан

Ғылыми жетекшісі – PhD М.Г.Жумагулов

Жоғары қысыммен табиғи газды магистральды газ құбырлары арқылы тасымалдау, жоғары вольтты ЭБЖ арқылы барынша электр энергиясын алыс қашықтықтарға берумен іспеттес және экономикалық жағынан орынды. Сонымен қатар, түпкі тұтынушылардың технологиялық қондырғыларында айтарлықтай аз қысымды газ пайдаланылатын болса, газ тарату станцияларда (ГТС) және газ реттеу пункттерінде (ГРП) газ қысымын ықшамдау қажеттілігі туындайды.

Газ магистральды газ құбырларынан газ тарату станциялары (ГТС) арқылы қалалық және өндірістік жүйелерге өтеді. Газ тарату станцияларында оны тарату желілеріндегі газ қысымына дейін қысқарту кезінде, оған бұрын энергия, еңбек және материалдық ресурстар шығынымен компрессорлық станцияларда берілген, газ ағынының артық қысымының потенциалды энергиясының айтарлықтай көлемі жоғалады, сондықтан газ тарату

станцияларында (ГТС) және газды реттеу пункттерінде (ГРП) газ қысымын төмендету қажеттілігі туындайды.

Газ тарату станциялары (ГТС) мен газ реттеу пункттерінде (ГРП) табиғи газдың үлестік қуат жоғалтуы орта есеппен  $77 \text{ Вт/м}^3$  құрайды. Мұндай реттеуіштерде абсолюттік қысым жоғалту  $0,1 - 0,2 \text{ МПа}$ -ға жетеді, яғни магистральдық газ құбырларында  $2,5 - 7,5 \text{ МПа}$  қысым кезінде газды тасымалдауға кеткен қуаттың  $3 - 4 \%$  жоғалтумен сайма сай. Біздің елімізде тұтынылған табиғи газдың көлемін ескере отырып, мұндай дроссельдеумен энергия шығыны жылына ондаған миллиард киловатт-сағатты құрауы мүмкін.

Соңғы жылдары елімізде және шетелде детандер-генераторлық технологияға үлкен көңіл бөлінуде. 1938 жылы академик П.К. Капицамен ұсынылған турбодетандерлер өндірістің қарапайымдылығымен, арзандығымен және техникалық қызмет көрсетудің ыңғайлылығымен ерекшеленеді. Газ өнеркәсібіндегі көпжылдық жұмыс тәжірибесіне сүйенсек, турбодетандерлік қондырғылардың артықшылығына жұмыс сенімділігін, конструкциялық металл тұтыну төмендігін, кең ауқымды режимін, техникалық қызмет көрсететін персоналдың санының аздығын, қоршаған ортаға зиянды әсердің жоқтығын және, сайып келгенде, капиталдық және эксплуатациондық шығындардың аздығын жатқызуға болады.

Ғылыми алғышарттар мен практика табиғи газдың артық қысымының энергиясын утилизациялау үшін - бұл қайталама энергия көзі - турбодетандер қондырғылары энергетикалық, материалдық ресурстарды үнемдеу және экологиялық жағдайды жақсарту міндеттерімен үйлесімді деп санауға мүмкіндік береді.

Жылу есебінен турбодетандер қондырғылары алдындағы газды алдын ала қыздыру, көбірек механикалық жұмыс алуға мүмкіндік беретін, оның ішкі энергиясын арттыруына және кейінгі газды ұлғайту және салқындату кезінде газ гидраттарының түсуін болдырмайтындығына байланысты детандер-генератордағы газды алдын ала қыздыру үшін шығар түтін газдарын қолдану жөнделілігі қамтылды. Бұл шешімді іске асырудың оңтайлы жағдайларын анықтауға мүмкіндік беретін ұсынылған техникалық шешімдердің артықшылығы айқындалды.

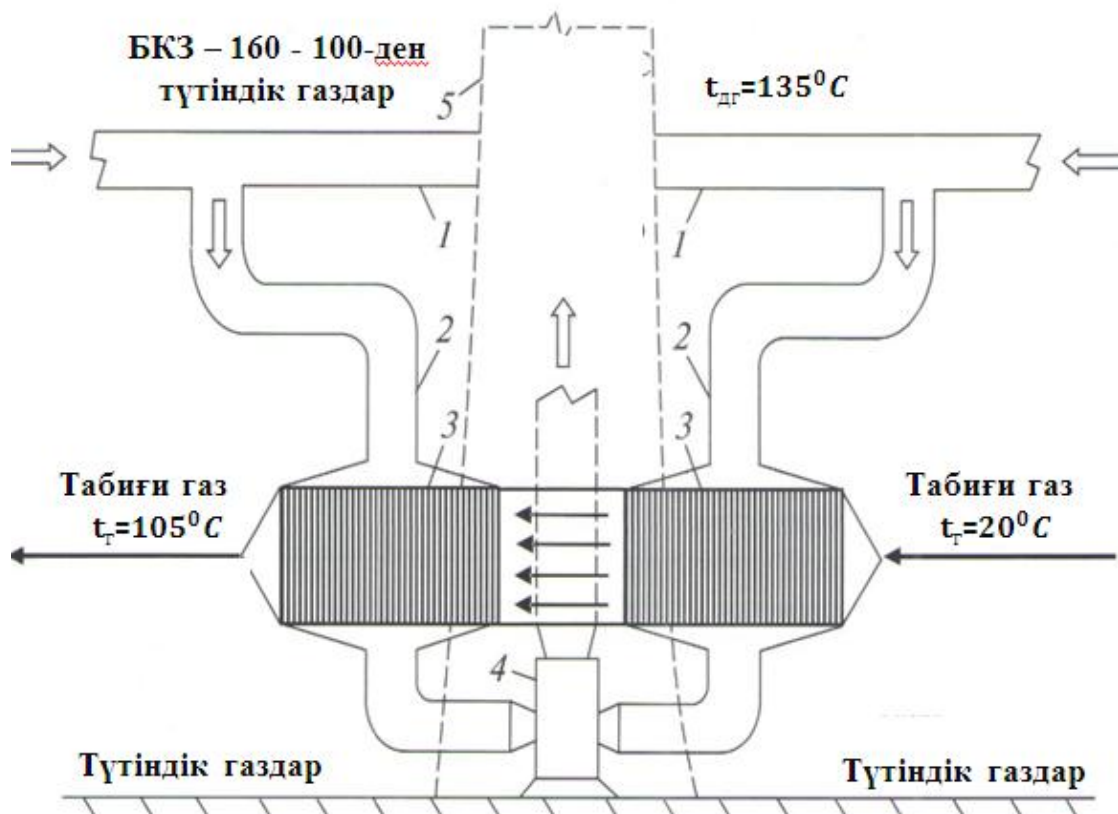
Іс жүзінде барлық ДГА-да жұмысшы дене ретінде жоғары қысымды газ пайдаланылады ( $4-6 \text{ МПа}$  және одан да көп), ол магистралды газ құбырларынан тікелей ірі тұтынушылардың (энергетика, металлургия кәсіпорындары және т.б.) газ тарату станциялары мен газ реттеу пункттерінде жеткізіледі. Бұл құрылғылардың өтелу мерзімі кететін жылу көздеріне (түтін газдар, ыстық су және т.б.) және өндірілетін электр энергиясы бағасының деңгейіне байланысты. Сонымен бірге соңғы тұтынушылардың көпшілігі (агроөнеркәсіптік кешен, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық кәсіпорындары) орта қысымды газды алады ( $0,3 \text{ МПа}$  дейін). Пайдаланудан бұрын ол тұтынушылардың газ реттегіш қондырғыларында (ГРК) екінші қайтара ықшамдалады, мұнда қайтымсыз қысымның жоғалуы болады.

Орта қысымды табиғи газды қолдану масштабы зор болғандықтан, бұл энергия үнемдеудің аса маңызды қорларының бірі болып табылады.

Тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық кәсіпорындарында кететін жылу көздерімен қазандықтың болуы ДГА енгізудің жақсы факторы болып табылады.

Бұл мақалада «Ақтөбе ЖЭО-дағы» БКЗ-160-100 ГМ қамтылған қазандықтағы жоғары қысымды табиғи газдың энергиясын пайдалану мүмкіндігі бағаланады. Негізгі отын түрі - газ, резервтік-мазут. ГТҚ-на кірердегі газ қысымы -  $1,2 \text{ МПа}$ , қазандық жанарғыларында -  $0,05 \text{ МПа}$ . Газда жұмыс істейтін шығар түтін газдарының температурасы  $135^\circ \text{C}$ .

Осы жағдайларда газды турбина алдында қыздыру үшін шығар түтін газдарын қолданған жөн. Оның шығыны, құрамы және жылу сыйымдылығы жағылатын табиғи газдың шығындары мен құрамы негізінде есептелді. Табиғи газдың молярлық массасы, жылу сыйымдылығы мен тығыздығы оның құрамымен, ал шығын - қазандықтың сипаттамалары бойынша (шартты отынның нақты шығыны және жылу қуаттылығы) анықталды.



Сурет 1. Газ жолындағы жылу алмастырғыш схемасы:

1 - қазандықтағы газ жүру жолы; 2- түтін газдарын бұрудың газ жолдары; 3- қыздырғыш секциясы; 4-түтінсорғы; 5- түтін құбыры.

Табиғи газды қыздыру үшін жылу алмастырғышты есептеу мынадай бастапқы деректермен орындалды:

- бір қазандыққа табиғи газ шығыны:  $B_T = 3,05 \text{ кг/с}$  ;
- табиғи газдың бастапқы әрі соңғы температурасы:  $t'_{\text{ex}} = 20^\circ \text{C}$  и  $t'_{\text{бых}} = 105^\circ \text{C}$
- табиғи газдың молярлық массасы, жылу сыйымдылығы және тығыздығы:  
 $\mu_r = 16,45 \text{ кг/кмоль}$ ,  $c_{p,r} = 2,185 \text{ кДж/(кг} \cdot ^\circ \text{C)}$ ,  $\rho' = 0,77 \text{ кг/м}^3$  ;
- түтіндік газдар шығысы:  $V_{\text{др}} = 65,83 \text{ м}^3/\text{с}$  ;
- жылу алмастырғышқа кіреберісіндегі түтіндік газдар температурасы:  $t''_{\text{ex}} = 135^\circ \text{C}$  ;
- теп түтіндік газдардың жылу сыйымдылығы және тығыздығы:  $c_{p,\text{др}} = 1,013 \text{ кДж/(кг} \cdot ^\circ \text{C)}$  и  $\rho'' = 0,8919 \text{ кг/м}^3$  ;

Құбырдағы түтіндік газдардың түпкілікті температурасын  $t''_{\text{бых}}$  :

$$t''_{\text{бых}} = \frac{c' \cdot B_T \cdot \rho' \cdot (t'_{\text{ex}} - t'_{\text{бых}})}{V_r \cdot B_T \cdot c'' \cdot \rho''} - t''_{\text{ex}} = \frac{2,185 \cdot 3,05 \cdot 0,77 \cdot (20 - 105)}{16,61 \cdot 3,05 \cdot 1,013 \cdot 0,8919} - 135 = 125,5^\circ \text{C}$$

$$Q = k \cdot \Delta t \cdot F,$$

$$Q = 566,46 \frac{\text{кДж}}{\text{с}}$$

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t},$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{40} + \frac{10^{-3}}{40} + \frac{1}{30}} = 17,1356 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{m}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{m}}} = \frac{(125,5 - 20) - (135 - 105)}{\ln \frac{(125,5 - 20)}{(135 - 105)}} = 60,03 \text{ } ^{\circ}C$$

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t} = \frac{566461,25}{17,1356 \cdot 60,03} = 550 \text{ } m^2$$

Табиғи газды қыздыру үшін ішінара іріктеу кезінде қазандықтан шығар түтін газының соңғы температурасы  $9,5^{\circ}C$  азайды.

Жылу алмастырғышты есептеу нәтижесі бойынша, табиғи газдың шығынын берілген температураға дейін қыздыру үшін, қыздыру бетінің ауданы  $S=2 \times 275=550 \text{ } m^2$ , ВП-О-228 қыздырғышының екі секциясы қажет.

Екі симметриялы газоходты түтін құбырына арналған түтін газдарының бөлігін таңдау қосымша түтін сору құрылғысы арқылы жүзеге асырылады, ол табиғи газды қыздыруды қамтамасыз ететін түтін газдарының шығынына ( $V_1 = 65,83 \text{ } m^3 / c$ ), жылу алмастырғыш қондырғы мен газ жүру жолындағы қысым құлауын компенсациялау арынына  $P_A = 976 \text{ } Па$  байланысты.

Қыздырғыш ретінде 40/37 мм диаметрлі болат құбырлары бар құбыр типті қыздырғыш таңдалды. Байламдағы құбырлар орналасуы - шахматты. Түтіндік газдар құбыр ішімен, ал қыздырылатын газ көлденең ток арқылы сыртынан жуылады.

Шығын есептеулеріне Д-15,5x2 деп аталатын екі жақты сору түтін сорғышы сәйкес келеді. Түтін сору қондырғысы қазандықтардың негізгі газ жолына параллель қосымша үрлегіш құрылғы ретінде пайдаланылғандықтан, оның жалпы қысымының қажетті мәні стандартты сипаттамаға қарағанда айтарлықтай төмен. Осыған байланысты, электр жетегінің айналу жиілігін (сәйкесінше қуатын) стандартты айналу жиілігіне (730 айн / мин) салыстырғанда төмендету ұсынылады. Түтін сору қондырғысының сипаттамаларын қайта есептеу оның қозғалтқышы ретінде айналу жиілігі  $n_1 = 490 \text{ айн / мин}$ , қуаттылығы 55 кВт 5AM315MA12e УЗ өндірістік асинхронды қозғалтқышын пайдалануға болатындығын көрсетті.

ДГА таңдау  $p_1 = 1,2 \text{ МПа}$ -дан  $p_2 = 0,05 \text{ МПа}$ -ға дейін адиабаталық газ ұлғаюы жұмысының шамасын бағалау негізінде жүргізілді.

Газбен жасалған нақты жұмыс,  $Дж / кг$ , төменгідей есептеледі:

$$a = \frac{p_1 \cdot v_1}{k - 1} \cdot \left[ 1 - \left( p_1 / p_2 \right)^{\frac{k-1}{k}} \right],$$

Газдың нақты көлемі:

$$v_1 = \frac{1}{\mu_r} \cdot \frac{RT_1}{p_1} = \frac{1}{16,45} \cdot \frac{8314 \cdot (273 + 105)}{1215900} = 0,157 \text{ } m^3 / кг$$

$v_1$  және  $k$  мәндерін формулаға кою арқылы атқарылған жұмыс мәнін аламыз:

$$a = \frac{1215900 \cdot 0.157}{1,312 - 1} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{1,2}{0,05} \right)^{\frac{1,312-1}{1,312}} \right] = 324,48 \text{ кДж/кг}$$

яғни, температурасы  $105^0 \text{ C}$  1кг табиғи газ, қысымы  $p_1 = 1,2 \text{ МПа}$  – дан  $p_2 = 0,05 \text{ МПа}$  – ға дейін ұлғаюы барысында,  $324,48 \text{ кДж}$  жұмыс атқарады. Табиғи газдың массалық шығыны  $G_m = 3,05 \text{ кг/с}$ .

Газдың ұлғаюымен босатылған қуат:

$$N_{дГА} = a \cdot G_m = 324,48 \cdot 3,05 = 989,664 \text{ кВт}$$

Алынған қуат шамасына, газ қысымының артық энергиясын жағусыз пайдалануға болатын, бірқатар стандартты детандер-генераторлық агрегаттар сәйкес келеді. Мысалы, "Калужский турбинный завод" ААҚ және "ТурбоДЭн" ЖШҚ әзірлеген, қуаты 1500 кВт ЭТДА-1500 детандерын қолдануға болады.

Табиғи газ қысымының энергиясын утилизациялау үшін ұсынылатын технологиялық схема мынадай негізгі жабдықтарды қамтиды: екі ВП-О-228 қыздырғышы; 5АМ315МА12е УЗ өндірістік асинхронды қозғалтқышымен қамтылған Д-15,5х2 түтін сорғышы; энергия үнемдейтін детандерагрегаты ЭТДА-1500.

БКЗ-160-100 қазандығының толық жылу жүктемесіне сәйкес табиғи газ, 1,2-ден 0,05 МПа-ға дейін ұлғаюы барысында, турбина мен генератордың тиімділігін ескере отырып, қазандықтың өз қажеттіліктеріне кететін электр энергиясын жабатын электр энергиясын өндіруді қамтамасыз етеді (сорғылар мен желдеткіштер жетегі).

Шығар түтін газдарының жылуын пайдалану жылу шығындарының абсолютті төмендеуіне байланысты оң нәтиже береді,  $\Delta Q_2$  :

$$\Delta Q_2 = G_d \cdot c_{p,дГ} \cdot \Delta t_{дГ} = 58,68 \cdot 1,013 \cdot (135 - 125,5) = 564,7 \text{ кВт}$$

Жылу жоғалтудың салыстырмалы төмендеуі,  $\Delta q_2$ ,  $\Delta Q_2$  мен  $\Delta Q_p^p$  қатынасы ретінде есептеледі:

$$\Delta q_2 = \frac{\Delta Q_2}{\Delta Q_p^p},$$

**Қазандық үшін  $\Delta Q_p^p$  мәні қуат бірліктерінде былай анықталады:**

$$\Delta Q_p^p = V_G \cdot Q_G^p = 3,9 \cdot 38,9 = 151,7 \text{ МВт}$$

Алынған мәндерді формулаға кою арқылы  $\Delta q_2$  мәнін табамыз:

$$\Delta q_2 = \frac{564,7 \cdot 10^{-3}}{151,7} = 0,003 \text{ (0,3\%)}$$

Тұтастай алғанда, орындалған есептеулер мен бағалаулар детандер агрегатын қолдану арқылы, БКЗ-160-100 ГМ қамтылған қазандық жағдайында, жоғары қысымды табиғи газдың

артық энергиясын утилициялаудың техникалық мүмкіндігі және практикалық орындылығын көрсетті.

Осылайша, мақалада энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру саласындағы мемлекеттік реттеудің мақсаттарына қол жеткізуге мүмкіндік беретін ғылыми негізделген техникалық және технологиялық шешімдер ұсынылды.

#### **Пайдаланылған әдебиеттер тізімі**

1. Обзор современных конструкции турбодетандерных генераторов / Проспект фирмы ООО НТЦ «МТТ».
2. Агабабов В.С., Корягин А.В. Детандер-генераторные агрегаты на тепловых электрических станциях: Учеб.пособие. – М.: Изд-во МЭИ, 2005. – 48 с.
3. Аксенов Д.Т. Выработка электроэнергии и «холода» без сжигания топлива // Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы». – 2003. – №6. – С.21-25.
4. Репин А.Л. Возможности использования энергии давления природного газа на малых газораспределительных станциях // Энергосбережение. – 2004. – №3.
5. Агабабов, В.С. Зависимость для определения эффективности электрогенерирующей бестопливной установки на базе двухступенчатого детандер-генераторного агрегата с тепловыми насосами // Энергосбережение и водоподготовка. – 2012. – №3(77). – 56 б.