

3. Технология и проектирование лесных складов : учебн. пособ. [для студ. ВУЗов] / А.К. Редькин и др. – М. : Изд-во "Экология", 1991. – 288 с.

4. Гомонай М.В. Технология переработки древесины : учебн. пособ. / М.В. Гомонай. – М. : Изд-во МГУЛ, 2007. – 232 с.

5. Гомонай М.В. Древесное биотопливо: брикеты и гранулы : практ. пособ. – М. : Изд-во "Рамтип", 2007. – 90 с.

6. Краснов В.П. Прикладная радиоэкология леса : монография / В.П. Краснов, А.А. Орлов, В.А. Бузун, В.П. Ландин, З.М. Шелест. – Житомир : Изд-во "Полисся", 2007. – 680 с.

Гомонай В.В., Гомонай-Стрижко М.В. Возможности безопасной заготовки и переработки древесины на загрязненной территории радиоактивными элементами

Рассмотрены возможности безопасной заготовки и переработки древесины на загрязненной территории радиоактивными элементами с применением современных технологий и машин, которые могут выполнять такую работу.

Ключевые слова: загрязненная древесина радиоактивными элементами, заготовка и переработка, технологии и машины.

Gomonay V.V., Gomonay-Stryzhko M.V. The possibilities of safety harvesting and processing of wood in the radioactive-contaminated area

Considered here are the possibilities of wood in the radioactive-contaminated area by means of modern technologies and machinery that is capable of performing such work.

Keywords: radioactive-contaminated, harvesting and processing, technologies and machinery.

УДК 536.+553.98

Аспір. О.Ю. Берлінг¹ – НУ "Львівська політехніка"

ВПЛИВ ТИСКУ, ТЕМПЕРАТУРИ ТА КІЛЬКІСНОГО ВМІСТУ МЕТАНУ В ТРАНСПОРТОВАНОМУ ГАЗІ НА РЕЖИМ РОБОТИ ТУРБОДЕТАНДЕРНОЇ УСТАНОВКИ

Показано вплив термодинамічних характеристик природного газу на режим роботи турбодетандерної установки. Під час здійснення розрахунків щодо визначення роботи турбодетандера з ідеального газу запропоновано враховувати похибку щодо вмісту частки метану в транспортваному газі. Отримано графічні залежності.

Ключові слова: робота турбодетандерної установки, показник адіабати, питомо теплоємність.

Постановка проблеми. На сьогодні економія паливно-енергетичних ресурсів є одним із важливих напрямів переведення економіки на шлях інтенсивного розвитку і раціонального природокористування. Енергозбереження – це проблема, вирішувати яку необхідно в будь-якій країні. Значну економію паливно-енергетичних ресурсів можна здійснити на етапі їх споживання. Як відомо, близько 70 % загального потенціалу енергозбереження країни мають змогу здійснювати споживачі енергії і тільки 30 % – виробники [1, 2]. У цій ситуації потрібно шукати також й інші, нетрадиційні методи, застосування яких дасть змогу істотно підвищити техніко-економічні показники роботи енергетичного обладнання без значних збільшень капіталовкладень. Одним із пріоритетних напрямів економії енергії на підприємствах газотранспортної

галузі є застосування турбодетандерних установок (ТДУ) для отримання електроенергії за рахунок використання технологічного перепаду тиску газу під час його редукування.

Мета роботи – дослідити питання залежності показника адіабати (k) від тиску та початкової температури і їх вплив на роботу ТДУ; визначити вплив зміни кількісного складу метану на роботу ТДУ; на прикладі досліджуваних об'єктів конкретизувати тенденції впливу визначених раніше показників газу на роботу ТДУ.

Виклад основного матеріалу. При роботі магістральних газопостачальних систем на газорозподільних станціях (ГРС) виконуємо зниження тиску транспортованого природного газу від 5,5 до 0,1 МПа. На сьогодні для цього зниження тиску використовують дросельні пристрої. Однак цей процес, як відзначали раніше, можна здійснити і за допомогою турбодетандерної установки, використовуючи перепад тиску для отримання роботи і вироблення електроенергії. У випадку використання ТДУ природний газ перед впуском у детандер необхідно підігрівати, оскільки під час розширення від початкових температур, характерних для магістрального газу (від -5 до 10°C), температура його в кінці розширення може досягнути дуже низьких значень, недопустимих щодо умов роботи обладнання (-98...-83 °C), а саме зниження температури пов'язано з тим, що виконується робота в турбодетандері.

Процес розширення газу в адіабатних умовах, тобто за відсутності зовнішнього теплообміну, може відбуватися без змін ентропії тільки за відсутності яких-небудь внутрішніх процесів тертя. Тому для задоволення умови $s=\text{const}$ необхідно всю енергію стисненого газу перетворити в зовнішню роботу без втрат. Очевидно, що при цьому внутрішня енергія газу зменшується максимально, тому такий процес супроводжується найбільшим зниженням температури. Робота, що здійснюється газом у цьому процесі, повинна бути повністю передана ізольованому від газу обладнанню. Цей процес можна зобразити виразом:

$$l_{\text{max}} = -\int_{p_1}^{p_2} v dp$$

де: p_1 та p_2 – тиск газу перед турбодетандером і після нього.

Цей вираз дійсний за однакових швидкостях газового потоку на вході та виході. Якщо реальні процеси протікання і розширення газу не можуть проходити без тертя, то в адіабатичних умовах процес $s=\text{const}$ в дійсності виконати неможливо. Його розглядають як ідеально наближеним для реальних процесів.

Для визначення величини $\int v dp$ необхідно знати термодинамічний закон зміни стану газу, тобто мати аналітичний зв'язок між тиском та питомим об'ємом газу. Для ідеального газу такий зв'язок встановлюємо рівнянням ізоентропійного процесу (рівнянням Пуассона для адіабати реального газу):

$$p \times v^k = \text{const},$$

де k – показник адіабати.

¹ Наук. керівник: проф. М.С. Мальований, д-р техн. наук

Використовуючи рівняння для адиабати реального газу, можна визначити величину передбачуваного теплоперепаду:

$$H_T = p_1 \times v_1 \times \frac{k}{k-1} \times \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]. \quad (1)$$

Показник адиабати, що входить в рівняння розраховуємо за формулою

$$k = -\frac{v}{p} \times \left(\frac{\partial p}{\partial v} \right)_s = -\frac{v}{p} \times \left(\frac{\partial p}{\partial v} \right)_T \times \frac{c_p}{c_v}. \quad (2)$$

Однак визначення його залежно від початкових та кінцевих значень спричиняє певні складності, які ми розглянемо далі.

Роботу газу можна розрахувати за формулою

$$l_o = h_1 - h_2, \quad (3)$$

де: h_1 – ентальпія газу на початку процесу, h_2 – ентальпія газу в кінці зворотного процесу розширення.

Залежність k від температури та перепадів тиску на розглянутому нами ГРС "Винники" ВАТ "Львівтрансгазу", що представлено на рис. 1 (при цьому в даних щодо станції: перше значення – тиск газу на вході газорозподільної станції, в МПа; друге значення – тиск на виході зі станції, в МПа).

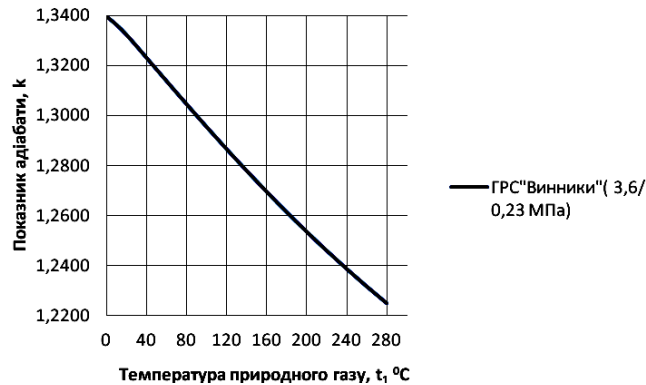


Рис. 1. Залежність показника адиабати метану від температури та перепаду тиску газу

З графіка видно, що показник адиабати k із зростанням температури значно зменшується і для перепаду тиску 3,6/0,23 МПа в розглянутому діапазоні температур це зменшення становить – 9%. Відповідно, при заданому k , не залежно від температури, робота турбодетандера буде визначено з деякою похибкою. Тобто, застосовуючи рівняння (1), необхідно використовувати отримані показники адиабати, що представлені на рис. 1.

У межах проведених нами розрахунків термодинамічні властивості метану значно відрізняються від властивостей ідеального газу.

Тому якщо підставимо в рівняння (1) рівняння Клайперона, то отримаємо рівняння для розрахунку роботи ідеального газу:

$$l_o^{i0} = \frac{k}{k-1} \times R \times T_1 \times \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]. \quad (4)$$

На рис. 2 представлено залежність роботи турбодетандера, що розраховано за рівнянням для ідеального газу при $k=1,3$ та за нормативним рівнянням метану залежно від температури, а також наведено відносну похибку роботи турбодетандера для розглядуваної ГРС "Винники", яку розраховували за такою формулою:

$$\delta_{l_o} = \frac{(l_o - l_o^{i0})}{l_o} \times 100\%. \quad (5)$$

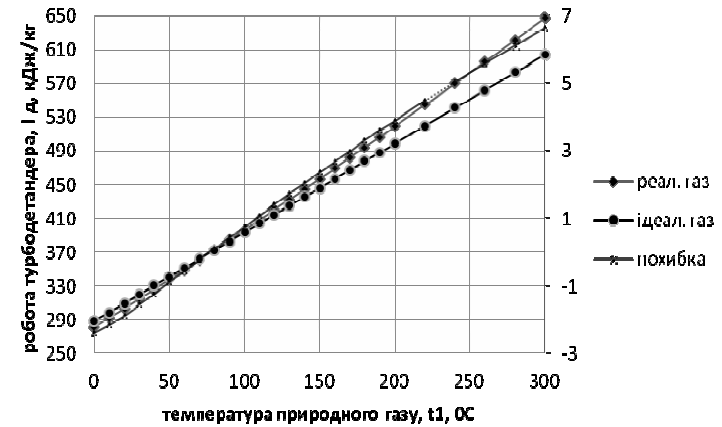


Рис. 2. Залежність роботи турбодетандера для ідеального, реального газу та відносних розбіжностей між ними від температури для метану за перепадів тиску 3,6/0,23 МПа на ГРС "Винники"

На рис. 2 видно, що коли недостатньо точно задати показник адиабати k в рівняння ідеального газу, то робота турбодетандера може бути значно зменшена або збільшена. Так, при $k=1,3$ ці відхилення змінюються в діапазоні температур 0...300 °C внаслідок перепаду тиску 3,6/0,23 МПа похибка розрахунку роботи турбодетандера становить -2,4...+6,6%.

Як відомо, природний газ складається здебільшого з граничних вуглеводнів типу C_nH_{2n+2} , азоту, діоксид вуглецю та сірководню. А оскільки основним компонентом природного газу є метан, то від його кількісного вмісту в суміші будуть істотно залежати і властивості самої суміші, зокрема і її ізобарна теплоємність, яку можна визначити за формулою

$$c_p^{sum} = \sum c_p^i \times \chi_i / G^{sum}, \quad (6)$$

де: c_p^i – питома теплоємність i -го компонента суміші, χ_i – масова частка i -го компонента суміші, G^{sum} – маса одиниці об'ємної суміші.

Якщо здійснити заміну в рівнянні зокрема (4) $\frac{k-1}{k} = \frac{R}{c_p}$ та підставити

в нього рівняння (6), то отримаємо формулу (7) для розрахунку роботи турбодетандера з урахуванням властивостей кількісного вмісту природного газу:

$$I_d = \left[\sum c_p^i \times \chi_i \right] \times T_1 \times \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{R_{\text{сум}}}{\sum c_p^i \times \chi_i}} \right] \quad (7)$$

або, підставивши теплоємність метану, оскільки необхідно враховувати, що його вміст істотно впливає на показники роботи турбодетандера, отримаємо наступне рівняння для розрахунку роботи турбодетандера:

$$I_d = \left[c_p^{\text{CH}_4} \times \chi_{\text{CH}_4} + \sum c_p^i \times \chi_i \right] \times T_1 \times \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{R_{\text{сум}}}{c_p^{\text{CH}_4} \times \chi_{\text{CH}_4} + \sum c_p^i \times \chi_i}} \right] \quad (8)$$

Як видно з рівняння (8), зі зменшенням частки метану теплоємність

суміші зменшується і відповідно комплекс $\left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{R_{\text{сум}}}{c_p^{\text{CH}_4} \times \chi_{\text{CH}_4} + \sum c_p^i \times \chi_i}} \right]$ також

зменшується і як наслідок, робота детандера стане меншою, як це і, представлено на рис. 3.

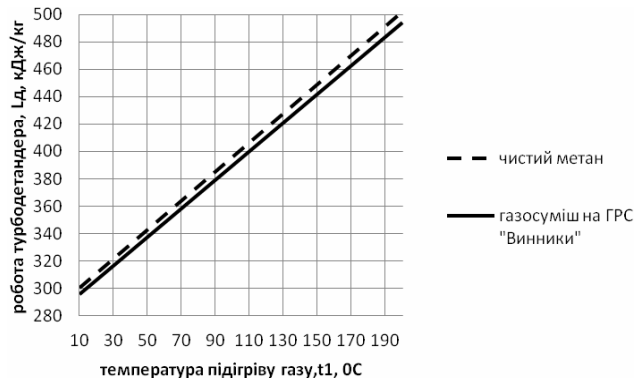


Рис. 3. Робота, вироблена турбодетандером, залежно від вмісту природного газу

Ці розрахунки проводили для перепадів тиску природного газу на ГРС "Винники" – 3,6/0,23 МПа. Температура газу на вході в турбодетандер приймали в діапазоні 10...150 °С.

На рис. 3 представлено залежність роботи турбодетандера від температури підігріву газу перед детандером і вмісту природного газу для перепадів тиску, характерних для роботи ГРС. Як видно з графіка, чим менше метану в природному газі, тим меншою є потужність, що виробляє детандер. Це пояснюють тим, що зменшення частки чистого метану зменшує теплоємність газової суміші. Похибка величини роботи турбодетандера, що працює на природному газі, від роботи турбодетандера, що працює на чистому метані, дорівнює 1,6 %. Враховуючи, що по магістральним газопроводам України транспортується природний газ із різним вмістом метану (в межах 85,8-

98,8 %), варто мати на увазі, що зниження частки метану в газі на кожні 10 % призводить до розбіжності в розрахунку потужності роботи ТДУ в межах 7 % у визначенні потужності ТДУ.

Висновки. Як видно з наведених розрахунків, використання рівняння ідеального газу приводить до похибки у визначенні реальної потужності ТДУ. Тому для розрахунку надалі потрібно використовувати рівняння для визначення роботи турбодетандера з реально транспортованого у трубопроводі газу. Потрібно також враховувати, що зі зниження частки чистого метану зменшується теплоємність газової суміші, а приймаючи це у розрахунках, отримаємо змогу більш точно визначити питому роботу турбодетандера.

Література

1. Агабабов В.С. Детандер-генераторные агрегаты на тепловых электрических станциях / В.С. Агабабов, А.В. Корягин. – М. : Изд-во МЭИ, 2005. – 48 с.
2. Агабабов В.С. Основные особенности применения детандер – генераторных агрегатов на ТЭЦ / В.С.Агабабов // Энергосбережение и водоподготовка. – 2002. – № 3. – С. 27-29.

Берлинг О.Ю. Влияние давления, температуры и количественного содержания метана в транспортированном газе на режим работы турбодетандерной установки

Показано влияние термодинамических характеристик природного газа на режим работы турбодетандерной установки. При совершении расчетов по определению работы турбодетандера с идеальным газом предложено учитывать погрешность по содержанию доли метана в транспортированном газе. Получены графические зависимости.

Ключевые слова: работа турбодетандера, показатель адиабаты, удельная теплоемкость.

Berling O.Yu. Influence of pressure, temperature and quantitative methane transported gas in regime turbo expander plant.

In the article influence of thermodynamics descriptions of natural gas is rotined on the mode of operations of the turbo-expander setting. At carried out calculations in relation to determination of work of turbo-expander on ideal gas it is suggested to take into account an error in relation to maintenance of fate of methane in the transported gas. Graphic dependences are got.

Keywords: work of the turbo-expander setting, index of adiabatic, specific heat capacity.

УДК 630*[1+811.2]

Доц. І.М. Сопушинський, канд. с.-г. наук –
НЛТУ України, м. Львів

АНАТОМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРЯМОВОЛОКНИСТОЇ ТА ХВИЛЯСТО-ЗАВИЛЬКУВАТОЇ ДЕРЕВИНИ ЯВОРА (*ACER PSEUDOPLATANUS L.*) ТА ЯСЕНА ЗВИЧАЙНОГО (*FRAXINUS EXCELSIOR L.*)

Досліджено анатомічні особливості прямоволокнутої та хвилясто-завилькуватої деревини явора та ясена звичайного, а саме: діаметр судин, їх кількість в 1 мм², кількість серцевинних променів в 1 мм та відношення висоти до ширини широких багаторядних серцевинних променів. Статистично підтверджено відмінності будови прямоволокнутої та хвилясто-завилькуватої деревини ясена звичайного та явора. Встановлено анатомічні параметри діагностування дерев із хвилясто-завилькуватою деревиною.