

SCI-CONF.COM.UA

**PRIORITY DIRECTIONS
OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
DEVELOPMENT**



**PROCEEDINGS OF XI INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
JULY 11-13, 2021**

**KYIV
2021**

PRIORITY DIRECTIONS OF SCIENCE AND TECHNOLOGY DEVELOPMENT

Proceedings of XI International Scientific and Practical Conference

Kyiv, Ukraine

11-13 July 2021

Kyiv, Ukraine

2021

UDC 001.1

The 11th International scientific and practical conference “Priority directions of science and technology development” (July 11-13, 2021) SPC “Sci-conf.com.ua”, Kyiv, Ukraine. 2021. 755 p.

ISBN 978-966-8219-84-9

The recommended citation for this publication is:

Ivanov I. Analysis of the phaunistic composition of Ukraine // Priority directions of science and technology development. Proceedings of the 11th International scientific and practical conference. SPC “Sci-conf.com.ua”. Kyiv, Ukraine. 2021. Pp. 21-27. URL: <https://sci-conf.com.ua/xi-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-priority-directions-of-science-and-technology-development-11-13-iyulya-2021-goda-kiev-ukraina-arhiv/>.

Editor

Komarytskyy M.L.

Ph.D. in Economics, Associate Professor

Collection of scientific articles published is the scientific and practical publication, which contains scientific articles of students, graduate students, Candidates and Doctors of Sciences, research workers and practitioners from Europe, Ukraine, Russia and from neighbouring countries and beyond. The articles contain the study, reflecting the processes and changes in the structure of modern science. The collection of scientific articles is for students, postgraduate students, doctoral candidates, teachers, researchers, practitioners and people interested in the trends of modern science development.

e-mail: kyiv@sci-conf.com.ua

homepage: <https://sci-conf.com.ua>

©2021 Scientific Publishing Center “Sci-conf.com.ua” ®

©2021 Authors of the articles

38.	Кологривов М. М., Бузовський В. П. ТЕХНОЛОГІЯ ЕНЕРГО І РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПАЛИВНОГО ГАЗУ НА КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЯХ	213
39.	Косс В. А. ПУТЕШЕСТВИЕ В КИБЕРНЕТИКУ С НОРБЕРТОМ ВИНЕРОМ	220
40.	Лисканич М. В., Гридзук Я. С., Слабий О. О. ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІЗМУ НАСОСНОЇ УСТАНОВКИ В СЕРЕДОВИЩІ МОВИ MODELICA	229
41.	Ошовський В. Я. ОСОБЛИВОСТІ І МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ РЕСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН	233
42.	Палійчук І. І., Пітула М. М. ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗГИНАННЯ ОБСАДНОЇ КОЛОНИ ВНАСЛІДОК ВЗАЄМОДІЇ ЗІ СТІНКАМИ КРИВОЛІНІЙНОЇ СВЕРДЛОВИНИ	240
43.	Прачик В. В., Ляшенко О. М. МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОЇ ПАРАДИГМИ	246
44.	Процький М. В., Лопасєва О. М. ОРГАНІЗАЦІЯ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТЬ З ВОГНЕВОЇ ПІДГОТОВКИ	253
45.	Різничук А. І., Воєвідко І. В., Дрогомирецький В. Д. НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН МАСИВУ ГЛИНИСТОГО СЛАНЦЮ РОЗКРИТОГО ПОХИЛО- СКЕРОВАНОЮ СВЕРДЛОВИНОЮ	257
46.	Трегуб М. І., Рубець А. М., Демещук В. А. ОБГРУНТУВАННЯ КЕРОВАНИХ ПАНЕЛЬНИХ БЛОКІВ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ (СЕС) ТА СИСТЕМ ЇХ УПРАВЛІННЯ	264
47.	Фащевський А. В. СИСТЕМА АДИТИВНОГО ВИРОБНИЦТВА ДЛЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ	268
48.	Чернець М. В., Корнієнко А. О. ДО ПИТАННЯ ПРО РОЗРАХУНКОВУ ОЦІНКУ ДОВГОВІЧНОСТІ ПЛОСКИХ НАПРЯМНИХ КОВЗАННЯ З ПОВЗУНОМ З ПОЛІМЕРНИМИ АНТИФРИКЦІЙНИМИ КОМПОЗИТНИМИ ПОКРИТТЯМИ	270
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ		
49.	Fedosov S. N., Sergeeva O. Ye. POLARIZATION PROFILES IN CORONA POLED P(VDF-TFE) COPOLYMER	276

ТЕХНОЛОГІЯ ЕНЕРГО І РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПАЛИВНОГО ГАЗУ НА КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЯХ

Кологривов Михайло Михайлович

к. т. н., доцент

Бузовський Віталій Петрович

к. т. н.

Одеська національна академія харчових технологій
м. Одеса, Україна

Введення./Introduction. До складу магістральних газопроводів України входить 72 компресорних станції. Вони включають 786 газоперекачуючих агрегатів загальною потужністю на валу 5,6 млн кіловат. У тому числі 456 агрегатів з газотурбінними двигунами (59%), 175 агрегатів з електроприводом (22%) і 155 газомотокомпресорів (19%).

Існує кілька шляхів, які приводять до ефекту енерго і ресурсозбереження: адміністративно-правові, фінансово-економічні, організаційно-технічні, науково-дослідні, випробувальні, виробничо-технологічні. Також слід брати до уваги галузеві та корпоративне інтереси в сфері транспорту вуглеводнів і виробництва електроенергії. Нам цікавий науково-дослідницький підхід.

Газозбереження передбачає комплексний підхід. По-перше за рахунок скорочення прямих втрат газу при експлуатації магістральних трубопроводів. По-друге за рахунок економії паливного газу при роботі газотурбінних приводів. По-третє для отримання додаткових позитивних ефектів (отримання електроенергії, холоду, вчинення механічної роботи, вирощування плодоовочевої продукції, підігріву нафти) за рахунок використання котлів-утилізаторів і турбодетандерів.

Мета роботи./Aim. Розглянути ефективність і доцільність нової технології комплексного використання енергетичних ресурсів на компресорній станції магістрального газопроводу. Пропонована технологія дозволяє

отримувати і використовувати електроенергію, холод, знизити споживання паливного газу.

Материалы и методы./Materials and methods. На компресорних станціях магістральних газопроводів є два види джерел енергії для утилізації: потенційна енергія паливного газу та теплова енергія газів, що відходять при роботі газотурбінного двигуна.

Паливний газ потрібен для роботи газотурбінного двигуна. Він відбирається з технологічних трубопроводів компресорної станції при тиску рівним тиску газу в магістральному трубопроводі перед станцією. Наприклад, тиск відбору 3,7÷5,6 МПа значно перевищує тиск паливного газу 1÷2,5 МПа перед камерою згоряння газотурбінного двигуна. На існуючих компресорних станціях надлишкова потенційна енергія паливного газу втрачається в блоці редукування на регуляторі тиску.

При роботі газотурбінного двигуна тільки 30 ÷ 35% теплової енергії газів, які утворюються при згорянні паливного газу, корисно використовується. Продукти згоряння, що відходять у атмосферу, мають температуру 370 ÷ 550⁰С в залежності від пори року.

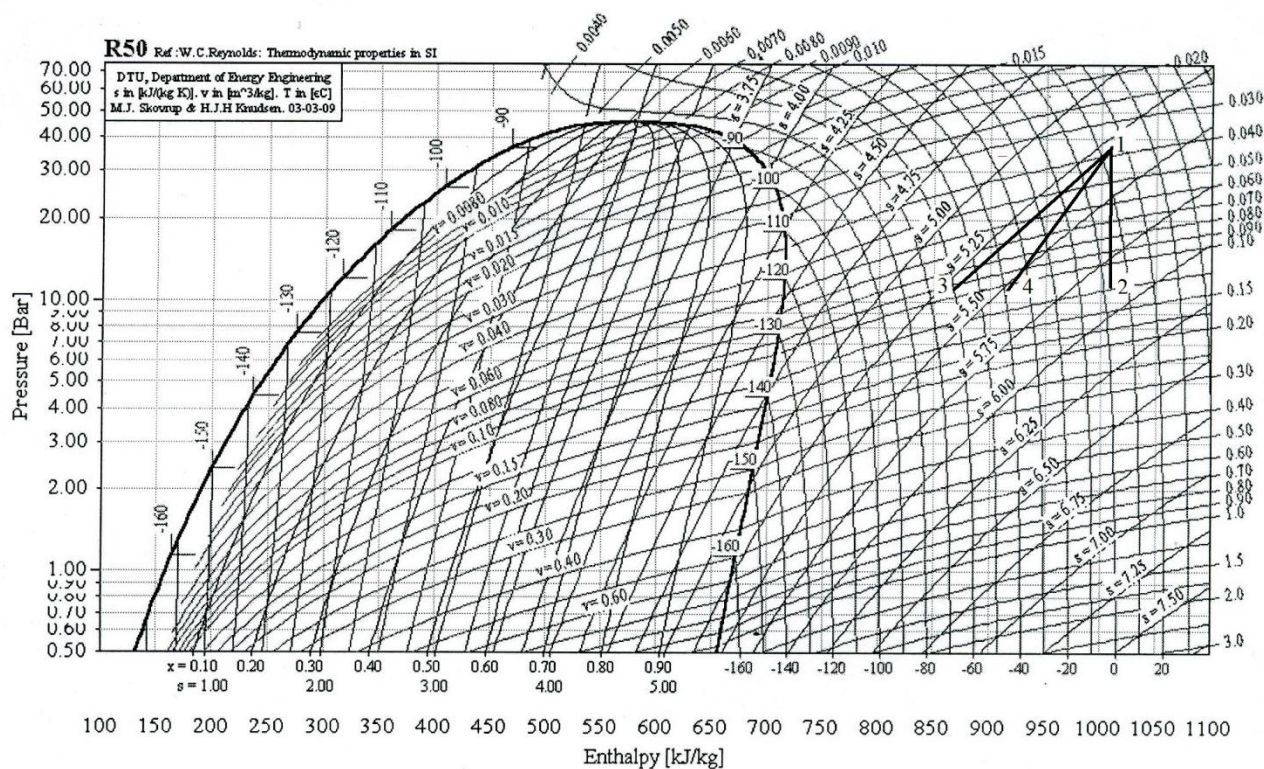
Екологічно чисту потенційну енергію тиску природного газу на газорозподільних станціях добре утилізують за допомогою турбодетандерів. Ця расширительная машина призначена для зниження тиску газового потоку до заданого значення шляхом здійснення зовнішньої роботи, наприклад обертання ротора електрогенератора. Пропонується аналогічно використовувати турбодетандер для зниження тиску паливного газу на компресорних станціях. На малюнку 1 показаний процес розширення газу в турбодетандарі.

У доступних джерелах інформації не знайдено використання утилізації надлишкового тиску паливного газу. Розглянемо на прикладі роботи установки типу ГПУ 16 / 56-1,44 корисний ефект від утилізації надлишкової потенційної енергії паливного газу і корисний ефект від його підігріву за рахунок йдуть продуктів згоряння.

До складу газоперекачувальної установки входить газотурбінний двигун типу ДЖ-59 і нагнітач природного газу - компресор типу 324 ГЦ 2-540 / 38-57М1.

Деякі характеристики газотурбінного двигуна ДЖ-59:

Потужність - 16300 кВт; ККД - 30%; Витрата повітря - 98,5 кг / с; Температура відхідних газів - 360⁰С; Частота обертання силової турбіни - 3000 об / хв; Компресор - осьовий зі ступенем стиснення - 12,7: 1 Витрата паливного газу - 4940 м³ / год (при 0⁰С і 0,1013 МПа); Двигун ДЖ-59 призначений для приводу нагнітачів компресорних станцій. Можлива робота двигуна з паровим теплоутілізуючим контуром.



Мал. 1 Діаграма стану метану (CH₄) в координатах

«логарифм тиску - ентальпія»:

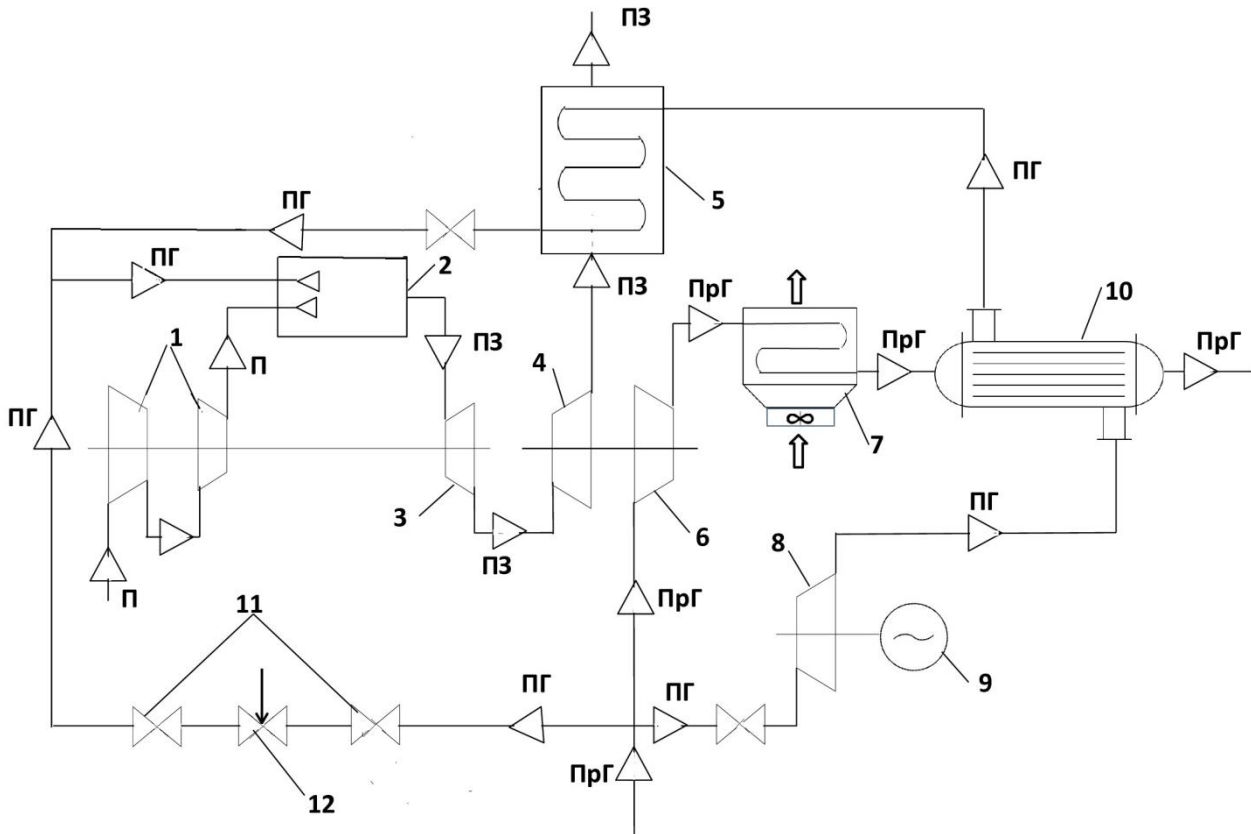
1-2 - процес в регуляторі тиску (ізоентальпійний), 1-3 - процес в ідеальному турбодетандері (ізоентропний); 1-4 - процес в реальному турбодетандері;

Деякі характеристики нагнітача 324 ГЦ 2-540 / 38-57М1:

Продуктивність по компрімуемому природному газу - 29,9 млн. ст.м³ / добу (при 20⁰С і 0,1013 МПа); Тиск газу на всасі - 3,73 МПа; Тиск газу на

виході - 5,59 МПа; ККД- 86%; Число оборотів - 5200 об / хв; Нагрівання газу при компримування на 35⁰С.

На рис. 2 представлена схема пропонованої системи утилізації надлишкової енергії на компресорній станції.



Мал. 2 Система утилізації надлишкової енергії для обробки паливного газу

На схемі, яка представлена на малюнку 2, можна виділити два технологічних блоку. Перший відноситься до газотурбінного двигуна, а другий до нагнітача.

На існуючих станціях до першого блоку відносять: повітряний компресор (1), камеру згоряння (2), турбіну високого тиску (3), силову турбіна (4), запірні клапаны (11), регулюючий клапан (12). До другого блоку відносять: нагнітач (6), АПО (7).

У запропонованій новій схемі до першого блоку відносять повітряний компресор (1), камера згоряння (2), турбіна високого тиску (3), силова турбіна (4), турбодетандер (8), електрогенератор (9), теплообмінник (10), котел-утилізатор (5), запірні клапаны (11). До другого блоку відносять: нагнітач (6),

АВО (7), теплообмінник (10). Слід зазначити, що теплообмінник (10) відноситься до обох блоків.

Розглянемо призначення кожного елемента схеми. Осьової багатоступінчастий повітряний компресор (1) призначений для підвищення тиску навколишнього повітря до заданого тиску воздушнотопівної суміші в камері згорання. Камера згорання (2) призначена для спалювання воздушнотопівної суміші з отриманням продуктів згорання заданої температури і тиску. Турбіна високого тиску (3) є приводом повітряного компресора (1). Силова турбіна (4) є приводом нагнітача (6). Котел-утилізатор (5) призначений для нагріву паливного газу продуктами згорання що відходять. Нагнітач (6) призначений для підвищення тиску технологічного природного газу до заданого на виході з компресорної станції. Апарат повітряного охолодження (7) призначений для охолодження технологічного природного газу до температури не вище 40°C на виході з компресорної станції. Турбодетандер (8) призначений для зниження тиску паливного газу до тиску повітрянопаливної суміші в камері згорання (2) шляхом здійснення роботи як привід елетрогенератора (9). Теплообмінник (10) призначений для додаткового охолодження технологічного природного газу за рахунок холодного потоку паливного газу. Запірні клапани (11) призначені для відсічення потоку газу. Регулюючий клапан (12) призначений для заданої зміни витрати та тиску паливного газу.

Розглянемо роботу схеми по потокам. Всього є чотири потоки: повітряний; потік паливного газу; потік продуктів згорання; потік технологічного природного газу.

Багатоступінчастий осьовий компресор (1) засмоктує навколишнє повітря і підвищує його тиск до заданого тиску ($1,2 \div 2$ МПа) в камері згорання (2).

Паливний газ відбирається з магістрального газопроводу на взоді в компресорну станцію. Початковий тиск паливного газу до 5,6 МПа, що істотно перевищує його тиск в камері згорання (2). Тому необхідно застосовувати пристрої для зниження тиску паливного газу.

В існуючій схемі зниження тиску паливного газу здійснюється за допомогою регулюючого клапана (12). При цьому відбувається зниження температури газу на кілька градусів за рахунок ефекту Джоуля-Томсона. Після зниження тиску газ надходить в камеру згоряння (2).

У запропонованій схемі паливний газ з магістрального газопроводу надходить на турбодетандер (8). У турбодетандері потенційна енергія надлишкового тиску паливного газу використовується для здійснення механічної роботи - обертання ротора електрогенератор. При розширенні потоку паливного газу в турбодетандері відбувається зниження його тиску до заданого. Одночасно температури газу знижується на десятки градусів (до мінус $40 \div 70^{\circ}\text{C}$). Холодний потік паливного газу надходить в теплообмінник (10), в якому нагрівається до позитивних температур за рахунок теплового потоку технологічного газу. Далі паливний газ підігрівається в котлі-утилізатори (5) до температур $200 \div 300^{\circ}\text{C}$, а потім надходить в камеру згоряння (2).

Потік продуктів згоряння утворюється в камері (2) при згоранні повітрянопаливної суміші. На виході з камери продукти згоряння знаходяться під заданим тиском і при температурі 1000°C . З камери (2) продукти згоряння потрапляють в турбіну високого тиску (3). Потік розширюється в турбіні, частина знижуючи свій тиск і температуру. Енергія потоку переходить в механічну енергію - роботу приводу осьового компресора (1). Після турбіни (3) потік прямує в силову турбіну (4), в якій відбувається остаточне його розширення. Тиск потоку практично зменшується до атмосферного, а температура падає до $360 \div 500^{\circ}\text{C}$. Енергія потоку переходить в механічну енергію - роботу приводу нагнітача (6). Продукти згоряння, що відходять потрапляють в котел-утилізатор (5), в якому нагрівають потік паливного газу, а потім вони викидаються в атмосферу. Слід зазначити, що існуюча схема не передбачає використання котла-утилізатора (5).

Потік технологічного природного газу з магістрального трубопроводу надходить в нагнітач (6), в якому підвищується тиск газу до заданого. При стисненні газу в нагнітачі (6) підвищується його температура понад 40°C . Після нагнітача (6) газ охолоджують повітрям в апаратах АВО (7). В існуючій схемі

газ далі направляється в магістральний трубопровід. У запропонованій схемі газ далі охолоджується в теплообміннику (10) холодним потоком паливного газу, а потім направляється в магістральний газопровід.

Результати і обговорення./Results and discussion. Розглянемо результати орієнтовного розрахунку показників утилізаційної системи для обробки паливного газу. Як приклад природного газу взято газ з Дашавського родовища з вмістом метану 98,9%. Прийнято в якості вихідних даних: один ГПУ 16 / 56-1,44; витрата технологічного газу - 29,9 млн.ст.м³ / добу; витрата паливного газу - 4940 нм³ / добу; тиск газу на вході - 3,7 МПа; тиск газу на виході з КС - 5,6 МПа; тиск газу на виході з турбодетандера - 1,27 МПа; температура газу на вході в КС - 14⁰С; температура газу на виході з КС - 49⁰С, а після АВО (7) - 40⁰С; ККД турбодетандера - 75%; температурв паливного газу після теплообмінника (10) - 30⁰С, після котла-утилізатора (5) - 250⁰С; температура самозаймання повітрянопаливної суміші - 530⁰С.

Результати позитивних ефектів від утилізації надлишкової енергії:

- досягається потужність електрогенератора (9) - 228 кВт;
- охолодження технологічного газу в теплообміннику (10) на 0,3⁰С;
- економія паливного газу за рахунок його підігріву до 250⁰С - 1,3% (64 нм³ / год) від його витрати.

Слід відповісти на питання: «Чому утилізація надлишкової енергії паливного газу не застосовується?». Відповідь полягає в обґрунтуванні. Для утилізації надлишкової енергії слід використовувати нетипове для компресорної станції обладнання турбодетандер, електрогенератор. Це обладнання не дешеве і вимагає кваліфікованого обслуговування.

Висновки./Conclusions. Додаткова електроенергія в 228 кВт істотна для роботи електричного обладнання на компресорній станції Підохолодження газу в теплообміннику (10) в 10÷30 разів менш ефекту Джоуля-Томсона і теплообміну газу з ґрунтом в лінійній частині газопроводу. Регеративний підігрів паливного газу в котлі-утилізатори (5) істотний для економії паливного газу.