

3. Україна має достатні виробничі потужності з розроблення та виготовлення сучасних зразків броньованої техніки і належні досягнення у розробленні цих зразків. За відповідної та збалансованої технічної політики і належного фінансування з боку держави є можливість у стислі терміни при тісній кооперації між вітчизняними підприємствами (за потребою й закордонними), налагодити виробництво модельного ряду уніфікованого сімейства "легких" броньованих автомобілів для забезпечення потреб як Збройних Сил України, так і інших силових структур.

Література

1. Кучумов С. Взгляды военного руководства США на применение Сухопутных войск / С. Кучумов // Зарубежное военное обозрение : сб. науч. тр. – 2009. – № 1. – С. 32-33.
2. Василенко О.В. Основні світові тенденції розвитку озброєння та військової техніки для ведення війн у майбутньому / О.В. Василенко // Наука і оборона : наук.-практ. журнал. – 2009. – № 4. – С. 18-23.
3. Нестеркин В. Разработка в США броневых автомобилей по программе MRAP-ATV / В. Нестеркин, А. Шабаков // Зарубежное военное обозрение : сб. науч. тр. – 2009. – № 6. – С. 39-40.
4. Кузнецов Ю. Основные направления развития боевых колесных машин зарубежных стран / Ю. Кузнецов // Зарубежное военное обозрение : сб. науч. тр. – 2013. – № 4. – С. 46-51.
5. Офіційний сайт: Публічне акціонерне товариство "АВТОКРАЗ". [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.autokraz.com.ua/index.php/ru/fabrication/automobile/military/bronirovannyye-avtomobili>.
6. [Електронний ресурс]. – Доступний з [http://uk.wikipedia.org/wiki/ББМ_\"Козак\"](http://uk.wikipedia.org/wiki/ББМ_\)
7. Український легкий бронетранспортер ДОЗОР-Б. [Електронний ресурс]. – Доступний с http://warday.info/voennaya_tekhnika/66-ukrainskiy-legkiy-bronetransporter-dozor-b.html
8. Крайник Л.В. Багатоцільові важкі військові джипи: проект Д041 "СТЕП" / Л.В. Крайник, А.В. Волошанський // Військово-технічний збірник : наук.-практ. журнал. – 2011. – № 1(4). – С. 205-213.
9. Патент на корисну модель № 72694 України, МПК G01 N27/27. Спосіб вибору напрямків удосконалення рівня технічної досконалості однотипних зразків озброєння та військової техніки / Ю.В. Варванець, О.М. Калінін, О.М. Купріненко, П.О. Русіло, М.В. Чорний; заявник та патентовласник: Академія сухопутних військ, опубл. 27.08.12. Бюл. № 16, 2012 р.
10. Патент на корисну модель № 72693 України, МПК G01 N27/27. Спосіб оцінки рівня технічної досконалості однотипних зразків озброєння і військової техніки / П.О. Русіло; заявник та патентовласник: Академія сухопутних військ, опубл. 27.08.12. Бюл. № 16, 2012 р.
11. Патент на корисну модель № 88195 України, МПК G01 N27/27. Спосіб оцінки рівня технічної досконалості однотипних зразків озброєння та військової техніки / В.І. Грабчак, П.О. Русіло, Ю.В. Варванець, О.М. Калінін, В.В. Костюк, Р.Г. Будяну; заявник та патентовласник: Академія сухопутних військ, опубл. 11.03.2014, Бюл. № 5, 2014 р.

Будяну Р.Г. Обоснование тактико-технических характеристик для разработки перспективных образцов и последующей модернизации отечественных "легких" бронированных автомобилей

Проведена оценка уровня технического совершенства отечественных "легких" бронированных автомобилей с наилучшими однотипными заграничными образцами. Приведенный сравнительный анализ по оценке уровня технического совершенства однотипных образцов вооружения и военной техники свидетельствует о том, что отечественные образцы "Дозор-Б" и "Казак" отвечают современным требованиям и существенно уступают в своем классе лучшим однотипным заграничным образцам. Наглядно обоснованы направления усовершенствования тактико-технических характеристик для существующих образцов, с целью их модернизации и разработки перспективных образцов.

Ключевые слова: "легкие" бронированные автомобили, модернизация, уровень технического совершенства, унифицированный образец.

Budianu R.H. Grounding for performance requirements for the development of the perspective models and further modernization of national "light" armoured vehicles

The assessment of the level of technical efficiency of national "light" armored vehicles compared with the best foreign models of the similar type has been done. Comparative analysis of the assessment of technical efficiency level of the same type materiel shows that national models of "Dozor-B" and "Cossack" meet the present day requirements and are not substantially inferior to the best in their class foreign models of the same class. Ways of enhancement of performance characteristics of existing models have been grounded with the aim of modernization and development of the perspective models.

Keywords: "light" armoured vehicles, modernization, level of technical efficiency, unified model.

УДК 622.692.4

Доц. Ю.Г. Мельниченко, канд. техн. наук –
Івано-Франківський НТУ нафти і газу

ВИЗНАЧЕННЯ ДОПУСТИМОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ НАПОВНЕННЯ ДІЛЯНОК МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВІДІВ ПРИРОДНИМ ГАЗОМ

Здійснено огляд досліджень з вивчення закономірностей наповнення ділянок газопроводів газом. Запропоновано математичну модель нестационарного неізотермічного руху газу під час наповнення ділянки газопроводу. Встановлено імовірність підвищення температури газу вище допустимого значення, що може стати причиною руйнування ізоляційного покриття та виникнення аварійних ситуацій на магістральних газопроводах. Досліджено залежність величини зростання температури під час наповнення ділянок магістральних газопроводів продуктом від визначальних характеристик процесу. Розроблено номограми для практичного використання отриманих результатів в умовах виробництва.

Ключеві слова: магістральний газопровід, нестационарний неізотермічний процес, моделювання, температура газу.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Після спорудження ділянки магістрального газопроводу швидкість наповнення її повітрям чи природним газом для проведення пневматичних випробувань регламентується відповідними нормативними документами, зокрема [1]. При цьому швидкість підвищення тиску у магістральному газопроводі обмежується значенням 0,3 МПа/год. Це обмеження накладається з метою скорочення часу очікування стабілізації температури газу перед проведенням самих випробувань. Водночас висока швидкість заповнення може призвести до надмірного нагрівання наповнюваної ділянки і, як наслідок, руйнування ізоляційного покриття на ділянці, що наповнюється, або навіть до втрати стійкості трубопроводу. Водночас у керівних документах відсутні нормативи щодо регламентування швидкості наповнення ділянок магістральних газопроводів після виконання на них капітального чи поточного ремонту. Дивним при цьому є те, що будівельники заповнюють газом або повітрям трубопроводи практично тільки один раз і вважають за необхідне регламентувати час наповнення, а для експлуатаційників, які виконують ці операції десятки або сотні разів з необмеженими можливостями за швидкістю заповнення, цей процес в часі

абсолютно не регламентується. З огляду на невизначеність із цим питанням та актуальність капітального ремонту магістральних газопроводів для нашої держави, необхідно детально дослідити названий процес.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Термогазодинамічний процес наповнення магістрального трубопроводу газом детально досліджено в ракурсі проведення пневматичних випробувань щойно спорудженої ділянки трубопроводу [2]. Аналіз виконано на прикладі магістралі діаметром 1400 мм, довжиною 300 км з кінцевим тиском заповнення 8,5 МПа, початковими температурою газу 2 °С і тиском 0,2 МПа, для якої здійснено розрахунок процесу наповнення ділянки газом за допомогою математичної моделі. Автори роботи [2] встановили, що природний газ, що заповнює трубопровід, зазнає три моменти: зниження температури, її підвищення і стабілізацію. При цьому вважається, що максимальна температура газу по довжині трубопроводу досягає величини на 8-10 % вищої від початкової і ця зона починається на відстані однієї чверті загальної довжини від вимикаючого крана.

Подібне явище спостережено під час пневматичного випробування тиском 6,05 МПа газопроводу довжиною 4 км, діаметром 500 мм разом з пиловловлювачем, в яких початковий манометричний тиск становив 1,5 МПа, а температура газу була -2 °С [3]. Відвід і газорозподільна станція (ГРС) перебували в роботі і тому пиловловлювачі були покриті льодом та інеєм. Така картина є типовою для умов, коли температура газу нижча від нуля, а температура повітря – трохи вища від нуля градусів за Цельсієм. Вивівши ГРС і газопровід-відвід з роботи, було відразу підвищено в них тиск шляхом перепуску газу з магістрального газопроводу. Під час цієї операції пиловловлювачі раптово "заплакали" і в лічені секунди звільнилися від льоду та інею. Автор [3] прийняв вихідну концепцію про розгляд процесу заповнення газопроводу як умовного руху "поршня", який стискає газ у трубопроводі перед випробуваннями.

Обидва дослідження виконано для конкретних геометричних параметрів ділянок і конкретних значень початкового перепаду тиску між ділянкою і джерелом тиску. У такому разі, необхідно значно розширити діапазон можливих геометричних параметрів ділянок і перепадів тиску між наповнюваними та випорожнюваними ділянками трубопроводів.

Якщо висловлені вище висновки справедливі для процесу стиснення газу під час наповнення ділянок газопроводів, то логічно припустити, що під час їх випорожнення має спостерігатися зворотна картина, тобто на ділянці, яка використовується як ресивер, має спостерігатись охолодження газу. Якщо при цьому природний газ був насичений вологою і температура його була низькою, то на ділянці-ресивері, з якої перепускають продукт у наповнювану ділянку, під час розширення газу можливе пониження його температури нижче від границі зони гідратуутворення або навіть нижче від точки роси газу, що, водночас, призведе до утворення гідратних відкладень на стінці труби або накопичення вільної вологи у понижених місцях траси. Таким чином, об'єктом дослідження має бути не тільки наповнювана ділянка трубопроводу, але і ділянка, яка використовується як джерело газу під тиском.

Мета дослідження – провести імітаційне моделювання процесу перепускання газу з однієї ділянки газопроводу в іншу та встановити умови виникнення явищ надмірного нагрівання та охолодження газу під час цього процесу.

Викладення основного матеріалу дослідження. Математична модель одновимірного нестационарного неізотермічного руху газу на ділянці магістрального газопроводу описується моделлю, яка є сукупністю законів збереження маси, імпульсу, енергії та рівняння теплопровідності і у диференціальній формі має такий вигляд [5]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + v \frac{\partial(\rho v)}{\partial x} &= -\rho f_x - \frac{\partial p}{\partial x} - \frac{4}{3} \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(\frac{\partial v}{\partial x} \right) \right]; \\ \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial x} &= 0; \\ \frac{\partial}{\partial t} \left[\rho \left(e + \frac{\rho v^2}{2} \right) \right] + v \frac{\partial}{\partial x} \left[\rho \left(e + \frac{\rho v^2}{2} + \frac{p}{\rho} \right) \right] &= \rho q_R + \frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right) \right] - \frac{4}{3} \mu \left(\frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 - \rho v f_x; \\ C_{cm} \rho_{cm} \frac{\partial T_{cm}}{\partial t} &= \lambda_{cm} \frac{\partial^2 T_{cm}}{\partial x^2} + \frac{\pi D \alpha_1}{\pi D_s^2 / 4} (T - T_{cm}) + \frac{\pi D_s \alpha_2}{\pi D_s^2 / 4} (T_{oc} - T_{cm}), \end{aligned} \quad (1)$$

де: t – час; x – поздовжня координата трубопроводу; ρ – густина газу; p – тиск газу; v – швидкість руху частинок газу в заданій точці потоку; f_x – проекція рівнодійної всіх масових сил, що діють на частинки газу, на горизонтальну вісь OX , орієнтовану уздовж осі трубопроводу; μ – динамічна в'язкість газу; e – питома внутрішня енергія газу; q_R – питома кількість тепла, отримана одиницею об'єму газу від зовнішнього джерела; T, T_{cm} – температура газу та стінки труби відповідно; λ, λ_{cm} – теплопровідність газу та стінки труби відповідно; α_1, α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від газу до стінки та від стінки в навколишнє середовище відповідно.

Запропонована модель розв'язана методом кінцевих різниць із неявною схемою розбиття й апроксимацією граничних умов різницею аналогами другого порядку. Для моделювання руху газу через кран необхідно врахувати той факт, що внаслідок високого перепаду тиску на крані потік газу через отвір запірного органу крану може бути критичним. Тому для визначення значення масової витрати через кран необхідно використовувати формули Сен-Венана-Ванцеля, однак при цьому потрібно додатково ввести коефіцієнт витрати для врахування відхилення реального потоку газу через кран від теоретичного:

- якщо виконується умова $\frac{p_0}{p_1} \geq \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}}$, то

$$M = \mu_0 F_0 \sqrt{\frac{2k}{k-1} \rho_1 p_1 \left[\left(\frac{p_0}{p_1} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_0}{p_1} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}; \quad (2)$$

- якщо виконується умова $\frac{p_0}{p_1} < \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}}$, то

$$M = \mu_0 F_0 \left(\frac{2}{k+1} \right)^{k-1} \sqrt{\frac{2k}{k+1} \rho_1 p_1}, \quad (3)$$

де: μ_0 – коефіцієнт витрати отвору; F_0 – площа мінімального перерізу отвору; k – стала Больцмана для газу; p_1, ρ_1 – тиск і густина газу в ділянці із вищим значенням тиску; p_0, ρ_0 – тиск навколишнього середовища і густина газу під знаком навколишнього середовища;

Коефіцієнт витрати μ_0 залежить від ступеня стиснення газу в отворі, режиму руху газу, структури розподілу швидкостей по перерізі струменя, яка, водночас, залежить від форми отвору. Переважно цей коефіцієнт визначається експериментально. Встановлено, що в разі високих перепадів тиску коефіцієнт витрати з достатньою точністю описується за залежностями, прийнятими у класичній гідравліці [5]. На основі наведеної моделі розроблено програмний стимулятор роботи магістральних газопроводів у нестационарних режимах, діалогове вікно якого подано на рис. 1. Використовуючи наведену модель, проведено розрахунок процесу наповнення ділянки магістрального газопроводу шляхом перепускання газу зі суміжної ділянки, результати якого подано на рис. 2.

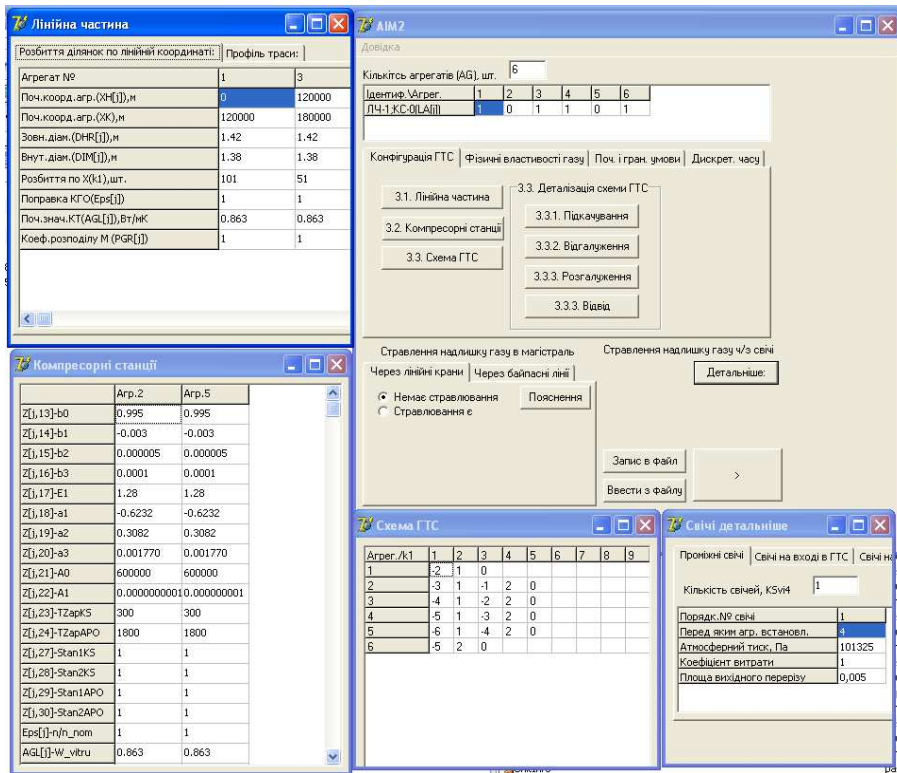


Рис. 1. Діалогове вікно стимулятора роботи магістральних газопроводів у нестационарних режимах

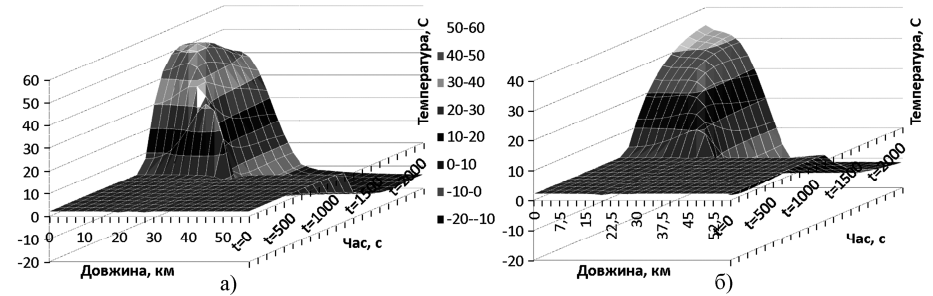


Рис. 2. Зміна температури газу під час заповнення ділянки магістрального газопроводу: а) через лінійний кран; б) через байпасний кран

Процес наповнення ділянки газопроводу після проведення на ній ремонтних робіт характеризується зупинкою наповнення після досягнення тиску у наповнюваній ділянці 2 МПа [6]. Протягом двох годин здійснюється огляд наповнюваної ділянки на предмет наявності на ній видимих ознак негерметичності газопроводу. У разі відсутності останніх подальше наповнення ділянки до прохідного тиску проводиться безперервно. При цьому у нормативному документі не наголошено на способі підвищення тиску, тобто через який кран пропускається природний газ у наповнювану ділянку: через байпасний чи через лінійний кран. Тому розглянуто процес наповнення ділянки газопроводу через лінійний (рис. 2, а) і байпасний (рис. 2, б) крани. Діаметр байпасного крану становить приблизно 0,3DN, де DN – номінальний діаметр газопроводу [4].

Для пробного розрахунку прийнято найменш сприятливі умови з точки зору пониження температури у ділянці, з якої надходить газ, а саме:

- робочий тиск у суміжній ділянці максимальний і дорівнює 7,5 МПа;
- ділянка, з якої пропускається газ, є ізольована від магістрального газопроводу лінійним краном;
- довжини суміжних ділянок максимальні згідно з [4] і дорівнюють 30 км;
- внутрішній діаметр максимальний і дорівнює – 1392 мм;
- температура ґрунту на глибині залягання трубопроводу мінімальна для нашого регіону і становить 2 °С;
- температура продукту на початку процесу перепускання рівна температурі ґрунту, що зумовлено тим, що в процесі ремонту суміжні ділянки газопроводу працювали тільки для подачі газу до систем газопостачання, тобто на незначних продуктивностях.

Процес наповнення ділянки газу розпочинається у момент часу $t=1000$ с.

Як видно з результатів наповнення ділянки газом, найінтенсивніше змінюється температура газу у ділянці, яка наповнюється газом, причому в разі збільшення швидкості наповнювання ділянки максимальна температура газу на ній теж зростає. Так, для досліджуваної ділянки газопроводу максимальна температура газу становитиме близько 54 °С і утримуватиметься на такому рівні приблизно 300 с, чого може бути цілком достатньо для пошкодження ізоляційного покриття. Користуючись моделлю, складено номограми (рис. 3) для визначення максимальної температури газу під час процесу перепускання газу між ділянками із тиском 7,5 МПа та тиском 2,0 МПа залежно від діаметра трубопроводу та діаметра перепускного крану (лінійного або байпасного), які

представлено на рис. 3, а і 3, б. На рис. 3, в та 3, г показано залежності максимальної температури газу, яка досягається під час наповнення ділянки з DN=1400 мм магістрального газопроводу газом, від довжини наповнюваної ділянки із перепадом тиску 7,5 і 2,0 МПа, а також від перепаду тиску для наповнюваної ділянки довжиною 30 км.

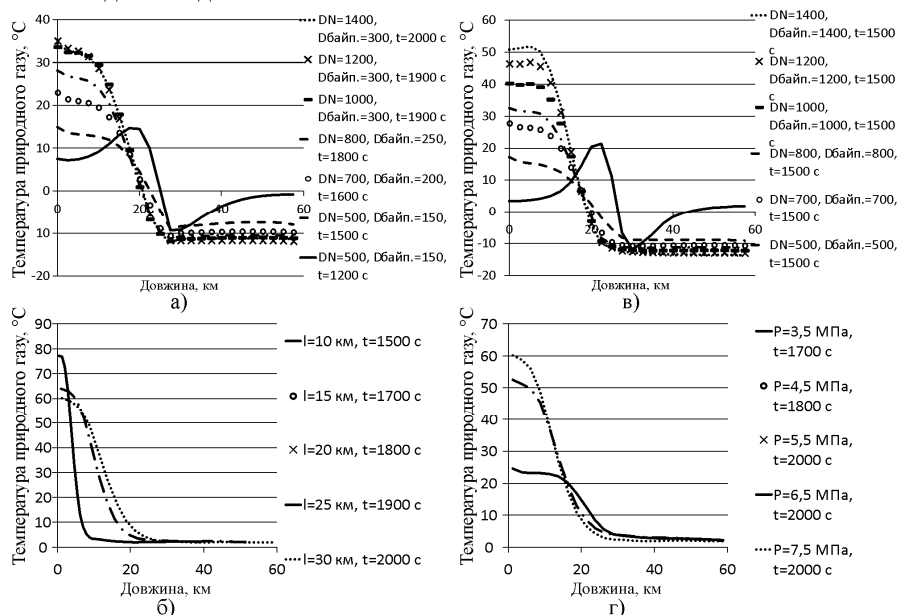


Рис. 3. Номограми для визначення максимальної зміни температури газу під час перепускання газу між ділянками: а) через лінійний кран; б) через байпасний кран; в) через лінійний кран залежно від довжини наповнюваної ділянки; г) через лінійний кран залежно від перепаду тиску між ділянками

Висновки. Як свідчать результати розрахунку, гіпотеза щодо зміни температури газу у газопроводі під час його наповнення підтверджується. Отримані залежності дають підстави зробити висновок про те, що номограми, побудовані для найгірших умов перепускання газу, можуть бути орієнтирними даними для експлуатуючих організацій для проведення перепускання з безпекою стосовно перевищення температури газу у газопроводі вище допустимого значення. Водночас, згідно з рис. 3, в існує висока небезпека значного підвищення температури газу в разі швидкого наповнення короткої (значно коротшої 30 км) ділянки газопроводу продуктом під високим тиском, що може призвести до нагрівання стінок трубопроводу, а також розм'якшення та порушення суцільності захисного ізоляційного покриття трубопроводу.

Література

1. Магистральные трубопроводы. СНиП Ш-42-80. – [чинний від 1981-01-01]. – М. : Госстрой СССР, 1981. – 43 с. – (Будівельні норми та правила).
 2. Тугунов П.И. Гидродинамические и тепловые процессы при испытании магистральных газопроводов / П.И. Тугунов, Б.Л. Кривошеин, Ю.В. Колотилин // Газовая промышленность. Обзорная информация. – Сер.: Транспорт и хранение газа. ВНИИЭгазпром. – 1986. – 253 с.

3. Кутынский Я.М. О температурном феномене в газопроводах / Я.М. Кутынский // Нефть и газ : сб. науч. тр. – 1993. – № 2. – С. 25-27.
 4. Магистральные трубопроводы: СНиП 2.05.06-85. – [чинний від 1985-03-18]. – М. : ГУП ЦПП, 1997. – 70 с. – (Будівельні норми та правила).
 5. Мельниченко Ю.Г. Прогнозування нестационарних процесів в складних газотранспортних системах при аварійних ситуаціях : дис. ... канд. техн. наук: спец. 07.07.10 / Мельниченко Юрій Гримиславович. – Івано-Франківськ, 2010. – 152 с.
 6. Охорона праці. Вогневі роботи. Інструкція: СОУ 60.3-30019801-073:2012. – [чинний від 2012-09-10]. – К. : ДК "УКРТРАНСГАЗ", 2012. – 96 с.

Мельниченко Ю.Г. Определение допустимого температурного режима наполнения участков магистральных газопроводов природным газом

Проведен обзор исследований по изучению закономерностей наполнения участков газопроводов газом. Предложена математическая модель нестационарного неизотермического движения газа при наполнении участка газопровода. Установлена вероятность повышения температуры газа выше допустимого значения, что может стать причиной разрушения изоляционного покрытия и возникновения аварийных ситуаций на магистральных газопроводах. Исследовано влияние характеристик процесса на значение максимальной температуры газа при наполнении участков магистральных газопроводов. Разработаны номограммы для практического использования полученных результатов в условиях производства.

Ключевые слова: магистральный газопровод, нестационарный неизотермический процесс, моделирование, температура газа.

Melnychenko Yu.G. Defining the Acceptable Temperature Conditions for Pressure Elevation in Main Gas Pipeline Sections

A review of researches related to the study of the process of pressure elevation during filling the section of main gas pipelines is presented. A mathematical model of transient non-isothermal gas flow, which appears during the filling of main gas pipeline, is proposed. The probability of increasing the gas temperature above the acceptable degree that may result in the destruction of the insulation coating of the main gas pipelines as well as emergency situations may occur. The dependence between the degree of increasing inner product temperature and values of corresponding characteristics was researched. The number of nomograms for industrial use of the provided research results was developed.

Keywords: main gas pipeline, transient non-isothermal process, modelling, natural gas temperature.

УДК 338.43:620.91(045)

Доц. О.В. Сидоров, канд. техн. наук;
 студ. А.І. Каліновська; студ. І.Ю. Кравченко –
 Національний авіаційний університет, м. Київ

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ЧИГИРИНСЬКОМУ РАЙОНІ

Розглянуто особливості застосування технологій альтернативної енергетики на території Чигиринського району Черкаської області. Проаналізовано сприятливість природних умов та інфраструктури Чигиринського району для впровадження альтернативних джерел енергії. Представлено результати розрахунків енергетичної та економічної ефективності впровадження альтернативних джерел енергії (вітрова та сонячна енергія, біогаз, відходи сільського та лісового господарств) та оцінено перспективність їх впровадження для цього району. Виконано SWOT-аналіз використання вітрогенераторів, сонячних батарей, біогазових установок та відходів сільського та лісового господарства як палива в альтернативній енергетиці району.

Ключові слова: альтернативна енергетика, вітрова енергія, сонячна енергія, біогаз, відходи.