

Tomsk: Izd-vo Tom. Un-ta, 1987. — S. 75 – 78.

6. **Kudryavcev M. N.** Izyskaniya i proektirovanie avtomobil'nyh dorog / M. N. Kudryavcev, V. E. Kaganovich. — M. : Izd-vo Transport, 1966. — 364 s.
7. Sistemy vodootvoda [EHlektron, resurs] — Rezhim dostupa: <http://www.tophouse.ru/products/vodootvod/drenazh/>.
8. Spravochnik proektirovshchika gorodskih dorog / Pod red. V. EH. Knorre. — M. : Izd-vo literatury po stroitel'stvu, 1968. — 366 s.
9. **Stepanec V. G.** Inzhenernye seti i oborudovanie / V. G. Stepanec. — Omsk: Izd-vo SibADI, 2005. — 116 s.
10. Tekhnologii sovremennogo obustrojstva territorij. Standartpark [EHlektron, resurs] — Rezhim dostupa: <http://www.standartpark.ru>.
11. **Yakovlev S. V.** Vodootvedenie i ochistka stochnyh vod / S. V. YAKovlev, YA. A. Karelin, YU. M. Laskov, V. I. Kalicun. — M. : Strojizdat, 1996. — 591 s.
12. **Fwa T. F., Kumar Anupam, Ong G. P.** Relative effectiveness of grooves in tire and pavement in reducing vehicle hydroplaning risk of electronic resources. Mode of access : <http://docs.trb.org/prp/10-1086.pdf>.
13. **Kirk S** ( 1997). Technical review of road accident countermeasures and engineering design features. A comparative study of their relative effectiveness at reducing and preventing accidents. TRL Unpublished Project ReportPR/OSC/125/97. Transport Research Laboratory, Crowthorne.
14. **Viner J. G.** Rollovers on sideslopes and ditches. Accident Analysis and Prevention, 1995.— Vol 27, No 4, 483 – 491.
15. **Zegeer C. V., Reinfurt D. W., Hunter W. W., Hummer J., Stewart R. and Herf L.** ( 1987 ) Accident effects of sideslope and other roadside features on two - lane roads. Transportation Research record 1195.

#### УДК 697.7 – 027.45

### НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З ТРУБЧАСТИМИ ГАЗОВИМИ НАГРІВАЧАМИ

*В. В. Ткачова, к. т. н., доц.*

**Ключові слова:** трубчасті газові нагрівачі, надійність, безвідмовність, метод оцінки, критерій надійності

**Постановка проблеми.** Основними напрямками економічного і соціального розвитку починаючи з 1986 і на період до 2000 року було передбачено підвищення забезпеченості населених міст централізованим теплопостачанням за рахунок спорудження потужних джерел теплоти.

Надійність систем енергетики – це, за працями Ю.М. Руденко, – комплексна властивість, що складається з одиничних властивостей – безвідмовності, режимної керованості, довговічності, безпеки та інших. Одиничні властивості надійності децентралізованих систем теплопостачання практично не досліджувалися, тому цей напрям наукової роботи актуальний як у науковому, так і в практичному значенні.

**Аналіз публікацій.** Дослідження надійності систем теплопостачання з використанням методів теорії надійності почали розвиватися у кінці 1960 – початку 1970-х років. Загальні принципи розрахунку і резервування теплових мереж сформулювали в 1972 році В. Я. Хасилев і М.К. Такайшвілі. Пізніше цей підхід почав розвиватися в роботах Сибірського енергетичного інституту (зараз Інститут систем енергетики ім. Л.А. Мелентьєва).

Завдяки роботам проф. М.Я. Розкіна та його послідовників напрям дослідження надійності систем теплогазопостачання почав розвиватися на кафедрі теплотехніки і газопостачання Дніпропетровського інженерно-будівельного інституту (нині ДВНЗ ПДАБА) починаючи з кінця 1970-х років.

Одиничні властивості водяних систем теплопостачання досліджені у працях О.О. Іоніна, А. П. Меренкова, О. В. Сенової, В. Г. Сідлера та інших авторів.

Загальнотеоретичні методи забезпечення надійності технічних систем, спеціальні прийоми, які можуть бути ефективно використані в системах енергетики, викладає Ю. М. Руденко в [1].

На основі багаторічного досвіду і знань, накопичених у процесі досліджень проблеми надійності систем енергетики різного типу, в довіднику [2] описані методи і математичні моделі, необхідні для формування рішень з розвитку та експлуатації електроенергетичних, газо-, нафто-і тепlopостачальних систем.

Велику увагу до проблеми надійності тепlopостачання приділяв О. О. Іонін В його монографії [3] розглянуто проблеми та основні поняття надійності тепlopостачання, загальна постановка розрахунку надійності централізованих систем тепlopостачання, принципи проектування і розрахунку надійних систем теплових мереж, методика розрахунку надійності резервованих і нерезерованих теплових мереж.

**Мета статті.** Системи тепlopостачання з трубчастими газовими нагрівачами одночасно можуть бути джерелами тепlopостачання і опалювальними приладами. Забезпечення надійності цих систем – одна з найважливіших вимог, що пред'являються до них як на стадії проектування, так і в процесі експлуатації.

Виникає запитання: чи можна всі науково-методичні здобутки з надійності великих систем енергетики перенести на дослідження автономних систем тепlopостачання, систем тепlopостачання з трубчастими газовими нагрівачами? У статті дається відповідь.

**Виклад матеріалу.** На рисунку 1 наведено принципову схему лінійного трубчастого нагрівача. *Трубчастий газовий інфрачервоний нагрівач* – це різновид теплового обладнання, який застосовується для нагріву предметів і обігріву приміщень за допомогою інфрачервоного випромінювання. Якщо мова йде про декілька нагрівачів, установлених в одному приміщенні, їх називають «Інфрачервоні системи» (рис. 2). Нагрівачі працюють на основі згоряння повітряно-газової суміші всередині випромінювальної труби, що призводить її нагрівання до температури 400 С. Тепло виходить від джерела та обігріває безпосередньо предмети, що перебувають у зоні дії випромінювання.

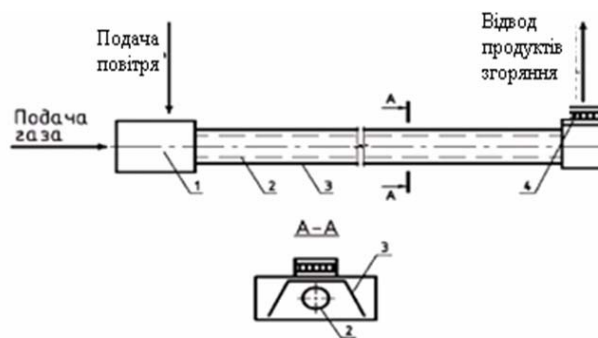


Рис.1. Принципова схема лінійного трубчастого газового нагрівача:  
1 – пальник; 2 – труба-випромінювач; 3 – відбивач теплового випромінювання;  
4 – блок відведення продуктів згоряння

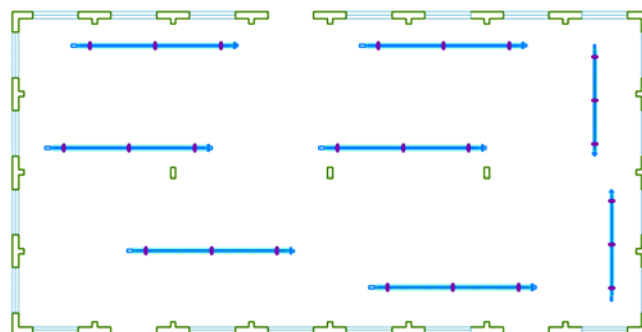


Рис.2. Схема системи тепlopостачання з трубчастими газовими нагрівачами

Згідно з [4], надійність – це властивість об'єкта виконувати задані функції в заданому обсязі за певних умов функціонування.

Спочатку проаналізуємо стани, згідно з класифікацією [1], що характеризують надійність систем тепlopостачання з трубчастими газовими нагрівачами, далі для стислості будемо

називати їх загальним терміном—«надійність СТП з ТГН».

Стани СТП з ТГН можна класифікувати з точки зору надійності:

-можливістю виконувати задані функції в заданому обсязі і виконання ними заданих функцій в заданому обсязі (рис. 3).

Для СТП з ТГН характерні такі стани, які характеризуються відповідними рівнями роботоздатності: повністю працездатний стан, частково працездатний стан (складають у сукупності роботоздатний стан), непрацездатний стан і граничний стан (відповідає випадку, коли усунути неприпустиме зниження рівня роботоздатності виявляється неможливим). СТП з ТГН довести до граничного стану практично неможливо.

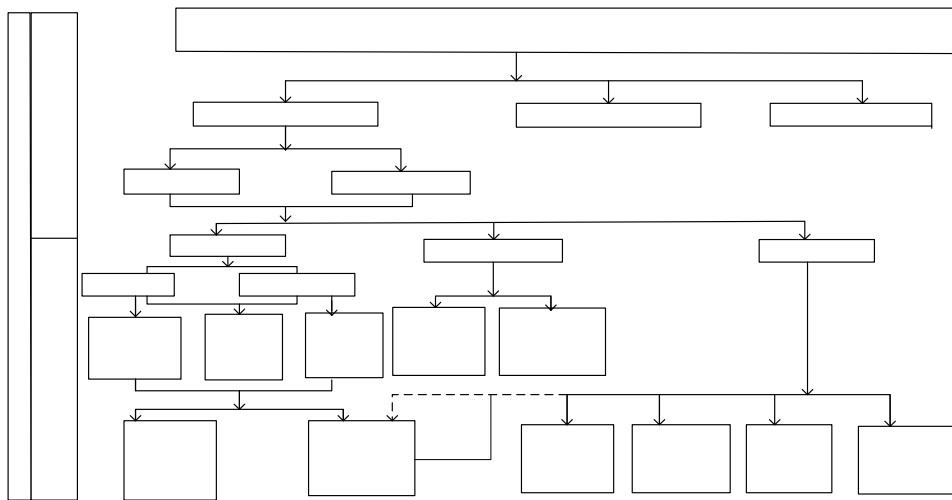


Рис.3. Класифікація станів системи теплопостачання з трубчастими газовими нагрівачами

Стани, що складають систему теплопостачання

Стани іншого випадку характеризуються різними відносними рівнями функціонування: повністю робочий стан, частково робочий стан (складають у сукупності робочий стан), резервний і неробочий стан. Повністю працездатний стан СТП з ТГН відповідає повністю робочому стану, а частково працездатний стан – частково робочому. Проте в повністю робочому стані може перебувати і частково працездатна система, якщо вона функціонує в умовах, які характеризуються зниженими вимогами до її працездатності, порівнянно з тими, на які вона розрахована. Наприклад СТП з ТГН унаслідок непередбаченої зношеності підшипників вентилятора перебуває в частково працездатному стані і повністю виконує свої функції.

Робочий стан характеризується режимами роботи СТП з ТГН. При цьому нормальний режим завжди відповідає повністю робочому, а обважнений частково робочому стану. При нормальному режимі забезпечуються значення заданих параметрів режиму і резервування у встановлених межах.

Обважнений режим розрізняється тим, що він, незалежно від значення параметрів режиму, не забезпечує резервування у встановлених межах. Наприклад, обважнений режим може виникати у випадку, коли з чотирьох працюючих нагрівачів один виходить із ладу, при цьому система перебуває у працездатному стані.

Крім нормального і обважненого робочий стан нашої системи характеризується також такими поняттями як ремонтний, аварійний і резервний.

Ремонтним називається такий режим системи, коли частина її елементів перебуває у стані запобіжного або аварійного ремонту.

У загальному випадку ремонтний режим може бути нормальним і обважненим. Наприклад, якщо один із нагрівачів системи може перебувати у стані запобіжного, а не аварійного ремонту, то ремонтний режим буде називатися нормальним, той що цей нагрівач перебуватиме в ремонтному режимі, на якій система розраховується.

Аварійний режим виникає зазвичай у результаті відмови частини елементів системи і триває до моменту локалізації відмови цих елементів і зумовлених ними відмов. Локалізація

полягає зазвичай у виведенні з роботи відмовлених елементів і введенні в роботу елементів, які перебувають у резервному стані.

*Післяаварійним* вважається режим, у якому система знаходиться в результаті відмови частини її елементів після локалізації відмови до встановлення заданого (нормального або ускладненого) режиму роботи. Як правило, післяаварійний режим системи – ускладнений. Проте у ряді випадків післяаварійний режим може бути нормальним, якщо забезпечується підтримання заданих параметрів режиму роботи і ступеня резервування у встановлених межах. Післяаварійний режим може відповідати не тільки робочому, а й неробочому стану системи, якщо система не може виконати всіх заданих функцій після ремонту. Наприклад, автоматика СТП з ТГН відключила систему, тому що згорів вентилятор, унаслідок чого виникла потреба заміни цього елемента. Після усунення аварії знадобився ручний перезапуск системи, але система знову не запустилась. Цей випадок, однак, рідкісний, і через це післяаварійний режим на рисунку 3, буде віднесений до робочого стану, а його зв'язок із неробочим станом показаний штриховою лінією.

Резервний стан об'єкта – це працездатний стан, у якому він здійснює функції резервування інших об'єктів. Стан навантаженого резерву характеризується тим, що об'єкт виконує функції резервування інших об'єктів і перебуває в роботі, а ненавантаженого – об'єкт виконує функції резервування інших об'єктів і не перебуває в роботі. Наприклад, роботу СТП з ТГН здійснюють шість нагрівачів, але за підвищення зовнішньої температури повітря один або два нагрівачі системи можуть бути відключені (ненавантажений резервний стан).

Неробочий стан СТП з ТГН поділяється на стани ремонту (запобіжного й аварійного) і простою (залежного й аварійного). В неробочому стані може перебувати як непрацездатна система, так і повністю або частково робоздатна. Останній випадок відповідає станам запобіжного ремонту (за умови, що у процесі ремонту працездатність об'єкта не порушується або порушується тільки частково) і залежного простою.

Стан запобіжного ремонту характеризується тим, що на об'єкті проводяться роботи з виявлення, попередження або усунення несправностей, що спричинюють його відмову.

У стані аварійного ремонту на об'єкті проводяться роботи з відновлення його працездатності, порушень у результаті відмови елементів системи. Стан аварійного простою відрізняється від попереднього тим, що на об'єкті не проводяться роботи з відновлення його працездатності. Стан залежного простою виникає внаслідок вимушеного відключення інших елементів системи або проведення на ній робіт, що потребують відключення системи. Наприклад, прогар, що виникає в лінійній частині труби одного з нагрівачів, потребує відключення всієї системитеплопостачання.

Перехід СТП з ТГН з одного стану в інший може відбуватися в результаті відмов (аварій), відновлювальних операцій та зміни режиму її роботи.

Методологія дослідження надійності СТП з ТГН передбачає вивчення таких важливих одиничних властивостей як *безвідмовність, режимна керуваність і безпека*.

*Безвідмовність* – властивість об'єкта безупинно зберігати працездатність протягом деякого часу або деякого напруження.

У процесі експлуатації корпус пальника зазнає значних теплових впливів. Великі перепади температур викликають появу теплових напруг, які можуть спричинювати прогари, механічне руйнування лінійної частини нагрівача за рахунок термічної деформації. Від цих відмов залежить працездатність нагрівача. Безвідмовність системи електропостачання і газопостачання СТП з ТГН відносять до надійності великих систем енергетики, і в цій статті не розглядаються.

Критерій надійності – це кількісний вираз, що характеризує надійність об'єкта.

Пропонується за показник безвідмовності прийняти температурну напругу  $[\sigma]$ . За допомогою цього критерію ми зможемо досліджувати напружено-деформований стан корпусу нагрівача і оцінювати його міцність під час проектування і в процесі експлуатації.

Під час роботи трубчаста частина нагрівача значно нагрівається (температура зовнішньої поверхні труби може досягати 450 – 650 °С). Для правильного розміщення і вибору кріплень під час проектування нагрівачів необхідно враховувати зміну довжини труби внаслідок теплового розширення матеріалу у разі зміни температури. Проектування і монтаж нагрівачів необхідно виконувати так, щоб труба могла вільно рухатися в межах величини розрахункового розширення. У праці [5] виконано розрахунок температурного переміщення труби побудовано математичну модель, у [6] досліджувався напружено-деформований стан нагрівача. Процес

розв'язання задачі поділяється на два етапи: визначення температурного поля і обчислення механічних деформацій і напруг.

На рисунку 4 наведено лінійну частину нагрівача в циліндричних координатах.

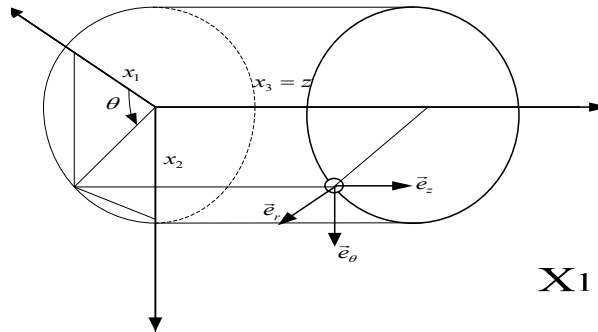


Рис.4. Корпус нагрівача в циліндричних координатах

У циліндричних координатах положення точки  $P$  визначається координатами:  $r, \theta, z$  (рис. 4). Координатними поверхнями є циліндри  $r = \text{const}$ , напівплощини  $\theta = \text{const}$ , площини  $z = \text{const}$ . Декартові координати пов'язані з циліндричними співвідношеннями  $x_1 = r \cos \theta, x_2 = r \sin \theta, x_3 = z$ .

У циліндричних координатах співвідношення між компонентами деформації  $\varepsilon_r, \varepsilon_\theta, \varepsilon_z, \varepsilon_{r\theta} = \varepsilon_{\theta r}, \varepsilon_{rz} = \varepsilon_{zr}, \varepsilon_{z\theta} = \varepsilon_{\theta z}$  і компонентами вектора переміщення  $u_r, u_\theta, u_z$  запишемо:

$$\varepsilon_r = \frac{\partial u_r}{\partial r}; \quad \varepsilon_\theta = \frac{1}{r} \left( \frac{\partial u_\theta}{\partial \theta} + u_r \right); \quad \varepsilon_z = \frac{\partial u_z}{\partial z}; \quad (1)$$

$$\varepsilon_{r\theta} = \varepsilon_{\theta r} = \frac{1}{2} \left[ \frac{1}{r} \left( \frac{\partial u_r}{\partial \theta} - u_\theta \right) + \frac{\partial u_\theta}{\partial r} \right]; \quad (2)$$

$$\varepsilon_{rz} = \varepsilon_{zr} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_z}{\partial r} + \frac{\partial u_r}{\partial z} \right); \quad \text{X2} \quad (3)$$

$$\varepsilon_{z\theta} = \varepsilon_{\theta z} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_\theta}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_z}{\partial \theta} \right). \quad (4)$$

Рівняння рівноваги:

$$\frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{1}{r} \left( \frac{\partial \sigma_{r\theta}}{\partial \theta} + \sigma_r - \sigma_\theta \right) + \frac{\partial \sigma_{rz}}{\partial z} + F_r = 0; \quad (5)$$

$$\frac{\partial \sigma_\theta}{\partial r} + \frac{1}{r} \left( \frac{\partial \sigma_\theta}{\partial \theta} + 2\sigma_{r\theta} \right) + \frac{\partial \sigma_{\theta z}}{\partial z} + F_\theta = 0; \quad (6)$$

$$\frac{\partial \sigma_{rz}}{\partial r} + \frac{1}{r} \left( \frac{\partial \sigma_{\theta z}}{\partial \theta} + \sigma_{rz} \right) + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + F_z = 0, \quad (7)$$

де  $\sigma_r, \sigma_\theta, \sigma_z, \sigma_{r\theta} = \sigma_{\theta r}, \sigma_{rz} = \sigma_{zr}, \sigma_{z\theta} = \sigma_{\theta z}$  – компоненти напруг;  $F_r, F_\theta, F_z$  – компонентивектора об'ємної сили  $\vec{F}$ .

Закон Гука можна записати як співвідношення між компонентами напруг і компонентами деформацій:

$$\sigma_r = 2\mu\varepsilon_r + \lambda\varepsilon_{\text{kk}}; \quad (8)$$

$$\sigma_\theta = 2\mu\varepsilon_\theta + \lambda\varepsilon_{\text{kk}}; \quad (9)$$

$$\sigma_z = 2\mu\varepsilon_z + \lambda\varepsilon_{\text{kk}}, \quad (10)$$

$$\text{де } \varepsilon_{\text{kk}} = \varepsilon_r + \varepsilon_\theta + \varepsilon_z = \frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{1}{r} \left( \frac{\partial u_\theta}{\partial \theta} + u_r \right) + \frac{\partial u_z}{\partial z}.$$

Таким чином, знаючи термічні деформації, згідно з (8), (9), (10), можна розрахувати напружено-деформований стан лінійної частини нагрівача.

Максимальні теплові напруги  $\sigma_{\max}$ , що виникають у стінці оболонки, визначають:

$$\sigma_{\max} = \sigma_{\theta} \Big|_{\substack{s=0 \\ z=\pm h/2}} = \frac{1}{2} \alpha E (T_1 - T_2) \left[ 1 + \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{\frac{1+\nu}{1-\nu}} \right]. \quad (11)$$

Відповідно до норм [7], розрахунок на міцність високотемпературних елементів проводять за критеріями міцності: тимчасовим опором  $\sigma_m$ , границею плинності  $\sigma_n$  і границею тривалої міцності  $\sigma_{mm}$  заробочої температур.

Номінальну допустиму напругу  $[\sigma]$  визначають як найменшу з величини:

$$[\sigma] = \min \left( \frac{\sigma_m}{n_m}, \frac{\sigma_n}{n_n}, \frac{\sigma_{mm}}{n_{mm}} \right),$$

де коефіцієнти запасу дорівнюють  $\sigma_m = 2,6$ ,  $\sigma_n = \sigma_{mm} = 1,5$ .

Умовами міцності:  $\sigma_{\max} \leq [\sigma]$  (12).

**Висновки.** Наведена класифікація станів великих систем енергетики може бути перенесена на системи теплопостачання з трубчастими газовими нагрівачами. Запропоновано критерій надійності для безвідмовності. Викладено метод його розрахунку.

## ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Руденко Ю. Н. Надежность систем энергетики / Ю. Н. Руденко, И. А. Ушаков // М. : Наука, 1989. – 325 с.
2. Надежность систем энергетики и их оборудования: Справочник: в 4 т. Т. 3: Надежность систем газо- и нефтеснабжения / М. Г. Сухарев, С. Г. Бабаев, А. М. Бейлин [и др.]; под ред. М. Г. Сухарева. – М. : Недра, 1994. – Кн. 2. – 287 с.; Т. 4: Надежность систем теплоснабжения / Е. В. Сеннова, А. В. Смирнов, А. А. Ионин и др. – Новосибирск: Наука, 2000. – 351 с.
3. Ионин А. А. Надежность систем тепловых сетей / А. А. Ионин. – М.: Стройиздат, 1989. – 268 с.
4. Надежность систем энергетики. Терминология: сб. рекомендуемых терминов. – М. : Наука, 1980. – Вып. 95. – 44 с.
5. Иродов Вячеслав. Расчет температурных удлинений инфракрасного трубчатого газового обогревателя / Валерия Ткачева, Леонтина Солод // Theoretical Foundations of Civil Engineering. – 2011. – V. 19. – P. 381–386.
6. Данишевский В. В. Термоупругое напряженно-деформированное состояние корпуса газовой горелки / В. Ф. Иродов, В. В. Ткачева // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. тр. – Д. : ПГАСА. – 2013. – Вып. 70. – С. 84–92.
7. Нормы расчета на прочность элементов реакторов, парогенераторов, сосудов и трубопроводов атомных электростанций, опытных и исследовательских ядерных реакторов и установок. – М.: Металлургия, 1973. – 408 с.

## SUMMARY

**Problem Statement.** Reliability is a complex property that can comprise several single properties depending on the object purpose, conditions of its operation, considered space or time level of control hierarchy. The single of reliability properties of decentralized heat supply systems havenot investigated practically. Necessity for including these properties in the notion «reliability» is caused by specific features of heat supply systems with tube gas heaters. This direction of research is relevant both scientific and practical values.

**Analyzing of the resent research.** The researching of reliability of heat supply systems with the use of methods of reliability theory began to develop in the late 1960 – early 1970s. General principles of calculation and backup heating systems were formulated in 1972 by V. Ya. Hasylev and M. K.

Takayshvili. Later this approach began to develop in researching of the Siberian Energy Institute (now the Institute of Energy named after L.A.Melentyev). Many scientists such as M. Rozkin, A. Ionin, A. Merenkov, E. Sennova, V. Sidler and others were working on reliability's problems. General theoretical methods to ensure the reliability of technical systems, special techniques that can be effectively used in systems of power were worked out by Yu. N. Rudenko.

**Research objective.** Reliability can be determined as an gas tube heaters property to perform the prescribed functions in the prescribed volume at certain conditions of operation. Ensuring reliability of heat supply systems with gas tube heaters is one of the most important requirements to them as at the design stage and during operation. The article provides an answer the question: «Can we all scientific – methodical achievements of the reliability of large systems of energy transfer to the research of decentralized heating systems, heating systems with tube heaters?».

**Conclusions.** It is considered the heat supply systems with gas tube heaters. During operation any energy object can be found in different states, determined by the states of its components. The states characterizing reliability are operating, inoperable and limit states. The classification of states for reliability definition is given.

A part of tube of the heater is heated (the temperature of the outer surface of the tube can reach 450 – 650°C). In the desing of the heaters you should consider changing the length of the pipe due to thermal expansion of the material with temperature and the proper selection and placement of fixture. Design and installation of heaters must be performed by the way when the pipe could move freely within the value calculated elongation. Failure – free operation indice of reliability that can be used to study of heat supply systems with tube gas heaters reliability was proposed. Method and mathematical model of indice calculation are represented.

## REFERENCES

1. **Rudenko Yu. N.** Nadezhnost sistem energetiki / Yu. N. Rudenko, I. A. Ushakov // M. : Nauka, 1989. – 325 s.
2. Nadezhnost sistem energetiki i ih oborudovaniya: Spravochnik: v 4-h t. T. 3: Nadezhnost sistem gazo- i neftesnabzheniya / M. G. Suharev, S. G. Babaev, A. M. Beylin, [i dr.]; pod red. M. G. Suhareva. – M. : Nedra, 1994. – Kn.2. – 287 s.; T. 4: Nadezhnost sistem teplosnabzheniya / E. V. Sennova, A. V. Smirnov, A. A. Ionin i dr. – Novosibirsk: Nauka, 2000. – 351 s.
3. **Ionin A. A.** Nadezhnost sistem teplovyih setey / A. A. Ionin. – M. : Stroyizdat, 1989. – 268 s.
4. Nadezhnost sistem energetiki. Terminologiya: Sb. rekomenduemyih terminov. – M. : Nauka, 1980. – Vyip. 95. – 44 s.
5. **Irodov Vyacheslav.** Raschet temperaturnyih udlineniy infrakrasnogo trubchatogo gazovogo obogrevatelya / Valeriya Tkacheva, Leontina Solod // Theoretical Foundations of Civil Engineering. – 2011. – V.19. – P. 381–386.
6. **Danishvskiy V. V.** Termouprugoe napryazhenno – deformirovannoe sostoyanie korpusa gazovoy gorelki / V. F. Irodov, V. V. Tkacheva // Stroitelstvo, materialovedenie, mashinostroenie: Sb. nauchn. trudov. – D. : PGASA. – 2013. – Vyip. 70. – S. 84–92.
7. Normyi rascheta na prochnost elementov reaktorov, parogeneratorov, sudov i truboprovodov atomnyih elektrostantsiy, opyitnyih i issledovatel'skikh yadernyih reaktorov i ustanovok. – M. : Metallurgiya, 1973. – 408 s.

## UDC 519.6

### SIMULATION OF THE ATMOSPHERE POLLUTION IN THE CASE OF ACCIDENTS

*E. Gunko, Cand. of Techn. Sc., Do.*

*Dnepropetrovsk National University of Railway Engineering*

**Key words:** *atmosphere pollution, numerical simulation, pollutant dispersion*

**Introduction.** The prediction of the concentration of the toxic gas in the atmosphere is the main information which is necessary to know in the case of toxic gas release after accidents. This information is very important to assess the danger level after the accident and to organize the protection or evacuation of the population. To solve this problem it is necessary to calculate the toxic gas dispersion in the atmosphere. The emergency service is in need nowadays of the effective tool to