

Ключові слова: торові оболонки, комбіновані системи на основі торові оболонки з шпангоутами, оболонки під внутрішнім і зовнішнім тиском, плавної навантаженням змінює уздовж меридіана.

Semenenko N.V., Bessmertny S.I., Lylka A.M., Nechvolod O.O. LITERARY REVIEW OF THE THEORIES OF THE CALCULATION OF TOROIDAL SHELLS. The problem of determining the stress-strain state of the toroidal shells under the action of internal pressure and radial forces applied along the outer and inner equator is topical and of practical importance. It is

solved in the formulation on the basis of the axisymmetric theory of axisymmetric deformation of shells using the differential equations of the edge effect. The values of internal forces and deformations are obtained. The corresponding stresses are determined, which allow us to analytically determine the safety margin of the considered type of combined structure.

Key words: torus shells, combined systems based on torus shells with frames, shells under internal and external pressure, smooth load varying along the meridian.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-93-3-167-172
УДК 624.012

Яровий С.М.

*Харківський національний університет будівництва та архітектури
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: psp-nauka@yandex.ua)*

ЗАЛИШКОВИЙ РЕСУРС МЕТАЛЕВИХ ДИМОВИХ І ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ ТРУБ ТА ЇХ НЕСУЧИХ ВЕЖ

Останнім часом проблеми надійності металевих димових і вентиляційних труб та їх несучих веж набули особливого значення у зв'язку з великою кількістю аварій на промислових підприємствах України та за кордоном. Крім того, велика кількість металевих димових і вентиляційних труб та їх несучих веж виробили проектний ресурс, істотно змінився режим їх роботи і навантаження, з'явилося безліч дефектів і пошкоджень. Все це вимагає аналізу надійності і залишкового ресурсу металевих димових труб і несучих веж. Розрахунок залишкового ресурсу повинен проводитися на основі даних про технічний стан конструкцій, і проводиться з урахуванням існуючих дефектів і пошкоджень, фактичних характеристик матеріалів. роботу. На основі інформації про зміну параметрів технічного стану димових труб і несучих веж розроблена методика визначення залишкового ресурсу. В результаті дослідження одержані формули, що враховують залишкові напруження при приварці накладок на основі підсумування зварювальних та зовнішніх напружень з урахуванням концентраторів напружень. Одержані результати дають можливість більш точно враховувати зварювальні напруження при підсиленні труб з тріщинами та підвищувати надійність димових труб під час експлуатації.

Ключові слова: металеві димові і вентиляційні труби, несучі вежі, надійність, довговічність, залишковий ресурс.

В останній час проблеми надійності для металевих димових і вентиляційних труб та їх несучих веж здобула особливу значимість в зв'язку з великою кількістю випадків аварій на промислових підприємствах в Україні та за кордоном. Крім того, велика кількість металевих димових і вентиляційних труб та їх несучих веж випрацювала свій проектний ресурс, під час експлуатації змінився режим їх роботи, підвищились навантаження та утворилось багато

дефектів та пошкоджень (рис. 1). Все це потребує негайного проведення діагностики і визначення дійсного технічного стану конструкцій, проведення аналізу їх надійності.

Металеві димові і вентиляційні труби та їх несучі вежі експлуатуються тривалий час в складних умовах і забезпечення надійності, як правило, проводиться на основі здобутих даних при технічному обстеженні, визначенні причин виникнення пошкоджень і

прогнозування їх розвитку, оцінці довговічності і залишкового ресурсу, виконанні ремонтних робіт і забезпеченні нормальної експлуатації [1, 3, 8, 14, 15].



Рис. 1. Металева витяжна труба і несуча вежа цеху «Аміак 4» ВАТ «Акрон» (рік будівництва – 1973 р.).

Надійність металевих димових і вентиляційних труб та їх несучих веж визначається як властивість виконувати задані функції в даних умовах експлуатації на протязі визначеного терміну. Основними показниками, які визначають надійність конструкцій споруд, в цілому, є безвідмовність їх у роботі – здатність зберігати задані експлуатаційні якості на протязі визначеного терміну експлуатації.

Критеріями надійності металевих димових і вентиляційних труб і їх несучих веж є безпека експлуатації, довговічність, залишковий ресурс і збереження цих споруд [1, 3, 8, 14, 15].

На основі даних про зміну параметрів технічного стану димових труб і несучих веж за період експлуатації розроблена методика визначення залишкового ресурсу і екстраполяція значень цих параметрів до досягнення граничного стану.

Розрахунок залишкового ресурсу необхідно проводити на основі даних про технічний стан конструкцій, отриманих при проведенні обстеження і виконанні перевірних розрахунків, з урахуванням наявних

дефектів і пошкоджень (рис. 2, 3), фактичних характеристик матеріалів [2, 4-7, 9, 10].



Рис. 2. Корозійний знос стовбура димової труби понад 10%.



Рис. 3. Корозійний знос елементів несучої вежі понад 10%.

Залишковий ресурс визначаємо розрахунком за першим і другим граничним станом і за конструктивними вимогами.

У якості параметрів при розрахунку залишкового ресурсу, що визначають технічний стан димових труб і несучих веж, пропонується визначати різні коефіцієнти запасу: по першому граничному стану k^1 , по другому граничному k^2 і коефіцієнт запасу за конструктивними вимогами k^k , порушення яких є пошкодженням категорії «А» (тріщини, прогари, втрата стійкості тощо). Розрахунок залишкового ресурсу передбачає відстеження зміни сукупності цих коефіцієнтів запасу за час експлуатації димової труби і елементів вежі, коли хоча б

один із них досягає значення одиниці (граничного стану).

При розрахунку за першим граничним станом значення функції, що характеризують навантаженість конструкцій f_i^1 , не повинне перевищувати розрахунковий опір металу R_i на різних розрахункових ділянках (перетинах) конструкції

$$f_i^1(x_m) \leq R_y, \quad (1)$$

де i – індекс, що позначає вид розрахунку за першим граничним станом (міцність, стійкість, втомне чи крихке руйнування та ін.); x_m – різні параметри (внутрішні сили, геометричні характеристики перерізів тощо), які визначають значення функції f_i^1 за першим граничним станом.

При розрахунку за другим граничним станом значення функції, що характеризують деформаційний стан $f_j^2(y_n)$, не повинні перевищувати граничне нормативне значення S_j

$$f_j^2(y_n) \leq S_j, \quad (2)$$

де j – індекс, що позначає вид розрахунку переміщень або прогину (та ін.) за другим граничним станом; y_n – параметри, які визначають значення функції f_j^2 .

При конструктивних вимогах на різних ділянках

$$(G^k)^p \leq (G_{\text{lim}}^k)^p, \quad (3)$$

де G^k – конструктивний параметр (геометричні розміри елементів, міцнісні і жорсткісні характеристики тощо) на ділянці n ; G_{lim}^k – граничне значення конструктивного параметра; p – показник ступеня, що служить для уніфікації нерівності (3), причому показник $p = 1$, якщо за нормами потрібно, щоб G^k не перевищував G_{lim}^k і при $p = -1$, якщо потрібно, щоб G^k був менше G_{lim}^k .

Відношення правих і лівих частин цих нерівностей (1, 2, 3) являє собою коефіцієнти запасу $k_{i,n}$, $k_{j,n}$, $k_{k,n}$ при розрахунку за першим і другим граничними станами, за конструктивними вимогами.

Справний стан передбачає, що всі коефіцієнти запасу не менші за одиницю.

Міцність і стійкість конструкції, відсутність втомного чи крихкого руйнування

будуть забезпечені при $k^l \geq 1$. Коефіцієнтом запасу за першим граничним станом k_f^1 є мінімальне значення k^l в будь-якій ділянці або перетині

$$k_f^1 = \min k^l. \quad (4)$$

Для безпечної експлуатації конструкції необхідно, щоб $k_f^1 \geq 1$.

Коефіцієнтом запасу за другим граничним станом k_G^2 є мінімальне значення k^2

$$k_G^2 = \min k^2 \quad (5)$$

При значеннях $k_G^2 < 1$ нормальна експлуатація утруднюється і знижується довговічність конструкцій. Тобто, порушення вимог другого граничного стану не означає вичерпання ресурсу споруди, але утруднює нормальну експлуатацію конструкцій.

Зміни коефіцієнтів запасу протягом життєвого циклу експлуатації димової труби і несучої вежі можливо апроксимувати квадратичною залежністю (індекси k_f^1 , k_G^2 і k^k опускаються):

$$k_0 - k = at^2 + k_0't, \quad (6)$$

$$\text{де } a = \frac{(k_0 - k_e - k_0't_e)}{t_e^2} \quad (7)$$

Параметри, які використовуються, означають: k – поточне значення коефіцієнта запасу, що відповідає часу t ; k_0 і k_e – коефіцієнти запасу, що розраховуються для моментів часу t_0 і t_e ; t_0 – час, що відповідає початку розглядуваного періоду експлуатації; t_e – час, що відповідає кінцю розглядуваного періоду експлуатації (час проведення останнього обстеження); k_0' – заданий параметр, який чисельно дорівнює тангенсу кута нахилу дотичної до залежності $k_0 = k(t)$ у початковий момент часу, тобто $k_0' = -dk/dt$, при $t = t_0$.

При заданні параметра k_0' має виконуватись умова:

$$0 \leq k_0' \leq \frac{(k_0 - k_e)}{t_e}. \quad (8)$$

За умови рівності $k_0' = (k_0 - k_e)/t_e$ залежність (6) стає лінійною функцією, при $k_0' = 0$ вона перетворюється на квадратичну параболу з вершиною, розташованою на осі ординат.

На рис. 4 залежність (6) представлено графічно.

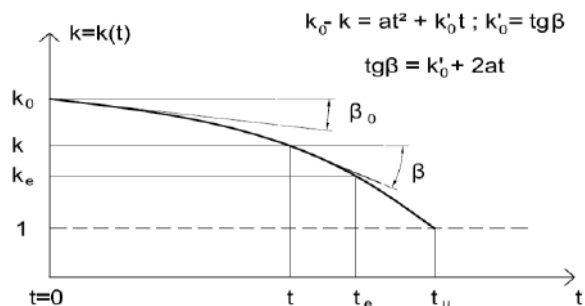


Рис. 4. Зміна коефіцієнтів запасу протягом життєвого циклу димової труби

Екстраполяція залежності $k_0 = k(t)$ дає час t_u , при якому коефіцієнт запасу досягає граничного значення, що дорівнює одиниці:

$$t_u = -b + \sqrt{b^2 + (k_0 - 1)/a}; \quad (9)$$

де $b = 0,5k_0/a$.

При $k'_0 = 0$ залежність (9) спрощується:

$$t_u = t_e \sqrt{(k_0 - 1)/(k_0 - k_e)}. \quad (10)$$

Після обчислення значення t_u по всіх розрахункових перерізах димової труби або елементів вежі за всіма коефіцієнтами запасів залишковий ресурс T визначається як мінімальний з усіх розрахованих:

$$T = \min[(t_u - t_e)_n \beta_n] \quad (11)$$

Таблиця 2 - Залишковий ресурс димових і вентиляційних труб

№ п/п	Назва підприємства, найменування димових і вентиляційних труб	Рік введення в експлуат.	Термін експлуатації на момент обстеж., років	Залишковий ресурс, T, років
1	ВАТ «Тагмет», димова труба №1 печі 4 ТПЦ-2	1964	48	29
2	ВАТ «Тагмет», димова труба терм. печей механ. цеху	1965	47	30
3	ВАТ «Тагмет», димова труба вогнетривів мартен. цеху	1961	51	24
4	ВАТ «Тагмет», димова труба кристал. ділянки ТСЦ-3	1973	41	37
5	ВАТ «Металлург. завод «Електросталь» димова труба дугової печі №2 СПЦ-4	1980	30	43
6	УМГ «Черкаситрансгаз», КС «Південнобузька», димова труба №10	1986	27	37
7	УМГ «Черкаситрансгаз», КС «Кіровоградська», димова труба №8	1986	27	25
8	УМГ «Черкаситрансгаз», КС «Задніпровська», димова труба №2	1986	27	28
9	ВАТ «Азот», м. Кемерово вентиляційна труба корпусу 706	1958	63	21
10	ВАТ «Азот», м. Кемерово факельна труба корпусу 679	1974	49	29
11	ВАТ «Міндобрива», м. Воскресенськ витяжна труба цеху сірчаної кислоти	1974	48	29
12	ВАТ «Міндобрива», м. Розсош витяжна труба цеху азотної кислоти	1978	43	27

де β_n – поправний коефіцієнт, що враховує вплив додаткових чинників на ділянці (в перерізі), що приймається за табл. 1.

Таблиця 1 - Значення поправного коефіцієнта β_n

№ з/п	Фактор, що впливає	β_n
1	До моменту часу t_c перевищено нормативний термін експлуатації:	
	менше 1,5 разів	0,85
	більше 1,5 разів	0,70
2	При розрахунку на витривалість і експлуатовані в умовах:	
	середньоагресивного середовища	0,90
	сильноагресивного середовища	0,85

Визначмо залишковий ресурс реальних димових і вентиляційних труб, несучих веж на основі результатів обстеження їх технічного стану після тривалого терміну експлуатації.

Розрахунок залишкового ресурсу визначався за першим граничним станом і конструктивними вимогами, з урахуванням року введення в експлуатацію, термінів перебування в експлуатації. і дані представлені в табл. 2.

Зазвичай проектний термін експлуатації димових і вентиляційних труб – 50 років.

Аналізуючи отримані дані, можна констатувати, що навіть після тривалих термінів експлуатації (30-50 років і більше) металеві димові і вентиляційні труби мають значний залишковий ресурс. Залишковий ресурс обстежених димових і вентиляційних труб, що експлуатуються понад 50 років – не менше 20 років.

При цьому необхідно підкреслити, що такі тривалі терміни експлуатації можливі лише при постійній діагностиці технічного стану металевих димових і вентиляційних труб і при негайному усунуванні виявлених пошкоджень категорії «А».

ЛІТЕРАТУРА:

- Беленя Е.И. Металлические конструкции. Общий курс / Беленя Е.И., и др. - М.: Стройиздат, 1986. – 560с.
- Дымовые трубы. Теория, практика конструирования и сооружения / Под редакцией С.В. Сатянова. М.: Стройиздат., РФ, 2001. – 150.
- Металлические конструкции / Г.С. Ведеников и коллектив авторов. - М.: Стройиздат, 1998. - 758с.
- Зайнулин Р.С. Расчеты ресурса оборудования трубопроводов с учетом фактора времени / Р.С. Зайнулин, А.Г. Вахитов, О.И. Тарабарин и др. - М.: Недра, 2003. – 50с.
- Лифшиц В.И. Основные положения определения остаточного ресурса сосудов и аппаратов / В.И. Лифшиц, В.Г. Татаринцов // Химическое и нефтехимическое машиностроение. – 2000. – №8. – С. 8-10.
- Матюхин Г.В. Диагностика и оценка остаточного ресурса элементов конструкций из низколегированных сталей / Г.В. Матюхин, А.В. Матюхин. А.В. Гридасов // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 1991. – №3. – С. 28-35.
- Михайлов Г.Г. Некоторые аспекты стратегии определения остаточного ресурса / Михайлов Г.Г., Конаков О.А., Колмаков А.Я. // Безопасность труда и промышленности. – М.: – 2007. – №1. – С. 44-45.
- Стальные конструкции. Нормы проектирования, изготовления и монтажа. ДБН В.2.6-163:2010. – К.: Минрегионстрой Украины, 2011. – 127с.
- Сушев С.П. Оценка остаточного ресурса дымовых труб. – Уфа: МНТЦ «БЭСТСТ», 2003. – 50с.
- Сатянов В.Г. Способ определения остаточного ресурса / В.Г. Сатянов, П.Б. Питлипенко, В.А. Французов, С.В. Сатянов, В.С. Котельников // Безопасность труда в промышленности. – 2007. – №12. – С. 34-39.
- Яровой С.Н. Резервы несущей способности дымовых труб турбоагрегатов компрессорных станций «Заднепровская», «Кировоградская», «Южнобугская» магистрального газопровода «Кременчуг - Ананьев-Черновцы - Богородчань» / С.Н. Яровой, А.И.Горовый // Научный вестник строительства. - Харьков: ХНУСА, 2013. – Вып. 71. – С.225-230.
- Яровой С.М. Довговічність та залишковий ресурс металевих димових труб з урахуванням температурного та корозійного впливу // Науковий вісник будівництва. - Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2017. - Вип. 2(88). – С.110-114.
- Gallagher J.P. The damage tolerant design hand book / J.P.Gallagher // Metals and ceramics information Centre, MCIC – НВ – OIR, 1984.
- EN 1991-1-4. Eurocode 1: Action on structures – Part 1-4. General actions. Wind action. / Brussels: CEN, 2002. –p.151.
- ISO 4354: 1997. Wind action on structures / Swizerland, 1997. –p.143.

Яровой С.Н. ОСТАТОЧНЫЙ РЕСУРС МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДЫМОВЫХ И ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ТРУБ И ИХ НЕСУЩИХ БАШЕН. В последнее время проблемы надежности металлических дымовых и вентиляционных труб и несущих башен приобрели особое значение в связи с большим количеством аварий на промышленных предприятиях Украины и за рубежом. Кроме того, большое количество металлических дымовых труб и их несущих башен выработали проектный ресурс, существенно изменился режим их работы и нагрузки, появилось множество дефектов и повреждений. Все это требует анализа надежности и остаточного ресурса металлических дымовых труб и несущих башен. Расчет остаточного ресурса должен производиться на основе данных о техническом состоянии конструкций, и проводится с учетом существующих дефектов и повреждений, фактических характеристик материалов. На основе информации об изменении параметров технического состояния

дымовых труб и несущих башен разработана методика определение остаточного ресурса. В результате исследования был разработан метод расчета остаточного ресурса дымовых и вентиляционных труб и несущих башен. Полученные результаты позволяют оценить долговечность металлических дымоходов и опорных башен после длительного периода эксплуатации и обеспечить дальнейшую надежную работу.

Ключевые слова: металлические дымовые и вентиляционные трубы, несущие башни, надежность, долговечность, остаточный ресурс.

Yarovyi S. FINISHED RESOURCES OF METAL DIMENSIONAL AND VENTILATION PIPES AND THEIR CURRENT STORES. Recently, the problems of reliability for metal smoke and ventilation pipes and their bearing towers gained special significance in connection with the large number of accidents at industrial enterprises in Ukraine and abroad. In addition, a large number of metal smoke and ventilation pipes and their bearing towers worked out their project

resource, during operation, the mode of their operation changed, the load increased and many defects and damage were created. All this requires immediate diagnostics and determination of the actual technical state of structures, analysis of their reliability, analysis of reliability and residual resource. The calculation of the residual resource must be made on the basis of data on the technical condition of the structures obtained during the inspection and performance of checking calculations, taking into account the existing defects and damage, the actual characteristics of the materials. On the basis of information on the change in the parameters of the technical state of the chimneys and load-bearing towers, a procedure has been developed for determining the residual life. As a result of the research, a method was developed for calculating the residual life of smoke and vent pipes and bearing towers. The received results allow to estimate durability of metal chimneys and supporting towers after a long period of operation and to provide the further reliable work.

Keywords: metal smoke and ventilation pipes, reliability, durability, residual life.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-93-3-172-180

УДК 338.1:911.375.1

Вяткін К.І.

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,
(вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002, Україна; e-mail: vyatkin.k.i@gmail.com)*

В'яткін Р.С.

*ТОВ «Епіцентр»,
(пр-т Гагаріна, 352, Харків, 61000, Україна; e-mail: vyatkin.k.i@gmail.com)*

ВПЛИВ УРБАНІЗАЦІЇ НА РОЗВИТОК СОЦІУМУ

Робота присвячена розгляду теоретичних підходів до визначення поняття урбанізації. Проаналізовано ретроспективі розвитку міст та визначено головні характеристики урбанізація. Надається аналіз сучасних тенденцій урбанізації у світі. Визначено перспективи подальшого розвитку урбанізації.

Ключові слова: урбанізація, процеси урбанізації, міста.

Вступ. Сучасні процеси росту, склад і розміщення населення викликають багато складних проблем. Одним з найважливіших питань є процес урбанізації. Урбанізація - одна з найважливіших складових частин соціально-економічного розвитку. Протягом десятиліть урбанізація в нашій країні спочатку просто не визнавалася як один з важливих процесів формування людини, середовища і суспільства, а потім у

60-80-х рр. розглядалася, перш за все, в рамках формаційних особливостей розвитку систем виробництва і розселення при значної недооцінки її глобальних закономірностей і соціально-культурних і цивілізаційних основ. Утвердився і ретельно оберігався філософськи неспроможний підхід, згідно з яким урбанізація (як і інші соціальні процеси) легка в користуванні, тому що її