Fomenko G.R., Arsenieva N.O., Urdzik S.M., Synovets O.S., Sarkisian H.S. METHODS OF BUILDING PLANNED SUPPORT GEODESIC NETWORKS. Planned basic geodetic networks are the basis for making construction projects in nature, performing special engineering and geodetic works, observing hazardous natural and man-made processes, ensuring the construction and operation of facilities. The article discusses the main methods for constructing planned reference geodetic networks: triangulation, trilateration, polygonometry, linear-angle and satellite. The general characteristics, advantages and disadvantages of each method are given.
Keywords: geodetic network, triangulation, trilateration, polygonometry, linear angular networks, satellite method, accuracy of measurements.

DOI: 10.29295/2311–7257–2019–96–2–264–269
УДК 624.012

Яровий С.М.
Харківський національний університет будівництва і архітектури
(вул. Сумська, 40, м. Харків, 61002. Україна; e-mail: psp.nauka@gmail.com)
Слободянюк С.О., Титюк А.О.
Придніпровська державна академія будівництва і архітектури
(вул. Чернишевського, 24, м. Дніпро, 49600. Україна; e-mail: psp.nauka@gmail.com)

ФІЗИКО - СТАТИСТИЧНИЙ МЕТОД ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ 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 біль точніше враховувати зварювальні напруження при підсиленні труб з тріщинами та підвищувати надійність димових труд під час експлуатації.
Ключові слова: металеві димові і вентиляційні труби, несучі вежі, надійність, довговічність, залишковий ресурс.

В основу фізико-статистичного методу оцінки надійності і довговічності конструкцій металевих димових і вентиляційних труб та їх несучих веж покладено такі передумови:

1) У відповідності з дійсністю враховується розвиток деградаційних процесів в матеріалах конструкцій при несприятливому впливі середовища, тобто розрахунок конструкцій, що взаємодіють з середовищем, виконується з урахуванням кінетики розвитку процесів деградації матеріалів.

2) Вплив середовища оцінюється за критерієм впливу на функціональні властивості несучих конструкцій.

3) Фактор часу вводиться в розрахунок в явному вигляді: регламентується термін служби конструкцій або при заданих параметрах визначається довговічність конструкцій.

4) Розглядається надійність конструкції тільки за внутрішніми властивостями

у припущенні, що граничне розрахункове значення навантаження або граничні значення показників, що регламентуються нормами проектування, забезпечують функціональну надійність.

5) Закладається принцип рівнонадійності конструкцій, що проектуються для різних умов експлуатації: до кінця терміну служби або міжремонтного періоду, конструкції, які проектуються для умов експлуатації при несприятливому впливі середовища повинні мати таку ж надійністю, що і конструкції, які проектуються для нормальних умов експлуатації.

6). Процес деградації конструкцій, перехід з одного дискретного технічного стану в інший описується марковским процесом або процесом Пуассона з дискретними станами і безперервним часом.

Основою фізико-статистичного методу визначення, прогнозу і забезпечення надійності конструкцій металевих димових труб і несучих веж є:

а) результати досліджень фізико-хімічних процесів зміни властивостей матеріалів конструкцій в часі при впливі несприятливих середовищ;

б) детерміновані залежності, що зв'язують показники властивостей конструкцій з їх параметрами і зовнішніми факторами - навантаженням і середовищем;

в) статистичні дані про мінливість параметрів, що визначають властивості конструкцій;

г) математичні методи теорії надійності, що дозволяють отримати розподіл випадкових функцій при відомих розподілах аргументів;

д) техніко-економічна та інша інформація, що обґрунтовує той чи інший рівень надійності властивості конструкцій.

Відмови механічних систем до яких відносяться металеві димові і вентиляційні труби та їх несучі вежі (конструкції) діляються на поступові (зносні) і раптові. Основною ознакою поступової відмови є те, що ймовірність його виникнення протягом заданого періоду часу від t_1 до t_2 залежить від тривалості попередньої роботи системи t_1. Основною ознакою раптової відмови є незалежність ймовірності його виникнення протягом заданого періоду часу від t_1 до t_2 від тривалості попередньої роботи системи t_1.

Далі розглядається надійність конструкцій тільки за внутрішніми властивостями в припущенні, що граничне розрахункове значення навантаження або граничні значення параметрів забезпечують функціональну безвідмовність. Отже, відмови конструкцій, що експлуатуються в умовах впливу несприятливих середовищ, можна віднести до категорії поступових. У загальному випадку, з урахуванням характеру дії навантаження, відмови будівельних конструкцій відносяться до складних відмов, які включають в себе особливості двох попередніх.

Залежність деякої властивості конструкцій металевих димових і вентиляційних труб та їх несучих веж від їх параметрів описується деякою системою рівнянь або алгоритмом:

$$y_j = y_j\left(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{mj}\right) \qquad (1)$$

где y_j - j - властивість конструкцій металевих димових і вентиляційних труб та їх несучих веж, x_{ij} - розрахункові параметри конструкцій.

Вплив несприятливого середовища експлуатації призводить до зміни властивостей матеріалів, що призводить до зміни деяких розрахункових параметрів конструкцій. Внаслідок цього вони є функцією цілого ряду характеристик матеріалу, зовнішніх впливів середовища і часу t:

$$x_{pj} = x_{pj}\left(z_{1j}, z_{2j}, \dots, z_{lj}, t\right). \qquad (2)$$

В силу стохастичної природи характеристик матеріалів, впливів середовища, впливу технологічних факторів в процесі виробництва, транспортування і монтажу конструкцій їх параметри є випадковими величинами x_{ij}або випадковими функціями часу $x_{pj} = x_{pj}\left(z_{1j}, z_{2j}, \dots, z_{lj}, t\right)$. В результаті цього і деяка властивість конструкції також буде випадковою функцією часу:

$$Y_j(t) = Y_j\begin{bmatrix} X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{ij}, \dots, X_{pj} \\ \left(Z_{1j}, Z_{2j}, \dots, Z_{lj}, t\right), \dots, X_{mj} \end{bmatrix} \qquad (3)$$

Умова функціональної придатності конструкцій металевих димових і вентиляційних труб та їх несучих веж задається у вигляді обмеження:

$$Y_j(t) \geq S_j(t) \qquad (4)$$

де $S_j(t)$ - граничне значення властивості, регламентований нормами проектування або величиною зовнішніх впливів. Ці обмеження виділяють область безвідмовної роботи.

Надійність конструкцій металевих димових і вентиляційних труб та їх несучих веж щодо параметричних відмов (тут маються на увазі вихідні, функціональні параметри або властивості) виражається ймовірністю задоволення умови:

$$P_j(t) = P\left[Y_j(t) \geq S_j(t)\right] = P\left[Y_j(t) - S_j(t) \geq 0\right] \qquad (5)$$

Задача визначення параметричної надійності конструкцій з того чи іншого властивості зводиться до отримання m - мірної функції щільності розподілу випадкового процесу. Імовірність безвідмовної роботи визначається як m -мірний інтеграл від згаданої функції щільності розподілу:

$$P_j(t) = \iint\ldots\int_{Y_j(t)-S_j(t)\geq 0} f(x_{1j}, x_{2j},\ldots, x_{ij},\ldots, z_{1j}, z_{2j},\ldots, z_{lj},\ldots, x_{mj}, t)dx_{1j}dx_{2j}\ldots$$
$$\ldots dz_{1j}dz_{2j}\ldots dz_{lj}\ldots dx_{mj} \qquad (5)$$

Функція надійності $P_j(t)$ характеризує не тільки безвідмовність, але і довговічність конструкцій. Термін служби визначається тривалістю експлуатації конструкцій до виходу їх властивостей за допустимі межі.

Отримати функцію (5) в явному вигляді найчастіше не представляється можливим, тому що неможливо виконати зворотне перетворення залежностей властивостей конструкцій щодо часу. Тому досить визначити параметричну надійність конструкцій після закінчення певного часу її експлуатації, тобто визначити $P_j(t)$ для фіксованих моментів часу, або, інакше, дати точкову оцінку надійності. У цьому випадку завдання зводиться до отримання m-мірної функції розподілу випадкових величин

$$f(x_{1j}, x_{2j}, \ldots, x_{ij}, \ldots, z_{1j}, z_{2j}, \ldots, z_{lj}, \ldots, z_{mj}) \qquad (6)$$

в перетині випадкового процесу в заданий момент часу і обчисленню виразу:

$$P_j(t=t_k) = \iint\ldots\int_{Y_j(t=t_k)-S_j(t=t_k)\geq 0} f(x_{1j}, x_{2j},\ldots, x_{ij},\ldots, z_{1j}, z_{2j},\ldots, z_{lj},\ldots, x_{mj}, t)dx_{1j}dx_{2j}\ldots$$
$$\ldots dz_{1j}dz_{2j}\ldots dz_{lj}\ldots dx_{mj} \qquad (7)$$

Якщо відомі щільності розподілу властивостей конструкцій $f(Y_j)_{t=t_k}$ і величин зовнішніх впливів $f(S_j)_{t=t_k}$, то вираз для визначення ймовірності безвідмовної роботи (за умови, що властивості конструкцій і зовнішні впливи незалежні) має вигляд:

$$P_j(t=t_k) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(S_j)\left[\int_{S}^{\infty} f(Y_j)dy_j\right]dS_j$$

При відсутності статистичних даних про зовнішніх силових впливах або детермінованих величинах граничних значень властивостей:

$$P_j(t=t_k) = P\{Y_j \geq S_{j,u}\} = \int_{S_{j,u}}^{+\infty} f(Y_j)dy_j \qquad (9)$$

де $S_{j,u}$- зусилля від максимально можливих (розрахункових значень) навантажень на конструкції, що задаються на стадії проектування при розгляді надійності за несучою здатністю; зусилля від характеристичних навантажень при розгляді надійності за експлуатаційною придатністю.

У разі нормального розподілу функції властивості Y_j ймовірність безвідмовної роботи визначається інтегралом від щільності розподілу

$$P_j(\gamma_y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{\gamma_y} e^{-0,5(Y_j)^2}dy_j; \qquad (10)$$

або

$$P_j(\gamma_y) = F[\gamma_y], \qquad (11)$$

де: F - табульоване значення функції нормованого нормального (Гауссово) розподілу; γ_y - характеристика безпеки [34], індекс надійності [133], дальність відмови [132]:

$$\gamma_y = \frac{\bar{Y}-[Y]}{\sigma_y}, \qquad (12)$$

$\bar{Y}$ - математичне очікування функції властивості; [Y] - гранично допустиме значення властивості; σ_y - середнє квадратичне відхилення функції властивості.

Конструкція задовольняє вимогам надійності по j- властивості якщо

$$P_j(t) \geq R_{j,u}, \qquad (13)$$

де $R_{j,u}$ – нормований рівень надійності j-ї властивості.

На рис. 1 наведена загальна схема формування відмови будівельних конструкцій в умовах впливу зовнішніх середовищ [10, 12]. Відмова виникає при досягненні Y_j-ї властивості конструкції граничного значення S_j, що станеться через деякий випадковий проміжок часу експлуатації.

Таким чином, фізико-статистичний метод оцінки і прогнозу надійності конструкцій МДВТіНВ в умовах впливу зовнішнього несприятливого середовища включає наступні елементи:

а) розрахункові моделі: процесів накопичення пошкоджень в матеріалах конструкцій; детерміновані моделі залежності властивостей конструкцій від визначальних параметрів, імовірнісні моделі функціонування конструкцій при відомих розподілах визначальних параметрів;

б) аналітичні, чисельні, чисельно-аналітичні й інженерні методи вирішення моделей;

в) статистичні характеристики мінливості параметрів матеріалів конструкцій, геометричних параметрів конструкцій, середовища, умов їх взаємодії;

г) нормування: термінів служби або міжремонтних термінів експлуатації конструкцій; параметрів середовища експлуатації конструкцій (корозійного, температурного і динамічного впливів); силового навантаження; граничних значень функціональних властивостей конструкцій; рівня надійності функціональних властивостей конструкцій.

На рис. 1 показані основні етапи формування закону розподілу p(t). На початку має місце розсіювання властивості щодо свого математичного очікування, що пов'язано з мінливістю фізико-механічних характеристик матеріалів, геометричних і силових параметрів конструкцій, що залежать від технологічної культури виробництва. Даний розподіл може характеризувати «початкову» надійність конструкцій.

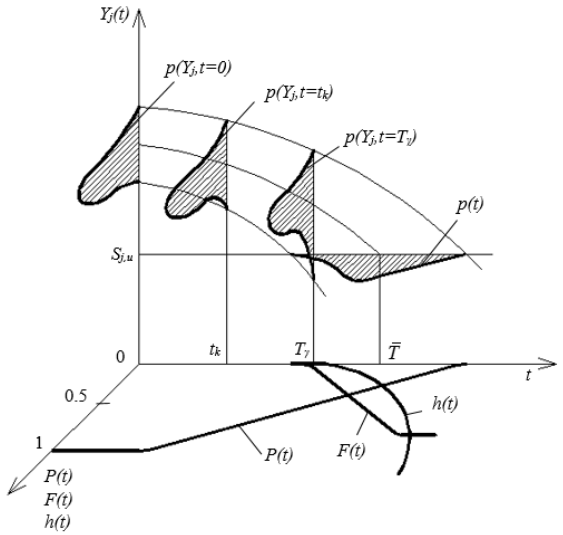

Рис. 1. Загальна схема формування відмови конструкцій в умовах впливу зовнішніх несприятливих середовищ:
P(t) – функція надійності; F(t) – функція ймовірності відмови; h(t) – інтенсивність відмов; $Y_j(t)$ – функція j-ї властивості; $S_{j,u}$ – граничне значення функції властивості; $p(Y_j,t)$ – щільність розподілу властивості конструкцій; p(t) – щільність розподілу ймовірності безвідмовної роботи; T_γ – гамма -процентний термін служби (ресурс); $\overline{T}$ *– середній термін служби.*

Вплив зовнішнього несприятливого середовища експлуатації призводить до зміни деяких параметрів конструкцій, що визначають властивість. Процес зміни властивості в силу мінливості визначальних параметрів також є випадковим і залежить від швидкості зміни визначальних параметрів. В результаті відбувається формування закону розподілу p(t) , який визначає ймовірність виходу параметра Y_j за границю $S_{j,u}$, тобто ймовірність відмови F(t)=1-P(t)або безвідмовної роботи P(t).

Середній термін служби конструкцій $\overline{T}$ визначається часом досягнення математичного очікування властивості граничного значення. Якщо регламентована ймовірність безвідмовної роботи, то відповідне значення терміну служби є гамма-відсотковим ресурсом - T_γ.

Регламентований рівень надійності конструкцій згідно Європейських норм [133] залежить від класу наслідків. Металеві димові і вентиляційні труби та їх несучі вежі відносяться до класу наслідків СС2 (табл. 1).

Таблиця 1 - Клас наслідків, клас надійності, індекс надійності та імовірність безвідмовної роботи димових і вентиляційних труб та їх несучих веж

Клас наслідків	Опис	Клас надійності	Індекс надійності/ймовірність безвідмовної роботи	
			несуча здатність	експлуатаційна придатність
СС2	**Середні** наслідки - втрати людського життя, економічні, соціальні наслідки або наслідки для навколишнього середовища є **значними**	RC2	3,8/0,9998	1,5/0,9332

ЛІТЕРАТУРА:

1. Беленя Е.И. и др. Металлические конструкции. Общий курс. М.: Стройиздат, 1986. 560 с.
2. Дымовые трубы. Теория, практика конструирования и сооружения. / Под редакцией С.В. Сатьянова. М.: Стройиздат, 2001. 150 с.
3. Веденников Г.С. и др. Металлические конструкции. М.: Стройиздат, 1998. 758 с.
4. Зайнулин Р.С., Вахитов А.Г., Тарабарин О.И. и др. Расчеты ресурса оборудования трубопроводов с учетом фактора времени. М.: Недра, 2003. 50 с.
5. Лифшиц В.И., Татаринов В.Г. Основные положения определения остаточного ресурса сосудов и аппаратов. *Химическое и нефтехимическое машиностроение*. 2000. №8. С. 8-10.
6. 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..
7. Михайлов Г.Г., Конаков О.А., Колмаков А.Я. Некоторые аспекты стратегии определения остаточного ресурса. *Безопасность труда и промышленности*. М.: 2007. №1. С. 44-45.
8. Стальные конструкции. Нормы проектирования, изготовления и монтажа. ДБН В.2.6-163:2010. К.: Минрегионстрой Украины, 2011. 127с.
9. Сущев С.П. Оценка остаточного ресурса дымовых труб. Уфа: МНТЦ «БЭСТСТ», 2003. 50 с.
10. Сатьянов В.Г., Питлипенко П.Б., Французов В.А., Сатьянов С.В., Котельников В.С. Способ определения остаточного ресурса. *Безопасность труда в промышленности*. 2007. №12. С. 34-39.
11. Яровой С.Н., Горовый А.И. Резервы несущей способности дымовых труб турбоагрегатов компрессорных станций «Заднепровская», «Кировоградская», «Южнобугская» магистрального газопровода «Кременчуг - Ананьев-Черновцы - Богородчаны». *Науковий вісник будівництва*. 2013. Вып. 71. С. 225-230.
12. Яровий 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.
13. Gallagher J.P. The damage tolerant design hand book. *Metals and ceramics information Centre*, MCIC – HB – OIR, 1984.
14. EN 1991-1-4. Eurocode 1: Action on structures – Part 1-4. General actions. Wind action. / Brussels: CEN, 2002. p.151.
15. ISO 4354: 1997. Wind action on structures / Swizerland, 1997. p.143.

Яровой С.М., Слободянюк С.О., Титюк А.О. ФИЗИКО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ 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.

Yarovoy S.M., Slobodianyuk S.O., Tityuk A.O. PHYSICAL-STATISTICAL METHOD FOR ASSESSING THE RELIABILITY OF ELEMENTS OF METAL CHIMNEY AND VENTILATION PIPES AND THEIR CARRYING TOWERS. 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 about the dimensioning of the technical dymovikh tubing and the bearing veve, the technique of assigning a litter resource is decoupled. Findings. 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: 10.29295/2311–7257–2019–96–2–269–274
УДК 666.9

Ушеров-Маршак А.В., Кабусь А.В., Латорец Е.В.
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры
(61002, Харьков, ул. Сумская, 40; e-mail: calorimetry_centr@ukr.net, latorets.ev@gmail.com)

ПРИНЦИПЫ БЕТОНОВЕДЕНИЯ – КАК ОСНОВА РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНА

В статье представлен материал – промежуточный итог работы по созданию системы принципов бетоноведения. Система сформирована из трех взаимосвязанных блоков – физико-химического, технологического и информационно-методологического. Приводится краткий аналитический обзор состояния фундаментальных научных принципов физической и научной химии. Подчеркивается целесообразность обращения к феноменологическому подходу независимо от уровня решаемых задач бетоноведения. Отличительная особенность создаваемой системы – её целостность на всех этапах