

**Шляхи покращення економічних і екологічних показників  
автотранспортних засобів. Енергозберігаючі технології**

УДК 681.2.088

DOI: 10.30977/VEIT.2018.14.0.4

**АНАЛІЗ НЕСТАЦІОНАРНОСТІ ВИХІДНОГО СИГНАЛУ ВИМІРЮВАЛЬНОГО  
КАНАЛУ ТИСКУ ТЕХНІЧНО СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ**

**Коваль А. О.<sup>1</sup>, Мінка С. В.<sup>1</sup>**

**<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно - дорожній університет**

*Анотація.* Приведені результати досліджень нестационарності вихідного сигналу вимірювального каналу тиску на технічно складних об'єктах. Розглянуті джерела нестационарності вихідних сигналів вимірювальних каналів тиску та приведена методика її усунення.

*Ключові слова:* вимірювальний канал тиску; нестационарний сигнал; технологічний процес; технічно складний об'єкт.

### Вступ

Найбільш поширеними у складі вимірювальних інформаційних систем технічно складних об'єктів (ТСО) є вимірювальні канали тиску (ВКТ) різного призначення, які потребують неперервного контролю їх метрологічних характеристик з високою достовірністю. В останній час велика увага приділяється бездемонтажному контролю, з допомогою якого оцінюються похибки вимірювань та їх тренд тільки датчиків тиску без зв'язку їх з вимірювальною лінією. Існуючі підходи не дають можливості прогнозувати та оцінювати метрологічні характеристики всього ВКТ з урахуванням взаємодії датчиків тиску та вимірювальної лінії і при цьому характеристики останніх вважаються незмінними в процесі експлуатації, тобто не враховується вплив нестационарності елементів ВКТ.

Отже, основним недоліком існуючих методів контролю метрологічних характеристик ВКТ на ТСО є їх локальність і відсутність прогнозування їхнього змінювання в процесі експлуатації [1]. На цей час не існує єдиного підходу до побудови вимірювальних каналів тиску, які б визначали свої ДХ в автоматичному або автоматизованому режимах в масштабі часу близькому до реального.

Класичний підхід вимагає дослідження характеристик технологічного процесу, що реалізується на об'єкті і створює вхідну дію для ВКТ. Вхідна дія буде розглядатись з точки зору особливостей вимірювання тиску та визначення метрологічних характеристик ВКТ. При цьому необхідно врахувати змінювання

модельних характеристик ВКТ в процесі його експлуатації, тобто в результаті його нестационарності. Характер роботи багатьох ТСО такий, що вхідна дія, яка поступає на вимірювальну лінію, є нестационарною. Інерційність існуючих ВКТ приводить до згладжування вихідного сигналу ВКТ, який використовується для обробки, але цей сигнал в багатьох випадках залишається нестационарним.

### Мета та постановка задачі

Метою роботи є аналіз нестационарності вихідного сигналу каналу тиску що підвищить точність та достовірність вимірювань тиску, за рахунок попередньої статистичної обробки в процесі вимірювань.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі: аналітичний огляд існуючих методів усунення нестационарності вихідних сигналів вимірювальних систем; розробка пропозицій щодо використання інтелектуальної системи аналізу вимірених вимірювань на основі нейронних мереж з використанням технології Data Mining.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Оцінка стаціонарності на сьогоднішній день здійснюється з допомогою статистичних пакетів, які основну увагу приділяють класичним методам математичної статистики - кореляційному, регресійному, факторному аналізу та іншим. Ці методи, однак, неможливо ефективно застосовувати для поточного (автоматичного, без участі експерта) аналізу даних. Крім

того, системи, що ґрунтуються на статистичній обробці інформації, вимагають від аналітиків апріорних припущень про моделі та спеціальної підготовки вихідних даних (наприклад, формування вибірок), певний вибір моделей із сукупності допущених (для перевірки адекватності опису даних) і, нарешті, професійної інтерпретації результатів [1]. Методи традиційної математичної статистики, що лежать в основі статистичних пакетів, корисні головним чином для перевірки заздалегідь сформульованих гіпотез і для попереднього аналізу, що становить основу оперативної аналітичної обробки даних (OLAP) [2] і зовсім не придатні для поточного автоматичного аналізу вимірювальних даних.

### Аналіз нестационарності вимірюваного сигналу

В процесі досліджень для обробки вимірювальних даних використовувались інтелектуальна система аналізу даних на основі нейронних мереж [3, 4], в основу роботи якої покладено технології Data Mining [3, 4, 5]. Data Mining – це технологія пошуку в великих об'ємах даних неочевидних, об'єктивних закономірностей, періодичностей, трендів, інтервалів стаціонарності, а також їх перевірки на нових вимірювальних вибірках. Знайдені закономірності не виявляються стандартними статистичними методами обробки вимірювальної інформації або навіть досвідченими експертами і тому наперед не можуть вважатись очевидними. Вони будуть цілком відповідати дійсності на відміну, наприклад, від висновку експерта, яке ґрунтується на суб'єктивному і, як наслідок, обмеженому баченні ситуації.

В результаті попередніх статистичних оцінювань було встановлено, що у більшості отриманих вимірних часових рядів тиску можна виділити систематичну складову (яка включає декілька компонент) і випадкову помилку (залишок, шум), яка утрудняє виявлення регулярних компонентів. Як правило, тренд являє собою загальну систематичну лінійну або нелінійну компоненту, яка змінюється в часі. Інерційність технологічних процесів реалізується через цей еволюторний елемент часового ряду.

В окремих технологічних процесах можна виявити певні цикли. Сезонна складова – це періодично повторювана компонента. Її зміна описується, як правило, двома моделями: адитивною і мультиплікативною. Більшість систематичних складових вихідного сигналу ВКТ

складаються із тренда, більш-менш регулярних циклічних коливань щодо тренда й періодичної компоненти.

Для виявлення тренду було використано два основні підходи: оцінювання регресії в часі та обчислення послідовних різниць (Differencing). При оцінюванні залежності регресії від часу використовувались лінійний, квадратичний (парабола) та експонентний тренди. Також в процесі досліджень отриманих вимірних вирізок фрагментів вихідного сигналу вимірювального каналу оцінювались послідовні різниці. Застосування цих підходів дозволило вилучити з вимірювальних даних тренд, тобто одержати стаціонарні залишки за умови відсутності періодичної й циклічної складових. При використанні процедур видалення тренду було важливо розрізнити характер тренду, що видаляється. Він може бути детермінованим або стохастичним (випадковим). Дослідження показали, що близько 97% отриманих в результаті експериментів часових рядів є стаціонарними щодо деякого детермінованого тренду - TS ряди (TS – trend stationary). Часові ряди зі стохастичним трендом, який видаляється тільки диференціюванням, становили лише 3% - DS (difference stationary) ряди. Результати досліджень нестационарності вхідного сигналу каналу тиску приведені на рис. 1...3. Дослідження засвідчили той факт, що вхідний сигнал є нестационарним. Він містить декілька складових з законами розподілу близькими до нормального та змінними середніми значеннями та дисперсіями в часі. Кількість складових як і їх параметри змінюються в часі в процесі роботи ТСО.

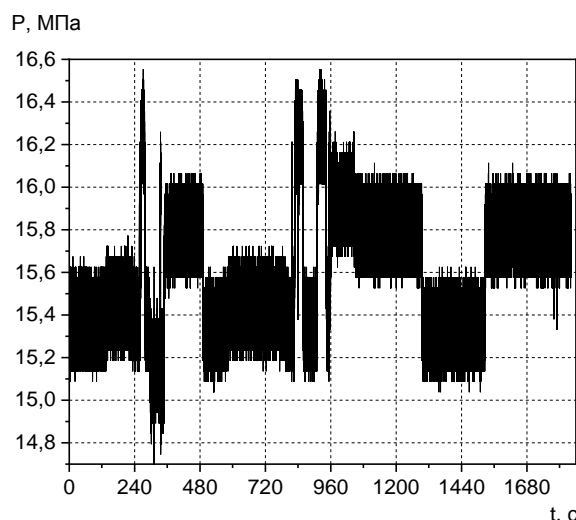


Рис. 1. Вихідний сигнал ВКТ

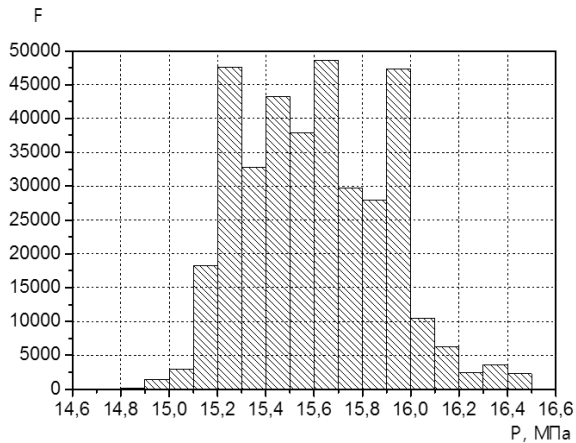


Рис. 2. Гістограма вихідного сигналу ВКТ

Для прикладу, на рис. 1 приведена часова вибірка вихідного сигналу ВКТ тривалістю 30 хвилин, яка характеризується декількома сталими режимами, число яких залежить від режиму роботи ТСО. Також видно, що у вихідному сигналі присутні декілька складових параметри яких (середнє значення та тренд) міняються в часі. Разом з тим на гістограмі складові не вирізнялись, що свідчить про те що складові вихідного сигналу мають змінні в часі середнє значення і дисперсію, тобто існує нестационарність сигналу. Це змушує здійснювати статистичну обробку на окремих часових фрагментах вихідного сигналу оскільки для визначення В якості прикладу на рис. 3 приведений фрагмент часової вибірки вихідного сигналу ВКТ тривалістю 12 хв (720 с). Гістограма сигналу даного фрагменту приведена на рис. 4.

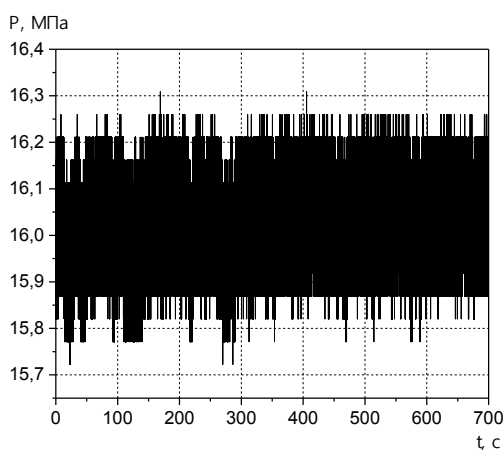


Рис. 3. Фрагмент вихідного сигналу ВКТ

Згідно з нею даний вихідний сигнал являє собою випадковий процес, який розподілений за законом близьким до нормального з середнім значенням 16 МПа. Однак гістограма

цього процесу, яка показана на рис. 4, показує наявність в сигналі двох складових з середніми значеннями близькими до 15.98 МПа та 16.045 МПа. Графік автокореляційної функції (рис. 5) містить періодичні сплески, що свідчить про наявність циклічної компоненти у вибраному часовому фрагменті.

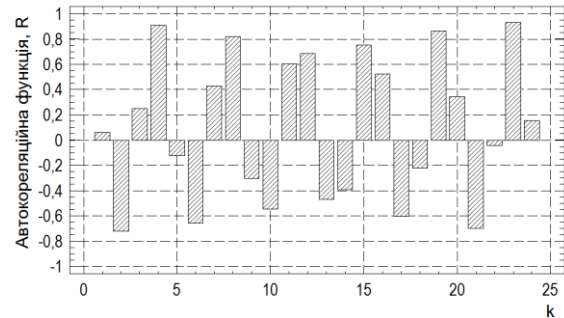


Рис. 4. Гістограма фрагменту вихідного сигналу ВКТ

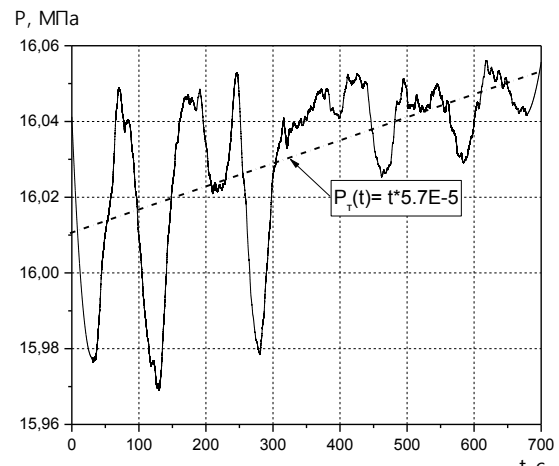


Рис. 5. Автокореляційна функція фрагменту вихідного сигналу ВКТ

Оскільки модель тренду нам не відома, то найпростіше оцінити тренд і циклічну компоненту можна за допомогою ковзаючого середнього. На рис. 6г приведено графік вихідного сигналу даного фрагменту, який згладжено ковзаючим середнім прямокутного вікна тривалістю 10 с (2000 вимірів).

Тут вже можна виділити циклічні складові і приблизно оцінити тренд. Оцінка періоду флуктуацій згладженого сигналу (рис. 6) показує на наявність двох періодичних складових, про що свідчать гістограма (рис. 7) та спектр (рис. 8) даного сигналу. Автокореляційна функція згладженого сигналу приведена на рис.9. Вона має вигляд, що характерний для часового ряду з трендом.

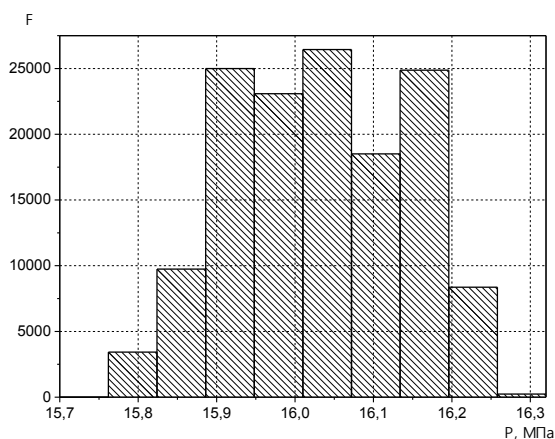


Рис. 6. Фрагмент зглаженого вихідного сигналу ВКТ

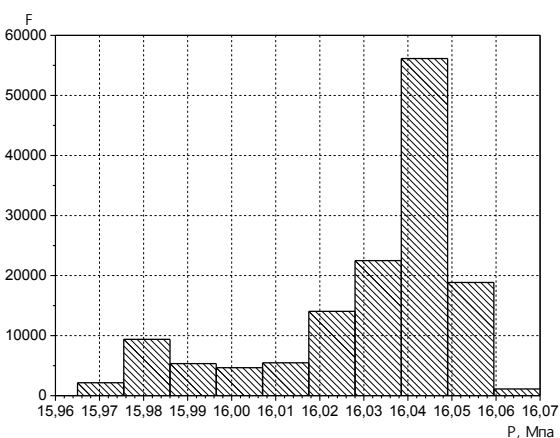


Рис. 7. Гістограма фрагменту зглаженого вихідного сигналу ВКТ

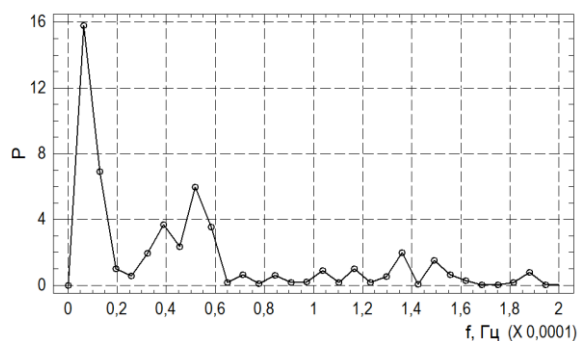


Рис. 8. Спектр фрагменту зглаженого вихідного сигналу ВКТ

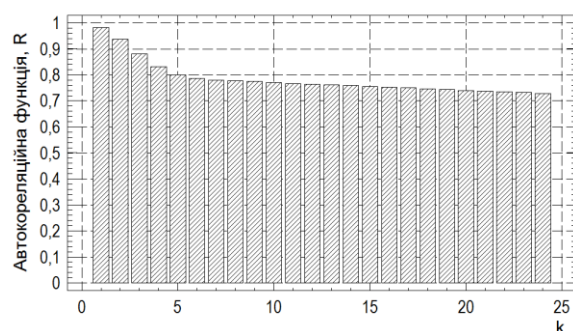


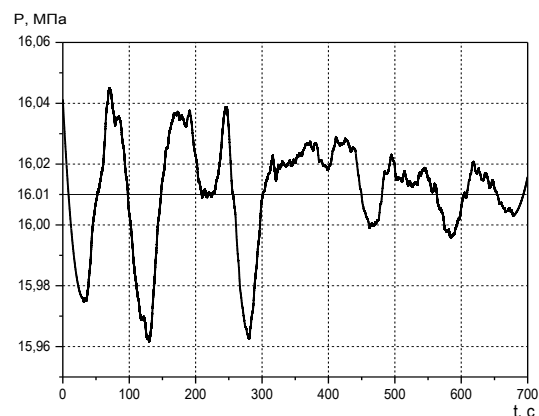
Рис. 9. Автокореляційна функція фрагменту

зглаженого вихідного сигналу ВКТ

Автокореляційна функція не наближається до нуля з ростом лагу  $k$  (лаг – кількість інтервалів аналізу на даній часовій вибірці). Для оцінки та видалення трендів з часових вибірок вихідного сигналу ВКТ використовувався метод найменших квадратів. Візуальне вивчення графіків дозволило припустити що тренд цього ряду носить лінійний характер. Визначений тренд (рис. 6) описується виразом:

$$P(t) = t \cdot 5,7 \cdot 10^5. \quad (1)$$

Таким чином, з вибраного часового фрагменту вихідного сигналу ВКТ необхідно видалити тренд (1). На рис. 3а приведено графік вихідного сигналу досліджуваного фрагменту з



вже видаленим трендом.

Рис. 10. Фрагмент вихідного сигналу з видаленим трендом

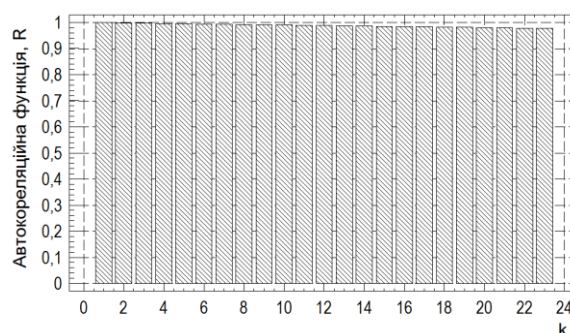


Рис. 11. Автокореляційна функція обробленого сигналу ВКТ

Автокореляційна функція цього сигналу (рис. 11) на тривалості фрагменту в 12 хв змінюється від 1 до 0.985, що свідчить про наявність залишків нестационарності. Подальший аналіз показав, що залишки нестационарності

складають: по флуктуаціям середнього значення та дисперсії 0.15% а по флуктуаціям амплітуди 0.3%.

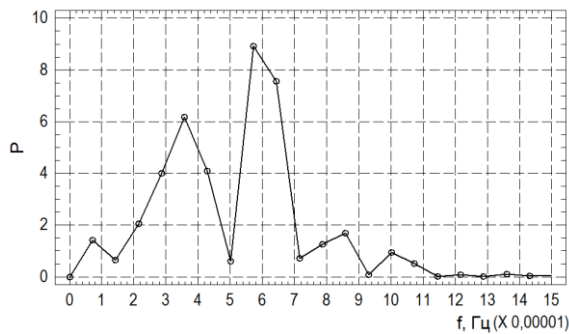


Рис. 12. Спектр обробленого сигналу ВКТ

Загалом вихідний сигнал вибраного фрагменту часової вимірної вибірки після проведеної обробки на усунення нестационарності можна вважати квазістационарним. Це також підтверджує спектр обробленого сигналу (рис.12), кількість його складових практично не змінилось і він тільки незначно змістився.

### Висновки

Таким чином, в результаті проведених досліджень вихідного сигналу ВКТ на стационарність встановлено що:

- вихідний сигнал ВКТ є нестационарним флуктуючим процесом;
- причина нестационарності вихідного сигналу обумовлена специфікою роботи ТСО;
- вихідний сигнал ВКТ складається з багатьох часових фрагментів сталих амплітуд, тривалість цих фрагментів різна і складає від одиниць секунд до 30 хв;
- нестационарність вихідного сигналу ВКТ усувається з використанням методу згладжування ковзаючим середнім та методом найменших квадратів на тривалості всієї вимірної вибірки (але при цьому буде втрачена інформативність сигналу і появиться додаткова похибка вимірювань тиску), або на тривалості окремих часових фрагментів, що вирізані із вимірної вибірки;
- усунути нестационарність вихідного сигналу ВКТ повністю неможливо, рівень залишків носить як суб'єктивний так і об'єктивний характер: він визначається як рівнем підготовки дослідника, так і можливостями програмного забезпечення, яке використовується, і становить 0.3...0.7%;
- за результатами досліджень встановлено, що інтервал стационарності вихідного сигналу ВКТ визначається тривалістю часового фрагменту сталої амплітуди і лежить в

межах 5с...25 хв.;

– з метою автоматизації обробки часових фрагментів сталої амплітуди і усунення нестационарності вихідного сигналу ВКТ необхідно додатково розробляти нечіткі вимірювальні алгоритми.

Отримані результати аналізу нестационарності вихідного сигналу вимірювального каналу тиску технічно складних об'єктів можуть бути використані при моделюванні та проектуванні вимірювальних інформаційних систем технічно складних об'єктів.

### Література

1. Nason, G. P. (2006). Stationary and Non-stationary Time Series. In *Statistics in Volcanology. Special Publications of IAVCEI* (pp. 129–143). <https://doi.org/10.1137/1.9780898717822>.
2. Perraudin, N., & Vandergheynst, P. (2017). Stationary Signal Processing on Graphs. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 65(13), 3462–3477. <https://doi.org/10.1109/TSP.2017.2690388>.
3. Hammond, J. K., & White, P. R. (1996). The analysis of non-stationary signals using time-frequency methods. *Journal of Sound and Vibration*, 190(3), 419–447. <https://doi.org/10.1006/jsvi.1996.0072>.
4. Gramfort, A., Strohmeier, D., Haueisen, J., Hämäläinen, M. S., & Kowalski, M. (2013). Time-frequency mixed-norm estimates: Sparse M/EEG imaging with non-stationary source activations. *NeuroImage*, 70, 410–422. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.12.051>.
5. Blei, D., Carin, L., & Dunson, D. (2010). Probabilistic topic models. *IEEE Signal Processing Magazine*, 27(6), 55–65. <https://doi.org/10.1109/MSP.2010.938079>.
6. Uma Maheswari, R., & Umamaheswari, R. (2017, February 15). Trends in non-stationary signal processing techniques applied to vibration analysis of wind turbine drive train – A contemporary survey. *Mechanical Systems and Signal Processing*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2016.07.046>.
7. Abdi, H. (2010). Signal detection theory. In *International Encyclopedia of Education* (pp. 407–410). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.01364-6>.
8. Wu, Z., Huang, N. E., Long, S. R., & Peng, C.-K. (2007). On the trend, detrending, and variability of nonlinear and nonstationary time series. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(38), 14889–14894. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701020104>.
9. Коваль А. О., Коваль О. А. Просторово розподілені інтелектуальні вимірювальні інформаційні системи: монографія. Харків : Лідер, 2017. 146 с.
10. МИ 1317-2004 ГСИР. Видання. Результати и характеристики погрешности измерений.

- Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров. [Чинний від 2004-12-20]. Вид. офіц. Москва, 2004. 53 с. (Інформація та документація).
11. Mackenzie, E. a., Crossey, J., dePablo, a., Ferguson, W., De Pablo, a, & Ferguson, W. (2010). On-line monitoring and diagnostics for power transformers. *Conference Record of the 2010 IEEE International Symposium on Electrical Insulation (ISEI)*, San Diego, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ELINSL.2010.5549734>
  12. Hu, K., Ivanov, P. C., Chen, Z., Carpena, P., & Stanley, H. E. (2001). Effect of trends on detrended fluctuation analysis. *Physical Review E - Statistical Physics, Plasmas, Fluids, and Related Interdisciplinary Topics*, 64(1), 19. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.64.011114>
  13. Коваль О. А. Вдосконалення методів визначення динамічних характеристик вимірювальних каналів тиску : дис. ... канд. техн. наук : 05.01.02. Харків. 2016. 224 с.
  14. Коваль А. О., Полярус О. В., Коваль О. А. Використання методу шумів та online діагностики для вдосконалення метрологічного забезпечення на техногенно небезпечних об'єктах. *Вісник НТУ "ХПИ"*. Харків, 2015. № 35. С. 152–156.
  15. Коваль А. О. Нормування і визначення динамічних характеристик вимірювального каналу тиску. *Метрологія, інформаційно-вимірительні технології і системи (МІИТС-2017)* : тези доп. VI міжн. наук.-практ. конф. ( м. Харків, 24-25 жовтня). 2017. С. 68-69.
  16. Коваль О. А. Актуальні проблеми побудови просторово-розподілених інтелектуальних вимірювальних інформаційних систем. *Метрологія, інформаційно-вимірительні технології і системи (МІИТС-2017)* : тези доп. VI міжн. наук.-практ. конф. ( м. Харків, 24-25 жовтня). 2017. С.156.
  17. Iba, H., & Aranha, C. C. (2012). Trend analysis. In *Adaptation, Learning, and Optimization* (Vol. 11, pp. 123–140). Springer Verlag. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-27648-4\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-642-27648-4_5).
  18. Kovács, G., Bakos, G., & Noyes, R. W. (2005, January 11). A trend filtering algorithm for wide-field variability surveys. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2004.08479.x>.
  3. Hammond, J. K., & White, P. R. (1996). The analysis of non-stationary signals using time-frequency methods. *Journal of Sound and Vibration*, 190(3), 419–447. <https://doi.org/10.1006/jsvi.1996.0072>.
  4. Gramfort, A., Strohmeier, D., Hauelsen, J., Hämäläinen, M. S., & Kowalski, M. (2013). Time-frequency mixed-norm estimates: Sparse M/EEG imaging with non-stationary source activations. *NeuroImage*, 70, 410–422. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.12.051>
  5. Blei, D., Carin, L., & Dunson, D. (2010). Probabilistic topic models. *IEEE Signal Processing Magazine*, 27(6), 55–65. <https://doi.org/10.1109/MSP.2010.938079>.
  6. Uma Maheswari, R., & Umamaheswari, R. (2017, February 15). Trends in non-stationary signal processing techniques applied to vibration analysis of wind turbine drive train – A contemporary survey. *Mechanical Systems and Signal Processing*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2016.07.046>.
  7. Abdi, H. (2010). Signal detection theory. In *International Encyclopedia of Education* (pp. 407–410). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.01364-6>.
  8. Wu, Z., Huang, N. E., Long, S. R., & Peng, C.-K. (2007). On the trend, detrending, and variability of nonlinear and nonstationary time series. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(38), 14889–14894. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701020104>.
  9. Koval A. O., Koval O. A. (2017). Prostorovo rozpodileni intelektualni vimiruvalni informacijni sistemy [Spatially distributed intelligent measurement information systems] : monografija. Kharkiv : Lider, 146 [in Ukrainian].
  10. MI 1317-2004 GSIR. (2004). Resultaty i charakteristiki pogrechnosti izmerenij. Formi predstavlenija. Sposobi ispolzovanija. [Results and characteristics of measurement error. Forms of representation. Methods of use when testing product samples and monitoring their parameters]. Moskau : Federal State Unitary Enterprise All-Russian Research Institute of Metrological Service, 53. [in Russian].
  11. Mackenzie, E. a., Crossey, J., dePablo, a., Ferguson, W., De Pablo, a, & Ferguson, W. (2010). On-line monitoring and diagnostics for power transformers. *Conference Record of the 2010 IEEE International Symposium on Electrical Insulation (ISEI)*, San Diego, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ELINSL.2010.5549734>.
  12. Hu, K., Ivanov, P. C., Chen, Z., Carpena, P., & Stanley, H. E. (2001). Effect of trends on detrended fluctuation analysis. *Physical Review E - Statistical Physics, Plasmas, Fluids, and Related Interdisciplinary Topics*, 64(1), 19. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.64.011114>.
  13. Koval A. O. (2016). Wdoskonalenja metodiv

### References

1. Nason, G. P. (2006). Stationary and Non-stationary Time Series. In *Statistics in Volcanology. Special Publications of IAVCEI* (pp. 129–143). <https://doi.org/10.1137/1.9780898717822>.
2. Perraudin, N., & Vandergheynst, P. (2017). Stationary Signal Processing on Graphs. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 65(13), 3462–3477. <https://doi.org/10.1109/TSP.2017.2690388>.

- wiznachenja dinamicnich characteristik wimiruvalnich canaliv tisku. [Improvement of methods for determining the dynamic characteristics of measuring channels of pressure] : dis. ... cand. techn. nauk : 05.01.02. Khakiv. 224 [in Ukrainian].
14. Koval A. O., Poljarus O. V., Koval O. A. (2015). Wikoristanja metodu schumiv ta online diagnostiki dlja wdoskonalenja metrologichnogo zabezpechnja na technogenno-nebezpechnich objektach. [Using the method of noise and online diagnostics to improve metrological support on technogenically hazardous objects]. *Visnik NTU KHPI, Kharkiv : KHPI, №35*, 152-156 [in Ukrainian].
15. Koval A. O. (2017). Normuvanja i wiznachenja dinamicnich charecteristik wimiruvalnogo canalu tisku. [The standardization and definition of dynamic characteristics of the pressure measuring channel]. *Metrologija, informacionno-izmeritelnie tehnologii i sistemi (MIITS). Kharkov national university of radioelectronics, National scientific centre "Institute of metrology" Kharkiv, (24-25 october 2017)*, 68-69 [in Ukrainian].
16. Koval A. O. (2017). Actualni problemi pobudowi prostorovo-rozpodilenich intelektualnich wimiruvalnich informacijnich sistem. [Actual problems of construction of spatially-distributed intellectual metering information systems]. *Metrologija, informacionno-izmeritelnie tehnologii i sistemi (MIITS). Kharkov national university of radioelectronics, National scientific centre "Institute of metrology" Kharkiv, (24-25 october 2017)*, 156 [in Ukrainian].
17. Iba, H., & Aranha, C. C. (2012). Trend analysis. In *Adaptation, Learning, and Optimization* (Vol. 11, pp. 123–140). Springer Verlag. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-27648-4\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-642-27648-4_5).
18. Kovács, G., Bakos, G., & Noyes, R. W. (2005, January 11). A trend filtering algorithm for wide-field variability surveys. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2004.08479.x>.

**Коваль Андрій Олександрович**<sup>1</sup>, к.т.н., доцент каф. метрології та безпеки життєдіяльності, тел. +380686062067, koval\_andrey79@ukr.net,  
**Мінка Сергій Володимирович**<sup>1</sup>, к.т.н., доц., доцент каф. метрології та безпеки життєдіяльності, тел. +380503014485, metrologija@ukr.net,  
<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

#### **Анализ нестационарности выходного сигнала измерительного канала давления технически сложных объектов**

**Аннотация.** Приведенные результаты исследований нестационарности выходного сигнала измерительного канала давления на

технически сложных объектах Рассмотрены источники нестационарности выходных сигналов измерительных каналов давления и приведена методика ее устранения.

**Ключевые слова:** измерительный канал давления; нестационарный сигнал; технологический процесс; технически сложный объект.

**Коваль Андрей Александрович**<sup>1</sup>, к.т.н., доцент каф. метрологии и безопасности жизнедеятельности, тел. +380686062067, koval\_andrey79@ukr.net,

**Минка Сергей Владимирович**<sup>1</sup>, к.т.н., доц., доцент каф. метрологии и безопасности жизнедеятельности, тел. +380503014485, metrologija@ukr.net,

<sup>1</sup>Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, 61002, Украина, г. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25.

#### **Analysis of the nonstationarity of the original signal of the measuring channel of the crowding of technically complex objects**

**Annotation. Problem.** Technically complex facilities such as nuclear, thermal, hydroelectric and the like occupy an important place in industrial production. Their main feature is that they operate continuously and to control technological processes as well as diagnose their technical condition using multi-parameter spatially distributed measuring information systems. In general, the output signal of such measuring systems is stationary. But in the process of dynamically changing the load on the object, its technological regimes also change. This leads to the appearance of nonstationarity of the output signals of the measuring systems. In this case, the stationarity interval is reduced from tens of minutes to hundreds of milliseconds. At the input of control systems and diagnostics received measurement data that are non-stationary in nature. This is especially true for pressure measuring channels. Thus, there is the problem of eliminating the non-stationarity of the output signals of the pressure measuring channels. At present, the main method of eliminating nonstationarity in pressure measuring channels is the method of averaging output signals over the entire time interval of measurements. But this in turn leads to an increase in inertia and a decrease in the accuracy of control and diagnostic systems. In addition, there appear "dead" zones in the robot of diagnostic systems as a result of smoothing peaks and steps in the output signals of object measurement information systems. All this together requires the search for more effective methods of eliminating the non-stationarity of the output signals of multi-parameter spatially distributed measuring information systems of technically complex objects.

**Purpose.** Analysis of the nonstationarity of the output signal of the pressure channel to improve the accuracy and reliability of pressure measurements due to preliminary statistical processing in the measurement process. **Methodology.** The analytical method is the

method of statistical processing of large data arrays of current measurements. The analysis methods are the analysis of the signal in the time and frequency obdastiah. **Result.** The analysis of the nonstationarity of the output signal of the pressure channel using Data Mining technology has allowed us to develop a method for searching large amounts of current measurements of unobvious, objective patterns, periodicities, trends, stationarity intervals, as well as checking them on new measuring kits. **Original.** The developed method of eliminating the nonstationarity of the output signal of the pressure measuring channel can be implemented in object intellectual measuring information systems. Its use in the process of current pressure measurements allows to reduce the dynamic error and, thereby, increase the reliability of measurements. **Practical value.** The obtained results of the analysis of the

nonstationarity of the output signal of the pressure measuring channel can be used in the modeling and design of measuring information systems of technically complex objects.

**Keywords:** pressure measuring channel; non-stationary signal; technological process; technically complex object.

**Koval Andrii**<sup>1</sup>, Ph.D., Assoc. Prof. Department Metrology and Life Safety, tel. +380686062067, koval\_andrey79@ukr.net,

**Minka Sergey**<sup>1</sup>, Ph.D., Assoc. Prof. Department Metrology and Life Safety, tel. +380503014485, metrologija@ukr.net,

<sup>1</sup>Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslav Mudry street, Kharkiv, 61002, Ukraine.