

6. Телеснин, Р. В. Молекулярная физика [Текст] / Р. В. Телеснин. – М. : Высшая школа, 1965. – 297 с.
7. Кругляков, П. М. Физическая и коллоидная химия : учебное пособие [Текст] / П. М. Кругляков, Т. Н. Хаскова. – М. : Высшая школа, 2005. – 319 с.

References

1. Orlova, N. Ya., Belins'ka, S. O. (2005). Zamorozheni plodoovochevi producty: problemi formuvannya assortymenty i yakosti [Frozen vegetables products: problems and quality product range]. Kyiv, Ukraine: Kyiv National University of Trade and Economics, 336.
2. Skuryhyna, I. M., Tutelyana, V. A. (Eds.) (1998). Rukovodstvo po methodan analysa kachestva i bezopasnosti pishevikh productov [Manual methods of quality and food safety]. Moscow: Brandes; Medicine, 45–67.
3. Orlova, N. Ya., Ponomarev, P. Kh. (2007). Prodovolchi tovary. Fructy, yagody, ovochi, griby ta producty

ih pererobki [Frozen vegetables products: problems and quality product range]. Kyiv, Ukraine: Kyiv National University of Trade and Economics, 416.

4. Khomich, G. P., Tkach, N. I. (2009). Viktoristannya dikorosloї sirovini dlya zabezpechennya harchovoi produktsii BAR [The use of wild raw materials for the food BAP]. Poltava, Ukraine: Poltava University of Consumer Cooperatives in Ukraine, 159.

5. Dibrivs'ka, N. V. (2009). Tehnologiya funktsionalnih napivfabrikativ dobavok iz dikoroslih yagid s vikoristannyam obrobki y zminnomu elektromagnitnomu poli [Technology of the semi functional additives with berries processing using an alternating electromagnetic field]. Kyiv, 224.

6. Telesnin, R. V. (1965). Molekulyarnaya physica [Molecular physics]. Vischa Schola, 297.

7. Kruglyakov, P. M., Haskovo T. N. (2005). Physicheskaya i kolloidnaya khimia [Physical and Colloid Chemistry]. Moscow, Russia: High School, 319.

Дата надходження рукопису 26.01.2015

Погожих Микола Іванович, доктор технічних наук, професор, кафедра енергетики і фізики, Харківський державний університет харчування та торгівлі, вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051

E-mail: laboratory119@mail.ru

Одарченко Андрій Миколайович, доктор технічних наук, доцент, кафедра товарознавства, управління якістю та екологічної безпеки, Харківський державний університет харчування та торгівлі, вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051

Одарченко Дмитро Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра товарознавства, управління якістю та екологічної безпеки, Харківський державний університет харчування та торгівлі, вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051

УДК 504.4.054

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.37207

УТОЧНЕНИЕ ПОНЯТИЯ «МАКСИМАЛЬНО ЗАГРЯЗНЕННАЯ ЧАСТЬ ПОТОКА ВОДЫ» В ЗАДАЧАХ РАСЧЕТА ДОПУСТИМОГО СБРОСА СТОЧНЫХ ВОД В ВОДОТОК

© Н. И. Адаменко, О. А. Проскурнин

В статье поднимается вопрос о формализации понятия «максимально загрязненной части потока воды» в задачах расчета допустимого сброса сточных вод в водотоки. Предлагается в качестве максимально загрязненной части потока рассматривать окрестность точки экстремального загрязнения, в которую попадает заданный процент вещества, поступающего от источника загрязнения. Приводится пример использования предлагаемого подхода в задаче расчета допустимого сброса сточных вод

Ключевые слова: сточные воды, максимально загрязненная часть потока, контрольный створ, плотность распределения, допустимая концентрация

The problem of formalizing the concept of "maximally contaminated part of the water flow" in the task of allowable discharge calculating of wastewater into watercourses is considered in the article. It is proposed to consider a neighborhood of point of extreme pollution, which gets a specified percentage of the substance coming from the source of contamination, as the most polluted part of the flow. An example of the use of proposed approach to the problem of calculating the allowable discharge of wastewater is given.

Keywords: wastewater, most polluted part of the flow, monitoring section, distribution density, allowable concentration

1. Введение

Загрязнение водных объектов (ВО) Украины, в частности, рек сточными водами (СВ) является одной из наиболее острых экологических проблем. С целью

регулирования данного процесса и недопущения чрезмерного загрязнения ВО для предприятий-водопользователей разрабатываются и утверждаются предельно допустимые сбросы (ПДС) загрязняющих

веществ, поступающих в ВО со СВ [1]. ПДС представляет собой допустимую массу загрязняющего вещества, сброс которой в ВО не приводит в превышению предельно допустимых концентраций (ПДК) в контрольном створе (КС). В водотоках КС – это поперечное сечение на заданном удалении от выпуска СВ. Согласно «Инструкции по разработке ПДС...» [2], в случае неполного разбавления СВ водой ВО качество воды в КС по каждому показателю определяется по максимально загрязненной части потока. Поскольку загрязнение воды происходит пространственно неравномерно, то является актуальной формализация самого понятия «максимально загрязненная часть потока».

2. Постановка проблемы

Методология экспериментального определения максимальной загрязненности изложена в [3] и не вызывает возражения.

Для нахождения расчетного значения максимальной концентрации определяется кратность разбавления СВ, равная

$$n = \frac{C_{ст} - C_{фон}}{C_{max} - C_{фон}}, \quad (1)$$

где $C_{ст}$ – концентрация вещества в СВ, мг/дм³; C_{max} – расчетная максимально загрязненная концентрация в КС, мг/дм³; $C_{фон}$ – концентрация вещества в фоновом створе (ФС) выше выпуска СВ, мг/дм³.

В качестве максимально загрязненной части потока принято рассматривать часть потока с расходом $n \cdot q$, где q – расход СВ. Т. е. условно предполагается, что частицы вещества «подтягиваются» к точке максимального загрязнения (рис. 1).

Однако если даже предположить идеально точный расчет кратности разбавления СВ водой ВО, то концентрация C_{max} будет достигнута лишь в экстремальной точке, и потому не имеет смысла приписывать ее целой части потока.

Целью данной работы является выработка предложений по уточнению понятия «максимально загрязненная часть потока воды» в водотоке при расчете ПДС.

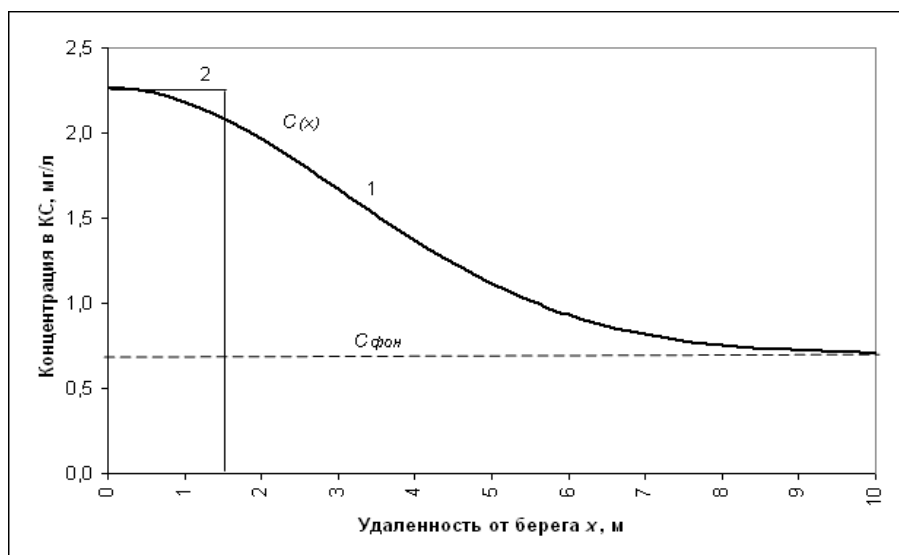


Рис. 1. Распространение вещества вдоль КС: 1 – реальное распределение; 2 – условное распределение

3. Литературный обзор

В рамках поставленной цели предлагается в качестве расчетной максимально загрязненной части потока рассматривать некоторую окрестность экстремума функции $C(x)$, в которую попадает заданный процент вещества. А в качестве максимальной концентрации брать среднюю концентрацию в данной окрестности:

$$C_{max} = \frac{1}{d_2 - d_1} \cdot \int_{d_1}^{d_2} C(x) dx, \quad (2)$$

где d_1, d_2 – границы окрестности экстремальной точки вдоль КС, м.

С этой целью пространственное распределение вещества удобно рассматривать с точки зрения вероятностного распределения [4, 5]. Наиболее удобно данный подход реализовать на базе расчета кратности разбавления методом Таллинского

политехнического института (ТПИ) [6] и при следующих допущениях:

- 1) рассматривается плоская задача (т. е. игнорируется изменение глубины водотока вдоль КС);
- 2) игнорируется самоочищение воды водотока;
- 3) выпуск береговой; при этом полагается, что загрязняющее вещество в КС не доходит до противоположного берега.

4. Методика расчета допустимой концентрации вещества в сточной воде

Метод ТПИ основан на том, что функция $C(x)$ приближенно имеет вид плотности нормального распределения:

$$f = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \cdot \exp\left(-\frac{(x-X)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (3)$$

где X , σ – параметры распределения (соответственно математическое ожидание и среднеквадратичное отклонение).

Таким образом, в случае берегового выпуска можно записать

$$C(x) = C_{\max} \cdot \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) + C_{\text{фон}}, \quad (4)$$

где C_{\max} – максимальная концентрация.

Согласно [6]:

$$C_{\max} = C_{\text{фон}} + \frac{C_{\text{см}} \cdot q}{H \cdot \sqrt{\pi} \cdot v \cdot D \cdot l \cdot \Phi(\zeta \sqrt{2})}, \quad (5)$$

где $C_{\text{см}}$ – концентрация вещества в СВ, мг/дм³; D – коэффициент поперечной дисперсии, м/с²; l – расстояние от выпуска до КС, м; H – средняя глубина водотока в КС, м; v – скорость течения, м/с; $\zeta = B \cdot \sqrt{v} / (2 \cdot \sqrt{D \cdot l})$, где B – ширина реки, м; Φ – функция Лапласа:

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^x \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt. \quad (6)$$

Параметр σ определяется характеристиками сброса СВ. Для его определения удобно принять $C_{\text{фон}}=0$. В этом случае масса вещества, проходящая в единицу времени через участок dx , будет равна

$$dM = C \cdot H \cdot v \cdot dx, \quad (7)$$

а вся масса вещества, проходящая в единицу времени через КС, равна

$$M = \int_0^B dM = H \cdot v \cdot \int_0^B C(x) dx. \quad (8)$$

Заменив B на ∞ (в силу 3-го допущения) и в силу того, что интеграл от плотности распределения равен 1, можно записать:

$$\begin{aligned} M &= H \cdot v \cdot \int_0^{\infty} C_{\max} \cdot \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) dx = \\ &= H \cdot v \cdot C_{\max} \cdot \sqrt{2\pi} \cdot \sigma \int_0^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \cdot \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) dx = \\ &= \frac{1}{2} \cdot H \cdot v \cdot C_{\max} \cdot \sqrt{2\pi} \cdot \sigma \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \cdot \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) dx = \\ &= \frac{1}{2} H \cdot v \cdot C_{\max} \cdot \sqrt{2\pi} \cdot \sigma. \end{aligned} \quad (9)$$

С другой стороны

$$M = C_{\text{см}} \cdot q. \quad (10)$$

Сопоставляя (9) и (10):

$$\sigma = \frac{\sqrt{2} \cdot C_{\text{см}} \cdot q}{H \cdot v \cdot C_{\max} \cdot \sqrt{\pi}}. \quad (11)$$

С учетом (5):

$$\sigma = \frac{\sqrt{2 \cdot D \cdot l} \cdot \Phi(\zeta \sqrt{2})}{\sqrt{v}}. \quad (12)$$

Как видно из (12), среднеквадратичное отклонение не зависит от концентрации вещества в СВ и расхода СВ.

В силу допущения о нормальном законе распределения загрязняющего вещества вдоль КС величина d находится из уравнения

$$\Phi\left(\frac{d}{\sigma}\right) = \frac{p}{2}, \quad (13)$$

где p – часть от общего расхода СВ, формирующая максимально загрязненную часть потока.

Средняя концентрация в максимально загрязненной части потока будет равна

$$\begin{aligned} C_{\max, \text{cp}} &= \frac{1}{d} \cdot \int_0^d C(x) \cdot dx = \\ &= \frac{1}{d} \cdot C_{\max} \cdot \sqrt{2\pi} \cdot \sigma \cdot \int_0^d \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \cdot \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) dx = \\ &= \frac{1}{d} \cdot C_{\max} \cdot \sqrt{2\pi} \cdot \sigma \cdot \Phi\left(\frac{d}{\sigma}\right). \end{aligned} \quad (14)$$

С учетом (11), (13) а также с учетом фонового загрязнения:

$$C_{\max, \text{cp}} = \frac{C_{\text{см}} \cdot q \cdot p}{d \cdot H \cdot v} + C_{\text{фон}}. \quad (15)$$

Если в левую часть уравнения (15) подставить ПДК и решить его относительно $C_{\text{см}}$, то, таким образом, будет найдена допустимая концентрация вещества в СВ, обеспечивающая требуемую концентрацию в максимально загрязненной части потока воды в КС:

$$C_{\text{noc}} = \frac{(\text{ПДК} - C_{\text{фон}}) \cdot d \cdot H \cdot v}{2 \cdot q}. \quad (16)$$

5. Пример расчета

Ниже приводится пример расчета, составленный на основе разработанного и утвержденного норматива сброса городских СВ г. Луцка в реку Стыр. В качестве показателя загрязнения в данном примере рассматривается биохимическое потребление кислорода – интегральный показатель, характеризующий количество растворенного кислорода, затрачиваемого на биохимическое окисление веществ, содержащихся в воде, за период 5 суток (БПК₅).

Расчетные условия для установления допустимой концентрации БПК₅ в СВ были приняты следующие [7]:

- расход воды в ФС $Q_{\text{фон}}=4,95$ м³/с;
- расход СВ $q=0,311$ м³/с;
- величина БПК₅ в ФС: $C_{\text{фон}}=0,7$ мг/дм³;
- величина БПК₅ в СВ: $C_{\text{см}}=9$ мг/дм³;
- ПДК для БПК₅ (действующая на момент разработки нормативов): 2,26 мг/дм³ [8].

В работе [7] расчет допустимой концентрации был проведен в соответствии с действующей «Инструкцией» исходя из максимальной расчетной

концентрации. Согласно расчету, кратность разбавления $n=1,85$. В этом случае максимально загрязненной частью потока формально считается поток с расходом $Q_{max}=n \cdot q=1,85 \cdot 0,311=0,577 \text{ м}^3/\text{с}$. Расчетная допустимая концентрация при этом будет равна $C_{ndc}=2,9 \text{ мг}/\text{дм}^3$, поскольку она обеспечивает в КС величину ПДК: $C_{max}=2,26 \text{ мг}/\text{дм}^3$.

Результат расчета по предлагаемой схеме следующий. Граница участка КС, в который попадает 25 % загрязняющего вещества, найденная из уравнения (13), составляет $d=0,98 \text{ м}$. Допустимая концентрация при этом будет равна $C_{ndc}=2,95 \text{ мг}/\text{дм}^3$, поскольку она

обеспечивает на данном участке среднюю величину на уровне ПДК $C_{max, ср}=2,26 \text{ мг}/\text{дм}^3$. В случае одного выпуска СВ (как в данном примере) разница между обоими значениями C_{ndc} относительно небольшая. Однако при расчете ПДС бассейновым принципом (как это требует «Инструкция по расчету ПДС...») и что не всегда соблюдается из-за ряда противоречий в водоохранном законодательстве) величина допустимой сбрасываемой массы загрязняющих веществ может существенно измениться. График пространственного распределения величины БПК₅ приведен на рис. 2.

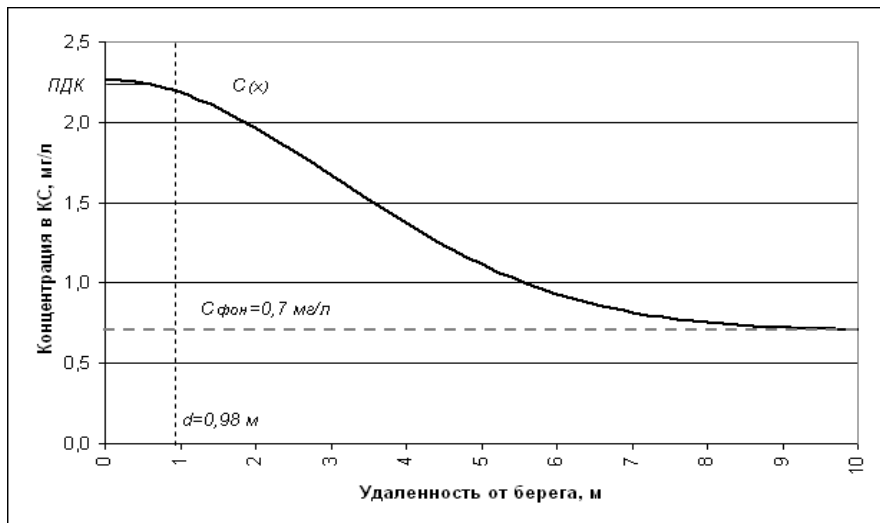


Рис. 2. Распространение величины БПК₅ в КС

6. Выводы

Таким образом, предлагаемый подход к определению понятия «максимально загрязненная часть потока воды» позволяет избежать чрезмерно жестких ограничений на состав СВ в случае неполного разбавления СВ водой ВО в КС. В случае расчета ПДС для большого участка бассейна, согласно «Инструкции по расчету ПДС...», это обеспечит более рациональное использование ассимилирующую способность ВО.

Следует отметить, что модель наложения концентраций (4), используемая в методе ТПИ и допускаемая действующей «Инструкцией по расчету ПДС...» (так называемая суперпозиция), не является строго адекватной реальному физическому процессу [9]. Предметом дальнейших исследований в данном направлении является решение задачи с использованием более сложных моделей формирования качества воды. В частности, с использованием метода Караушева, основанного на численном решении уравнения турбулентной диффузии [10].

Литература

1. Водный кодекс Украины [Текст] / К., Видавничий Дім «Ін Юре», 2004. – 138 с.
2. Інструкція про порядок розробки та затвердження гранично-допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти із зворотними водами [Текст] / Мінприроди України. – Київ, 1994. – 89 с.
3. Временные методические указания по проведению расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков [Текст] / Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 52 с.

4. SNA: Climate, Lakes and Rivers [Text] / The National Atlas of Sweden, Almqvist and Wiksell International, Stockholm, 1995.

5. Storm, B. Distributed physically based modelling of the entire land phase of the hydrological cycle [Text] / B. Storm, A. Refsgaard; in: M. B. Abbott, J. Ch. Refsgaard (Eds.) // Distributed Hydrological Modelling, Water Science and Technology Library. – 1996. – Vol. 22.

6. Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод [Текст] / под ред. А. В. Караушева. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 285 с.

7. Отчет о НИР «Разработка нормативов ПДС и ВСС веществ в водный объект со сточными водами для КП «Луцкводоканал» и предложений к плану мероприятий по достижению ПДС» [Текст] / Харьков, УкрНИИЭП, 2011. – 41 с.

8. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов [Текст] / Минрыбхоз СССР. – М., 1990. – 44 с.

9. Проскурнин, О. А. Проблемы нормирования водоотведения сточных вод в водотоки в случае неполного разбавления [Текст]: VII міжнар. конф. / О. А. Проскурнин // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: матеріали. – Харків, ВД „Пайдер“, 2012. – С. 228–234.

10. Sivapalan, M. IAHS Science Decade on Prediction in Ungauged Basins (PUB), 2003–2012: Shaping an exciting future for the hydrological sciences [Text] / M. Sivapalan, K. Takeuchi, S. Franks, D. Schertzer, P. E. O'Connell, V. K. Gupta, J. J. McDonnell, J. W. Pomeroy, S. Uhlenbrook, E. Zehe, V. Lakshmi // Hydrological Science Journal. – 2003. – Vol. 48, Issue 6. – P. 857–880. doi: 10.1623/hysj.48.6.857.51421

References

1. Vodnyj kodeks Ukrainy (2004). Kiev, Vidavnichij Dim "In Jure", 138.
2. Instrukcija pro porjadok rozrobky ta zatverdzhennja granychno-dopustymykh skydiv (GDS) rečovyn u vodni objekty iz zvorotnymy vodamy (1994). Minpryrody Ukrainy. Kyiv, 89.
3. Vremennye metodicheskie ukazaniya po ppovedeniju paschetov fonovykh koncentracij himicheskikh veshhestv v vode vodotokov (1983). Lviv: Gidrometeoizdat, 52.
4. SNA: Climate, Lakes and Rivers (1995). The National Atlas of Sweden, Almqvist and Wiksell International, Stockholm.
5. Storm, B., Refsgaard, A.; in: Abbott, M. B., Refsgaard, J. Ch. (Eds.) (1996). Distributed physically based modelling of the entire land phase of the hydrological cycle. Distributed Hydrological Modelling, Water Science and Technology Library, 22.
6. Karashev, A. V. (Ed.) (1987). Metodicheskie osnovy ocenki i reglamentirovaniya antropogennogo vlijanija na kachestvo poverhnevih vod. Lvov: Gidrometeoizdat, 285.
7. Otchet o NIR «Razrabotka normativov PDS i VSS veshhestv v vodnyj ob'ekt so stochnymi vodami dlja KP «Luckvodokanal» i predlozhenij k planu meroprijatij po dostizheniju PDS» (2011). Kharkov, UkrNIIJeP, 41.
8. Obobshhennyj perechen' predel'no dopustimykh koncentracij (PDK) i orientirovochno bezopasnykh urovnej vozdejstvija (OBUV) vrednykh veshhestv dlja vody rybohozajstvennykh vodoemov (1990). Minrybhoz SSSR. Moscow, 44.
9. Proskurnin, O. A. (2012). Problemy normirovaniya vodootvedeniya stochnykh vod v vodotoki v sluchae nepolnogo razbavlenija. Ekologichna bezpeka: problemi i shljahi virishennja: materiali. Kharkiv, VD „Rajder”, 228–234.
10. Sivapalan, M., Takeuchi, K., Franks, S., Schertzer, D., O'Connell, P. E., Gupta, V. K., McDonnell, J. J., Pomeroy, J. W., Uhlenbrook, S., Zehe, E., Lakshmi, V. (2003). IAHS Science Decade on Prediction in Ungauged Basins (PUB), 2003–2012: Shaping an exciting future for the hydrological sciences. Hydrological Science Journal, 48 (6), 857–880. doi: 10.1623/hysj.48.6.857.51421

Дата надходження рукопису 20.01.2015

Адаменко Николай Игоревич, доктор технических наук, доцент, кафедра теоритической ядерной физики и высшей математики им. О. И. Ахизера, Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина, пл. Свободы, 4, г. Харьков, Украина, 61022

E-mail: nikolajadamenko@mail.ru

Проскурнин Олег Аскольдович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Лаборатория проблем формирования, регулирования качества вод и информационного обеспечения экологического менеджмента, НДУ «Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем», ул. Бакулина, 6, г. Харьков, Украина, 61166

E-mail: oaproskurnin@mail.ru

УДК 004.4

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.37461

ТЕХНИКА ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ В ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОЭФФИЦИЕНТА РАНГОВОЙ КОРРЕЛЯЦИИ КЕНДАЛЛА

© А. А. Сытник

В данной статье представлена техника обнаружения аномалий в производительности веб-приложений с использованием коэффициента ранговой корреляции Кендалла. Описаны теоретические этапы и проведено имитационное моделирование по определению аномалий в производительности веб-приложения. Данная техника дает возможность обнаружить аномалию производительности ВП, на основе корреляционной связи между величинами, но она не даст информации о том, где именно в исходном коде аномалия возникла и по какой причине

Ключевые слова: обнаружение аномалий, веб-приложения, коэффициента ранговой корреляции Кендалла

This article presents the anomaly detection technique in web applications performance using Kendall's rank correlation coefficient. Theoretical stages are described and simulation modeling to detect such anomalies in web applications performance is conducted. This technique makes possible to detect performance anomaly for web applications, based on correlation relationships between variables, but it doesn't give any details on where exactly the anomaly occurred in the source code and why

Keywords: anomaly detection, web applications, Kendall's rank correlation coefficient

1. Введение

Веб-приложения (ВП) подпадают под класс критически важных бизнес приложений. Они используются в разных организациях как часть бизнес процесса, поэтому сценарии спада произ-

водительности, аномалии в работе и недоступности приложения негативно влияют на качестве предоставляемых услуг. Под аномалиями подразумевают закономерности в работе модулей, которые не вписываются в нормальное поведение приложения.