виробництв, ресторанного господарства і торгівлі : Міжнародна науково-практична конференція присвячена 40-річчю ХДУХТ, 17 жовтня 2007 р. – Харків, 2007. – С. 181-182. **5.** *Fauzi. A.* (2014). Quality of furniture. Jengka. Pahang. **6.** *Дюкарева Г. І.* Порівняння споживчих якостей тканин, що використовуються для оздоблювання м'яких меблів [Текст] / Г. *І. Дюкарева, В. О. Акмен, Н. О. Стрікова* // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. Наук. праць / ХДУХТ. – Х, 2007. – № 1. – С.340-345. **7.** *Sudin. D. R.* (1998). Testing Services Provided by FRIM Which Are Accredited By ISO 17025. Runiture Testing Laboratory. 1-37. **8.** *Izzah Azimah Binti.* (2014). Furniture technology Universiti teknologi mara (UiTM) Jengka Pahang: http://www.slideshare.net/izzahnoah/furniture-quality. **9.** *Толбатов Ю. А.* Загальна теорія статистики засобами EXCEL [Текст] : навчальний посібник / *Ю. А. Толбатов* // Четверта хвиля. – К, 1999. – 224 с. **10.** *Guerriero, F., De Rango, F., Marano, S. & Bruno, E.* (2009). A biobjective optimization model for routing in mobile ad hoc networks, Applied Mathematical Modelling 33(3): 1493–1512. **11.** *Парнаев А. Ю.* Использование MS EXCEL и VBA в экономике и финансах [Текст] / *А. Ю. Парнаев*. – СПБ.: БХВ – Санкт-Петербург, 1999. – 336 с. **12.** *Mieke Boon* (2008). Diagrammatic Models in the Engineering Sciences. Foundations of Science 13 (2):127-142. **13.** *Colleen Murphy, Paolo Gardoni & Charles Harris* (2011). Classification and Moral Evaluation of Uncertainties in Engineering Modeling. Science and Engineering Ethics 17 (3):553-570.

Bibliography (transliterated): 1. *Logynova G.* (2007). Soft furniture: the classics and innovation. Secretary-reviewer, January, 47. **2.** *Anur'ev S., Sutyryn O.* (2005). Analysis of basic tendencies on world and rosyyskykh furnitures markets. Management by a company, № 4, 45-52. **3.** *Lyons. R. (n.d.).* Restlife. Net. Retrieved from Underdtanding the basics of wood. Furniture specification and construction techniques: http://reslife.net/html/facilities_0400a.html. **4.** *Dyukareva G. I., Akmen V. A., Panchenko K. I.* (2007). Expert estimation of consumers properties of standards of soft furnitures. Strategic directions of development of ente. rprises of food productions restaurant economy and trade. Kharkov: An international naukovvo-prraktichna conference is devoted to 40-to the years KHDUKHT, 181-182. **5.** *Fauzi. A.* (2014). Quality of furniture. Jengka. Pahang. **6.** *Dyukareva G. I., Akmen V. A., Strykova N. O.* (2007). Comparison of consumers internalss of fabrics which are used for finishing of soft furnitures. Progressive technician and technology of food productions of restaurant economy and trade. Kharkov : Collection of scientific labours KHDUKHT, № 1, 340-345. **7.** *Sudin. D. R.* (1998). Testing Services Provided by FRIM Which Are Accredited By ISO 17025. Runiture Testing Laboratory. 1-37. **8.** *Izzah Azimah Binti.* (2014). Furniture technology Universiti teknologi mara (UiTM) Jengka Pahang: http://www.slideshare.net/izzahnoah/furniture-quality. **9.** *Tolbatov YU. A.* (1999). General theory of statistics by facilities of EXCEL. Fourth wave, 224. **10.** *Guerriero, F., De Rango, F., Marano, S. & Bruno, E.* (2009). A biobjective optimization model for routing in mobile ad hoc networks, Applied Mathematical Modelling 33(3): 1493–1512. **11.** *Parnaev A. YU.* (1999). Use of MS EXCEL and VBA in an economy and finances. Saint Petersburg: BKHV, 336. **12.** *Mieke Boon* (2008). Diagrammatic Models in the Engineering Sciences. Foundations of Science 13 (2):127-142. **13.** *Colleen Murphy, Paolo Gardoni & Charles Harris* (2011). Classification and Moral Evaluation of Uncertainties in Engineering Modeling. Science and Engineering Ethics 17 (3):553-570.

Надійшла (received) 10.10.2014

УДК 519.872

С. В. ПУСТОВА, канд. техн. наук, докторант, Національний авіаційний університет, Київ

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ $GI/G/c/0/L//G$ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

Використовуючи метод Монте-Карло, було розроблено алгоритм моделювання СМО типу $GI/G/c/0/L//G$, тобто багатоканальної системи обслуговування із загальним вхідним

потоком вимог, загальними часами обслуговування, орбітою обмеженої ємності та загальним розподілом інтервалів часу між надходженнями повторних вимог до системи з орбіти. Наведено розроблений алгоритм статистичного моделювання залежності кількості вимог в системі масового обслуговування типу $GI/G/c/0/L//G$ від часу. Зобр.: 2. Бібліогр.: 13 назв.

Ключові слова: теорія масового обслуговування, статистичне моделювання, системи з поверненням вимог, повторні виклики

Вступ. Близько 20 років тому почала розвиватись теорія масового обслуговування (ТМО) з поверненнями [1-6], тим самим надавши можливість використання нового математичного апарату для дослідження реальних систем. На практиці лише для деяких систем з поверненнями викликів вдається вивести придатні для обчислень аналітичні формули для деяких показників функціонування систем масового обслуговування (СМО). Однак існує універсальний метод обчислення подібних показників – метод Монте-Карло (статистичного моделювання) [5].

У наш час у ТМО та теорії статистики накопичені значні знання і створені методологічні передумови, які становлять базу для нашого дослідження. Різні аспекти ТМО висвітлені у роботах вчених: А. К. Ерланга, О. Я. Хінчина, С. Пальма, Б. В. Гнеденка, Д. Г. Кендалла, О. О. Боровкова, Д. Кокса, В. Сміта, С.Р. Чахарварті, В. М. Абрамова, Б. А. Севастьянова, І. М. Коваленка, Т. П. Мар'яновича, О. В. Коби, Є. О. Лебедєва, А. А. Чечельницького, Г. П. Клімова та багатьох інших [1-13].

Важливим розділом ТМО є теорія систем з повторними викликами. Такі системи характеризуються наступною поведінкою. Якщо виклик надійшов до системи, у якій усі канали обслуговування і місця для очікування зайняті, то він залишає систему на деякий випадковий проміжок часу, інакше кажучи, йде на орбіту, а потім знову повторює спроби отримати обслуговування. Важливість цього розділу ТМО обумовлена його широкими практичними застосуваннями [13].

Метою роботи є розробка статистичної моделі із подальшим дослідженням показників ефективності функціонування системи обслуговування з поверненням вимог.

Метод статистичного моделювання. Розглянемо рівняння:

$$y = f(x,t,\xi), \tag{1}$$

де y – параметр системи, який треба визначити, x – фазова змінна, t – час, ξ – випадковий параметр, закон розподілу якого нам відомий.

Якщо функція f істотно нелінійна, то для розв'язання даної задачі не існує універсальних методів розв'язання, і досить повно відпрацьовані регулярні методи пошуку оптимальних розв'язків можна застосувати лише для імітації використання математики, спрощення приведуть до серйозної втрати точності.

Однак, якщо вдається побудувати функцію $y = \varphi(\xi)$ і датчик випадкових чисел $\xi_1, \xi_2, ..., \xi_N$ із заданим законом розподілу, то значення y може бути обчислене як

$$y = \Sigma\varphi(\xi_i)/N, \tag{2}$$

де $\varphi(\xi_i)$ – значення *i*-ої реалізації.

Якщо $f(x, t, \xi)$ є аналітичною моделлю процесу перетворення інформації або технологічного процесу обробки деталі, то $\varphi(\xi)$ буде статистичною моделлю. Важливо те, що при побудові функції $y = \varphi(\xi)$ і датчика випадкових чисел $\xi_1, \xi_2, ..., \xi_N$ на папері в переважній більшості випадків досить легко реалізувати їх на комп'ютері у рамках відповідного програмного забезпечення. При цьому результати будуть містити похибку, але ця похибка менша, ніж похибки через спрощення в аналітичній моделі. Крім того, можна кількісно оцінити похибку при використанні статистичної моделі.

Цей прийом поширюється й на більш складні випадки, коли рівняння (1) містить не лише випадкові параметри, але й випадкові функції.

Після отримання на комп'ютері N реалізацій йде етап обробки статистики, що дозволяє розрахувати, поряд з математичним очікуванням (2) і інші параметри $\varphi(\xi)$, наприклад дисперсію.

У методі статистичних випробувань для отримання досить надійних результатів необхідно забезпечити велику кількість реалізацій N. Довірчий інтервал ε, довірча ймовірність α, дисперсія D і число реалізацій N пов'язані співвідношенням

$$\varepsilon = D / N\Phi^{-1}(\alpha),$$

де Φ^{-1} – функція, обернена до функції Лапласа.

На практиці можна використати співвідношення

$$N \le D / \varepsilon^2 * 6,76,$$

для $\alpha \ge 0,99$ приймаючи, з метою надійності, найбільше значення N зі співвідношення.

Оцінка дисперсії D може бути отримана попередньо за допомогою цієї ж статистичної моделі при кількості реалізацій $n, n << N$.

Найчастіше системи обслуговування моделюються як випадковий процес з дискретним часом $(X_n, n \ge 1)$, де X_n – вектор розмірності k, що містить інформацію про шукані характеристики системи обслуговування; n – деякі моменти часу, які обираються в залежності від задачі моделювання. Використовуючи метод Монте-Карло, було розроблено алгоритм статистичного моделювання СМО $GI / G / c / 0 / L / / G$.

Алгоритм моделювання залежності кількості вимог в системі $GI / G / c / 0 / L / / G$ від часу. Опишемо кроки розробленого алгоритму для моделювання системи $GI / G / c / 0 / L / / G$.

1. Задання початкових параметрів:

ω_λ – випадкова величина часу між надходженнями вхідних вимог, розподілена за обраним законом розподілу;

ω_μ – випадкова величина часу між обслуговуваннями вимог, розподілена за обраним законом розподілу;

ω_ν – випадкова величина часу між поверненнями, яка кожного разу приймає нові значення, розподілена за обраним законом розподілу;

c – кількість каналів обслуговування;

L – ємність орбіти;

$N_{\max}$ – кількість вимог, які надходять до системи.

2. Ініціалізація змінних:

$N_{zanC} = 0$ – кількість зайнятих каналів;

$N_i = 0$ – кількість вимог у системі;

$N_{obs} = 0$ – кількість вимог, які отримали обслуговування;

$N_{orb} = 0$ – кількість вимог на орбіті;

$Lost$ – кількість втрачених вимог;

$Tokobs_j$, $j = \overline{1,c}$ – моменти завершення обслуговування на j-му каналі обслуговування (моменти звільнення каналів обслуговування);

$Torb_k$, $k = \overline{1,L}$ – моменти надходження вимог з орбіти ємністю L;

3. До системи надходить перший виклик:

$$N_i = 1;\ t = \omega_\lambda;$$
$$j = 1;\ Tokobs_1 = t + \omega_\mu;\ N_{obs} = 1.$$

4. Початкове завантаження системи.

Перевіряємо чи надійшла до системи необхідна кількість вимог, тобто якщо $N_i = N_{\max}$, то припиняємо роботу алгоритму. В іншому ж випадку, продовжуємо.

Надходженя нової вимоги:

$$N_i = N_i + 1;\ t = t - \omega_\lambda.$$

4.1. Якщо хоча б один канал обслуговування вільний на момент надходження нової вимоги, тобто

$$N_{zanC} = \sum_{i=1}^{c} I\{Tokobs_i < t\} > 0,$$

де $I\{\cdot\}$ – індикаторна функція, то відбувається обслуговування виклику:

$$N_{obs} = N_{obs} + 1;$$
$$Tokobs_j = t - \omega_\mu,\ j = \min\{i \mid Tokobs_i < t, i = \overline{1,c}\}.$$

Переходимо до пункту 4.

4.2. В іншому випадку, тобто коли $N_{zanC} \le 0$, виклик йде на орбіту:

$$N_{orb} = N_{orb} + 1;\ Torb_1 = t - \omega_\nu.$$

Переходимо до пункту 5.

5. Основна частина алгоритму.

Перевіряємо чи надійшла до системи необхідна кількість вимог, тобто якщо

$N_i = N_{\max}$, то припиняємо роботу алгоритму. В іншому ж випадку, продовжуємо.

Генеруємо момент надходження первинного виклику:

$$N_i = N_i + 1,\ t = t - \omega_\lambda.$$

Перевіряємо наявність викликів на орбіті. Якщо

$$orb = I\{\forall Torb_l \neq 0, l = \overline{1, L}\} \neq 0,$$

де $I\{\cdot\}$ – індикаторна функція, тоді переходимо до пункту 5.1, в інакшому випадку – до пункту 4.

5.1. Перевіряємо, який виклик надійде першим: первинний чи з орбіти.

Якщо першим надійде первинний виклик, тобто

$$A = I\{t < Torb_{\min}\} \neq 0,\ Torb_{\min} = \min\{Torb_l \mid Torb_l \neq 0, l = \overline{1, L}\},$$

де $I\{\cdot\}$ – індикаторна функція, тоді переходимо до наступного пункту.

5.1.1. Перевіряємо, чи є вільні канали обслуговування, тобто

$$J = I\{t \geq Tokobs_{\min}\} \neq 0,\ Tokobs_{\min} = \min\{Tokobs_l, l = \overline{1, c}\}$$

де $I\{\cdot\}$ – індикаторна функція, тоді відбувається обслуговування виклику:

$$N_{obs} = N_{obs} + 1,$$

$$Tokobs_j = t - \ln(\omega)/\mu,\ j = \min\{l \mid Tokobs_l = Tokobs_{\min}, l = \overline{1, c}\}.$$

Переходимо до пункту 5.

5.1.2. Якщо вільних каналів обслуговування не існує, тобто

$$J = I\{t \geq Tokobs_{\min}\} = 0,\ Tokobs_{\min} = \min\{Tokobs_l, l = \overline{1, c}\},$$

тоді виклик йде на орбіту або втрачається.

5.1.2.1. Виклик йде на орбіту, якщо орбіта ще не заповнена, тобто

$$B = I\{\forall Torb_l = 0, l = \overline{1, L}\} \neq 0,$$

де $I\{\cdot\}$ – індикаторна функція, тоді

$$N_{orb} = N_{orb} + 1;\ Torb_k = t - \omega_\nu,\ k = \min\{l \mid Torb_l = 0, l = \overline{1, L}\}.$$

Переходимо до пункту 5.

5.1.2.2. Якщо ж орбіта заповнена, тобто $B = I\{\forall Torb_l = 0, l = \overline{1, L}\} = 0$, тоді виклик втрачається: $Lost = Lost + 1$.

Перехід на пункт 5.

5.2. Якщо ж першим надійде виклик з орбіти, тобто $A = I\{t > Torb_{\min}\} \neq 0$, $Torb_{\min} = \min\{Torb_l \mid Torb_l \neq 0, l = \overline{1, L}\}$, тоді переходимо до 5.2.1, в іншому випадку – до пункту 5.3.

5.2.1. Перевіряємо наявність вільних каналів обслуговування, тобто якщо $J = I\{\forall Tokobs_l \leq Torb_{\min}, l = \overline{1, c}\} \neq 0$, тоді відбувається обслуговування повернення:

$$N_{obs} = N_{obs} + 1;$$

$$Tokobs_j = Torb_{\min} - \omega_\mu,\ j = \min\{l \mid Tokobs_l \le Torb_{\min}, l = \overline{1,c}\};$$

$Torb_K = 0$, $K = \min\{l \mid Torb_l = Torb_{\min}, l = \overline{1,L}\}$ – виклик зник з орбіти.

Переходимо до пункту 5.2.

5.2.2. Якщо вільних каналів обслуговування немає, тобто $J = I\{\forall Tokobs_l \le Torb_{\min}, l = \overline{1,c}\} = 0$, тоді виклик повторно йде на орбіту:

$$Torb_k = Torb_k - \omega_\nu,\ k = \min\{l \mid Torb_l = Torb_{\min}, l = \overline{1,L}\}.$$

Переходимо до пункту 5.2.

5.3. Тепер, розглянувши усі повторні виклики, які надійшли до моменту t, розглянемо первинний виклик. Первинний виклик за наявності вільних каналів може отримати обслуговування і залишити систему, в іншому ж випадку – може піти на орбіту або стати втраченим. Тобто переходимо до пунктів 5.1.1 і 5.1.2.

Чисельні результати статистичного моделювання для системи типу $M/M/c/0/L//M$. Метод Монте-Карло зручний тим, що у розроблених статистичних моделях можна застосовувати різноманітні закони розподілу випадкових величин для потоків вимог: вхідного, обслуговування, потоку повернень. Оскільки часто для отримання найгірших оцінок використовують експоненціальний закон розподілу (який дозволяє отримати випадкові величини із великою розбіжністю), побудований алгоритм було запрограмовано та запущено на виконання із цим законом для часових інтервалів. За допомогою розробленого алгоритму можна спостерігати завантаженість, наприклад, системи $M/M/c/0/L//M$ (рис. 1, 2) в залежності від часу.

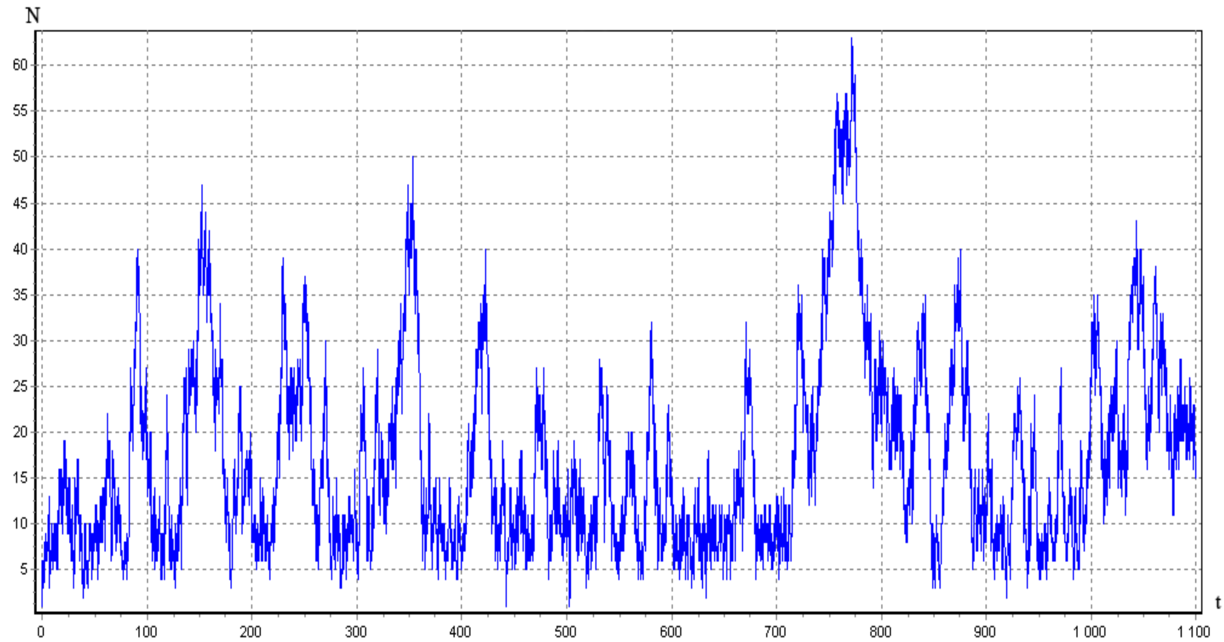

Рис. 1 – Залежність кількості вимог у системі від часу (для системи $M/M/10/0/L//M$)

Рис. 2 – Залежність кількості вимог у системі від часу (для системи $M/M/10/0/L//M$ при високому навантаженні)

Висновки. У статті розроблено алгоритм статистичного моделювання системи $GI/G/c/0/L//G$ – багатоканальної системи обслуговування із орбітою обмеженої ємності та загальним розподілом інтервалів час між надходженнями повторних вимог до системи з орбіти. Характерною особливістю розробленого алгоритму є те, що вхідний потік та потік обслуговування вважаються загальними.

Список літератури: **1.** *Artalejo J. R.* Accessible Bibliography on Retrial Queues: Progress in 2000-2009 / J. R. Artalejo // Mathematical and Computer Modelling. – 2010. – V. 51, i. 9-10. – P.1071-1081. **2.** *Falin G. I.* Retrial Queues. / G. I. Falin , J. G. C. Templeton – London: Chapman and Hall, 1997. – 395 p. **3.** *Falin G.* A Survey of Retrial Queues / G. Falin // Queueing systems. – 1990. – V. 41, No 7. – P.127-167. **4.** *Коваленко И. Н.* К классификации систем обслуживания с повторением вызовов / *И. Н. Коваленко , Е. В. Коба* // Кибернетика и системный анализ. – 2010. – №3. – С. 84–91. **5.** *Гнеденко Б. В.* Введение в теорию массового обслуживания. / Б. В. Гнеденко , И. Н. Коваленко – М.: КомКнига, 2005. – 400 с. **6.** *Бочаров П. П.* Теория массового обслуживания. / П. П. Бочаров, А. В. Печинкин. – М.: РУДН, 1995. – 529с. **7.** *Atencia I.* A Discrete-Time Geo/G/1 Retrial Queue with General Retrial Times / Atencia I., Moreno P. // Queueing Systems. – 2004. – V. 48. – P.5–21. **8.** *Alfa A. S.* Discrete-time Analysis of the GI/G/1 System with Bernoulli Retrials: An Algorithmic Approach / A. S. Alfa // Annals of Operations Research. – 2006. – V.141. – P.51–66. **9.** *Abramov V. M.* Multiserver Queueing Systems with Retrials and Losses / V. M. Abramov // ANZIAM J. – 2007. – V.48, part 3. – P. 297–314. **10.** *Chakravarthy S. R.* Analysis of MAP/PH/c Retrial Queue with Phase Type Retrials – Simulation Approach / *S. R. Chakravarthy* // Modern Probabilistic Methods for Analysis of Telecommunication Networks. – 2013. – V. 356. – P. 37-49. **11.** *Коба Е. В.* Системы типа Лакатоша, их обобщение и применение. / Е. В. Коба, С. В. Пустовая // Кибернетика и системный анализ. – 2012. – № 3. – С. 78-90. **12.** *Коба Е. В.* Центр обработки вызовов как система массового обслуживания с возвращениями / Е. В. Коба , С. В. Пустовая // Проблемы управления и информатики. – 2007. – № 3. – С. 103–112. **13.** *Пустовая С. В.* Зависимость показателей функционирования call-центра от распределения времени пребывания вызовов на орбите / С. В. Пустовая // Кибернетика и системный анализ. – 2009. – №2. – С.170–183.

Bibliography (transliterated): **1.** *Artalejo J. R.* (2010). Accessible Bibliography on Retrial Queues: Progress in 2000-2009. Mathematical and Computer Modelling, 51, 9-10, 1071-1081. **2.** *Falin G. I.,* *Templeton J. G. C.* (1997). Retrial Queues. London: Chapman and Hall, 395. **3.** *Falin G.* (1990). A Survey of Retrial Queues. Queueing systems, 41, 7, 127-167. **4.** *Kovalenko I. N., Koba O. V.* (2010). On classification of retrial queueing systems. Cybernetics and System Analysis, 3, 84–91. **5.** *Gnedenko B. V., Kovalenko I. N.* (2005). Introduction to queueing theory, Moscow: KomKniga, 400. **6.** *Bocharov P. P., Pechinkon A. V.* (1995). Queueing theory. Moscow: RUDN, 529. **7.** *Atencia I., Moreno P.* (2004) A Discrete-Time Geo/G/1 Retrial Queue with General Retrial Times, Queueing Systems, 48, 5–21. **8.** *Alfa A. S.* (2006). Discrete-time Analysis of the GI/G/1 System with Bernoulli Retrials: An Algorithmic Approach. Annals of Operations Research, 141, 51–66. **9.** *Abramov V. M.* (2007). Multiserver Queueing Systems with Retrials and Losses. ANZIAM J., 48, 3, 297–314. **10.** *Chakravarthy S. R.* (2013). Analysis of MAP/PH/c Retrial Queue with Phase Type Retrials – Simulation Approach. Modern Probabilistic Methods for Analysis of Telecommunication Networks, 356, 37-49. **11.** *Koba O. V., Pustova S. V.* (2012). Lakatos type systems, their generilisation application. Cybernetics and Systems Analysis, 3, 78-90. **12.** *Koba O. V., Pustova S. V.* (2007). Call Center as retrial queueing system. Problems of control and informatics, 3, 103–112. **13.** *Pustova S. V.* (2009). Dependence of call center characteristics on distribution of orbit's sojourn time. Cybernetics and Systems Analysis, 2, 170–183.

Надійшла (received) 10.10.2014

УДК 614.84:534.014.1

О. Г. ЯНЧИК, канд. техн. наук, с. н. с., ст. викл., НТУ «ХПІ»;
Ю. О. ГРАДИСЬКИЙ, канд. техн. наук, доц., Національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка, Харків

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КОЛИВАНЬ ВАНТАЖУ ПРИ ПОВОРОТІ КРАНА ЯК БЕЗПЕКА УСТАТКУВАННЯ

В статті розглянута розрахункова схема стрілової системи крана з двома ступенями свободи в умовах рівномірного і нерівномірного нерівноприскореного повороту. Проведено дослідження впливу відцентрованих сил коливання вантажу, при цьому сформульована та запропонована математична модель, яка є частиною узагальненої моделі крану. Встановлені зони безпечних амплітуд коливань і безпечних зон експлуатації таких кранів з позиції виключення порушень техніки безпеки при використання стрілових систем кранів. Запропоновано внесення змін до технологічних карт вантажно-розвантажувальних робіт з метою підвищення рівня безпеки устаткування. Іл.: 3. Бібліогр.: 11 назв.

Ключові слова: підйомно-транспортні машини, безпека устаткування, рівномірний поворот, нерівномірний нерівноприскорений поворот.

Вступ. Робота підйомно-транспортних машин (ПТМ) тісно узгоджується з виробничим циклом і впливає на продуктивність, час і ефективність експлуатації виробничого устаткування, транспортних засобів і в цілому — на технологічний процес промислових і транспортних підприємств. Від характеру робочих рухів залежать навантажувальні, часові, геометричні, кінематичні й інші параметри перевантажувального процесу.

Істотною особливістю ПТМ є обмеження, що накладаються на їх характеристики: швидкості руху, повороту і зачерпування вантажу, прискорення, обертаючі моменти. Першорядне значення має те, що ПТМ являють собою динамічні системи, стан яких змінюється в часі: вони піддаються збурюванням (тиск вітру, коливання температури, динамічні навантаження і т.д.).