

5. Висновки

В результаті проведених досліджень:

1. Визначено вимоги до архітектури симулятора роботи хмарного застосунку, які враховують, що для розв'язання задачі порівняння ефективності стратегій масштабування симулятор хмарного застосунку повинен підтримувати моделювання завантаженості центрального процесора і пам'яті в залежності від зовнішнього навантаження, а також часу виділення обчислювальних ресурсів.

2. На основі сформованих вимог розроблено симулятор роботи хмарного застосунку, що здійснює розрахунок значень основних метрик шляхом інтерполяції результатів проведених тестів навантаження.

Таким чином, розроблена програма-симулятор роботи хмарного застосунку надасть можливість підвищити швидкодію та зменшити вартість проведення порівняння ефективності стратегій масштабування. В якості вхідних даних програма приймає тест навантаження, реалізацію стратегії масштабування, її налаштування та початковий стан хмарного застосунку.

Література

1. Савчук, Т. О. Автоматизоване прийняття рішень щодо масштабування хмарного застосунку [Текст] / Т. О. Савчук, А. В. Козачук // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. — 2015. — № 2. — С. 15–22.
2. Desai, D. Introducing Cloud-based Load Testing with Team Foundation Service [Electronic resource] / D. Desai // Microsoft Corporation. — 3 Jun 2013. — Available at: \www/URL: <http://blogs.msdn.com/b/visualstudioalm/archive/2013/06/03/introducing-cloud-based-load-testing-with-team-foundation-service.aspx>
3. ApacheJMeter [Electronic resource]. — Available at: \www/URL: <http://jmeter.apache.org/>. — 19.10.2015.
4. RUBiS: Rice University Bidding System [Electronic resource]. — 2009. — Available at: \www/URL: <http://rubis.ow2.org/>. — 17.11.2015.
5. CloudStone Project by Rad Lab Group [Electronic resource]. — Available at: \www/URL: <http://radlab.cs.berkeley.edu/wiki/Projects/Cloudstone/>. — 13.09.2012.
6. TPC-W [Electronic resource]. — Available at: \www/URL: <http://www.tpc.org/tpcw/default.asp>. — 17.11.2015.

7. Sterling, Ch. Load Testing: Load Testing Made Easy with Microsoft Azure and Visual Studio Online [Electronic resource] / Ch. Sterling // MSDN Magazine. — 2014. — Vol. 29, № 11. — Available at: \www/URL: <https://msdn.microsoft.com/en-us/magazine/dn818498.aspx?f=255&MSPPErr=-2147217396>
8. Козачук, А. В. Система автоматизованого проведення мозкових штурмів «Braintank» [Текст] / А. В. Козачук // Збірник праць Дев'ятої міжнародної науково-практичної конференції ЮН-2014 «ІНТЕРНЕТ-ОСВІТА-НАУКА-2014», 14–17 жовтня, 2014. — Вінниця: ВНТУ, 2014. — 321 с.
9. WorldCup98 [Electronic resource]. — Available at: \www/URL: <http://ita.ee.lbl.gov/html/contrib/WorldCup.html>
10. Савчук, Т. О. Інформаційна технологія масштабування хмарного застосунку зі змінними піками навантаження [Текст] / Т. О. Савчук, А. В. Козачук // Технологічний аудит та резерви виробництва. — 2015. — № 5/2 (25). — С. 4–11. doi:10.15587/2312-8372.2015.51716

РАЗРАБОТКА СИМУЛЯТОРА РАБОТЫ ОБЛАЧНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ

Предложено симулятор работы облачного приложения, позволяющий оценивать загруженность центрального процессора и памяти, а также определять время выполнения сетевых запросов и сравнивать эффективность стратегий масштабирования. Использование симулятора позволяет упростить процесс тестирования работы облачного приложения.

Ключевые слова: симуляция работы облачного приложения, облачные вычисления, PaaS, масштабирование облачного приложения.

Савчук Тамара Олександрівна, кандидат технічних наук, професор, кафедра комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Козачук Андрій Валерійович, асистент, кафедра комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, Україна, e-mail: kozachuk35@rambler.ru.

Савчук Тамара Александровна, кандидат технических наук, профессор, кафедра компьютерных наук, Винницкий национальный технический университет, Украина.

Козачук Андрей Валерьевич, ассистент, кафедра компьютерных наук, Винницкий национальный технический университет, Украина.

Savchuk Tamara, Vinnytsia National Technical University, Ukraine. Kozachuk Andriy, Vinnytsia National Technical University, Ukraine, e-mail: kozachuk35@rambler.ru

УДК 676.056.521.1

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.54908

**Черьопкін Є. С.,
Жученко А. І.**

КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПРОГРІВАННЯ ПАПЕРОВОГО ПОЛОТНА НА ОСНОВІ МЕТОДУ ДИНАМІЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Запропоновано принцип роботи системи керування процесом прогрівання паперового полотна в сушильній частині папероробної машини на основі методу динамічного програмування. Досліджено роботу системи керування при дії збурень різної величини. Виявлено слабкі сторони даної системи керування та запропоновані шляхи покращення її роботи.

Ключові слова: сушіння паперового полотна, динамічне програмування, система керування, збурення, оптимальне керування.

1. Вступ

Широке використання товарів целюлозно-паперової промисловості (ЦБП) підвищує вимоги до якості та

кількості продукції, що виробляється. Виходячи з цього, постає задача розробки більш ефективних методів керування апаратами ЦБП, основним з них є папероробна машина (ПРМ). Серед усіх процесів, які там

протікають, необхідно виділити найбільш ресурсо- та енергозатратні, а саме сушіння паперу.

Процес прогрівання є першою стадією сушіння паперового полотна в сушильній частині папероробної машини. На початку цього процесу температура паперового полотна становить 25–30 °С, а вміст вологи у ньому складає 2,5 кг/кг [1]. Задачею першої стадії сушіння є доведення температури паперового полотна до «робочого значення» температури, що відповідає 100–120 °С, в залежності від виду паперу, що виробляється. Під час прогрівання вологість полотна майже не змінюється [1].

Складністю керування цим процесом є особливості матеріалу, а саме зміна його фізико-хімічних властивостей в процесі дії високих температур і також їх значного коливання. Такі коливання температури паперового полотна призводять до руйнування його внутрішньої структури, а відповідно до зниження якості готової продукції.

Таким чином можна зробити висновок, що розробка системи керування даною стадією є надзвичайно актуальною і складною задачею.

2. Аналіз попередніх досліджень

Метод динамічного програмування для вирішення задач оптимального керування різноманітними технологічними процесами використовується вже досить давно. Базовими роботами в цьому напрямку є роботи Белмана [2, 3]. В них викладено суть методу і зазначені рекомендації для його використання з метою вирішення задач оптимального керування, планування, прийняття рішень. Обґрунтовується їх універсальність з точки зору використання, як для дискретних, так і для неперервних керованих процесів, наприклад, в таких процесах, коли в кожен момент певного інтервалу часу необхідно приймати рішення. Продовження розвитку методу динамічного програмування надали роботи закордонних науковців Едді [4], Ночендала [5] та інших. Їх роботи направлені на адаптацію запропонованого Белманом методу для вирішення сучасних задач керування різноманітними технологічними процесами.

Метод динамічного програмування показав свої перспективи для використання у вирішенні сучасних задач керування [6], пошуку оптимального режиму роботи устаткування [7]. При керуванні дискретними системами з використанням даного методу були отримані значно кращі результати у порівнянні з класичними методами керування (П, ПІ, ПІД-регулятори) [8].

Проведений аналіз показав широкі можливості використання методу динамічного програмування для вирішення різноманітних задач. Виходячи з цього, постає наукова задача дослідження ефективності даного методу для створення оптимальної системи керування процесом прогрівання паперового полотна в сушильній частині ПРМ.

3. Об'єкт, мета та задачі дослідження

Об'єктом дослідження є процес прогрівання паперового полотна в сушильній частині папероробної машини.

Метою проведення досліджень було створення системи оптимального керування процесом прогрівання паперового полотна на основі методу динамічного про-

грамування і дослідження ефективності його роботи за різного рівня збурень у системі.

В ході проведення досліджень було поставлено наступні задачі:

1. Адаптувати алгоритм методу динамічного програмування для керування процесом прогрівання паперового полотна.
2. Виконати комп'ютерну реалізацію даного методу з використанням математичного моделі процесу.
3. Дослідити роботу системи за відсутності збурень.
4. Згенерувати збурення різної величини (5, 10, 20 %) і дослідити ефективність роботи розробленої системи за цих умов.
5. Проаналізувати ефективність роботи створеної системи на основі отриманих даних.

4. Початкові умови проведення дослідження

Об'єктом дослідження є сушильна частина ПРМ, а саме перші n -циліндрів, що призначені для прогрівання паперового полотна. Для проведення дослідів було вибрано $n = 8$, кількість таких циліндрів залежить від параметрів ПРМ і виду паперу, що виробляється.

Нагрівання паперового полотна відбувається безпосередньо на сушильному циліндрі (СЦ), який зсередини обігрівується парою. Після СЦ паперове полотно проходить по ділянці вільного руху, де відбувається рівномірне розподілення тепла по товщині паперу і знижується його загальна температура, після чого папір поступає на наступний СЦ. Керуючим впливом для такої системи є витрата пари, що подається у сушильний циліндр.

У зв'язку з фізичною неможливістю проведення дослідів на реальному об'єкті, було розроблено його математичну модель [9], з допомогою якої проведено розрахунки методом динамічного програмування.

5. Метод динамічного програмування у задачі керування прогріванням паперового полотна

У динамічному програмуванні для керованого процесу серед множини усіх допустимих управлінь шукають оптимальне у сенсі деякого критерію. Тобто таке, що призводить до екстремального (найбільшого або найменшого) значення цільової функції — деякої числової характеристики процесу.

Критерієм оптимального керування, для даного технологічного процесу, є мінімізація відхилення температури паперу на виході з кожного сушильного циліндра від оптимального значення [10]. Загальна функціональна залежність якості керування буде мати наступний вигляд:

$$I_i = f(T_{i-1}^{real}, F_i, T_i^{zad}, t),$$

де T_{i-1}^{real} — температура паперу на виході з попередньої ділянки вільного руху, °С; F_i — витрата пари в поточний сушильний циліндр, кг/уч; T_i^{zad} — завдання по температурі паперу на виході з поточного сушильного циліндра, °С; t — момент спостереження, с. Чим меншим буде значення I_i для кожного $i = 0...n$, тим краще буде якість всього процесу керування прогрівання паперового полотна.

Показник якості керування після i -го кроку до останнього позначимо як I_{i+1}^* . Тоді показник якості керування від i -го кроку до останнього:

$$I_{i \rightarrow n} = f(T_{i-1}^{real}, F_i, T_i^{zad}, t) + I_{i+1}^*$$

Схематично розрахунок для всіх кроків можна представити у вигляді рис. 1.

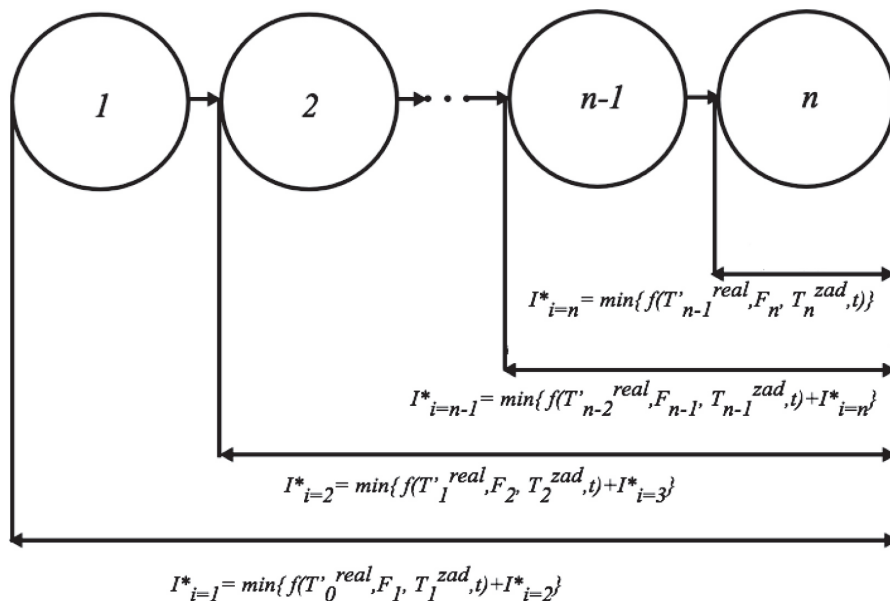


Рис. 1. Схема розрахунку значення критерію оптимального керування методом динамічного програмування

Значення $I_{i=1}^*$ є загальним показником якості керування процесом прогрівання паперового полотна.

$$F = [F_1, F_2, \dots, F_n],$$

при якому критерій оптимального керування набуде свого мінімального значення.

6. Метод динамічного програмування за відсутності збурень у системі

Для виконання дослідження на математичній моделі [9] рівень збурень і коливання вхідних параметрів встановлено на нульовому рівні.

Розрахунок проводиться з інтервалом часу 1,08 секунди, що відповідає часу перебування паперу на СЦ.

Результати розрахунків представлено у вигляді графіка динаміки зміни в часі суми відхилень температур паперу на виході з кожного сушильного циліндра від оптимального значення, тобто величини критерію якості керування процесом прогрівання паперового полотна (рис. 2).

Проаналізувавши отримані результати, можна зробити висновок, що за відсутності збурень у системі метод динамічного програмування цілком справляється з задачею керуванням, сумарне значення критерію оптимального керування досягає свого мінімального значення (нуль).

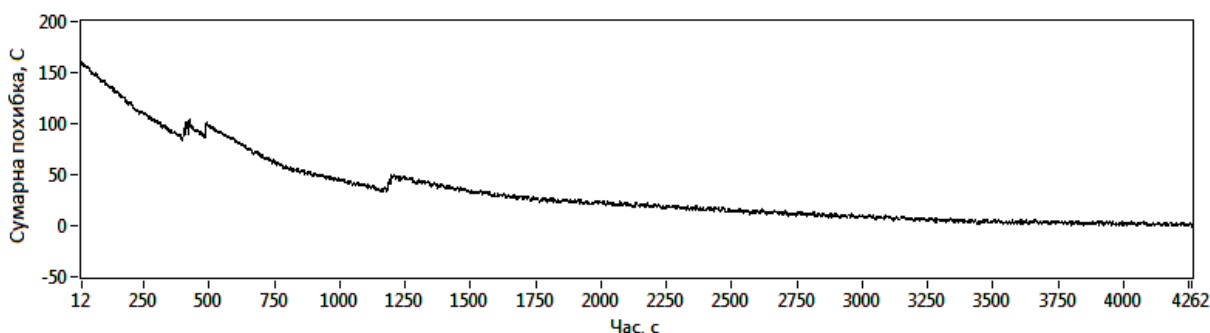


Рис. 2. Динаміка зміни сумарної похибки в часі за відсутності збурень

На основі отриманої рекурентної формули (2), відомого початкового значення T_0^{real} , математичної моделі сушильної частини ПРМ [9], та запропонованого алгоритму розрахунку (рис. 1) можна отримати значення критерію оптимального керування на першому кроці, оптимальне значення F_1 і значенні T_1^{real} .

На основі даних, отриманих на першому кроці, проводимо розрахунок для всіх наступних кроків. За результатами розрахунків отримаємо такий набір:

7. Метод динамічного програмування за наявності збурень у системі

В цьому режимі дослідження системи, рівень збурень у системі було встановлено на наступних рівнях: 5, 10 та 20 % від величини вимірювального параметра.

Результатом роботи системи є графіки сумарної похибки (рис. 3).

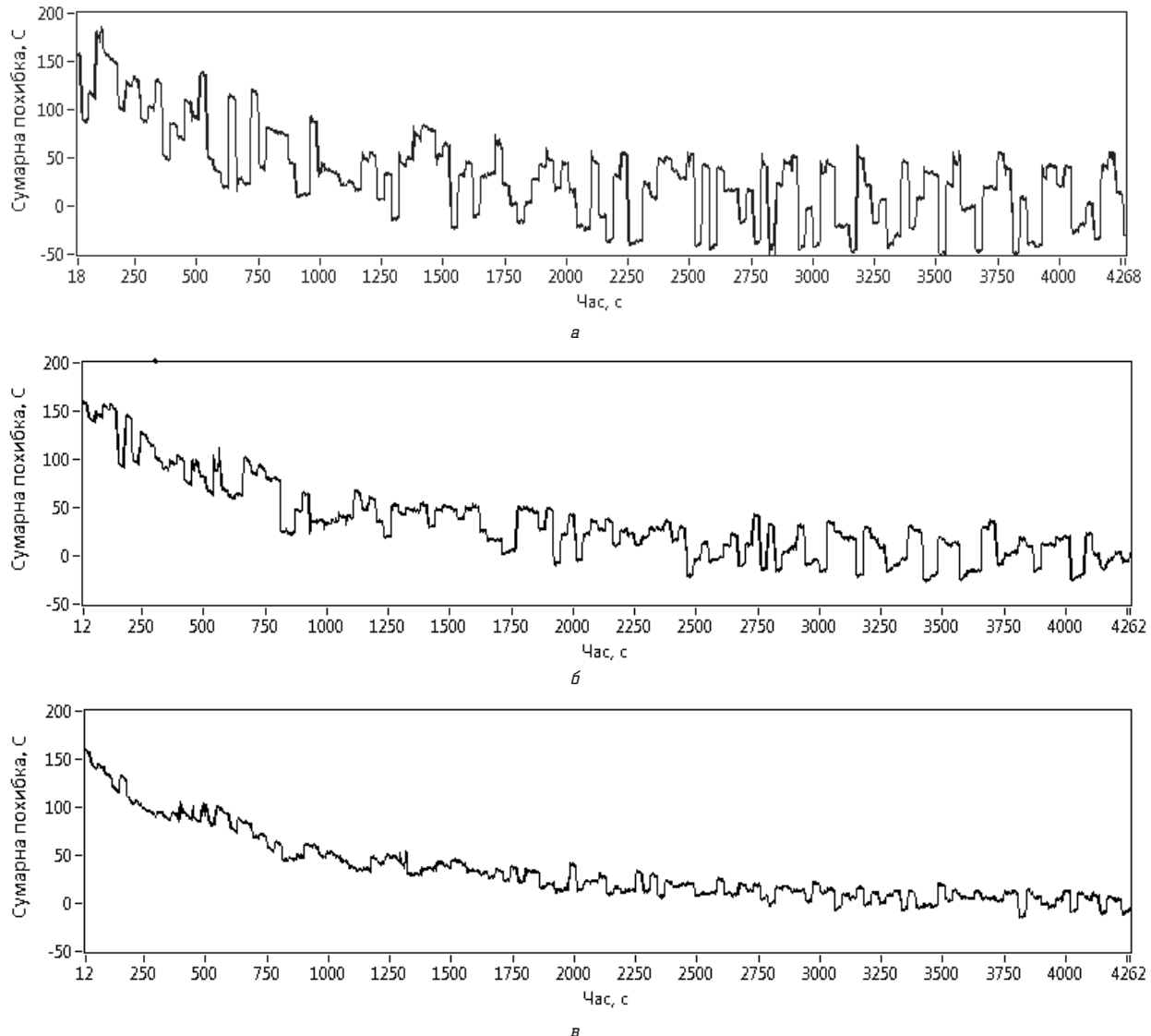


Рис. 3. Динаміка зміни сумарної похибки в часі при різному рівні збурень: а — 20 %; б — 10 %; в — 5 %

Як видно з отриманих графіків (рис. 3), при дії різних за величиною збурень, при використанні методу динамічного програмування, сумарна похибка зменшується і коливається відносно нульового значення, з амплітудою, що пропорційна рівню збурення в системі.

8. Висновки

У результаті проведених досліджень:

1. Отримано модифікований метод динамічного програмування для використання в задачах керування ітераційними технологічними процесами.
2. Створено, на основі попередньо розробленої математичної моделі процесу прогрівання паперового полотна і методу динамічного програмування, комп'ютерну програму, що реалізує систему керування на основі запропонованого методу.
3. Встановлено високу ефективність використання розробленого рішення при роботі системи в умовах відсутності збурень. Критерій якості керування досягає мінімального значення і його відхилення в процесі роботи системи відсутні.

4. Встановлено, що при дії високих рівнів збурення (починаючи з 10 %), незважаючи на тенденцію зменшення величини критерія якості керування, його значення коливається в значному діапазоні, що є неприпустимим з точки зору якості кінцевого продукту.

5. Пропонується використовувати розроблену систему для керування процесом прогрівання паперового полотна в умовах, що забезпечують діапазон зміни величини збурення у межах від 0 до 10 %. Для можливості використання отриманого рішення у системах з рівнем збурення > 10 % необхідно вдосконалити створену систему шляхом інтеграції в неї системи прогнозування збурення.

Література

1. Лыков, А. В. Теория сушки [Текст] / А. В. Лыков. — М.: Энергия, 1968. — 472 с.
2. Bellman, R. Dynamic Programming [Text] / R. Bellman. — Princeton University Press, 2003. — 530 p.
3. Bellman, R. On the Theory of Dynamic Programming [Text] / R. Bellman. — Princeton University Press, 1952. — 343 p.
4. Eddy, S. R. What is dynamic programming? [Text] / S. R. Eddy // Nature Biotechnology. — 2004. — Vol. 22, № 7. — P. 909–910. doi:10.1038/nbt0704-909

5. Nocedal, J. Numerical Optimization [Text] / J. Nocedal, S. Wright. — New York: Springer-Verlag, 2006. — 664 p. doi:10.1007/978-0-387-40065-5
6. Powell, W. B. Perspectives of approximate dynamic programming [Text] / W. B. Powell // Annals of Operations Research Springer. — Springer US, 2012. — 38 p. doi:10.1007/s10479-012-1077-6
7. Добровольская, Т. С. Определение оптимального алгоритма работы оборудования методом динамического программирования [Текст] / Т. С. Добровольская // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2014. — № 5/8(71). — С. 53–58. doi:10.15587/1729-4061.2014.28017
8. Borrelli, F. Dynamic programming for constrained optimal control of discrete-time linear hybrid systems [Text] / F. Borrelli, A. Baotića, A. Vemprasad, M. Morari // Automatica. — 2005. — Vol. 41, № 10. — P. 1709–1721. doi:10.1016/j.automatica.2005.04.017
9. Жученко, А. И. Математическая модель прогрева бумажного полотна в сушильной части бумагоделательной машины [Текст] / А. И. Жученко, Е. С. Черёпкин // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження». — 2014. — № 1(12). — С. 106–114.
10. Жученко, А. И. Постановка задачи оптимального управления процессом прогрева бумажного полотна в сушильной части бумагоделательной машины [Текст] / А. И. Жученко, Е. С. Черёпкин // Автоматизация промышленных і бізнес процесів. — Т. 1, № 22. — 2015. — С. 25–31. doi:10.15673/2312-3125.21/2015.42859

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ПРОГРЕВАНИЯ БУМАЖНОГО ПОЛОТНА НА ОСНОВЕ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Предложен принцип работы системы управления процессом прогрева бумажного полотна в сушильной части

бумагоделательной машины на основе метода динамического программирования. Исследовано работу системы управления при воздействии возмущений разной величины. Выявлено слабые стороны данной системы управления и предложены пути улучшения ее работы.

Ключевые слова: сушка бумажного полотна, динамическое программирование, система управления, возмущения, оптимальное управление.

Черёпкин Евгений Сергійович, асистент, кафедра автоматизації хімічних виробництв, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна, e-mail: e.Cheropkin@kpi.ua.

Жученко Анатолій Іванович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматизації хімічних виробництв, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна.

Черёпкин Евгений Сергеевич, асистент, кафедра автоматизации химических производств, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Украина.

Жученко Анатолий Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автоматизации химических производств, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Украина.

Cheropkin Evgeniy, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: e.Cheropkin @kpi.ua.

Zhuchenko Anatolii, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine

УДК 621.646.4

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.55687

Бабанін А. О.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ СПОРТСМЕНА, ТА ЇХ ВПРОВАДЖЕННЯ У КОМП'ЮТЕРНУ СИСТЕМУ УПРАВЛІННЯ ТРЕНУВАЛЬНИМ ПРОЦЕСОМ

Проаналізовано роль інформаційних технологій і лікарського контролю у спорті. Описана сутність функціонального контролю. Запропоновано спосіб визначення функціонального стану, який більш ефективний, ніж просто функціональні проби, і впроваджений у галузь спортивної підготовки. Розглянуто основні підсистеми, необхідні для подальшої розробки комп'ютерної системи управління тренувальним процесом спортсмена. Наведено приклад програми з даної теми.

Ключові слова: комп'ютерна система, тренувальний процес, метод, контроль, фізіологічні показники.

1. Вступ

Глобальна комп'ютеризація веде до того, що практично в кожній зі сфер діяльності людини певну роль займає комп'ютер, який істотно полегшує користувачеві виконання поставлених перед ним завдань. З кожним днем проєктуються і розробляються нові вузькоспрямовані системи, важливість яких неможливо недооцінити. Для побудови деяких з них вимагається

використання різних галузей знань. Такого роду системи не обійшли стороною і світ спорту. На даний момент важливим завданням є розробка ефективної комп'ютерної системи з управління тренувальним процесом спортсмена, однією з основних функцій якої є визначення функціонального стану організму. Це завдання розглядається багатьма вченими, але у сфері інформаційних технологій воно все ще залишається актуальним.