УДК 681.5.015 DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2019.86.1.42

СИНТЕЗ ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ СИСТЕМИ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ПЛАНУВАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ

Плугіна Т. В., Кудирко О. М.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. *Розглянуто завдання підвищення ефективності системи функціонально-планувального керування (СФПУ) технологічним процесом. Запропоновано структурну модель інформаційної технології синтезу та моделі параметричного синтезу елементної бази системи функціонально-планувального керування.*

Ключові слова: *ефективність, інформаційна технологія, параметричний синтез, елементна база, сенсори, оптимізація, модель, програмно-технічний комплекс.*

Вступ

Важливе значення під час проектування програмно-технічного комплексу технологічного процесу має завдання підвищення ефективності системи керування. З одного боку, необхідно враховувати вимоги на зниження витрат на експлуатацію, з іншого, поліпшення якості функціонування елементної бази. Прикладом такого комплексу може бути розподілена система керування. З ростом кількості сенсорів, виконавчих механізмів, збільшенням площі території, на якій розташована автоматизована система, й ускладненням алгоритмів керування стає більше ефективним застосування розподілених систем, які складаються з множини територіально рознесених контролерів і модулів введення-виведення. У разі використання такого підходу структура розподіленої системи й структура алгоритму її роботи уподібнюються структурі самого об'єкта автоматизації, а функції збирання, оброблення даних, керування й обчислення виявляються розподіленими серед множини контролерів [1]. Кожний контролер працює зі своєю групою пристроїв введення-виведення й обслуговує певну частину об'єкта керування, зокрема, технологічне устаткування зазвичай випускається із вже вбудованими логічними контролерами. Тенденція децентралізації керування й наближення контролерів до об'єктів керування є загальною для всіх систем автоматизації й створена завдяки успіхам об'єктно-орієнтованого програмування. Крім того, локальна система є частиною або часткою розподіленої, тому поява розподілених систем є наслідком природного розвитку від часткового до загального.

Такі системи використовуються у різноманітних технологічних процесах, операціях, на техногенних об'єктах. Функціональність програмно-технічного комплексу багато в чому залежить від ефективності обраної елементної бази системи керування.

Спостерігається інтеграція алгоритмічних методів керування складними об'єктами й методів штучного інтелекту для завдань з невизначеністю вихідної інформації. До таких завдань належить оцінка ситуації, прогноз поводження об'єкта в штатному режимі та розвитку аварійних ситуацій, синтез і оцінка можливих дій оператора й вибір найкращих [2]. Такі інтелектуальні системи здатні до планування поведінки, адаптації й навчання. Однією з підсистем структури інтелектуальної системи є підсистема математичних моделей оптимізації параметрів та режимів роботи об'єкта.

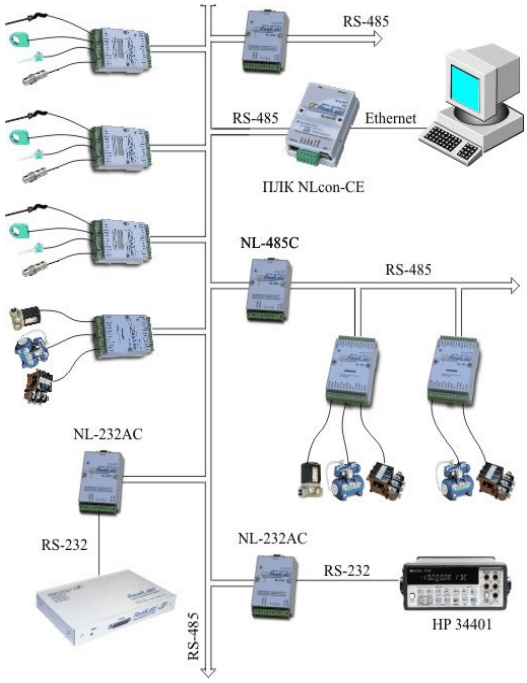

Рис. 1. Елементна база системи керування

Вибір елементної бази належить до завдань функціонально-планувального проектування. Функції технологічного процесу визначають вхідні дані для вибору програмного та технічного забезпечення, елементної бази системи управління. Це складний процес, від його результатів залежить зручність, кількість робочих операцій, надійність функціонування та безпека. Це багаторівнева система, що містить множини різнорідних компонентів (рис. 1). Для підвищення ефективності СУ необхідно розробити моделі системного проектування, що дозволить структурувати цей процес, розділивши його на послідовність часткових завдань.

Аналіз публікацій

Найвідоміші виробники електронних компонентів й програмного забезпечення IBM, HP, National Instruments і Microsoft повідомляють про створення підрозділів, що займаються впровадженням MES-технологій (Manufacturing Execution System – система виконання виробництва), що поєднують розрізнені "шматочки автоматизації" технологічного процесу [3]. Доведено підвищення конкурентоспроможності підприємства за рахунок підвищення гнучкості виробництва й зниження витрат, детального планування й моделювання робочих процесів. Використовуючи ці рівні планування й контролю, MES-системи керують поточною виробничою діяльністю відповідно до замовлень, вимог конструкторської і технологічної документації, актуальним станом устаткування з метою максимальної ефективності й мінімальної вартості виконання технологічного процесу [4].

Аналіз публікацій [5] щодо проектування системи керування (СУ) – сукупності мікропроцесорних засобів автоматизації демонструє, що принципи системного синтезу використовувалися не повною мірою, як і методи математичного моделювання та автоматизованого проектування, дискретного програмування, багатокритеріальної оцінки та оптимізації для вибору структури, її блоків, та елементів [6].

Визначення мети й завдань

Мета роботи – підвищити ефективність системи керування технологічним процесом за рахунок вибору раціонального комплекту програмно-технічних засобів елементної бази за розробленими моделями параметричного синтезу.

У роботі вирішуються такі завдання:

– аналіз і структуризація функцій системи керування;

– розроблення інформаційної технології системного синтезу, обґрунтування методів багатокритеріальної оцінки та оптимізація елементної бази системи керування;

– розроблення узагальнених і часткових моделей багатокритеріальної оцінки та оптимізації елементної бази системи керування ТП.

Загальне завдання параметричного синтезу

Основним змістом функціонування параметричного синтезу є обґрунтування необхідної та достатньої сукупності показників, що дозволяють оцінювати бажані властивості розроблюваної системи та її сумарний ефект [7]. Це комплексне визначення узгоджених і збалансованих за рівнями дослідження системи необхідних значень її показників, зокрема загальних показників ефективності керування, а також часткових показників структури та процесів функціонування інформації.

Загальним завданням параметричного синтезу елементної бази СФПУ є:

– множина типів СФПУ;

– множина видів у кожному типі СФПУ;

– множина різних елементів СУ;

– множина різних типів елементів СУ;

– множина різних видів у кожному типі елементів СУ.

Необхідно визначити:

– тип і вид СФПУ;

– типи та види елементів СУ.

Структура пристрою визначається в процесі структурного синтезу, а параметри – в процесі параметричного синтезу.

Структурно-параметричний синтез – це процес, в результаті якого визначається структура об’єкта і знаходяться значення параметрів складових її елементів таким чином, щоб були дотримані умови завдання на синтез (вимоги технічного завдання). Під структурою будемо розуміти множину елементів і зв’язків між ними.

Задача системного синтезу проектування СФПУ ускладнюється багатомірністю характеристик, які мають елементи СУ.

Таким чином, загальна задача, яка має велику розмірність, була декомпозована на часткові задачі оцінки та вибору типів і видів елементів СУ [8].

Розроблено структурну модель інформаційної технології синтезу СФПУ, що дозволило структурувати процес проектування та визначити послідовність проектних процедур (рис. 2).

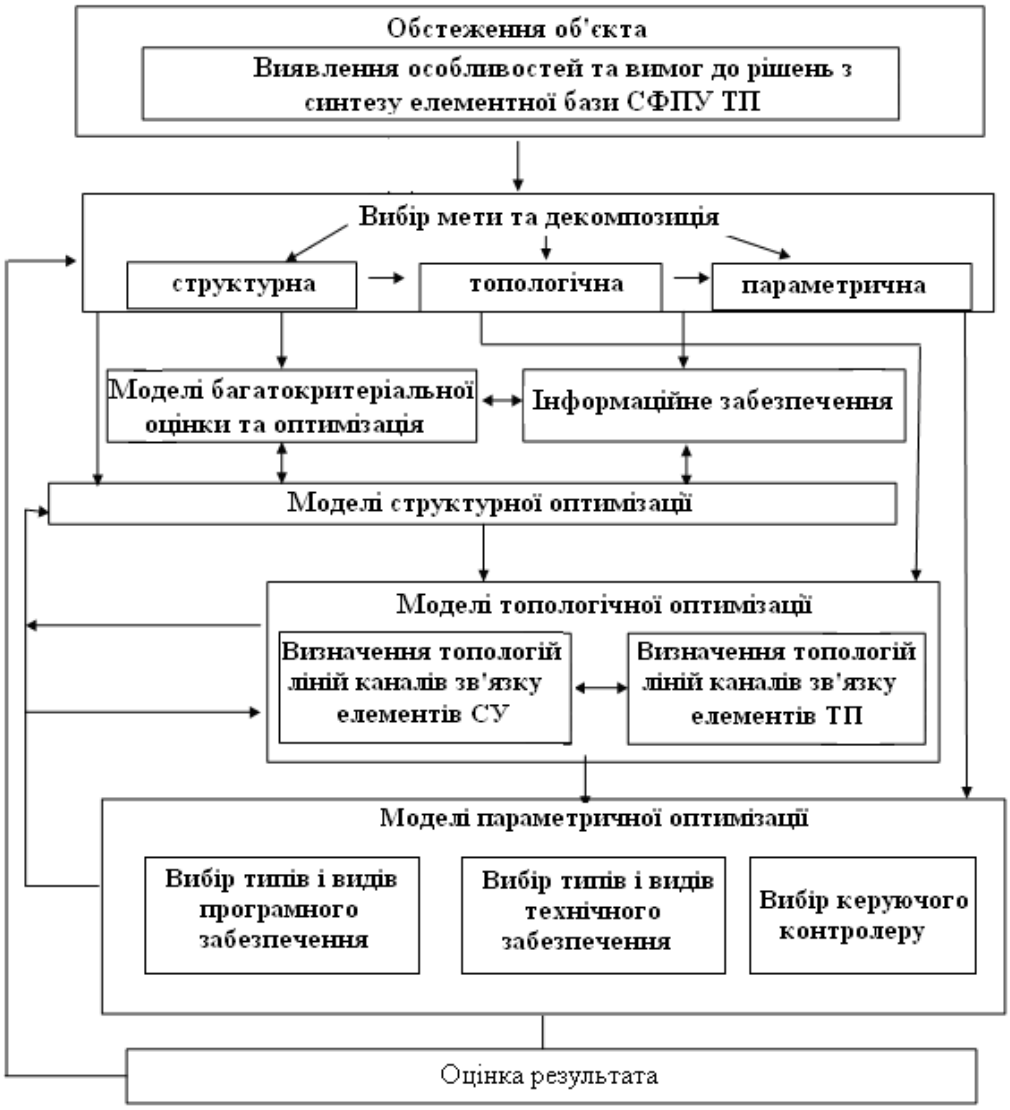

Рис. 2. Структурна модель інформаційної технології синтезу СФПУ

Загальне завдання синтезу СФПУ полягає у таких компонентах: Відомо:

– множина типів СФПУ: $ПТК = \{ПТК^e\}$, $\overline{e = 1, e'}$;

– множина видів у кожному типі СФПУ: $ПТК^e = \{ПТК_n^e\}$, $\overline{n = 1, n^e}$;

– множина різних елементів СУ: $ES = \{ES^m\}$, $\overline{m = 1, m'}$;

– множина різних типів елементів СУ: $ES^m = \{ES_o^m\}$, $\overline{o = 1, o^m}$;

– множина різних видів у кожному типі елементів СУ: $ES_o^m = \{ES_{ow}^m\}$, $\overline{w = 1, w^o}$.

Введемо змінні $X_{en} = \{0;1\}$, де $X_{en} = 1$, якщо обрано СФПУ *e*-го типу *n*-го виду, а $X_{en} = 0$ у протилежному випадку; $\tilde{X}_{mow} = \{0;1\}$, де $\tilde{X}_{mow} = 1$, якщо *m*-й елемент СУ обраний *o*-го типу *w*-го виду, а $\tilde{X}_{mow} = 0$ у протилежному випадку.

Необхідно визначити тип і вид СФПУ, елементів СУ за обраними критеріями і обмеженням.

Частковими критеріями можуть бути такі:

– мінімальна вартість:

$$C = \min \sum_{e=1}^{e'} \sum_{n=1}^{n^e} X_{en} \left(\sum_{m=1}^{m'} \sum_{o=1}^{o^m} \sum_{w=1}^{w^o} C_{mow} \tilde{X}_{mow} \right), \quad (1)$$

де C_{mow} – вартість *m*-того елемента СУ *o*-ого типу *w*-ого виду;

– максимальна надійність елементів СУ:

$$N = \max \sum_{e=1}^{e'} \sum_{n=1}^{n^e} X_{en} \left(\sum_{m=1}^{m'} \sum_{o=1}^{o^m} \sum_{w=1}^{w^o} N_{mow} \tilde{X}_{mow} \right), \quad (2)$$

де N_{mow} – надійність *m*-го елемента СУ *o*-го типу *w*-го виду.

Під надійністю розуміється наробіток на відмову елементів СУ.

Складові в дужках рівнянь (1)–(2) характеризують оцінку і вибір елементів СУ – мікроконтролера (МК), двигуна та вимірювальних перетворювачів, сенсорів, що належать до складу СФПУ.

Область припустимих рішень у разі вибору СФПУ визначається такими обмеженнями:

– витрати на елементи СУ повинні бути не більше заданих – $C_З$:

$$\sum_{e=1}^{e'}\sum_{n=1}^{n^e} X_{en}\left(\sum_{m=1}^{m'}\sum_{o=1}^{o^m}\sum_{w=1}^{w^o} C_{mow}\tilde{X}_{mow}\right)\le C_З, \quad (3)$$

– надійність елементів СУ повинна бути не менше заданого значення:

$$\sum_{o=1}^{o^m}\sum_{w=1}^{w^o} N_{mow}\tilde{X}_{mow} \ge N_З^m;\ \overline{m=1,m'}, \quad (4)$$

– з множини видів і типів СФПУ може бути обрано тільки один:

$$\sum_{e=1}^{e'}\sum_{n=1}^{n^e} X_{en}=1; \quad (5)$$

– з множень видів і типів кожного елемента СУ може бути обраний тільки один:

$$\sum_{o=1}^{o'}\sum_{w=1}^{w^o} \tilde{X}_{mow}=1;\ \ \forall m=\overline{1,m'}; \quad (6)$$

Розроблена модель (1)–(6) належить до задач дискретного програмування з булевими змінними. Її розв'язання в загальному виді створює значні ускладнення як через складність обчислень, так і через можливість ідентифікації деяких характеристик тільки в процесі функціонування.

Отже, була проведена декомпозиція загальної задачі параметричного синтезу та встановлена така послідовність часткових завдань:

– визначення функцій та структури СФПУ;

– оцінка і вибір елементів СУ:

1) оцінка і вибір типу і виду контролера;

2) оцінка і вибір типу і виду сенсорів;

3) оцінка і вибір типу і виду виконавчих механізмів.

Задачі параметричного синтезу, у яких необхідно оцінити множину типів і видів наявних компонентів СФПУ та із цієї множини вибрати раціональний комплект, максимально відповідні прийнятим частковим критеріям та обмеженням.

Висновки

Розроблено структуру моделі інформаційної технології системного синтезу елементної бази, що на відміну від традиційної технології дає можливість вести функціонально-планувальне проектування елементної бази системи керування ТП з єдиних системних і критеріальних позицій. Це дозволило структурувати процес проектування і визначити послідовність проектних процедур. Наведемо приклад моделі вибору мікроконтролера (МК) для керування технологічним процесом. Умова задач: відомо:

– множина типів МК: $MK^1=\left\{MK_n^1\right\},\overline{n=1,n^1}$;

– множина видів у кожному типі МК: $MK_n^1=\left\{MK_{nb}^1\right\},\overline{b=1,b^n}$.

Критерії, обмеження та реалізація моделей у MS Excel подані на рис. 3–4.

Показники	Критерій	Обмеження
Обсяг Flash	$VF^{MK}=\max\sum_{o=1}^{o^1}\sum_{w=1}^{w^o} VF_{ow}\tilde{X}_{ow}$	$\sum_{o=1}^{o^1}\sum_{w=1}^{w^o} VF_{ow}\tilde{X}_{ow}\le VF_З^{MK}$
Кількість робочих координат	$KP^{MK}=\max\sum_{o=1}^{o^1}\sum_{w=1}^{w^o} KP_{ow}\tilde{X}_{ow}$	$\sum_{o=1}^{o^1}\sum_{w=1}^{w^o} KP_{ow}\tilde{X}_{ow}\le KP_З^{MK}$
Температурний діапазон роботи	$TD^{MK}=\max\sum_{o=1}^{o^1}\sum_{w=1}^{w^o} TD_{ow}\tilde{X}_{ow}$	$\sum_{o=1}^{o^1}\sum_{w=1}^{w^o} TD_{ow}\tilde{X}_{ow}\le TD_З^{MK}$
Споживання енергії	$EN^{MK}=\min\sum_{o=1}^{o^1}\sum_{w=1}^{w^o} EN_{ow}\tilde{X}_{ow}$	$\sum_{o=1}^{o^1}\sum_{w=1}^{w^o} EN_{ow}\tilde{X}_{ow}\ge EN_З^{MK}$
Вартість	$C^{MK}=\min\sum_{o=1}^{o^1}\sum_{w=1}^{w^o} C_{ow}\tilde{X}_{ow}$	$\sum_{o=1}^{o^1}\sum_{w=1}^{w^o} C_{ow}\tilde{X}_{ow}\le C_З^{MK}$

Рис. 3. Критерії та обмеження вибору МК

Показники	Вартість	Кількість робочих координат	Обсяг Flash, мб	Температурний діапазон роботи, С°	Споживання енергії, Вт
DSP160M RZNC-5416	967,72	6	128	60	2
RZNC-0501	1560,83	10	512	75	4
RZNC-0508 HSBE	1248,32	9	256	65	3
DSP140M RZNC-5214	1038,24	7	256	65	3
DSP140M RZNC-0507	1310,54	9	512	70	3
λ	0,35	0,16	0,24	0,17	0,08
Найкращий	967,72	10	512	75	2
Найгірший	1560,83	6	128	60	4

Критерії	DSP160M RZNC-5416	RZNC-0501	RZNC-0508 HSBE	DSP140M RZNC-5214	DSP140M RZNC-0507
Мінімальна вартість	1,00	0,00	0,53	0,88	0,42
Максимальна кількість робочих координат	0,00	1,00	0,75	0,25	0,75
Максимальний об'єм Flash	0,00	1,00	0,33	0,33	1,00
Максимальний температурний діапазон	0,00	1,00	0,33	0,33	0,67
Мінімальне споживання енергії	1,00	0,00	0,50	0,50	0,50
Узагальнений критерій	0,43	0,57	0,48	0,52	0,66

Рис. 4. Реалізація моделей у MS Excel

Розроблені моделі на відміну від тих, що створені раніше, дозволяють комплексно вирішити завдання параметричного синтезу елементної бази СУ за багатьма критеріями. Це дає можливість підвищити ефективність та оперативність прийняття рішень за рахунок обґрунтованого вибору її елементів.

Література

1. Плугіна Т. В. Задача інтелектуалізації сучасних будівельно-дорожніх машин /Т.В. Плугіна, В. О. Стоцький. Технология приборостроения. – 2014. – С. 40–43.
2. Грешилов А. А. Математические методы принятия решений. Учебное пособие. – М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2014. – 647 с.
3. Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. T. Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review //Engineering. – 2017. – V. 3. – N. 5. – P. 616-630. DOI: https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015
4. Kletti J. Manufacturing Execution System-MES. – Springer Science & Business Media, 2007, 272 p. ISBN 978-3-540-49744-8, DOI: 10.1007/978-3-540-49744-8.
5. Parsaye K. A. Characterization of Data Mining Technologies and Processes [Текст] / K. A. Parsaye // The Journal of Data Warehousing. – 1998. – № 1. – P. 12–24.
6. Tukey J. W. Exploratory Data Analysis [Текст] / J.W.Tukey . – PA: Addison-Wesley, 1977. – 689 p.
7. Гурко А. Г. Повышение точности оценки состояния динамичных объектов комплексом MATLAB-Arduino при проектировании киберфизических систем А. Г. Гурко, А.П. Плахтеев, П. А. Плахтеев // Радиоэлектроника, ин-

форматика, управление. – 2016 – №1. – С. 84–91. DOI 10.15588/1607-3274-2016-1-10.
8. Нефьодов Л. И. Обобщенная модель системного синтеза автоматической трансмиссии / Л. И. Нефьодов, А. А. Осьмачко, Восточно-Европейский журнал передовых технологий 6/4 (42) 2009 г., с. 10–14.

References

1. Pluhina T. V. Zadacha intelektualizatsiyi suchasnykh budivelno-dorozhnikh mashyn / T.V. Pluhina, V.O. Stotskyi // Tekhnolohyia pryborostroenyia: spets. vyp. – 2014. – S. 40–43. [The task of intellectualization of modern road-construction machines] [in Ukrainian].
2. Greshilov A. A. Matematicheskie metody` prinyatiya reshenij. Uchebnoe posobie. – M.: MGTU im. N.E`.Baumana, 2014. – 647 s. [Mathematical decision making methods] [in Russian].
3. Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. T. Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review //Engineering. – 2017. – V. – N. 5. – P. 616–630. DOI: https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015.
4. Kletti J. Manufacturing Execution System-MES. – Springer Science & Business Media, 2007, 272 p. ISBN 978-3-540-49744-8, DOI: 10.1007/978-3-540-49744-8.
5. Parsaye K. A. Characterization of Data Mining Technologies and Processes [Текст] / K. A. Parsaye // The Journal of Data Warehousing. – 1998.– № 1. – P. 12–24.
6. Tukey J. W. Exploratory Data Analysis [Текст] / J.W.Tukey .- PA: Addison-Wesley, 1977. –689 p.
7. Gurko A.G. Povysheniye tochnosti otsenki sostoyaniya dinamichnykh ob"yektov kompleksom MATLAB-Arduino pri proyektirovanii kiberfizicheskikh sistem A.G. Gurko, A.P. Plakhteyev, P.A. Plakhteyev // Radioelektronika, informatika, upravleniye. – 2016 – №1. – C. 84-91. DOI 10.15588/1607-3274-2016-1-10. [Improving the accuracy of assessing the state of dynamic objects by the MATLAB-Arduino complex when designing cyber-physical systems]. [in Russian].
8. Nef'odov L. I. Obobshchennaya model' sistemnogo sinteza avtomaticheskoy transmissii / L.I. Nef'odov, A.A. Os'machko, Vostochno-Yevropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy 6/4 (42) 2009 g., s. 10–14. [A generalized model of systemic synthesis of automatic transmission] [in Ukrainian].

Плугіна Тетяна Вікторівна, к.т.н., доцент, +380(99) 903-38-82, plutan2016@ukr.net

Кудирко Ольга Миколаївна, асистент, +380(50)698-24-35, uolya_kud@ukr.net.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Synthesis of element base of the system of functionally planning control for technologies process

Abstract. *The task of the synthesis of element base of the system of functionally planning control for technologies process was carried out. The analysis of existing researches and publications, in which the main problem is highlighted, namely that the concept project of element base control system of software and hardware complex at this time is not enough. As a result of the analysis of existing researches and publications, the purpose of research is set, namely: to increase efficiency control system of software and hardware complex for technological process using parametric synthesis and choice of rational complex of element base. The concept of parametric synthesis, set of indicators for assessing the properties of a design system and its total effect have been substantiated. In the result of the research the structural model of an information technology of synthesis has been developed. The mathematical model of selecting the means of control systems, which has been built, will, unlike the existing ones, select the best set of means of control systems by the specified criteria and restrictions that will significantly reduce the time for objects and increase the efficiency of the enterprise performance. The* ***practical value*** *lies in the fact that the parametric synthesis makes it possible to design in unified system and criteria positions, structure and determine the sequence of design procedures, and affect decision time. The* ***originality*** *is in the fact that in the result the mathematical model of parametric synthesis of selecting the equipment of control systems for optimization technologies process and continuous monitoring quality is used.*

Keywords: *efficiency, information technology, parametric synthesis, electronic components, sensor, optimization, model, software and hardware complex.*

Pluhina Tetiana, PhD, Associate Professor, tel. +380(99) 903-38-82, plutan2016@ukr.net,
Kudyrko Olha, assistent, tel. +380(50) 698-24-35, uolya_kud@ukr.net.
Kharkiv National Automobile Road University, Yaroslava Mudrogo ave., 25, Kharkiv, Ukraine, 61002.

Синтез элементной базы системы функционально-планировочного управления технологичным процессом

Аннотация. *Проведено исследование задачи синтеза элементной базы систем функционально-планировочного управления технологическим процессом. Проведен анализ существующих исследований и публикаций, в которых выделена основная проблема, а именно то, что концепция проектирования элементной базы систем управления в настоящее время разработана недостаточно. В результате анализа выделена цель исследования: повышение эффективности системы управления технологическим процессом за счет выбора рационального комплекта элементов по*

моделям параметрического синтеза. Обоснована концепция параметрического синтеза, необходимая и достаточная совокупность показателей, позволяющих оценивать свойства проектируемой системы и ее суммарный эффект. Результатом исследования являются структурная модель информационной технологии синтеза, а также математические модели проектирования элементной базы по многим критериям. Параметрический синтез дает возможность проектировать в единых системных и критериальных позициях, структурировать и определять последовательность проектных процедур. Оригинальность заключается в том, что полученные результаты свидетельствуют об использовании параметрического синтеза для проектирования элементной базы системы управления технологическим процессом, оптимизации и мониторинга качества.

Ключевые слова: *эффективность, информационная технология, параметрический синтез, элементная база, сенсоры, оптимизация, модель, программно-технический комплекс.*

Плугина Татьяна Викторовна, к.т.н., доцент, +380(99) 903-38-82, plutan2016@ukr.net
Кудырко Ольга Николаевна, ассистент, +380(50) 698-24-35, uolya_kud@ukr.net.
Харковський национальный автомобильно-дорожный университет, улиця Ярослава Мудрого, 25, Харьков, Харьковская область, 61002.