

УДК 621.717

Я. І. ЧИБІРЯК, Є. В. КОНОПЛЯНЧЕНКО, В. В. НАГОРНИЙ

ІЄРАРХІЧНА СИСТЕМА МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОСЛІДОВНОСТІ СКЛАДАННЯ ВИРОБІВ

У роботі розглянута одна з глобальних задач машинобудування – розробка ієрархічної системи математичного моделювання автоматичного складання об'єктів. Пропонуються нові принципи побудови математичних моделей техпроцесів, викладені наукові вишукування в цій області і подана послідовність автоматичного складання об'єктів, розроблена за допомогою ЕОМ.

Ключові слова: послідовність складання, математична модель, виробничий цикл, схема доступу, базова деталь, функціональне моделювання.

В работе рассмотрена одна из глобальных задач машиностроения - разработка иерархической системы математического моделирования автоматической сборки объектов. Предлагаются новые принципы построения математических моделей техпроцессов, изложены научные исследования в этой области и предложена последовательность автоматической сборки объектов, разработанная с помощью ЭВМ.

Ключевые слова: последовательность сборки, математическая модель, производственный цикл, схема доступа, базовая деталь, функциональное моделирование.

One of the main tasks of engineering industries are retooling of enterprises based on accelerating the introduction of scientific and technological progress. Assembly - the final and decisive stage of the production process, from which performance depends largely on the quality of machines. The complexity of assembly covers 25 ... 60% of the complexity of manufacturing products. Currently, about 25% mechanized and automated assembly is 6%. Continuous improvement and complexity of machine designs resulting in increased complexity, increased requirements for reliability and build quality. With the present level of automation should be involved in the assembly process a large number of highly qualified specialists. In this connection, automation assembly production dramatically increases productivity, technical level and quality of products and accelerates the solution of social problems. Low levels of assembly production can be explained as follows: perform assembly work requires high flexibility of technological equipment; no rational methodological basis for the creation of automated assembly systems, assembly not developed classification systems and principles of unification. If the scientific and technical literature some mechanization and automation of assembly operations, the issues related to classification and structure optimization of automated assembly technology systems, practically designed.

The paper considered one of the global problems of engineering - the development of a hierarchical system of mathematical modeling automated assembly facilities. Proposed new principles of construction of mathematical models of technical process set out scientific research in this field and given the sequence of automatic assembly of objects designed by computer.

Designed iterative method for determining the sequence assembly of products using computer technology allowed the design to reduce the sequence assembly of products, reduce the cost of their development, improve the quality of applied solutions. Reducing the institutions and positions in the preparation resulted in a reduction of the production cycle, which ultimately reduces the amount of working capital, accelerating their turnover, reduces the cost of the product.

Keywords: assembly sequence, mathematical model, production cycle, circuit access basic part, functional design.

Вступ. Однією з основних задач розвитку машинобудівних виробництв є технічне переозброєння підприємств на основі прискорення впровадження досягнень науково-технічного прогресу. Складання - заключний і визначальний етап виробничого процесу, від виконання якого в значній мірі залежить якість машин. Трудомісткість складання займає 25...60% від трудомісткості виготовлення виробів. В даний час механізовано близько 25%, а автоматизовано до 6% складальних робіт [1]. Постійне удосконалення і ускладнення конструкцій машин призводить до збільшення трудомісткості, підвищення вимог до надійності і якості складання. При сучасному рівні автоматизації необхідно залучати у складальне виробництво велику кількість висококваліфікованих спеціалістів. У цьому зв'язку автоматизація складального виробництва різко підвищує продуктивність праці, технічний рівень і якість продукції, що випускається, а також прискорює рішення соціальних проблем. Низький рівень розвитку складального виробництва можна пояснити таким чином: виконання складальних робіт потребує високої гнучкості засобів технологічного оснащення; відсутні методологічні основи створення раціональних автоматизованих складальних комплексів, не розроблені класифікації складальних систем і принципи їх уніфікації. Якщо в науково-технічній літературі зустрічаються окремі засоби механізації й автоматизації складальних операцій [2], то питання, пов'язані з класифікацією й оп-

тимізацією структур автоматизованих складальних технологічних систем, практично не розроблені.

Аналіз літературних даних і постановка проблеми. Технологічне проектування складальних робіт поділяється на два взаємозалежних етапи:

визначення послідовності складання елементів виробу;

проектування робочого технологічного процесу складання.

На першому етапі, що ставиться одночасно і до проектування технологічного процесу і до оснащення складання вирішуються такі задачі [1]:

вибір схеми базування елементів складальної одиниці;

вибір конструктивної схеми і складального пристрою;

вибір схеми ув'язки оснастки;

вибір можливих послідовностей установки елементів складальної одиниці з урахуванням умов базування і доступу в зону складання;

- вибір оптимальної послідовності установки елементів складальної одиниці.

На другому етапі вирішуються наступні задачі [1]:

- вибір складу і послідовності виконання операцій з'єднання, механічної обробки, герметизації, контролю і т.д. при заданій послідовності установки елементів складальної одиниці;

- вибір складу оснащення, інструменту, устаткування, допоміжних матеріалів;
- визначення складу і кваліфікації виконавців;
- розрахунок техніко-економічних показників і вибір оптимального варіанта технологічного процесу складання.

Синтез структури технологічного процесу здійснюється по табличним, сполучним і перестановочним моделям структури об'єкта [3]. Розрахунок техніко-економічних показників та інші розрахунки, пов'язані з вибором оптимальної структури, здійснюються по кількісним моделям [3, 4]. Всі моделі, що використовуються при синтезі структури об'єкта, являють собою єдину систему моделей, взаємопов'язаних через множину контурів об'єкта проектування.

Для побудови структурних моделей об'єкта проектування спочатку встановлюється склад властивостей (контурів), по яких можуть бути виділені елементи проектного об'єкта. Склад цих властивостей визначається, в першу чергу, цільовим призначенням об'єкта і функціями, що забезпечують виконання цільового призначення.

Далі виявляється природа відношень, що пов'язують елементи і їх контури (геометричні, кінематичні і т.п.) [3, 5]. На основі такого аналізу визначається можливий склад елементів проектного об'єкта і будується модель породжуючого середовища, в якій буде здійснюватися синтез цього об'єкта. Породжуюче середовище включає дані про предметну область, до якої належить об'єкт, про існуючі і розроблювальні структурні моделі об'єкта, відомі або прогнозовані відношення і зв'язки між елементами і властивостями об'єкта та зовнішнього середовища. На базі цих даних створюється математична модель, що охоплює ту інформацію про породжуюче середовище, що може бути формалізована і подана засобами системи моделювання [3].

Математичною моделлю $S(A)$ об'єкта A в загальному випадку буде набір елементів:

$$S(A) = \{A, F, R\},$$

де A - множина елементів;

F - множина контурів;

R - множина відношень між елементами і контурами об'єкта A .

До складу контурів моделі входять, разом із властивостями елементів об'єкта, властивості, що характеризують взаємодію об'єкта з зовнішнім середовищем: $F_{вх}$ - входні дані; $F_{вих}$ - вихідні дані; $F_{упр}$ - управляючі впливи; $F_{зб}$ - збурюючі впливи.

Деякі елементи моделі $S(A)$ в певних випадках можуть бути подані в неявному вигляді або узагалі відсутні. У останньому випадку відсутній елемент моделі представляється як порожня множина.

Модель $S(A)$ породжуючого середовища служить для проектування об'єктів A_k із складом $A_k \subseteq A$ елементів. Одна модель $S(A)$ породжуючого середовища містить дані про множину $A = \{A_1, A_2, \dots, A_N\}$ проєктованих об'єктів.

Елементи реальної системи, будучи матеріальними об'єктами, володіють різномірними, органічно взаємозалежними один з одним властивостями (зв'яз-

ками). Основними зв'язками є структурні і причинно-наслідкові зв'язки, а в залежності від природи впливів зовнішнього середовища - функціональні, дійсні, енергетичні, просторові і інформаційні [3].

Структурні зв'язки обумовлені відношеннями приналежності об'єктів, їх елементів і властивостей до визначених множин, відношеннями ієрархічної підпорядкованості, а також відношеннями інцидентності, суміжності і порядку.

Причинно-наслідкові зв'язки відображають послідовності зміни станів об'єкта з урахуванням стану інших, не обов'язково суміжних з ним об'єктів.

Функціональні зв'язки визначають взаємозв'язок між елементами і властивостями об'єкта, обумовлену виконуваними функціями на даному етапі життєвого циклу об'єкта. Всі функції і властивості об'єкта описуються через поняття контуру. На кількісному рівні контур F_i характеризується множиною параметрів, що мають визначені числові величини. На логічному рівні контур F_i визначається у вигляді логічної змінної $F_i = 1$ або $F_i = 0$. Якщо $F_i = 1$, то кажуть, що контур реалізований або існує.

Дійсні зв'язки обумовлені фізичними і хімічними властивостями і відношеннями між ними в процесі функціонування об'єкта, енергетичні зв'язки характеризують енергетичну сторону функціонування об'єкта. Просторовий взаємозв'язок елементів об'єкта характеризує їх взаємне розташування, наявність механічних зв'язків і характер можливих рухів один відносно одного, або відносно даної системи відліку. Інформаційні зв'язки відображають інформаційні аспекти функціонування об'єкта.

У залежності від наявності відношень суміжності і порядку між елементами проектного об'єкта, всі моделі розділяються на сполучні і впорядковані.

Сполучні моделі застосовуються в тих випадках, коли визначається тільки склад елементів проектного об'єкта. Впорядковані моделі поділяються на табличні, сітьові, перестановочні і застосовуються в тих випадках, коли визначається склад і структурні відношення між елементами проектного об'єкта. При цьому моделювання може здійснюватися на таких рівнях [6, 7]: теоретико-множинному (методами теорії множин і теорії графів) і логічному (методами математичної логіки).

Прагнення забезпечити зручність установки і базування деталей на позиціях складання призвело до того, що в складальному устаткуванні тепер достатньо рідкісними є випадки, коли передача складальної одиниці з позиції на позицію супроводжувалася б зміною її установки. Частіше всього положення базової деталі від початку до кінця залишається незмінним [1, 8]. На жаль, дотепер, при побудові схем складання виробів не проводилося досліджень, пов'язаних із зменшенням кількості установок і позицій [10]. Скорочення кількості установок і позицій призводить до зменшення виробничого циклу [1]. З розміром виробничого циклу пов'язана сума оборотних коштів (незавершене виробництво), їх оборотність, розміри виробничих площ і, у кінцевому рахунку, собівартість виробу. Крім того, виробничий цикл може виступати в якості самостійного тимчасового критерію оцінки організації виробничого процесу [1].

Тому важливо проектування таких схем складальних процесів, при яких виробничий цикл був би мінімальним.

Мета роботи і задачі дослідження. Метою роботи є розробка ітераційного процесу послідовності складання виробів.

На основі аналізу сучасної наукової проблематики в області структурного аналізу і раціонального синтезу процесів складання, у даній роботі передбачається рішення таких задач:

- розробка ієрархічної системи математичного моделювання послідовності складання виробів;
- розробити алгоритмічне та програмне забезпечення на основі розробленого методу.

Результати досліджень. Вхідною інформацією для побудови математичної моделі визначення послідовності складання виробу є схема виробу і технічні умови на його складання.

Вхідною інформацією для визначення послідовності складання виробу (ПСВ) є схема базування і доступу.

Для схеми базування і доступу розроблені правила, по яким вони задаються, з метою однозначності представлення даних:

Схема базування - матриця $B[N][N]$, де N - кількість деталей. Елемент матриці $B[i][j]=1$, якщо i -й елемент має можливість з'єднання з j -тим елементом і $B[i][j]=0$ у протилежному випадку.

Схема доступу задається у вигляді матриці $D[N][N]$, де N - кількість деталей. Елемент матриці $D[i][j]=1$, якщо i -му елементу в складанні передують j -й елемент і $D[i][j]=0$ у протилежному випадку.

Базові деталі задаються:

- нульовими рядками в схемі доступу:
 - якщо нульовий рядок має одна базова деталь, то саме з неї починається складання;
 - якщо нульові рядки мають кілька деталей, то складання їх може здійснюватися паралельно;
- не нульовими рядками в схемі доступу: $D[i][j]=1$ у тому випадку, коли i -й базової деталі передують складання j -ї деталі, що у свою чергу також є базовою.

На всі інші деталі задається не більше двох обмежень.

Алгоритм рішення задачі складається з наступних етапів:

1. Першим етапом при побудові ПСВ є визначення базових деталей, що задаються технологом у схемі доступу. Розроблений алгоритм дозволяє виділяти базові деталі автоматично. На даному етапі здійснюється поділ виробу на складальні одиниці, так названі підборки. Використовуючи схему базування, вибираємо деталі, що базуються по обраним базовим. На даному етапі здійснюється поділ виробу на складальні одиниці (СО).

2. Здійснюється процес ранжирування окремих СО з метою визначення послідовності їх входження у виріб. Використовується конструкторсько-технологічна інформація: маса, габаритні розміри базових деталей та ін.

3. За схемою доступу, визначаємо послідовність реалізації окремих СО. Усі деталі, що

базуються по визначеній базовій, приєднуються до неї у певній послідовності, що задається схемою доступу. Методом перебору і перестановки базовані деталі займають певні рівні стосовно базової деталі. На одному рівні може виявитися більше однієї деталі. Це говорить про можливість паралельного складання. На першому рівні завжди буде знаходитися базова деталь. Схема базування на даному етапі використовується для визначення можливих баз деталей і виведення послідовності складання деталей і складальних одиниць з указівкою базування.

4. Оцінка отриманих варіантів схем складання на раціональність по тривалості виробничого циклу за коефіцієнтом структурного виду [1].

За розробленим методом було створено програмний продукт мовою C++ для визначення послідовності складання виробів.

Інформаційна система розробленого програмного продукту складається з 4 модулів (рис. 1), які взаємопов'язані між собою та послідовно поетапно виконують опрацювання вхідних даних.

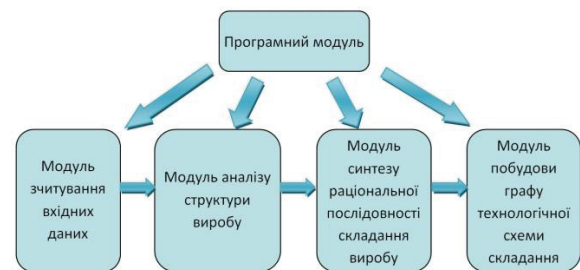


Рис. 1 – Структура програмного модуля

На етапі функціонального моделювання та описання процесів було обрано методологію SADT на основі нотацій IDEF0 [9]. Основними особливостями використаної методології є акцент на ієрархічне представлення об'єктів, що спрощує розуміння предметної області та логічних зв'язків між процесами.

На рис. 2 представлено загальну функцію процесу побудови раціональної послідовності складання виробів в нотації IDEF0.

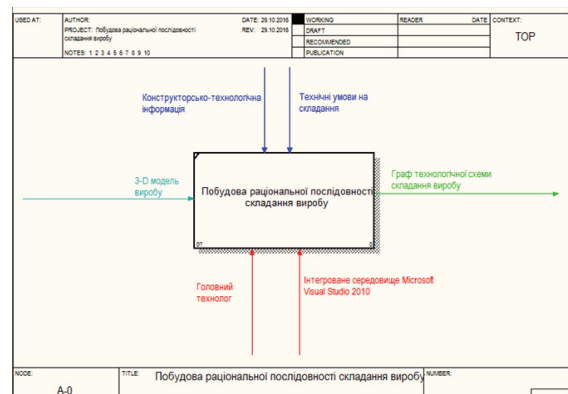


Рис. 2 – Контекстна діаграма «Побудова раціональної послідовності складання виробу»

Для кращого розуміння функціональних вимог загальну функцію було деталізовано. Результат декомпозиції на взаємопов'язані функціональні блоки представлено на рис. 3.

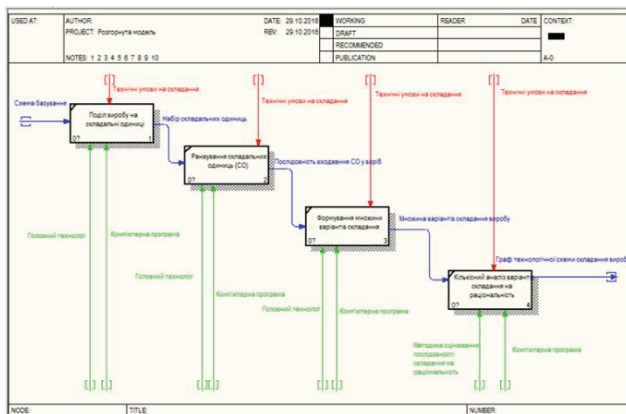


Рис. 3 – Діаграма декомпозиції процесу побудови раціональної послідовності складання виробу

Для проектування функціонального моделювання було використано програму AllFusion Process Modeler.

Розроблений ітераційний метод визначення послідовності складання виробів знайшов своє застосування на прикладі складальної одиниці - редуктор.

Для порівняльного розрахунку економічного ефекту прийняті технологічні процеси: варіант I - ручної; варіант II - автоматичної системи проектування. Результати розрахунку показані на рис. 4.

Висновки. Розроблений ітераційний метод визначення послідовності складання виробів із застосуванням засобів обчислювальної техніки дозволив зменшити час проектування послідовності складання виробів, скоротити витрати на їхню розробку, підвищити якість застосовуваних рішень. Скорочення установів і позицій при складанні призвело до скорочення виробничого циклу, що, у кінцевому рахунку, зменшує суму оборотних коштів, прискорює їхню оборотність, знижує собівартість виробу.

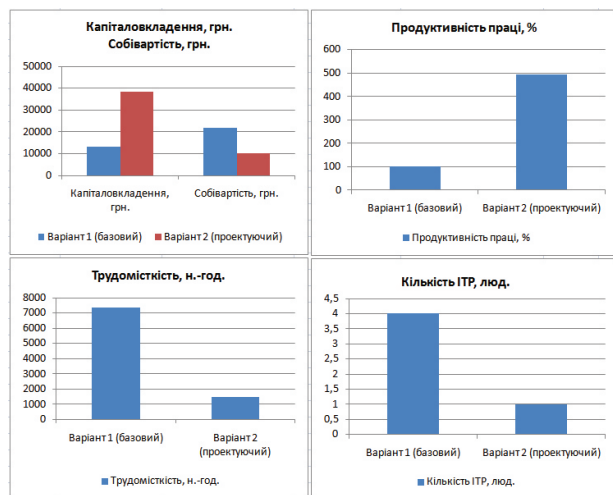


Рис. 4 – Техніко-економічні показники

Заміна монотонної, важкої фізично, ручної праці автоматизовано дозволяє підвищити продуктивність, знизити витрати на виготовлення і підвищити якість виробів, поліпшити культуру праці.

Водночас, автоматизація складальних робіт потребує стабільної якості деталей і складальних одиниць, що надходять на складання. В даний час найчастіше помилки на стадіях, що передують складанню, усуваються на етапі складання за допомогою найпростіших інструментів слюсарями-

складальниками. Тому створення ефективних автоматизованих складальних систем потребує зміни якості праці в механообробці і загальній виробничості.

В умовах, коли в державі з'являються безробітні, на перший погляд може здатися, що автоматизація буде сприяти ще більшому звільненню людей із сфери виробництва. Разом з цим варто зауважити:

в даний час на більшості підприємств машино- і приладобудування спостерігається недостача висококваліфікованих спеціалістів;

як показує практика, при удосконаленні виробничих процесів, у тому числі при автоматизації, як правило, праця людини переходить у більш високу якість, залишаючи за нею творчу діяльність.

Список літератури

- Захаров М. В. Розробка технологічних процесів складання / М. В. Захаров, Ю. В. Тимофеев. – К.: ІСДО, 1993. – 156 с.
- Гонсалес-Сабатер А. Методические основы автоматизации решения задач проектирования технологии сборки / А. Гонсалес-Сабатер // Сборка в машиностроении, приборостроении. – М.: Машиностроение, 2002. – № 5, – С. 3-10.
- САПР. Общие принципы разработки математических моделей объектов проектирования. // Методические рекомендации. – М.: ВНИИМАШ. – 1980. – 120 с.
- Капустин Н. М. Диалоговое проектирование технологических процессов / Н. М. Капустин, В. В. Павлов, Л. А. Козлов. – М.: Машиностроение, 1983. – 275 с.
- Аверченков В. И. Автоматизация проектирования технологических процессов / В. И. Аверченков, Ю. М. Казаков. – Брянск: БГТУ. – 2004. – 228 с.
- Губич Л. В. Информационные технологии поддержки жизненного цикла изделий машиностроения / Л. В. Губич, И. В. Емельянович, Н. И. Пепкевич [и др.]. – Минск: Беларусь, 2010. – 286 с.
- Цветков В. Д. Системно-структурное моделирование и автоматизация проектирования технологических процессов / В. Д. Цветков – Минск: Наука и техника, 1980. – 224 с.
- Невлюдов И. Ш. Интеллектуальное проектирование технологии роботизированной сборки / И. Ш. Невлюдов, А. М. Цимбал, С. С. Милотина – Х.: НТМТ, 2010. – 207 с.
- Menzel C. The IDEF Family of Languages / C. Menzel, R. J. Mayer // Handbook on Architectures for Information Systems. – Springer Science – Business Media, 1998. – P. 215-249.
- Филиппенко И. В. Модели автоматизированного проектирования технологического процесса сборки / И. В. Филиппенко, В. В. Евсеев, С. С. Милотина // Технологический аудит и резервы производства. – 2015. – № 1/2(21). – С. 4-8.

References (transliterated)

- Zaharov M. V., Timofeev YU. V. *Rozrobka tekhnologichnih procesiv skladannya* [Development of technological processes assembly]. Kiev, ISDO, Publ., 1993. – 156 p.
- Gonsales-Sabater A. Metodicheskie osnovy avtomatizacii resheniya zadach proektirovaniya tekhnologii sborki [Methodical bases of automation technology solutions assembly design problems]. *Sborka v mashinostroyenii, priborostroyenii* [Assembling in mechanical engineering, instrument making]. Moscow, Mashinostroyenie Publ., 2002. no. 5, pp. 3-10.
- SAPR. Obshchie principy razrabotki matematicheskikh modelej ob"ektov proektirovaniya [CAD. Sharing development principles mathematical models designing objects]. *Metodicheskie rekomendacii* [Methodological Recommendations]. Moscow, VNI-INMASH Publ., 1980. 120 p.
- Kapustin N. M., Pavlov V. V., L. A. Kozlov *Dialogovoe proektirovanie tekhnologicheskikh processov* [Dialog design processes]. Moscow, Mashinostroyenie Publ., 1983. 275 p.
- Averchenkov V. I., Kazakov YU. M. *Avtomatizaciya proektirovaniya tekhnologicheskikh processov* [Design automation of technological processes]. Bryansk, BGUTU Publ., 2004. 228 p.
- Gubich L. V., Emel'yanovich I. V. *Informacionnye tekhnologii podderzhki zhiznennogo cikla izdelij mashinostroyeniya* [Information technology support lifecycle engineering products]. Minsk: Belarus. nauka Publ., 2010. 286 p.

7. Cvetkov V. D. *Sistemno-strukturnoe modelirovanie i avtomatizaciya proektirovaniya tekhnologicheskikh processov* [System-structural modeling and design automation of technological processes]. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1980. 224 p.
8. Nevlyudov I. SH., Cimbal A. M., Milyutina S. S. *Intellektual'noe proektirovanie tekhnologii robotizirovannoj sborki* [Intelligent design of robotic assembly technology]. Kharkov, NTMT, Publ., 2010. 207 p.
9. Menzel C., Mayer R. J. *Semejstvo yazykov IDEF* [The IDEF Family of Languages]. Handbook on Architectures for Information Systems [Spravochnik po arhitekturam dlya informacionnyh sistem]. Springer Science Publ., 1998, pp. 215-249.
10. Filippenko I. V., Evseev V. V., Milyutina S. S. *Modeli avtomatizirovannogo proektirovaniya tekhnologicheskogo processa sborki* [Model-aided design of technological assembly process]. Tekhnologicheskij audit i rezervy proizvodstva [Model-aided design of technological assembly process]. Kharkov, 2015, no. 1/2(21), pp. 4-8.

Надійшла (received) 31.10.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Ієрархічна система математичного моделювання визначення послідовності складання виробів / Я. І. Чибіряк, Є. В. Коноплянченко, В. В. Нагорний // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 33 (1205). – С. 122–126. – Библиогр.: 10 назв. – ISSN 2079-004X.

Иєрархическая система математического моделирования определения последовательности сборки изделий / Я. И. Чибиряк, Е. В. Коноплянченко, В. В. Нагорный // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні. – Харків: НТУ «ХПІ», 2016. – № 33 (1205). – С. 122–126. – Библиогр.: 10 назв. – ISSN 2079-004X.

The hierarchical system of the mathematical modeling of the goods stowadge measurement / Y. I. Chibiryak, EV Konoplyanchenko, VV Nagornyi // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Techniques in a machine industry. – Kharkov: NTU "KhPI", 2016. – No. 33 (1205). – P.122–126. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-004X

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Чибіряк Яна Іванівна – кандидат технічних наук, доцент, Сумський державний університет, доцент кафедри комп'ютерних наук (секції інформаційних технологій проектування), тел.: (050) 770-02-15; e-mail: chibyana@i.ua;

Чибиряк Яна Ивановна – кандидат технических наук, доцент, Сумский государственный университет, доцент кафедры компьютерных наук (секции информационных технологий проектирования), тел.: (050) 770-02-15; e-mail: chibyana@i.ua;

Chibiryak Yana Ivanovna – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Sumy State University, Associate Professor at the Department of Computer science (section Information Technologies of Design); tel.: (050) 770-02-15; e-mail: chibyana@i.ua;

Коноплянченко Євген Владиславович – кандидат технічних наук, доцент, Сумський національний аграрний університет, доцент кафедри технічного сервісу, тел.: (050) 750-25-65; e-mail: konopl_e@i.ua;

Коноплянченко Евгений Владиславович – кандидат технических наук, доцент, Сумский национальный аграрный университет, доцент кафедры технического сервиса, тел.: (050) 750-25-65; e-mail: konopl_e@i.ua;

Konoplianchenko Ievgev Vladyslavovych – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Sumy National Agrarian University, Associate Professor of the Department of Technical Service; tel.: (050) 760-25-65; e-mail: konopl_e@i.ua;

Нагорний Володимир В'ячеславович – кандидат технічних наук, ст. викладач, Сумський державний університет, ст. викладач кафедри комп'ютерних наук (секції інформаційних технологій проектування), тел.: (050) 407-10-63; e-mail: vnagornyi1989@gmail.com;

Нагорный Владимир Вячеславович – кандидат технических наук, ст. преподаватель, Сумский государственный университет, ст. преподаватель кафедры компьютерных наук (секции информационных технологий проектирования), тел.: (050) 407-10-63; e-mail: vnagornyi1989@gmail.com;

Nahornyi Volodymyr Vyacheslavovich – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Senior Lecturer, Sumy State University, Associate Professor at the Department of Computer science (section Information Technologies of Design); tel.: (050) 407-10-63; e-mail: vnagornyi1989@gmail.com.