

УДК 681.3

Євген Гавриленко, доктор технічних наук, професор, професор кафедри інженерної механіки та комп'ютерного проектування,
Андрій Чаплінський, старший викладач кафедри інженерної механіки та комп'ютерного проектування,
Ілля Тетервак, асистент кафедри інженерної механіки та комп'ютерного проектування, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ СТВОРЕННЯ САПР ГЕОМЕТРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ЗУБОЗАТОЧУВАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

Анотація. Пропонується функціональна модель процесу створення автоматизованої системи проектування профілю кулачків приводних механізмів зубозаточувальних верстатів у середовищі Allfusion Process Modeller v7.2.

Ключові слова: функціональна модель, автоматизована система проектування, середовище Allfusion Process Modeller v7.2.

Abstract. The functional model of process of creation of the automated system of designing of structures of cams actuating mechanisms teeth - reshape machine tools in Allfusion Process Modeller v7.2 environment is offered.

Keywords: functional model, automated design system, Allfusion Process Modeller v7.2 environment.

При створенні автоматизованої системи проектування та комп'ютерного моделювання функціональних поверхонь зубозаточувальних верстатів виникає необхідність у застосуванні сучасних методологій моделювання відповідних процесів, оснований на використанні провідних досліджень і здобутків. Методологія IDEF0 являє собою одну з таких методологій.

IDEF0 – методологія функціонального моделювання, яка нині прийнята в якості федерального стандарту США. Методологія успішно застосовувалася у різних галузях промисловості, продемонструвавши себе як ефективний засіб аналізу, проектування та представлення ділових процесів. Зараз методологія

IDEF0 широко застосовується не тільки в США, але і в усьому світі.

В основі IDEF0 методології лежить поняття блоку, який відображає деяку бізнес – функцію. Чотири сторони блоку мають різну роль: ліва сторона має значення «входу», права – «виходу», верхня – «керування», нижня – «механізму» (рис. 1)



Рис. 1. Представлення блоку моделі IDEF0

Взаємодія між функціями в IDEF0 представляється у вигляді дуги, яка відображає потік даних або матеріалів, що надходить із виходу однієї функції на вхід іншої. Залежно від того, з якою стороною блоку зв'язаний потік, його називають відповідно «вхідним», «вихідним», «керуючим».

Метою статті є розробка функціональної моделі процесу створення автоматизованої системи проектування профілю кулачків приводних механізмів зубозаточувальних верстатів.

В IDEF0 реалізовано три базові принципи моделювання процесів:

- принцип функціональної декомпозиції;
- принцип обмеження складності;
- принцип контексту.

Принцип функціональної декомпозиції являє собою спосіб моделювання типової ситуації, коли будь – яка дія, операція, функція можуть бути розбиті (деталізовані) на більш прості дії, операції, функції. Інакше кажучи, складна бізнес – функція може бути представлена у вигляді сукупності елементарних функцій. Представляючи функції графічно, у вигляді блоків, можна як би заглянути усередину блоку і детально розглянути її структуру та склад.

Принцип обмеження складності. При роботі з IDEF0 діаграмами істотним є умова їх розбірливості та читабельності. Суть принципу обмеження складності

полягає в тому, що кількість блоків на діаграмі повинне бути не менш двох і не більш шести. Практика показує, що дотримання цього принципу приводить до того, що функціональні процеси, представлені у вигляді IDEF0 моделі, добре структуровані, зрозумілі та легко піддаються аналізу. Це можна назвати «принципом контекстної діаграми». Моделювання ділового процесу починається з побудови контекстної діаграми. На цій діаграмі відображається тільки один блок – головна бізнес – функція системи, що моделюється. Якщо мова йде про моделювання цілого підприємства або навіть великого підрозділу, головна бізнес – функція не може бути сформульована як, наприклад, «продавати продукцію». Головна бізнес – функція системи – це «місія» системи, її значення в навколишньому світі. Не можна правильно сформулювати головну функцію підприємства, не маючи уяви про його стратегії.

Контекстна діаграма відіграє ще одну роль у функціональній моделі. Вона «фіксує» границі бізнес – системи, що моделюється, визначаючи те, як ця система взаємодіє зі своїм оточенням. Це досягається за рахунок опису дуг, з'єднаних із блоком, що представляють головну бізнес – функцію.

Після розробки технічного завдання на проектування автоматизованої системи створюється нова модель системи автоматизованого проектування функціональних поверхонь зубозаточувальних верстатів з урахуванням не тільки вимог автоматизації проектування, але і майбутніх інформаційних потреб процесів керування і діловодства. Спроектвана функціональна модель становить основу технічної пропозиції на створення системи автоматизованого проектування.

Функціональна модель процесу розробки системи проектування робочих поверхонь кулачків зубозаточувальних верстатів була створена у середовищі Allfusion Process Modeller v7.2. Ця модель складається з трьох рівнів, кожний з яких є деталізацією попереднього рівня. На рис. 2 приведено основний (нульовий) рівень A0 [5]. Він включає єдиний блок «Розробка системи проектування функціональних поверхонь механізму приводу головок зубозаточувальних верстатів». Вхідними даними процесу є технічне завдання

приватного підприємства «Таврія Турбо Плюс» на розробку системи проектування кулачків. Вихідними даними є автоматизована система проектування «робочих» кулачків зубозаточувальних верстатів на основі запропонованої до впровадження на підприємстві комплексної системи важкого типу Unigraphiks. Керується цей процес методикою створення САПР та планом фінансування проектних та впроваджувальних робіт [4].

У якості виконавця процесу (механізму), виступає кафедра інформаційних технологій ТДАТУ. На підприємстві ПП «Таврія Турбо Плюс» із провідних фахівців створюється спеціальна група з впровадження, експлуатації та розвитку запропонованої системи автоматизованого проектування.

Діаграма першого рівня є деталізацією блоку А0. Вона включає блоки А1 – моделювання профілю функціональної поверхні кулачка, А2 – блок автоматизованого створення 3D моделі функціональної поверхні механізму приводу головки зубозаточувального верстату, А3 – первинної фізичної перевірки 3D моделі кулачка, А4 – інженерний аналіз міцності деформуємих поверхонь кулачка, А5 – розробка технологічного оснащення виготовлення кулачка, А6 – розробка управляючої програми для токарно-фрезерного обробного центру з ЧПУ. Діаграма наступного, другого рівня, розкриває перший блок А1.



Рис. 2. Блок нульового рівню функціональної моделі

Для блоку А1 – моделювання профілю функціональної поверхні кулачка вхідними даними є заданий закон руху штовхача. Вихідними даними є дискретно представлена крива профілю кулачка у полярній системі координат. Цей процес

керується створеним у середовищі Delphi оригінальним програмним продуктом, а в якості механізму, тобто виконавця процесу виступає інженер-конструктор-програміст.

На рис. 3 наведено блок А1 першого рівня функціональної моделі.

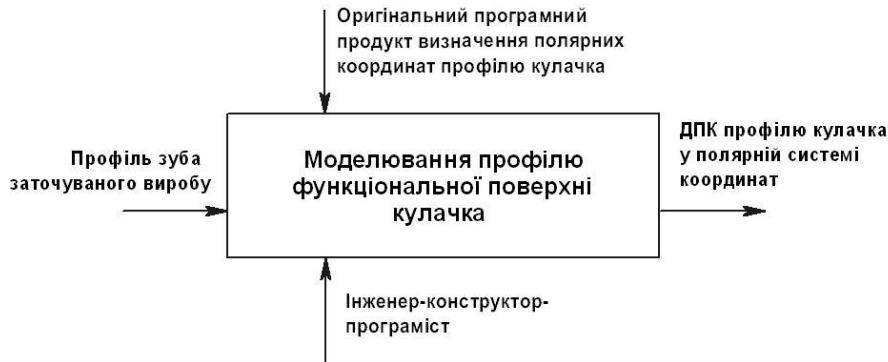


Рис. 3. Блок А1 першого рівню функціональної моделі

Блок А2 – блок автоматизованого створення 3D моделі функціональної поверхні механізму приводу головки зубозаточувального верстату взаємодіє з блоком А1 вихідні дані якого є вхідними даними наступного процесу проектування. Вихідними даними є 3D модель кулачка, отримана у середовищі Unigraphics за допомогою конструкторського додатку NX. Для блоку А2 це середовище виступає в якості методичного забезпечення. Виконавцем процесу також є інженер-конструктор - програміст.

На рис. 4 наведено блок А2 першого рівня функціональної моделі.



Рис. 4. Блок А2 першого рівню функціональної моделі

Блок А3 – первинної фізичної перевірки 3D моделі кулачка взаємодіє з

блоком А2 вихідні дані якого є вхідними даними наступного процесу проектування. Вихідними даними є комп'ютерний аналіз працездатності системи. Для блоку А3 в якості методичного забезпечення виступає блок Mechatronics Concept Design середовища Unigraphics. Виконавцем процесу також є інженер-конструктор - програміст. На рис. 5 наведено блок А3 першого рівня функціональної моделі.



Рис. 5. Блок А3 першого рівню функціональної моделі

Блок А4 – інженерного аналізу міцності деформуємих поверхонь кулачка також взаємодіє з блоком А2 вихідні дані (3D модель кулачка, отримана у середовищі Unigraphics за допомогою конструкторського додатку NX) якого є вхідними даними наступного процесу проектування. Вихідними даними є комп'ютерне відображення напружених станів робочих поверхонь кулачка. Для блоку А4 в якості методичного забезпечення виступає блок NX Nastran середовища Unigraphics. Виконавець процесу – інженер-конструктор - програміст. На рис. 6 наведено блок А4 першого рівня функціональної моделі.



Рис. 6. Блок А4 першого рівню функціональної моделі

Блок А5 - розробки технологічного оснащення виготовлення кулачка взаємодіє з блоком А2 вихідні дані якого є вхідними даними наступного процесу проектування. Вихідними даними є технологічне оснащення для виготовлення кулачка механізму приводу головки зубозаточувального верстату. В якості методичного забезпечення для блоку А5 виступає модуль NX Tooling середовища Unigraphics. У якості виконавця процесу виступає інженер - технолог - програміст. На рис. 7 наведено блок А5 першого рівня функціональної моделі.



Рис. 7. Блок А5 першого рівню функціональної моделі

Блок А6 - розробки управляючої програми для токарно-фрезерного обробного центру з ЧПУ взаємодіє з блоком А2. Вхідними даними для блоку А6 є 3D модель кулачка, яка була отримана на виході блоку А2. В якості методичного забезпечення виступає модуль підготовки управляючих програм для верстатів з ЧПУ NX CAM середовища Unigraphics. Виконавцем процесу є технолог-програміст.

На рис. 8 наведено блок А6 першого рівня функціональної моделі.



Рис. 8. Блок А6 першого рівню функціональної моделі

Діаграмою другого рівня є блок А1 - моделювання профілю функціональної

поверхні кулачка, який включає блоки A11 – визначення згладжених значень графіка швидкості штовхача, A12 – визначення згладжених значень графіка прискорення штовхача, A13 – визначення полярних координат профілю кулачка, A14 – 3D моделювання кулачка.

Для перших трьох блоків методичним забезпеченням є розроблений в середовищі Delphi оригінальний програмний продукт, а виконавцем процесу – інженер – конструктор - програміст. Вхідними даними процесу моделювання швидкості руху штовхача (блок A11) є закон руху штовхача, а вихідними даними – згущена ДПК швидкості руху штовхача, аналогом якого виступають значення перших розділених різниць, які водночас є вхідними даними моделювання згущеної ДПК прискорення штовхача (блок A12). За розрахунок полярних координат кулачка механізму приводу головки зубозаточувального верстату відповідає блок A13, на виході якого визначаються полярні координати профілю кулачка. Блок A14 відповідає за процес отримання 3D моделі кулачка. В якості методичного забезпечення виступає конструкторський додаток NX середовища Unigraphics. На виході отримуємо побудовану 3D моделі кулачка.

При проектуванні системи вибирають апаратно – програмну платформу, базове програмне забезпечення (ПЗ) підсистем, що проектують, і обслуговуючих підсистем, розробляють структуру корпоративної мережі, визначають типи мережного встаткування, характеристики сервера та робочих станцій, виявляють необхідність розробки оригінальних програмних компонентів [3]. Реалізація проекту системи автоматизованого проектування включає підготовку приміщень, монтаж кабельної мережі, навчання майбутніх користувачів підсистем, закупівлю і інсталяцію технічного забезпечення (ТЗ) і ПЗ. Остаточним етапом впровадження системи автоматизованого проектування кулачків механізмів приводу головок зубозаточувальних верстатів на приватному підприємстві «Таврія Турбо Плюс» є етап дослідного випробування підсистеми. На цьому етапі виявляють необхідні корективи, які потрібно внести в систему [1, 2].

Пропонована функціональна модель процесу створення автоматизованої системи проектування геометричної форми поверхонь зубозаточувальних

верстатів дозволяє значно скоротити терміни проектування кулачків механізмів приводу головок зубозаточувальних верстатів.

Список використаних джерел

1. ГОСТ 34.601-90 «Інформаційна технологія. Комплекс стандартів на автоматизовані системи. Автоматизовані системи. Стадії створення»,
2. ГОСТ 34.602 - 89 «Інформаційна технологія. Комплекс стандартів на автоматизовані системи. Технічне завдання на створення автоматизованої системи».
3. Абрамчук Ф. І., Гутаревич Ю. Ф., Долганов К. Є., Тимченко І. І. Автомобільні двигуни: Підручник. К.: Арістей, 2006. - 476 с.
4. Кисликов В. Ф., Лущик В. В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. 6-те вид. К.: Либідь, 2006. 400 с. .
5. Сирота В. І. Основи конструкції автомобілів. Навчальний посібник для вузів. К.: Арістей, 2005. 280 с.
6. Bondarenko L., Halko, S., Matsulevych O., Tetervak I, Vershkov O., Miroshnyk O., Nitsenko V., Havrysh V. Experimental Research on Unit Operation for Fruit Crops' Bones Calibration. Applied Sciences, 2023, 13(1), 21; (<https://doi.org/10.3390/app13010021>)
7. Мацулевич О. Є., Щербина В. М., Бондаренко Л. Ю., Малюта С. І., Антонова Г. В. Програмне забезпечення для автоматизованого визначення параметрів різального інструменту фрезерної обробки корпусних деталей. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 20, т. 3. С. 275-281.
8. Мацулевич О. Є., Михайленко О. Ю., Яблонський П. М. Особливості викладання навчальної дисципліни «Моделювання технологічних систем» у Таврійському державному агротехнологічному університеті. *Розвиток сучасної науки та освіти: реалії, проблеми якості, інновації*: матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С.276-280.
9. Мацулевич О. Є., Щербина В. М., Гавриленко Є. А. Застосування навчально-контролюючих програм при викладанні дисциплін професійної та практичної підготовки. *Розвиток сучасної науки та освіти: реалії, проблеми якості, інновації*: матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 225-230.
10. Havrylenko Ye., Kholodniak Yu., Halko S., Vershkov O., Miroshnyk O., Suprun O., Dereza O., Shchur T. AndŠrutekM. Representation of a Monotone Curve by a Contour with Regular Change in Curvature. *Entropy (Basel)*. 2021. Vol. 23 (7):923. DOI: ([10.3390/e23070923](https://doi.org/10.3390/e23070923)).