

УДК 004.942:681.3.068

МОДЕЛЬ НЕЧІТКОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ НА МАШИНОБУДІВНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

Д.т.н. Л.І. Нефьодов¹, к.т.н. Н.Ю. Філь¹, к.т.н. О.В. Токарева²

1. Харківський національний автомобільно-дорожній університет

2. Харківський національний університет радіоелектроніки

В роботі проведено аналіз літератури, що дозволило визначити необхідність удосконалення управління технологічним процесом обробки деталей на основі застосування методів нечіткого логічного виводу. Розроблено модель нечіткого управління технологічним процесом обробки деталей на машинобудівному підприємстві.

В работе проведен анализ литературы, что позволило определить необходимость совершенствования управления технологическим процессом обработки деталей на основе применения методов нечеткого логического вывода. Разработана модель нечеткого управления технологическим процессом обработки деталей на машиностроительном предприятии.

The paper analyzes the literature, that allowed to determine the necessity to improve the management of the technological process of part machining on the basis of fuzzy inference method application. A model of fuzzy control of technological process of part machining at a machine-building enterprise has been developed.

Ключові слова: технологічний процес, обробка деталі, методи нечіткого виводу, Мамдані.

Вступ

Автоматизація технологічних процесів обробки деталей на машинобудівному підприємстві є важливим завданням, саме її впровадження та використання дозволить різко знизити терміни, трудомісткість а, відповідно, і собівартість виготовлення різної продукції [1].

Для сучасного машинобудівного підприємства характерні наступні основні тенденції:

- підвищення надійності та експлуатаційних характеристик виробів;
- зниження витрат на експлуатацію і ремонт обладнання;
- підвищення вимог до якості виробів, деталей і оброблюваних поверхонь [2].

Основним засобом скорочення термінів при проектуванні технологічних процесів обробки деталей при заданій точності та вартості є вдосконалення технічної підготовки виробництва за рахунок розвитку систем технологічного проектування. Отже, це головне завдання технічної підготовки виробництва, яке становить майже половину її трудомісткості.

Ефективне технологічне проектування може здійснюється тільки на методичній основі оптимізації технологічного процесу (ТП), що базується на техніко-економічних принципах, які дозволяють розробляти та впроваджувати найбільш раціональні ТП із множини конкуруючих варіантів [2].

Для прискореної розробки та впровадження нових або модернізації апробованих технологічних процесів виготовлення деталей необхідно визначити та вивчити закономірності технологічних процесів, розробити математичну модель.

Математична модель ТП дозволяє систематизувати та удосконалити проектування на основі методів і засобів обчислювальної техніки шляхом ефективного управління на базі математичних моделей, використовуючи багатоваріантний та оптимальний напрям реалізації ТП.

Така модель дозволить не тільки прогнозувати точність обробки деталей, але і оцінити ступінь впливу різних чинників на сумарну похибку, а також здійснити оптимізацію технологічного процесу [3].

Значні успіхи моделювання різних технологічних процесів досягнуті в індустріально розвинених країнах: США, Німеччини, Англії, Японії [4].

Сучасні ТП є складними системами, вхідні та вихідні параметри яких залежать від численних факторів. Застосування детермінованих методів для побудови математичної моделі не дає необхідної точності, а в деяких випадках стає неможливим [3].

Таким чином, необхідно здійснювати пошук нових шляхів і методів вдосконалення як технологічності машинобудівної продукції на всіх етапах її життєвого циклу, включаючи етапи концептуального проектування, так і технології її виробництва, в тому числі процесів обробки та збірки з урахуванням можливостей, що надаються засобами автоматизації та сучасним інформаційно-програмним забезпеченням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питання створення інформаційного забезпечення системи автоматизованого проектування і нормування технологічних процесів на основі класифікації та комплексних моделей інструментального оснащення розглядаються в роботі [5].

Також розглядаються питання розробки технологічних процесів виготовлення деталей, в ході яких відбувається аналіз усіх складових вузлів на предмет зіставлення з існуючими і виробами, що вже випускаються та є в базі даних. У той же час технологую даються «поради» щодо можливого вибору найбільш близьких по вхідних параметрах деталей до опрацьованих і нормованими технологічними процесами. Можлива також добірка інструменту з використовуваного на даному заводі або стандартного.

В роботі [6] проведено аналіз існуючих інструментальних засобів моделювання бізнес-процесів. Розроблено багатокритеріальну модель вибору інструментальних засобів моделювання бізнес-процесів. Розроблено інформаційну технологію процесу обробки

деталей з використанням методів нечіткого вибору в нотації IDEF0.

В роботі [7] визначено, що важливим напрямком підвищення ефективності технологічних систем є багатокритеріальна оптимізація на усіх рівнях технологічного проектування з урахуванням ринкових умов, а також розроблення технологічних рекомендацій стосовно розвитку наукових основ обробки деталей та функціональних можливостей металообробного обладнання

В роботах [8-9] зазначено, що точність механічної обробки деталей машин і механізмів суттєво впливає на експлуатаційні властивості промислової продукції і, як наслідок, на її конкурентоспроможність.

Проведений аналіз літератури дозволив визначити необхідність удосконалення проектування технологічних процесів обробки деталей на основі спільного застосування адаптивних методів нечіткого логічного управління.

Формулювання мети і постановка задачі.

Метою роботи є скорочення терміну при проектуванні технологічних процесів обробки деталей при заданій точності та вартості за рахунок розробки моделі нечіткого управління технологічним процесом обробки деталей на машинобудівному підприємстві.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні задачі:

- провести аналіз проблеми управління технологічним процесом обробки деталей на машинобудівному підприємстві;
- розробити модель нечіткого управління технологічним процесом обробки деталей на промисловому підприємстві.
- привести приклади використання розробленої моделі.

Розглянемо методи вирішення поставленої задачі.

Задачу побудови управління ТП обробки деталей можна визначити як задачу самопрограмування з оптимізацією обробки та її рішення можливо із залученням математичних методів теорії нечітких множин.

Технологічний процес обробки деталей на верстатах з ЧПУ характеризується великою кількістю вхідних і вихідних параметрів представлених на рис 1.

Завдання полягає в тому, щоб розробити ефективну математичну модель, реалізовану у вигляді системи нечіткого виводу, що дозволить визначити показники якості технологічного процесу обробки деталей з використанням середовища моделювання MatLab. Як предметна область розглядається технологічний процес обробки деталей на машинобудівному підприємстві.

В даний час через зростання можливостей сучасних ЕОМ розробляються програмні інформаційні системи, що забезпечують підтримку процесу прийняття рішень. В ролі системи прийняття рішень може виступати база знань. Процес нечіткого виведення являє собою деяку процедуру або алгоритм отримання нечітких висновків на основі нечітких умов або передумов [10-11].

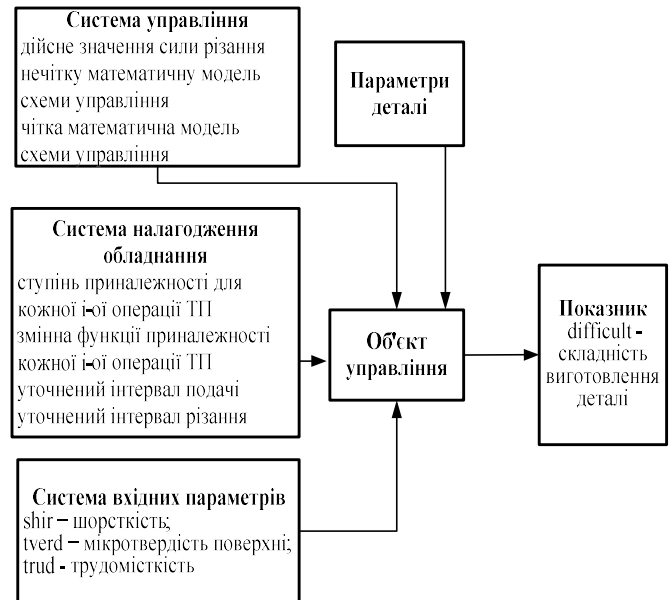


Рис. 1. Структурна модель технологічного процесу обробки деталей

База знань нечіткої логічної системи складається з бази правил, що визначають залежність між вхідними та вихідними термами-множинами, і бази даних, яка містить функції приналежності, що показують ступінь відповідності реальних величин поняттям, що визначаються термами-множинами [10-11].

Для вирішення поставленої задачі введемо лінгвістичні змінні (ЛЗ) «Шорсткість» – shir, «Мікротвердість поверхні деталі» – tverd і «Трудомісткість» – trud [12].

Універсальна множина ЛЗ «Шорсткість» {0; 1}, де 0 – це мінімальна шорсткість і 1 – максимальна шорсткість, базова терм-множина $S = \{ \text{«low»}; \text{«average»}; \text{«high»} \}$.

Універсальна множина ЛЗ «Мікротвердість поверхні деталі» {0;1}, де 0 – мінімальна мікротвердість і 1 – максимальна мікротвердість, базова терм-множина $B = \{ \text{«low»}; \text{«average»}; \text{«high»} \}$.

Універсальна множина ЛЗ «Трудомісткість» {7; 30}, де 7 – мінімальна трудомісткість і 30 – необхідна максимальна трудомісткість, базова терм-множина $T = \{ \text{«low»}; \text{«average»}; \text{«high»} \}$.

Нехай терми лінгвістичні змінних представлені параметричними нечіткими числами з трапецевидними і трикутними функціями належності як найбільш поширеними.

Тоді функція приналежності S_1 має вигляд

$$\mu_{S_1}(x) = \begin{cases} 0, & x < 0, \\ 1, & 0 \leq x \leq 0,2, \\ \frac{0,3-x}{0,1}, & 0,2 \leq x \leq 0,3, \\ 0, & x > 0,3. \end{cases} \quad (1)$$

Функція приналежності S_2 має вигляд

$$\mu_{S_1}(x) = \begin{cases} 0, & x < 0,2, \\ \frac{x-0,2}{0,1}, & 0,2 \leq x < 0,3, \\ 1 & 0,3 \leq x \leq 0,6, \\ \frac{x-0,6}{0,1}, & 0,6 < x \leq 0,7, \\ 0, & x > 0,7 \end{cases} \quad (2)$$

Функція приналежності S_3 має вигляд

$$\mu_{S_1}(x) = \begin{cases} 0, & x < 0,6 \\ \frac{x-0,6}{0,1}, & 0,6 \leq x \leq 0,7, \\ 1, & 0,7 \leq x \leq 1, \\ 0, & x > 1. \end{cases} \quad (3)$$

Функція приналежності B_1 має вигляд

$$\mu_{B_1}(y) = \begin{cases} 0, & y < 0, \\ 1, & 0 \leq y \leq 0,15, \\ \frac{0,2-y}{0,05}, & 0,15 \leq y \leq 0,2, \\ 0, & y > 0,2. \end{cases} \quad (4)$$

Функція приналежності B_2 має вигляд

$$\mu_{B_2}(y) = \begin{cases} 0, & y < 0,2, \\ \frac{y-0,2}{0,1}, & 0,2 \leq y < 0,3, \\ 1 & 0,3 \leq y \leq 0,5, \\ \frac{y-0,5}{0,1}, & 0,5 < y \leq 0,6, \\ 0, & y > 0,6 \end{cases} \quad (5)$$

Функція приналежності B_3 має вигляд

$$\mu_{B_3}(y) = \begin{cases} 0, & y < 0,6 \\ \frac{y-0,6}{0,1}, & 0,6 \leq y \leq 0,7, \\ 1, & 0,7 \leq y \leq 1, \\ 0, & y > 1. \end{cases} \quad (6)$$

Функція приналежності T_1 має вигляд

$$\mu_{T_1}(z) = \begin{cases} 0, & z < 7, \\ 1, & 7 \leq z \leq 12, \\ 12-z, & 12 < z \leq 13, \\ 0, & z > 13. \end{cases} \quad (7)$$

Функція приналежності T_2 має вигляд

$$\mu_{T_2}(z) = \begin{cases} 0, & z < 14, \\ \frac{z-14}{2}, & 14 \leq z < 16, \\ 1 & 16 \leq z \leq 21, \\ \frac{z-21}{2}, & 21 < z \leq 23, \\ 0, & z > 23. \end{cases} \quad (8)$$

Функція приналежності T_3 має вигляд

$$\mu_{T_3}(z) = \begin{cases} 0, & z < 23 \\ z-23, & 23 \leq z \leq 24, \\ 1, & 24 \leq z \leq 30, \\ 0, & z > 30. \end{cases} \quad (9)$$

В якості вихідної ЛЗ була створена змінна «Складність виготовлення деталі» – difficult. Змінна має такі значення: mf1 - 0, mf2 - 0,3, mf3 - 0,65, mf4 - 1.

Структурна схема отримана за допомогою редактора FIS після визначення вхідних і вихідних змінних, а також завдання параметрів системи нечіткого логічного висновку представлена на рис. 2.

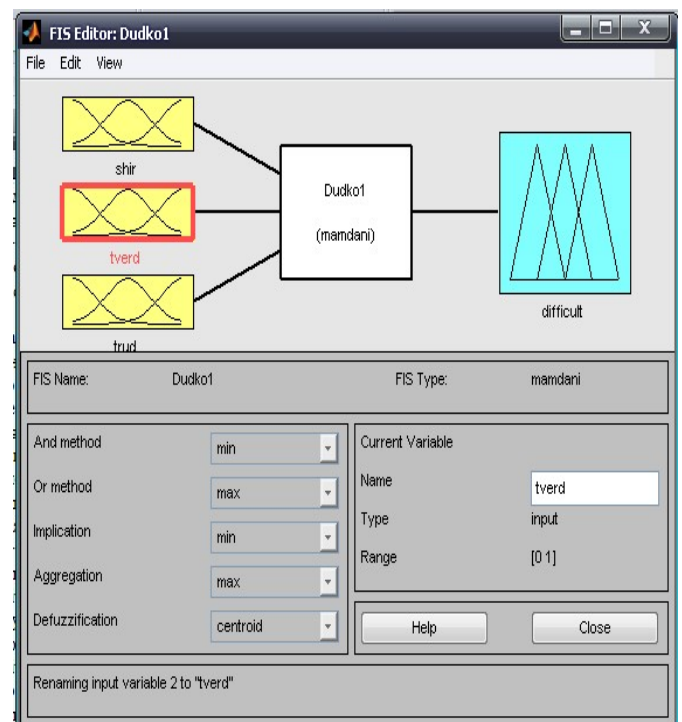


Рис. 2. Схема системи нечіткого логічного висновку в редакторі FIS

Задані функції належності вхідних і вихідної змінних (рис. 3 - 6).

Далі були задані нечіткі правила для розроблюваної системи. Нечіткі правила «якщо - то» дозволяють поліпшити інтерпретируемість результатів і забезпечити більш глибоке розуміння суті процесу.

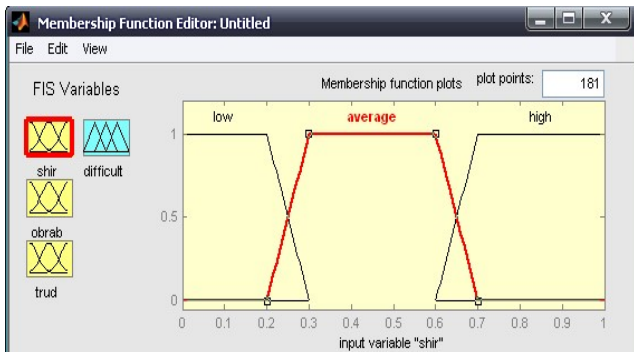


Рис.3. Графік функцій належності ЛЗ «Шорсткість»

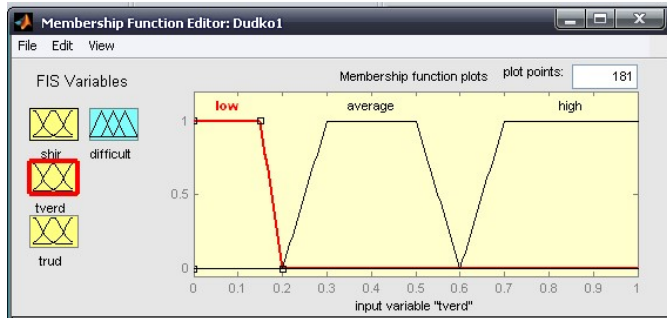


Рис.4. Графік функцій належності ЛЗ «Мікротвердість»

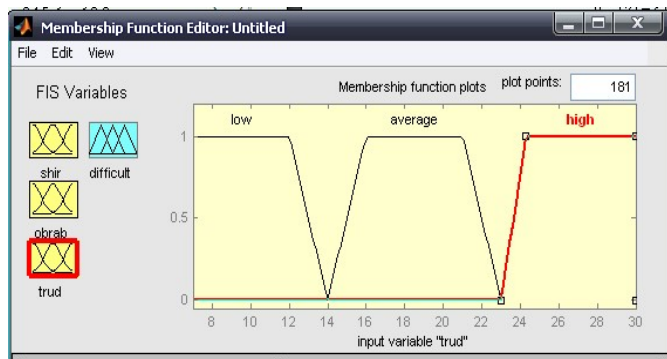


Рис.5. Графік функцій належності ЛЗ «Трудомісткість»

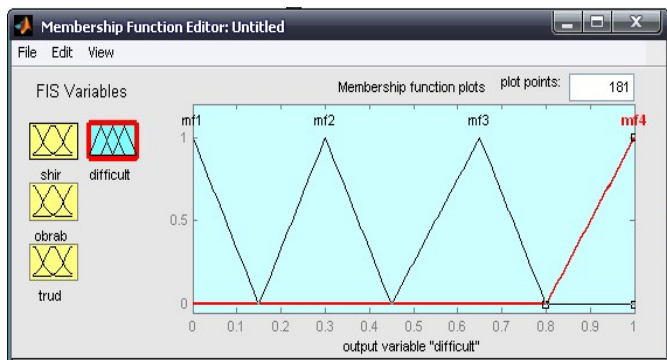


Рис.6. Графік функцій належності ЛЗ «Складність виготовлення деталі»

Далі були задані нечіткі правила для розробленої системи. Нечіткі правила «якщо - то» дозволяють поліпшити інтерпретируемість результатів і забезпечити більш глибоке розуміння суті процесу.

В результаті було отримано 12 правил, створених виходячи з практичного досвіду в аналізі технологічних процесів деталей в галузі машинобудування.

Інакше кажучи, якщо показник шорсткості має низький рівень, показник мікротвердість – високий, а трудомісткості низький, то значення вихідної змінної буде близькою до 0. Цей висновок означає, що деталь має малу складність її виготовлення (рис. 7- 8).

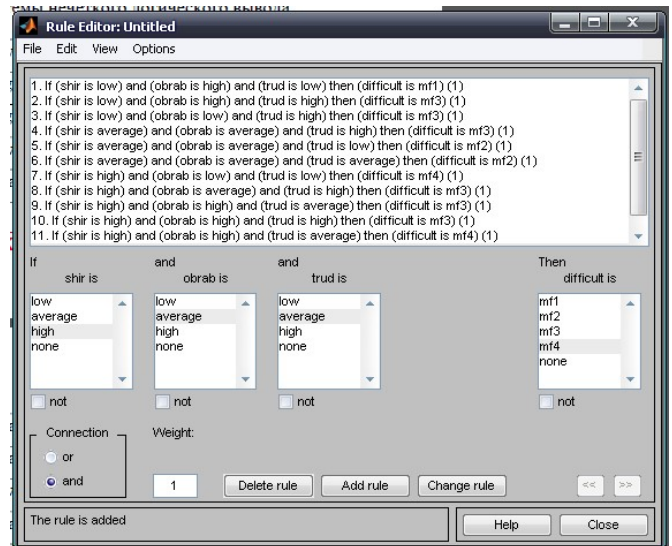


Рис.7. Вікно редагування правил

Для загального аналізу розробленої нечіткої моделі була проведена візуалізація відповідної поверхні нечіткого виведення, що реалізується в програмі перегляду поверхні системи нечіткого логічного висновку.

Отримана поверхня дозволяє проаналізувати залежність значень вихідних змінних від окремих вхідних змінних. Комбінації вхідних змінних задаються у відповідність з їх розміщенням на осях системи координат.

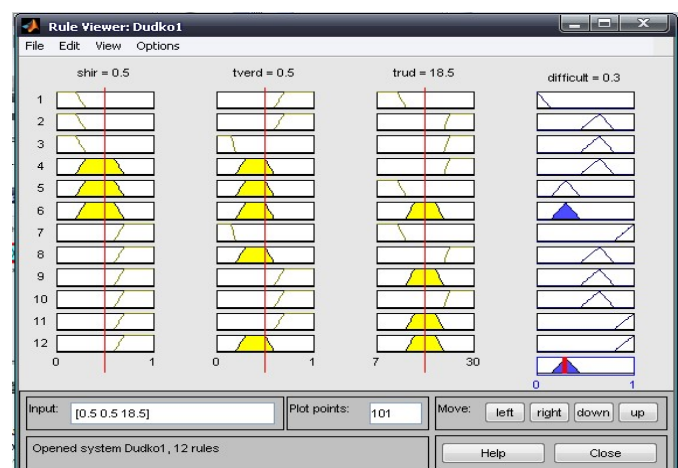


Рис. 8. Вікно перегляду правил

На рис. 9 - 11 представлена візуалізація поверхонь нечіткого виведення даної моделі для вхідних змінних «Мікротвердість» і «Шорсткість», «Трудомісткість» і «Шорсткість», «Трудомісткість» і «Мікротвердість».

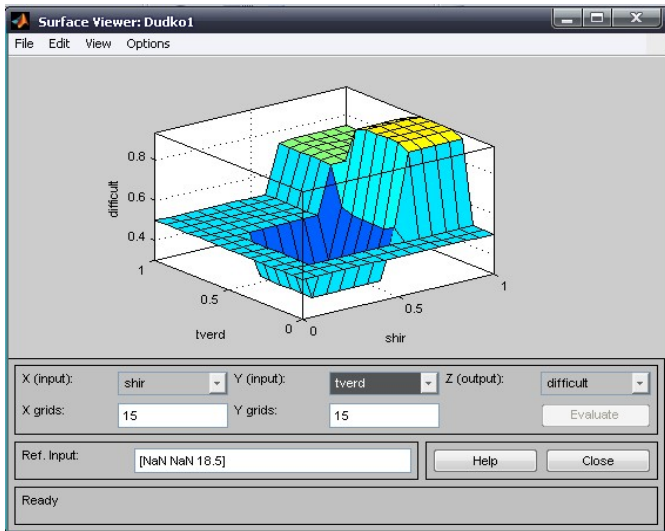


Рис. 9. Візуалізація поверхні нечіткого виведення розглянутої моделі для входніх змінних «Мікротвердість» і «Шорсткість»

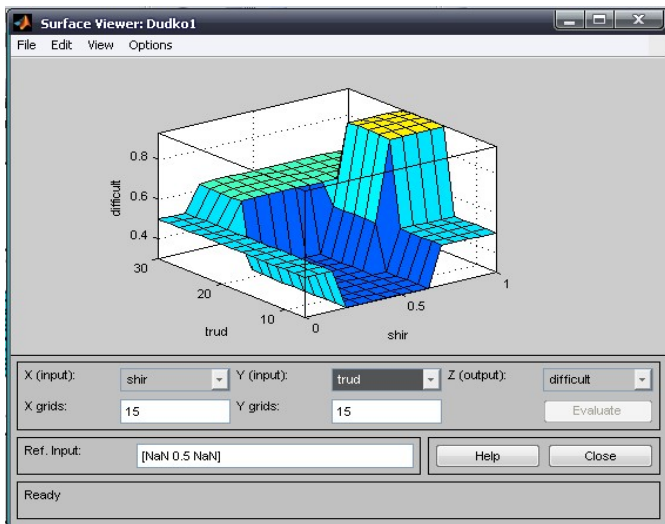


Рис. 10. Візуалізація поверхні нечіткого виведення розглянутої моделі для входніх змінних «Трудомісткість» і «Шорсткість»

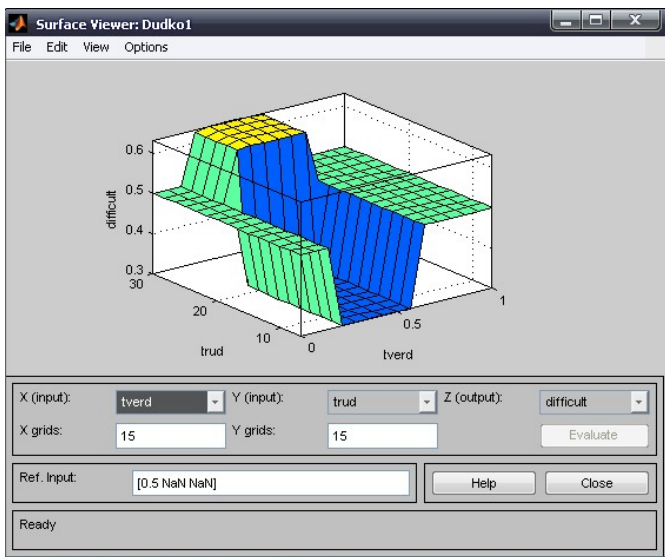


Рис. 11. Візуалізація поверхні нечіткого виведення розглянутої моделі для входніх змінних «Трудомісткість» і «Мікротвердість»

Розроблена модель нечіткого управління обробкою деталі на основі параметрів технологічного процесу дозволяє адекватно оцінити складність виготовлення деталі у разі зміни входніх параметрів в режимі реального часу.

Висновки

В роботі розглянуто основні поняття про технологічний процес обробки деталей. Проведено аналіз літератури, що дозволило визначити необхідність удосконалення технологічного процесу обробки деталей на основі застосування методів нечіткого логічного управління.

Розроблено модель нечіткого управління технологічним процесом обробки деталей на машинобудівному підприємстві, яка на відміну від існуючих враховує якісні характеристики технологічного процесу обробки деталей, що дозволяє скоротити час проектування технологічного процесу обробки деталей при заданій точності та вартості.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Руденко П.О. *Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. Навчальний посібник.* / О.П. Руденко – К. Вища школа. – 1993 – 414 с.
2. Михалев О.Н. *Автоматизація проектування технологічних процесів обробки точних отверстий на станках с ЧПУ.* / О.Н. Михалев, А.С. Янюшкин - *Технологія машиностроєння.* – 2010. – №5. – С. 48-54.
3. Норенков И.П. *Основы автоматизированного проектирования: учеб. для вузов / И.П. Норенков.* – М.:Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2009. – 430 с.
4. Бровкова М.Б. *Системы искусственного интеллекта в машиностроении: учеб. пособие / М.Б. Бровкова.* – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т. – 2004. – 119 с.
5. Федин С.С. *Информационное обеспечение качества деталей машиностроения с использованием модели нечеткого логического вывода / С. С. Федин, Н. А. Зубрецькая, А. С. Гончаров // Системы обробки інформації.* – 2012. – № 2(100). – С. 104–107.
6. Филь Н.Ю. *Информационная технология процесса обработки деталей с использованием методов нечеткого вывода / Н.Ю. Филь, А.Б. Биньковская, Д.В. Дудко // Технология приборостроения.* – 2018. – №2. – С. 43-45.
7. Кузультинов С.Д. *Информационное обеспечение системы укрупненного автоматизированного проектирования и нормирования технологических процессов инструментальной оснастки / С.В. Кузультинов, Г.Н.Мальшев // Машиностроение.* – 2011. – №2. – С. 55-57.
8. Зубрецька Н.А. *Нейро-нечітке управління точністю та стабільністю технологічних процесів механічної обробки деталей / Н.А. Зубрецька // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2013. – № 3/3(63) – С. 49-53.*
9. Федин С.С. *Разработка нечеткой экспертной системы для обеспечения качества деталей приборов и машин на этапе проектирования технологических процессов их изготовления // Восточно-Европейский журнал передовых технологий.* – 2006. – № 5/2 (230). – С. 49-56.
10. Леоненков А.В. *Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH.* СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 736 с.
11. Штовба С.Д. *Проектирование нечетких систем средствами MATLAB.* – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.
12. Бугрянцева Е.Ю. *Разработка базы знаний для системы нечеткого логического вывода в среде MatLab / [Электронный ресурс].- Режим доступа https://forum-nauka.ru/domains_data/files/24/Burzyanceva%20EYu.pdf*