



УКРАЇНА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(ЗНТУ)

РЕЦЕНЗІЯ

на магістерську роботу Підвищення зносостійкості інструменту в
 (вказати тему дипломного проекту (роботи))
токох ексії та зварювості при зварюванні металевих конструкцій
 Студент Чомко Євгенів

Спеціальність «131 Тришарова металізація», група М-131

Обсяг проекту пояснювальна записка, презентація

Кількість аркушів креслень —

Кількість сторінок пояснювальної записки 88

а) короткий зміст проекту та прийнятих рішень

Виробничий програмний комплекс для визначення оптимальних рішень щодо підвищення зносостійкості інструменту при зварюванні металевих конструкцій.

б) висновок про відповідність проекту завданню

проект відповідає завданню

в) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту, рівень відповідності останнім досягненням науки та техніки і передовим методам роботи

розділ розрахунково-пояснювальної записки виконаний на достатньо високому рівні. Проведено роботу відповідно останнім дослідженням науки і техніки.

г) негативні особливості виконання проекту

1. Робота має здебільшого розрахунковий характер, проте експериментальні дослідження проведені в недостатньому обсязі.

2. Розділ 5 пояснювальної записки розкрит в недостатньому обсязі.

д) позитивні особливості

В програмі виробничий програмний комплекс.

комп'ютерне рішення не мав реалізації у
сучасних САМ-системах.

е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до проекту
Робота виконана в повному обсязі з урахуванням
вимог до майстерських робіт.

є) відгук про роботу загалом Робота виконана у повному
обсязі, якісно. Вироблений програмний комплекс має
велику цінність та може бути застосований на
різних підприємствах, має потенціал для подальшого
його розвитку.

ж) інші зауваження В роботі присутні деякі рисунки
оформлені російською або англійською мовою.

з) оцінка проекту відмінно

Рецензію склав

доц. ЗНТУ, Пухальський Г.В.
(посада, місце роботи, прізвище, ім'я, по батькові)

Г.В. Пухальський
(підпис)

« 11 » 12 20 18 р.

[14:28:54] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №462 [2] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:29:08] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №467 [2] (200026 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:29:25] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №472 [2] (200028 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:31:43] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №477 [2] (200043 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:32:57] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №482 [2] (200040 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:33:17] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №487 [2] (200023 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:33:35] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №492 [2] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:33:45] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №497 [2] (200030 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:33:59] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №502 [2] (200036 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:33:59] Тип проверки: *Стандартная*

[14:33:59] **Уникальность текста 75%**[®] (Проиигнорировано подстановок: 0%)

Усеиш

Форма № 24

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машинобудівний
(повне найменування інституту, факультету)

технології машинобудування
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

другий (магістерський)
(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему Підвищення жорсткості інструменту, а також якості та ефективності пререзної обробки циліндричної деталі програмною системою для визначення оптимальних режимів різання

Виконав: студент V курсу, групи М-113М
спеціальності (напряму підготовки)

131 Прикладна механіка
(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Усенко С.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник Гермашев А.І.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Гуральський Г.В.
(прізвище та ініціали)

м.Запоріжжя
2018 рік

Запорізький національний технічний університет (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет машинобудівний
Кафедра технології машинобудування
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) магістр
Напрямок підготовки 131 Прикладна механіка
(код і назва)
Спеціальність _____
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМБ
доц. Діда С.І.
"11" 12 2012 року

З А В Д А Н Н Я **НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ**

Усенко Станіслав Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Діагностика зносостійкості інструменту та також якості та середньовисоти фрезерної обробки шліхтом режимів програмного забезпечення для визначення стійкості режимів
керівник проекту (роботи) Германев А.І. к.т.н. режимів різання
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "26" 11 2018 року № 366

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) 1. Сучасні технологічні методи зникнення вібрацій. 2. Розрахунок режимів різання за допомогою режимно-режимної теорії (діагностика стійкості). 3. Програмні інструменти MHOrep. 4. Основні принципи фрезерної обробки.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз надійності розробки. 2. Інсталяція програмного забезпечення. 3. Основні характеристики обробки лобової програми-вання. 4. Розробка програмного інтерфейсу. 5. Розробка коду. 6. Оцінка пружності та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Презентація

2

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Осередок проекту	Шинько В.І., к.т.н., доцент	ВЛС 10.10.18	ВЛС 16.12.
Основні розділи	Гермашев А.І., к.т.н.	Гермаш	Гермаш
Н.контр.	Колонов В.В., к.т.н., доцент	Мед	Мед

7. Дата видачі завдання 07.09.2018

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Аналіз актуальності об'єкту	01.09 - 21.09	
2.	Метафоричне програмного забезпечення	22.09 - 27.09	
3.	Основні характеристики об'єкта мови програмування.	28.09 - 15.10	
4.	Виробля програмного інтерфейсу	16.10 - 11.11	
5.	Виробля коду	12.11 - 22.11	
6.	Охорона проєкту та безпека в модифікації цих ситуацій	23.11 - 04.12	

Студент



(підпис)

 Чесно С.О.
 (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)



(підпис)

 Гермашев А.І.
 (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ складається з 6 розділів та містить: сторінок, 17 рисунків.

Згідно завдання, необхідно розглянути питання підвищення зносостійкості інструменту при фрезерній обробці шляхом реалізації програмного комплексу. В ході написання магістерської роботи, були вирішенні питання:

- проаналізована проблема появи коливань;
- було порівняно відмінності траєкторії руху інструменту при обробці різних матеріалів;
- розроблено плагін для вирішення проблеми на базі системи NX;
- створено програмний інтерфейс і програмний код;

ПРОГРАМА, NX, ПЛАГІН, ІНТЕРФЕЙС, КОРИСТУВАЧ, КОЛИВАННЯ, ТИТАН, АЛЮМІНІЙ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	
ВСТУП.....	
1 АНАЛІЗ АКТУАЛЬНОСТІ РОЗРОБКИ.....	
1.1 Загальні відомості про коливання і способи управління ними.....	
1.2 Обробка титану.....	
1.3 Обробка алюмінію.....	
2 ІНСТАЛЯЦІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	
2.1 Інсталяція NX.....	
2.2 Інсталяція Visual Studio.....	
3 ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБРАННОЇ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ.....	
4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ІНТЕРФЕЙСУ.....	
5 РОЗРОБКА КОДУ.....	
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	
6.1 Аналіз потенційних небезпек.....	
6.2 Заходи по забезпеченню безпеки.....	
6.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.....	
6.4 Заходи з пожежної безпеки.....	
6.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	
ВИСНОВКИ.....	
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	
Додаток А – Програмний код плагіну.....	

ВСТУП

Сучасне виробництво неможливо уявити без автоматизації виробничих процесів. Саме тому існує велика кількість спеціалізованого програмного забезпечення, яке дозволяє значно прискорити процес розробки виробів.

NX ведуча CAD/CAM/CAE система. Програма дозволяє не тільки розробити конструкторську документацію на деталь і створити її 3D модель, але й провести інженерний аналіз і підготувати управляючу програму для обробки деталей на верстатах з ЧПК.

Для розробки управляючої програми використовується САМ модуль. Він являє собою набір різноманітних типів та методів обробки, які дозволяють обирати матеріал, інструмент, режими різання, стратегію різання, коригувати траєкторію і т.д.

Але не завжди стандартного набору інструментів достатньо для того, щоб задовольнити потребу кожного користувача. Саме тому в NX є засоби розширення функціональності системи NX Open. NX Open – це набір інструментальних засобів, які дозволяють гнучко інтегрувати програмні додатки користувача з NX через відкриту архітектуру. Мета у тому, щоб автоматизувати складні та повторювані завдання.

Реалізується це за допомогою створення плагінів. Плагін – це незалежний програмний модуль, який завантажується окремо від основної програми, але він використовує її бази даних чи бібліотеки. Як правило плагіни створюються для підвищення функціоналу вихідного додатку або удосконалення вже існуючих можливостей.

З програмної точки зору плагін виглядає як код, у якому закладені алгоритми внутрішнього функціонування та шляхи обміну з основною програмою.

1 АНАЛІЗ АКТУАЛЬНОСТІ РОЗРОБКИ

На стійкість інструменту впливає велика кількість факторів (режими різання, оброблюваний матеріал, обробляючий матеріал та ін..).

Підбір оптимальних режимів різання постає основним завданням при проектуванні процесу різання. В свою чергу режими різання також залежать від багатьох факторів. Серед інших, важливий вплив на режими різання оказують коливання. Саме тому дуже важливо розуміти природу появи коливань та способи їх зменшення.

1.1 Загальні відомості про коливання і способи управління ними

Taylor - автор першої великої праці з металообробки «Мистецтво різання металів» [1] так відгукнувся про проблему усунення коливань: «Питання щодо виникнення тремтіння різців є самим тонким з усіх, з якими доводиться мати справу робочому». Найбільш гостро ця проблема виникає у випадках необхідності збільшення продуктивності обробки при використанні високошвидкісного устаткування і при обробці важкооброблюваних сталей і сплавів. З розвитком і застосуванням нового обладнання з ЧПК в авіаційній промисловості, а також при використанні недостатньо жорстких кінцевих інструментів, які найбільш активно підтримують збудження вібрацій, рішення даної проблеми стає надзвичайно важливою необхідністю.

Вібрації при різанні металів довгий час вважалися вимушеними коливаннями [2]. Вперше спростував це трактування Дроздов Н.А. У 1937 р. він опублікував роботу [3], в якій показав, що частота вібрацій незмінна в широкому діапазоні швидкостей різання. На основі цього він дійшов висновку, що вібрації, що породжуються процесом різання, слід вважати автоколиваннями.

Автоколивання прийнято розділяти на первинні, що порушуються при першому проході інструменту, і на вторинні, які виникають при різанні по хвилястому сліду [4].

Первинне порушення автоколивань обумовлено впливом сукупності кількох взаємозалежних причин, при цьому одна або дві з них домінують в залежності від умов процесу різання. Причини первинних автоколивань розглянуті в роботах [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, та ін.]. Найбільш істотними з них більшість вважають:

- «падаючу» залежність коефіцієнта тертя по передній поверхні інструменту від швидкості переміщення по ній стружки [12, 13]. Однак з огляду на те, що залежність сили різання від швидкості вельми інерційна, нелінійна залежність сили тертя стружки від швидкості різання не може бути причиною виникнення вібрацій при різанні [14, 15];
- відставання зміни сили різання від зміни товщини зрізаного слою [6, 8, 10, 16, 16, 17, 19, 20];
- координатні зв'язки переміщень інструменту по взаємно перпендикулярним осям координат (рух інструменту по замкнутій еліпсоподібної траєкторії) [11, 19, 21, 22, 23, 24, 25];
- зміна кінематичних кутів інструменту при коливаннях [12, 19, 26].

До цих причин для процесів фрезерування також відносять періодичні імпульсні навантаження в ТС при вході і виході зубів з заготовки і зміна сили різання по величині в межах довжини контакту зуба фрези із заготовкою [26].

Вторинні причини збудження автоколивань викликані хвилястістю на поверхні різання, що залишилася при попередньому проході інструменту. При цьому, якщо існує зсув фази коливань, спостерігається, що товщина стружки, і, відповідно, сила різання періодично змінюється. Дані коливання називають регенеративними автоколиваннями [16, 20, 22, 25, 26].

У 1937 р Дроздов Н.А. [3] вперше показав важливу роль сліду на поверхні заготовки в підтримці автоколивань. Дослідження 40 ... 50-х років, проведені Каширіним А.І. [12], Соколовським А.П. [27], Амосовим І.С. [28], Ільницьким І.І. [26], Кучмою Л.К. [10], Arnold R.N. [29] також показали велике значення

регенерації для підтримки автоколивань. Амосов І.С. [28], Ільницький І.І. [26], Решетов Д.Н. і Левіна З.М. [30]. писали, що вторинне збудження сліду забезпечує 85% енергії збудження автоколивань.

Кучма Л.К. [10] оцінив фазовий зсув коливань при точінні рівний куту $90 \pm 25^\circ$ при кожному наступному обороті деталі. Ільницький І.І. [26] показує, що значення фазового зсуву може перебувати в діапазоні $50 \dots 80^\circ$.

В середині 50-х років дослідження Кудінова В.А. дозволили використовувати розуміння фізичної сутності регенеративного порушення автоколивань при створенні теорії для визначення стабільних умов обробки.

У роботах Plusty [31] і Tobias [32] розглянуті умови без вібраційного точіння диска різцем при виникненні регенеративних коливань (рис. 1.1), а на рис. 1.2 показана структурна схема динамічної системи, запропонована Merritt [33].

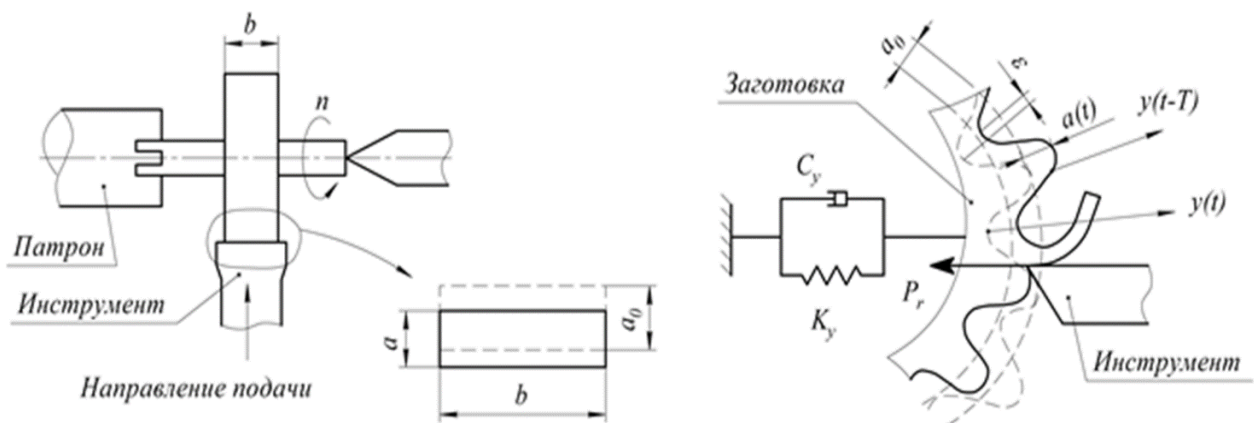


Рисунок 1.1 - Одновимірна модель ортогонального точіння диска [31]



Рисунок 1.2 - Структурна блок-схема динамічної системи при поперечному точінні диска [33]

Закон абсолютної вібростійкості, сформульований в роботі [14] має вигляд:

$$b_{\lim} = -\frac{1}{2K_r \min \operatorname{Re}(FRF)}, \quad (1.1)$$

де $\operatorname{Re}(FRF)$ – дійсна частина передаточної функції системи СПІЗ;

K_r – коефіцієнт радіальної складової сили різання.

Рівняння (1.1) дає вібростійку глибину різання при будь-якій частоті обертання шпинделя, при цьому розглядається мінімальне значення $\operatorname{Re}(FRF)$. В роботі [34] були знайдені додаткові області стійкості, що залежать від частоти обертання шпинделя, які дозволяють збільшувати глибину різання, зберігаючи стабільні умови обробки. Такий графік названий «пелюстковою діаграмою стійкості» (рис. 1.4).

Для розрахунку межі стійкості при різних частотах обертання шпинделя використовують рівняння 1.2, 1.3 і 1.4. Зміна величини b в рівнянні 1.2 визначається значенням дійсної частини передавальної функції $\operatorname{Re}(FRF)$. Мінімальна величина $\operatorname{Re}(FRF)$ обумовлює найменше значення ширини зрізу b (як показано в рівнянні 1.1), а максимальна - найбільше. Це викликано тим, що в розрахунок береться тільки негативна частина $\operatorname{Re}(FRF)$, тому її максимальні значення прагнуть до нуля.

$$b = -\frac{1}{2K_r \operatorname{Re}(FRF)} \quad (1.2)$$

$$\frac{f_c}{n} = N + \frac{\varepsilon}{2\pi} \quad (1.3)$$

де f_c – частота автоколивань, яку можна визначити із розкладання FRF функції в комплексній площині (рис. 1.3);

N – кількість цілих хвиль на поверхні різання.

$$\varepsilon = 2\pi - 2\arctan\left(\frac{\operatorname{Re}(FRF)}{\operatorname{Im}(FRF)}\right), \quad (1.4)$$

Зміна значення функції FRF відбувається при розрахунку межі стійкості для кожної наступної частоти обертання шпинделя. При цьому відбувається зміна частоти автоколивань (частоти збудження) системи f_c .

Величина передавальної функції FRF визначає кут зсуву фази ε в рівнянні 1.4 [35]. Зсув фази ε і частота автоколивань f_c служать для розрахунку частоти обертання шпинделя в рівнянні 1.3.

На рис. 1.3 показано розкладання функції FRF в комплексній площині для випадку зсуву фази автоколивань $\varepsilon = 270^\circ$. Точками 1 – 3 відмічені значення функції FRF , які формують екстремуми кожного пелюстку діаграми стійкості (рис. 1.4). Положення 2 відповідає ($\varepsilon = 270^\circ$) і визначає найбільш нестабільний режим, так як у цьому випадку в рівняння (1.3) значення $\operatorname{Re}(FRF)$ – мінімальне, отже величина b буде найменшою.

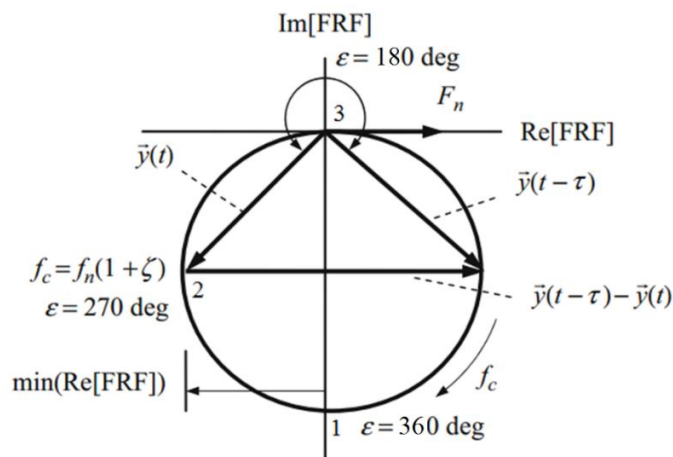


Рис. 1.3. Розкладання передавальної функції FRF в комплексній площині для випадку зсуву фази автоколивань $\varepsilon = 270^\circ$

При куті зсуву фази 360° (положення 1) і 180° (положення 3) система є найбільш стійкою, і величина b приймає максимальні значення.

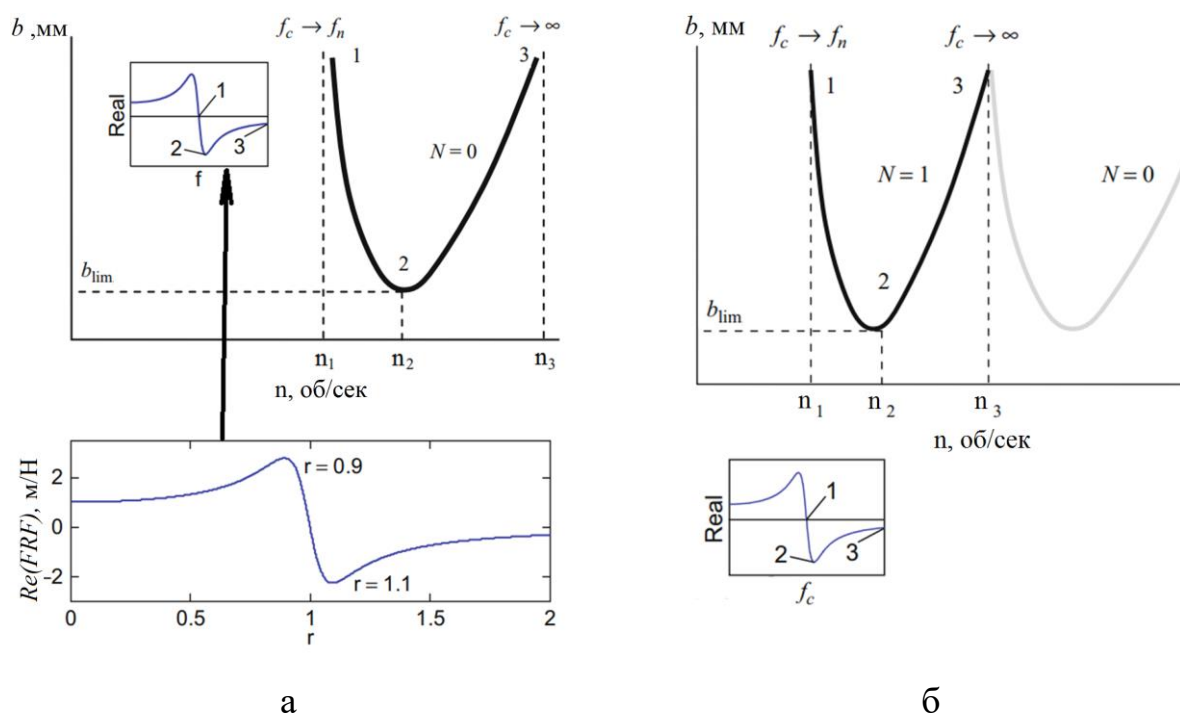


Рис. 1.4. Побудова пелюсток діаграми стійкості:

а – першого, б – другого [36]

Зміна величини дійсної частини передавальної функції $\text{Re}(F/F)$ відбувається при зміні значення r (рис 1.4, а). Величина r є відношенням частоти автоколивань f_c і частоти власних коливань f_n . Даний підхід визначає частоту автоколивань, як частоту збудження системи. При точінні ця величина відповідає частоті обертів, а при фрезеруванні - зубцевій. Таким чином, коли $r = 1$ частота автоколивань дорівнює частоті власних коливань системи (положення 1 - найбільш стійке, початок пелюстки, $\varepsilon = 360^\circ$). При подальшому збільшенні швидкості обробки настає стан 2 (нестійке, $\varepsilon = 270^\circ$). З подальшим зростанням швидкості система наближається до положення 3 (найбільш стійке, кінець пелюстки, $\varepsilon = 180^\circ$). Якщо здійснюється побудова 0 пелюстки ($N = 0$), то його права верхня межа буде прагнути до нескінченності. При побудові інших пелюсток права верхня межа перетинається з наступною пелюсткою, рис. 1.7, б.

Подальша побудова пелюсток здійснюється за таким же механізмом з тією лише відмінністю, що в формулу (1.3) підставляють $N = 1, 2, 3$ і т. д. Зі збільшенням числа пелюсток відстань між ними зменшується, і величина b буде прагнути до b_{lim} .

В даний час принцип розрахунку діаграм стійкості покладено в більшість зарубіжних робіт, пов'язаних з визначенням стабільності системи СПЗ при механічній обробці. Проведено безліч робіт по удосконаленню даного підходу для різних видів обробки, використовуваних геометрій інструментів, умов взаємодії інструменту і деталі і т.д.

Tobias [32] писав, що можливо враховувати зміни в дійсному задньому куті інструменту, нахил хвилястості, яка залишилася на внутрішній і зовнішній поверхні стружки і процес демпфірування по задній поверхні інструменту (рис. 1.5) шляхом подання коефіцієнта різання у вигляді комплексного числа.

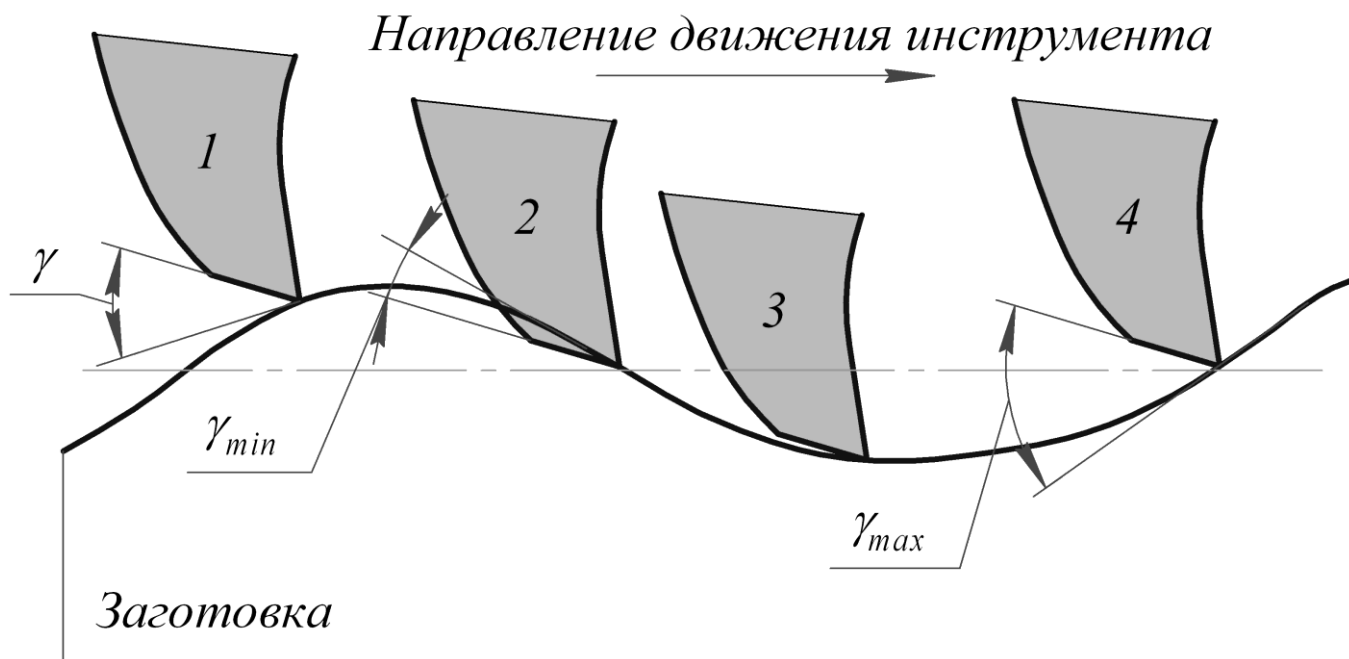


Рис. 1.5. Механізм процесу демпфірування в динамічному різанні

Для того щоб вивчити процес демпфірування при різанні, CIRP сформувала робочу групу для встановлення динамічних коефіцієнтів різання. Дослідження проводили на вимірювальному стенді, запропонованому Peters, Vanherck van Brussel [37]. У роботах брали участь Tlusty, Vanherk, Peters, van Brussel, Weck і інші. Tlusty узагальнив результати досліджень в роботі [32]. У зв'язку з тим, що експериментальний стенд мав низькі частоти коливань, а обладнання дозволяло

працювати тільки на низьких швидкостях різання, а також процес експериментального аналізу стійкості був дуже довгим і об'ємним для впровадження у виробництво, Y. Altintas, M. Eynian і H. Onozuka провели дослідження і визначили динамічні коефіцієнти сили різання на більш сучасному обладнанні [38]. У даній роботі також було проведено дослідження впливу зносу інструменту на вібростійкість процесу різання.

Фрезерування ТЕД здійснюється в умовах періодичної втрати контакту між інструментом і деталлю, що істотно ускладнює аналіз стійкості при даному виді обробки. Altintas в роботі [39] провів детальний аналіз підходів оцінки вібростійкості при фрезеруванні в умовах виникнення регенеративних автоколивань. Їм розглянута модель циліндричного кінцевого фрезерування з урахуванням двох ступенів свободи маложорсткого інструменту. Altintas і ін. експериментально перевірялося прогнозування пелюсткової діаграми стійкості для значної кількості видів кінцевих фрез [38, 40, 41, 42, 43].

Незважаючи на свою поширеність і широке промислове застосування на зарубіжних підприємствах метод побудови «пелюсткових діаграм стійкості» має ряд недоліків, пов'язаних з розумінням фізичних основ процесу механічної обробки, таких як:

- в основу розрахунку вкладається поняття зміни частоти збудження, тобто безпосередньо значення частоти обертання шпинделя або зубцевої частоти (при фрезеруванні). Таким чином вхідним параметром для розрахунку є величина n і вона ж є вихідним параметром, що є явною невідповідністю;
- частота автоколивань і частота збудження системи є різними поняттями. Також частота автоколивань не має циклічного зміни свого значення при зміні частоти обертання шпинделя, починаючи від ЧСК системи і до, в більшості розрахункових випадків, 2х кратного її збільшення;

- кількість хвиль N при кінцевому фрезеруванні ТЕД значно менше, ніж визначено в розрахунку, що істотно змінює місце розташування пелюсток. Це пов'язано з тим, що розрахунок діаграм стійкості ведеться в частотній області, а при фрезеруванні ТЕД різання відбувається в умовах втрати контакту між інструментом і деталлю. Для обліку цього явища даний процес повинен розглядатися в тимчасовій області, в якій можливо проаналізувати час різання і час холостого ходу зуба фрези.

1.2 Обробка титану

Висока міцність, мала вага і відмінна корозійна стійкість, якою володіють титанові сплави привели до широкого спектру їх застосування в аерокосмічній, автомобільній, медичній, хімічній та інших галузях промисловості. Через високу затребуваність використання титанові сплави приваблюють багатьох дослідників. Вони були розглянуті в різних областях знань: розвиток ріжучого інструменту для ефективної їх обробки [44, 45, 46, 47], дослідження з механіки формування стружки [48,49, 50], якість поверхні і механізм зносу інструменту [51, 52, 53, 54, 55], сили різанні [56, 57, 58, 59,60] та інші.

Як правило, титанові сплави класифікуються як тип матеріалів, які важко піддаються механічній обробці [61, 62]. Вони мають низьку теплопровідність і високу хімічну активність [61, 62]. Низька теплопровідність підвищує температуру на контактних поверхнях інструменту і деталі, що зменшує термін служби інструменту. Хімічна активність титану сприяє зварюванню інструменту з деталлю під час обробки, що призводить до сколювання і передчасного виходу з ладу інструменту. Низький модуль пружності титанових сплавів викликає великий відгин деталі і високий рівень вібрацій при обробці. Навіть при підвищених температурах, титан зберігає свою міцність, що пригнічує пластичну деформацію, необхідну для формування стружки [54]. Високі напруги і температури, присутні на контактних поверхнях інструменту і деталі можуть викликати значні пошкодження обробленої поверхні [48,62]. Забруднення титанової заготовки

шляхом дифузії матеріалу інструменту і компонентів атмосфери може привести до погіршення механічних властивостей матеріалу, особливо втомної міцності [60].

Виходячи з проблем і труднощів, що виникають при обробці титанових сплавів, необхідним є використання спеціальних підходів для досягнення бажаної якості виробу. У літературі існує кілька загальних рекомендацій для обробки титанових сплавів, які можуть допомогти в подоланні труднощів, пов'язаних з їх обробкою [44,47,55, 62], такі як:

- низька швидкість різання є кращою і допомагає звести до мінімуму температури на ріжучій кромки інструменту, яка в першу чергу залежить від швидкості різання,

- Необхідно використовувати інструмент з гострими ріжучими крайками. Інструмент повинен бути замінений при перших ознаках зносу. При обробці титанових сплавів інтенсивність зносу інструменту є не лінійною. Повна відмова інструменту відбувається досить швидко після того, як відбувся невеликий знос. Гострий ріжучий інструмент допомагає звести до мінімуму накопичення тепла і зношування.

- Швидкість подачі несуттєво впливає на температуру в зоні різання. Так збільшення подачі з 0,05 мм / об до 0,5 мм / об (тобто в десять разів) збільшує температуру на 150°C. У той час як збільшення швидкості в 7 разів призводить до збільшення температури на 450° С.

- Використання пристроїв, що збільшують жорсткість заготовки і запобігають її вібрації в процесі обробки. Виліт заготовки повинен бути якомога коротшим щодо робочого столу верстата

- Чи не зупиняти подачу, коли інструмент і заготовка знаходяться в зачепленні, так як це сприяє утворенню наклепу, підвищеного зносу інструменту, його заїдання і руйнування.

- Повинна застосовуватися мастильно-охолоджуюча рідина. Правильне використання охолоджуючих рідин під час обробки титану значно збільшує термін служби різального інструменту. Хімічно активні МОР забезпечують ефективну теплопередачу і зменшують сили різання.

- Тверді ділянки на оброблюваній поверхні повинні бути видалені перед різанням піскоструминною обробкою або прибрані в розчині 2% фтористоводородної кислоти і 20% азотної кислоти.

За допомогою правильного підбору траєкторії руху інструменту, можна мінімізувати негативний вплив фізико-механічних властивостей титану на процес його обробки.

Як вже згадувалось вище, одна з основних проблем титану - його низька теплопровідність. У цьому металі лише відносно мала частина виділеного тепла відводиться разом зі стружкою. У порівнянні з іншими металами, при обробці титану більший відсоток тепла передається на інструмент. Внаслідок цього ефекту вибір робочої площі контакту визначає вибір швидкості різання.

Цю залежність демонструє крива на рисунку 1.6. Повний контакт - врізання по дузі 180° - можливий тільки при відносно низькій швидкості різання. У той же час зменшення площі контакту скорочує період виділення тепла ріжучої кромкою і забезпечує більше часу для охолодження перед новим врізання в матеріал. Таким чином, зменшення зони контакту обумовлює можливість підвищення швидкості різання зі збереженням температури в точці обробки. Фрезерування з вкрай малою площею контакту і гостро заточеною ріжучою кромкою при високій швидкості і мінімальній подачі на зуб може забезпечити неперевершену якість чистової обробки.

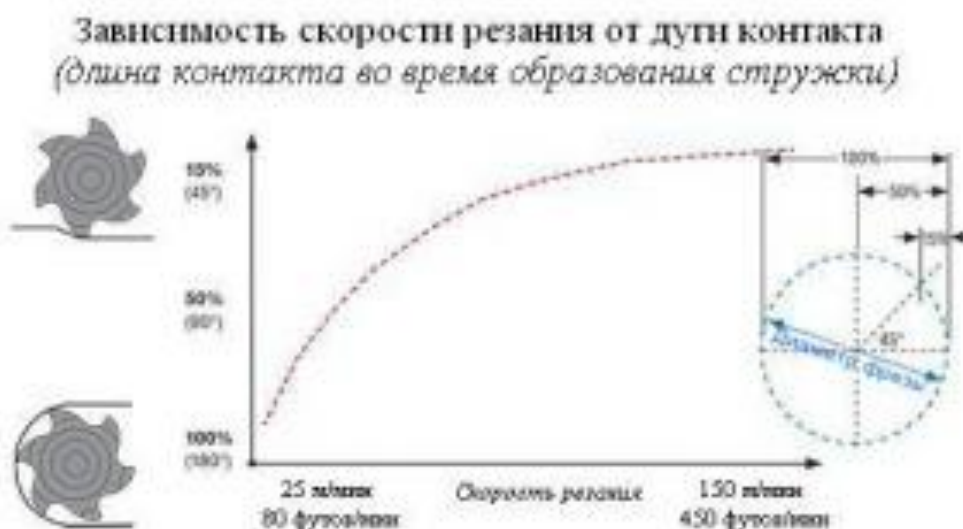


Рисунок 1.6 – Залежність швидкості різання від дуги контакту

Формування стружки «від товстої до тонкої». Дана ідея пов'язана з терміном «попутне фрезерування» і передбачає таке розташування інструменту, при якому кромка врізається в матеріал в напрямку подачі.

Цьому методу протиставляється «зустрічне фрезерування», що супроводжується утворенням тонкої стружки на вході і товстої на виході. Такий метод відомий як «традиційний» і відрізняється високою силою тертя при знятті стружки на початку різання, в результаті чого утворюється тепло. Тонка стружка не може поглинути і відвести це вироблене тепло, і воно передається на ріжучий інструмент. Потім на виході, де товщина максимальна, зростаюче ріжуче зусилля створює небезпеку налипання стружки.

Попутне фрезерування, або спосіб формування стружки «від товстої до тонкої», передбачає вхід в заготовку з максимальною товщиною зрізу, а вихід - з мінімальною, як представлено на рисунку 1.7. При фрезеруванні периферією фрези «підминає» під себе заготовку, створюючи товсту стружку на вході для максимального поглинання тепла і тонку стружку на виході для запобігання налипання стружки.

Фасонне фрезерування вимагає ретельного контролю траєкторії інструменту, з тим щоб інструмент продовжував входити в заготовку і виходити на обробленій поверхні за потрібне чином. Для цього слід не вдаватися до складних маніпуляцій, а просто подавати матеріал праворуч.



Рисунок 1.7 – Утворення стружки

Поступове врізання. При роботі з титаном, як і з іншими матеріалами, термін служби інструменту скорочується в моменти різких коливань зусилля, особливо при вході в заготовку. При прямому врізанні в матеріал (що характерно практично для будь-якої траєкторії інструменту) ефект можна порівняти з ударом по ріжучої кромці молотком.

Замість цього слід акуратно проходити ріжучої кромкою по дотичній. Потрібно вибрати таку траєкторію руху, щоб інструмент входив в матеріал по дузі (рис. 1.8), а не під прямим кутом. При фрезеруванні від товстої стружки до тонкої дуга врізання повинна співпадати з напрямом обертання інструменту (за годинниковою або проти годинникової стрілки). Дугова траєкторія забезпечує поступове збільшення сили різання, запобігаючи ривки і підвищуючи стійкість інструменту. При цьому виділення тепла і товщина стружки також поступово зростають до моменту повного занурення інструменту в заготовку.

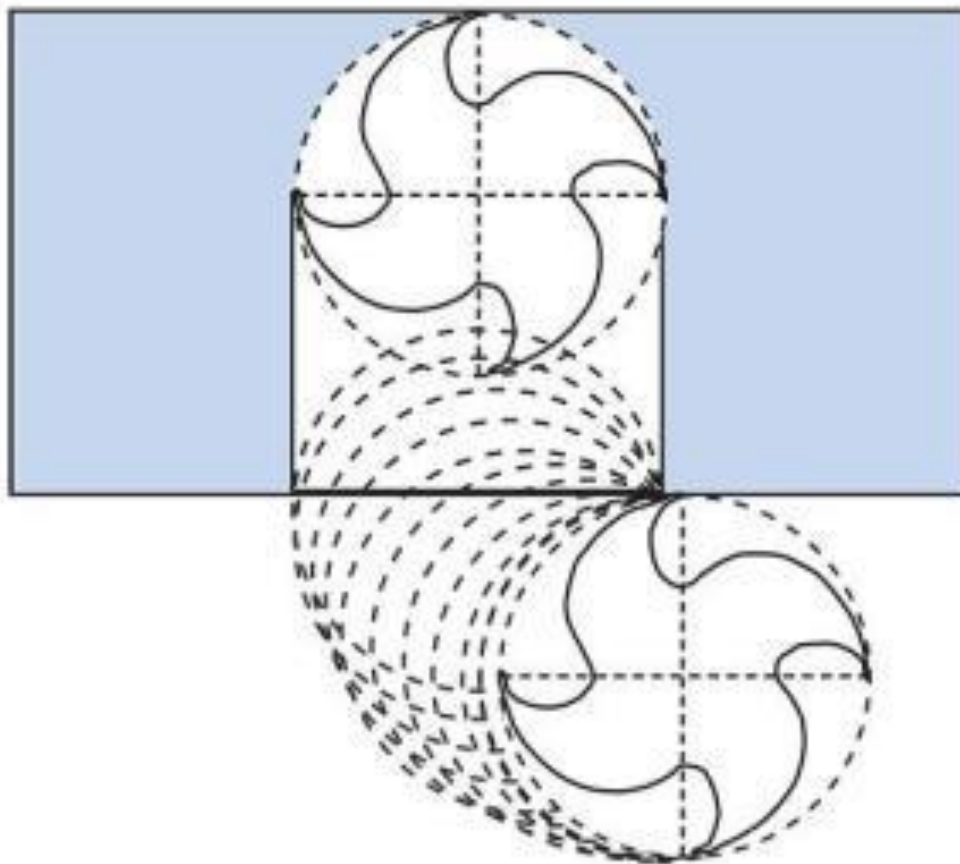


Рисунок 1.8 – Врізання по дузі

1.3 Обробка алюмінію

На даний момент алюміній як конструкційний матеріал знаходить дуже широке застосування - в будівництві, транспорті, авіаційній промисловості, електроніці, рекламної та побутової індустрії, а також у багатьох інших областях. Настільки широке поширення пояснюється цілою низкою унікальних властивостей, притаманних алюмінію. Це, перш за все, легкість, висока тепло- і електропровідність (при порівняно малому питомому електричному опорі), міцність при наднизьких температурах, неохочість корозії і т. д.

Особливості обробки:

- переважаючими типами зносу є наростотворення / налипання матеріалу на ріжучу кромку, схильність до формування задирок і незадовільні результати якістю обробленої поверхні;
- надзвичайно важливим є організація умов задовільного стружкодробління і відведення стружки. В іншому випадку на деталі можуть залишатися небажані сліди від стружки.

У загальному випадку, обробка алюмінієвих сплавів на високій швидкості більш краща і не надає згубного впливу на стійкість інструменту.

Рекомендована середня товщина проникнення ріжучого інструменту становить 0,1-0,2 мм. Фрезерування зі зняттям стружки меншої товщини може викликати утворення задирок в зв'язку з високою пластичністю матеріалу.

Так як обробка алюмінію супроводжується високими значеннями хвилинної подачі, її рекомендується виконувати на верстатах з функцією розрахунку траєкторії на основі попереджувального зчитування і аналізу коду програми, де коригування подачі відбувається автоматично.

Таким чином, при використанні базового функціоналу, неможливо створити траєкторію, яка буде задовільна як для титану, так і для алюмінію.

Рішення пропонується у вигляді написання Plug-in'a, який враховує вплив оброблюваного матеріалу на траєкторію руху інструменту.

2 ІНСТАЛЯЦІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Перед розробкою plug-in'a, перш за все, потрібно підготувати необхідне програмне забезпечення.

2.1 Інсталяція NX.

В першу чергу необхідно встановити безпосередньо систему NX. Повне керівництво з початку роботи знаходиться разом із інсталяційним пакетом, тому нижче будуть наведені лише основні рекомендації щодо інсталяції:

- директорія для встановлення NX (як і повний шлях до неї) обов'язково повинна мати назву виключно з латинських літер (використання кирилиці неможливе);
- бажано використовувати версії NX 8 і вище з міркувань оновленості класів і методів NX Open;
- для написання plug-in'ів може бути потрібна ліцензія автора, яка відкриває доступ до повного спектру можливостей.

2.2 Інсталяція Visual Studio

Наступним кроком є інсталяція Visual Studio. Як і у випадку з NX, детальне керівництво можна знайти разом з інсталяційним пакетом, але є декілька специфічних кроків.

Після завершення інсталяції Visual Studio необхідно настроїти шаблони NX Templates. NX Templates являють собою шаблони для написання програм користувача. В ньому попередньо вже написані команди звернення будучого плагіну до програми.

Щоб додати шаблони NX Templates в Visual Studio необхідно виконати наступні кроки. У директорії [...]Siemens\NX\UGOPEN\NXOpenTemplates знаходимо папку із назвою, що відповідає назві обраної мови програмування. Як вже

згадувалося вище, NXOpen підтримує велику кількість мов програмування. Тому дуже важливо обрати шаблони для тієї мови, якою буде написаний плагін.

Далі, у цій директорії знаходиться папка Templates, яка містить два ZIP-архіви (NXOpenTemplate.zip та NXOpenWinFormTemplate.zip). Необхідно скопіювати ці архіви і вставити їх у директорію з шаблонами Visual Studio: [My Documents]\Visual Studio\Templates\ProjectTemplates (рис.2.1). Далі знаходимо папку відповідної мови програмування і вставляємо скопійовані архіви. Важливо не розархівовувати їх, а тільки розмістити.

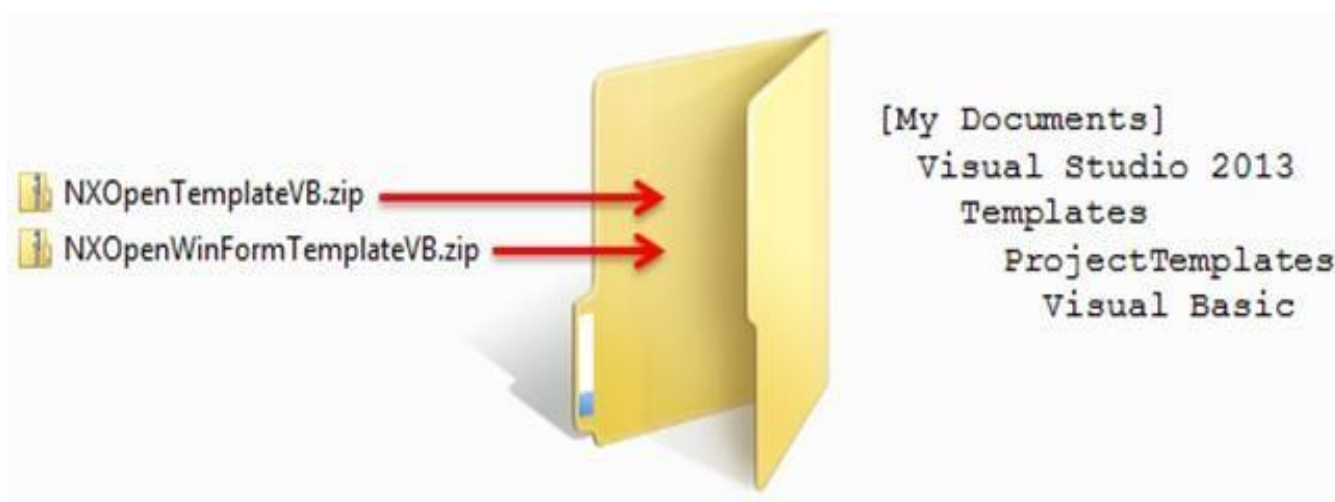


Рис. 2.1 – Додавання шаблонів NXOpen

Після настройки NX Templates, у стартовому вікні створення проекту з'являться 2 шаблони (рис. 2.2):

- NXOpen Application. Цей шаблон містить команди звернення плагіну до сесії NX. Інструменти розробки інтерфейсу у цьому модулі відсутні.
- NXOpen WinForm Application. Цей шаблон містить не тільки команди звернення плагіну до сесії NX, але й дозволяє користувачу розробляти інтерфейс будучого плагіну.

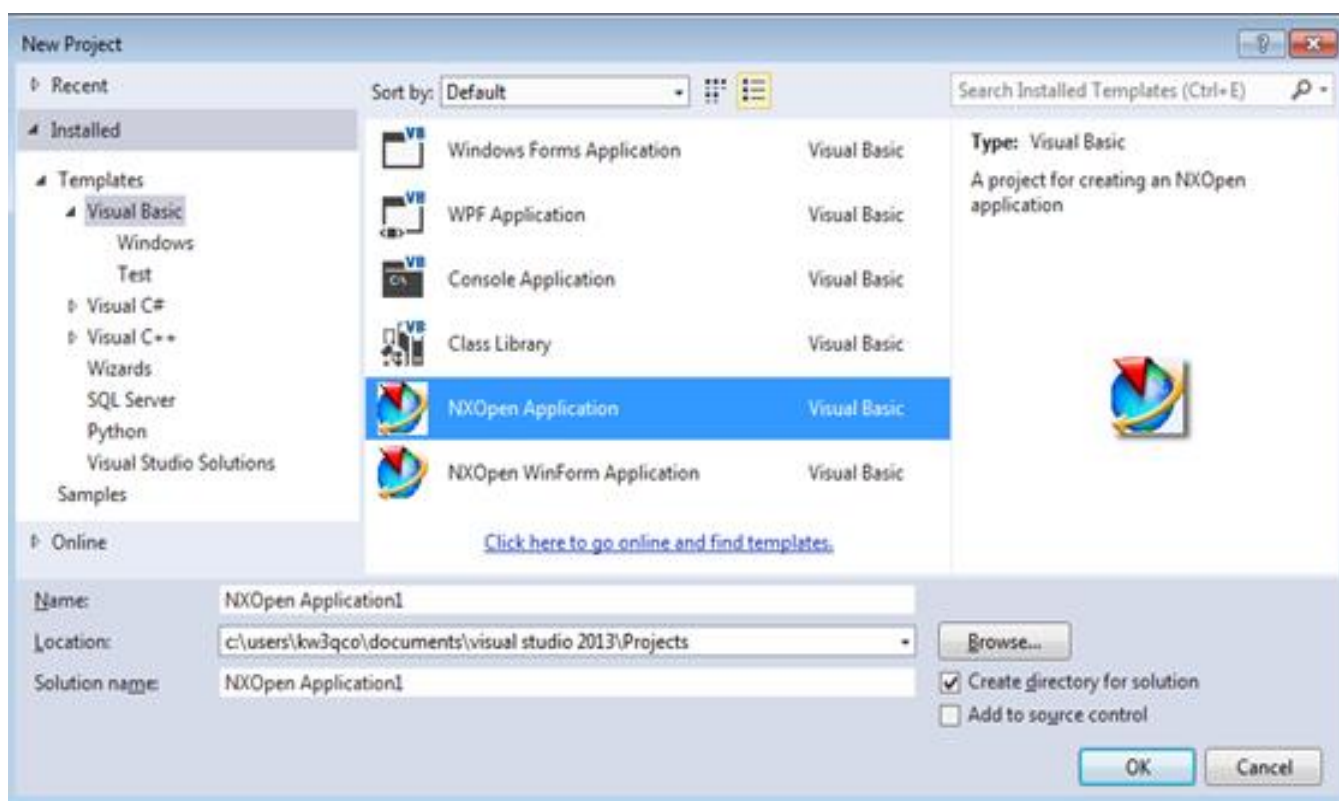


Рисунок 2.2 – Шаблони NXOpen у стартовому вікні Visual Studio

Незалежно від обраного шаблону, при створенні нового проекту, користувачу обов'язково необхідно вказати посилання на бібліотеки NXOpen. Шлях до них наступний (рис. 2.3):

[...] \Siemens\NX\NXBIN\managed\NXOpen.dll
 [...] \Siemens\NX\NXBIN\managed\NXOpenUI.dll
 [...] \Siemens\NX\NXBIN\managed\NXOpen.UF.dll
 [...] \Siemens\NX\NXBIN\managed\NXOpen.Guide.dll
 [...] \Siemens\NX\NXBIN\managed\NXOpen.Utilities.dll

Тут, [...] – шлях користувача до директорії, де встановлено NX.

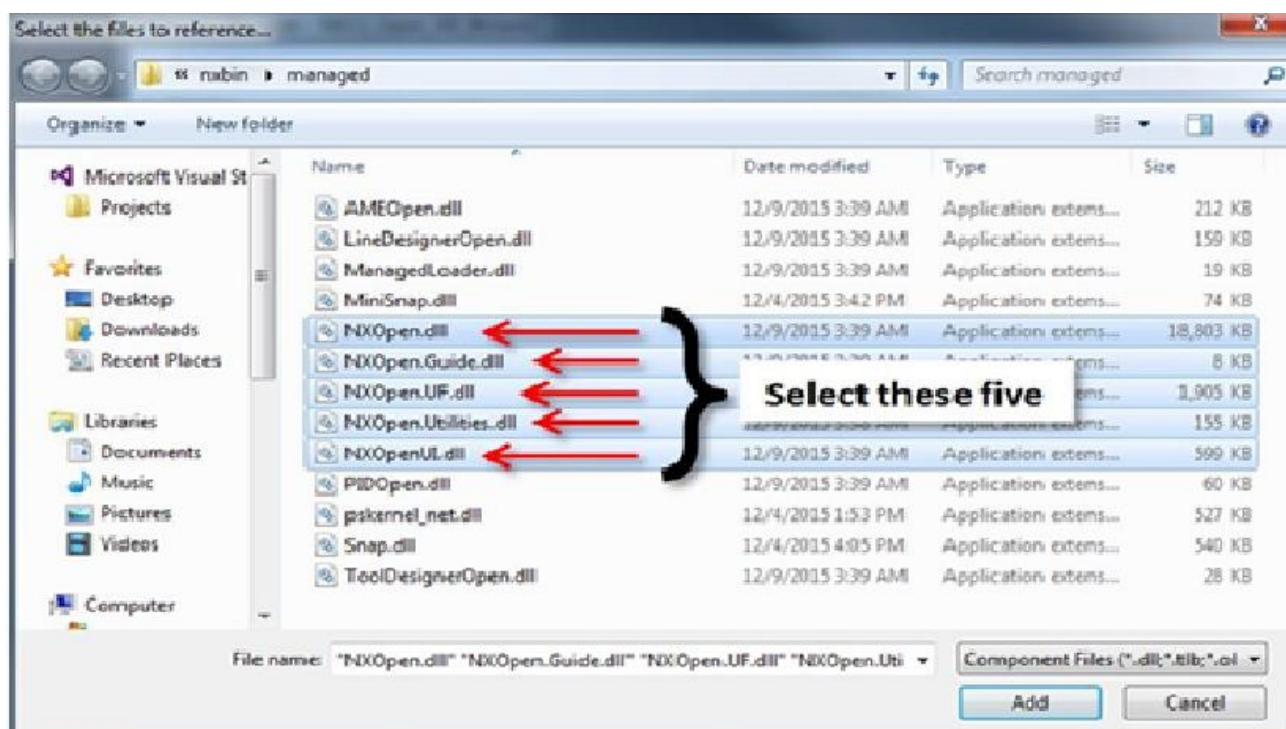


Рисунок 2.3 – Бібліотеки NXOpen

3 ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБРАННОЇ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ

В якості мови програмування була вибрана мова Visual Basic.NET.

VB.NET – мова програмування, що розробляється корпорацією Microsoft. VB поєднує в собі процедури та елементи об'єктно-орієнтованих і компонентно-орієнтованих мов програмування.

У даній мові є безліч готових компонентів, що поставляються разом із середовищем, покликані допомогти програмісту відразу ж почати розробляти код і алгоритми додатків, не відволікаючи його увагу на написання коду запуску програми, підписки на події та інших механізмів, які VB реалізує автоматично.

Проста взаємодія між об'єктами є однією з базових складових парадигми Visual Basic. Сам об'єкт називається екземпляром класу. Об'єктна модель VB надає різні класи для роботи з формами, елементами управління, буфером обміну, колекціями, екраном і т.д. Для взаємодії з іншими об'єктами клас надає розробнику інтерфейс, що складається з властивостей, методів і подій.

Visual Basic підтримує концепції об'єктно-орієнтованого програмування з конструкторами і деструкторами, спадкуванням, перекриттям методів.

VB в даний час є одним з найбільш популярних мов програмування. Хоча він поступається у популярності таким мовам, як C#, C++, Java в силу різних причин, однак за можливостями і своїм потенціалом вище перерахованим мов мало в чому поступається.

Про потужність мови VB говорить широкий спектр можливого програмного забезпечення, яке може бути написано на цій мові: це і найпростіші консольні утиліти і графічні програми, і ігрові програми, і складні високонавантажені веб-сервіси.

Мова VB.NET була створена спеціально для роботи на платформі .NET.

Розглянемо деякі її основні риси:

- Підтримка різних мов. Середовище підтримує ряд мов VB.NET, C #, C ++, F #, а також різні діалекти інших мов, прив'язані до .NET, наприклад, Delphi.NET. Подібний механізм працює завдяки загальномовному середовищу виконання Common Language Runtime (CLR), яке лежить в основі платформи .NET. При компіляції код на будь-якому з цих мов компілюється в збірку спільною мовою CIL (Common Intermediate Language). Мова CIL є свого роду 35агін35ером для платформи .NET.
- Кросплатформеність. .NET є переносною платформою (з деякими обмеженнями).
- Потужна бібліотека класів. Ще однією ключовою особливістю .NET є єдина для всіх підтримуваних мов бібліотека класів. І при написанні програми на VB.NET так чи інакше задіюється бібліотека класів .NET.
- Різноманітність технологій. .NET представляє цілий стек технологій, застосовуваний при написанні додатків. Наприклад, для роботи з базами даних призначені технологія ADO.NET і платформа Entity Framework. Для створення графічних програм з багатим насиченим інтерфейсом – технологія WPF. Для більш простих – Windows Forms. Для створення веб-сайтів і веб-сервісів – ASP.NET і т.д.

Як згадувалося вище, код на VB.NET компілюється в 35агін або збірку з розширеннями .exe або .dll на мові CIL. Потім під час запуску програми відбувається JIT-компіляція (Just-In-Time) в машинний код, який вже безпосередньо виконується. При цьому, так як додаток може бути великим і містити безліч інструкцій, то в один момент часу компілюватиметься тільки та частина програми, до якої безпосередньо йде звернення. При зверненні до іншої частини коду вона також буде скомпільована з CIL в машинний код. При тому вже скомпільована частина програми зберігається до завершення роботи програми. У підсумку це підвищує загальну продуктивність.

4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ІНТЕРФЕЙСУ

Для розробки програмного інтерфейсу було використано інструмент NX Block UI Styler.

Весь інтерфейс у програмі NX побудований на «блоках». Мається на увазі, що ці блоки обираються із внутрішньої колекції елементів діалогу NX (рис.4.1).

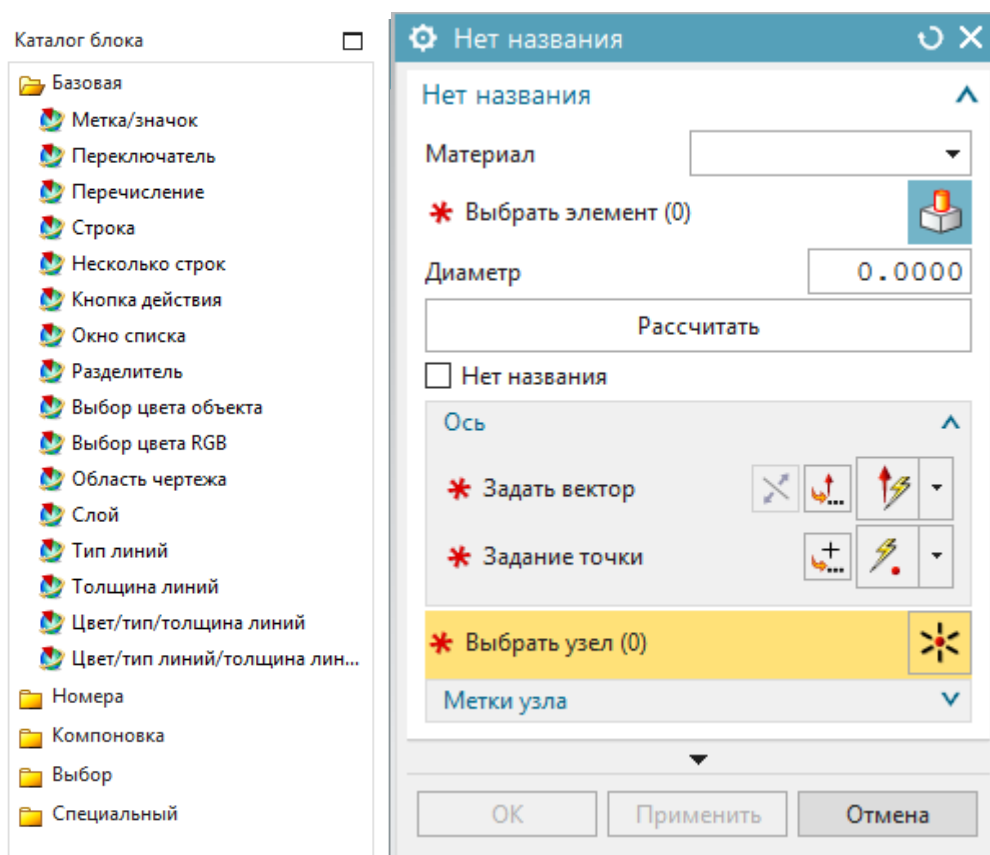


Рисунок 4.1 – Розробка діалогового вікна

Кожен блок має тип і призначення. В залежності від необхідної дії, обирається конкретний блок, який дозволяє її виконати. Також користувач може налаштувати необхідні властивості блоків, такі як: назва, розмір, відображення і т.д. Використання таких блоків дозволяє зменшити зусилля користувача на створення власного діалогу і гарантує узгодженість розробленого інтерфейсу з програмним.

З програмної точки зору, NX Block UI Styler генерує два файли із розширеннями .vb та .dlx (рис.4.2).

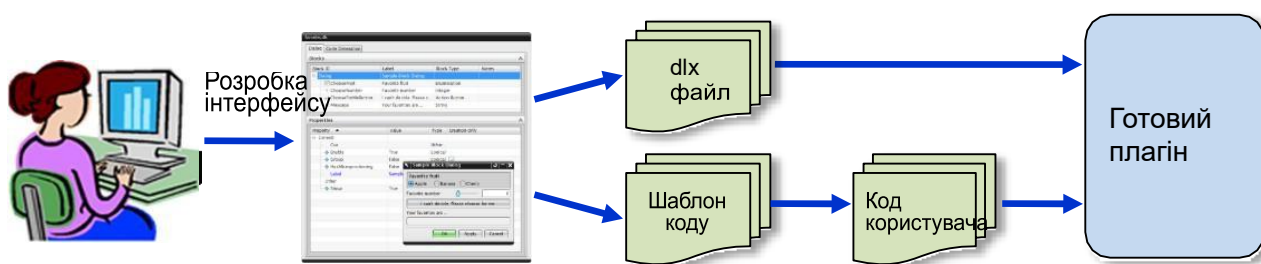


Рис. 4.2 – Розробка програмного інтерфейсу

Використовуючи такі блоки, користувач гарантовано отримує інтерфейс, який буде вести себе однаково з іншими діалогами у NX.

У файлі із розширенням .vb, міститься код, який включає в себе обрані користувачем блоки інтерфейсу (із посиланням на .dlx файл) і розміщує їх в логічній послідовності. Також генеруються необхідні програмні змінні, які користувач може використовувати для обміну даними з програмою.

Кожен із блоків має функцію зворотнього зв'язку, який дозволяє обробляти отриману інформацію і закладати шляхи обміну даними з основною програмою.

Також, як і у кожному діалозі в NX, Block UI Styler створює так звані «події» (кнопки). Тут користувач може розмістити код, який буде обробляти інформацію при натисканні на ту чи іншу програмну кнопку (ОК, Отмена, Применить).

Файл із розширенням .dlx містить у собі безпосередньо сам діалог, сгенерований у Block UI Styler. Як вже описувалось раніше, у .vb файлі є посилання на цей файл, але немає повного шляху до місця розміщення цього файлу, отже NX, при запуску плагіну не зможе знайти його.

Перш за все, необхідно створити директорію, в якій за замовчуванням NX буде шукати необхідний .dlx файл. Для цього у [...]Siemens\NX\UGII необхідно створити папку з назвою UGII_USER_DIR. Далі, у створеній директорії, розмістити ще одну із назвою “application”. І вже в цю папку необхідно помістити, сгенерований Block UI Styler, .dlx файл.

Наступним кроком необхідно створити змінну середовища у операційній системі комп'ютера, яка буде вказувати на створену директорію. Для цього створюємо нову змінну середовища із назвою `UGII_USER_DIR` і прописуємо шлях до `[...]\Siemens\NX\UGII\ UGII_USER_DIR`. Необхідно вказати шлях тільки до `UGII_USER_DIR`, а не до директорії “application”.

Після цього при запуску файлу `.vb`, код зможе звернутися до файлу діалогу і вивести його на екран для подальшої роботи з ним.

Отже виходить, що файл `.vb` представляє собою логіку будучого плагіну, а `.dlx` файл містить у собі інтерфейс, через який користувач зможе взаємодіяти із додатком (діалог).

Принцип роботи.

При запуску плагіну, код звертається до `.dlx` файлу. Шлях до нього прописаний у самому коді, тому додатково вказувати його не потрібно. Далі, цей файл генерує робочий діалог з усіма заздалегідь обраними блоками. Коли користувач починає взаємодіяти з діалоговим вікном, NX відправляє повідомлення назад до коду, сповіщаючи які зміни відбулись у ньому. Далі, код отримує введені дані, оброблює їх і повертає результат у діалог чи відображає виконані дії у робочому просторі NX.

5 РОЗРОБКА КОДУ

Після створення інтерфейсу будучої програми, необхідно переходити до написання коду програми. Безпосередньо код і є та логіка, за якою буде працювати будучий плагін.

Коли ви зберігаєте діалог в Block UI Styler, створюється файл Visual Basic, що містить код шаблону. Ідея полягає в тому, що користувач «заповнює прогалини» в цьому шаблоні коду, щоб визначити спосіб, яким діалог буде себе вести. Вміст файлу VB буде залежати від параметрів, які користувач обрав в Block UI Styler. Саме ці змінні отримують данні введені користувачем для подальшої їх обробки (рис 5.1). Ці змінні відповідають тим блокам діалогу, які були обрані під час розробки діалогового вікна.

```
Private Shared theSession As Session
Private Shared theUI As UI
Private theDlxFileName As String
Private theDialog As NXOpen.BlockStyler.BlockDialog
Private group0 As NXOpen.BlockStyler.Group' Block type: Group
Private toggle0 As NXOpen.BlockStyler.Toggle' Block type: Toggle
Private face_select0 As NXOpen.BlockStyler.FaceCollector' Block type: Face Collector
Private double0 As NXOpen.BlockStyler.DoubleBlock' Block type: Double
Private enum0 As NXOpen.BlockStyler.Enumeration' Block type: Enumeration
```

Рисунок 5.1 – Змінні діалогового блоку

Далі, у коді розташовані обробники подій, за допомогою яких код оброблює отримані дані (рис. 5.2). Цю частину коду редагувати не потрібно. Саме в ці функції необхідно помістити код, який буде відповідати на «події» в діалоговому вікні. Наприклад, коли користувач натискає кнопку «Применить» в діалоговому вікні, код звертається до функції «apply_cb». Після цього буде виконано код, який знаходиться в цій функції.

```

theSession = Session.GetSession()
theUI = UI.GetUI()
theDlxFileName = "example.dlx"
theDialog = theUI.CreateDialog(theDlxFileName)
theDialog.AddApplyHandler(AddressOf apply_cb)
theDialog.AddOkHandler(AddressOf ok_cb)
theDialog.AddUpdateHandler(AddressOf update_cb)
theDialog.AddInitializeHandler(AddressOf initialize_cb)
theDialog.AddDialogShownHandler(AddressOf dialogShown_cb)

```

Рисунок 5.2 – Оголошення обробників подій

Також у цьому блоку вказується ім'я .dlx файлу, який був описаний у попередньому розділі.

В нашому випадку основний код розміщується саме у функції «apply_cb».

Після того, як користувач обрав у діалогому поверхню, що обробляється, ця інформація присвоюється відповідній змінній. Після цього необхідно отримати координати крайніх точок обраної поверхні. Саме ці точки в подальшому і будуть слугувати опорними для розробки траєкторії.

Для цього спочатку за допомогою методу GetEdges, отримуємо грані обраної поверхні (рис. 5.3). Так як грані представляють собою звичайні лінії, то з них завжди можна отримати координати крайніх точок за допомогою методу GetVertices. Ці координати поміщаються у масив змінних для подальшої їх обробки.

```

'отримання крайніх точок обраної поверхні
Dim i As Integer
Dim one(10) As Point3d
Dim two(10) As Point3d
For Each tempObj As TaggedObject In face_select0.GetSelectedObjects

    Dim tempFace As Face = CType(tempObj, Face)

    For Each tempEdg As Edge In tempFace.GetEdges

        tempEdg.GetVertices(one(i), two(i))
        i = i + 1
    Next

    tempFace.GetEdges()

Next

```

Рисунок 5.3 – Отримання крайніх точок

Так як метод GetEdges може обробляти грані у різній послідовності (зліва на право або навпаки), з'являється необхідність їх уніфікації. Це необхідно для того, щоб незалежно від деталі або послідовності обробки граней, точки ідентифікувалися однаково. Цей алгоритм дуже великий, тому він приведений у додатку А.

Після того, як точки визначені можна переходити до побудови траєкторії. Коли користувач обирає в діалоговому вікні необхідний матеріал, то у змінну, яка отримує значення з цього блоку, поміщається це значення. Далі, за допомогою оператора If відбувається обробка цього значення і в залежності від обраного матеріалу, обробляється необхідна частина коду.

Алгоритм побудови траєкторії для кожного з матеріалів наведений у повному коді (додаток А).

Далі, в залежності від отриманих даних, код будує графік, який буде виведено у робочий простір NX після виконання коду.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Аналіз потенційних небезпек

Основними потенційними небезпеками для користувача персонального комп'ютера (ПК) є:

- загроза ураження електричним струмом внаслідок невиконання правил безпеки при роботі з електроприладами;
- навантаження на спину і кисті верхніх кінцівок внаслідок довготривалого статичного навантаження;
- психологічне навантаження викликане постійним стресом при вирішенні виробничих питань;
- постійне навантаження зору внаслідок недосконалої системи освітлення робочого місця;
- пожежна небезпека у зв'язку із несправністю електроприладів або порушення правил протипожежної безпеки;
- негативний вплив на органи дихання внаслідок недосконалої або застарілої системи кондиціонування.

6.2 Заходи щодо забезпечення безпеки

Згідно ПУЕ, приміщення технологічного відділу відносяться до приміщень без підвищеної небезпеки ураження електричним струмом.

Персональні комп'ютери є споживачем електроенергії, що живиться від змінного струму 220 В від мережі із заземленою нейтраллю, та відноситься до електроустановок до 1000В закритого виконання. За способом захисту людини від ураження електричним струмом відповідає згідно з ГОСТ 12.2.007.0-75* (2001) «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» І

(стаціонарні комп'ютери,) та II (освітлювальні прилади, кондиціонери, опалювальні пристрої, ноутбуки, сканери) класу захисту.

При організації праці, що пов'язана з використанням візуальних дисплейних терміналів електронно-обчислювальних машин (ВДТ ЕОМ), для збереження здоров'я працюючих, запобігання професійним захворюванням і підтримки працездатності передбачаються внутрішньозмінні регламентовані перерви для відпочинку.

Перш за все потрібно дотримуватися кількох правил організації робочого місця:

- оптимальна висота клавіатури від підлоги – 80 см;
- наявність ергономічних і зручних миші і клавіатури;
- можливість регулювання висоти і нахилу клавіатури (відстань від поверхні стола до середини клавіатури – не більше 30 мм, кут підйому клавіатури – від 2° до 15°);
- наявність у клавіатури підставки для рук;
- наявність стільця або крісла з підлокітниками;

Відповідно до вимог ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», площа, на якій розташовується одне робоче місце з ВДТ повинна становити $6,0 \text{ м}^2$, а мінімальний об'єм приміщення на одне робоче місце з ВДТ $V_{\text{р.м.мін}} = 20 \text{ м}^3$. Відповідно до НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з ВДТ» рекомендовані розміри столу для робочого місця з ВДТ: висота – 725 мм, ширина – 600-1400 мм, глибина – 800-1000 мм. Приймаємо, що робочий стіл має такі розміри: ширина – 1200 мм, глибина – 800 мм.

Також слід відмітити, що планування розміщення комп'ютеризованих робочих місць у приміщенні необхідно проводити із врахуванням наступних вимог:

- робочі місця з ВДТ розміщуються на відстані не менше 1 м від стіни зі світловими прорізами;
- відстань між бічними поверхнями ВДТ має бути не менше за 1,2 м;
- відстань між тильною поверхнею одного ВДТ та екраном іншого не менша за 2,5 м;

- прохід між рядами робочих місць має бути не меншим 1 м.

Для запобігання надмірного навантаження на спину і кисті верхніх кінцівок, при користуванні ПК, необхідно робити перерви по 10-15 хвилин кожні 2 години роботи з комп'ютером. Під час перерв слід розслабитися, можливо послухати заспокійливу музику. Також рекомендовано відволіктись і вийти подихати свіжим повітрям для насичення крові киснем і для покращення кровообігу в цілому.

Для зниження нервово-емоційного напруження, втомлення зорового аналізатору, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії, запобігання втомі доцільно деякі перерви використовувати для виконання комплексу вправ, які наведені у Державних санітарних правилах і нормах роботи з ВДТ ЕОМ ДСанПІН 3.3.2.007-98 «Государственные санитарные правила и нормы работы с визуальными дисплейными терминалами электронно-вычислительных машин».

Також слід відміти, що під час перерв та інколи під час роботи необхідно робити комплекс вправ для поліпшення кровообігу та розминання м'язів. Тривалість кожного комплексу 2-3 хв. Інтервал між комплексами приблизно 45 хв.

До того ж необхідно обмежити час роботи за комп'ютером до мінімально необхідного.

Для психофізіологічного розвантаження рекомендується використовувати деякі елементи методу автогенного тренування, який ґрунтується на свідомому застосуванні комплексу взаємопов'язаних прийомів психічної саморегуляції й виконанні нескладних фізичних вправ із словесним самонавіюванням. Головна увага при цьому приділяється набуванню й закріпленню навичок м'язового розслаблення (релаксації).

У рекомендованому сеансі, який має проводитися в кімнаті психофізіологічного розвантаження з відповідним інтер'єром та кольоровим оформленням, виділяють три періоди, що відповідають фазам відновлювального процесу.

Перший період — абстрагування працівників від виробничої обстановки — відповідає фазі залишкового збудження. Лунають повільна мелодійна музика,

пташиний спів. Обравши зручну позу, працівники адаптуються і психологічно готуються до наступних періодів.

Другий — заспокоєння — відповідає фазі відновлювального гальмування. Пропонується показ фотослайдів із зображеннями квітучого луку, березового гаю, гладенької поверхні ставка тощо. Через навушники транслюється спокійна музика, а не її фоні негучно, повільно висловлюються заспокійливі формули аутогенного тренування (тричі):

- “Я повністю розслаблений, спокійний”;
- “Моє дихання рівне, спокійне”;
- “Моє тіло важке, гаряче, розслаблене, я абсолютно розслаблений, лоб холодний, голова легка”.

6.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Згідно ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні умови мікроклімату виробничих приміщень», приміщення відноситься до категорії Іб - легка робота, тому встановлені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у холодний період року: температура 21-23°C; відносна вологість: 40- 60%; швидкість переміщення повітря: 0,1 м/с;
- у теплий період року: температура 22-24°C; відносна вологість: 40- 60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с.

Оптимальні рівні позитивних (n^+) і негативних (n^-) іонів у повітрі приміщення з ПК нормовані згідно ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень» і становлять: $n^+=1500-30000$ (шт. на 1см^3); $n^-=3000-5000$ (шт. на 1см^3).

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях у приміщення нормуються згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні

норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Допустимий рівень шуму 65 дБ.

Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою:

- використання більш сучасного обладнання;
- розташування принтерів та різноманітного устаткування колективного користування на значній відстані від більшості робочих місць працівників;
- переведення жорсткого диска в режим сну (Standby), якщо комп'ютер не працює протягом визначеного часу;
- використання блоків живлення ПК з вентиляторами на гумових підвісках.

Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці для приміщення обладнаного ПК з ВТД розроблені відповідно до вимог ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення».

Найбільш точним методом для розрахунку загального рівномірного освітлення, що враховує прямий світловий потік світильників та відбите світло від стін і стелі, вважається метод світлового потоку (або коефіцієнта використання світлового потоку). Метод дозволяє визначити оптимальну кількість ламп та потужність освітлювальної установки при рівномірному розміщенні світильників загального освітлення.

Вибір системи освітлення

Вибір системи освітлення залежить від зорових робіт і визначається за Державними будівельними нормами України. При цьому враховується вимога, що при виконанні в приміщеннях робіт I-III, IVa, IVб, IVв, Va розрядів слід застосовувати систему комбінованого освітлення. Використання системи загального освітлення передбачено при технічній неможливості або недоцільності влаштування місцевого освітлення при узгодженні з органами державного санітарного нагляду.

Використання на виробництві тільки місцевого освітлення заборонено.

У якості системи освітлення обираю комбіноване (загальне поєднане з місцевим).

Визначення рівня нормованої освітленості

За кількісну характеристику освітленості у приміщенні береться найменша освітленість.

Згідно завдання освітленість дорівнює $E_n = 400$ лк.

Вибір джерела світла

У якості джерела світла обираю компактні люмінесцентні лампи, які рекомендовані у приміщеннях висотою до 6 м.

Ці лампи мають наступні переваги: висока світловіддача (до 75 лм/Вт), висока стабільність світлового потоку, термін експлуатації до 10000 годин, високий індекс кольоропередачі.

Недоліки: висока вартість, повинні обслуговуватись фахівцями, мають складну пускову апаратуру, можливі шум та миготіння, значна пульсація при однофазній схемі підключення..

Як правило, на виробництві використовують люмінесцентні лампи різного спектрального складу випромінюваного світла: ЛЕ – наближеного до природного світла (5000 K), ЛД – денного світла (до 5000 K), ЛДЦ – денного світла з покращеною передачею кольору (4500 K), ЛХБ – холодно білого (3500–4500 K), ЛТБ – теплого білого (2800–3500 K), ЛБ – білого (2500–2800 K), ЛЖ – жовтого світла (до 2500 K).

Вибір типу світильника

Згідно умов навколишнього середовища, характеристики і класу освітлюваного приміщення за вибухопожежонебезпекою обираю компактні люмінесцентні лампи типу НПО.

Ступінь захисту IP 23, коефіцієнт світильника $[L/h] = 1,8$.

Оцінка коефіцієнта запасу та коефіцієнта нерівномірності (мінімального) освітлення

Коефіцієнт запасу k_3 враховує зниження рівня освітленості з часом в результаті забруднення та старіння ламп, світильників і поверхонь приміщення, приймається в залежності від виробничих умов:

$$k_3 = 1,5$$

Коефіцієнт нерівномірності (мінімального) освітлення z (відношення середньої освітленості до мінімальної освітленості) для люмінесцентних ламп низького тиску дорівнює:

$$z = 1,1$$

Оцінка коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення

Згідно завдання, розрахунки проводяться для світлого приміщення:

$$\rho_c = 70\%$$

$$\rho_{ст} = 50\%$$

$$\rho_{п} = 30\%$$

Чисельне значення індексу приміщення визначається за формулою (6.1):

$$i = \frac{AB}{h(A+B)} \quad (6.1)$$

де A – довжина приміщення, м

B – ширина приміщення, м

h – висота розміщення світильників над робочою поверхнею визначається за формулою (6.2), м

$$h = H - h_p - h_3 \quad (6.2)$$

де H – висота виробничого приміщення, м

h_p – висота робочої поверхні над підлогою, м

h_3 – висота звисання світильника від стелі, м

Для знаходження h_3 розрахунок необхідно проводити за наступними кроками:

Кількість рядів світильників у приміщенні визначають за формулою (6.3):

$$N_p = \frac{B}{(H-h_p) \cdot [L/h]} \quad (6.3)$$

Результат необхідно округлити до цілого у більшу сторону.

$$N_p = \frac{8}{(2,5 - 0,8) \cdot 1,8} = 2,61 \approx 3$$

Максимально припустиму відстань між рядами світильників визначають за формулою (6.4):

$$L_{max} = \frac{N_p}{[L/h]} \quad (6.4)$$

$$L_{max} = \frac{8}{3} = 2,66 \text{ м}$$

Висота підвісу світильника над робочою поверхнею визначається за формулою (6.5):

$$h = \frac{L_{max}}{[L/h]} \quad (6.5)$$

$$h = \frac{2,66}{1,8} = 1,48 \text{ м}$$

Висота звисання світильника від стелі визначається за формулою (6.6):

$$h_3 = H - h_p - h \quad (6.6)$$

$$h_3 = 2,5 - 0,8 - 1,48 = 0,22 \text{ м}$$

За формулою 6.1 знаходимо чисельне значення індексу приміщення:

$$i = \frac{8 * 8}{1,48(8 + 8)} = 2,7$$

Значення коефіцієнта використання світлового потоку.

Значення коефіцієнта використання світлового потоку вибирається в залежності від виду джерела світла, типу обраного світильника, коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення та індексу приміщення.

Згідно отриманих даних та за допомогою інтерполяції, обираємо коефіцієнт використання світлового потоку:

$$\eta = 0,41$$

Визначення світлового потоку лампи та загальної кількості світильників.

Сумарний світловий потік освітлювальної установки у виробничому приміщенні визначається за формулою (6.7):

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_n * S * k_3 * Z}{\eta} \quad (6.7)$$

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{400 * 64 * 1,5 * 1,1}{0,41} = 103024,4 \text{ лм}$$

Умовна загальна кількість світильників у приміщенні, виходячи з позиції розташування їх у вершинах квадрата визначається за формулою (6.8):

$$N^* = \frac{AB}{L_{max}^2} \quad (6.8)$$

$$N^* = \frac{64}{2,66^2} = 9,05$$

Світловий потік умовного джерела світла визначається за формулою (6.9):

$$\Phi_{л}^* = \frac{\Phi_{\Sigma}}{N_{л}} \quad (6.9)$$

де $N_{л}$ — загальна кількість ламп у приміщенні, за формулою (6.10)

$$N_{л} = N^* * n \quad (6.10)$$

де n — кількість ламп у світильнику

$$N_{л} = 9,05 * 1 = 9,05$$

$$\Phi_{л}^* = \frac{103024,4}{9,05} = 11383,9 \text{ лм}$$

За отриманим значенням обрати тип стандартної лампи з найближчим значенням фактичного світлового потоку.

Обираю компактні люмінесцентні лампи типу КЛС:

- потужність: $P_{л} = 55 \text{ Вт}$;
- світловий потік: $\Phi_{л} = 3500 \text{ лм}$.

Коефіцієнт співвідношення між розрахунковим світловим потоком лампи та фактичним світловим потоком вибраної стандартної лампи визначається за формулою (6.11):

$$m = \frac{\Phi_{\text{л}}^*}{\Phi_{\text{л}}} \quad (6.11)$$

$$m = \frac{11383,9}{3500} = 3,25$$

Загальна розрахункова освітленість у приміщенні, що створюється при застосуванні стандартних ламп визначається за формулою (6.12):

$$E_p = \frac{\Phi_{\text{л}} * N_{\text{л}} * \eta}{S * k_3 * z} \quad (6.12)$$

$$E_p = \frac{3500 * 30 * 0,41}{64 * 1,5 * 1,1} = 407 \text{ лк}$$

Перевірка виконується за формулою (6.13):

$$E_p = (-10\% \dots + 20\%) * E_{\text{н}} \quad (6.13)$$

$$407 = (-10\% \dots + 20\%) * 400 = 360 \dots 480 \text{ лк}$$

Умова виконується. Розрахунок вірний.

Загальна потужність освітлювальної установки розраховується за формулою (6.14):

$$P_{\Sigma} = N_{\text{л}} * P_{\text{л}} \quad (6.14)$$

$$P_{\Sigma} = 30 * 55 = 1650 \text{ Вт}$$

Ескіз розташування світильників на плані приміщення, враховуючи розмір світильників

При загальному рівномірному освітленні стандартні лампи, як правило, розташовують у вершинах квадратних полів, як зображено на рис. 6.1.

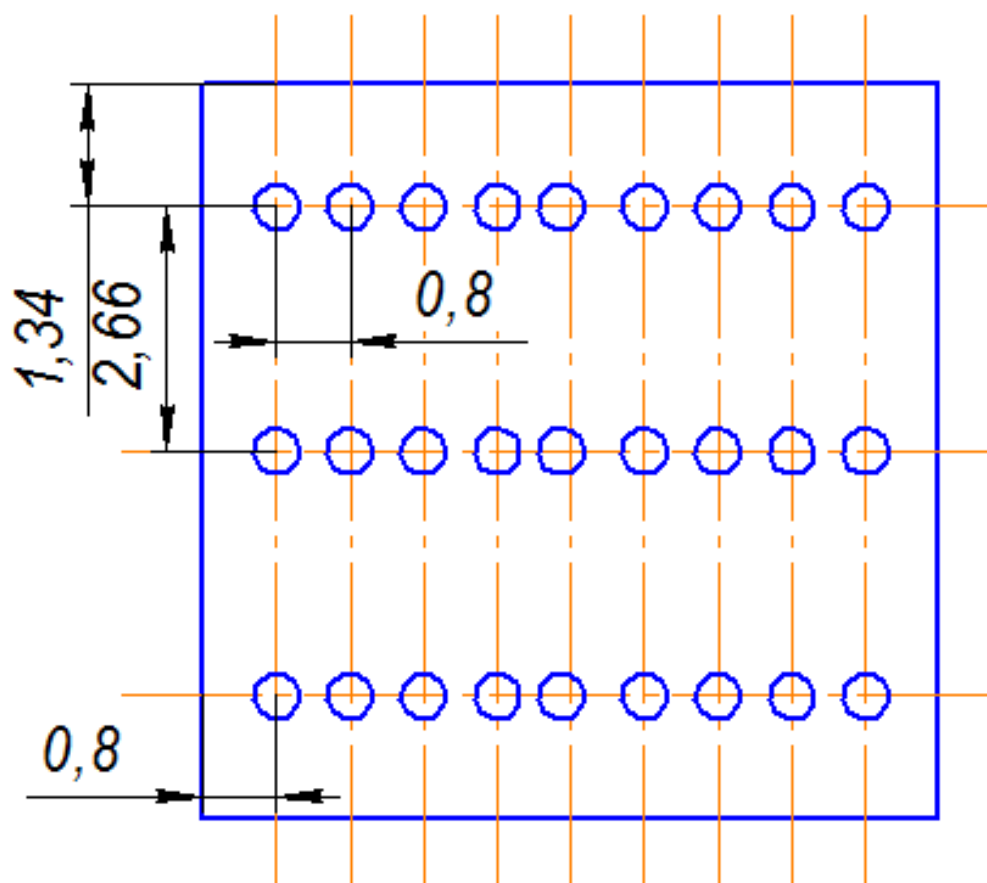


Рисунок 6.1 – Ескіз розташування світильників

6.4 Заходи з пожежної безпеки

Комплекс протипожежних заходів для технологічного бюро обладнаного ПК з ВДТ розроблений згідно вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Виходячи з аналізу речовин та матеріалів, які використовуються при роботі у приміщенні обладнаному ПК з ВДТ:

- згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» у приміщенні обладнаному ПУ з ВДТ можлива пожежа класу – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та Е (горіння електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В);

- відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною небезпекою», воно належить до категорії «Д» з пожежної безпеки – простір у приміщенні, у якому перебувають тверді горючі речовини та матеріали;

Оскільки приміщення обладнане ПК з ВДТ належить до категорії «Д» з пожежної безпеки, тому згідно вимог ДБН В.1.1-7:201 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» воно має II ступінь вогнестійкості.

У разі виникнення пожежі обладнаному ПК з ВДТ для евакуації персоналу відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» передбачені виходи, по обидві сторони приміщення, з одного боку вікно (на пожежні сходи), а з іншого – вхідні двері. Згідно п. 2.29 (табл. 2 СНиП 2.09.02-85 «Производственные здания», відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу не обмежується.

Згідно вимог ДБН В.2.5-56:5014 «Системи протипожежного захисту», в приміщенні обладнаному ПК з ВДТ встановлена система пожежної й охоронної сигналізації «Сигнал-ВК6», яка забезпечує виявлення теплових і димових ознак пожежі і місця виникнення пожежі з точністю до місця розміщення датчика.

6.6 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

На об'єктах господарювання є великий асортимент хімічних речовин, токсичних і шкідливих для здоров'я людей, тварин і небезпечних для навколишнього середовища. Ці речовини називають сильнодіючими ядучими речовинами (СДЯР). Певні види СДЯР знаходяться у великих кількостях на підприємствах, які їх виробляють або застосовують, на складах, сільськогосподарських об'єктах і підприємствах переробної промисловості, багато їх перевозять транспортом.

У воєнний час об'єкти зберігання СДЯР можуть бути зруйновані, у мирний час при виробничих аваріях або стихійних лихах СДЯР можуть потрапити в навколишнє середовище і стати причиною ураження людей, тварин, рослин і зараження навколишнього середовища.

Найбільш поширеними у галузях господарювання і небезпечними є хлор, аміак, сірчаний ангідрид, сірководень, бензол, фтористий водень, ацетон, уайт-спірит, дихлоретан, бензин, азотна, сірчана, соляна кислота, фосген, синильна кислота та ін.

Хлор — зеленувато-жовтий газ із різким запахом. Отруйний, у 2,5 раза важчий за повітря, добре розчиняється у воді. Суміш із воднем вибухонебезпечна. При тиску 570 кПа (5,7 атм) скраплюється в темно-зелену рідину. Випаровуючись в атмосфері, утворює білий туман, стелиться по землі й збирається в долинах, ярах, підвалах.

На потерпілого необхідно надіти протигаз ЦП-5, ЦП-7 з коробкою марки В або ізолюючий протигаз чи дихальний апарат. Винести з небезпечної зони, за необхідності зробити штучне дихання. Зігріти тіло, промити слизові оболонки і шкіру 2 % -м розчином питної соди, або зняти тампоном із ІПП-8, або змити уражену поверхню чистою водою з милом.

При отруєнні середнього ступеня дати випити теплого молока із содою або лужної мінеральної води типу "Поляна Квасова", робити інгаляцію з 2 %-м розчином питної води, зігріти тіло, дати вдихати кисень або аміак (нашатирий спирт). Терміново госпіталізувати.

Аміак (NH_3) — безколірний газ з запахом нашатирю, при температурі — 33—35 °С безколірна рідина, яка при температурі 78°С твердне. Добре розчиняється у воді, утворюючи лужний розчин. Суміш аміаку з киснем 4:3 вибухає. Горить в атмосфері кисню. Отруйний. Аміак небезпечний при вдиханні парів, потраплянні на шкіру та слизові оболонки.

Потерпілому необхідно надіти протигаз з коробкою марки КД, М чи ізолюючий протигаз, винести його на свіже повітря, зігріти тіло. Провести інгаляцію теплою водою зі вмістом 1—2 %-го розчину лимонної кислоти, рот прополоскати 2 % -м розчином соди або теплою водою.

При потраплянні на шкіру та слизові оболонки — промити 2 % -м розчином борної кислоти, при болях очей закапати по 1—2 краплі 1 % -го розчину новокаїну. Опіки шкіри можна промити водою, потім опустити в теплу воду (35—40 °С), після чого накласти стерильну пов'язку або змазати пеніциліновою маззю. Якщо

утруднене дихання, закапати в ніс 2—3 % розчин ефедрину (4 - 5 крапель), поставити гірчичники на шию, дати папаверин 2 % — 2,0 в/м-см³. Дати пити лужну мінеральну воду типу "Поляна Квасова" або тепле молоко. Потерпілого потрібно терміново госпіталізувати.

Сірчистий ангідрид (SO₂) — безколірний газ з гострим запахом запаленого сірника. Добре розчиняється у воді, утворюючи сірчану кислоту. Впливаючи на організм, подразнює верхні дихальні шляхи, спричиняє запалення їх слизових оболонок, а також горла й очей. Високі концентрації у повітрі спричиняють задишку, призводять до втрати свідомості й смерті.

Потерпілому треба надіти протигаз з коробкою марки В, винести на чисте повітря, дати подихати кисень, промити слизові оболонки 2 %-м розчином питної соди.

Сірководень (H₂S) — безколірний газ з характерним запахом тухлих яєць, важчий за повітря, у воді малорозчинний, дуже отруйний. Пари утворюють з повітрям вибухонебезпечні суміші. Подразнює слизові оболонки, спричиняє головний біль, нудоту, блювоту, біль у грудях, відчуття задишки, печіння в очах, з'являється металевий присмак у роті, слюзотеча. При появі таких симптомів потерпілого необхідно винести на повітря, очі і слизові оболонки не менше 15 хв промивати водою або 2 % -м розчином борної кислоти.

Азотна кислота (HNO₃) — безколірна рідина з температурою плавлення 41,6 °С, кипіння 82,6 °С (з розкладом), щільністю 1,52 г/см³. Концентрована кислота малостійка, під час нагрівання або під дією світла частково розкладається з утворенням двоокису азоту (N₂O), який надає кислоті бурий колір і специфічний запах.

Сірчана кислота (H₂SO₄) — чиста 100 %-ва безколірна масляниста рідина, застигає в кристалічну масу при температурі +10,3 °С. Температура кипіння +296,2 °С (з розкладанням); 95 %-ва концентрована — твердне при температурі нижче -20 °С. Щільність 1,92 г/см³.

Соляна (хлористоводнева) кислота (HCl) — розчин хлористого водню у воді. Температура кипіння +108,6 °С, щільність 1,18 г/см³ (при концентрації HCl 35 %).

Міцна кислота "димить" у повітрі, утворюючи з парами води крапельки туману. Гостре отруєння хлористим воднем (соляною кислотою) супроводжується охриплістю голосу, задухою, нежиттю, кашлем. Концентрація 50—75 мг/м³ переноситься важко, 75—150 мг/м³ згубно діє на організм.

Захист органів дихання від азотної, сірчаної і соляної кислот забезпечують фільтруючі й ізолюючі протигази, а також універсальні респіратори. Для захисту від цих кислот можуть бути застосовані промислові протигази з коробкою В з аерозольним фільтром (коробка пофарбована у жовтий колір з білою вертикальною смугою), а від азотної кислоти з коробкою БКФ (захисний), промислові універсальні респіратори РУ-60МВ. Від азотної і соляної кислот захищають цивільні протигази ЦП-5, ЦП-7 і дитячі.

ВИСНОВКИ

В ході роботи було проаналізовано вплив коливань на поверхню, що обробляється, причини появи коливань, методи та способи управління ними. Також було виявлено, що в залежності від фізико-механічних властивостей, кожен матеріал, потребує окремого підходу до розробки траєкторії руху інструменту.

Для рішення цієї проблеми було розроблено плагін, який дозволяє враховувати вплив оброблюємого матеріалу на траєкторію руху інструменту.

В роботі наведені стислі рекомендації щодо встановлення необхідного програмного забезпечення та роботи з ним.

В процесі створення плагіну, була обрана мова програмування, розглянуті її основні характеристики. Був розроблений інтерфейс будучого плагіну за допомогою Block UI Styler.

Був створений код, який на основі отриманих від користувача даних, дозволяє створити необхідну траєкторію руху інструменту, а також надати рекомендації щодо оптимальних режимів різання.

Також були розглянуті питання щодо охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Виходячи з усього вищезазначеного, можна зробити висновок, що за допомогою розробленого плагіну можливо не тільки скоротити час на розробку управляючої програми, але і підібрати оптимальні режими різання, що в свою чергу, дозволить використовувати ресурс різального інструменту максимально ефективно.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Taylor F.W. On the art of cutting metals / Frederick Winslow Taylor. – New York : Published by the American society of mechanical engineers, 1907. – 248p.
2. Вибрации при резании металлов и методы их устранения / Д. И. Рыжков. – М. Машгиз, 1961.– 172 с.
3. Дроздов Н.А. К вопросу о вибрациях станка при токарной обработке / Н.А. Дроздов // Станки и инструмент. - 1937.- № 22.- С.21-25.
4. Подураев В.Н. Резание труднообрабатываемых материалов / В.Н. Подураев. – М.: Высшая школа, 1974. – 587 с.
5. Городецкий Ю.И. Анализ и синтез динамического качества фрезерных станков: дис. докт. техн. наук: 05.03.01 / Городецкий Юрий Исакович. – Горький, 1986.
6. Жарков И.Г. Вибрации при обработке лезвийным инструментом / И.Г. Жарков. - Л.: Машиностроение, 1986. - 184с.
7. Кабалдин Ю.Г. Самоорганизующиеся процессы в технологических системах обработки резанием. Диагностика, управление / Ю.Г. Кабалдин, А.М. Шпилев. – Владивосток: Дальнаука, 1998. - 296с.
8. Кедров С.С. Колебания металлорежущих станков / С.С. Кедров. – М.: Машиностроение, 1978. – 199 с.
9. Кудинов В.А. Теория вибраций при резании (трении)/ В.А. Кудинов // Передовая технология машиностроения: сб. научн. тр. – М.: АН СССР, 1955.– С.631-643.
10. Кучма, Л.К. Вибрации при работе на фрезерных станках и методы их гашения/ Л.К. Кучма. – М.: СССР, 1959. – 122с.
11. Маруи Е. Автоколебания токарных резцов. Часть 1. Основные характеристики автоколебаний / Е. Маруи, С. Эмма, С. Като // Тр. ASME. Конструирование. – 1983. – № 2. – С. 105–117

12. Каширин А.И. Исследование вибраций при резании металлов / А.И. Каширин. – М.: Издательство АН СССР, 1944. – 132 с.
13. Мурашкин Л.С. Прикладная нелинейная механика станков /Л.С. Мурашкин, С.Л. Мурашкин. – Л.: Машиностроение (Ленингр. отд-ние), 1977. – 192 с.
14. Журавлев В. Н. Снижение веса машиностроительных конструкций. 2-е изд. перераб. и доп. / В. Н. Журавлев. – Свердловск, Машгиз. 1961. – 239 с.
15. Заявка №u201511270 Україна, МПК(2013) G01H 11/00; G01M7/02. Спосіб визначення умов фрезерування визначенням довжини фактичного контакту інструмента зі зразком при кінцевому фрезеруванні тонкостінних деталей / Внуков Ю.М, Логомінов В.О., Гермашев А.І., Дядя С.І., Козлова О.Б., Черновол Н.М, заявл. 16.11.2015., висновок про видачу деклараційного патенту №5736/ЗУ/16, реєстр. 20.03.2016.
16. Ву. Базовые уравнения осцилляции угла сдвига при динамическом прямоугольном резании/ Ву // Конструирование и технология машиностроения. – 1986. – №4. – С. 124.
17. Ву. Новый подход к определению передаточной функции для динамических процессов резания / Ву // Современное машиностроение, серия Б. – 1989. – №10. – С. 123-133.
18. Ву. Подробная модель силы резания и ее применение при срезании волнистости обработанной поверхности / Ву // Современное машиностроение, серия Б. – 1989. – №2. – С. 155-164.
19. Кудинов В.А. Динамика станков / В.А. Кудинов. – М.: Машиностроение, 1967. – 360 с.
20. Doi S. Chatter vibration of lathe tools / S. Kato, S. Doi //Trans. ASME. – 1956. – № 78. – P. 1127- 1134.
21. Опитц Г. Современная техника производства. Пер. с нем. / Г. Опитц. – М. Машиностроение, 1975 г. – 280 с

22. Свинин В.М. Управление регенеративными автоколебаниями при фрезеровании на основе модуляции скорости резания: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.03.01 / Свинин Валерий Михайлович. – Иркутск, 2008. – 342 с
23. Струтинський В.Б. Математичне моделювання вібраційного поля параметричних просторових коливань шпинделя консольно-фрезерувального верстата / В.Б. Струтинський, І.А. Рибачок, В.Є. Юмашев // Вісник ЖДТУ. – 2010. – № 1. – С. 51-58
24. Тлустый И. Автоколебания в металлорежущих станках / И. Тлустый. – М.: Машиностроение, 1956. – 234 с.
25. Budak E. Analytical Prediction of Chatter Stability Conditions for Multi-Degree of Systems in Milling. Part II: Applications / E. Budak, Y. Altintas // Transactions of ASME, Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control. – 1998. – Vol. 120. – pp. 31-36.
26. Ильницкий И.И. Колебания в металлорежущих станках и пути их устранения / И.И. Ильницкий. – Москва-Свердловск: Машгиз, 1958. – 145 с
27. Соколовский А.П. Вибрации при работе на металлорежущих станках / А.П. Соколовский // Исследование колебаний металлорежущих станков при резании металлов: сб. научн. тр. -М.: Машгиз, 1958.- С.3-23.
28. Жесткость, точность и вибрации при механической обработке/ Под ред. В.А.Скрагана. - М. -Л.:Машгиз, 1956. –194 с.
29. Arnold R.N. The Mechanism of Tool Vibration in the Cutting of Steel / R.N. Arnold // Proc. Inst. Mech. Eng. – London, 1946. – Vol. 154. – P.261-276.
30. Решетов Д.Н. Возбуждение и демпфирование колебаний в станках / Д.Н. Решетов, З.М. Левина // Исследование колебаний металлорежущих станков при резании металлов: сб. научн. тр. - М.: Машгиз, 1958. - С.87-153.
31. Tlusty J. Beispiele der behandlung der selbsterregten Schwingung der Werkzeugmaschine / J. Tlusty, M. Polacek. – Munchen: FoKoMa, Hanser Verlag, 1957.
32. Tobias S.A. Theory of Regenerative Machine Tool Chatter / S.A. Tobias, W. Fiswick. – London: Engineering, 1958. – 258 p

33. Merritt H.E. Theory of Self-Excited Machine Tool Chatter / H.E. Merritt // Trans. ASME Journal of Engineering for Industry. – 1965. – Vol. 87. – P. 447-454
34. Budak E. Mechanics and dynamics of milling thin walled structures. Dissertation / Erhan Budak. – The university of British Columbia, 1994. – 284 p.
35. Tlusty G., Manufacturing Equipment and Processes. – NJ: Prentice-Hall, Upper Saddle River, 2000. – 928p.
36. Schmitz T. L. Machining Dynamics. Frequency Response to Improve productivity / Tony L. Schmitz, Kevin S. Smith. – Springer Science Business Media, LLC, 2009. – 310p
37. Peters J. The Measurement of the Dynamic Cutting Coefficient/ J. Peters, P. Vanherck, H. Van Brussel // Annals of the CIRP. – 1971. – № 21/2. – P. 129-136.
38. Altintas Y. Identification of Dynamic Cutting Force Coefficients and Chatter Stability with Process Damping / Y. Altintas, M. Eynian, H. Onozuka// CIRP Annals – Manufacturing Technology. – 2008. – №57. – P. 371-374.
39. Altintas Y. Chatter Stability in Metal Cutting and Grinding / Y. Altintas, M. Weck // Annals of the CIRP – 2004. – №53/2. – P. 619–642.
40. Altintas Y. Analytical Prediction of Chatter Stability and Design for Variable Pitch Cutters/ Y. Altintas, S. Engin, E. Budak // Trans. ASME, Manufacturing and Engineering and Science. – 1999. – Vol. 121 – P. 173-178.
41. Altintas Y. Analytical Prediction of Stability Lobes in Ball End Milling / Y. Altintas, E. Shamoto, P. Lee, E. Budak // Transactions of ASME Journal of Manufacturing Science and Engineering. – 1999. – Vol. 121 – P. 586-592.
42. Altintas Y. Analytical Prediction of Stability Lobes in Milling / Y. Altintas, E. Budak // Annals of the CIRP. – 1995. – Vol. 44. – P. 357-362.
43. Altintas Y. Analytical Prediction of Three Dimensional Chatter Stability in Milling / Y. Altintas // Japan Society of Mechanical Engineers, International. – 2001. – Vol. 44 – P. 717-723.
44. Zoya Z.A. The performance of CBN tools in the machining of titanium alloys / Z.A. Zoya, R. Krishnamurthy // Journal of Materials Processing Technology. – 2000. – Vol. 100. – P. 80–86.

45. Ezugwu E.O. Evaluation of the performance of CBN tools when turning Ti–6Al–4V alloy with high pressure coolant supplies / E.O. Ezugwu, R.B. Da Silva, J. Bonney, Á.R. Machado // *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. – 2005. – Vol. 45. – No. 9. – P.1009-1014.
46. Kuljanic E. Milling titanium compressor blades with PCD cutter / E. Kuljanic, F. Miani, M. Fioretti, L. Beltrame // *Annals of the CIRP* 47 (1998) 61–64.
47. Corduan N. Wear mechanisms of new tool materials for Ti-6Al- 4V high performance machining / N. Corduan, T. Himbart, G. Poulachon, M. Dessoly, M. Lambertin, J. Vigneau, B. Payoux // *CIRP Annals Manufacturing Technology*. – 2003. – Vol. 52. – No. 1. – P. 73-76.
48. Komanduri R. Evaluation of carbide grades and a new cutting geometry for machining titanium alloys / R. Komanduri and W. R. Reed // *Wear*. – 1983. – Vol. 92. – P. 113-123.
49. Komanduri R. New observations on the mechanism of chip formation when machining titanium alloys / R. Komanduri and B.F. Von Turkovich // *Wear*. – 1981. – Vol. 69. – P. 179–188.
50. Barry J. Observations on chip formation and acoustic emission in machining Ti–6Al–4V alloy / J. Barry, G. Byrne, D. Lennon // *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. – 2001. – Vol.41. – P.1055–1070.
51. Mantle A.L. Tool life and workpiece surface roughness when high speed machining a gamma titanium aluminide / A.L. Mantle, D.K. Aspinwall // *Proceedings of the Fourth International Conference on Progress of Cutting and Grinding*, International Academic Publishers. – 1998. – P. 89–94.
52. Sharif S. Optimization of surface roughness prediction model in end milling titanium alloy (Ti-6Al-4V) / S. Sharif, A.S. Mohruni, M.Y. Noordin, V.C. Vencatesh// *Proceeding of ICOMAST*. – 2006. – P. 55-59.
53. Dearnley P.A. Evaluation of principal wear mechanisms of cemented carbides and ceramics used for a machining titanium alloy IMI 318 / P.A. Dearnley, A.N. Grearson, // *Materials Science and Technology*. – 1986. – Vol. 2. – P. 47–58.

54. Hartung P.D. Tool wear in titanium machining / P.D. Hartung, B.M. Kramer // *Annals of CIRP*. – 1982. – Vol. 32 (1). – P. 75–80.
55. Min W. Diffusion wear in milling titanium alloys / W. Min, Z. Youzhen // *Materials and Science Technology*. – 1988. – Vol. 4. – P. 548–553.
56. Macdougall D.A.S. A constitutive relation and failure criterion for Ti6Al4V alloy at impact rates of strain / D.A.S. Macdougall and J. Harding // *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*. – 1999. – Vol. 47. – P. 1157–1185.
57. Lee W.S. High-temperature deformation behaviour of Ti6Al4V alloy evaluated by high strain-rate compression tests / W.S. Lee, C.F. Lin // *Journal of Materials Processing Technology*. – 1998. – Vol. 75 (1-3). – P. 127–136.
58. Wang Z.G. A hybrid cutting force model for high-speed milling of titanium alloys / Z.G. Wang, M. Rahman, Y.S. Wong, X.P. Li // *CIRP Annals Manufacturing Technology*. – 2005. – Vol. 54. – No. 1. – P. 71-74.
59. Ozel T. Process simulation using finite element method prediction of cutting forces, tool stresses and temperatures in high-speed flat end milling / T. Ozel, T. Altan // *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. – 2000. – Vol. 40/5. – P. 713–738.
60. Ozel T. Investigation of high speed flat end milling process: prediction of chip formation, cutting forces, tool stresses and temperatures: PhD. Thesis / Ozel T. – The Ohio State University, 1998.
61. Che-Haron C. H. Tool life and surface integrity in turning titanium alloy / C. H. Che-Haron // *Journal of Material Processing Technology*. – 2001. – Vol. 118. – P. 231-237.
62. Narutaki N. Study on machining of titanium alloys / N. Narutaki and A. Murakoshi // *Annals CIRP* 32. – 1983. – Vol. 1. – P. 65.

ДОДАТОК А

Програмний код плагіну

```

Option Strict Off
Imports System
Imports System.Windows
Imports NXOpen
Imports NXOpen.BlockStyler
Imports WpfApp1
Public Class work_application
    'class members
    Private Shared theSession As Session
    Private Shared theUI As UI
    Private theDlxFileName As String
    Private theDialog As NXOpen.BlockStyler.BlockDialog
    Private group0 As NXOpen.BlockStyler.Group ' Block type: Group
    Private enum0 As NXOpen.BlockStyler Enumeration ' Block type: Enumeration
    Private double0 As NXOpen.BlockStyler.DoubleBlock ' Block type: Double
    Private face_select0 As NXOpen.BlockStyler.FaceCollector ' Block type: Face
Collector
'declared callback functions
    Public Sub New()
        Try

            theSession = Session.GetSession()
            theUI = UI.GetUI()
            theDlxFileName = "work_application.dlx"
            theDialog = theUI.CreateDialog(theDlxFileName)
            theDialog.AddApplyHandler(AddressOf apply_cb)
            theDialog.AddOkHandler(AddressOf ok_cb)

```

```

theDialog.AddUpdateHandler(AddressOf update_cb)
theDialog.AddInitializeHandler(AddressOf initialize_cb)
theDialog.AddDialogShownHandler(AddressOf dialogShown_cb)

```

```

Catch ex As Exception

```

```

    Throw ex

```

```

End Try

```

```

End Sub

```

```

Public Shared Sub Main()

```

```

    Dim thework_application As work_application = Nothing

```

```

    Try

```

```

        thework_application = New work_application()

```

```

        ' The following method shows the dialog immediately

```

```

        thework_application.Show()

```

```

    Catch ex As Exception

```

```

        theUI.NXMessageBox.Show("Block Styler", NXMessageBox.DialogType.Error,
ex.ToString)

```

```

    Finally

```

```

        If thework_application IsNot Nothing Then

```

```

            thework_application.Dispose()

```

```

            thework_application = Nothing

```

```

        End If

```

```

    End Try

```

```

End Sub

```

```

Public Shared Function GetUnloadOption(ByVal arg As String) As Integer

```

```
Return CType(Session.LibraryUnloadOption.Immediately, Integer)
```

```
End Function
```

```
Public Shared Sub UnloadLibrary(ByVal arg As String)
```

```
Try
```

```
Catch ex As Exception
```

```
    theUI.NXMessageBox.Show("Block Styler", NXMessageBox.DialogType.Error,  
ex.ToString)
```

```
End Try
```

```
End Sub
```

```
'This method shows the dialog on the screen
```

```
Public Sub Show()
```

```
Try
```

```
    theDialog.Show
```

```
Catch ex As Exception
```

```
    theUI.NXMessageBox.Show("Block Styler", NXMessageBox.DialogType.Error,  
ex.ToString)
```

```
End Try
```

```
End Sub
```

```
Public Sub Dispose()
```

```
If theDialog IsNot Nothing Then
```

```
    theDialog.Dispose()
```

```
    theDialog = Nothing
```

```
End If
```

End Sub

Public Sub initialize_cb()

Try

group0 = CType(theDialog.TopBlock.FindBlock("group0"),
NXOpen.BlockStyler.Group)

enum0 = CType(theDialog.TopBlock.FindBlock("enum0"),
NXOpen.BlockStyler.Enumeration)

double0 = CType(theDialog.TopBlock.FindBlock("double0"),
NXOpen.BlockStyler.DoubleBlock)

face_select0 = CType(theDialog.TopBlock.FindBlock("face_select0"),
NXOpen.BlockStyler.FaceCollector)

Catch ex As Exception

theUI.NXMessageBox.Show("Block Styler", NXMessageBox.DialogType.Error,
ex.ToString)

End Try

End Sub

Public Sub dialogShown_cb()

Try

Catch ex As Exception

theUI.NXMessageBox.Show("Block Styler", NXMessageBox.DialogType.Error,
ex.ToString)

End Try

End Sub

```

Public Function apply_cb() As Integer
    Dim errorCode As Integer = 0
    Try
        Dim workPart As Part = theSession.Parts.Work
        Dim diam As Double = double0.Value
        Dim enum1 As String = enum0.ValueAsString

        'getting vertices
        Dim i As Integer
        Dim one(10) As Point3d
        Dim two(10) As Point3d
        For Each tempObj As TaggedObject In face_select0.GetSelectedObjects

            Dim tempFace As Face = CType(tempObj, Face)

            For Each tempEdg As Edge In tempFace.GetEdges

                tempEdg.GetVertices(one(i), two(i))
                i = i + 1
            Next

            tempFace.GetEdges()

        Next

        'catch points
        Dim A As Point3d
        Dim B As Point3d
        Dim C As New Point3d
        Dim D As Point3d
    
```

Dim maxX(2) As Point3d

Dim minX(2) As Point3d

Dim indMax As Integer = 0

Dim indMin As Integer = 0

'axis X

If two(0).X >= two(1).X And two(0).X >= two(2).X And two(0).X >= two(3).X

Then

 maxX(indMax) = two(0)

 indMax = +1

Else

 minX(indMin) = two(0)

 indMin = +1

End If

If two(1).X >= two(0).X And two(1).X >= two(2).X And two(1).X >= two(3).X

Then

 maxX(indMax) = two(1)

 indMax = +1

Else

 minX(indMin) = two(1)

 indMin = +1

End If

If two(2).X >= two(0).X And two(2).X >= two(1).X And two(2).X >= two(3).X

Then

 maxX(indMax) = two(2)

 indMax = +1

Else

 minX(indMin) = two(2)

indMin = +1

End If

If two(3).X >= two(0).X And two(3).X >= two(2).X And two(3).X >= two(1).X

Then

maxX(indMax) = two(3)

indMax = +1

Else

minX(indMin) = two(3)

indMin = +1

End If

'axis y

Dim maxY(2) As Point3d

Dim minY(2) As Point3d

Dim indMaxY As Integer = 0

Dim indMinY As Integer = 0

If two(0).Y >= two(1).Y And two(0).Y >= two(2).Y And two(0).Y >= two(3).Y

Then

maxY(indMaxY) = two(0)

indMaxY = +1

Else

minY(indMinY) = two(0)

indMinY = +1

End If

If two(1).Y >= two(0).Y And two(1).Y >= two(2).Y And two(1).Y >= two(3).Y

Then

maxY(indMaxY) = two(1)

indMaxY = +1

Else

minY(indMinY) = two(1)

indMinY = +1

End If

If two(2).Y >= two(0).Y And two(2).Y >= two(1).Y And two(2).Y >= two(3).Y

Then

maxY(indMaxY) = two(2)

indMaxY = +1

Else

minY(indMinY) = two(2)

indMinY = +1

End If

If two(3).Y >= two(0).Y And two(3).Y >= two(2).Y And two(3).Y >= two(1).Y

Then

maxY(indMaxY) = two(3)

indMaxY = +1

Else

minX(indMinY) = two(3)

indMinY = +1

End If

'point A

If minX(0).X = maxY(0).X And minX(0).Y = maxY(0).Y Then

A = minX(0)

End If

If minX(1).X = maxY(1).X And minX(1).Y = maxY(1).Y Then

A = minX(1)

End If

If minX(0).X = maxY(1).X And minX(0).Y = maxY(1).Y Then

$A = \min X(0)$

End If

If $\min X(1).X = \max Y(0).X$ And $\min X(1).Y = \max Y(0).Y$ Then

$A = \min X(1)$

End If

'point B

If $\min X(0).X = \min Y(0).X$ And $\min X(0).Y = \min Y(0).Y$ Then

$B = \min X(0)$

End If

If $\min X(1).X = \min Y(1).X$ And $\min X(1).Y = \min Y(1).Y$ Then

$B = \min X(1)$

End If

If $\min X(0).X = \min Y(1).X$ And $\min X(0).Y = \min Y(1).Y$ Then

$B = \min X(0)$

End If

If $\min X(1).X = \min Y(0).X$ And $\min X(1).Y = \min Y(0).Y$ Then

$\min X(1) = B$

End If

'point C

If $\max X(0).X = \min Y(0).X$ And $\max X(0).Y = \min Y(0).Y$ Then

$C = \max X(0)$

End If

If $\max X(1).X = \min Y(1).X$ And $\max X(1).Y = \min Y(1).Y$ Then

$C = \max X(1)$

End If

If $\max X(0).X = \min Y(1).X$ And $\max X(0).Y = \min Y(1).Y$ Then

$C = \max X(0)$

End If

If maxX(1).X = minY(0).X And maxX(1).Y = minY(0).Y Then

C = maxX(1)

End If

'point D

If maxX(0).X = maxY(0).X And maxX(0).Y = maxY(0).Y Then

D = maxX(0)

End If

If maxX(1).X = maxY(1).X And maxX(1).Y = maxY(1).Y Then

D = maxX(1)

End If

If maxX(0).X = maxY(1).X And maxX(0).Y = maxY(1).Y Then

D = maxX(0)

End If

If maxX(1).X = maxY(0).X And maxX(1).Y = maxY(0).Y Then

D = maxX(1)

End If

Dim EndTr As Double

Dim EndTr1 As Double

Dim index As Integer = 0

Dim k As Integer = 1

Dim kk As Double

If enum1 = "Titanium" Then

' titanium machining path

'begin cutting

Dim pt33 As New Point3d(C.X + (1.5 * diam), C.Y + (1.5 * diam), C.Z + 7)

Dim pt44 As New Point3d(C.X, C.Y + (0.15 * diam), C.Z + 7)

Dim l11 As NXOpen.Line = workPart.Curves.CreateLine(pt33, pt44)

l11.SetVisibility(SmartObject.VisibilityOption.Visible)

```
Dim S11 As New Point3d(C.X, C.Y + (0.2 * diam), C.Z + 7)
```

```
Dim F11 As New Point3d(C.X - (0.2 * diam), C.Y, C.Z + 7)
```

```
Dim centr11 As New Point3d(C.X - (0.365 * diam), C.Y + (0.365 * diam), C.Z +
```

```
7)
```

```
Dim arc11 As NXOpen.Arc = workPart.Curves.CreateArc(S11, centr11, F11,  
True, False)
```

```
Dim psi As Integer
```

```
'цикл обработки
```

```
While k = 1
```

```
    kk = ((diam / 2) * index)
```

```
    Dim l(10) As NXOpen.Line
```

```
    Dim cur(10) As NXOpen.Arc
```

```
    If index = 0 Then
```

```
        psi = 0
```

```
    ElseIf index > 0 Then
```

```
        psi = 1
```

```
    End If
```

```
    Dim pt3 As New Point3d(C.X - (0.2 * diam) - kk + ((diam / 2 * psi)), C.Y +  
kk, C.Z + 7)
```

```
    Dim pt4 As New Point3d(B.X + (0.2 * diam) + kk, B.Y + kk, B.Z + 7)
```

```
    l(1) = workPart.Curves.CreateLine(pt3, pt4)
```

```
    l(1).SetVisibility(SmartObject.VisibilityOption.Visible)
```

```
    Dim S1 As New Point3d(B.X + (0.2 * diam) + kk, B.Y + kk, B.Z + 7)
```

```
    Dim F1 As New Point3d(B.X + kk, B.Y + (0.2 * diam) + kk, B.Z + 7)
```

```
    Dim centr1 As New Point3d(B.X + (0.365 * diam) + kk, B.Y + (0.365 * diam)  
+ kk, B.Z + 7)
```

```
    cur(1) = workPart.Curves.CreateArc(S1, centr1, F1, True, False)
```

```
Dim pt5 As New Point3d(B.X + kk, B.Y + (0.2 * diam) + kk, B.Z + 7)
```

```
Dim pt6 As New Point3d(A.X + kk, A.Y - (0.2 * diam) - kk, A.Z + 7)
```

```
l(2) = workPart.Curves.CreateLine(pt5, pt6)
```

```
l(2).SetVisibility(SmartObject.VisibilityOption.Visible)
```

```
Dim S2 As New Point3d(A.X + kk, A.Y - (0.2 * diam) - kk, A.Z + 7)
```

```
Dim F2 As New Point3d(A.X + (0.2 * diam) + kk, A.Y - kk, A.Z + 7)
```

```
Dim centr2 As New Point3d(A.X + (0.365 * diam) + kk, A.Y - (0.365 * diam) - kk, A.Z + 7)
```

```
cur(3) = workPart.Curves.CreateArc(S2, centr2, F2, True, False)
```

```
Dim pt7 As New Point3d(A.X + (0.2 * diam) + kk, A.Y - kk, A.Z + 7)
```

```
Dim pt8 As New Point3d(D.X - (0.2 * diam) - kk, D.Y - kk, D.Z + 7)
```

```
l(3) = workPart.Curves.CreateLine(pt7, pt8)
```

```
l(3).SetVisibility(SmartObject.VisibilityOption.Visible)
```

```
Dim S3 As New Point3d(D.X - (0.2 * diam) - kk, D.Y - kk, D.Z + 7)
```

```
Dim F3 As New Point3d(D.X - kk, D.Y - (0.2 * diam) - kk, D.Z + 7)
```

```
Dim centr3 As New Point3d(D.X - (0.365 * diam) - kk, D.Y - (0.365 * diam) - kk, D.Z + 7)
```

```
cur(4) = workPart.Curves.CreateArc(S3, centr3, F3, True, False)
```

```
Dim pt9 As New Point3d(D.X - kk, D.Y - (0.2 * diam) - kk, D.Z + 7)
```

```
Dim off As New Point3d(C.X - kk, C.Y + (0.2 * diam) + (0.365 * diam) + kk + 1.35, C.Z + 7)
```

```
l(4) = workPart.Curves.CreateLine(pt9, off)
```

```
l(4).SetVisibility(SmartObject.VisibilityOption.Visible)
```

```
Dim S As New Point3d(C.X - kk, C.Y + (0.2 * diam) + (0.365 * diam) + kk + 1.35, C.Z + 7)
```

```
Dim F As New Point3d(C.X - (0.2 * diam) - kk, C.Y + (diam / 2) + kk, C.Z + 7)
```

```
Dim centr As New Point3d(C.X - (0.365 * diam) - kk, C.Y + (0.865 * diam) +
kk, C.Z + 7)
```

```
cur(0) = workPart.Curves.CreateArc(S, centr, F, True, False)
```

```
EndTr = l(4).GetLength
```

```
EndTr1 = l(3).GetLength
```

```
If EndTr < 8 Or EndTr1 < 8 Then Exit While
```

```
index = index + 1.0
```

```
End While
```

```
ElseIf enum1 = " Aluminum " Then
```

```
' aluminum machining path
```

```
While index < 10
```

```
kk = diam * index
```

```
Dim l(10) As NXOpen.Line
```

```
Dim pt1 As New Point3d(C.X + diam + 2, C.Y + (diam / 2) + kk, C.Z + 7)
```

```
Dim pt2 As New Point3d(B.X - diam - 1, B.Y + (diam / 2) + kk, B.Z + 7)
```

```
l(0) = workPart.Curves.CreateLine(pt1, pt2)
```

```
l(0).SetVisibility(SmartObject.VisibilityOption.Visible)
```

```
Dim pt3 As New Point3d(B.X - diam - 1, B.Y + (diam / 2) + kk, B.Z + 15)
```

```
l(1) = workPart.Curves.CreateLine(pt2, pt3)
```

```
l(1).SetVisibility(SmartObject.VisibilityOption.Visible)
```

```
index = index + 1
```

```
kk = diam * index
```

```

Dim pt4 As New Point3d(C.X + diam + 2, C.Y + (diam / 2) + kk, C.Z + 15)
l(2) = workPart.Curves.CreateLine(pt3, pt4)
l(2).SetVisibility(SmartObject.VisibilityOption.Visible)

```

```

Dim pt5 As New Point3d(C.X + diam + 2, C.Y + (diam / 2) + kk, C.Z + 7)
l(3) = workPart.Curves.CreateLine(pt4, pt5)
l(3).SetVisibility(SmartObject.VisibilityOption.Visible)

```

```

Dim pt11 As New Point3d(two(2).X + diam + 2, two(2).Y, two(2).Z + 7)
l(4) = workPart.Curves.CreateLine(pt1, pt11)
l(4).SetVisibility(SmartObject.VisibilityOption.Invisible)
EndTr = l(4).GetLength
If EndTr < diam Then Exit While

```

```

End While

```

```

End If

```

```

' chart display

```

```

Dim view As Window = New MainWindow(New List(Of Double)(New Double()
{10, 300, 5456, 6678, 7777, 8989})),
    New List(Of Double)(New Double() {2, 3, 5, 8, 9, 9.5}))
view.ShowDialog()

```

```

Catch ex As Exception

```

```

    errorCode = 1

```

```

    theUI.NXMessageBox.Show("Block Styler", NXMessageBox.DialogType.Error,
ex.ToString)

```

```

End Try

```

```

apply_cb = errorCode

```

```

End Function

```

```
Public Function update_cb(ByVal block As NXOpen.BlockStyler.UIBlock) As Integer
    Try
```

```
        If block Is enum0 Then
        ElseIf block Is double0 Then
        ElseIf block Is face_select0 Then
        End If
```

```
    Catch ex As Exception
```

```
        theUI.NXMessageBox.Show("Block Styler", NXMessageBox.DialogType.Error,
ex.ToString)
```

```
    End Try
```

```
    update_cb = 0
```

```
End Function
```

```
Public Function ok_cb() As Integer
```

```
    Dim errorCode As Integer = 0
```

```
    Try
```

```
        errorCode = apply_cb()
```

```
    Catch ex As Exception
```

```
        errorCode = 1
```

```
        theUI.NXMessageBox.Show("Block Styler", NXMessageBox.DialogType.Error,
ex.ToString)
```

```
    End Try
```

```
    ok_cb = errorCode
```

```
End Function
```

```
Public Function GetBlockProperties(ByVal blockID As String) As PropertyList
```

```
    GetBlockProperties = Nothing
```

```
    Try
```

```
        GetBlockProperties = theDialog.GetBlockProperties(blockID)
```

```
    Catch ex As Exception
```

```
        theUI.NXMessageBox.Show("Block Styler", NXMessageBox.DialogType.Error,  
ex.ToString)
```

```
    End Try
```

```
End Function
```

```
End Class
```

Запорізький національний технічний університет
кафедра «Технології машинобудування»

**ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ
ІНСТРУМЕНТУ, А ТАКОЖ ЯКОСТІ ТА
ЕФЕКТИВНОСТІ ФРЕЗЕРНОЇ ОБРОБКИ
ШЛЯХОМ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОГРАМНОГО
КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ
ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ**

Виконав:

Студент групи М-113м Усенко С.О.

Постановка проблеми:

Сучасні САМ-системи не спроможні знаходити оптимальні траєкторії руху інструменту та задовольняти всім потребам споживача.

Рішення:

Розробка програмного плагіну

Плагін – (англ. plug-in – підключати) – додаток, незалежно розроблений програмний модуль, що динамічно підключається до основної програми. Призначений плагін для розширення стандартних можливостей вихідної програми.

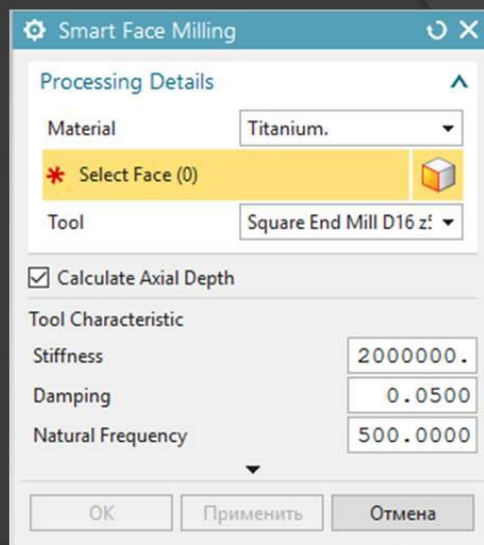
Задачі плагіну

- Адаптація траєкторії руху інструменту в залежності від оброблюваного матеріалу
- Підбір оптимальних режимів різання на основі пелюсткових діаграм стійкості

Програмний інтерфейс

Переваги Block UI Styler:

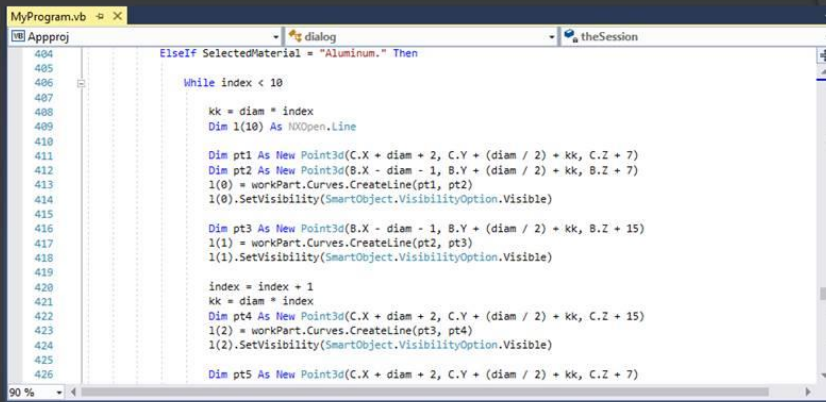
- Узгодженість розробленого інтерфейсу з програмним
- Полегшення розробки діалогового вікна
- Можливість підбору необхідних блоків



NXOpen – представляє собою набір бібліотек, що дозволяють створювати плагіни користувача за допомогою відкритої архітектури

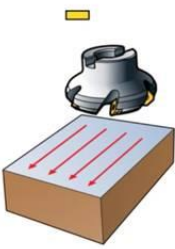
Мови програмування, які підтримує NXOpen:

- C/C++
- Visual Basic
- C#
- Java
- Python



Середовище розробки Visual Studio

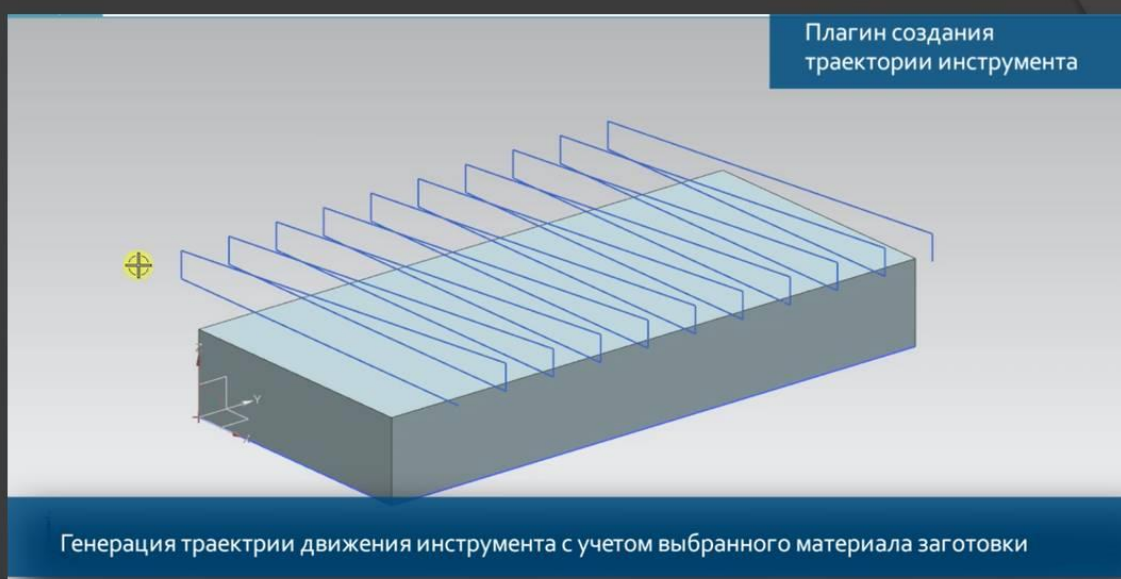
Знос інструменту при обробці важкооброблюваних матеріалів (титан)

Сплав	S30T	S40T	GC2040
 Врезание по прямой	 2 прохода	 6 проходов	 6 проходов
 Врезание по дуге	 12 проходов	 12 проходов	 6 проходов

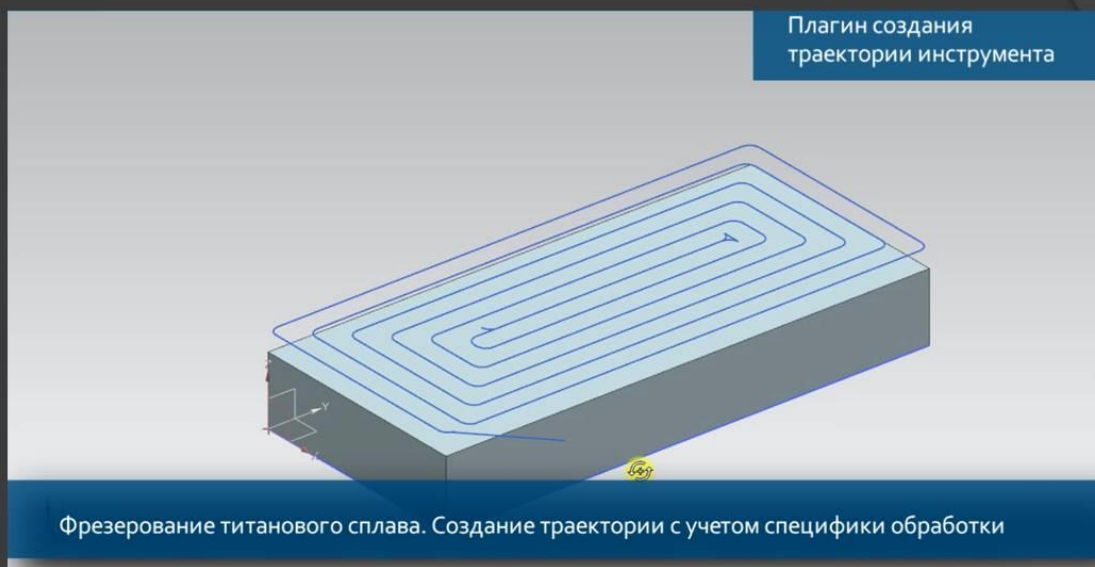
SANDVIK
Coromant

www.sandvik.coromant.com/ru
www.aero-knowledge.com

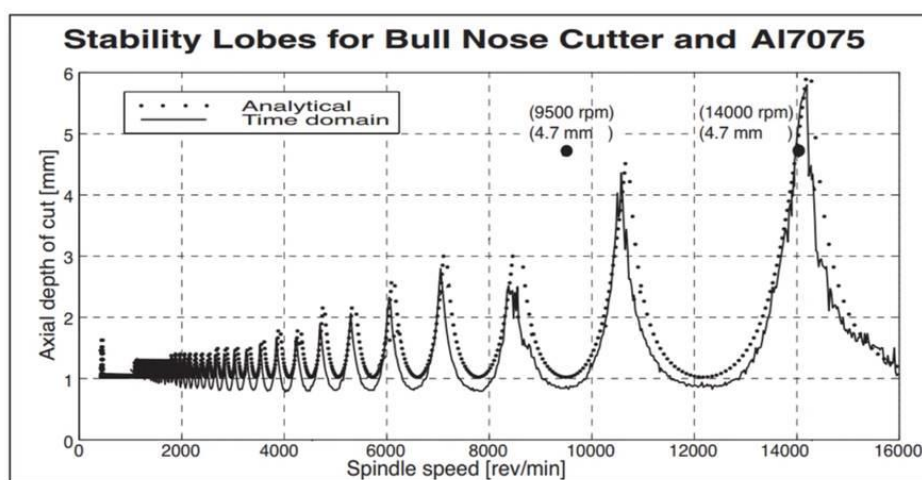
Траєкторія руху інструменту при обробці алюмінію



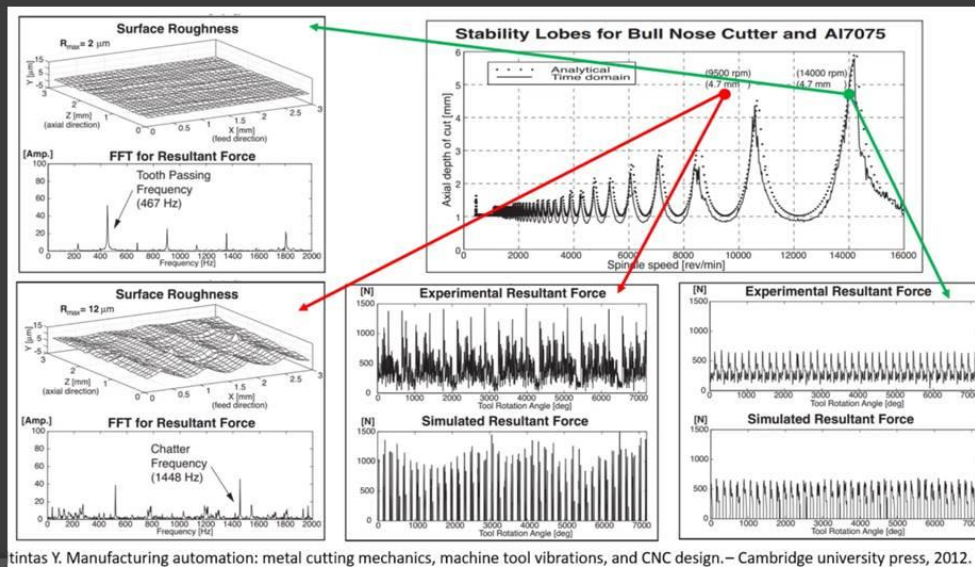
Траєкторія руху інструменту при обробці титану



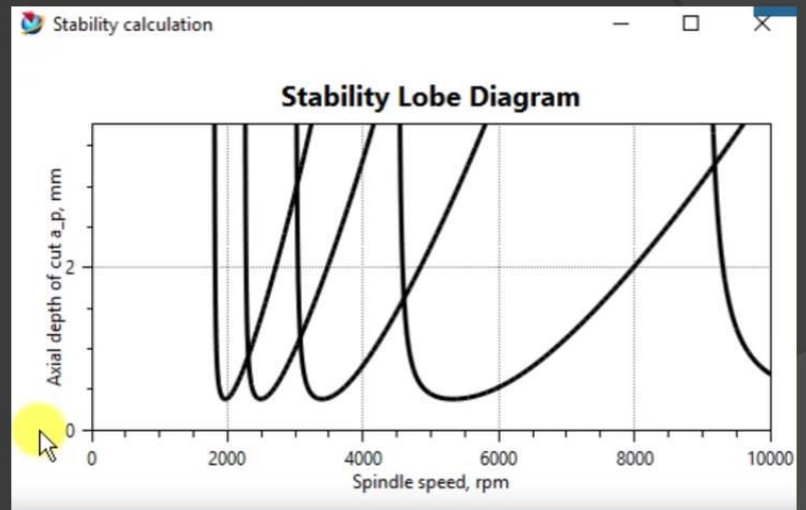
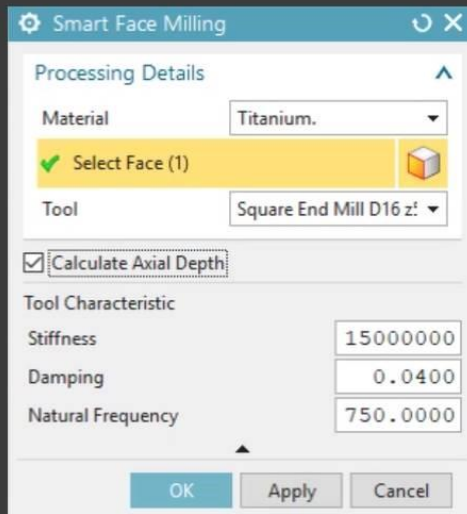
Пелюсткова діаграма стійкості



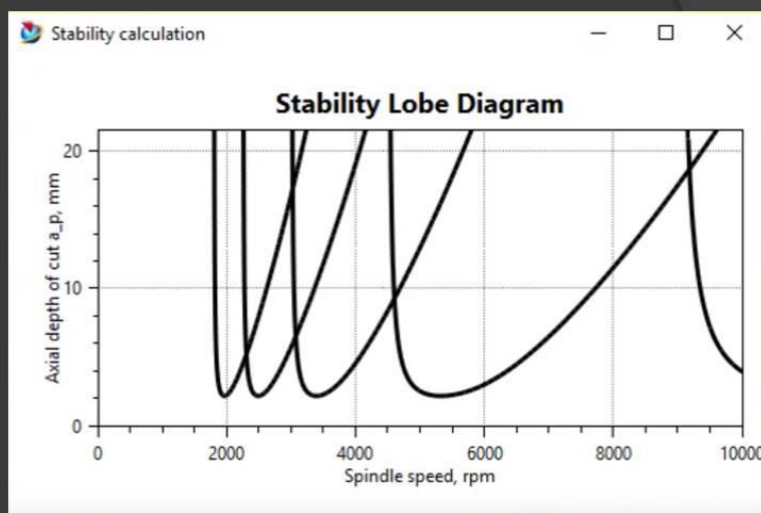
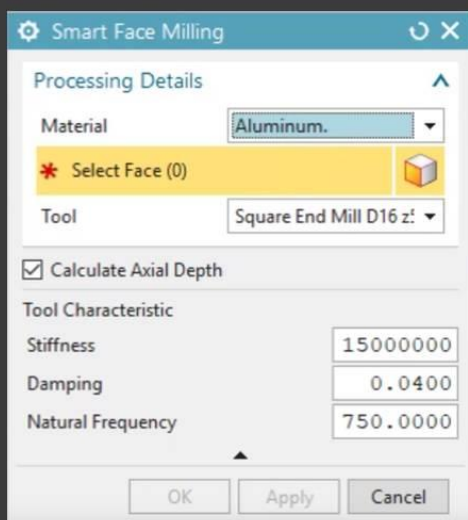
Застосування діаграм стійкості



Діаграма стійкості при обробці титану

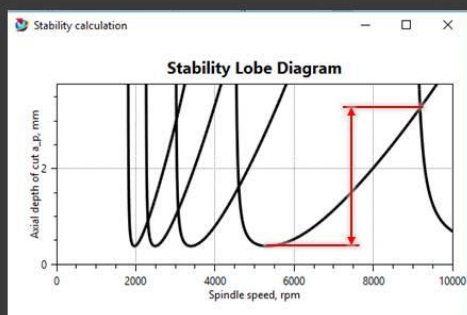


Діаграма стійкості при обробці алюмінію

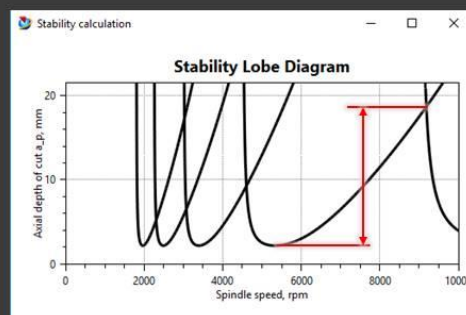


Висновки:

- Для розглянутих умов, розроблений плагін, дозволив підвищити ефективність обробки шляхом підвищення осьової глибини в 6 разів при обробці титану та більш ніж у 8 разів при обробці алюмінію



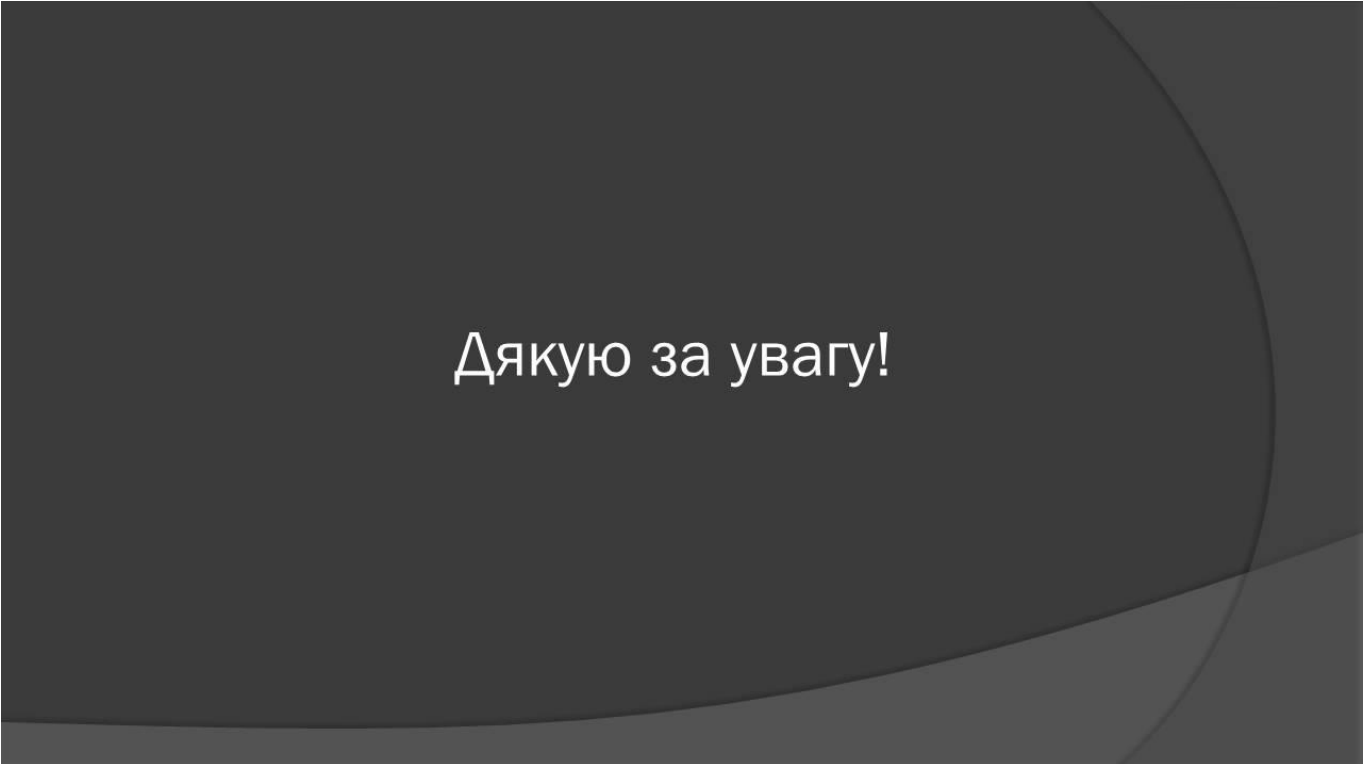
Титан



Алюміній

Характеристики інструменту: жорсткість $1.5 \cdot 10^6 \text{ Н/мм}$, демфування 0.04, ЧВК 750 Гц

- Згідно результатів експериментів, наведених у Sandvik, при використанні оптимізованої траєкторії руху інструменту, стійкість інструменту збільшується до 6 разів. Ці залежності лягли в основу розробленого програмного модулю Siemens NX



Дякую за увагу!