

Міністерство освіти і науки України

Національний університет «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для практичних робіт з дисципліни
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПРОЄКТУВАННЯ ТА
АНАЛІЗУ

(шифр за відповідною освітньою програмою та назва навчальної дисципліни)

освітня програма (спеціалізація) Технології машинобудування
(назва освітньої програми (спеціалізації))

спеціальність G9 Прикладна механіка
(код і найменування спеціальності)

галузь знань G Інженерія, виробництво та будівництво
(код і найменування галузі)

ступінь вищої освіти Магістерський
(назва ступеня вищої освіти)

Методичні вказівки для практичних робіт з дисципліни «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПРОЄКТУВАННЯ ТА АНАЛІЗУ» для студентів спеціальності G9 «Прикладна механіка» галузь знань G «Інженерія, виробництво та будівництво» / Укл.: Є.В. Вишнепольський - Запоріжжя: НУЗП, 2025 - 47 с.

Укладачі: Вишнепольський Є.В., к.т.н., доцент

Рецензент: Гончар Н. В., к.т.н., доцент

Відповід. за випуск Дядя С. І., к.т.н., доцент

Затверджено на засіданні
кафедри "Технології
машинобудування"
Протокол № 1
від 06.08 . 2025р.

Рекомендовано до видання
НМК Машинобудівного факультету
Протокол № 1
від 26. 08. 2025р.

ЗМІСТ

Вимоги з техніки безпеки.....	4
Практична робота № 1. Розробка операцій адитивного виробництва NXCAM.....	5
Практична робота №2 Інтеграція NXCAM і TEAM CENTER застосування даних у вироб-ництві	14
Практична робота №3 Статистична обробка даних машинобудування.....	21
Практична робота №4 Виконання аналізу в NX Advanced simulation	33
Практична робота №5 Введення у TEAMCENTER.....	43
Літературні джерела.....	47

Вимоги з техніки безпеки

1. У аудиторіях, слід строго виконувати правила внутрішнього розпорядку.
2. Обов'язково знімати верхній одяг.
3. Зайві речі: сумки, парасольки та інше, залишати у відповідному для цього місці.
4. Дотримуватися робочої тиші.
5. При огляді та вивчені конструкції двигунів на макети не спиратись.
6. При використанні місцевого освітлення, напруга не повинна перевищувати 36В, а лампа повинна мати захисну сітку.

Забороняється

1. Залишати своє робоче місце без відома викладача.
2. Вмикати і вимикати (крім аварійних випадків) устаткування і механізми, робота на яких не доручена.
3. Працювати та ремонтувати несправне устаткування.
5. Торкатися до струмопровідних частин, електричних дротів (навіть ізольованих), кабелів, клем, наступати на переносні дроти на підлозі.
6. Відволікатися сторонніми справами і розмовами, ходити по приміщенню, відволікаючи інших.
7. Виконувати розпорядження адміністрації, якщо воно суперечить правилам охорони праці і може призвести до нещасного випадку.

Практична робота № 1. Розробка операцій адитивного виробництва NXCAM

1.1 Мета роботи

1.1.1 Ознайомлення з основними елементами адитивного виробництва в NXCAM.

1.2 Матеріально - технічне забезпечення

1.2.1 ЕОМ.

1.2.2 Програмне забезпечення NXCAM.

1.3 Загальні положення і відомості

Розробка операцій адитивного виробництва в NX CAM передбачає послідовний процес від підготовки моделі до отримання вихідних файлів для друку та обґрунтування параметрів у звіті. Для практичної роботи доцільно дотримуватися єдиного робочого сценарію, що включає загальні положення і конкретні кроки. Адитивне виробництво в Siemens NX інтегроване в середовище Manufacturing (Additive Manufacturing) і підтримує основні технології: Powder Bed Fusion (металеві та полімерні порошки SLM/SLS), Directed Energy Deposition (дріт або порошок із лазером/дугою) та Material Extrusion (FDM/FFF для термопластиків). Мета практичної роботи — підготувати коректну геометрію, обрати принтер і матеріал, встановити орієнтацію деталі, спроєктувати підтримки, налаштувати слайсинг і параметри процесу, перевірити симуляцію, згенерувати build-файл або G-code і підготувати звіт з обґрунтуваннями.

Вимоги до вихідних даних включають наявність валідної 3D-моделі (твердотіл або фасетна: .prt, .step, .stl, .3mf), встановлену версію NX (рекомендовано NX 1953+ з модулем Additive Manufacturing), бібліотеку обладнання та матеріалів, а також постпроцесори або шаблони процесу для конкретної машини (EOS, Renishaw, Trumpf, DMG MORI, Stratasys, Markforged тощо). Важливо переконаватися, що робочий об'єм принтера відповідає габаритам моделі і що у вас є дані з паспорта матеріалу (допустима висота шару, швидкості, енергетика або температурні режими).

Робочий процес починається з підготовки моделі: перевірка замкненості геометрії, відсутності неманіфолдних ребер і самоперетинів,

спрощення дрібних елементів, які не відтворюються обраною висотою шару, а також додавання припусків на подальшу мехобробку, якщо планується гібридне виготовлення. Далі в NX створюється Additive Setup: обирається тип процесу (PBF, DED або FDM), конкретний принтер і матеріал із бібліотеки, задається робоча платформа та положення деталі в межах Build Volume. Наступний критичний крок — орієнтація моделі. Вона підбирається так, щоб зменшити площі нависань і обсяг підтримок, забезпечити стабільність і мінімізувати деформації, а також покращити шорсткість на функціонально важливих поверхнях. У NX варто використати аналіз нависань і карту ухилів для обґрунтування обраного положення.

Після орієнтації проєктуються підтримки (для PBF та за потреби для FDM). Обирається тип (решітчасті, стовпчикові, блокові, деревоподібні), кут критичного нависання, крок і щільність, діаметр точок контакту та елементи для легкого відриву. Необхідно перевірити видалюваність підтримок і забезпечити дренаж порошку в замкнених об'ємах. Далі здійснюється слайсинг і генерація траєкторій: задається висота шару (типово для PBF 20–60 мкм, для DED 0,2–1,0 мм, для FDM 0,1–0,3 мм), кількість периметрів/контурів, тип і щільність заповнення (лінійне, гексагональне, гіроїдне), порядок обробки периметрів, кут і чергування сканування. Для DED налаштовують траєкторії нашарування (raster, spiral, island), перекриття доріжок і чергування кутів між шарами; для FDM — ширину екструзії, температури сопла і стола, ретракції та охолодження. Параметри процесу слід прив'язати до матеріалу і машини: для PBF ключовими є потужність лазера, швидкість сканування, крок між треками і висота шару з розрахунком енергетичної щільності $E = P/(v \cdot h \cdot s)$, яка для багатьох сталей та алюмінієвих сплавів тримається в діапазоні приблизно 50–100 Дж/мм³ (точні значення зв'язуються з рекомендаціями виробника). Для DED визначальними є подача матеріалу (дріт/порошок), потужність, швидкість подачі, відстань сопла та попередній підігрів; для FDM — температурні режими, швидкості, множник потоку, ретракції і параметри адгезії до платформи.

Перед експортом обов'язковою є симуляція: перевіряють колізії, дотримання меж будівельного об'єму, стабільність підтримок, а за наявності модулів Simcenter — оцінюють теплове поле і потенційні деформації. Аналізують час побудови та витрати матеріалу, за потреби коригують стратегії (наприклад, island/hatch з чергуванням кутів 67° для зниження напружень у PBF або збільшують паузи охолодження в

масивних зонах у DED). Після валідації генерують вихідні дані: для PBF це, як правило, 3MF/AMF або специфічні build-файли для програм принтера (EOSPRINT, Renishaw QuantAM тощо), для DED/FDM — G-code/M-code через відповідні постпроцесори. Доцільно сформувати протокол параметрів: версія NX, обрана машина і матеріал, орієнтація, характеристики підтримок, висота шару, периметри, стратегія заповнення або сканування, ключові параметри енергетики/температур, оцінка часу і матеріалу.

1.4 Порядок виконання лабораторної роботи

1.4.1 Запустити програму SIEMENS NX. В групі Resource Bar Options обрати Manufacturing Machine Samples (рис. 1.1).

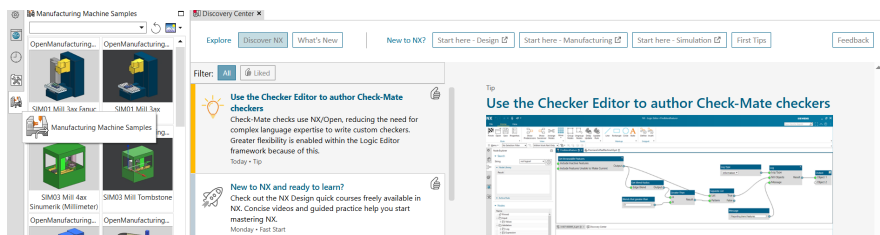


Рисунок 1.1 Manufacturing Machine Samples

1.4.2 З переліку верстатів обрати Additive Machining Cuka Robot with two Axis Positioner Sinumerik (рис. 1.2).

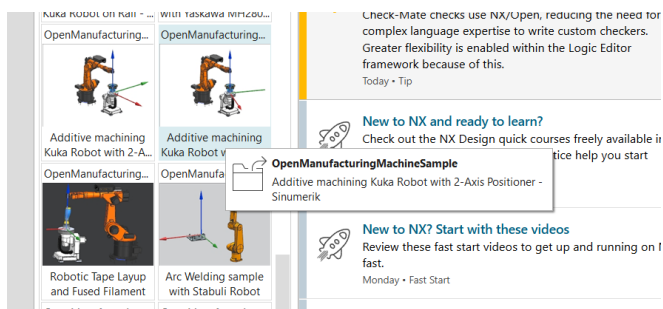


Рисунок 1.2 – Additive Machining Cuka Robot with two Axis Positioner Sinumerik

1.4.3 Погодитись з усіма повідомленнями

1.4.4 Перегенерувати в дереві побудови всі операції та дослідити режимні параметри процесу адитивного виробництва. Для цього наводимо курсор на першу операцію в дереві побудови (рис. 1.3).

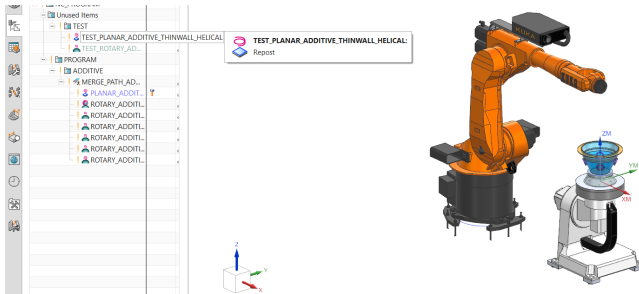


Рисунок 1.3 – Приклад виділення операції в дереві побудови

Натискаємо праву кнопку миші та зі списку обираємо позицію позицію Генерувати обробку (рис. 1.4).

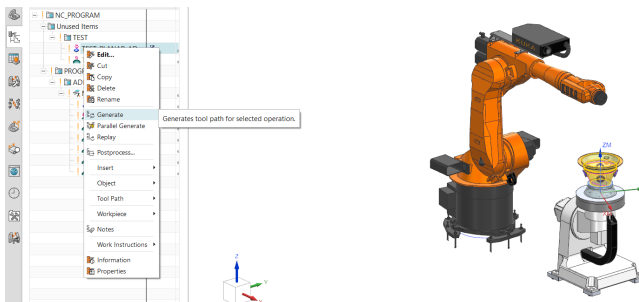


Рисунок 1.4 – Виконання операції генерувати обробку

Після цього подвійним натисканням мишки по назві операції запускаємо вікно, де вказані усі режимні параметри цієї операції, за бажанням їх можна змінити та відредагувати (рис 1.5).

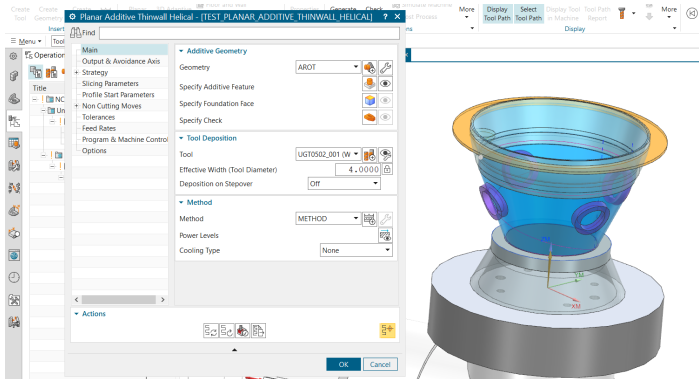


Рисунок 1.5 – Режимні параметри заданої операції

1.4.5 Для симуляції переміщення інструменту по робочій траєкторії натискаємо на команду PLAY (рис. 1.6).

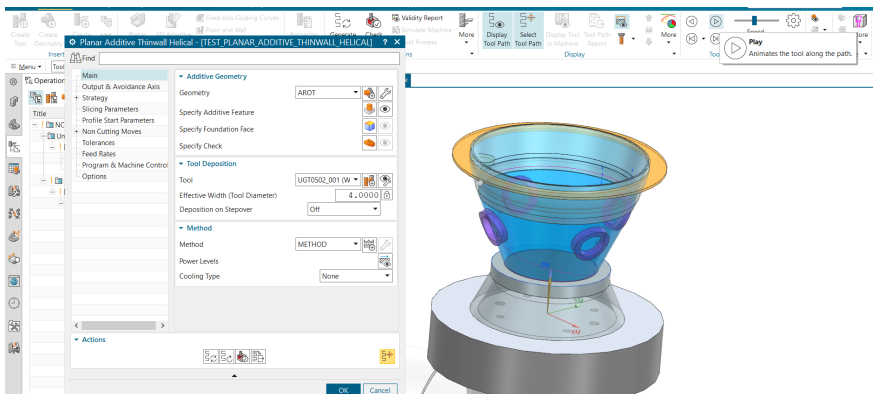


Рисунок 1.6 – Симуляція виконання заданої операції

1.4.6 Спостерігаємо за переміщенням інструменту, приймаємо рішення щодо вірності та раціональності даного переміщення (рис. 1.7).

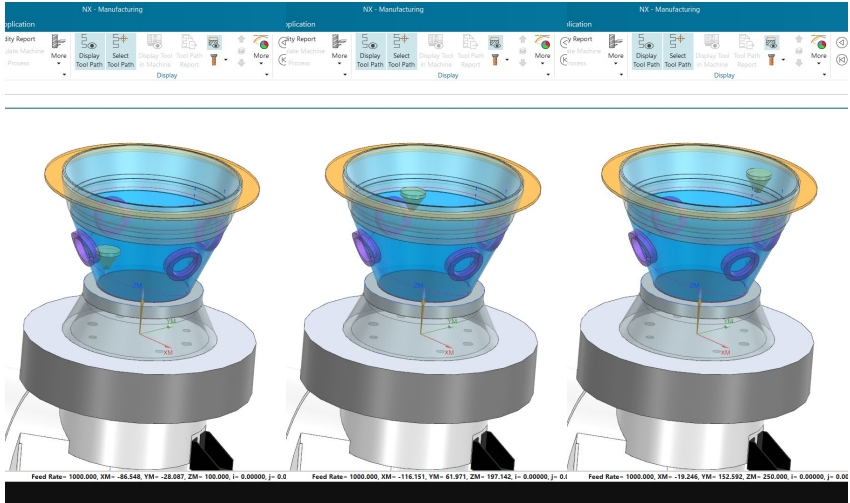


Рисунок 1.7 – Симуляція тресекторії та переміщення робочого інструменту

1.4.7 На основі аналізу отриманого переміщення виконуємо необхідну корекцію режимних та геометричних параметрів операції

1.4.8 Для отримання програми виконання операції натискаємо на кнопку LIST (рис. 1.8).

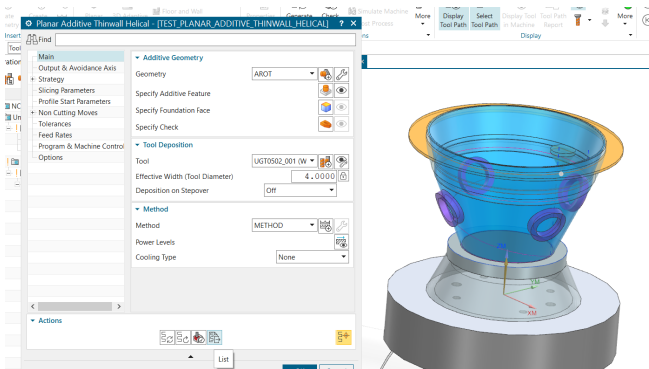


Рисунок 1.8 – Виконання операції LIST

1.4.9 Отримуємо програму виконання операції на машинній мові програмування APT (рис. 1.9).

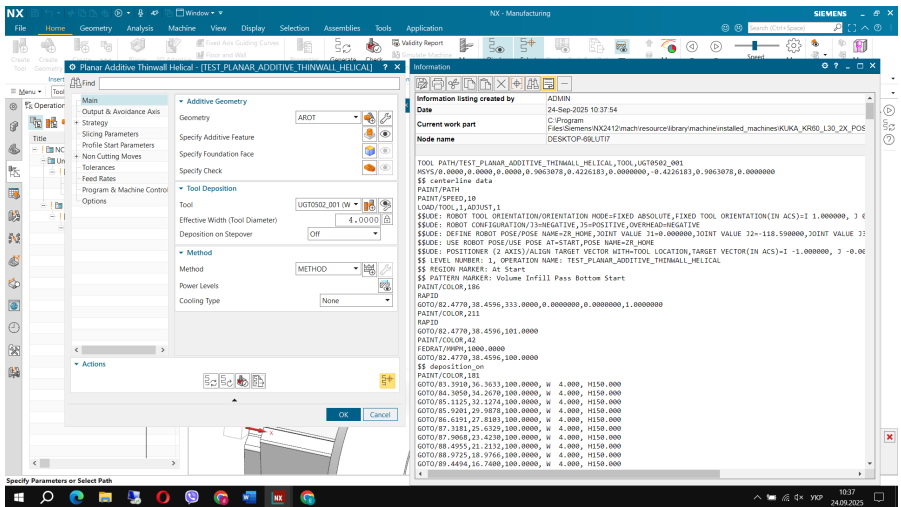


Рисунок 1.9 – Отримання програми в APT

1.4.10 Для отримання програми в G-код натискаємо правою кнопкою миші на операції та обираємо з випадаючого вікна опцію ПОСТПРОЦЕСУВАТИ (рис. 1.10).

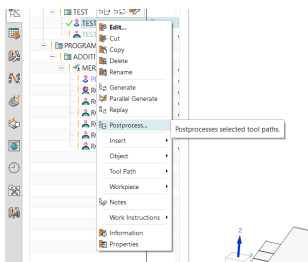


Рисунок 1.10 – Виконання команди ПОСТПРОЦЕСУВАТИ

1.4.11 У вікні обираємо необхідний для виконання операції постпроцесор (рис. 1.11) та натискаємо ОК.

1.4.18 Відповісти на запитання викладачів та захистити звіт.

1.5 Контрольні питання

1.5.1 Які функції виконує модуль адитивної обробки NXCAM.

1.5.2 З чого починається робота у модулі NXCAM адитивна обробка.

Практична робота №2

Інтеграція NXCAM і TEAM CENTER застосування даних у виробництві

2.1 Мета роботи

2.1.1 Сформуванати навички роботи з інтегрованою PLM/CAM-платформою Siemens: Teamcenter + NX CAM.

2.1.2 Освоїти процес створення та збереження технологічних даних: деталь, заготовка, інструменти, верстат, операції, NC-програми, цехова документація.

2.1.3 Відпрацювати процедури постпроцесування, версіонування та застосування даних у виробництві, у т.ч. через DNC Shop Floor Connect.

2.1.4 Побудувати зв'язки між маршрутом виготовлення (Process Planner) та CAM-операціями (CNC Operation) з використанням спільної бібліотеки ресурсів.

2.2 Матеріально - технічне забезпечення

2.2.1 Teamcenter з модулями Engineering, Manufacturing, Process Planner та бібліотеками ресурсів Machines/Tools/Fixtures.

2.2.2 NX (з модулем CAM), запуск під керуванням Teamcenter; доступ до класифікатора інструментів і шаблонів.

2.2.3 Демо-деталь (призматична) і постпроцесор під обраний верстат (Sinumerik) — збереження в PLM-структурі.

2.3 Загальні положення і відомості

У даній практичній роботі розглядається інтегрований підхід до технологічної підготовки виробництва на базі платформ Siemens Teamcenter (PLM) та NX CAM. Мета підходу — забезпечити наскрізне керування даними виробу і процесу обробки від конструкторської моделі до випуску NC-програм та їх застосування на верстатах з ЧПК. Така інтеграція мінімізує розриви між CAD, CAM і цехом, підвищує відтворюваність результатів, скорочує час наладки та зменшує ризики помилок, пов'язаних з версіонуванням і неактуальними файлами.

Teamcenter виконує роль центрального сховища даних і процесів: у ньому структуруються об'єкти виробу (деталі, зборки), технологічні маршрути, операції, ресурси (верстати, інструменти, оснащення), а також допоміжні артефакти — NC-програми, карти наладки, специфікації інструменту. Ключовим об'єктом для CAM-ланцюжка є CNC Operation,

що логічно пов'язує процесні кроки з конкретним САМ-проєктом у NX і містить атрибути часу, версій та статусів випуску. Process Planner в Teamcenter дозволяє моделювати маршрут виготовлення, задавати параметри ПЗР і штучного часу, вести альтернативні сценарії та здійснювати ресурсне призначення.

NX САМ забезпечує створення траєкторій обробки, симуляцію з урахуванням кінематики верстата, підбір інструментів через корпоративний класифікатор та формування вихідних даних: NC-коду і комплексу цехової документації. Запуск NX під керуванням Teamcenter гарантує узгодженість ідентифікаторів (Part Number/Revision/Name), керуваність доступом, а також простежуваність змін від CAD-моделі до NC-файлів. Постпроцесування здійснюється сертифікованими постпроцесорами під конкретні ЧПК (наприклад, Sinumerik), що підвищує сумісність і якість генерації коду.

У виробничому контурі застосовується DNC/Shop Floor Connect для доставки актуальних даних на робочі місця: оператори отримують доступ до затверджених ревізій NC-програм, 3D-візуалізацій, карт наладки та списків інструментів. Це дозволяє контролювати статуси випуску (Release), уникати використання застарілих версій і забезпечувати швидке порівняння змін (diff) між ревізіями.

Методично робота побудована як послідовність кроків: від створення маршруту в Process Planner, призначення ресурсів і параметризації атрибутів — до підготовки САМ-проєкту, симуляції, постпроцесування і публікації результатів у PLM. Результатом має бути повний і узгоджений комплект виробничих даних. Для магістерського рівня передбачено ускладнення: багатоустановочна або 5-осьова обробка, варіанти маршрутів, управління релізами й автоматизація звітності. Дотримання цих положень забезпечує відтворюваність процесу, простежуваність рішень і відповідність сучасним практикам цифрового виробництва.

2.4 Порядок виконання практичної роботи

2.4.1 Створіть технологічний процес виготовлення із маршрутами та етапами: заготовка → базування/закріплення → чорнова → напівчистова → чистова → контроль (рис. 2.1).

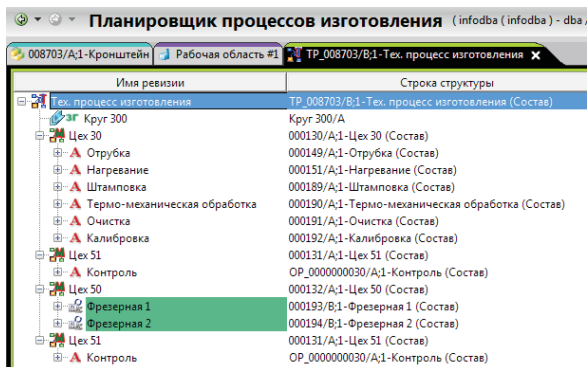


Рисунок 2.1 - Модуль - планувальник процесів виготовлення

2.4.2 Налаштуйте атрибути: Part Number, Part Revision, Part Name; заповніть ПЗР і штучний час для переходів (рис. 2.2).

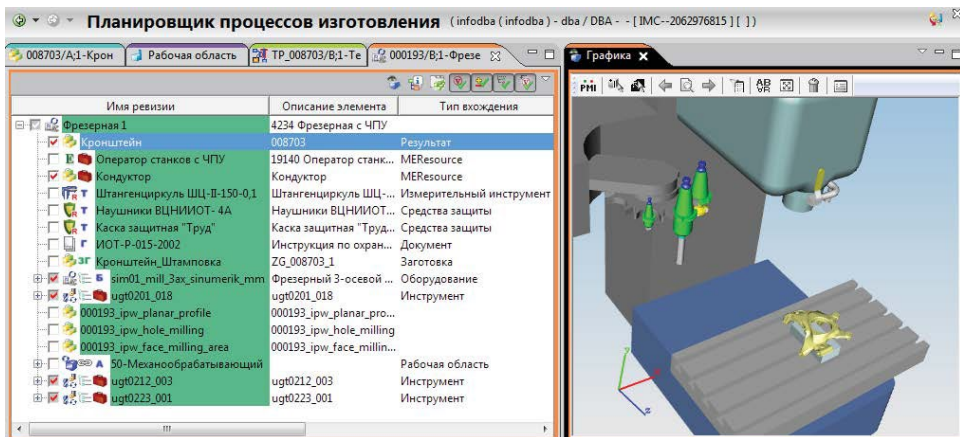


Рисунок 2.2 – Приклад технологічної операції з вкладеними даними

2.4.3 Пов'яжіть ресурси: призначте верстат (3-осьовий, Sinumerik) і оснащення з бібліотеки (рис. 2.1).

2.4.4 Додайте операцію типу *CNC Operation* і підготуйте її до зв'язку з NX CAM (рис. 2.3).

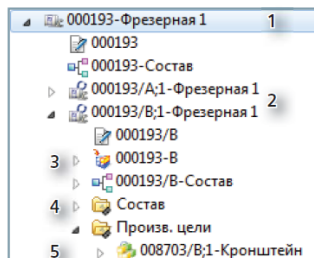


Рисунок 2.3 - Об'єкт Операція з ЧПУ

2.4.5 Результат: в Process Planner створено маршрут з *CNC Operation*, пов'язаний з майбутнім CAM-проектом (рис. 2.3).

2.4.6 Відкрийте 3D-модель деталі в NX з Teamcenter; за потреби використайте WAVE-копію для CAM-збірки (рис. 2.2).

2.4.7 Запустіть додаток Manufacturing і оберіть шаблон: GENERAL → «Складання з верстатом 3-осьовий Sinumerik» (рис. 2.4).

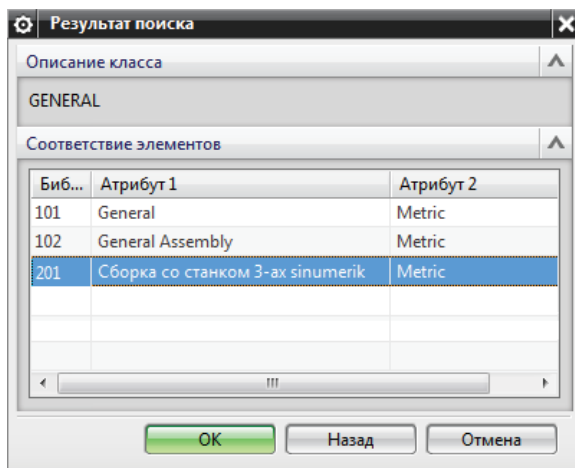


Рисунок 2.4 – Вибір шаблону обробки

2.4.8 Задайте атрибути CAM-проекту: PartNumber/Revision/Name

згідно з PLM (рис. 2.5).

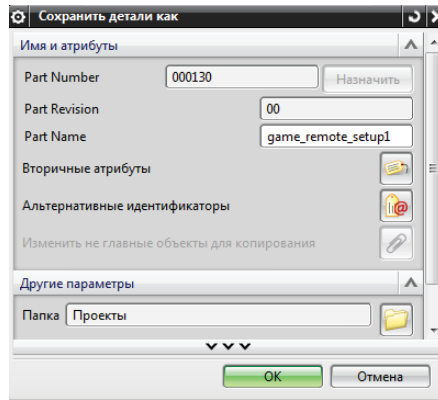


Рисунок 2.5 – Створення проекту обробки

2.4.9 Підготуйте структуру САМ-проекту: Part/Blank/Fixture, перевірте кінематику верстата і систему координат; узгодьте Part Zero з Machine Zero (рис. 2.6).

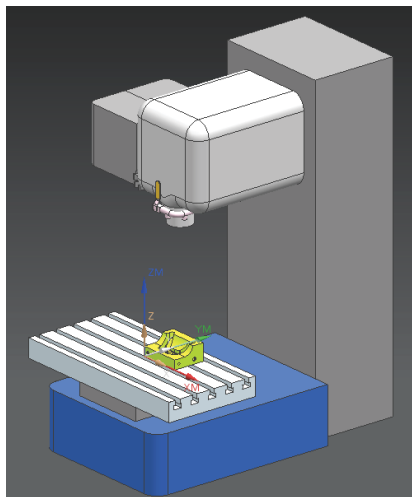


Рисунок 2.6 – Деталь на столі верстата

2.4.10 Результат: створений NX CAM-проект, пов'язаний з об'єктом *CNC Operation* у Teamcenter (рис. 2.3, 2.5).

2.4.11 Підключення інструментів із класифікатора Teamcenter: оберіть клас End Mills, знайдіть Ø20; перевірте сумісність державки та комірки магазину (рис. 2.7).

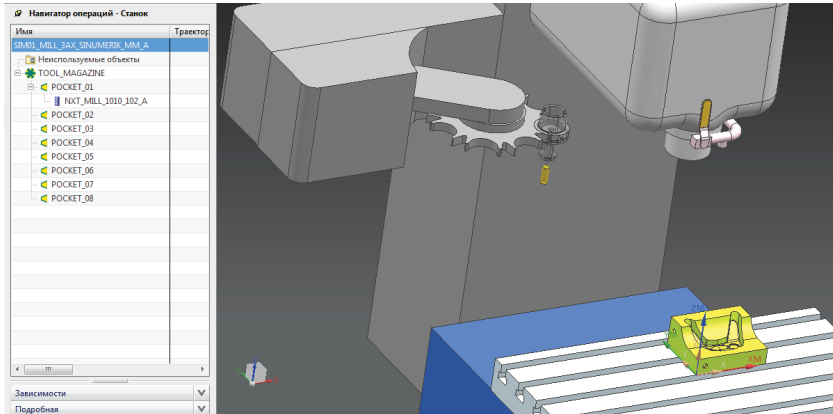


Рисунок 2.7 – Інструмент в осередку магазину

2.4.12 Створення операцій:

Чорнова: CAVITY_MILL для зняття припуску.

Напівчистова/чистова: Z-level, Finish Contour залежно від геометрії. Налаштуйте геометрію (Part/Blank/Check), режими різання, підводи/відводи, обмеження по Z (рис. 2.4, 2.6).

2.4.13 Валідація: симуляція траєкторій, оцінка часу, звірка з плановими значеннями Process Planner (рис. 2.1, 2.4).

2.4.14 Результат: валідні траєкторії з урахуванням ресурсів і базування (рис. 2.4, 2.6).

2.4.14 Постпроцесування: у Program View виберіть групу (напр., 1234) → «Постпроцессировать» → NC-файл під Sinumerik (рис. 2.4).

2.4.15 Цехова документація: згенеруйте Tool List, Operation List, карти наладки (рис. 2.8).

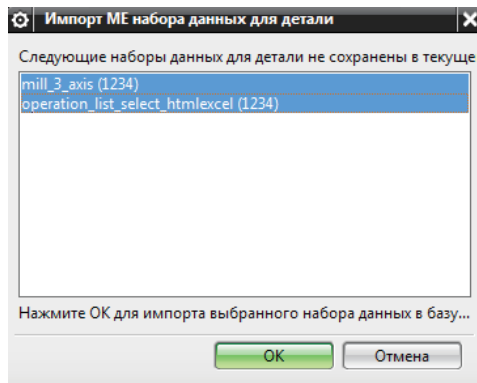


Рисунок 2.8 – Процес збереження даних

2.4.16 Збереження в Teamcenter: створіть об'єкти NC-програми та звітів; перевірте прикріплення до відповідної *CNC Operation* (рис. 2.3, 2.8).

2.4.17 Результат: у Teamcenter збережені NC-програма та комплект документації, із правильними зв'язками та версіями (рис. 2.8).

2.4.18 DNC Shop Floor Connect: знайдіть операцію, перегляньте 3D, ескізи, Tool List, наладку; перевірте версії NC-програм і порівняйте ревізії (diff); змодельуйте вивантаження на ЧПК (рис. 2.8).

2.4.19 Результат: підтвердження доступності та актуальності даних на робочому місці (рис. 2.8).

Контрольні питання

1. Переваги централізованого зберігання САМ-даних у Teamcenter порівняно з файловою моделлю.
2. Як об'єкт *CNC Operation* пов'язаний із NX CAM-проектом і які дані всередині нього зберігаються.
3. Чим відрізняються робочі дії MENCNC Program та MENCNC Activate.
4. Перевірка сумісності державки з магазином верстата.
5. Як DNC SFC контролює актуальність версій NC-програм у цеху.

Практична робота №3

Статистична обробка даних машинобудування

3.1 Мета роботи Засвоїти методологію кореляційно-регресійного аналізу. Побудувати парні й множинні лінійні регресійні моделі та інтерпретувати їх. Перевірити значущість моделі та коефіцієнтів, оцінити припущення МНК за аналізом залишків. Виконати прогноз із 95% довірчим та 95% передбачувальним інтервалами.

3.2 Матеріально-технічне забезпечення

Програмне забезпечення STATISTICA (модулі: Basic Statistics/Tables, Multiple Regression, Nonlinear Estimation — за потреби, Graphs). Додатково: вбудований Probability Distribution Calculator (для критичних значень F і t). Офісне ПЗ для звіту: LibreOffice Writer (оформлення за методичкою), PDF-принтер. ПК/ноутбук з ОС Windows 7/8/10/11. Мінімальні вимоги: CPU з 2 ядрами, 4 ГБ RAM, 1 ГБ вільного місця на диску. Рекомендовано: 8 ГБ RAM+ для комфортної роботи з графікою і кількома вікнами результатів.

3.3 Загальні положення і відомості

Кореляційно-регресійний аналіз — комплекс методів для виявлення, вимірювання та моделювання статистичних зв'язків між змінними. У STATISTICA використовується модуль Multiple regression для лінійних моделей і Nonlinear Estimation для нелінійних. Парна регресія: $r=1$, досліджується вплив одного фактора XX на YY . Множинна регресія: $p \geq 2$, враховує одночасний вплив кількох факторів. Метод найменших квадратів (МНК) мінімізує суму квадратів залишків. У STATISTICA оцінки подаються як нестандартизовані b і стандартизовані b^* (Beta). Стандартизовані коефіцієнти дозволяють порівнювати силу впливів між змінними в різних масштабах. Коефіцієнт множинної кореляції R і коефіцієнт детермінації R^2 показують частку варіації YY , пояснену моделлю. Скоригований враховує число предикторів і розмір вибірки, запобігаючи “псевдополіпшенню” при додаванні слабких факторів. Стандартна помилка оцінки (Standard error of estimate) — корінь із середнього квадрата похибки, відображає типову величину залишків у метриці YY .

ANOVA для регресії: модель незначуща. F -статистика порівнює дисперсію, пояснену моделлю, з дисперсією похибки. У STATISTICA

доступно через кнопку ANOVA; критичне FF можна отримати у Probability Distribution Calculator. Припущення МНК: лінійність, нормальність залишків, гомоскедастичність, незалежність. Перевірка: гістограма/Normal plot (Q–Q) залишків, графік “залишки vs прогноз” (у вікні Residuals Analysis. Автокореляція: статистика Дарбіна–Вотсона ($DW \approx 2$ — відсутність автокореляції) доступна у Residuals Analysis. Мультиколінеарність: частинні й напівчастинні кореляції, толерантність (Tolerance), R^2R^2 для кожного фактора — перегляд через Partial correlations. За високої колінеарності — переглядати VIF/толерантність, зменшувати набір змінних або застосовувати відбір (Stepwise) чи гробеневу регресію (ridge) у Advanced.

3.4 Порядок виконання практичної роботи

3.4.1 Створіть або імпортуйте таблицю даних у STATISTICA Spreadsheet. Введіть назви змінних як у табл. 3.1. Посилайтесь у звіті на табл. 3.2.

Таблиця 3.1 Статистичні данні діяльності машинобудування

№ з/п	Y1	Y2	Y3	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
1	12	901	50	81	90	956	62	51	550	915	94	2
2	56	956	50	134	110	905	134	56	612	912	105	1
3	956	26	950	206	162	56	206	994	290	956	195	6
4	945	802	950	305	202	803	305	945	431	931	206	4
5	125	815	150	362	245	816	362	125	407	974	204	3
6	168	802	150	492	280	802	492	168	595	925	285	8
7	138	814	150	402	301	814	402	138	614	912	304	4
8	195	880	850	465	340	880	465	195	713	956	350	6
9	802	875	850	509	390	875	509	802	814	990	360	7
10	856	812	850	546	330	812	546	856	640	964	382	6
11	845	801	250	582	401	805	582	845	54	901	401	2
12	875	700	250	505	405	700	505	875	184	903	481	5
13	265	720	250	625	495	720	625	265	269	943	471	9
14	284	760	250	685	471	760	682	284	318	998	471	1
15	275	714	750	631	500	714	631	275	407	64	461	4
16	294	712	750	642	501	712	642	294	595	91	501	11

Таблиця 3.1 Статистичні данні діяльності машинобудування

№ з/п	Y1	Y2	Y3	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
17	220	762	750	625	503	760	625	220	614	102	508	16
18	212	714	750	758	510	716	758	212	713	130	562	15
19	264	774	350	758	598	774	758	264	512	186	582	17
20	209	754	350	728	547	754	728	209	992	110	574	14
21	764	739	350	794	601	739	794	764	54	801	532	14
22	747	761	350	764	601	761	764	747	184	845	601	18
23	758	754	350	725	608	754	725	758	269	875	642	15
24	714	602	650	803	671	602	803	714	318	831	642	12
25	724	642	650	816	701	642	816	724	407	825	685	17
26	770	682	650	894	764	691	894	770	595	896	663	25
27	797	645	650	857	718	645	857	797	614	804	656	21
28	703	631	650	956	805	631	956	709	713	874	696	25
29	302	675	450	948	864	675	948	302	814	858	705	26
30	312	646	450	81	906	646	61	312	992	882	754	28
31	333	501	450	134	90	501	134	333	54	880	774	29
32	312	502	450	206	110	502	206	312	184	810	777	24
33	345	532	450	305	162	532	305	345	269	830	787	21
34	395	550	450	362	202	550	362	395	318	864	795	28
35	345	598	450	492	245	598	492	345	407	825	735	31
36	384	575	550	402	280	575	402	384	595	885	714	31
37	375	401	550	465	301	401	465	375	614	818	802	35
38	346	441	550	509	340	441	509	346	713	871	845	35
39	333	484	550	546	390	484	546	333	814	802	865	38
40	378	465	550	582	330	465	582	378	992	836	898	36
41	348	487	550	505	401	487	505	348	591	890	888	33
42	356	302	550	625	405	302	625	356	184	812	845	33
43	393	364	500	685	495	364	685	393	269	805	874	41
44	375	389	500	631	471	389	631	375	318	845	831	44
45	612	356	500	642	500	356	642	612	407	803	847	47

Таблиця 3.1 Статистичні данні діяльності машинобудування

№ з/п	Y1	Y2	Y3	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
46	645	165	500	625	501	165	625	645	595	845	801	46
47	636	198	500	758	503	198	758	636	614	802	905	45
48	604	256	500	758	510	256	758	604	713	864	914	45
49	679	230	500	728	598	230	728	679	814	812	975	47
50	659	140	500	794	547	140	794	659	992	885	969	52

Розглядаються такі показники:

- 1 Y – продуктивність праці;
- 2 Y – індекс зниження собівартості продукції;
- 3 Y – рентабельність;
- 1 X – трудомісткість одиниці продукції;
- 2 X – питома вага робітників у складі ППП;
- 3 X – питома вага купувальних виробів;
- 4 X – коефіцієнт змінності устаткування;
- 5 X – премії та винагороди на одного працівника;
- 6 X – питома вага втрат від браку;
- 7 X – фондівдача;
- 8 X – середньорічна чисельність ППП;
- 9 X – середньорічна вартість ОФ

Таблиця 3.2 Варіанти завдань

№ варіанту	Лінійна модель парної регресії		Лінійна модель множинної регресії	
	Результативна ознака,	Пояснююча змінна,	Результативна ознака,	Пояснюючі змінні,
1	Y3	X 7	Y1	X 6 , X8 , X1 , X 2
2	Y2	X1	Y1	X 7 , X1 , X 3
3	Y2	X 8	Y1	X8 , X 3 , X 2
4	Y2	X 9	Y1	X 5 , X 6 , X 4
5	Y3	X 5	Y1	X 6 , X 5 , X 7 , X 9
6	Y2	X 6	Y1	X8 , X 9 , X 4
7	Y2	X 4	Y1	X 6 , X8 , X 5

3.4.2 Запустіть модуль регресії: Statistics → Multiple regression. Натисніть Variables, виберіть залежну змінну (згідно варіанту з табл. 3.2) та список незалежних. Орієнтуйтеся на інтерфейс, показаний на

рис. 3.1. Додайте до звіту скриншот.

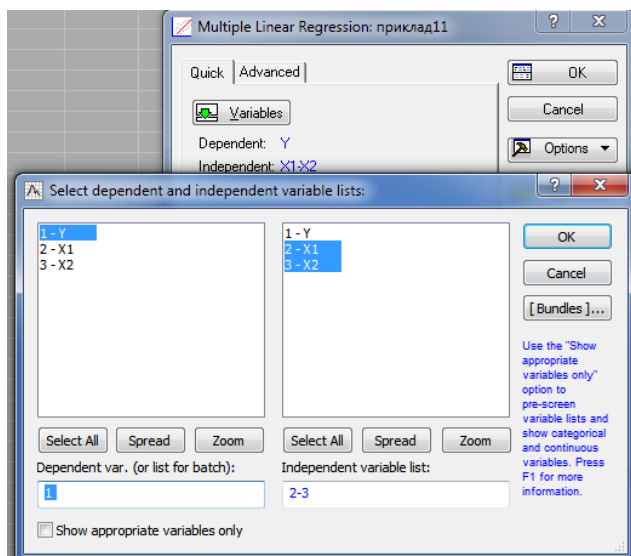


Рисунок 3.1 – Вибір змінних для побудови регресійної моделі

3.4.3 У вікні Multiple Linear Regression відкрийте вкладку Advanced (рис. 3.2) і позначте Review descriptive statistics, correlation matrix. Натисніть ОК.

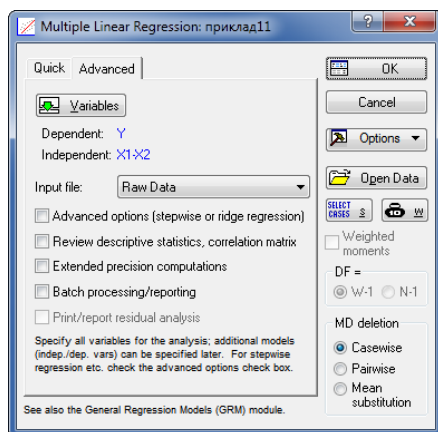


Рисунок 3.2 - Вкладка Advanced діалогового вікна Multiple Linear

Regression

3.4.4 У вікні Review Descriptive Statistics на вкладці Quick відмітьте Means & standard deviation і Correlations (рис. 3.3). Додайте у звіт отриману таблицю кореляцій та короткий опис.

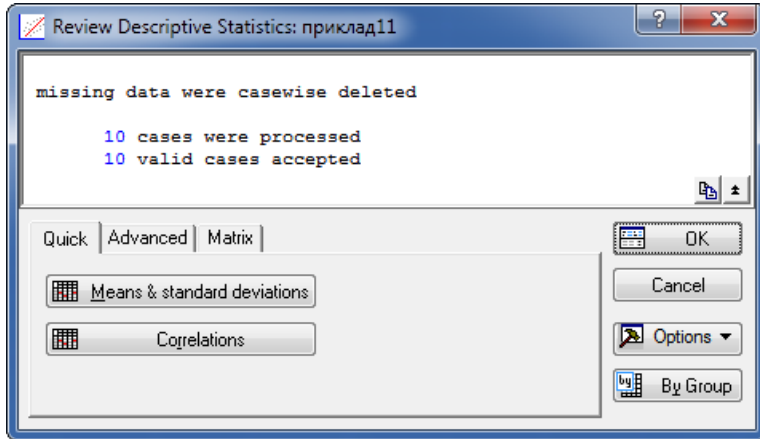


Рисунок 3.3 – Діалогове вікно Review Descriptive statistics

3.4.5 У Multiple regression залиште одну пояснювальну змінну згідно свого варіанту (табл. 3.2) і натисніть ОК для розрахунку. Вікно результатів виглядає як на рис. 3.4. Додайте скриншот і посилання на рис. 3.4.

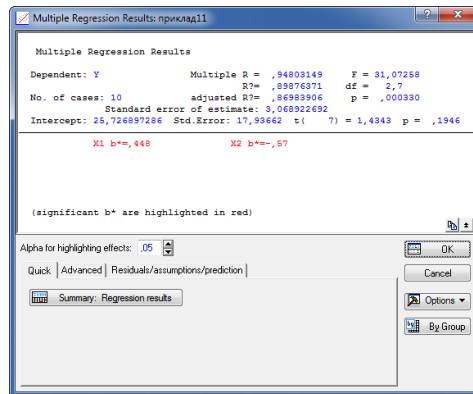


Рисунок 3.4 – Вікно результатів кореляційно-регресійного аналізу

3.4.6 Натисніть Summary: Regression results (рис. 3.5). Додайте таблицю у звіт із посиланням на рис. 3.5 як зразок. За потреби покажіть і таблицю ANOVA (рис. 3.6).

Regression Summary for Dependent Variable: Y (Spreadsheet1)						
R= ,94803149 R ² = ,89876371 Adjusted R ² = ,86983906						
F(2,7)=31,073 p<,00033 Std. Error of estimate: 3,0689						
N=10	b*	Std. Err. of b*	b	Std. Err. of b	t(7)	p-value
Intercept			25,72690	17,93663	1,43432	0,194605
X1	0,447815	0,175840	1,12819	0,44300	2,54672	0,038286
X2	-0,570488	0,175840	-3,16480	0,97548	-3,24436	0,014167

Рисунок 3.5 – Таблиця результатів регресійного аналізу

Analysis of Variance; DV: Y (Spreadsheet1_(Recovered))					
Effect	Sums of Squares	df	Mean Squares	F	p-value
Regress.	585,3010	2	292,6505	31,07258	0,000330
Residual	65,9280	7	9,4183		
Total	651,2290				

Рисунок 3.6 – Таблиця аналізу ANOVA

3.4.7 Перевірка припущень: відкрийте вкладку Residuals/assumptions/prediction у Multiple Regression Results → Residuals Analysis (рис. 3.7).

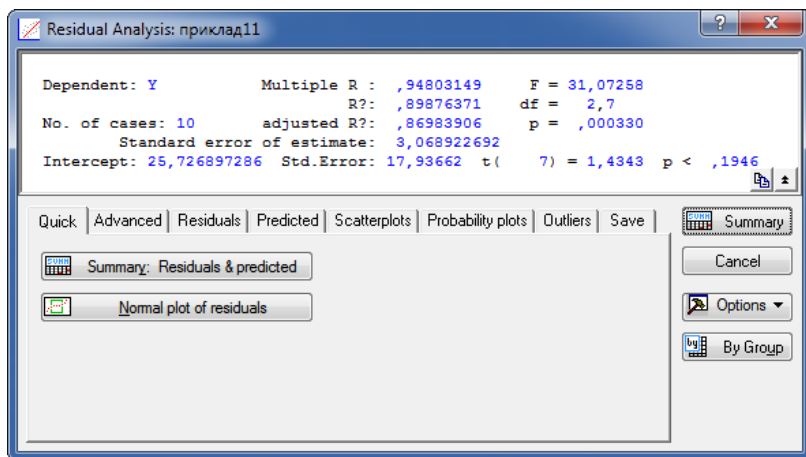


Рисунок 3.7 – Діалогове вікно Residuals Analysis

3.4.8 Побудуйте: Histogram of residuals і Normal plot (Q-Q) (рис. 3.8). За наявності часової впорядкованості — Durbin–Watson statistic (там само, рис. 3.7).

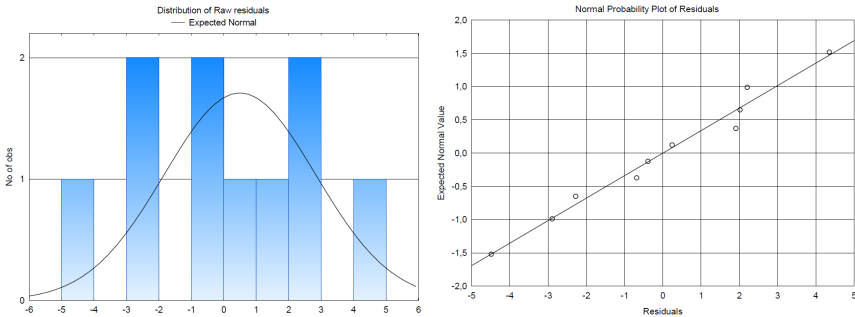


Рисунок 3.8 – Графіки розподілу залишків

3.4.9 Запишіть рівняння парної регресії. Інтерпретуйте знак та величину. Наведіть R^2 , F і p -модель.

3.4.10 За аналогією з “Типовим прикладом”: там показано вибір змінних (рис. 3.9), перегляд кореляцій (рис. 3.10), результати моделі (рис. 3.11), обчислення критичного F (рис. 3.12), та підсумок (рис. 3.13).

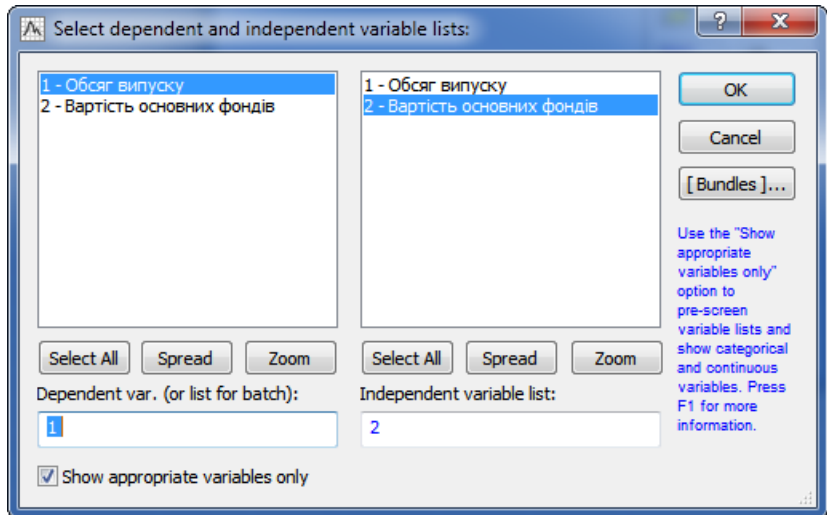


Рисунок 3.9 – Специфікація моделі

Variable	Means and Standard Dev		
	Means	Std.Dev.	N
Вартість основних фондів	5,250000	1,593912	10
Обсяг випуску	2,580000	0,753953	10

Variable	Correlations (Spreadsheet17)	
	Вартість основних фондів	Обсяг випуску
Вартість основних фондів	1,000000	0,878360
Обсяг випуску	0,878360	1,000000

Рисунок 3.10 – Результати описової статистики та кореляційна матриця

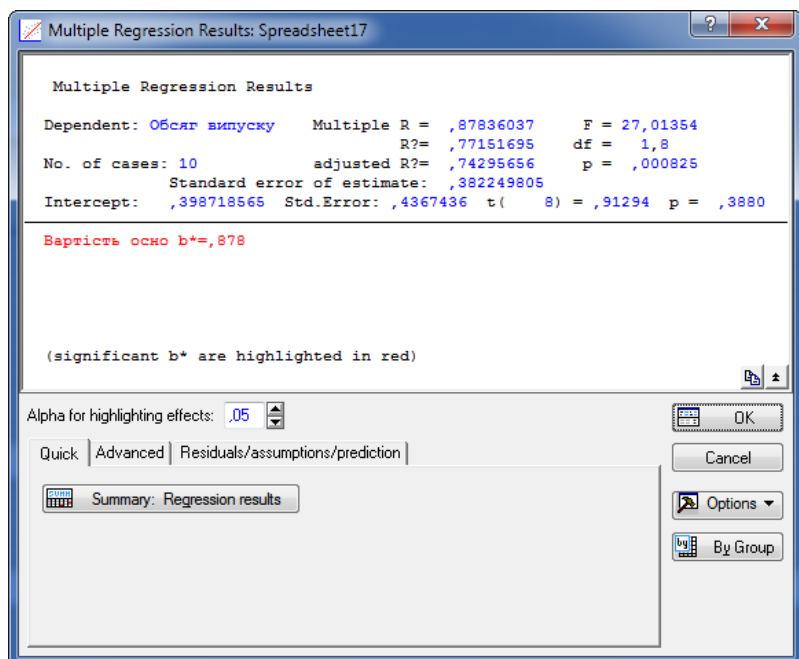


Рисунок 3.11 – Діалогове вікно результатів регресійного аналізу

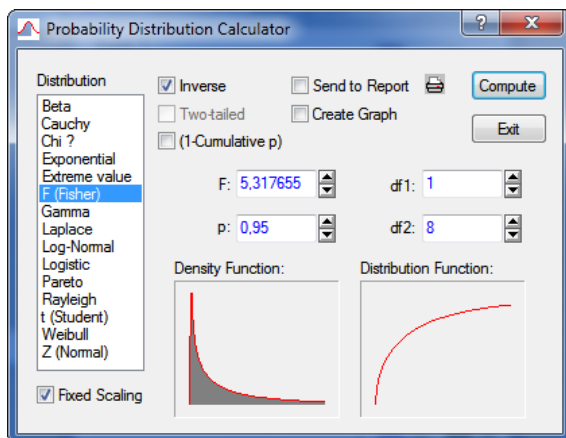


Рисунок 3.12 – Знаходження критичного значення F-критерію

		Regression Summary for Dependent Variable: Обсяг випуску (S				
		R= ,87836037 R²= ,77151695 Adjusted R²= ,74295656				
		F(1,8)=27,014 p<,00082 Std.Error of estimate: ,38225				
N=10		b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(8)
Intercept				0,398719	0,436744	0,912935
Вартість основних фондів		0,878360	0,168998	0,415482	0,079940	5,197455
						0,000825

Рисунок 3.13 – Результати регресійного аналізу

3.4.11 Поверніться до Multiple regression і вкажіть підмножину предикторів згідно варіанту (табл. 3.2). Розрахуйте модель — вікно результатів як на рис. 3.4. Збережіть скриншот.

3.4.12 Перейдіть до: Summary: Regression results — таблиця коефіцієнтів (рис. 3.5). ANOVA (Overall goodness of fit) — таблиця як на рис. 3.6. Partial correlations — таблиця частинних/напівчастинних кореляцій, толерантності, R-square, t, p (рис. 3.14).

Variables currently in the Equation; DV: Y (Spreadsheet1)							
Variable	b* in	Partial Cor.	Semipart Cor.	Tolerance	R-square	t(7)	p-value
X1	0,447815	0,693495	0,306267	0,467738	0,532262	2,54672	0,038286
X2	-0,570488	-0,774978	-0,390165	0,467738	0,532262	-3,24436	0,014167

Рисунок 3.14 – Таблиця частинних коефіцієнтів кореляції

Додайте ці таблиці у звіт.

3.4.13 Оцініть мультиколінеарність: проаналізуйте толерантність і R-square у таблиці Partial correlations (рис. 3.14). За низької толерантності перегляньте набір змінних. За потреби використайте Stepwise regression summary (рис. 3.15) для відбору.

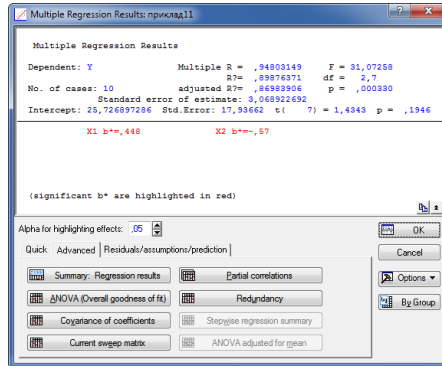


Рисунок 3.15 – Вкладка Advanced діалогового вікна Multiple Regression Results

3.4.14 Відкрийте ANOVA для моделі (рис. 3.6), випишіть спостережуване F. Знайдіть критичне у Probability Distribution Calculator (рис. 3.12) Додайте у звіт скриншот калькулятора.

3.4.15 Перейдіть до вкладки Residuals/assumptions/prediction→Predict dependent variable. У діалозі Specify values for indep. vars (рис. 3.16). Натисніть OK — отримаєте таблицю з прогнозом і 95% інтервалами (рис. 3.17). Додайте скриншоти й посилання.

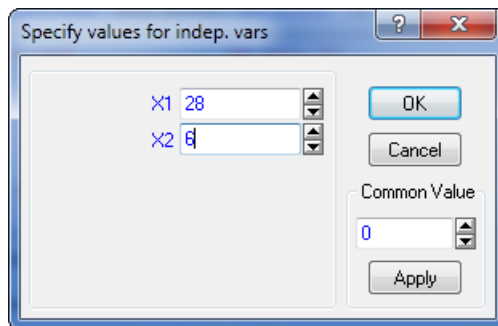


Рисунок 3.16 – Діалогове вікно Specify values for indep.vars

Variable	Predicting Values for (приклад 1) variable: Y		
	b-Weight	Value	b-Weight * Value
X1	1,12819	28,00000	31,5893
X2	-3,16480	6,00000	-18,9888
Intercept			25,7269
Predicted			38,3274
-95,0%CL			32,0114
+95,0%CL			44,6434

Рисунок 3.17 – Таблиця результатів прогнозування

3.5 Вимоги до звіту

Титульна сторінка: ЗВО, кафедра, дисципліна, тема, ПІБ, група, дата. Мета і завдання: перелік цілей та ваш варіант із табл. 3.2 Теоретичні відомості: 1–2 сторінки з формулами і поняттями. Хід роботи: покрокові дії з посиланнями на відповідні рисунки. Результати: Кореляційні таблиці і короткий аналіз. Таблиця коефіцієнтів регресії та ANOVA. Показники якості. Діагностика залишків і висновки про припущення. Прогноз: скриншоти введення значень та результатів, чисельні значення 95% CI/PI; Висновки: 0.5–1 сторінки інтерпретацій.

3.6. Контрольні питання

1. Як інтерпретувати стандартизовані коефіцієнти b^*b^* ? Навіщо вони потрібні?
2. Які припущення МНК і як їх перевірити у STATISTICA?
3. Що таке частинні і напівчастинні кореляції, толерантність; як ними користуватись?
4. Як читати ANOVA для регресії та визначати значущість моделі?
5. Чим відрізняються 95% довірчий і 95% передбачувальний інтервали у прогнозі?
6. Як діяти при мультиколінеарності? Коли застосовувати Stepwise/Ridge?

Практична робота №4

Виконання аналізу в NX Advanced simulation

4.1 Мета роботи

4.1.1 Ознайомлення з основними елементами інтерфейсу модуля NX Advanced simulation.

4.1.2 Навчитися виконанню аналізу в NX Advanced simulation.

4.2 Матеріально - технічне забезпечення

4.2.1 ЕОМ.

4.2.2 Програмне забезпечення NXCAM.

4.3 Загальні положення і відомості

NX Advanced Simulation є повнофункціональною програмною системою для виконання мультифізичних розрахунків інженерами різних спеціалізацій - фахівцями в області міцності і динаміки, фахівцями з аналізу аеродинамічних характеристик, внутрішніх і зовнішніх течій рідин і газів, по аналізу систем охолодження, інженерами-експериментаторами.

Використання чисельних методів при проектуванні різних конструкцій і машин продиктоване необхідністю постійного підвищення якості і надійності виробів, а також можливістю застосування нових конструкційних матеріалів, якщо враховувати складні умови роботи сучасних виробів. Максимальний ефект від використання технологій чисельного інженерного аналізу (CAE, Computer - Aided Engineering) досягається при їх використанні, починаючи з самих ранніх стадій проектування. При цьому знижуються вартість виробу, вірогідність виникнення ризиків і термін випуску виробу на ринок. Дослідження поведінки конструкцій можна також проводити і за допомогою експериментального підходу. Цей спосіб дозволяє оцінювати поведінку конструкції при дії на неї різних зовнішніх чинників. Проте він є дорогим, вимагає великих тимчасових витрат, а іноді і зовсім не може бути застосовний. Сьогодні в процесі розробки високотехнологічної конкурентоздатної продукції провідні фірми світу використовують моделювання, частково замінюючи дорогий натурний експеримент дешевшим і раціональнішим обчислювальним експериментом. Адже сучасний рівень комп'ютерної

техніки дозволяє вирішувати складні завдання на потужних робітниках станціях і кластерах досить швидко.

Важливо також відмітити, що при проведенні реальних експериментів, як правило, інформацію можна отримувати лише в десятках або сотнях точок. При чисельному моделюванні таких точок може бути декілька сотень тисяч, а при необхідності - і більше.

4.4 Порядок виконання лабораторної роботи

4.4.1 Запустіть NX і відкрийте файл strap.prt, перейдіть в додаток NX Розширена симуляція (NX Advanced Simulation) : Почало → Розширена симуляція (Start → Advanced Simulation).

4.4.2 Задайте усі налаштування діалогових вікон за умовчанням, для цього виберіть через головне меню: Налаштування → Інтерфейс користувача → Загальний → Скинути налаштування меню (Preferences → User Interface → General → Reset Dialog Box Settings), натисніть ОК.

4.4.3 Натисніть праву клавішу миші на strap.prt у вкладці Навігатор симуляції (рисунк 4.1).

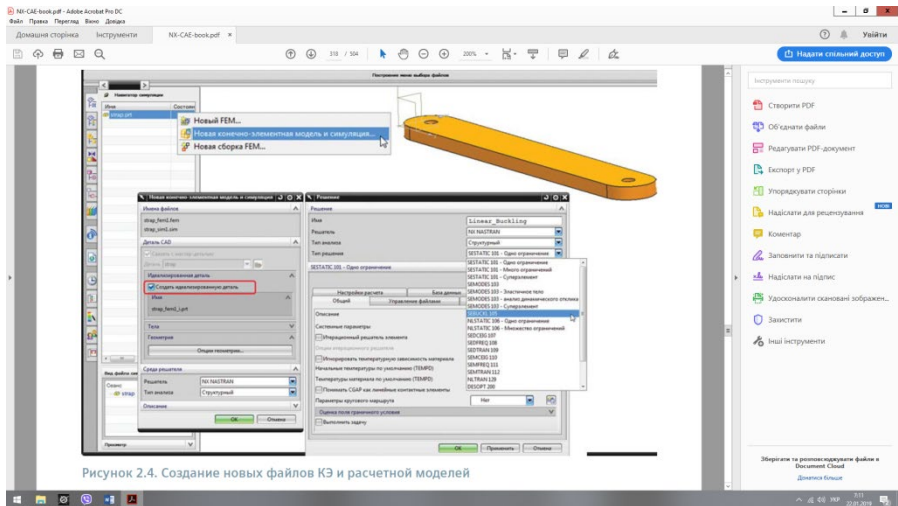


Рисунок 2.4. Создание новых файлов КЭ и расчетной модели

Рисунок 4.1 - Створення нових файлів КЕ і розрахунковою моделей

4.4.4 Виберіть Нова звичайно-елементна модель і симуляція (New FEM and Simulation) для створення КЕ і розрахунковою моделей.

З'явилося діалогове вікно створення файлу КЕ моделі, переконаєтеся, що встановлений прапорець Створити деталь (Create Idealized Part), що ідеалізується, в якості Вирішувача (Solver) виберіть NX Nastran, натисніть ОК. З'явилося нове діалогове вікно створення SIM файлу розрахункової моделі, в діалоговому вікні Рішення (Solution) виберіть Тип рішення (Solution Type) SEBUCKLE 105. Змініть ім'я нового рішення на Linear_Buckling. Натисніть ОК. Таким чином, на основі початкової геометричної моделі створені модель (strap_fem1_i.prt), що ідеалізується, КЕ модель (strap_fem1.fem) і розрахункова модель(strap_sim1.sim). У вікні Вид файлу симуляції (Simulation File View) відображені назви цих чотирьох файлів (рисунок 4.2).

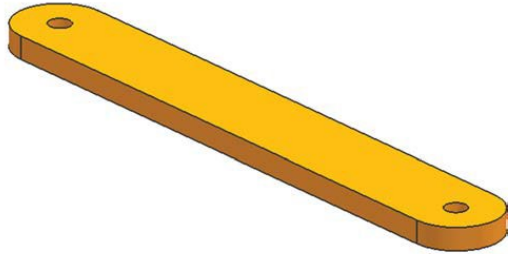
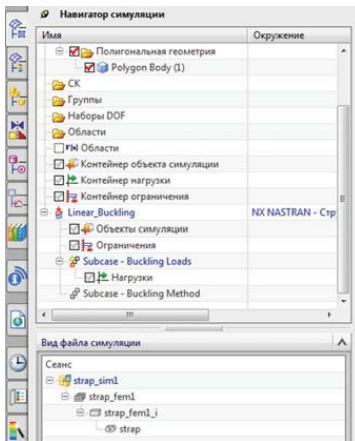


Рисунок 4.2 - Загальний вигляд Навігатора симуляції моделі

4.4.5 Подвійним натисненням лівої клавіші миші на файл Strap_fem1_i у вікні Вид файлу симуляції (Simulation File View) переходиться до моделі, що ідеалізується. При цьому з'являється вікно попередження про те, що якщо необхідно виконувати які-небудь операції з геометрією, то слід створити асоціативну копію початкової геометричної моделі. Натискаємо ОК.

4.4.6 Для даного тіла виконаєте команду Перенесення (Promote), яка знаходиться на панелі інструментів Розширена симуляція (Advanced Simulation), з метою створення асоціативної копії.

4.4.7 Створимо серединну поверхню тонкостінного тіла,

викликавши команду Серединна поверхня по парах граней (Midsurface by face pairs), яка знаходиться на панелі інструментів Серединна поверхня (Midsurface). У діалоговому вікні, що з'явилось, виконаєте наступні дії (рисунок 4.3) : виберіть деталь; натисніть команду Автоматично створити пари граней (Automatically create face pairs); встановіть прапорець Приховати тверді тіла при застосуванні (Hide solid body upon apply); натисніть ОКИ.

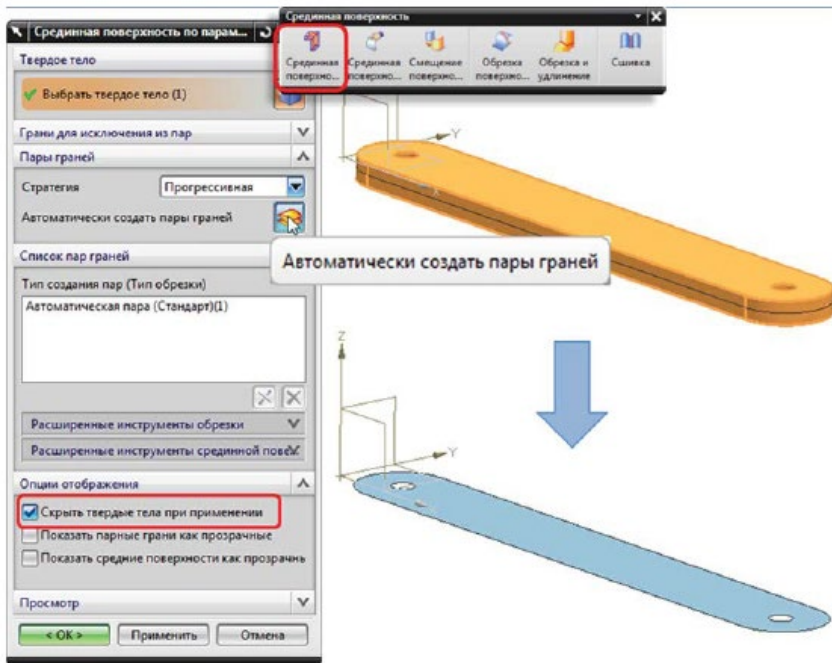


Рисунок 4.3 - Створення серединної поверхні

4.4.8 Подвійним натисненням лівої клавіші миші на файл Strap_fem1 у вікні Вид файлу симуляції (Simulation File View) перейдіть до КЭ моделі. У дереві моделі розкрийте вузол Полігональна геометрія (Polygon geometry) і деактивуйте 3D тіло Polygon Body(1).

4.4.9 На панелі інструментів Звичайно-елементна модель (Finite Element Model) викличте команду Фізичні властивості (Physical

Properties). У діалоговому вікні, що з'явилося, Управління таблицею фізичних властивостей (Physical property tables manager) вкажіть (рисунок 4.4) : Тип (Type) - PSHELL; Ім'я (Name) - PSHELL1; натисніть Створити (Create).

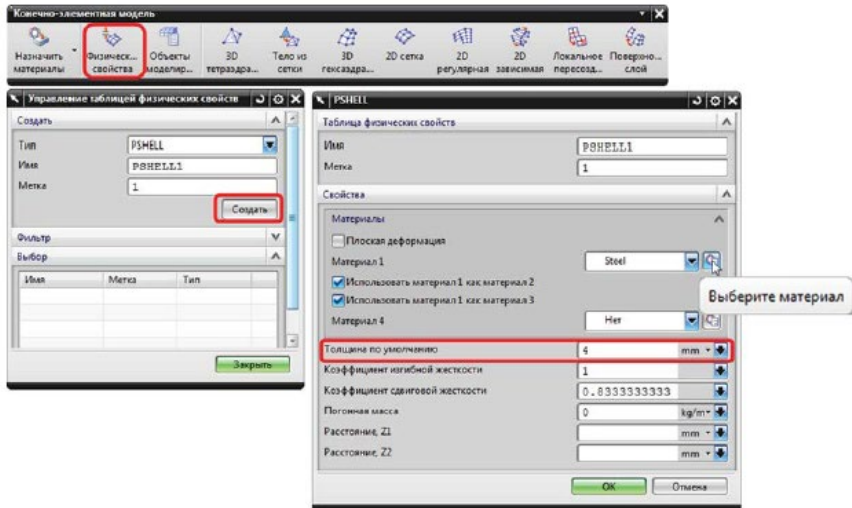


Рисунок 4.4 - Створення фізичних властивостей оболонкових елементів

4.4.10 У новому діалоговому вікні PSHELL (рисунок 4.4) : натисніть на Виберіть матеріал (Choose material). У діалоговому вікні, що з'явилося, Список матеріалів (Material List) виберіть матеріал Steel, натисніть OK; для Товщина за умовчанням (Default thickness) встановите 4 мм; натисніть OK.

4.4.11 Наступним кроком є створення колектора сітки. Викличте команду Колектор сіток (Mesh collector) панелі інструментів Розширена симуляція (NX Advanced Simulation) і вкажіть (рисунок 4.5): Сімейство елементу (Element family) - 2D; Тип колектора (Collector type) - ThinShell; Тип (Type) - PSHELL; Властивості оболонки (Shell properties) - PSHELL1; Ім'я (Name) - Pshell1.

Натисніть OK. Зверніть увагу, що в дереві моделі вкладки Навігатор симуляції (Simulation Navigator) з'явився новий вузол 2D

Коллекторів (2D Collectors) з вузлом Pshell1 (рисунок 4.5).

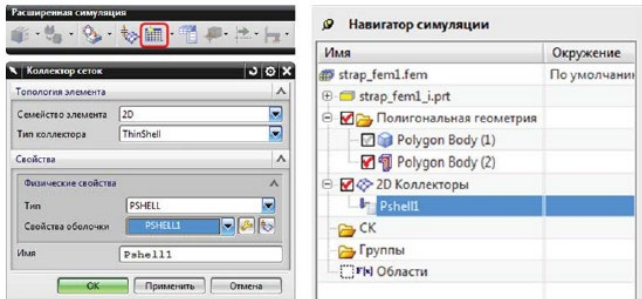


Рисунок 4.5 - Створення колектора сітки

4.4.12 Для генерації КЭ сітки виконаєте команду 2D сітка (2D Mesh) панелі інструментів Звичайно-елементна модель (Finite Element Model) і вкажіть (рисунок 4.6): Виберіть об'єкти (Select objects) - виберіть серединну поверхню деталі; Тип (Type) - CQUAD(4); Метод генерації сітки (Meshing method) – Центрований (Paver); Розмір елемента (Element Size) - 3 мм; Автоматичне створення (Automatic creation) - зніміть прапорець і в якості колектора сітки виберіть Pshell1. Натисніть OK.

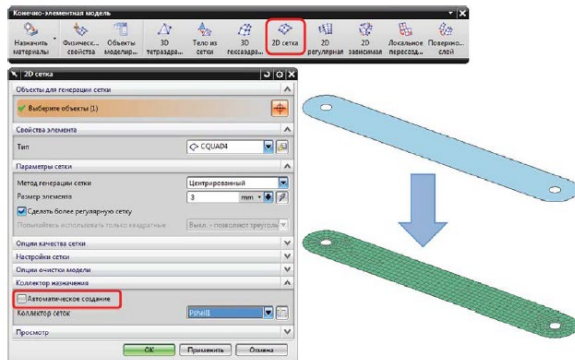


Рисунок 4.6 - Створення КЭ сітки

4.4.13 Завдання навантажень і граничних умов Подвійним натисненням лівої клавіші миші на файл Strap_sim1 у вікні Вид файлу

симуляції (Simulation File View) перейдіть до розрахункової моделі.

4.4.14 Для створення обмежень на ступені свободи конструкції в дереві моделі у вкладці Навігатор симуляції (Simulation Navigator) натисненням правої клавіші миші на Контейнер обмеження (Constraint container) з випадного списку контекстного меню виберіть команду Закладення (Fixed Constraint), що відповідає обмеженню усіх ступенів свободи. У діалоговому вікні, що з'явилося, вкажіть (рисунок 4.7) : Вибрати об'єкт (Select Object) - виберіть ребро одного з отворів. Натисніть ОК.

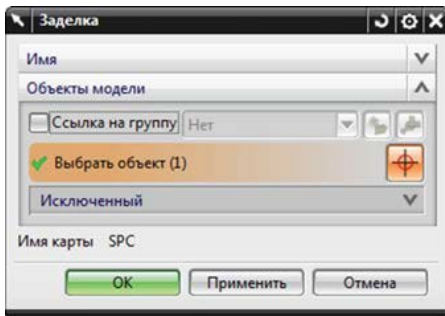


Рисунок 4.7 - Завдання обмеження на усі ступені свободи

4.4.15 У дереві моделі у вкладці Навігатор симуляції (Simulation Navigator) натисненням правої клавіші миші на Контейнер навантаження (Load container) відкрийте контекстне меню, наведіть курсор миші на Нове навантаження (New Load), з випадного списку контекстного меню виберіть команду Сила (Force). У діалоговому вікні, що з'явилося, вкажіть (рисунок 4.8): Тип (Type) - Значення і напрям (Magnitude and direction); Вибрати об'єкт (Select Object) - виберіть ребро незакріпленого отвору; Сила (Force) - 1 Н; Задати вектор (Specify vector) - задайте позитивний напрям осі OX. Натисніть ОК.

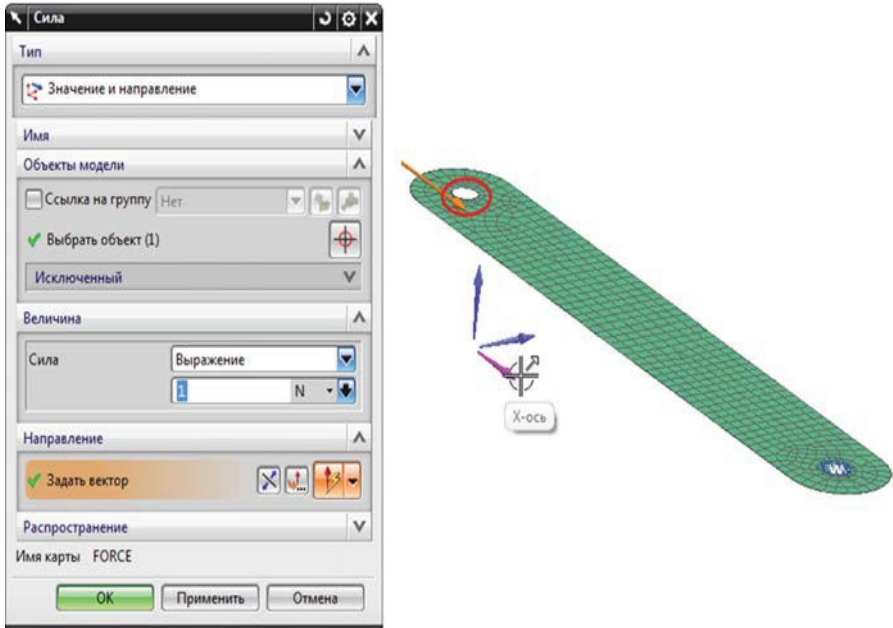


Рисунок 4.8 - Завдання стискаючого зусилля

4.4.16 Завдання параметрів рішення задачі лінійної стійкості Для завдання параметрів рішення задачі лінійної стійкості у вкладці Навігатор симуляції (Simulation Navigator) натисненням правої клавіші миші на крок рішення Subcase - Buckling Method виберіть з контекстного меню Змінити (Edit). У діалоговому вікні, що з'явилося, Крок рішення (Solution Step) вкажіть (рисунок 4.9) : Метод власних значень (Eigenvalue method) – Ланцош (Lanczos); Дані Ланцоша (Lanczos Data) : викличте команду Створення об'єкту моделювання (Create Modeling Object). У новому діалоговому вікні Real Eigenvalue - Lanczos1 введіть для Число бажаних мод (Number of Desired Modes) число 10. Інші параметри залиште без зміни. Натисніть ОК.

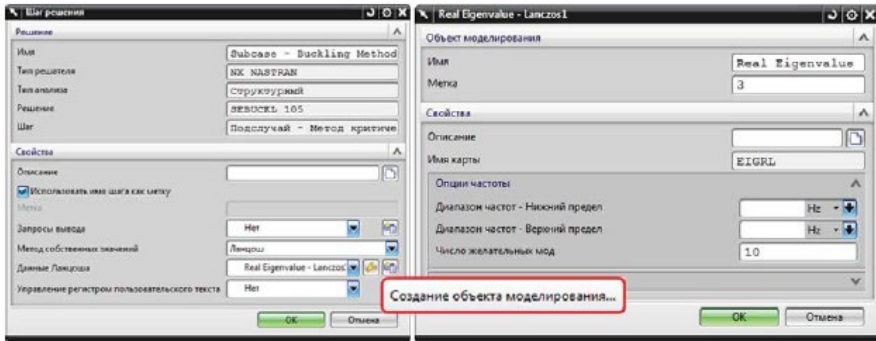


Рисунок 4.9 - Параметры решения

4.4.17 Розрахункова модель готова для запуску на розрахунок. Збережіть модель, для цього через головне меню виберіть: Файл → Зберегти (File → Save).

4.4.18 Запуск на рішення Для запуску на рішення даної задачі лінійної стійкості натисніть правою клавішею миші на Linear_Buckling і виберіть в контекстному меню Вирішити. (Solve.). У діалоговому вікні Рішення натисніть OK. Після завершення роботи вирішувача NX Nastran закрийте усі нові вікна.

4.4.19 Перегляд результатів В дереві моделі вкладки Навігатор симуляції (Simulation Navigator) подвійним натисненням лівої клавіші миші на вузол Results перейдіть в Навігатора постпроцесора (Post Processing Navigator) із завантаженими результатами. Зверніть увагу, що результати розділяються на два кроки: Subcase - Buckling Loads - містить результати статичного розрахунку; Subcase - Buckling Method - містить результати розрахунку на стійкість, а саме власні значення і відповідні форми втрати стійкості.

4.4.20 Для перегляду результатів розкрийте вузол Subcase - Buckling Method, розкрийте Режим 1 (Mode 1), двічі лівою клавішею миші натисніть на Переміщення - По вузлах (Displacement - Nodal). У графічній області відобразиться деформований стан, що відповідає першій формі втрати стійкості при власному значенні 3.03Е3 Гц (рисунок 4.10).

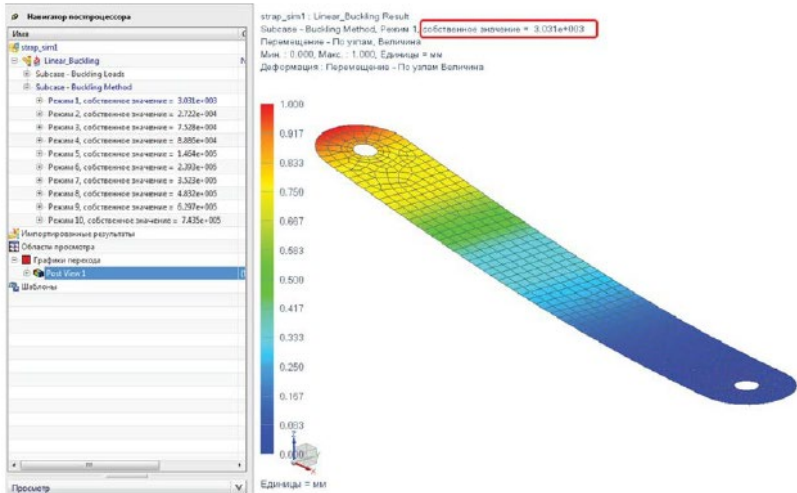


Рисунок 4.10 - Перегляд результатів розрахунку

Значення критичного навантаження визначається множенням значення прикладеного навантаження на знайдене власне значення. У цьому прикладі величина прикладеного навантаження складає 1 Н, і, отже, значення критичного навантаження для першої форми втрати стійкості рівне 3.03Е3 Н.

4.4.21 Для закриття розрахункової моделі виберіть через головне меню: Файл → Закрити → Усі деталі (File → Close → All Parts).

4.4.22 Оформити звіт, який має складатися з:

- найменування роботи;
- переліку виконаних робіт;
- рисуноків етапів аналізу.

4.4.23 Відповісти на запитання викладачів та захистити звіт.

4.5 Контрольні питання

4.5.1 Які функції виконує модуль NX Advanced simulation.

4.5.2 Навчитися виконанню аналізу стійкості конструкції.

Практична робота №5 Введення у TEAMCENTER

5.1 Мета роботи

5.1.1 Ознайомлення з основними елементами інтерфейсу TEAMCENTER.

5.1.2 Засвоїти базові операції: вхід у систему, навігацію, створення виробу (Item), роботу з наборами даних;

5.1.3 Навчитися використовувати пошук, змінювати властивості об'єктів і створювати прості структури виробу.

5.2 Матеріально - технічне забезпечення

5.2.1 ЕОМ.

5.2.2 Програмне забезпечення TEAMCENTER.

5.3 Загальні положення і відомості

Teamcenter — це сучасна система управління життєвим циклом виробу (PLM), яка підтримує інтеграцію інженерних процесів, організацію виробничих даних і колективну роботу над проектами. Основні поняття: виріб (Item), ревізія, майстер-модель; робоча область, клієнтська та серверна архітектура; Інтерфейс користувача: основні вкладки та опції.

5.4 Порядок виконання лабораторної роботи

5.4.1 Підготовка робочого місця та запуск Teamcenter

5.4.2 Для виконання завдання необхідно відкрити файл game_remote.prt. Після відкриття деталі виконаємо запуск програми Обробка. У діалоговому вікні Вибір класу бібліотеки вибираємо клас GENERAL і натиснемо ОК. У наступному діалоговому вікні (рис. 5.1) виберемо створений у попередньому розділі шаблон Складання з верстатом 3-ax sinumerik та натиснемо ОК.

5.4.3 Після виконання цього кроку буде створено проект обробки із завантаженим верстатом (рис. 5.2). Якщо основа деталі була розташована на початку абсолютної системи координат у площині X–Y, то деталь одразу стане на стіл верстата. В іншому випадку необхідно позиціонувати деталь (рис. 5.3).

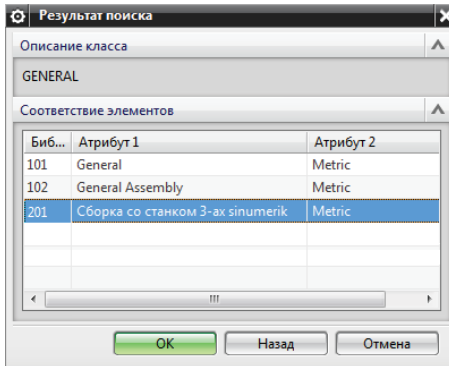


Рисунок 5.1 – Выбор шаблона обработки

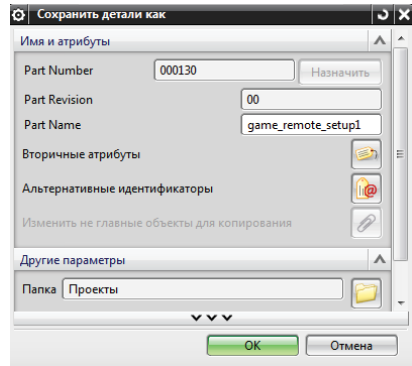


Рисунок 5.2 – Створення проекту обробки

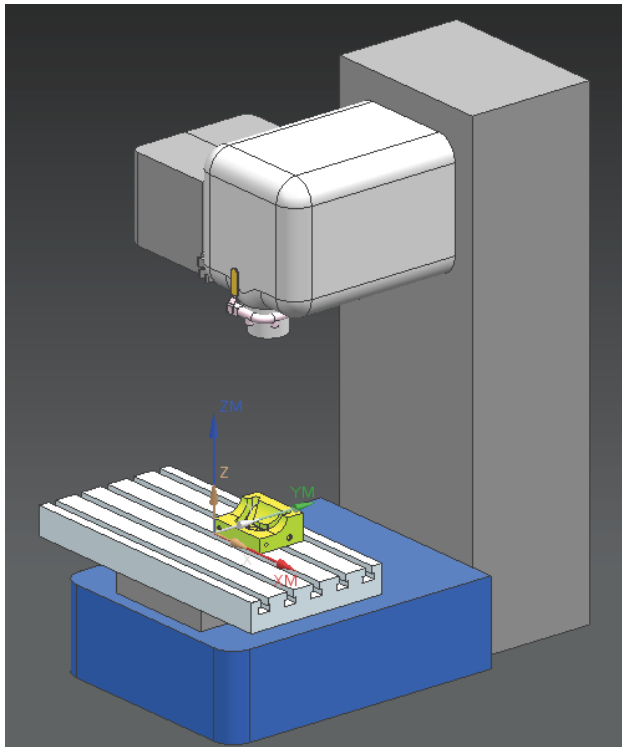


Рисунок 5.3 – Деталь на столі верстату

5.4.4 У NX вбудована перевірка сумісності держави інструменту зі верстатом. Якщо типорозмір державки інструменту та типорозмір комірки магазину інструменту на верстаті мають взаємовідповідні параметри, то інструмент автоматично позиціонується у комірку магазину (рис. 5.4).

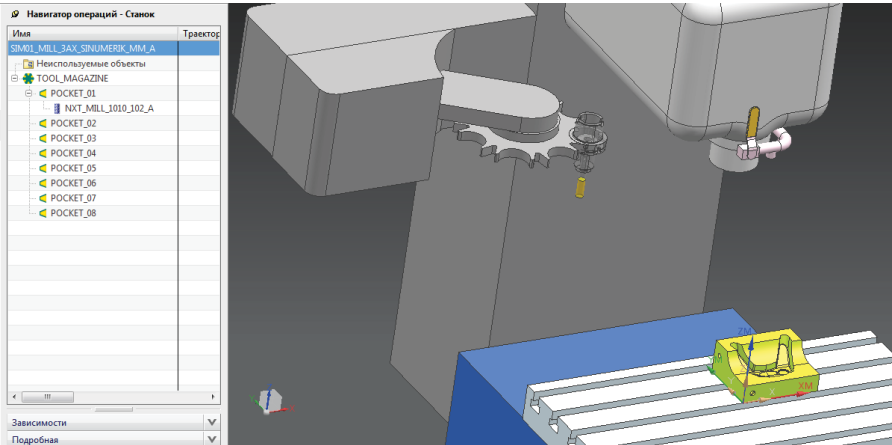


Рисунок 5.4 – Інструмент в комірці магазину

5.4.5 Виконаємо створення операції чорнової обробки CAVITY_MILL, а також перевірку траєкторії руху інструмент. Після створення операцій обробки перейдемо на вкладку Вид програми навігатора операцій. У ній відображено програмну групу 1234 та операції обробки. Виберемо програмну групу та виконаємо команду постпроцесувати для створення керуючої програми.

5.4.6 Аналогічно виконаємо команду Цехова документація. Ця команда формує стандартні звіти (Tool list, Operation list) по проекту обробки. Створимо один або кілька звітів і збережемо весь проект обробки. У процесі збереження необхідно підтвердити збереження у Teamcenter нових типів даних (рис. 5.5), що містять керуючу програму та звіт. Тільки після цього дані потрапляють у Teamcenter.

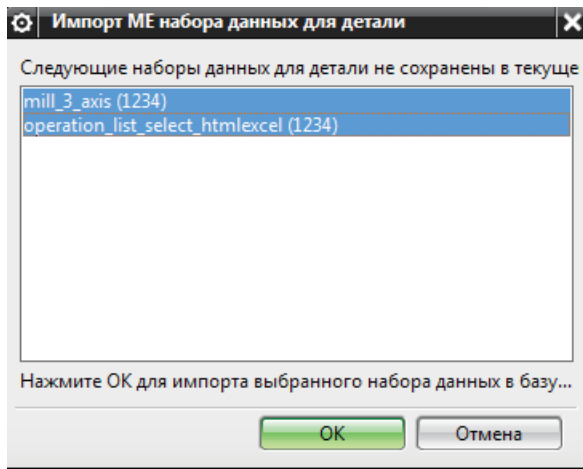


Рисунок 5.5 – Процес збереження даних

5.4.17 Оформити звіт, який має складатися з:

- найменування роботи;
- переліку виконаних робіт;
- рсунків етапів аналізу.

5.4.18 Відповісти на запитання викладачів та захистити звіт.

5.5 Контрольні питання

5.5.1 Що таке виріб (Item) у Teamcenter та для чого він використовується?

5.5.2 Які типи даних можливо додати до структури виробу?

5.5.3 Як здійснюється пошук об'єктів у Teamcenter?

5.5.4 Які кроки потрібно виконати для створення простої структури виробу?

Літературні джерела:

1. Smid P. CNC control setup for milling and turning: mastering CNC control systems. – Industrial Press Inc., 2010.
2. Hodges B. CNC part programming workbook. – Macmillan, 1994.
3. Leu, Ming & Tao, Wenjin & Armani, Amir & Kolan, Krishna. (2017). NX 12 for Engineering Design.