МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО

Навчально-науковий інститут механічної інженерії, транспорту та

природничих наук



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ **«СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ІНЖЕНЕРНОГО АНАЛІЗУ»** ДЛЯ СТУДЕНТІВ ДЕННОЇ ТА ЗАОЧНОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 274 – «АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ» ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЇ ПРОГРАМИ «АВТОМОБІЛІ ТА АВТОМОБІЛЬНЕ ГОСПОДАРСТВО» ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «МАГІСТР»

КРЕМЕНЧУК 2022

Методичні вказівки щодо виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Системи автоматизованого інженерного аналізу» для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальності 274 – «Автомобільний транспорт» освітньо-професійної програми «Автомобілі та автомобільне господарство» освітнього ступеня «Магістр»

Укладачі к. т. н., доц. О. В. Павленко, старш. викл. О. А. Харьков

Рецензент к. т. н., доц. С. М. Черненко

Кафедра «Автомобілі та трактори»

Затверджено методичною радою Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського Протокол №_____ від______

Голова методичної ради_____ проф. В. В. Костін

3MICT

| Вступ4 |
|--|
| 1 Завдання до практичних робіт7 |
| 2 Перелік практичних робіт |
| Практична робота № 1 Ознайомлення з інтерфейсом РТС Creo Parametric. |
| Основні правила роботи7 |
| Практична робота №2 Розробка твердотільної моделі |
| Практична робота № 3 Моделювання умов навантаження40 |
| Практична робота № 4 Дослідження напруженого стану моделі у РТС |
| Creo Parametric |
| Практична робота № 5 Методи покращення процесу моделювання |
| напруженого стану моделі у РТС Creo Parametric |
| 3 Критерії оцінювання практичних робіт |

ВСТУП

Практичні роботи проводять згідно з навчальним планом для закріплення студентами знань з навчальної дисципліни «Системи автоматизованого інженерного аналізу».

Завдання викладання навчальної дисципліни «Системи автоматизованого інженерного аналізу» полягає у формуванні у здобувачів критичного мислення, навичок аналізу, навичок системного пошуку нових рішень та обґрунтування отриманих висновків.

Студенти набувають таких компетентностей.

Загальні компетентності.

Здатність до виконання дослідницької роботи з елементами наукової новизни.

Фахові компетентності.

Вміння застосовувати системний підхід до розв'язання інженерних проблем на підставі досліджень у межах спеціалізації.

Здатність демонструвати розуміння ширшого міждисциплінарного інженерного контексту і його основних принципів у розв'язанні наукових і виробничих проблем у сфері автомобільного транспорту.

Вміння досліджувати, аналізувати та вдосконалювати технологічні процеси автомобільного транспорту.

Вміння вибирати та застосовувати на практиці методи дослідження, планування і проводити необхідні експерименти, інтерпретувати результати і робити висновки щодо оптимальності рішень, що приймаються у сфері виробництва, експлуатації та ремонту об'єктів автомобільного транспорту.

Вміння використовувати закони й принципи інженерії за спеціалізацією, математичний апарат високого рівня для проєктування, конструювання, виробництва, монтажу, експлуатації, технічного обслуговування та утилізації об'єктів, явищ і процесів у сфері автомобільного транспорту.

Програмні результати навчання.

Демонструвати здатність критично осмислювати проблеми у галузі автомобільного транспорту, у тому числі на межі із суміжними галузями, інженерними науками, фізикою, екологією, економікою.

Вміти вибирати і застосовувати необхідне устаткування, інструменти та методи для вирішення інженерних задач, пов'язаних з професійною діяльністю.

Вміти застосовувати прогресивні методи і технології, модифікувати існуючі та розробляти нові методи та/або завдання, здійснювати заходи для ефективного виконання професійних завдань.

Демонструвати здатність до подальшого навчання у сфері автомобільного транспорту, інженерії та суміжних галузей знань, яке значною мірою є автономним та самостійним.

Вміти вибирати необхідні методи та засоби досліджень, розробляти і аналізувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі об'єктів дослідження, що стосуються створення, експлуатації та ремонту об'єктів автомобільного транспорту.

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми, що пов'язані з технологією проєктування, конструювання, виробництва, ремонтом, реновацією, експлуатацією об'єктів автомобільного транспорту відповідно до спеціалізації.

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Організація робіт на СТО» студент повинен

знати:

основні принципи для розв'язання наукових і виробничих проблем у сфері автомобільного транспорту; способи аналізу технологічних процесів автомобільного транспорту; способи оцінювання оптимальності рішень у сфері виробництва, експлуатації та ремонту об'єктів автомобільного транспорту;

уміти:

застосовувати системний підхід до розв'язання інженерних проблем на підставі досліджень у межах спеціалізації; досліджувати, аналізувати та вдосконалювати технологічні процеси автомобільного транспорту; вибирати та

5

практиці методи дослідження, проводити необхідні застосовувати на результати і інтерпретувати робити експерименти, висновки щодо оптимальності рішень у сфері виробництва, експлуатації та ремонту об'єктів автомобільного транспорту; використовувати закони й принципи інженерії для проєктування, конструювання, виробництва, монтажу, експлуатації у сфері автомобільного транспорту; вибирати і застосовувати необхідне устаткування, інструменти та методи для розв'язання інженерних задач; застосовувати прогресивні методи і технології, модифікувати існуючі та розробляти нові методи та/або завдання, здійснювати заходи для ефективного виконання професійних завдань; демонструвати здатність до подальшого навчання у сфері автомобільного транспорту, інженерії та суміжних галузей знань; вибирати необхідні методи та засоби досліджень, розробляти і аналізувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі об'єктів дослідження, що стосуються створення, експлуатації та ремонту об'єктів автомобільного транспорту; розв'язувати складні задачі та проблеми, що пов'язані технологією 3 виробництва об'єктів проєктування, конструювання, автомобільного транспорту відповідно до спеціалізації.

Теми практичних робіт охоплюють усі основні теми навчальної дисципліни, що вивчається.

6

1 ЗАВДАННЯ ДО ПРАТИЧНИХ РОБІТ

Під час виконання практичних робіт студент послідовно виконує практичні роботи за індивідуальним завданнями відповідно до номера в журналі групи.

Повністю виконана практична робота повинна містити звіт з рисунками, зробленими з екрана до показаного значення отриманих напружень та деформацій відповідно до умов за робочим завданням (п. 2–7, 10 рисунків); зведену таблицю з результатами моделювання; висновки, зроблені на підставі порівняння результатів моделювання і розрахунків відповідно до підручника «Опір матеріалів».

2 ПЕРЕЛІК ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Практична робота № 1

Тема. Ознайомлення з інтерфейсом РТС Creo Parametric. Основні правила роботи

Мета: отримання практичних навичок у створенні твердотільних моделей деталей.

Робоче завдання.

1. Ознайомитися з інтерфейсом РТС Creo Parametric.

2. Освоїти процедуру використання вікна «Ескиз».

3. Побудувати твердотільну модель циліндричного стакана, вала.

Короткі теоретичні відомості

Початок роботи у Creo Parametric.

1. Вибрати робочу папку, де будуть зберігатися проєкти.

2. Пересвідчитися, що одиниці вимірювання відповідають міліметрам і кілограмам.

Виберіть «Робочу папку» (це директорія, у якій буде виконуватися поточний сеанс роботи в РТС Сгео Parametric; ця папка повинна бути створена

заздалегідь англійською мовою без пробілів, і повинні бути доступні всі дії з файлами: створення, читання, редагування, запис, виведення на друк, видалення. Кнопка вибору робочої папки (Выберете рабочую папку) знаходиться у вкладці «Начало» стрічки Creo Parametric.

За допомогою кнопки «Создать» створити нову деталь вибравши «Деталь». Указати, що це «Твердое тело»; указати ім'я деталі та виставити галочку на «Использовать шаблон по умолчанию».

Результат: створено «Дерево модели» і три опорні площини RIGHT, TOP, FRONT.

Збережіть створений файл Ctrl+S. Ця дія повинна стати звичкою – після кожної нової операції зберігати зміни.

Для створення деталі необхідно створити плоску фігуру у вікні «Эскиз». Увійти у вікно «Эскиз» можливо двома шляхами:



1. Через кнопку «Эскиз» Эскиз

2. Через команду, яку ви потім використаєте для створення об'єму деталі

(створюється внутрішній ескіз). Наприклад, команда «Вытянуть». Вытянуть.

Варіант 1. Використаємо кнопку «Эскиз»

Спочатку вибираємо опорну площину, наприклад FRONT, і потім



натискаємо на кнопку «Эскиз» Эскиз

Результат: відбувається перехід у вікно «Эскиз». Оскільки опорну площину вже вибрано, натискаємо на кнопку «Нормальный вид» на діалоговій панелі. Як наслідок, отримаємо площину, суміщену з площиною екрана для зручного креслення. Або можна одразу натиснути на кнопку ³ зліва на панелі «Подготовка».



Рисунок 1.1 – Команда для показу вибраної площини, суміщену з площиною екрана

На площині креслимо потрібну фігуру з потрібними розмірами, яку потім процедурою формоутворення (наприклад «Вытянуть», тощо) перетворимо на об'ємну деталь.

Натиснувши кнопку ок , повертаємося на вкладку «Модель».

Натискаємо кнопку «Вытянуть».

Результат. Відбувається перехід на вкладку «Вытянуть», де можна задати параметри витягування: у який бік, на яку відстань, у формі тіла чи поверхні (рис. 1.1).



Рисунок 1.2 – Зміст вкладки «Вытянуть»

Після натискання кнопки «ОК» відбувається повернення на вкладку «Модель».

Варіант 2 – за допомогою створення ескіза

Одразу натискаємо на кнопку «Вытянуть», за умови, що ви у подальшому використаєте саме цю команду. Відбувається перехід у діалогову панель операції «Вытянуть».

Відкриваємо вкладку «Размещение», у якій потрібно натиснути на кнопку «Задать».



Рисунок 1.3 – Діалогове вікно операції «Вытянуть»

З'явиться пусте вікно:

| | <u>Actioning condension</u> | 23 |
|--------|---|----|
| ⁻₃ ≫ 🛆 | Эскиз | x |
| | Размещение | |
| | Плоскость эскиза | |
| | Использовать предыдущую | |
| | Ориентация эскиза | |
| | Направление взгляда на эскиз Развернуть | |
| | Привязка | |
| | Ориентация 🗸 | |
| | Эскиз Отмена | |

Рисунок 1.4 – Опції прив'язок

Потрібно вибрати опорну площину – площину, на якій буде накреслено плоску фігуру майбутньої деталі. Виберемо, наприклад, площину FRONT, один раз натиснувши ЛКМ:

| <u>Дополнительные сведения</u> | 2 |
|---|---|
| Эскиз | х |
| Размещение | |
| Плоскость эскиза | - |
| Плоскость FRON Использовать предыдущую | |
| Ориентация эскиза | - |
| Направление взгляда на эскиз Развернуть | |
| Привязка RIGHT:F1(ОПОРНАЯ ПЛОСКОСТЬ) | |
| Ориентация Вправо 🔻 | |
| | |
| Эскиз Отмена | |

Рисунок 1.5 – Вибір опорної площини і прив'язки

Натискання на кнопку «Эскиз» призводить до переходу у вікно Ескіз. Щоб було зручно виконувати сам ескіз натисканням кнопки ^Ссуміщаємо вибрану опорну площину з площиною екрана:



Рисунок 1.6 – Кнопка орієнтації ескіза

Те саме можна отримати, якщо вибрати меню «Нормальный вид»:



Рисунок 1.7 – Вибір способу орієнтації ескіза

Використання інструментарію для креслення

Доступні у графічному вікні «Эскиз» такі групи інструментів.

1. Інструменти для креслення:



2. Інструменти для редагування:



3. Інструменти для фіксування певного положення елементів креслення:

4. Інструменти для постановки розмірів:



5. Інструменти контролю контурів ескізу:





6. Режим допоміжної геометрії:

Усі лінії, які було створено за увімкненого цього режиму не є формоутворювальними для майбутньої твердотільної моделі. Ці лінії роблять зручнішим сам процес креслення. Ці лінії відображаються пунктирною лінією.

Виконання практичної роботи

Отримання твердотільної моделі циліндру Ø 100 мм і висотою 50 мм.

1. На опорній площині ескізу накреслити коло Ø 100 мм розмістивши центр кола у початку координат. Для цього у меню вибираємо команду «Центр и точка»:



Рисунок 1.8 – Інструменти креслення кола

2. Рисуємо коло довільного діаметра. Результат:



Рисунок 1.9 – Задання діаметра кола 100 мм

Діаметр 100 мм задається примусово після закінчення команди з колом довільного діаметра.



Рисунок 1.10 – Діаметр накресленого кола дорівнює 100 мм

3. Виходимо з режиму «Эскиз» натискаючи кнопку ОК.



Рисунок 1.11 – Вихід з режиму «Эскиз»

Після цього або буде відкрито вікно з інструментами команди «Вытянуть» (якщо перед цим ви заходили у вікно «Эскиз» через команду «Вытянуть» або стартове вікно з деталлю (якщо було просто створено Ескіз). У другому випадку потрібно натиснути кнопку «Вытянуть».

4. Потрібно вказати на яку величину видавити циліндр і у який бік:



Рисунок 1.12 – Задання величини витягування 15

Результат дії показано на рис.



Рисунок 1.13 – Отриманий циліндр у результаті виконання витягування

Натиснувши ОК, закінчуємо виконання команди «Вытянуть».

Отримання твердотільної моделі шайби Ø 100 мм, висотою 50 мм і внутрішнім Ø80 мм.

1. Натисканням ЛКМ вибираємо опорну площину, на якій буде ескіз з колом Ø80 мм. Результат: цю площину буде виділено іншим кольором.

2. Переходимо у вікно «Эскиз».

- 3. Натисканням кнопки Грозміщуємо вибрану площину нормально.
- 4. За допомогою кнопки *рисуємо коло довільного діаметра*:



Рисунок 1.14 – Розміщення внутрішнього кола у ескізі

5. Задаємо значення діаметра – 80 мм:



Рисунок 1.15 – Задання потрібного значення діаметру внутрішнього кола

6. Натиснувши на кнопку ОК виходимо з вікна «Эскиз».

7. Використавши відображення «Стандартная ориентация» (рис. 1.16) отримаємо результат, показаний на рис. 1.17.



Рисунок 1.16 – Вибір орієнтації моделі



Рисунок 1.17 – Вигляд зробленого ескіза у вікні моделі

8. Курсором і ЛКМ виділяємо коло – коло набуде іншого кольору, рис. 1.18.



Рисунок 1.18 – Вибір ескіза у вікні моделі



9. Натискаємо кнопку Вытянуть «Вытянуть» і переходимо у діалогове поле, де потрібно задати напрямок витягування, відстань витягування і указати

на те, що матеріал потрібно видалити:



Рисунок 1.19 – Параметри команди видавлювання

Результат дії буде одразу, як показано на рис. 1.20.



Рисунок 1.20 – результат команди видавлювання з видаленням матеріалу

10. Натиснувши ОК зберігаємо результат і повертаємось у поле моделі, де буде показано саму деталь:



Рисунок 1.21 – Вигляд готової моделі

Отримання твердотільної моделі вала з фланцем.

Для того, щоб отримати модель вала можна використати два варіанти.

Перший варіант – це накреслити на опорній площині коло потрібного діаметра і видавити циліндричну частину вала на задану довжину. На торці отриманого циліндра знову накреслити ескіз кола такого діаметра і знову повторити операцію видавлювання. Послідовно видавлюючи циліндричні частини вала отримуємо увесь вал.

Другий варіант реалізується командою «Вращать» ^{фо Вращать}. Спочатку вибираємо опорну площину (FRONT) і на ній робимо ескіз половини вала відносно осі симетрії. Перед цим обов'язково у ескізі ввести вісь симетрії за допомогою кнопки . Далі роблять ескіз, зразок якого показано на рис. 1.22.



Рисунок 1.22 – Вигляд ескіза валу

Після закінчення креслення з'являється можливість задати довжину та розміщення будь-якої лінії у наслідок зміни поточного значення розмірів (рис. 1.23).



Рисунок 1.23 – Розміри елементів ескіза вала

Після виходу із режиму «Эскиз» буде показано половину повздовжнього перерізу майбутнього вала (рис. 1.24).



Рисунок 1.24 – Готовий повздовжній переріз майбутнього вала

Натиснувши на кнопку «Вращать» отримаємо модель вала (рис. 1.25).



Рисунок 1.25 – Результат виконання команди «Вращать»

За допомогою кнопки зробимо фаски. Для цього треба задати параметри фаски в діалоговому вікні:

| Размерн | ная сх | ема | | |
|----------|--------|------------|-----------|------|
| 45 x D | | - | | |
| D: 1.00 | | Ŧ | | |
| | Ha6 | оры | Пере | ходы |
| Изб | | | | |
| | Наб | op 4 | | |
| - + | Наб | орб орб | | |
| 101 | *Ho | вый набо | р | - |
| <u> </u> | Прив | язки | | |
| | Кро | мка:F6(B | РАЩЕНИЕ | .1) |
| | | | Подроб | бно |
| | Nº | D | | |
| | 1 | 1.00 | | |
| | | | | |
| | Знач | чение 🔻 | | |
| | Сме | стить по | верхности | 1 🔻 |

Рисунок 1.26 – Діалогове вікно параметрів фаски



Рисунок 1.27 – Відображення фасок під час вибору кромок

Після виходу із режиму «Фаска» і команди «Править размеры» буде показано розміри фасок (рис. 1.28).



Рисунок 1.28 – Відображення розмірів зроблених фасок

Виконаємо заокруглення внутрішніх кутів радіусом 1 мм, задіявши команду «Скругление» Скругление . Ця дія викличе перехід у режим «Скругление» і появу діалогового меню, де потрібно задати радіус та інші параметри команди (рис. 1.29).

| | Разме | рная сх | ема | | Опции | | |
|---|----------------|-------------|-------------------|--------|------------|------------|----|
| | Круг | овой | Ŧ | | 🏠 Удли | нить повер | х |
| | Радиу | c: 1.00 | Ŧ | | 🕜 Полн | юе скругле | 28 |
| | | Наб | оры | Пер | еходы | Участк | ŀ |
| • | Изб Но + | ● H. *Ho | абор 1 вый наб | Круг | овой | v | |
| | | | | Катя | щийся ша | p 🔻 | |
| | | | | Удлі | инить пове | рхности | |
| | | | | По | лное скру | гление | |
| | | | | | По крив | ой | |
| | | • | | | По хорд | ,e | |
| | | Прив В В | язки ыбрать э. | лемент | ы | | |
| | | | | | Под | робно | |
| | | Напр | авляющ | ая | | | |
| | | | | | Под | робно | |
| | | Nº | Радиус | | | | |
| | | 1 | 1.00 | | | | |
| | | 1 | Значен | ne 🔻 | Ссыла | тьсі 💌 | |

Рисунок 1.29 – Діалогове вікно команди «Скругление»

Після вказання радіуса закруглення потрібно на моделі вказати, де саме заокруглити, указавши на відповідну перехідну криву. Якщо місць закруглень багато, то послідовно вказують усі криві (рис. 1.30).



Рисунок 1.30 – Закруглення у режимі «Скругление»

Після повернення у поле «Деталь» і вибору команди *т*, натиснувши ПКМ у дереві моделі на операції «Скругление», можна побачити розміри закруглень (рис. 1.31).



Рисунок 1.31 – Результат виконання операції «Скругление»

Зробимо шпоночний паз з такими розмірами: ширина – 10 мм, довжина – 22 мм відповідно до ГОСТ 23360-78. Зручно скористатися другим способом позначення шпоночних пазів на кресленнях – розмір t₁ (рис. 1.32).



Рисунок 1.32 – Способи позначення шпоночних пазів на кресленнях

Для цієї шпонки розмір $t_1 = 5$ мм.

Для цього створимо додаткову опорну площину, паралельну горизонтальній головній опорній площині «ТОР», яка проходить по дотичній до діаметра циліндричної поверхні на якій буде шпоночний паз. Потім у режимі «Эскиз» на цій опорній площині креслимо форму шпоночного паза. У режимі «Деталь» видаляємо матеріал у тіло деталі на глибину $t_1 = 5$ мм.

1. Створюємо додаткову опорну площину.

\square

Натискаємо кнопку ^{Плоскость}. З'явиться діалогове вікно, у якому потрібно задати прив'язки так, щоб новостворена опорна площина була паралельною до площини «TOP» і була дотичною до циліндра вибраного діаметра (рис. 1.33).



Рисунок 1.33– Вибір першої прив'язки – вибрано опорну площину «ТОР» і вказано, що нова площина буде паралельною до неї

Для чіткого розміщення нової опорної площини потрібно задати щонайменше два параметри. Другий параметр – це вказання на те, що нова площина є дотичною до вибраного циліндра. Для цього утримуючи кнопку CTRL, на клавіатурі вибираємо курсором і натисканням ЛКМ циліндричну поверхню (рис. 1.34).



Рисунок 1.34 – Указання другої прив'язки – вибрано циліндричну поверхню і вказано, що вона буде дотичною

У результаті буде отримано нову, додаткову опорну площину, паралельну до опорної площини «ТОР» і дотичну до циліндра (рис. 1.35).



Рисунок 1.35 – Розміщення новоствореної опорної площини, яка має ім'я DTM1 у дереві моделі

2. У режимі «Эскиз» накреслимо шпоночний паз.

За допомогою розмірів спочатку розміщуємо по середині прямокутник шириною 5 мм і довжиною 22 мм. Вписуємо два кола (рис. 1.36).



Рисунок 1.36 – Розміщення ескіза шпоночного паза

Видаляємо непотрібні залишки прямокутника і внутрішні частини кіл. Залишиться зображення шпоночного паза (рис. 1.37).



Рисунок 1.37 – Ескіз шпоночного паза

Після виходу з режиму «Эскиз» отримаємо зображення ескіза шпоночного паза на додатківй опорній площині (рис. 1.38).



Рисунок 1.38 – Ескіз шпоночного паза на додатковій опорній площині

Використаємо операцію «Вытянуть» углиб моделі на 5 мм з видаленням матеріалу (рис. 1.39).



Рисунок 1.39 – Витягування з видаленням матеріалу

У результаті отрмано вал зі шпоночним пазом (рис. 1.40).



Рисунок 1.40 – Вал зі шпоночним пазом

Повністю виконана практична робота повинна містити повністю закінчені моделі:

1) циліндричного стакана.

2) вала з фасками, радіусами заокруглення і шпоночним пазом.

Практична робота № 2

Тема. Розробка твердотільної моделі

Мета: отримати практичні навички роботи з матеріалами у системі Creo Parametric.

Робоче завдання

1. Отримати модель балки заданих розмірів відповідно до індивідуального завдання.

2. Призначити матеріал та його характеристики.

Робоче завдання: отримати модель балки із симетричним прямокутним перерізом заданих розмірів, призначити матеріал.

Матеріал вибрати з бази Creo Parametric. Розміри балки слід вибрати з табл. 2.1.

| Варіант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Висота, мм | 20 | 25 | 10 | 15 | 10 | 15 | 20 |
| Ширина, мм | 20 | 25 | 10 | 15 | 20 | 15 | 20 |
| Довжина, мм | 300 | 350 | 200 | 250 | 150 | 200 | 330 |

Таблиця 2.1 – Розміри балки

Продовження табл. 2.1

| Варіант | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Висота, мм | 25 | 25 | 20 | 20 | 20 | 25 | 35 |
| Ширина, мм | 30 | 40 | 40 | 50 | 10 | 45 | 55 |
| Довжина, мм | 350 | 360 | 290 | 260 | 180 | 250 | 340 |

Продовження табл. 2.1

| Варіант | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Висота, мм | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 40 | 40 |
| Ширина, мм | 30 | 35 | 40 | 55 | 60 | 70 | 80 |
| Довжина, мм | 400 | 420 | 450 | 470 | 500 | 520 | 530 |

Порядок виконання практичної роботи

1. У вікні «Эскиз» створити плоский ескіз основи балки за заданими розмірами ширини і висоти перерізу.

2. Виконати команду «Вытянуть», задавши задану довжину балки.

3. Вибрати матеріал балки.

Короткі теоретичні відомості

Для вибору матеріалу балки виконати перехід на панель «Simulate» у

такій послідовності: вкладка «Приложения» – кнопка «Simulate» Simulate

Задіяти панель «Материалы» (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 - Кнопки панелі «Материалы»

Використовуємо кнопки панелі у тій послідовності, у якій вони розташовані на панелі.

Натискання на кнопку «Материалы» С Материалы призведе до появи діалогового вікна (рис. 2.2).

| | Материалы | x |
|---|--|---------------------------------------|
| Показать | | |
| ► 60 | | |
| блиотеке | Предв. просмотр материала | |
| laterial Directory | PTC SYSTEM MTRL PROPS | |
| Виды ~ 📊 Инструменты ~ | Описание | |
| Fluid-Materials Legacy-Materials Constants Fluid-Materials | | |
| bi standard-waterials_oranta-besign | Плотность | /in^3 |
| | Структурный Тепловой Жидкость Дополнительные | Образ Определяется пользователем |
| pry l | Симметрия Изотропный | ▼ |
| terials | Отклик напряжение-деформация Линейный | v |
| | Коэффициент Пуассона | |
| | Модуль Юнга | Ibm/(in sec^2) 💌 |
| | Коэфф. линейного расширения | /F 💌 |
| | Демпфирование механизмов | sec/in 💌 |
| | Пределы материала | |
| | Предел текучести при растяжении | lbm/(in sec^2) |
| | Предел прочности при растяжении | lbm/(in sec^2) 💌 |
| | Предел прочности при сжатии | Ibm/(in sec^2) |
| | | |
| | Критерий разрушения | |
| | Нет | V |
| дели PRT0001.PRT | Усталость | |
| TRL_PROPS (тел: 1) | Нет | · · · · · · · · · · · · · · · · · · · |
| | | |
| | | |
| | | OK O |

Рисунок 2.2 – Діалогове вікно вибору матеріалу

У вікні можливо вибрати різні матеріали: метали, кераміка, деревина, рідина тощо з папок (рис. 2.3).

| виды 🗸 📙 🖞 инструменты 🗸 | |
|------------------------------------|--|
| 퉬 Fluid-Materials | |
| Legacy-Materials | |
| 🎉 Standard-Materials_Granta-Design | |
| | ынды ✓ јј инструменты ✓ Fluid-Materials Legacy-Materials Standard-Materials_Granta-Design |

Рисунок 2.3 – Папки з типами матеріалів

3 папки «Legacy-Materials» можна довільно вибрати сталь (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Вибір матеріалу

Якщо, наприклад, вибрати fe20.mtl, то внизу діалогового вікна з'явиться відповідний запис (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Відмітка про вибраний матеріал

Подвійним натисканням на запис FE20 (показано стрілочкою на рис. 2.5) входимо у діалогове вікно властивостей матеріалів (рис. 2.6).

| | Определение м | атериала | | × |
|---------------------------|------------------|----------|-----------------------|----------|
| Наименование | | | | |
| FE20 | | | | |
| Описание | | | | |
| | | | | |
| Плотность 0.250803 | | lbm/in^ | 3 | • |
| Дополнительные | Образ | Оп | ределено пользователе | M |
| Структурный | Тепло | вой | Жидкость | |
| Симметрия Изотропный | | | | - |
| | | | | |
| Отклик напряжение-деформа | ция Линеиныи | | | T |
| Коэффициент Пуасо | сона 0.25 | | | |
| Модуль К | Онга 5.40524е+09 | | lbm/(in sec^2) | - |
| Козфф линейного расшире | ения бе-06 | | /F | |
| | | | /· | |
| демпфирование механиз | мов | | sec/In | |
| Пределы материала | | | | |
| Предел текучести при раст | яжении | | lbm/(in sec^2) | - |
| Предел прочности при раст | яжении | | lbm/(in sec^2) | - |
| Предел прочности при | сжатии | | lbm/(in sec^2) | - |
| | | | | |
| | | | | |
| Критерий разрушения | | | | |
| Нет | | | | |
| Усталость | | | | |
| Нет | | | | - |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | OK | Отмена |

Рисунок 2.6 – Діалогове вікно властивостей матеріалів

Числові значення параметрів узято з внутрішньої бази Сreo. Цих даних достатньо для визначення напружень і деформацій моделі.

Але для аналізу руйнування потрібно занести «Предел текучести при растяжении» і «Предел прочности при растяжении и сжатии». Розмірності вказаних значень потрібно змінити у вікнах навпроти параметрів.

Завершити процедуру натисканням кнопки ОК у всіх діалогових вікнах. Обов'язково перевірити наявність вибраного матеріалу натиснувши

кнопку 🔚 Назначение материала (рис. 2.7).

| Назі | наче | ение матер ние | риала 🗙 |
|---------------------|---------------------|-------------------|---------|
| Material | Assig | jn1 | 2 |
| Привяз | ки | | |
| Компон | енть | ы | - |
| Детал | ь:Р | RT0001.PR | T |
| Свойстя Материал | ва | <i>[</i> | |
| FE20 | - | Дополни | тельно |
| | | | |
| Ориента | ция і | материала | 1 |
| Ориентац (Нет) | т | Дополни | птельно |
| Ориентац (Нет) | ция I - | Дополни | пельно |

Рисунок 2.7 – Діалогове вікно «Назначение материала»

Є можливість вибору декількох варіантів матеріалу. Тоді у полі «Материалы в модели…» з'явиться декілька назв матеріалів. Відповідно натиснувши на меню (показано стрілочкою на рис. 2.7), отримаємо можливість вибору матеріалу (рис. 2.8).

| | Материал |
|----|--------------------------|
| | FE20 🔻 Дополнительно |
| | FE20 |
| | PTC_SYSTEM_MTRL_PROPS 10 |
| EF | |
| | ОК Отмена |

Рисунок 2.8 – Вибір варіанту матеріалу

Вибір закінчується натисканням кнопки ОК.

У дереві моделі з'явиться запис про вибраний матеріал, рис. 2.9.

| ▶ இ Элементы конструкции ☐ RIGHT ☐ TOP ☐ FRONT ↓ PRT_CSY Эскиз 1 ВытягиБалис 1 | |
|--|--|
| Назначения материалов MaterialAssign1 | |

Рисунок 2.9 – Запис у дереві моделі

Через цей запис можна швидко змінювати матеріал моделі (кнопка «Править определение») із уже заявленого переліку, рис. 2.10.



Рисунок 2.10 – Швидкий доступ до зміни матеріалу

У результаті виконаної роботи має бути отримано наступний вигляд балки, рис. 2.11.



Рисунок 2.11 – Кінцевий результат практичної роботи

Існує іще один, цілком логічний, спосіб призначення матеріалу моделі (а також інших, глобальних, параметрів моделі).

Знаходячись на вкладці «Модель», перейти у вкладку «Файл» (рис. 2.12).



Рисунок 2.12 – Перелік кнопок вкладки «Файл»

Потрібно вибрати кнопку «Подготовить» виділено еліпсом на рис. 2.12. Ця дія розкриє меню діалогового вікна підготовки моделі (рис. 2.13).



Рисунок 2.13 – Меню кнопки «Подготовить»

Потрібно вибрати кнопку «Свойства модели» – виділено еліпсом на рис. 2.13. У результаті буде відкрито діалогове вікно «Свойства модели» (рис. 2.14).

| | | Свойства модели | | | - | - |
|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---|----------------|---|---|
| 👌 Материалы | | | | | | |
| Материал | Macrep: PTC_SYSTEM_MTRL_PROF | Р5 Назначено:1 | | Изкіениты | Ŷ | |
| Единицы измерения | Дюйм Фунт-Метр Секунда (по ум | on-sammo a Creo Parametric) | | HOMMONITH | | |
| Течность | Абсалютная 3.9н-04 | | | изменить | | |
| Массовые свойства | | | 0 | HERMINATIN | | |
| 🔒 Ураннения, параметры и | образцы | | | | | |
| Уравнения | Не определено | | 0 | (attansions) | | |
| Параметры | Определенс: 4 | | Θ | изменить | Ŷ | |
| Зкавиливр | Не определено | Активная: Базовый - BALKA | | (HIRADOWNETH) | | |
| 🕞 Констр. элементы и геом | мприя | | | | | |
| Наименования | Определено: 4 | | | HIMEHITE | | |
| 🗍 Инструменты | | | | | | |
| Гибкий | Не определено | | | HIMPHITM | | |
| Уседка | Не определено | | 0 | HEMESHITE | | |
| Упрощенное представление | Определент 2 | Активная: Главное Предст. | 0 | HIMADONITAL | | |
| Pro/Program | | | 0 | изменить | | |
| Взанмозамена | Не определено | | | (ensurement | 1 | |
| 🔠 Интерфейсы модели | | | | | | |
| Привязка и резервирование | Настройки по умолчанию | | | измеенить | | |
| Датчинс | Не определено | | | HIMPHITS | 9 | |

Рисунок 2.15 – Діалогове вікно «Свойства модели»

У рядку «Материал» слід вибрати команду «Изменить», що призведе до появи уже відомого діалогового вікна «Материалы» (рис. 2.2).

Також вибравши строчку «Единицы измерения», маємо можливість змінити систему одиниць.

Повністю виконана практична робота повинна містити модель із заданим матеріалом і відповідними одиницями вимірювання фізичних величин.

Практична робота № 3

Тема. Моделювання умов навантаження

Мета: отримання практичних навичок у моделюванні способів навантаження на деталі у Creo parametric.

Робоче завдання

1. Ознайомитися із засобами, що імітують різні види закріплення.

2. Зафіксувати кінець балки, імітуючи не рухоме закріплення кінця балки відповідно до розрахункових схем, що використовують у розділі щодо згинання курсу опору матеріалів.

3. Ознайомитись з асортиментом видів силового навантаження моделей та способами прикладення цих сил.

4. Прикласти на інший кінець балки силу.

Короткі теоретичні відомості

Прикласти зовнішні сили та накласти обмеження (імітація опор різних видів) виконується за допомогою меню, як показано на рис. 3.1.

| • | 崖 Давление | 🗐 Сила тяжести | | 崖 Плоский |
|-----------------|---------------|------------------|----------|-----------|
| | 🛃 Подшипник | 🔒 Центробежная | | & Штифт |
| Сила/ Момент | 🚺 Температура | 🛱 Преднагружение | Смещение | 🔍 Шаровое |
| | Нагрузк | M 🔺 | Ограни | ичения 🔻 |

Рисунок 3.1 – Меню засобів навантаження та вибору опор

Доступ до цього меню можна отримати двома способами.

Перший спосіб – вибір вкладки «Динамическое моделирование» (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Меню у вкладці «Динамическое моделирование»

Другий спосіб – перейти через вкладку «Приложения» у пункт «Simulate»

Simulate . Саме цей варіант рекомендовано реалізувати.

Імітація опор – закріплення моделі

Після переходу «Simulate» виділяємо площину, яку будемо закріплювати (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Виділена площина, яку будемо закріплювати

Перелік доступних засобів показано на рис. 3.4.



Рисунок 3.4 – Засоби, що імітують закріплення

Розглянемо варіанти обмежень (прив'язки).



1. Вибір кнопки «Смещение» ^{Смещение} викликає меню для заповнення (рис. 3.5). На рис. 3.5 видно, що уже вибрано поверхню, яку будемо закріплювати.

| 🖊 🌿 🕞 🎭 🗛 | Ограничение | х |
|------------|--|---|
| | Наименование | |
| | Constraint1 | |
| | Входит в набор | 7 |
| | ConstraintSet1 | |
| | Привязки | |
| | Поверхности 👻 | |
| | Поверхности : 🖲 Отдельные 🔿 Граница 🔿 Адаптивный | |
| | Поверхность | |
| Поверхн: F | б(ВЫТЯГИВАНИЕ_1) | |
| | Наборы поверхностей | |
| | Система координат | |
| | Глобальная О Выбранное | |
| | z/-x FCK | |
| ≯ | Перемещение | |
| CSYS_DEF | X • ≸ }+• }? | |
| | Y • ≱ ≱•• }+? | |
| | Z • 🗿 ᠯ+• }+? | |
| | Н/Д | |
| | Поворот | |
| | х 🗣 🐜 🏧 | |
| | Y 🕶 🐜 🚓 | |
| | Z 🕶 🐜 🚓 | |
| | Н/Д | 1 |
| | | |
| | ОК Отмена | |

Рисунок 3.5 - Меню кнопки «Смещение»

Необхідно призначити фіксацію у потрібних напрямках (лінійні переміщення («Перемещение») та провертання («Поворот»). Пояснення щодо призначення різних кнопок з'являються з наведенням курсора миші на відповідну піктограму (рис. 3.6).



Рисунок 3.7 – Отримання пояснень щодо призначення піктограми



Якщо вибрати три координати , то рух у напрямках усіх осей буде заблоковано (рис. 3.8).





А у дереві моделі з'явиться відповідний запис (рис. 3.9).



Рисунок 3.9 – Запис у дереві моделі про накладення обмеження

Через відповідну строчку у дереві є можливість редагувати параметри дії і навіть видалити її.

2. Вибір кнопки «Плоский» викликає наступне меню (рис. 3.10). На рис. 3.10 показано, що поверхню вже вибрано, у іншому випадку буде написано запрошення до вибору такої поверхні.



Рисунок 3.10 - Меню кнопки «Плоский»

Після фіксації вибору кнопкою «ОК» на вибраній поверхні буде показано напрямки, у яких заблоковано рух моделі (рис. 3.11).



Рисунок 3.11 – Позначення напрямку фіксації лінійного переміщення

Аналогічно натискання на кнопку ^{се штифт} викличе меню (рис. 3.12). На рис. 3.12 показано запрошення до вибору площини (запис з червоною точкою).

| | Штифтовое ограничение 🗙 |
|---------|---|
| | Наименование |
| | Constraint1 2 |
| | Входит в набор |
| SYSEREF | ConstraintSe 💌 Создать |
| | Привязки |
| | Поверхности |
| | Выберите геометрически: |
| | |
| | Свойства |
| | () |
| | (→) • § |
| | |
| | ОК Отмена |

Рисунок 3.12 – Меню кнопки «Штифт»

У разі, коли потрібно зафіксувати сфероподібну поверхню, слід скористатися кнопкою ^(Q) Шаровое.

Прикладення зовнішнього навантаження

Зміст меню для вибору зовнішнього навантаження цілком зрозумілий з назв піктограм (рис. 3.13).



Рисунок 3.13 – Меню для установлення зовнішнього навантаження

Установлюючи зовнішнє навантаження потрібно чітко визначити:

- вид навантаження (наприклад, сила чи момент тощо);
- чисельне значення навантаження;
- перевірити розмірність навантаження;
- точку прикладення навантаження;
- напрямок дії навантаження.

Сила/ Момент Наприклад, натиснувши , отримаємо наступне меню (рис. 3.14).

| | | 2 |
|---------|---------------------|--------|
| | | |
| | ▼ Co | здать |
| | | |
| | | |
| ie O Fj | раница 🔘 Адаптивный | |
| бальная | I () Выбранное | |
| | Расширенн | ныи >> |
| | Момент | |
| * | Компоненты | |
| | X 0 | |
| | Y 0 | |
| | 7 0 | |
| | 2 0 | |
| | in^2 lbm / sec^2 | |
| | | Z 0 |

Рисунок 3.14 – Меню піктограми «Сила/момент» (поверхню, до якої буде прикладено зовнішню силу вже вибрано)

Вибір способу прикладення сили (точка чи по площі) знаходиться через меню «Компоненти» (рис. 3.15).

| NOMI | оненты | * |
|--------|-------------------------|---|
| Компо | оненты | |
| Векто | р направления и величин | а |
| Точки | и величина направления | |
| Z | 0 | |
| in Ibm | n / sec^2 | Ŧ |

Рисунок 3.15 – Вибір способу прикладення сили – вибраний пункт для прикладу виділено кольором

Потрібно вибрати вісь, у напрямку якої діятиме сила, її значення та розмірність. Результат уведення параметрів попередньо можна побачити, натиснувши на кнопку «Предв. просмотр» (рис. 3.16).



Рисунок 3.16 – Прикладення сили 1000 Н на край балки рівномірно по усьому її торцю

Результат виконання практичної роботи має бути, як показано на рис. 3.17.



Рисунок 3.17 – Результат моделювання навантаження і фіксації опори

Повністю виконана практична робота повинна містити модель балки з визначеним закріпленням одного кінця і прикладеним зовнішнім навантаженням на інший її кінець.

Практична робота № 4

Тема. Дослідження напруженого стану моделі у Creo Parametric

Мета: отримати практичні навички дослідження напруженого стану деталей у Creo Parametric.

Робоче завдання

1. Визначити значення напружень, що виникають у балці під дією зовнішньої сили.

2. Визначити значення деформацій, що виникають у балці під дією зовнішньої сили.

3. Визначити значення напружень і деформацій, що виникають у балці під дією зовнішньої сили використовуючи підручник «опір матеріалів».

4. Порівняти результати моделювання з результатами розрахунку.

5. Зробити відповідні висновки щодо значень напружень і деформацій, які отримано моделюванням.

Порядок виконання практичної роботи

Відкрити уже розроблену модель. На екрані має бути показано модель балки (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Модель балки

Перейти у вікно «Simulate» через вкладку «Приложения».

Унаслідок цього буде видно модель, прикладені сили, зафіксовану опору, вибраний матеріал (рис. 4.2).



Рисунок 4.2 – Модель, готова до аналізу

На панелі «Выбрать» вибрати кнопку «Анализы и исследования»

Анализы и

исследования . Унаслідок цього буде відкрито діалогове вікно «Анализ и исследование» (рис. 4.3).

| Фа | айл Править | Выполнить Инфо | рмация Резул | тьтаты | |
|----|------------------|----------------|--------------|--------|--|
| 0 | Анализ и исследо | н / 🔚 🧮 | | | |
| Г | Имя | Тип | | Статус | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | Описание | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Рисунок 4.3 – Діалогове вікно «Анализ и исследование»

Створюємо нове дослідження. Для цього у вкладці «Файл» вибираємо пункт «Новый статический» (рис. 4.4).



Рисунок 4.4 – Вибір типу дослідження

Унаслідок з'явиться діалогове вікно «Определение статического анализа» (рис. 4.5).

| Определение статического анализа | х |
|--|----|
| Наименование: | |
| Analysis1 | |
| Описание: | |
| | |
| | |
| 🗌 Нелинейный / Использовать истории нагружения 📄 Инерционная разгрузка | |
| Ограничения | |
| Комбинировать наборы ограничений Набор ограничений/компонент | |
| ConstraintSet1 / BALKA | |
| | |
| | |
| | |
| Нагрудии | |
| Суммировать наборы нагрузок | |
| Набор нагрузок / Компонент | |
| ☑ LoadSet1 / BALKA | |
| | |
| | |
| | |
| Сходимость Вывод Исключенные элементы | |
| Метод | |
| Однопроходная адаптация | - |
| | |
| | |
| | |
| | |
| Максинальное изианальное взаимопроникновение) | |
| | |
| Подробно вычиснить напряжения в контактных интерфеисах | |
| Расширенное управление | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| OK OTHE | на |
| | nu |

Рисунок 4.5 – Діалогове вікно «Определение статического анализа»

Звернути увагу на вкладки «Сходимость», «Вывод» і «Исключенные элементы».

На вкладці «Сходимость» потрібно зайти у пункт «Метод» і вибрати «Многопроходная адаптация» (рис. 4.6).

| Сходимость | Вывод | Исключенные элементы | |
|------------|------------|----------------------|--|
| Метод | | | |
| Однопрохо | дная адапт | ация | |
| Многопрох | одная адап | тация | |
| Однопроход | цная адапт | ция | |
| Быстрая пр | osenka | | |

Рисунок 4.6 – Вибір методу визначення сходимості

У результаті стануть доступними вибір параметрів методу визначення сходимості (рис. 4.7).

| Метод | | | | |
|------------|-----------|--------------------|------------------------|-----------------------|
| Многопрох | одная ада | птация | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Локально | е улучше | ние сетки 🗌 Про | верить силу контакта | |
| Прессова | я посадка | (начальное взаим | опроникновение) | |
| Максима | льное изн | ачальное взаимог | проникновение 0 | in 💌 |
| Подробно | вычисли | ть напряжения в к | онтактных интерфейсах | []]] |
| Степень по | линома – | | Пределы | |
| Миним | ум | 1 * | | 10 |
| Максим | ум | 6 * | процент сходи | мости |
| Сходимост | | | | |
| Оркал. съ | леппение | локал, энергия ле | формации и глобал, сре | анеквалрат, нап |
| О Локально | е смещен | ние и локальная эн | чергия деформации | H. 1910 946 911 11911 |
| О Измерен | ия | | 1 | |
| | | | | |
| 1.17 | | | | |

Рисунок 4.7 – Параметри методу визначення сходимості, установлені за

замовчуванням

Указані параметри достатні для подальшого аналізу.

Відкриваємо вкладку «Вывод» для визначення параметрів, які буде визначено під час дослідження (рис. 4.8).

| Сходимость Вывод | Исключенные элементы | |
|--|----------------------|-------------------------------|
| Вычислить ✓ Напряжения ✓ Повороты ✓ Реакции □ Погрешности ло | кального напряжения | График Сетка отображения 4 |

Рисунок 4.9 – Вибір потрібних параметрів для відображення

Натиснувши кнопку ОК завершуємо створення нового статичного аналізу, який отримав ім'я за замовчуванням «Analysis1» (рис. 4.10).



Рисунок 4.10 – Створений новий статичний аналіз

Натиснувши на кнопку із зеленим прапорцем, запускаємо сам процес аналізу (рис. 4.11).



Рисунок 4.11 – Старт процесу аналізу

Після згоди на запитання щодо імен буде виведено на екран звіт щодо виконання розрахунків (рис. 4.12).

| BALKA (| (Активный) - Creo Par | ametric 8.0 | | (| Статус выполнения (Analysis1) Вы | полнение завершено | x |
|--|---|---------------------------------|----------|--|--|---|-----------------------|
| Инструменты Давление Подшипник ила/ омент П Температура Нагрузк | Вид Гибкое и ↓ Сила тяжести ↔ Центробежная ♥ Преднагружение и ▼ | моделирова Смещение Огран | нние | Файл Диагно ✓ Оши Аиагно н н н н н н н н в | Информация стика расчета юбки ☑ Предупреждения ☑ Ин остика расчета ачинается анализ Analysis1 ачинается проход решения 1 - ачинается проход решения 2 - ачинается проход решения 3 - ачинается проход решения 4 - нализ Analysis1 завершен ыполнение завершено | нформация Analysis1 Analysis1 Analysis1 Analysis1 | >> |
| | Анализ и исследован | ия | | | | | |
| айл Править Выпо Р 📄 🗙 🔍 🎮 Анализ и исследования | лнить Информаци: • 題 💼 📑 🕄 | я Результа | аты | | | | |
| Имя | Тип | | Статус | | | | |
| ✓ Analysis1 | Стандарт/Стати | ический | Завершен | Наиме Тип: Статус Прошл Запущ Статус | нование: нование: с анализа ю времени: ено: :: | Analysis1 Статический анали 00 : 00 : 00.00 Mon Dec 27, 2021 Выполнение завер | з 15:36:03 шено |
| Описание | | | | | | | Закрыть |

Рисунок 4.12 – Звіт із процесу розрахунків

Вікно «Статус выполнения» можна закрити. При цьому залишилася зелена «галочка» навпроти імені «Analysis1», що вказує на готовність до відображення результатів розрахунків. Для виводу на екран результатів моделювання слід натиснути першу кнопку з трьох, що призначені для показу результатів (рис. 4.13).



Рисунок 4.13 – Кнопки для виводу результатів моделювання

Зміст цих кнопок зрозумілий з написів, які з'являються з наведенням на них курсора миші, як показано на рис. 4.13 для першої кнопки.

Після натискання на цю кнопку буде показано діалогове вікно з параметрами, які потрібно відобразити такими способами відображення (рис. 4.14).

| | Определение окна р | оезультатов | 2 |
|--------------|---------------------|--------------|----------|
| Наименование | Название | | |
| Window1 | | | |
| Выбор про | работки | | |
| Исследовани | е конструкции | Анализ | |
| Analy | /sis1 | Analysis1 | - |
| Цветовые п | оля | | • |
| Количество | Расположение показа | Опции показа | |
| Напряжени | ıe ▼ Ibm/(ir | n sec^2) | - |
| Компонент | | | |
| Мизеса | | | • |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Рисунок 4.14 – Параметри відображення результатів моделювання

Скористатися вкладками «Количество» і «Опции показа». Вкладка «Количество» дає можливість вибрати розрахунковий параметр і його розмірність. На рис. 4.15 вибрано напруження.

| Количество | Располож | ение показа | Опции по | оказа | |
|-------------|------------|---------------|----------|-------|---|
| Напряжени | e | ▼ lbm/(ir | n sec^2) | | |
| Напряжение | 2 | | | | |
| Смещение | | | | | |
| Деформация | R | | | | |
| Р-уровень | | | | | |
| Энергия деф | ормации на | а единицу объ | ема | | |
| | [| 01/ | OK | | 0 |

Рисунок 4.15 – Вибір параметра для виводу на екран

А вкладка «Опции показа» дозволяє вибрати спосіб відображення. Рекомендовано зробити установки, як показано на рис. 4.16.

| Количество Расположение по | оказа Опции показа |
|--|--|
| ☐ Градиентный тон Уровни легенды 9 ★ Контур Метки изолиний Изоповерхности | Деформированное Наложить недеформиров. Прозрачное наложение Масштаб 10 % Показ кромок элементов Показ нагрузок Показ ограничений Показ ограничений Показать объединяющие элементы Автостарт Кадры 8 |
| | ОК ОК и показать Отмена |

Рисунок 4.16 – Вибір способу відображення параметрів

Після натискання кнопки «ОК» і «Показать» на екран буде виведено результат розрахунку напружень (рис. 4.17).



Рисунок 4.17 – Напруження, що діють у балці для двох варіантів вибраного матеріалу (матеріал вказано під відповідним рисунком)

На рис. 4.17 видно такі параметри.

Зліва.

- 1. Вид напруженого стану «Напряжение».
- 2. Вид самого напруження «Мизеса».
- 3. Розмірність МПа

Справа.

4. Значення напруження у вигляді температурної шкали.

Не виходячи з вікна «Результаты моделирования», можна вивести інші розрахункові параметри (рис. 4.18).

| windowi - Analysist - Analysist | | | |
|--------------------------------------|---|---------|---------|
| Напряжение | - | Мизеса | 👻 (ГСК) |
| Напряжение | | | |
| Смещение | | | |
| Деформация | | | |
| Р-уровень | | | |
| Энергия деформации на единицу объема | | : BALKA | |
| | | | |

Рисунок 4.18 – Вибір інших параметрів для виведення на екран

Для прикладу вибрати «Смещение» і показати – «Величина» (рис. 4.19).





У результаті буде показано таке вікно (рис. 4.20).





Рисунок 4.20 – Відображення зміщень перерізів балки однакових розмірів, але з двома різними марками металу (матеріал вказано під відповідним рисунком)

Розмірність виведеного результату швидко змінюється через подвійне натискання ЛКМ, наведеної у лівий верхній куток у області, де вказано розмірність.

3 рис. 4.17 і 4.20 отримано, що найбільше напруження у балках за Мізесом дорівнює 168,4 і 166,3 МПа і найбільша деформація – 8,38 і 5,01 мм відповідно до балок з різних матеріалів, що є цілком прогнозованим з урахуванням розмірів балки у прикладі (100 мм х 10 мм х 300 мм) і значення сили у 1 кН.

Виконати розрахунок балки за підручником «Опір матеріалів». Для розрахунків використати матеріал, поданий під час лекцій.

За розрахунками отримано значення напружень за Мізесом – 180,019 МПа і деформацію – 5,4 мм.

Висновок за розглянутим зразком: модель і процес моделювання напруженого стану потребують удосконалення.

Повністю виконана практична робота повинна містити звіт з рисунками, зробленими з екрана до показаного значення отриманих напружень та деформацій; розрахунок напружень і деформацій відповідно до підручника «Опір матеріалів»; висновки, зроблені на підставі аналізу отриманих значень напружень та деформацій.

Практична робота № 5

Тема. Методи покращення процесу моделювання напруженого стану моделі у Creo Parametric

Мета: отримати практичні навички у використанні методів, що підвищують адекватність дослідження напруженого стану деталей у Сгео Parametric.

Робоче завдання

1. Відкрити і ознайомитися з інструментами панелі «AutoGEM».

2. Визначити значення напружень за Мізесом і деформацію моделі унаслідок зміни розміру кінцевих елементів (КЕ) моделі уздовж заблокованої поверхні.

3. Визначити значення напружень за Мізесом і деформацію моделі унаслідок зміни розміру КЕ моделі уздовж однієї та двох довгих сторін балки, що знаходяться під прямим кутом до зовнішньої сили.

4. Визначити значення напружень за Мізесом і деформацію моделі унаслідок зміни розміру КЕ в усьому обємі моделі.

5. Визначити значення напружень за Мізесом і деформацію моделі унаслідок зміни способу закріплення кінця балки на монолітну стінку.

6. Визначити значення напружень за Мізесом і деформацію моделі з монолітною стінкою унаслідок зміни розміру КЕ уздовж поверхні моделі, на яку діє зовнішня сила.

7. Визначити значення напружень за Мізесом і деформацію моделі унаслідок послідовного надання розміру КЕ моделі різних значень з вибраним кроком.

61

Короткі теоретичні відомості

Creo Parametric надає декілька можливостей покращити адекватність моделювання:

1. Змінити розміри кінцевих елементів (КЕ) з яких складається модель чи її частина:

- змінити розміри КЕ уздовж вибраної (вибраних) поверхонь;

- змінити розміри КЕ з яких складається увесь об'єм моделі.

2. Змінити спосіб фіксації опор (закріплення).

Інструменти для зміни розмірів КЕ і вибору місця, де можна їх змінювати

знаходяться у вкладці «Улучшить модель» у панелі «AutoGEM» АиtoGEM. Для керування розмірами сітки КЕ призначено кнопка . Ця кнопка відкриває наступне меню, рис. 5.1.



Рисунок 5.1 – Меню кнопки 🔛 🔭

Для керування розмірами КЕ використовується кнопка «Макс. Размер элемента» - Макс. размер элемента. Натискання на цю кнопку викличе появу діалогового вікна (рис. 5.2).

| Управление макс. разм | иером элемента |
|---|---------------------|
| Наименование | |
| AutoGEMControl2 | |
| Привязки | |
| Поверхности | |
| Поверхности : 💿 Отдельные 🔘 | Граница 🔿 Адаптивнь |
| • высерите геометрические при | вязки. |
| Наборы поверхностей | вязки. |
| Наборы поверхностей Размер элемента | вязки. |
| Выберите геометрические при Наборы поверхностей Размер элемента | вязки. |

Рисунок 5.2 – Діалогове вікно кнопки «Макс. Размер элемента»

Діалогове вікно кнопки «Макс. Размер элемента» (рис. 5.2) надає можливість змінювати розміри КЕ і область моделі, де треба змінити розміри КЕ. Із вибором опції «Привязки» з'явиться перелік варіантів (рис. 5.3).



Рисунок 5.3 – Призначення варіантів з опції «Привязки»

Потім потрібно задати розмір КЕ (рис. 5.4).

| Размер элемента | | |
|-----------------|----|---|
| 6 | mm | - |

Рисунок 5.4 – Призначення розміру КЕ

Доцільно задавати значення розміру кратно меншим до найменшого розміру моделі: удвічі, утричі і т. д. Не потрібно задавати розмір КЕ 0,5 мм якщо найменший розмір моделі дорівнює 30 мм. Такий вибір є надлишковим і гарантовано призведе до непомірного збільшення часу розрахунків.

За замовчуванням використовується сітка, утворена із КЕ у формі тетраедрів. Проте є можливість накласти сітку у вигляді гексаедрів і пентаедрів. Для цього потрібно вибрати у діалоговому вікні команду «Призматические элементы» (рис. 5.5).



Рисунок 5.5 – Вибір команди для зміни форми КЕ

Процедура змінити розміри КЕ передбачає дві дії:

- призначення розмірів КЕ;
- призначення місця, де потрібно змінити розміри КЕ.

У панелі «AutoGEM» вибираємо кнопку . У полі «Привязки» повинно бути вказано «Поверхности». Вибираємо поверхню балки, яку було

зафіксовано (помічено знаком) (рис. 5.6).





Рисунок 5.6 – Вибір поверхні, уздовж якої буде змінено розмір КЕ

Задаємо розмір КЕ у відповідному полі (рис. 5.4). Балка має товщину 10 мм, отже, можна задати розмір КЕ 4 мм. Після регенерації моделі і повернення



режим»

«Структурный

У

знову запускаємо «Анализ и

исследования». Після цього можна вивести результати розрахунків на екран (рис. 5.7, 5.8).



Рисунок 5.7 – Значення напружень за Мізесом

| | 5.01706 |
|-----------------|---------|
| | 4.51536 |
| | 4.01365 |
| | 3,51195 |
| | 3.01024 |
| Размер элемента | |
| 4 | mm 🔻 |
| | |

Рисунок 5.8 – Значення деформації балки

Можливо зменшити розміри КЕ в усьому об'ємі моделі. Для цього вибираємо опцію «Компонент» оскільки існує один компонент – існуюча модель, рис. 5.9.

| Компоненты | | |
|---------------|---------|--|
| Деталь : PRTO | 001.PRT | |
| | | |
| | | |
| | | |
| D | та | |

Рисунок 5.9 – Вибрані опції для задання розміру 4 мм в об'ємі моделі

Результати моделювання напруженого стану показано на рис. 5.9 і 5.10.



Рисунок 5.9 – Значення напружень за Мізесом з розміром КЕ 4 мм

На рис. 5.11, 5.12 показано розрахунок напружень у балці за Мізесом і деформацій за умови, коли край балки закладено у стіну. На зовнішню площину цієї стіни накладено обмеження – заборону зміщення у будь-якому напрямку (рис. 5.10).



Рисунок 5.10 – Фіксація зовнішньої площини закладення балки



Рисунок 5.11 – Значення напружень у балці за Мізесом (розмір КЕ установлено за замовчуванням)



Рисунок 5.12 – Значення деформацій у балці (розмір КЕ установлено за замовчуванням)

За такого способу закладення кінця балки також можна змінювати розміри КЕ уздовж будь якої грані балки.

Виконання практичної роботи

Практичну роботу виконують у порядку робочого задання.

Результати розрахунків напружень і деформацій за різних розмірів КЕ, за різних заданих площин і способу закладення звести у одну таблицю.

Отримані дані порівняти з розрахунком, відповідно до підручника «Опір матеріалів».

Зробити висновки щодо вибору раціональних значень параметрів сітки КЕ.

3 КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Бали надаються за повністю виконане завдання за кожною окремою темою. За виконане в повному обсязі кожне практичне завдання надається така кількість балів.

Практична робота № 1 – 10 балів. Практична робота № 2 – 10 балів. Практична робота № 3 – 10 балів. Практична робота № 4 – 10 балів. Практична робота № 5 – 10 балів. Усього: 50 балів. Методичні вказівки щодо виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Системи автоматизованого інженерного аналізу» для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальності 274 – «Автомобільний транспорт» освітньо-професійної програми «Автомобілі та автомобільне господарство» освітнього ступеня «Магістр»

Укладачі к. т. н., доц. О. В. Павленко, старш. викл. О. А. Харьков

Відповідальний за випуск зав. кафедри «Автомобілі та трактори» Е. С. Клімов

Підп. до др. _____. Формат 60х84 1/16. Папір тип. Друк. ризографія. Ум. друк. арк. ____. Наклад ___ прим. Зам. №____. Безкоштовно.

> Редакційно-видавничий відділ Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600