

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра інжинірингу та дизайну в машинобудуванні

К.С. Заболотний, О.В. Панченко

Методи моделювання при проєктуванні машин:

**ПРИКЛАД ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСА
SOLIDWORKS EDUCATION EDITION
ПРИ ВИКОНАННІ ПРОЄКТА ЩОКОВОЇ ДРОБАРКИ**

Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами
спеціальності 133 Галузеве машинобудування

Дніпро
НТУ «ДП»
2019

Заболотний К.С.

Методи моделювання при проектуванні машин: Приклад застосування програмного комплексу SolidWorks Education Edition при виконанні проекту щокрової дробарки. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами спеціальності 133 Галузеве машинобудування / К.С. Заболотний, О.В. Панченко ; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2019. – 80 с

Автори:

Заболотний К.С., д-р техн. наук, проф.

Панченко О.В., канд. техн. наук, доц.

Затверджено до видання редакційною радою НТУ «ДП» (протокол № 9 від 02.09.2019) за поданням методичної комісії спеціальності 133 Галузеве машинобудування (протокол № 3 від 07.06.2019) і кафедри ІДМ (протокол № 9 від 27.05.2019) як методичні рекомендації для бакалаврів спеціальності 133 Галузеве машинобудування ОПП «Комп'ютерний інжиніринг у машинобудуванні»

В методичних рекомендаціях викладаються комп'ютерні технології програмного комплексу SWEE на прикладі виконання проекту щокрової дробарки з простим рухом щоки: при початковому ознайомленні з конструкціями деталей, вузлів і дробарки в цілому – їхні комп'ютерні моделі у форматі програми eDrawings Professional; при геометричному моделюванні, створенні проектно-конструкторської документації, презентаційних матеріалів – технології програми SolidWorks; під час міцнісного аналізу, оптимізації деталей – технології програми SOLIDWORKS SIMULATION; при осмисленні та проектуванні стандартних виробів – технології програми Toolbox. Наведено питання для самоперевірки, які можна використовувати для закріплення результатів навчання.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри інжинірингу та дизайну в машинобудуванні, д-р техн. наук, проф. К.С. Заболотний

Повна версія документа знаходиться:

*- на сервері комп'ютерного класу кафедри ІДМ
(Read:\Викладачі\Панченко\ММІМ);*

*- в групі програми Microsoft Teams («133-??-?? ММІМ»),
або надається студентам на електронному носії*

ЗМІСТ

Передмова	5
1. Аналіз комп'ютерної моделі механізму дробарки з простим рухом щоки ...	6
1.1. Вивчення конструкції щокові дробарки з простим рухом щоки	6
1.2. Вибір варіанта індивідуального завдання	10
1.3. Визначення геометричних параметрів щокові дробарки за даними варіанта індивідуального завдання	12
1.4. Визначення за відомими розмірами механізму положення його нерухомих опор і величину ексцентриситету	13
1.5. Визначення статичних зусиль, що виникають у вузлах дробарки, та врівноважувального зусилля, яке діє на ексцентрик	16
1.6. Контрольні запитання	18
1.7. Питання для самоперевірки	18
2. Проектування комп'ютерної моделі нерухомої щоки дробарки	20
2.1. Алгоритм побудови комп'ютерної моделі корпусу нерухомої щоки	20
2.1.1. Моделювання оболонки корпусу і реберного підкріплення	21
2.1.2. Моделювання елементів з'єднання щоки з боковинами	22
2.1.3. Перевірний розрахунок й уточнення параметра δ	22
2.1.4. Моделювання на щоці виступів під футерівку	24
2.2. Побудова комп'ютерної моделі футерівки	24
2.3. Побудова монтажних петель на моделі нерухомої щоки	25
2.4. Побудова комп'ютерної моделі операції складання футерівки з корпусом	25
2.5. Контрольні запитання	27
2.6. Питання для самоперевірки	27
3. Проектування комп'ютерної моделі рухомої щоки дробарки	29
3.1. Алгоритм побудови комп'ютерної моделі корпусу рухомої щоки	30
3.1.1. Вибір діаметра осі підвісу щоки	30
3.1.2. Розрахунок параметрів передньої розпірної плити	30
3.1.3. Проектування корпусу рухомої щоки	30
3.1.4. Проектування елементів з'єднання рухомої щоки зі станиною .	33
3.2. Складання рухомий щоки з футерівкою	33
3.3. Проектування монтажних петель рухомої щоки	33
3.4. Проектування болтового з'єднання футерівки з корпусом рухомий щоки	34
3.5. Виготовлення твердотільної моделі осі	35
3.6. Проектування сухаря	35
3.7. Моделювання у корпусі щоки провущин для тяг	36

3.8. Контрольні запитання	37
3.9. Питання для самоперевірки.....	37
4. Проектування комп'ютерної моделі шатуна щокової дробарки.....	39
4.1. Розрахунок болтового з'єднання кришки і корпусу шатуна.....	39
4.2. Розрахунок параметрів підшипникових вузлів на станині	40
4.3. Розрахунок підшипникових вузлів на ексцентриковій частині вала... 43	
4.4. Проектування скінченноелементної моделі шатуна.....	43
4.5. Проектування корпусу шатуна.....	47
4.6. Проектування кришки шатуна	48
4.7. Проектування вала шатуна.....	49
4.7.1. Розрахунок параметрів шпонкового з'єднання на валу.....	50
4.7.2. Проектування ексцентрикової частини вала	51
4.7.3. Моделювання корінної частини вала.....	51
4.8. Проектування монтажних петель шатуна.....	53
4.9. Проектування розпірних плит.....	53
4.10. Контрольні запитання	54
4.11. Питання для самоперевірки	54
5. Проектування комп'ютерної моделі упорного вузла.....	56
5.1. Проектування горизонтального клина	56
5.2. Проектування вертикального клина.....	57
5.3. Проектування задньої упорної плити.....	59
5.4. Проектування регулювальної тяги	60
5.5. Побудова комп'ютерної моделі складальної одиниці упорного вузла щокової дробарки.....	61
5.6. Контрольні запитання	61
5.7. Питання для самоперевірки	62
6. Проектування комп'ютерної моделі боковин станини дробарки	64
6.1. Побудова комп'ютерної моделі складальної одиниці дробарки	64
6.2. Проектування боковин дробарки.....	65
6.3. Контрольні запитання	68
6.4. Питання для самоперевірки.....	68
7. Створення технічної документації на змодельовані об'єкти	70

ПЕРЕДМОВА

Комп'ютерне моделювання є одним з ефективних методів вивчення складних систем. Впровадження методів комп'ютерного моделювання в проектування дозволяє істотно підвищити цінність проектів, так як комп'ютерні моделі допускають не тільки фіксацію технічних рішень, а й дослідження залежності характеристик від параметрів моделі, що дозволяють оптимізувати проектні рішення.

Мета дисципліни – навчитися розробляти розрахункову комп'ютерну модель машини, проводити імітаційні експерименти з дослідження напружено-деформованого стану моделі машини для практичного підтвердження окремих теоретичних положень дисципліни, при цьому набути навичок у роботі з обчислювальною технікою в оволодінні методикою експериментальних досліджень в системі автоматизованого проектування в комплексі SolidWorks Education Edition.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ МЕХАНІЗМУ ДРОБАРКИ З ПРОСТИМ РУХОМ ЩОКИ

Мета роботи – розглянути й проаналізувати конструкцію щоквої дробарки з простим рухом щоки (ЩДП) за допомогою комп'ютерної моделі, виконати геометричний синтез та аналіз силових параметрів механізму дробарки, скориставшись індивідуальними вихідними даними.

Об'єкт дослідження – силові процеси, що виникають у механізмі ЩДП.

Предмет дослідження – конструкція пристрою, геометричні параметри та силові навантаження, що виникають у механізмі ЩДП.

Використовувані комп'ютерні технології:

- аналіз процесу складання ЩДП засобами програми eDrawing;
- синтез, кінематичний і статичний аналіз комп'ютерної моделі механізму дробарки.

ЩДП призначена для грубого подрібнення гранітів, базальтів, кварцитів, пісковиків, вапняків, руд та інших подібних матеріалів, межа міцності яких на стиснення не перевищує 300 МПа.

1.1. Вивчення конструкції щоквої дробарки з простим рухом щоки

Завдання – розглянути та проаналізувати конструкцію ЩДП.

На рис. 1.1 показано конструкцію щоквої дробарки для грубого подрібнення з простим рухом щоки. Уведено такі позначення: 1 – щока нерухома в складеному вигляді; 2 – корпус у складеному вигляді; 3 – щока рухома в складеному вигляді; 4 – маховик і шків привідний; 5 – двигун; 6 – клинопасова передача; 7 – регулювальний пристрій у складеному вигляді; 8 – плита розпірна задня в складеному вигляді (запобіжна); 9 – шатун у складеному вигляді; 10 – плита розпірна передня; 11 – тяга замикальна; 12 – пульт керування.

У бічних стінках корпусу 1 закріплено корінні підшипники 3 ексцентрикового вала 4 (рис. 1.2). На ексцентричній частині вала підвішено шатун 5, у нижній частині якого є пази для встановлення сухарів 6, вони слугують опорними поверхнями для передньої та задньої розпірних плит. У дробарці встановлено шатунні 2 й корінні 3 підшипники кочення спеціального типу, що витримують великі динамічні навантаження.

При обертанні ексцентрикового вала 5 шатун 4 набуває коливального руху (рис. 1.3), який за допомогою розпірних плит 6 і 7 передається рухомій

подальшій роботі враховувати, що відрізок 23–26 дорівнює відрізку 20–21, а 23–24 відрізку 20–22; відрізок 26–27 дорівнює відрізку 11–12. Тоді довжина відрізка 24–25 в обраному масштабі буде відповідати зусиллю, що має місце в задній розпірній плиті. Щоб знайти зусилля F_e , яке діє на ексцентриковий вал, побудуємо силовий трикутник 28–29–30: у ньому встановлено рівність і паралельність між сторонами 28–29 і 17–16, а сторона 29–30 рівна 24–25 і паралельна стороні 18–19. Тоді довжина відрізка 28–30 в обраному масштабі відповідає зусиллю, що діє на вісь $O2$ ексцентрикового вала, під час дробінням матеріалу.

Знайдені значення зусиль необхідно обчислити з урахуванням перевідного коефіцієнта, і надалі будемо використовувати ці результати для міцнісного розрахунку вузлів дробарки. Коефіцієнт запасу міцності передньої розпірної плити та шатуна дорівнює 2, а інших вузлів ЩДП – 1,5.

1.6. Контрольні запитання

1. Яке призначення дробарки з простим рухом щоки?
2. Який склад дробарки по вузлах.
3. Який принцип дії дробарки з простим рухом щоки?
4. Як здійснюється заміна вузлів дробарки геометричними моделями?
5. Як визначаються і чому дорівнюють геометричні параметри механізму дробарки ЩДП?
6. Яким чином визначаються координати нерухомих опор і величина ексцентриситету механізму ЩДП?
7. Чому дорівнюють координати нерухомих опор і величина ексцентриситету механізму ЩДП?
8. Як визначаються статичні зусилля, що виникають у вузлах дробарки, та врівноважувальне зусилля, яке діє на ексцентрик?
9. Чому дорівнюють статичні зусилля, що виникають у вузлах дробарки, та врівноважувальне зусилля, яке діє на ексцентрик?

Відповіді на питання подайте у вигляді текстового документа під назвою Н: \ Дробарка \ Пояснювальна записка.doc.

1.7. Питання для самоперевірки

1. Сформулюйте мету розділу.
2. Які завдання проектування вирішувалися при виконанні цієї роботи?

3. Опишіть склад дробарки, її принцип дії і технічні характеристики дробарок серійного випуску.

4. Обґрунтуйте прийняту модель механізму ЩДП із зазначенням характерних центрів ланок.

5. Які математичні методи використовувалися і як визначалися геометричні параметри свого варіанту дробарки?

6. Які технології SolidWorks використовувалися при визначенні відсутніх параметрів механізму ЩДП, і які умови при цьому накладалися?

7. Яким чином уточнюється положення геометричних осей нерухомих опор і розмір ексцентриситету ЩДП?

8. Які технології SolidWorks використовувалися при силовому аналізі механізму ЩДП?

РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ НЕРУХОМОЇ ЩОКИ ДРОБАРКИ

Мета – розглянути конструкцію вузла нерухомої щоки ШДП за допомогою комп'ютерної моделі, а також виконати однопараметричну оптимізацію корпусу нерухомої щоки з огляду на відповідність цільової функції забезпечення мінімуму маси та обмежень у вигляді допустимих значень напружень, визначивши необхідні конструктивні розміри вузла, створити комп'ютерну модель нерухомої щоки, підготувати її до перевірки.

Об'єкт дослідження – комп'ютерна модель вузла нерухомої щоки дробарки.

Предмет дослідження – параметри комп'ютерної моделі вузла нерухомої щоки дробарки.

Використані в різних типах досліджень комп'ютерні технології:

– аналіз складання вузла нерухомої щоки дробарки методами програми eDrawing;

– створення за допомогою програми SolidWorks однопараметричної твердотільної моделі вузла нерухомої щоки дробарки;

– міцнісний і деформаційний аналіз корпусу нерухомої щоки дробарки з застосуванням засобів SolidWorks Simulation;

– оптимізація будови корпусу нерухомої щоки з цільовою функцією досягнення мінімуму його маси та впровадження обмежень у вигляді допустимих напружень;

– висхідне і спадне проєктування складаних одиниць щоки;

– створення моделі футерувального покриття для складання вузла нерухомої щоки дробарки;

– застосування технологій додатку програми SolidWorks Toolbox у проєктуванні стандартних виробів;

– програмні інструменти «Перетворення об'єктів» і «Зсув об'єкта»;

– програмний елемент «Масив, керований ескізом»;

– створення моделей болтових з'єднань футерувального покриття з корпусом щоки у складі болта, пружинної шайби та гайки за допомогою інструменту «Масив компонентів, керований масивом».

2.1. Алгоритм побудови комп'ютерної моделі корпусу нерухомої щоки

Корпус нерухомої щоки дробарки виготовлено зі сталі марки 35Л, для якої передбачено, що допустимі напруження на зріз дорівнюють 47 МПа, на зминання – 120 МПа; границя текучості становить $\sigma_T = 248$ МПа.

компонента, керований елементом» («Вставка» \ «Масив компонента» \) розмножимо модель болтового з'єднання. Тут у поле «Компоненти для масиву» внесемо моделі болта, гровера і гайки, а в поле «Похідний елемент» – масив, керований ескізом, у корпусі нерухомої щоки.

2.5. Контрольні запитання

1. З яких матеріалів виготовляють деталі нерухомої щоки?
2. Опишіть алгоритм побудови комп'ютерної моделі корпусу нерухомої щоки.
3. Опишіть алгоритм проведення оптимізаційної задачі корпусу нерухомої щоки дробарки.
4. Чому дорівнює параметр δ ?
5. Опишіть алгоритм побудови комп'ютерної моделі футерівки.
6. Опишіть алгоритм складання футерувального покриття з корпусом.

Відповіді на питання подайте у вигляді текстового документа під назвою Н: \ Дробарка \ Пояснювальна записка.doc.

2.6. Питання для самоперевірки

1. Сформулюйте мету розділу.
2. Які завдання проектування вирішувалися при виконанні цієї роботи?
3. Для чого призначена нерухома щока дробарки.
4. Назвіть склад нерухомої щоки дробарки.
5. Які методи використовувалися і як визначалися геометричні параметри корпусу нерухомої щоки ЩДП в якості вихідних даних?
6. З яких умов міцності визначаються геометричні розміри корпусу нерухомої щоки ЩДП?
7. Які технології SolidWorks використовувалися при створенні моделі корпусу нерухомої щоки?
8. Яке призначення рівнянь при побудові корпусу нерухомої щоки?
9. Обґрунтуйте прийняту для міцнісного аналізу модель щоки.
10. Які технології SolidWorks використовувалися при виконанні перевірного розрахунку, і які граничні умови при цьому накладалися?
11. Яке призначення перевірного розрахунку при проектуванні корпусу нерухомою щоки
12. Яким чином уточняється розмір товщини корпусу нерухомої щоки?

13. Які технології SolidWorks використовувалися при створенні моделі футерівки нерухомої щоки ЩДП?

14. Які технології SolidWorks використовувалися при створенні моделі складання нерухомої щоки ЩДП?

РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ РУХОМОЇ ЩОКИ ДРОБАРКИ

Мета – розглянути й проаналізувати конструкцію вузла рухомої щоки дробарки за допомогою комп'ютерного моделювання і виконати оптимізацію її корпусу щоки з огляду на цільову функцію забезпечення мінімуму маси вузла та врахування обмежень у вигляді допустимих напружень визначити необхідні конструктивні розміри, створити комп'ютерну модель рухомої щоки, підготувати модель для перевірки.

Об'єкт дослідження – комп'ютерна модель вузла рухомої щоки дробарки.

Предмет дослідження – параметри комп'ютерної моделі вузла рухомої щоки дробарки.

Використані в різних типах досліджень комп'ютерні технології:

- аналіз складання вузла рухомої щоки ЩДП методами програми eDrawing;

- створення за допомогою програми SolidWorks твердотільної моделі вузла рухомої щоки дробарки;

- міцнісний і деформаційний аналіз корпусу рухомої щоки дробарки шляхом застосування засобів програми SolidWorks Simulation;

- оптимізація моделі корпусу рухомої щоки з огляду на цільову функцію забезпечення мінімуму маси та врахування обмежень у вигляді допустимих напружень;

- висхідне й спадне проектування складальних одиниць;

- моделювання футерувального покриття з урахуванням особливостей складання вузла рухомої щоки;

- проектування стандартних виробів з використанням додатку Toolbox програми SolidWorks;

- програмні інструменти «Перетворення об'єктів» і «Зсув об'єкта»;

- програмні елементи «Масив, керований ескізом» і «Дзеркальне відображення»;

- у моделюванні болтових з'єднань футерівки з корпусом, у складі яких болт, пружинна шайба і гайка – інструмент «Масив компонентів, керований масивом», а кришки сухаря і корпусу – інструмент «Дзеркально відобразити компоненти».

3.8. Контрольні запитання

1. З яких матеріалів виготовляють деталі рухомої щоки?
2. Опишіть алгоритм побудови комп'ютерної моделі корпусу рухомої щоки.
3. Опишіть алгоритм проведення оптимізаційної задачі корпусу рухомої щоки дробарки.
4. Опишіть алгоритм побудови комп'ютерної моделі футерівки.
5. Опишіть алгоритм складання футерувального покриття з корпусом.
6. Як здійснюється вибір шпонки?
7. Опишіть алгоритм побудови комп'ютерної моделі осі рухомої щоки.
8. Опишіть алгоритм побудови комп'ютерної моделі кришки сухаря щоки.
9. Опишіть алгоритм побудови комп'ютерної моделі сухаря рухомої щоки.

Відповіді на питання подайте у вигляді текстового документа під назвою
 Н: \ Дробарка \ Пояснювальна записка.doc.

3.9. Питання для самоперевірки

1. Сформулюйте мету розділу.
2. Які завдання проєктування вирішувалися при виконанні цієї роботи?
3. Для чого призначена рухома щока дробарки.
4. Назвіть склад рухомої щоки дробарки.
5. З яких умов міцності визначаються геометричні розміри елементи рухомої щоки ЩДП?
6. Які методи використовувалися і як визначалися геометричні параметри корпусу рухомої щоки ЩДП в якості вихідних даних?
7. Які технології SolidWorks використовувалися при створенні моделі корпусу рухомої щоки?
8. Обґрунтуйте прийняту для міцнісного аналізу модель щоки.
9. Які технології SolidWorks використовувалися при виконанні перевірного розрахунку, і які граничні умови при цьому накладалися?
10. Яке призначення перевірного розрахунку при проєктуванні корпусу рухомою щоки
11. Яким чином обирається схема реберного підкріплення рухомої щоки?
12. Які технології SolidWorks використовувалися при створенні моделі футерівки рухомої щоки ЩДП?
13. Які технології SolidWorks використовувалися при створенні моделі складання рухомої щоки ЩДП?

14. Які технології SolidWorks використовувалися при створенні моделі осі рухомої щоки ЩДП?

15. Які технології SolidWorks використовувалися при створенні моделі кришки сухаря рухомої щоки ЩДП?

16. Які технології SolidWorks використовувалися при створенні моделі сухаря рухомої щоки ЩДП?

РОЗДІЛ 4. ПРОЄКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ ШАТУНА ЩОКОВОЇ ДРОБАРКИ

Мета – розглянути й проаналізувати конструкцію вузла шатуна ШДП за допомогою комп'ютерної моделі та виконати оптимізацію його корпусу і кришки з метою забезпечення мінімуму маси, враховуючи обмеження у вигляді допустимих напружень, визначити необхідні конструктивні розміри, створити комп'ютерну модель шатуна, підготувати її до перевірки.

Об'єкт дослідження – комп'ютерна модель вузла шатуна ШДП.

Предмет дослідження – параметри комп'ютерної моделі вузла шатуна ШДП.

Використовувані комп'ютерні технології:

- аналіз процесу складання вузла шатуна ШДП методами ресурсу eDrawing;
- побудова компонувальних ескізів моделі шатуна;
- створення за допомогою засобів програми SolidWorks твердотільної моделі вузла шатуна ШДП;
- міцнісний і деформаційний аналіз розрахункової моделі шатуна ШДП із застосуванням додатку SolidWorks Simulation;
- оптимізація корпусу і кришки шатуна з огляду на цільову функцію забезпечення мінімуму маси та врахування обмежень у вигляді допустимих напружень;
- висхідне та спадне проєктування складальних одиниць;
- моделювання кришок сухаря з урахуванням особливостей складання вузла шатуна;
- застосування технологій додатку програми SolidWorks Toolbox для проєктування стандартних виробів.

4.1. Розрахунок болтового з'єднання кришки і корпусу шатуна

Шатун зазнає дії розтягування силою F_e , що визначена в розділі 1 та сили власної ваги. На етапі попереднього проєктування передбачимо що вага корпусу шатуна дорівнює вазі рухомої щоки, тобто

$$F_{ки} = F_e + g \cdot m_{рц} . \quad (4.1)$$

Через болти зусилля розтягання передається на кришку шатуна, яка спирається на роликові підшипники ексцентрикової частини вала. Під дією

5. З яких умов міцності визначаються геометричні розміри елементи шатуна ЩДП?

6. Які методи використовувалися і як визначалися геометричні параметри корпусу шатуна ЩДП в якості вихідних даних?

7. Які технології SolidWorks використовувалися при створенні моделі шатуна?

8. Обґрунтуйте прийняту для міцнісного аналізу модель шатуна.

9. Які технології SolidWorks використовувалися при виконанні перевірного розрахунку, і які граничні умови при цьому накладалися?

10. Яке призначення перевірного розрахунку при проєктуванні шатуна?

11. Які технології SolidWorks використовувалися при створенні моделі вала шатуна ЩДП?

12. Які технології SolidWorks використовувалися при створенні моделі складанної одиниці шатуна ЩДП?

13. Які технології SolidWorks використовувалися при створенні моделі кришки сухаря шатуна ЩДП?

14. Які технології SolidWorks використовувалися при створенні моделі сухаря шатуна ЩДП?

РОЗДІЛ 5. ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ УПОРНОГО ВУЗЛА

Мета – розглянути й проаналізувати конструкцію упорного вузла ШДП за допомогою комп'ютерного моделювання і виконати його оптимізацію, забезпечивши цільову функцію досягнення мінімуму маси з обмеженнями у вигляді допустимих напружень; визначити необхідні конструктивні розміри вузла.

Об'єкт дослідження – комп'ютерна модель упорного вузла щокової дробарки.

Предмет дослідження – параметри комп'ютерної моделі упорного вузла ШДП.

Використовувані комп'ютерні технології:

- аналіз складання упорного вузла ШДП методами програми eDrawing;
- створення за допомогою засобів SolidWorks твердотільної моделі упорного вузла ШДП;
- міцнісний та деформаційний аналіз розрахункової моделі упорного вузла ШДП, із застосуванням додатку програми SolidWorks Simulation;
- оптимізація упорного вузла з цільовою функцією забезпечення мінімуму маси та врахування обмежень у вигляді допустимих напружень;
- висхідне и спадне проектування складальних одиниць;
- моделювання кришок сухаря в «контексті» складальної одиниці упорного вузла;
- технології ресурсу Toolbox при проектуванні стандартних виробів.

5.1. Проектування горизонтального клина

Для виготовлення горизонтального клина передбачено сталь 25Л.

Створення моделі почнемо з формування місця під сухар (рис. 5.1). Зображуємо контур клина, скориставшись заданими розмірами, і витягуємо ескіз на відстань $L - 20$ мм (рис. 5.2). На верхній грані клина моделюємо напрямні пази глибиною 10 мм і шириною l_F (рис. 5.3).

Аналогічно проектуванню кришки сухаря рухомої щоки (розділ 3). Для виготовлення кришок передбачимо вальцювальний лист товщиною 10 мм, а для кріплення їх до корпусу – болт М16.

Моделюємо виріз під кришку. Його глибина дорівнює сумі значень товщини листа, гровера й головки болта. Спроекуємо 3 отвори під болти. Виконаємо дзеркальне зображення отворів під болти й під кришку стосовно площини «Спереду».



Рис. 5.14

5.5. Побудова комп'ютерної моделі складальної одиниці упорного вузла щоквої дробарки

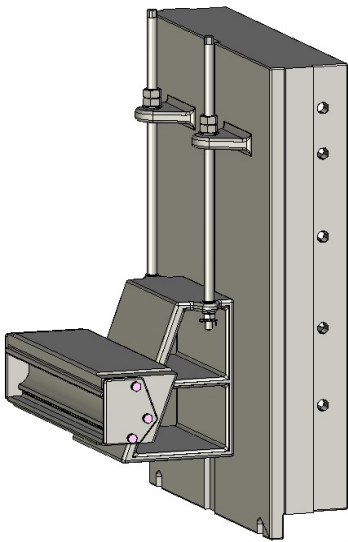


Рис. 5.15

Створимо модель складальної одиниці та вставимо в неї моделі упорної плити, горизонтального та вертикального клинів, а також регульовальну тягу. Першу деталь будемо розміщувати в «Дереві конструювання», щоб вона була пов'язана із світовою системою координат. З'єднуємо деталі між собою.

Змоделюємо захисну кришку сухаря. Задля цього в «контексті» складальної одиниці, відповідно до спроектованого вирізу змоделюємо зазначену кришку, та встановлення в ній болтів і дзеркально відобразимо отриману модель відносно площині «Спереду» упорної плити. Використаємо зображення сухарів, спроектованих в розділі 3 (рис. 5.15).

Спроектуюмо на упорній плиті монтажні петлі. Для виготовлення зазначених деталей обираємо матеріал (Литу вуглецеву сталь). Визначаємо масу складальної одиниці упорного вузла. Розміри петлі (рис. 5.16) вузла розрахуємо за такою формулою:

$$\sigma_{cm} = \frac{m_{yg}}{4 \cdot \pi \cdot d^2} \cdot g \cdot 4 \leq [\sigma_{cm}] \quad (5.1)$$

де d – діаметр поперечного перерізу монтажної петлі; допустиме напруження на розтягнення-стиснення $[\sigma_{сж}] = 74$ МПа.

5.6. Контрольні запитання

1. З яких матеріалів виготовляють деталі упорного вузла?
2. Опишіть алгоритм побудови комп'ютерної моделі горизонтального клина.

3. Опишіть алгоритм побудови комп'ютерної моделі вертикального клина.
4. Опишіть алгоритм проведення оптимізаційної задачі вертикального клина вузла.
5. Опишіть алгоритм побудови комп'ютерної моделі упорної плити.
6. Опишіть алгоритм проведення оптимізаційної задачі упорної плити.
7. Чому дорівнює параметр δ упорної плити?
8. Опишіть алгоритм побудови комп'ютерної моделі регулювальної тяги.
9. Опишіть алгоритм складання вузла.

Відповіді на питання подайте у вигляді текстового документа під назвою
H: \ Дробарка \ Пояснювальна записка.doc.

5.7. Питання для самоперевірки

1. Сформулюйте мету розділу.
2. Які завдання проєктування вирішувалися при виконанні цієї роботи?
3. Для чого призначений упорний вузол дробарки.
4. Назвіть склад упорного вузла дробарки.
5. Які методи використовувалися і як визначалися геометричні параметри горизонтального клина?
6. З яких умов міцності визначаються геометричні розміри горизонтального клина ЩДП?
7. Які технології SolidWorks використовувалися при створенні моделі упорної плити?
8. Які методи використовувалися і як визначалися геометричні параметри вертикального клина?
9. Які технології SolidWorks використовувалися при створенні моделі вертикального клина?
10. Обґрунтуйте прийняту для міцнісного аналізу модель вертикального клина.
11. Які технології SolidWorks використовувалися при виконанні перевірного розрахунку упорної плити, і які граничні умови при цьому накладалися?
12. Яке призначення перевірного розрахунку при проєктуванні вертикального клина?
13. Які методи використовувалися і як визначалися геометричні параметри упорної плити ЩДП?
14. З яких умов міцності визначаються геометричні розміри упорної плити ЩДП?

15. Які технології SolidWorks використовувалися при створенні моделі упорної плити?

16. Яке призначення рівнянь при побудові упорної плити?

17. Обґрунтуйте прийняту для міцнісного аналізу модель плити.

18. Які технології SolidWorks використовувалися при виконанні перевірного розрахунку упорної плити, і які граничні умови при цьому накладалися?

19. Яке призначення перевірного розрахунку при проєктуванні упорної плити?

20. Яким чином уточняється розмір товщини упорної плити?

21. Які технології SolidWorks використовувалися при створенні моделі складаної одиниці упорного вузла ЩДП?

РОЗДІЛ 6. ПРОЄКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ БОКОВИН СТАНИНИ ДРОБАРКИ

Мета – розглянути й проаналізувати конструкцію боковин станини ЩДП за допомогою комп'ютерного моделювання та виконати оптимізацію параметрів боковин з цільовою функцією досягнення мінімуму маси об'єкта та урахування обмежень у вигляді допустимих напружень, визначивши необхідні конструктивні розміри, побудувати комп'ютерну модель дробарки та підготувати її до перевірки.

Об'єкт дослідження – комп'ютерна модель боковин станини ЩДП.

Предмет дослідження – параметри комп'ютерної моделі боковин станини ЩДП.

Використовувані комп'ютерні технології:

- аналіз складальної одиниці ЩДП за допомогою методів програми eDrawing;
- засоби програми SolidWorks у побудові твердотільної моделі боковин станини ЩДП;
- міцнісний і деформаційний аналіз розрахункової моделі боковин ЩДП з використанням програми SolidWorks Simulation;
- оптимізація параметрів моделі боковин з цільовою функцією досягнення мінімуму маси об'єкта та врахування обмежень у вигляді допустимих напружень;
- моделювання болтових з'єднань з огляду особливостей складання дробарки.

6.1. Побудова комп'ютерної моделі складальної одиниці дробарки

Сполучаємо всі спроектовані вузли дробарки (Щока нерухома.sldasm. Щока рухома.sldasm. Вузол шатуна.sldasm. Передня розпірна плита.sldprt. Задня розпірна плита.sldprt. Упорний вузол.sldasm) в єдину складальну одиницю (рис. 6.1), забезпечуючи збіг площин симетрії вузлів з площиною «Спереду» цієї одиниці. Встановлюємо вертикальне й горизонтальне положення осей

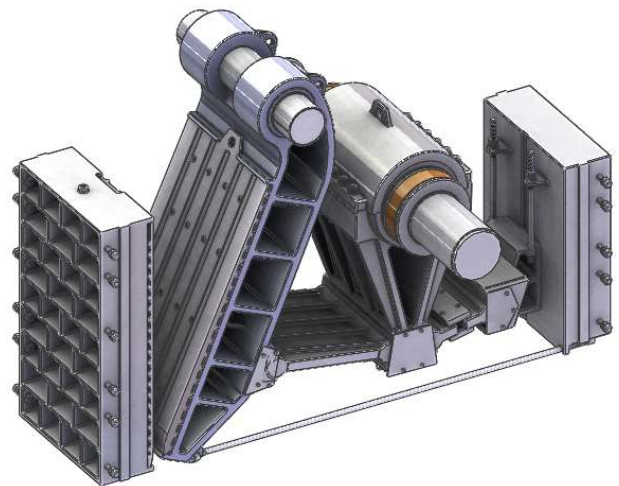


Рис. 6.1

6.3. Контрольні запитання

1. З яких матеріалів виготовляють деталі станини?
2. Опишіть алгоритм складання дробарки.
3. Опишіть алгоритм побудови комп'ютерної моделі верхньої боковини.
4. Опишіть алгоритм побудови комп'ютерної моделі нижньої боковини.
5. Опишіть алгоритм проведення оптимізаційної задачі станини.

Відповіді на питання подайте у вигляді текстового документа під назвою
H: \ Дробарка \ Пояснювальна записка.doc.

6.4. Питання для самоперевірки

1. Сформулюйте мету розділу.
2. Які завдання проектування вирішувалися при виконанні цієї роботи?
3. Для чого призначена станина дробарки.
4. Назвіть склад станини дробарки.
5. Які методи використовувалися і як визначалися геометричні параметри верхньої та нижньої боковин?
6. З яких умов міцності визначаються геометричні розміри верхньої та нижньої боковин ЩДП?
7. Які технології SolidWorks використовувалися при створенні моделей верхньої та нижньої боковин?
8. Обґрунтуйте прийняту для міцнісного аналізу модель станини.
9. Які технології SolidWorks використовувалися при виконанні перевірного розрахунку станини, і які граничні умови при цьому накладалися?
10. Яке призначення перевірного розрахунку при проектуванні станини?
11. Які технології SolidWorks використовувалися при створенні моделі складаної одиниці ЩДП?

РОЗДІЛ 7. СТВОРЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НА ЗМОДЕЛЬОВАНІ ОБ'ЄКТИ

Мета – оформлення специфікації, складальних креслеників і деталювання вузлів щоки, креслеників загального вигляду дробарки, підготувати їх до перевірки.

Використовувані комп'ютерні технології:

- налаштування шаблону креслеників за вимогами ЄСКД;
- виконання проєкційних видів об'єктів, розрізів, перерізів і місцевих видів твердотільної моделі;
- проставлення позицій у переліку деталей;
- визначення масових характеристик об'єктів моделювання;
- перенесення розмірів з моделі на кресленик;
- простановка величин шорсткості, допусків, посадок і відхилень форми;
- використання умовних позначень нарізі, центрів отворів та осьових ліній;
- налаштування позначень радіусів заокруглень та діаметрів;
- використання властивостей моделі для заповнення полів рамки кресленика.

Щокова дробарка призначена для подрібнення породи, руди та інших матеріалів шляхом роздавлювання шматків унаслідок зменшення (зміни) ширини робочого простору між її елементами, один з яких нерухомий, а інший робить коливальні рухи.

Нерухома щока 1 є одночасно упорною поверхнею, яка сприймає зусилля дробіння, і передньою стінкою корпусу дробарки. Останній складається з двох бічних стінок (лівої 15, 17 і правої 14, 16), передньої 1 та задньої стінок 4. Кожна бокова стінка, з огляду на великі розміри складається з двох частин: боковини верхньої правої 14, боковини нижньої правої 16 і боковини верхньої лівої 15, боковини нижньої лівої 17, скріплених між собою болтовим та шпонковим з'єднанням. На всіх боковинах із середини на кінцях зроблено вертикальні пази, у які вставляються виступи щоки нерухомої (передньої стінки) і стінки задньої. Додатково боковини, стінка задня та щока нерухома кріпляться між собою болтами з гайками. У верхній частині лівої та правої боковин встановлено основи корпусів підшипників ковзання і основи корпусів підшипників кочення. У корпуси підшипників ковзання вмонтовано цапфи щоки рухомої 2, а в корпусах підшипників кочення закріплено вал шатуна 3.

Укладачі

Костянтин Сергійович **Заболотний**

Олена Володимирівна **Панченко**

**Методи моделювання при проєктуванні машин:
ПРИКЛАД ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСА
SOLIDWORKS EDUCATION EDITION
ПРИ ВИКОНАННІ ПРОЄКТА ЩОКОВОЇ ДРОБАРКИ**

Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт
студентами спеціальності 133 Галузеве машинобудування

Редактор О.Н. Ільченко

Підписано до видання 02.09.2019

Електронний ресурс. Авт. арк. 5,0

Підготовлено до виходу в світ
у Національному технічному університеті
«Дніпровська політехніка».

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842 49005,
м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19