

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

**ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ МАШИН**

**Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт  
студентами спеціальності 133 Галузеве машинобудування**

Дніпро  
НТУ «ДП»  
2019

### **Заболотний К.С.**

Основи проєктування машин. 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. – 70 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 основи методів системного проєктування машин на прикладі виконання проєкту привода щоквої дробарки з простим рухом щоки. 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

## ЗМІСТ

Передмова .....	5
1. Аналіз комп'ютерної моделі механізму дробарки з простим рухом щоки.....	6
1.1. Вивчення конструкції щоків дробарки з простим рухом щоків .....	6
1.2. Вибір варіанта індивідуального завдання .....	10
1.3. Визначення геометричних параметрів щоків 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. Приклад визначення параметрів розрахункової моделі ЩДП.....	18
1.6.1. Приклад визначення геометричних параметрів щоків дробарки за даними варіанта індивідуального завдання.....	18
1.6.2. Приклад визначення за відомими розмірами механізму положення його нерухомих опор і величину ексцентриситету .....	19
1.6.3. Приклад визначення статичних зусиль, що виникають у вузлах дробарки, та врівноважувального зусилля, яке діє на ексцентрик .....	20
1.6.4. Контрольні запитання.....	21
1.7. Питання для обґрунтованих відповідей.....	22
2. Проектування приводу дробарки.....	24
2.1. Вибір двигуна .....	24
2.2. Розрахунок параметрів клинопасової передачі.....	24
2.3. Проектування шківів.....	37
2.3.1. Розрахункові параметри проєктованого елемента .....	37
2.3.2. Розрахунок параметрів вала під шків .....	39
2.3.3. Побудова моделі шківів та шківів-маховиків.....	46
2.3.4. Побудова моделі ведучого шківів .....	48
2.4. Побудова комп'ютерної моделі приводу дробарки .....	49
2.5. Приклад визначення параметрів приводу дробарки .....	50
2.5.1. Приклад визначення параметрів двигуна та клинопасової передачі .....	50
2.5.2. Приклад проєктування шківів .....	51
2.5.3. Приклад побудови комп'ютерної моделі приводу.....	53

2.5.4. Контрольні запитання.....	57
2.6. Питання для обґрунтованих відповідей.....	58
3. Створення технічної документації на змодельовані об'єкти за допомогою програми SOLIDWORKS .....	60
3.1. Налаштування шаблону креслеників за вимогами ЄСКД .....	61
3.2. Оформлення специфікації, складальних креслеників і деталювання приводу дробарки.....	65

*Повна версія документа знаходиться:*

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

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

## ПЕРЕДМОВА

Для того щоб орієнтуватися в світі техніки, що безперервно оновлюється, фахівець, який займається проектуванням, конструюванням машин, повинен мати спеціальну підготовку в області методологія проектування і конструювання. В даному курсі викладаються загальні напрями вдосконалення машин, викладено принципи оптимального проектування, автоматизації проектування.

На лабораторних роботах студенти набувають практичних навичок в розробці проекту машини з використанням сучасних технологій моделювання в комплексі SolidWorks Education Edition.

Мета дисципліни – формування компетентностей, щодо основних методів системного проектування машин, технології докорінної перебудови роботи машинобудівних підприємств, що базуються на організаційній зміні й використанні інформаційних технологій. Набути практичних навичок в розробці проекту машини з використанням сучасних технологій моделювання 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 частини 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

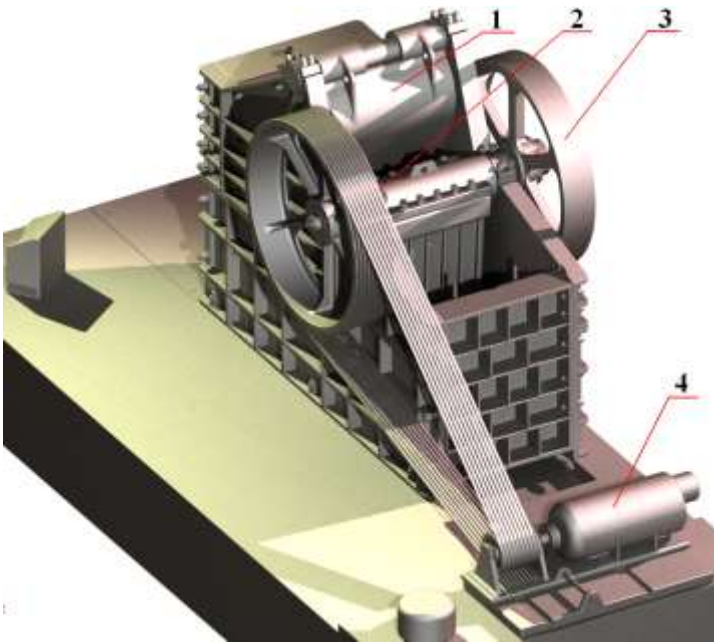


Рис. 1.5

За один оберт ексцентрикового вала рухома щока 1 (рис. 1.5) здійснює два повних коливання, тобто відбувається наближення до рухомої щоки (хід стиснення) і відхід від неї (холостий хід). Це викликає нерівномірне навантаження на привідний двигун 4. Для уникнення цього ефекту ексцентриковий вал було обладнано масивними маховиками, у яких зосереджується енергія в момент холостого ходу та віддається під час ходу

стиснення. На один кінець ексцентрикового вала насаджено шків-маховик 2, а на другий – маховик 3.

Задня розпірна плита (рис. 1.6) являє собою не тільки ланку, що передає зусилля до робочого органа, одночасно вона виконує функцію запобіжника всього механізму дробарки. У тих випадках, коли в камеру дробіння пристрою разом із рудою потрапляють металеві предмети, то зусилля, що при цьому виникають в усіх ланках механізму, можуть перевершити допустиму розрахункову межу. Аби запобігати руйнуванню деталей механізму задню плиту спеціально виготовляють менш міцною (у розрахунку зниженого приблизно на 1/3 запасу міцності). При появі в робочій зоні дробарки металевих деталей ця плита автоматично зрізається, чим захищає від аварії машину. Після звільнення робочої зони від сторонніх предметів зламану плиту замінюють новою.

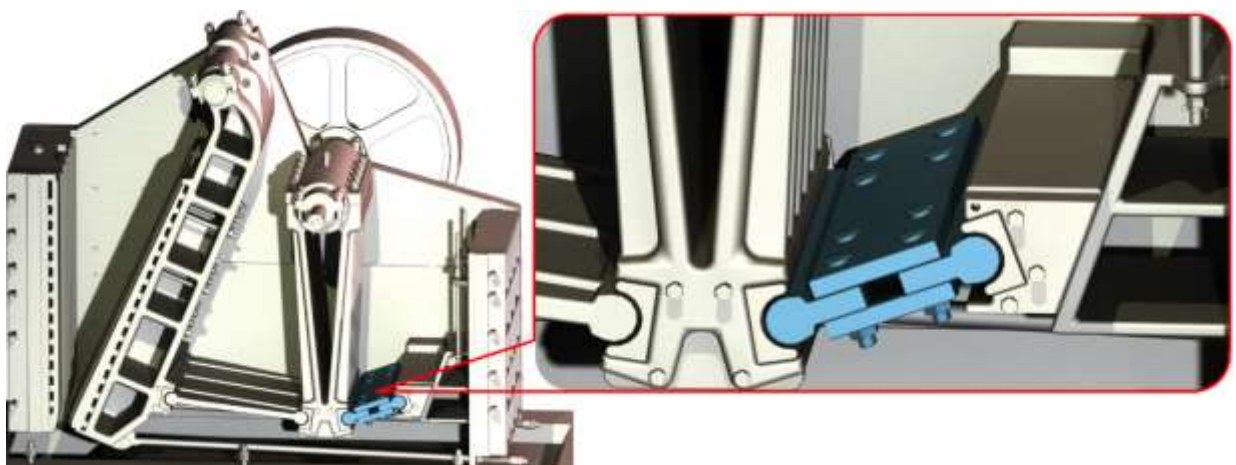


Рис. 1.6



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. Приклад визначення параметрів розрахункової моделі ЩДП

### 1.6.1. Приклад визначення геометричних параметрів цюкові дробарки за даними варіанта індивідуального завдання

Для індивідуального варіанта необхідно визначим довжину кожної ланки і координати нерухомих опор дробарки ЩДП. Задля цього скориставшись номером варіанту  $i$  формул (1.1)–(1.2), (1.4)–(1.5), обчислюємо у пакеті програм Mathcad. Екранну форми розрахунку наведено на рис. 1.12.

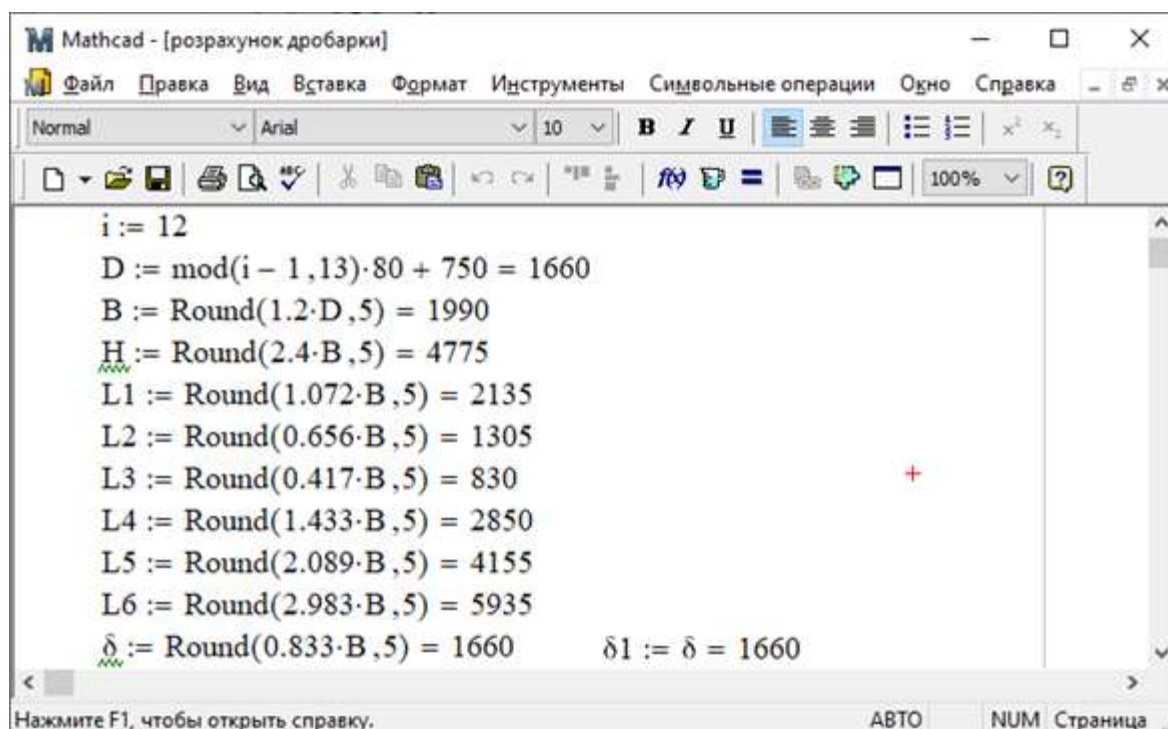


Рис. 1.12

статики (рівняння моментів) стосовно нерухомих опор  $O1$  і  $O2$ , а сили  $R1$  і  $Fe$  – результат суми двох векторів  $\vec{Q}$  і  $\vec{F}1$ , а також  $\vec{F}1$  і  $\vec{F}2$ , відповідно.

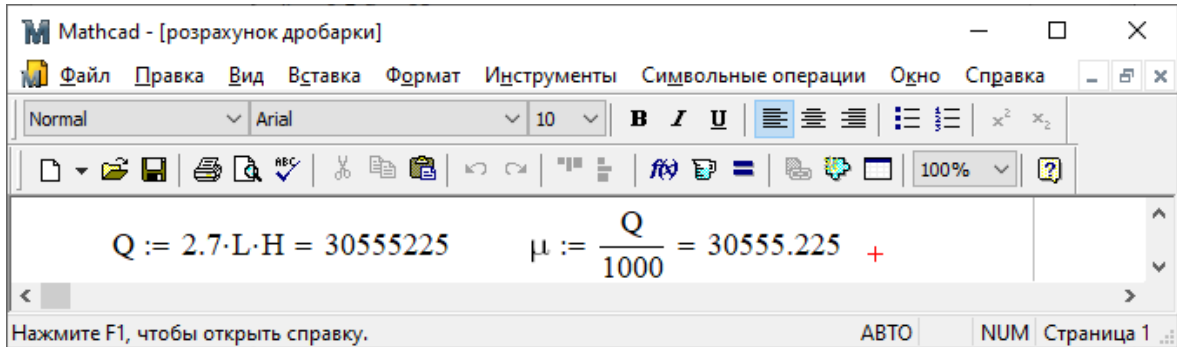


Рис. 1.15

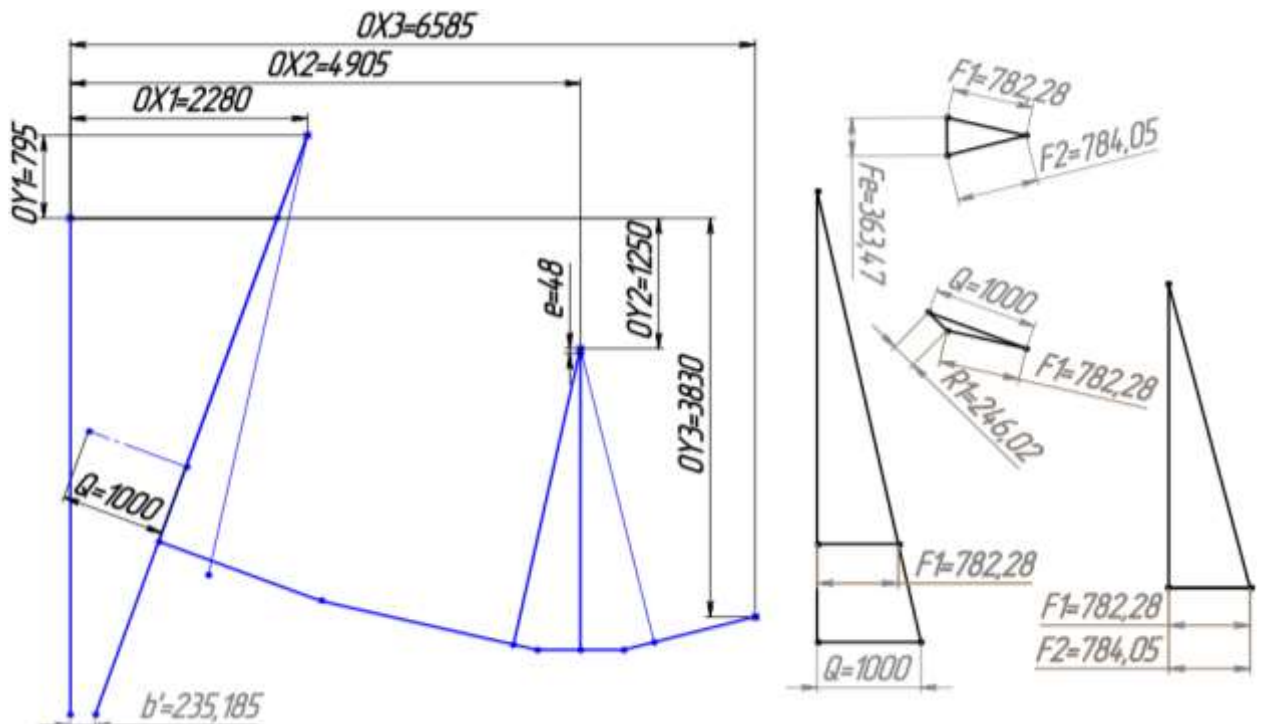


Рис.1.16

Знайдені значення зусиль обчислені з урахуванням перевідного коефіцієнта, збережемо в документі під назвою Н:\Дробарка\розрахунок дробарки.mcd, як наведено на рис. 1.17.

Надалі будемо використовувати ці результати для міцнісного розрахунку вузлів дробарки.

#### 1.6.4. 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?

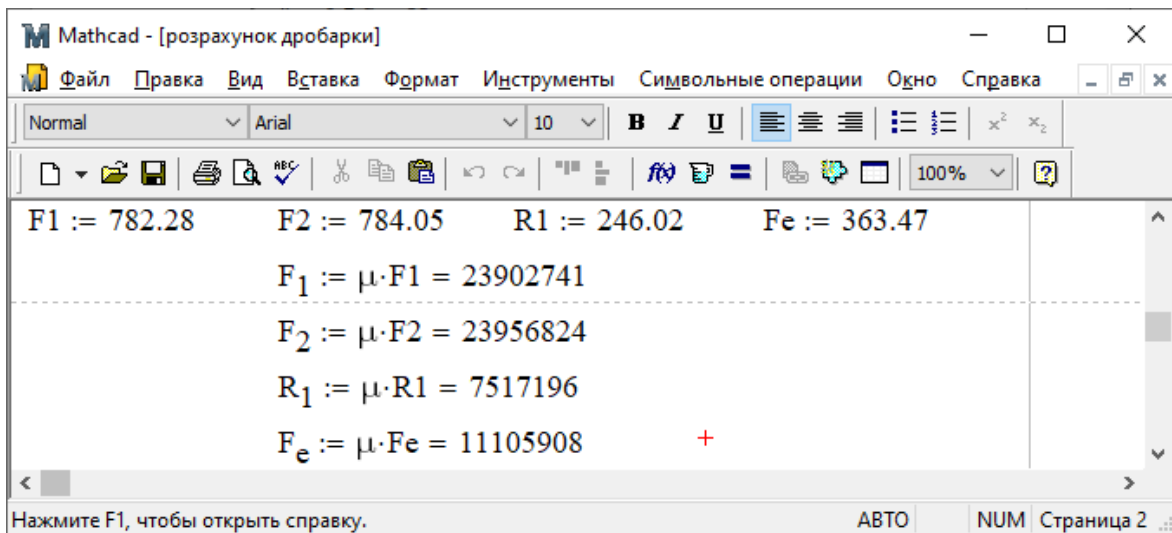


Рис.1.17

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 обґрунтованих відповідей***

1. Сформулюйте мету розділу.
2. Які завдання проєктування 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?

## РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ ПРИВОДУ ДРОБАРКИ

Мета – розглянути й проаналізувати конструкцію приводу ШДП за допомогою комп'ютерного моделювання та виконати оптимізацію маховика з цільовою функцією досягнення мінімуму його маси та врахування обмежень у вигляді допустимих напружень, а також визначити необхідні конструктивні розміри приводу створити його комп'ютерну модель, підготувавши модель до перевірки.

Об'єкт дослідження – комп'ютерна модель приводу ШДП.

Предмет дослідження – параметри комп'ютерної моделі приводу ШДП.

Використовувані комп'ютерні технології:

- аналіз складання приводу ШДП із застосуванням методів програми eDrawing;
- створення твердотільної моделі приводу ШДП за допомогою засобів SolidWorks;
- побудова конфігурацій шківів, шківів-маховиків та ведучого шківів приводу;
- міцнісний і деформаційний аналіз розрахункової моделі шківів-маховиків ШДП за допомогою засобів програми SolidWorks Simulation;
- оптимізація моделі шківів-маховиків з цільовою функцією досягнення мінімуму його маси та врахування обмежень у вигляді допустимих напружень;
- моделювання пасів приводу «в контексті» складальної одиниці дробарки;
- застосування інструментів «Витягнути по траєкторії», «Витягнути по перетину» і «Круговий масив».
- технології ресурсу Toolbox у проектуванні стандартних виробів.

### **2.1. Вибір двигуна**

За розрахованими значеннями потужності приводу  $N$  і частоти обертання ексцентрикового вала шатуна  $n$  вибираємо з каталогу низькочастотний електродвигун з фазним ротором (табл. 2.1 і 2.2).

### **2.2. Розрахунок параметрів клинопасової передачі**

Перетин паса визначимо відповідно до даних рис. 2.1. Якщо потужність приводу перевищує 200 кВт, то застосовують паси, перетин яких відповідає маркуванню  $EO (E)$ .

$$\delta = \left( \frac{i}{i_{розр}} - 1 \right) \cdot 100 \% \leq 3 \% . \quad (2.4)$$

Лінійну швидкість паса обчислимо за такою формулою

$$v = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n_{дв}}{60000} \leq 30 \text{ м/с}. \quad (2.5)$$

З огляду на таку умову:  $0,7 \cdot (D_1 + D_2) < a < 2 \cdot (D_1 + D_2)$ , обчислюємо мінімальну та максимальну міжцентрову відстань шківів взявши її середнє значення.

З огляду на взятую величину міжцентрової відстані визначимо розрахункову довжину паса таким чином:

$$L_n^* = 2 \cdot a + \frac{\pi}{2} (D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4 \cdot a}. \quad (2.6)$$

Округлимо отриманий результат до найближчого числа  $L_n$  в ГОСТ 1284.1-89 (табл. 2.4). Тоді номінальна міжцентрова відстань

$$a_{ном} = 0,25 \left( L_n - \pi \frac{D_1 + D_2}{2} + \sqrt{\left( L_n - \pi \frac{D_1 + D_2}{2} \right)^2 - 8 \cdot \left( \frac{D_2 - D_1}{2} \right)^2} \right). \quad (2.7)$$

Перевіряємо величину кута обхвату пасом меншого шківа на відповідність такій залежності:

$$\alpha = 180 - 57 \cdot \frac{D_2 - D_1}{a} \geq 110^\circ. \quad (2.8)$$

Якщо цю умову не виконано, то значення параметра  $L_n$  змінюємо.

Для зручності монтажу і зняття пасів встановлюють таке значення мінімальної міжосьової відстані

$$a_{\min} = a_{ном} - 0,01 \cdot L_n. \quad (2.9)$$

Максимальна міжосьова відстань важлива для створення натягу й підтягування паса, параметр має відповідати такому значенню:

Таблиця 2.4

Расчетная длина ремня, мм	Сечение ремня				Расчетная длина ремня, мм	Сечение ремня			
	<i>C(B)</i>	<i>D(Г)</i>	<i>E(Д)</i>	<i>EO(E)</i>		<i>C(B)</i>	<i>D(Г)</i>	<i>E(Д)</i>	<i>EO(E)</i>
1800	+				(6000)	+	+	+	
(1900)	+				6300	+	+	+	+
2000	+				(6700)	+	+	+	+
(2120)	+				7100	+	+	+	+
2240	+	+			(7500)	+	+	+	+
(2360)	+	+			8000	+	+	+	+
2500	+	+			(8500)	+	+	+	+
(2650)	+	+			9000	+	+	+	+
2800	+	+			(9500)	+	+	+	+
(3000)	+	+			10000	+	+	+	+
3150	+	+			(10600)	+	+	+	+
(3350)	+	+			11200		+	+	+
3550	+	+			(11800)		+	+	+
(3750)	+	+			12500		+	+	+
4000	+	+	+		(13200)		+	+	+
(4250)	+	+	+		14000		+	+	+
4500	+	+	+		(15000)		+	+	+
(4750)	+	+	+		16000			+	+
5000	+	+	+		(17000)			+	+
(5300)	+	+	+		18000			+	+
5600	+	+	+						

$$a_{\max} = a_{\text{ном}} + 0,025 \cdot L_n. \quad (2.10)$$

Необхідна кількість пасів у приводі

$$K = \frac{N \cdot C_p}{P_0 \cdot C_\alpha \cdot C_L \cdot C_K}, \quad (2.11)$$

тут  $C_p = 2$ ,  $P_0$ ,  $C_\alpha$ ,  $C_L$ ,  $C_K$  – значення беремо з до табл. 2.5 – 2.11. Обираючи значення параметра  $C_K$ , передбачаємо, що  $K \geq 6$ . За необхідності після розрахунку коригуємо величину цього параметра.

Попередня величина натягу гілки одного паса

Таблиця 2.5. Номінальна потужність, кВт, що передається одним пасом перетину  $C(B)$

$D_1$ , мм	$i$	Частота обертання меншого шківa, $\text{хв}^{-1}$																	
		50	100	200	300	400	500	600	700	800	950	1000	1100	1200	1300	1450	1600	1800	2000
$l$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>200</b>	<b>1,00</b>	0,44	0,79	1,39	1,92	2,41	2,87	3,30	3,69	4,07	4,58	4,73	5,03	5,29	5,53	5,84	6,07	6,28	6,34
	<b>1,05</b>	0,46	0,81	1,44	1,99	2,50	2,97	3,41	3,81	4,21	4,74	4,90	5,20	5,48	5,73	6,04	6,29	6,50	6,57
	<b>1,20</b>	0,47	0,84	1,48	2,06	2,58	3,07	3,53	3,95	4,35	4,80	5,06	5,38	5,66	5,92	6,25	6,50	6,72	6,79
	<b>1,50</b>	0,49	0,87	1,53	2,12	2,67	3,17	3,64	4,08	4,49	5,06	5,23	5,55	5,85	6,11	6,45	6,71	6,94	7,01
	<b>≥3,00</b>	0,51	0,90	1,58	2,19	2,75	3,27	3,76	4,21	4,64	5,22	5,40	5,73	6,03	6,31	6,66	6,93	7,16	7,23
<b>224</b>	<b>1,00</b>	0,53	0,95	1,70	2,37	2,99	3,58	4,12	4,64	5,12	5,78	5,98	6,36	6,70	7,01	7,45	7,75	8,00	8,00
	<b>1,05</b>	0,55	0,99	1,76	2,45	3,10	3,70	4,27	4,80	5,30	5,98	6,19	6,58	6,94	7,26	7,71	8,02	8,28	8,35
	<b>1,20</b>	0,57	1,02	1,82	2,54	3,20	3,83	4,41	4,96	5,47	6,18	6,40	6,81	7,18	7,55	7,97	8,29	8,56	8,63
	<b>1,50</b>	0,59	1,05	1,88	2,62	3,31	3,95	4,56	5,12	5,65	6,38	6,61	7,03	7,45	7,80	8,23	8,56	8,84	8,91
	<b>≥3,00</b>	0,61	1,09	1,94	2,70	3,41	4,08	4,70	5,29	5,83	6,58	6,82	7,25	7,69	8,04	8,49	8,83	9,12	9,19
<b>250</b>	<b>1,00</b>	0,63	1,13	2,03	2,85	3,62	4,33	5,00	5,64	6,23	7,04	7,29	7,79	8,21	8,58	9,04	9,38	9,63	9,62
	<b>1,05</b>	0,65	1,17	2,11	2,95	3,74	4,48	5,18	5,83	6,45	7,28	7,59	8,07	8,50	8,88	9,36	9,71	9,96	9,95
	<b>1,20</b>	0,67	1,21	2,18	3,05	3,87	4,64	5,35	6,03	6,66	7,58	7,84	8,34	8,78	9,18	9,67	10,03	10,30	10,20
	<b>1,50</b>	0,69	1,25	2,25	3,15	4,00	4,79	5,53	6,23	6,88	7,82	8,10	8,61	9,07	9,48	9,99	10,36	10,63	10,62
	<b>≥3,00</b>	0,71	1,28	2,32	3,25	4,12	4,94	5,71	6,43	7,10	8,07	8,35	8,88	9,36	9,78	10,30	10,69	10,97	10,96
<b>280</b>	<b>1,00</b>	0,74	1,34	2,42	3,40	4,32	5,19	6,00	6,76	7,52	8,49	8,78	9,32	9,81	10,22	10,72	11,00	11,22	11,04
	<b>1,05</b>	0,76	1,38	2,50	3,52	4,48	5,37	6,21	7,00	7,78	8,78	9,06	9,65	10,15	10,58	11,10	11,44	11,61	11,42
	<b>1,20</b>	0,79	1,43	2,59	3,64	4,63	5,55	6,42	7,24	8,04	9,80	9,39	9,97	10,49	10,94	11,47	11,83	12,00	11,81
	<b>1,50</b>	0,81	1,48	2,67	3,76	4,78	5,73	6,63	7,52	8,30	9,37	9,70	10,30	10,82	11,29	11,84	12,21	12,39	12,19
	<b>≥3,00</b>	0,84	1,52	2,76	3,88	4,93	5,92	6,84	7,76	8,57	9,67	10,00	10,62	11,17	11,65	12,22	12,60	12,79	12,58
<b>315</b>	<b>1,00</b>	0,86	1,57	2,86	4,04	5,14	6,17	7,14	8,09	8,92	10,05	10,38	11,00	11,53	11,97	12,46	12,72	12,67	12,14
	<b>1,05</b>	0,89	1,63	2,96	4,18	5,32	6,39	7,43	8,37	9,24	10,40	10,75	11,38	11,93	12,39	12,89	13,16	13,11	12,56
	<b>1,20</b>	0,92	1,68	3,06	4,32	5,50	6,60	7,68	8,65	9,55	10,75	11,11	11,76	12,33	12,81	13,33	13,60	13,56	12,99
	<b>1,50</b>	0,95	1,74	3,16	4,46	5,68	6,82	7,93	8,93	9,86	11,10	11,47	12,15	12,73	13,22	13,76	14,05	14,00	13,41
	<b>≥3,00</b>	0,98	1,79	3,26	4,60	5,86	7,03	8,18	9,21	10,17	11,45	11,83	12,53	13,14	13,64	14,20	14,49	14,44	13,83

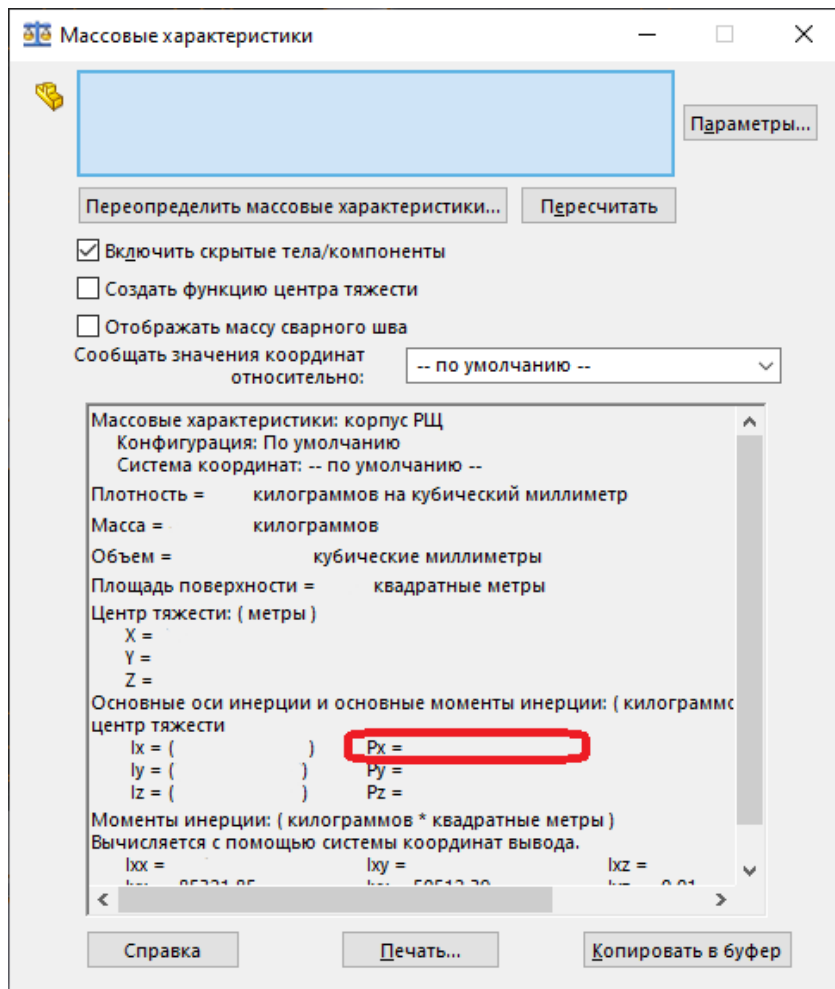


Рис. 2.7

Перевіримо, чи виконується умова, за якою момент інерції відносно осі шківів перевищує або дорівнює знайденому за такою формулою

$$J = \frac{N \cdot \eta}{8 \cdot \pi^2 \cdot n^3 \cdot \psi}, \quad (2.32)$$

де середній ККД дробарки  $\eta = 0,75$ ; ступінь нерівномірності обертання маховика  $\psi = 0,025$ ;  $n$  – частота обертання ексцентрикового вала (об/с),  $N$  – потужність двигуна (Вт). Якщо задану умову не виконано, то збільшуємо величину  $\Delta$  (товщину обода).

Виконаємо конфігурацію моделі «маховик». У ньому за допомогою елемента «Повернутий виріз» моделюємо клинові канавки.

#### 2.3.4. Побудова моделі ведучого шківів

Виконаємо повторний розрахунок зовнішнього і внутрішнього діаметрів ведучого шківів (формули (2.13)–(2.14)) скориставшись заданим значенням  $D_1$ .



Діаметр регулювальної тяги визначають з наступної умови міцності

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot z \cdot F_0}{\pi \cdot [\tau_{зр}]}} \quad (2.33)$$

де  $[\tau_{зр}] = 60$  – допустиме напруження на зріз, МПа;

З умови міцності на розтягнення мінімальний діаметр тяги, мм:

$$d_1 = 2 \cdot \sqrt{\frac{z \cdot F_0}{[\sigma_p]}} \quad (2.34)$$

тут  $[\sigma_p] = 100$  МПа – допустиме напруження на розтягнення.

Створимо направляючі виступи на плиті. Розміри обрані з умови міцності зрізу і зминання.

$$l_{вк} = \frac{z \cdot F_0}{2 \cdot l_{п} \cdot [\tau_{ср}]} \quad (2.35)$$

$$\delta_{вк} = \frac{z \cdot F_0}{2 \cdot l_{п} \cdot [\sigma_{см}]} \quad (2.36)$$

Тут  $l_{п}$  – довжина направляючого виступу на плиті (визначається конструктивно);

$[\tau_{зр}] = 47$  МПа – допустиме напруження на зріз;

$[\sigma_{зм}] = 120$  МПа – допустиме напруження на зминання.

## 2.5. Приклад визначення параметрів приводу дробарки

### 2.5.1. Приклад визначення параметрів двигуна та клинопасової передачі

Відповідно до попередніх розрахунків (п. 1.6) потужність двигуна склала 380 кВт. Отже приймаємо двигун АК4-450У-10УЗ, у якого  $N = 400$  кВт,  $n = 600$  об/хв.

Застосовуємо паси, перетин яких відповідає маркуванню  $EO$  ( $E$ ).

Розрахункові величини параметрів складових приводу дробарки визначимо за допомогою пакета програм Mathcad (документ під назвою Н: \ Дробарка \ розрахунок дробарки.mcd). Екранна форма розрахунку показана на

рис. 2.9. У розрахунку використали формули (2.1) – (2.12), а також дані таблиць 2.1 – 2.11.

Mathcad - [розрахунок дробарки]

Файл Правка Вид Вставка Формат Інструменти Символьні операції Окно Справка

Normal Arial 10 B I U

$n_{\text{ДВ}} := 600$        $N_{\text{привода}} := 400$   
 $D1 := 800$   
 $i_{\text{рас}} := \frac{0.98 \cdot n_{\text{ДВ}}}{60 \cdot n} = 5.158$   
 $D2 := D1 \cdot i_{\text{рас}} = 4126.316$        $D2 := 4000$   
 $i := \frac{D2}{D1 \cdot 0.98} = 5.102$   
 $\delta_{\text{п}} := \left( \frac{i}{i_{\text{рас}}} - 1 \right) = -1.083\%$   
 $v := \frac{\pi \cdot D1 \cdot n_{\text{ДВ}}}{60000} = 25.133$        $v < 30$   
 $0.7 \cdot (D1 + D2) < a < 2 \cdot (D1 + D2)$   
 $0.7 \cdot (D1 + D2) = 3360$        $2 \cdot (D1 + D2) = 9600$        $a := 6500$   
 $L_p := 2 \cdot a + \frac{\pi}{2} \cdot (D1 + D2) + \frac{(D2 - D1)^2}{4 \cdot a} = 20933.669$        $L_p := 18000$   
 $a_{\text{НОМ}} := 0.25 \cdot \left[ L_p - \pi \cdot \frac{D1 + D2}{2} + \sqrt{\left( L_p - \pi \cdot \frac{D1 + D2}{2} \right)^2 - 8 \cdot \left( \frac{D2 - D1}{2} \right)^2} \right] = 4973$   
 $\alpha := 180 - 57 \cdot \frac{D2 - D1}{a_{\text{НОМ}}} = 143.32$        $\alpha > 110$   
 $a_{\text{min}} := a_{\text{НОМ}} - 0.01 \cdot L_p = 4792.682$   
 $a_{\text{max}} := a_{\text{НОМ}} + 0.025 \cdot L_p = 5422.682$   
 $C_p := 2$        $P_0 := 54.9$        $C_{\alpha} := 0.89$        $C_L := 1.16$        $C_K := 0.75$   
 $K := \frac{N \cdot C_p}{P_0 \cdot C_{\alpha} \cdot C_L \cdot C_K} = 17.879$        $K := 18$   
 $C_p := 1.7$        $m_{\text{п}} := 1.52$   
 $F_0 := \frac{500 \cdot (2.5 - C_{\alpha}) \cdot N \cdot C_p}{C_{\alpha} \cdot v \cdot K} + m_{\text{п}} \cdot v^2 = 2251.709$

Нажмите F1, чтобы открыть справку. АВТО NUM Страница

Рис. 2.9

### 2.5.2 Приклад проектування шківів

Розрахункові розміри шківів (формули (2.13)–(2.32)) дробарки

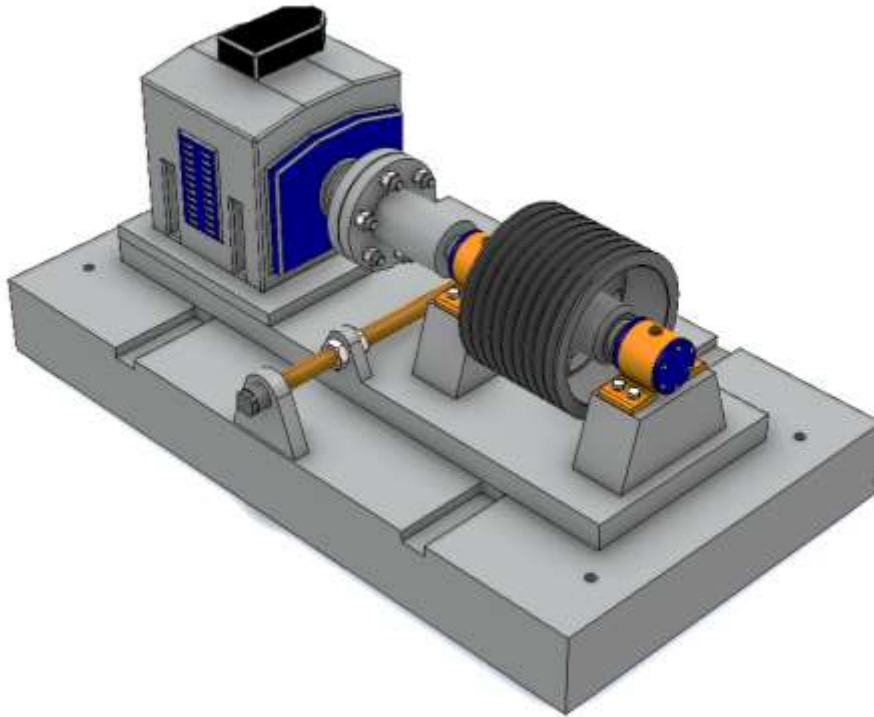


Рис. 2.30

#### *2.5.4. Контрольні запитання*

1. З яких матеріалів виготовляють шківів привода дробарки?
2. Опишіть алгоритм розрахунку привода ЩДП.
3. Опишіть алгоритм розрахунку шківів привода дробарки.
4. Опишіть алгоритм побудови комп'ютерної шківів привода дробарки.
5. Опишіть алгоритм проведення розрахунку шківів привода дробарки на міцність.
6. Опишіть алгоритм побудови комп'ютерної привода дробарки
7. Опишіть алгоритм складання привода?

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

#### *2.6. Питання для обґрунтованих відповідей*

1. Сформулюйте мету розділу.
2. Які завдання проектування вирішувалися при виконанні цієї роботи?
3. Для чого призначено привід дробарки.
4. Назвіть склад приводу дробарки.
5. З яких умов міцності визначаються геометричні розміри елементів приводу ЩДП?

### РОЗДІЛ 3. СТВОРЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НА ЗМОДЕЛЬОВАНІ ОБ'ЄКТИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМИ SOLIDWORKS

Мета – оформлення специфікації, складальних креслеників і деталювання приводу 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 нарізи, центрів отворів та осьових ліній;
- налаштування позначень радіусів заокруглень та діаметрів;
- використання властивостей моделі для заповнення полів рамки кресленика.

Після створення твердотільних моделей деталей або складальної одиниці приводу дробарки необхідно створити двомірні (2D) креслярські види. Двомірні види є основою процесу проєктування, оскільки на виробництві використовують для роботи саме двовимірні кресленики. В програмі SolidWorks для цього є спеціалізоване середовище – режим *Кресленик* (Drawing) в якому є весь інструментарій, необхідний для створення та зміни креслярських видів, а також для додавання розмірів і приміток до них. Іншими словами за допомогою цього режиму в програмі SolidWorks можна отримати остаточні види виробничих креслеників. Також в режимі *Кресленик* (Drawing) можна створювати ескізи двовимірних креслеників за допомогою інструментарію для побудови ескізів, передбаченого в даному режимі.

Таким чином, в програмі SolidWorks існує два способи створення ескізів: генерація креслеників та інтерактивне створення. При генерації креслярський вид створюється на основі твердотільної моделі або складальної

Форм. Знак	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.
		Документація		
	ГМІКПОПМ.18.01.00.000.05	Складальні кресленки		
		Складальні одиниці		
1	ГМІКПОПМ.18.01.01.000	Рама	1	
2	ГМІКПОПМ.18.01.02.000	Рукоятка рами	1	
		Деталі		
4	ГМІКПОПМ.18.01.01.000	Шків приводний	1	
5	ГМІКПОПМ.18.01.00.001	Корпус підшипників ковзання	2	
6	ГМІКПОПМ.18.01.00.002	Кришка підшипників ковзання	1	
7	ГМІКПОПМ.18.01.00.003	Кришка підшипників ковзання	3	
8	ГМІКПОПМ.18.01.00.004	Тяга	1	
9	ГМІКПОПМ.18.01.00.005	Вал	1	
		Стандартні вироби		
12		Болт М10х20 ГОСТ 7805-70	12	
13		Болт М24х75 ГОСТ 7805-70	4	
14		Болт М24х100 ГОСТ 7805-70	4	
15		Гайка М10 ГОСТ 5927-70	12	
16		Гайка М4В ГОСТ 5927-70	2	
17		Гайка М4В ГОСТ 5932-73	1	
18		Шайба 24 ГОСТ 640270	8	
<b>ГМІКПОПМ.18.01.01.00.000</b>				
Знак	Арк.	№ докум.	Листів	Знак
Привід ЩДП 9х12				Лист
				Арк. №
				1
				2
				ГТЧ "ДП", ГМММ-15-1

Форм. Знак	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.
19		Шпилька 8х90 ГОСТ 397-79	1	
20		Шпонка 16х28х100 ГОСТ 23360-78	2	
21		Шпонка 16х28х350 ГОСТ 23360-78	1	
		Інші вироби		
22		Електрокаблучок 5 АНК 280 ВВ	1	
23		Муретт фігуровий позначення М18В-10	1	
<b>ГМІКПОПМ.18.01.01.00.000</b>				
Знак	Арк.	№ докум.	Листів	Знак
				Арк. №
				2

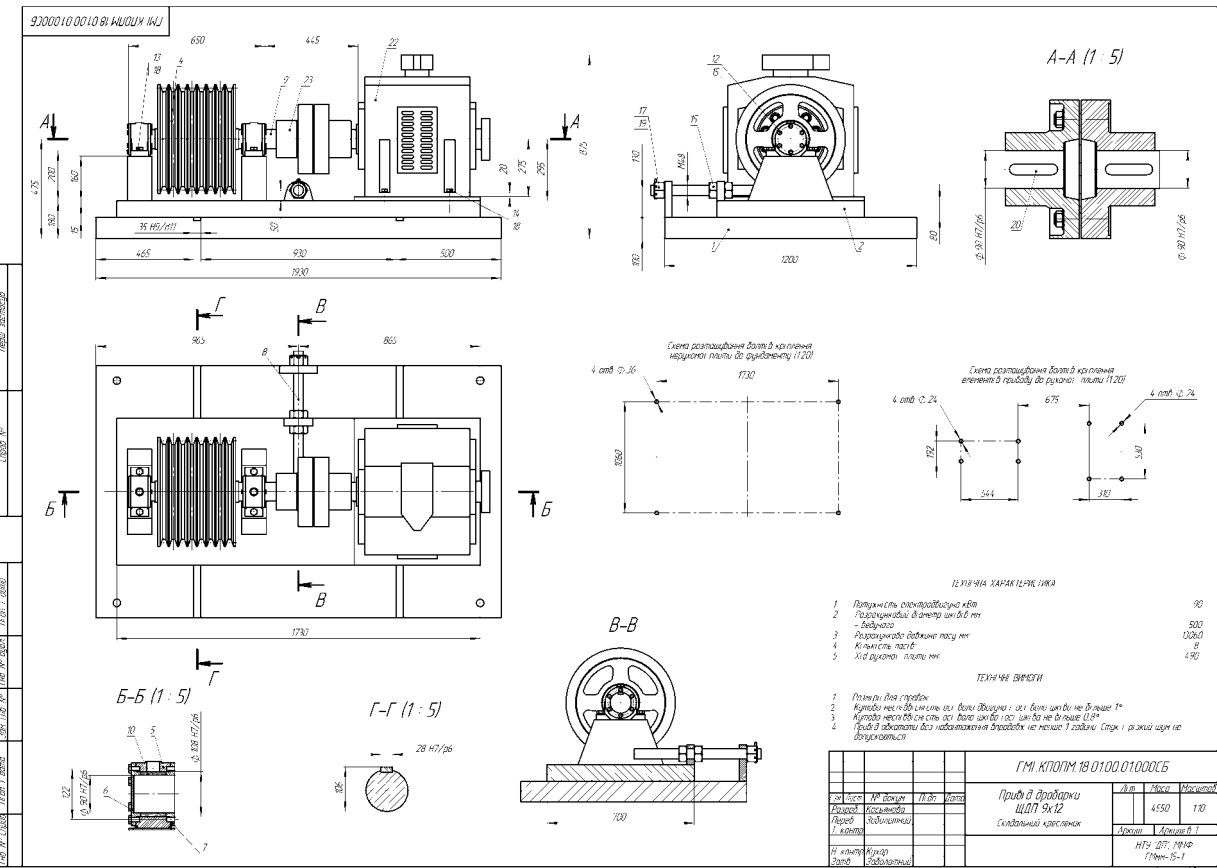


Рис. 3.14

Укладачі

Костянтин Сергійович **Заболотний**  
Олена Володимирівна **Панченко**

## **ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ МАШИН**

**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. 4,3

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