

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Приладобудівний факультет

Кафедра приладів і систем орієнтації та навігації

Прикладна механіка 2 (Теорія механізмів та машин)

Методичні вказівки

до виконання курсового проекту

для студентів II курсу напрямку підготовки
6.05100303 - Приладобудування
спеціальності 7.05100303 - прилади і системи орієнтації та навігації
денної форми навчання

Рекомендовано до опублікування
Вченою Радою приладобудівного
факультету
Протокол №6/15 від 22 червня 2015 р.
Голова Вченої Ради
приладобудівного факультету
_____ Тимчик Г.С.

Київ 2015р.

ЗМІСТ

1	ОБ'ЄМ ТА ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ.....	2
2	КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ.....	6
3	ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ РОЗДІЛУ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ «КІНЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПЛОСКОГО ВАЖІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ З ВИКОРИСТАННЯМ САД- СИСТЕМ».....	14
4	ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ.....	22
	СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	33

1. ОБ'ЄМ ТА ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Курсовий проект оформляють у вигляді розрахунково-пояснювальної записки (20...25 сторінок рукописного тексту-формату А4) та графічної частини (до трьох листів формату А1).

До складу записки входять: титульний лист; завдання на курсове проектування; реферат; опис роботи механізму; задачі, які розв'язуються в курсовому проекті, список використаної літератури; додатки.

Після отримання завдання студенту необхідно передусім з'ясувати призначення і принцип дії механізму, що пропонується для розробки і дослідження.

Розрахунково-пояснювальну записку та графічну частину проекту оформляють у відповідності до вимог стандартів ЄСКД та ДСТУ з урахуванням специфіки курсового проектування з ТММ.

Зміст записки поділяють на розділи, а кожен розділ на підрозділи.

На початку текстової частини записки розміщують її зміст, індивідуальне завдання, підписане керівником та затверджене завідувачем кафедри, складають реферат.

Реферат повинен відображати основний зміст курсового проекту і містити:

- відомості про об'єм проекту, кількість ілюстрацій та таблиць в пояснювальній записці, об'єм додатків та кількість використаних інформаційних джерел;

- перелік основних слів, характерних для змісту проекту;

- текст реферату, який повинен відображати суть виконаної роботи, її мету, об'єкт, місце, методи і результати дослідження, короткі висновки відносно особливостей, ефективності та можливості застосування одержаних результатів.

Рекомендована послідовність виконання листів проекту:

- **на першому** аркуші проекту повинні бути відображені результати кінематичного розрахунку механізму;

- **на другому** - силовий аналіз механізму.

Відповідно в пояснювальній записці повинні бути відображені результати розрахунків для кожного з цих розділів.

Роботу рекомендується виконувати в такій послідовності:

Розділ 1 Кінематичний синтез і аналіз механізму:

1. Вибрати вихідні дані для виконання першого розділу з додатку відповідно до заданого завдання і числових значень варіанта.

2. Виконати структурний аналіз важільного механізму, тобто визначити кількість рухомих ланок, кінематичних пар, установити їх клас, визначити ступінь рухомості механізму, поділити механізм на структурні групи, вказати клас і порядок груп, клас механізму та записати формулу будови механізму.

3. За даними вихідними параметрами виконати кінематичний синтез шарнірного механізму, тобто визначити невідомі розміри ланок. Визначити крайні положення механізму (коли вихідна ланка займає одне з крайніх положень) та побудувати в масштабі 12 об'єднаних положень механізму (планів механізму), розпочинаючи з одного з крайніх прийнятого за нульове. Якщо друге крайнє положення не потрапляє в число дванадцяти, побудувати його додатково. Пронумерувати положення механізму в напрямі обертання кривошипа. Одне із заданих положень механізму викреслити основними лініями, а інші тонкими. Ланки механізму пронумерувати, а центри шарнірів мас та інші характерні точки позначити великими літерами лише в указаному положенні, в інших положеннях їх досить позначити тільки цифрами, які відповідають положенням механізму.

4. Виконати обчислення та дати пояснення до побудови планів швидкостей і прискорень (пояснення та обчислення навести тільки для одного заданого положення механізму):

- записати векторні рівняння для побудови планів швидкостей і прискорень;

- вибрати масштаби побудови планів швидкостей і прискорень;

- вказати напрямки векторів і записати формули для визначення дійсних значень швидкостей і прискорень, зробити необхідні розрахунки;

- скласти таблиці швидкостей для **12 положень** та прискорення для заданого положення механізму.

5. Побудувати для 12 положень механізму плани швидкостей та для **одного заданого** план прискорень, на яких показати вектори швидкостей та прискорень центрів мас усіх ланок. Крім цього, на плані положень механізму (виділеному) показати напрями кутових швидкостей та прискорень усіх ланок.

6. Виконати кінематичне дослідження важільного механізму аналітичним методом з використанням ЕОМ.

7. Перевірити відповідність результатів кінематичного дослідження, отриманих графоаналітичним методом і обчисленням на ЕОМ. Максимальна відносна похибка не повинна перевищувати п'ять відсотків.

Розділ 2 Силовий розрахунок механізму:

Для виконання другої частини першого аркуша проекту використовуємо дані, які отримані в результаті кінематичного аналізу.

1. Побудувати в масштабі діаграму сил корисного опору для робочої машини або індикаторні діаграму для машини – двигуна і показати на ній всі положення вихідної ланки з використанням планів механізму. При цьому слід мати на увазі, що сила корисного опору (для робочих машин) діє тільки тоді, коли її вектор напрямлений проти руху вихідної ланки. За допомогою діаграми сил (індикаторних) визначити в усіх положеннях механізму сили, що діють на вихідну ланку.

2. Використовуючи побудовані плани сил на листі креслення, визначаємо дійсні значення реакції в кінематичних парах і зрівноважувальну силу.

3. Для заданого положення механізму визначаємо зрівноважувальну силу використовуючи “жорсткий” важіль Жуковського.

2. КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Побудова плану положень. Визначення положень ланок і траєкторій руху точок ведеться на кінематичній схемі механізму, яка відображає тільки ті розміри, які визначають відносні положення кінематичних пар.

При кресленні кінематичної схеми механізму необхідно вибрати масштабний коефіцієнт довжин ланок, який позначається літерою μ_l

$$\mu_l = \frac{l_{AB}}{AB} \left[\frac{\text{М}}{\text{ММ}} \right]. \quad (1)$$

При кресленні плану положень механізму необхідно в першу чергу нанести положення нерухомих центрів обертальних пар і нерухомих направляючих для поступальних пар. Потім для вибраного положення вхідної ланки послідовно визначаються положення кінематичних пар і ланок, приєднаних до вхідної ланки.

Розглянемо приклад побудови плану положень кривошипно-повзункового механізму, структурна схема якого складається з кривошипу ОА і шатуна АВ (рис. 1):

- 1) Приймаємо масштабний коефіцієнт довжин ланок за відношенням (1).
- 2) Вибираємо на полі аркуша паперу положення нерухомого центру обертання кривошипу і напрямній для повзуна.
- 3) Будуємо траєкторію руху центра шарніра обертальної кінематичної пари, окреслив із центру обертання кривошипа коло.

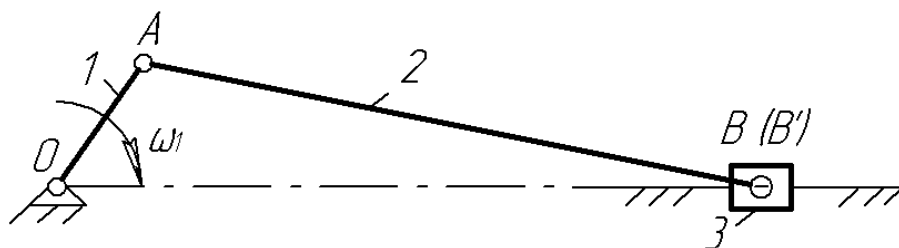


Рис. 1 – Кривошипно-повзунний механізм

4) Приймаючи за початок відліку положень механізму і кривошипу одне із крайніх положень вихідної ланки 3, яке відповідає початку робочого ходу, одержимо крайнє положення шарніра вихідної ланки. Друге крайнє положення шарніра веденої ланки відповідає кінцю робочого ходу і визначається точкою на лінії, яка співпадає з напрямною.

5) Виконуємо розмітку положень вхідної ланки (кривошипу), починаючи від початкової точки за напрямком обертання, розбивши траєкторію шарніра A на декілька рівних частин, наприклад, на 12.

6) За допомогою циркуля знаходимо відповідні положення шарніра вихідної ланки. Маючи відповідні положенню кривошипа положення шарніра від початкового крайнього положення, будуємо графік його переміщень за цикл.

Складний плоский рух. Під складним плоским розуміється такий рух, за якого будь-яка пряма, будучи проведеною в рухомому тілі, не залишається собі паралельною, а всі точки тіла при цьому описують різні за видом траєкторії, які розміщені в одній чи деяких, але паралельних, площинах.

Складний плоский рух твердого тіла визначається рухом відрізка прямої, яка з'єднує дві довільні точки цього тіла, які рухаються в одній площині.

Миттєвий абсолютний плоский рух вільного твердого тіла в загальному випадку (рис. 2) складається з двох рухів: поступального руху разом з довільною точкою A цього тіла, названою полюсом, і обертального руху навколо вісі, яка проходить через цю точку A (саме так можна розглядати переміщення тіла на площині від положення A_0B_0 через проміжне положення AB' в положення AB).

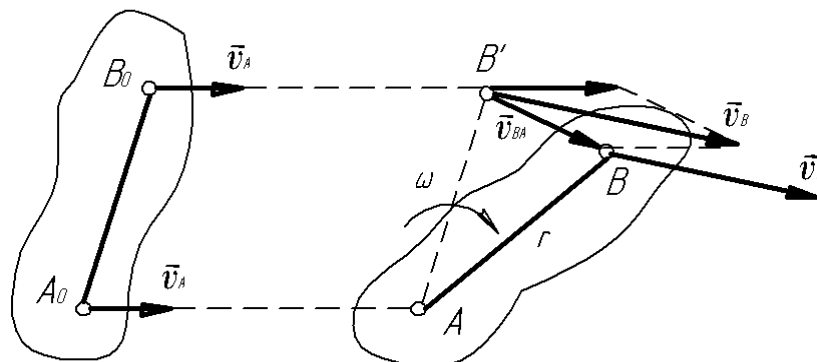


Рис. 2 – Розкладення складного руху тіла

Якщо в механізмі нерухому систему координат зв'язати зі стійкою, а рухому – з полюсом ланки, то поступальний рух буде переносним рухом, а обертальний – відносним рухом. Рух же ланки відносно нерухомої системи координат називається абсолютним рухом.

Розглянутий метод розкладання складного плоского руху в реальних механізмах застосовується до шатунів (рис. 3).

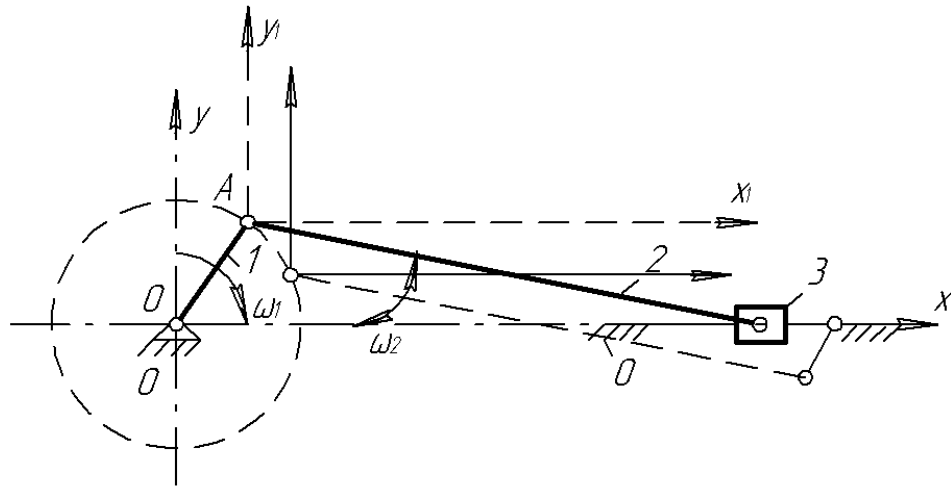


Рис. 3 – Розкладання складного руху шатуна

Наприклад, точки шатуна кривошипно-повзункового механізму роблять складний рух по відношенню до стійки O . Але коли розглянути рух точок шатуна по відношенню до системи відліку, яка рухається поступально з пальцем кривошипа A , то це буде просте обертання їх відносно пальця, в свою чергу, рух системи координат, скріпленої з пальцем також простий – це поступальний круговий рух.

Так складний рух шатуна можна розглядати як складений з двох простих рухів: обертального навколо пальця кривошипу і поступального кругового (колового) руху системи координат, зв'язаної з пальцем.

Користуючись поняттями абсолютного, переносного і відносного руху, розглянемо наступні величини.

Абсолютна швидкість \vec{v}_a будь-якої точки ланки, яка робить складний плоский рух, дорівнює геометричній сумі переносної \vec{v}_e і відносної \vec{v}_r швидкостей:

$$\vec{v}_a = \vec{v}_e + \vec{v}_r.$$

Стосовно точки B ланки 2, це векторне рівняння можна записати у наступному вигляді

$$\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA},$$

де \vec{v}_B – швидкість точки B в абсолютному русі ланки; \vec{v}_A – швидкість точки B в переносному русі ланки, яка дорівнює абсолютній швидкості точки A , оскільки переносний рух ланки \overline{AB} поступальний рух; \vec{v}_{BA} – швидкість точки B у відносному (обертальному) русі ланки відносно вісі, яка проходить через точку A (полюс).

Крім шатуна складний плоский рух в механізмах провадять також кулісні камені, тобто повзуни, які переміщуються в рухомих напрямних (кулісах) (рис. 4).

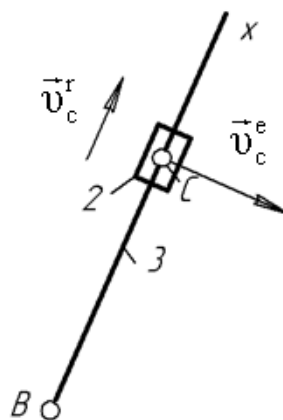


Рис. 4 – Розкладання складного руху каменя на прості рухи

У цьому випадку складний плоский рух каменя 2 розкладається на переносний обертальний разом з кулісою Bx і відносний – поступальний по відношенню до куліси:

$$\vec{v}_{C_2} = \vec{v}_{C_3} + \vec{v}_{C_2C_3},$$

де \vec{v}_{C_2} – швидкість точки C каменя в абсолютному русі; \vec{v}_{C_3} – швидкість точки C каменя в переносному русі, що означає – абсолютна швидкість тієї точки куліси 3, яка в цю мить співпадає з точкою C каменя 2; $\vec{v}_{C_2C_3}$ – швидкість точки C каменя в поступальному русі по кулісі, або швидкість відносного руху точки C каменя 2 відносно точки C куліси 3.

Побудова плану швидкостей. Визначення лінійних швидкостей точок і кутових швидкостей ланок методом планів швидкостей застосовується для плоских механізмів, зокрема, для стержньових. Планом швидкостей називається векторне зображення швидкостей характерних точок ланок механізму для заданого його положення.

Приклад 1.

Відомо: l_{OA} ; l_{AB} ; l_{BC} ; l_{AC} ; $\omega_1 = \text{const}$. Необхідно визначити швидкість характерних точок ланок і кутову ω_2 швидкість ланки 2 (рис. 5)

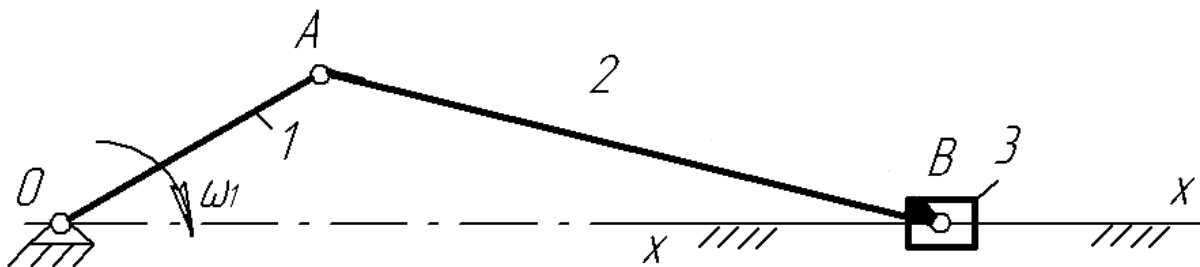


Рис. 5 – Кривошипно-повзунний механізм

1) Побудову плану швидкостей починаємо з визначення швидкості точки A . Кривошип A обертається навколо нерухомої осі, яка проходить через точку O , через це швидкість точки A чисельно дорівнює:

$$v_A = \omega_1 l_{OA} [\text{м/с}].$$

Направлена швидкість точки A перпендикулярно до \overline{OA} в сторону обертання кривошипу.

Вибираємо положення полюса плану швидкостей – точку P_v (рис. 6).

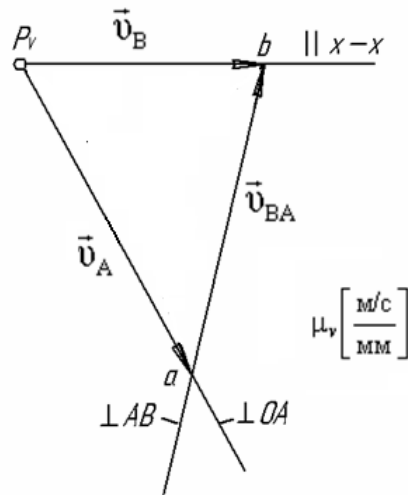


Рис. 6 – План швидкостей

2) Вибравши відрізок $(\overline{P_v a})$ (мм), який зображує швидкість точки A , вирахуємо масштабний коефіцієнт плану швидкостей μ_v :

$$\mu_v = \frac{V_A}{(P_v a)} = \frac{\omega_1 (OA) \mu_l}{(P_v a)} \left[\frac{\text{м/с}}{\text{мм}} \right]. \quad (2)$$

Довжину відрізка $(P_v a)$ вибираємо довільно (в межах 50...100 мм), але таку, щоб μ_v одержати у вигляді числа, зручного для рахування (кратне 2, 4, 5).

3) Із полюсу швидкостей P_v проводимо перпендикулярно (\overline{OA}) в сторону обертання відрізок довжиною $(P_v a)$.

4) Визначаємо швидкість точки B . Для визначення абсолютної швидкості точки B у відповідності з теоремою 1 розглянемо рух ланки 2 (шатуна) як суму поступального переносного руху разом з полюсом (за полюс приймаємо точку, параметри руху якої відомі) – точкою A і відносного обертального навколо осі, яка проходить через полюс A .

Векторне рівняння, яке визначає абсолютну швидкість точки B , має вигляд:

$$\underline{\vec{v}}_B = \underline{\vec{v}}_A + \underline{\vec{v}}_{BA} . \quad (3)$$

У цьому рівнянні вектори, які відомі за модулем і напрямком, підкреслені двічі, а вектори, для яких відома тільки лінія дії, підкреслені один раз.

Для графічного розв'язання цього рівняння із точки a плану швидкостей, яка зображує кінець вектора \vec{v}_A , проводимо лінію дії вектора швидкості точки B в обертальному русі ланки 2 навколо полюсу A , тобто $v_{BA} \perp \overline{AB}$, а через полюс P_v плану – лінію дії \vec{v}_B паралельно напрямній «х-х» повзуна 3. Річ в тому, що точка B належить і ланці 3, лінія дії швидкості якої відома і паралельна (\parallel) напрямній «х-х». Точка b перетину цих ліній дії визначає відрізок $(\overline{P_v b})$, відображуючий вектор \vec{v}_B ; згідно з векторним рівнянням напрям цього вектора від точки a до точки b .

Векторний трикутник $P_v ab$ – графічне розв'язання початкового рівняння (3); модулі знайдених векторів швидкостей:

$$v_B = (\overline{P_v b})\mu_v ; v_{BA} = (\overline{ab})\mu_v .$$

б) Визначаємо кутову швидкість ланки 2 в його русі відносно точки A :

$$\omega_2 = \frac{v_{BA}}{l_{AB}}.$$

Для визначення напрямку кутової швидкості ω_2 вектор \overline{ab} переносимо подумки з плану швидкостей на план механізму в точку B і бачимо, що ланка 2 обертається відносно точки A проти годинникової стрілки.

Побудова плану прискорень. Визначити прискорення характерних точок механізму і ланок, якщо відомі швидкості (рис. 7).

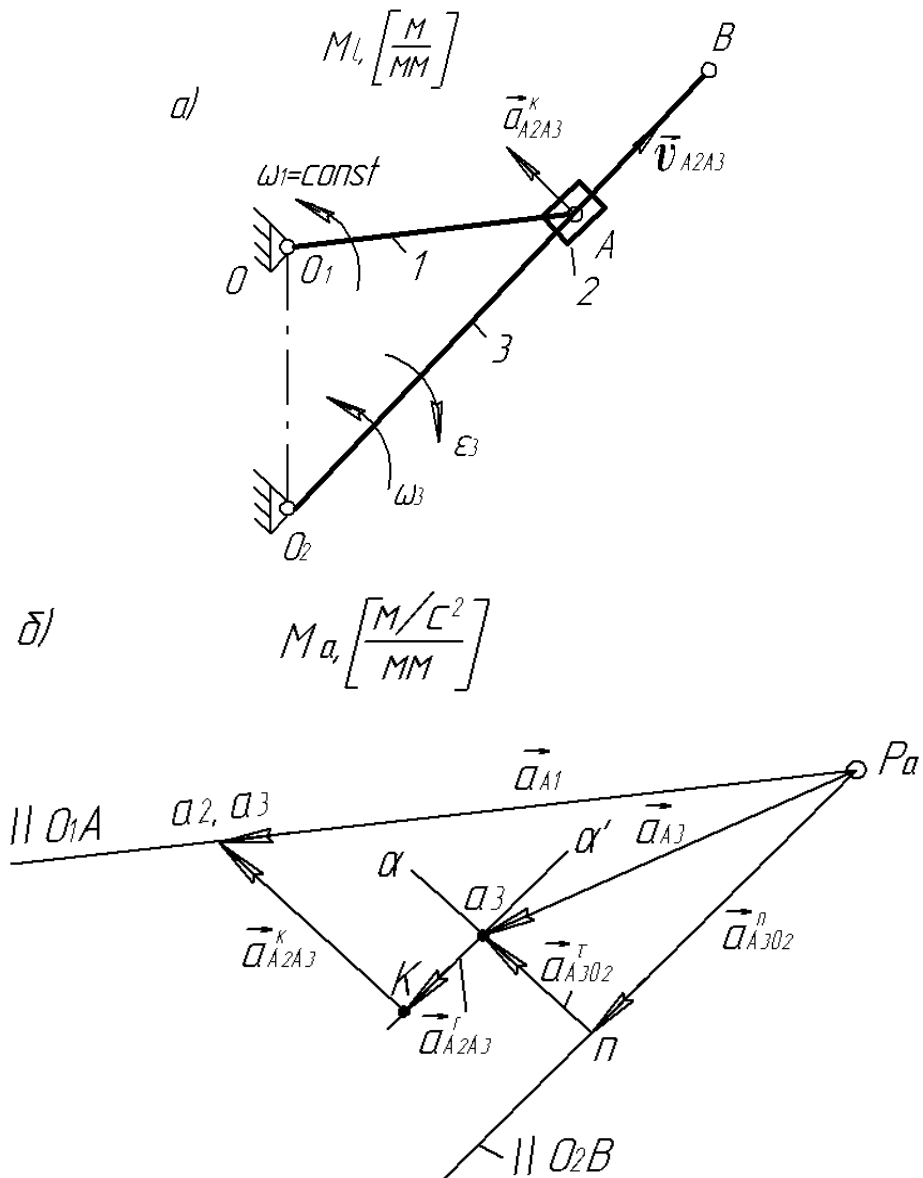


Рис. 7 – План положення кулісного механізму і відповідний план прискорень

1) Механізм розкладається на групу 1-го класу, утворену ланкою 1 і стійкою O , і групу 2-го класу, утворену ланками 2 і 3.

Отже, відносячи точку A до ланки 1, знаходимо її прискорення \vec{a}_{A_1} , яке направлене по AO_1 , а його модуль:

$$a_{A_1} = \omega_1^2 l_{O_1A} = \omega_1^2 (O_1A) \mu_l \left[\frac{\text{М}}{\text{с}^2} \right]$$

2) Приймаємо масштабний коефіцієнт прискорень μ_a .

3) З іншої сторони, для визначення прискорення точки A , маємо два векторних рівняння:

$$\vec{a}_{A_2} = \vec{a}_{A_3} + \underline{\underline{\vec{a}_{A_2A_3}^k}} + \underline{\underline{\vec{a}_{A_2A_3}^r}} \quad (4)$$

$$\vec{a}_{A_3} = \underline{\underline{\vec{a}_{O_2}}} + \underline{\underline{\vec{a}_{A_3O_2}^n}} + \underline{\underline{\vec{a}_{A_3O_2}^r}}$$

Перше рівняння системи (4) одержали, відносячи точку A до ланки 2 і розглядаючи її рух складений із рухів: переносного обертального разом із ланкою 3 (\vec{a}_{A_3}) і відносного поступального по відношенню до ланки 3 ($\vec{a}_{A_2A_3}^r$).

Друге рівняння системи (4) одержали відносячи точку A до ланки 3, у якого $\vec{a}_{O_2} = 0$.

Отже маємо

$$\vec{a}_{A_2} = \vec{a}_{A_1} = \underline{\underline{\vec{a}_{A_3O_2}^n}} + \underline{\underline{\vec{a}_{A_3O_2}^r}} + \underline{\underline{\vec{a}_{A_3}}} + \underline{\underline{\vec{a}_{A_2A_3}^k}} + \underline{\underline{\vec{a}_{A_2A_3}^r}} \quad (5)$$

У цьому рівнянні $a_{A_3O_2}^n = \omega_3^2 l_{O_2A} = \omega_3^2 (O_2A) \mu_l$, а його напрям співпадає з $\overline{O_2B}$; вектор $\vec{a}_{A_2A_3}^k$ одержав обертання на 90° по відношенню до вектора $\vec{v}_{A_2A_3}$ в

сторону обертання ланки 3, а його модуль $a_{A_2A_3}^k = 2\omega_3 v_{A_2A_3}$; вектор $\vec{a}_{A_3O_2}^r \perp O_2B$, а вектор $\vec{a}_{A_2A_3}^r \parallel O_2B$, але невідомі за модулем.

Таким чином, із багатокутника прискорень необхідно знайти модулі векторів $\vec{a}_{A_3O_2}^r$ і $\vec{a}_{A_2A_3}^r$.

Із полюсу P_a (рис.7) відкладаємо вектор $\overline{P_a a_1} = \vec{a}_{A_1}$, потім із того ж полюсу відкладаємо вектор $\overline{P_a n} = \vec{a}_{A_3O_2}^n$ і через точку n проводимо пряму $na \perp O_2B$, вздовж якої буде направлений вектор $\vec{a}_{A_3O_2}^r$. Оскільки модуль цього вектора, а отже, і кінець a_3 , відображуючий його, невідомий, то наступне додатне $\vec{a}_{A_2A_3}^r$ обходимо і до кінця вектора $\overline{(P_a a_1)}$ добудовуємо вектор $\overline{ka_1} = \vec{a}_{A_2A_3}^k$. Тепер із початку «к» цього вектора проводимо лінію $ka' \parallel O_2B$, тобто $\parallel \vec{a}_{A_2A_3}^r$. Точка перетину a_3 прямих na і ka' є кінцем вектора $\overline{na_3} = \vec{a}_{A_3O_2}^r$ і початком вектора $\overline{a_3k} = \vec{a}_{A_2A_3}^r$. При цьому $a_{A_3O_2}^r = (na_3)\mu_a$; $a_{A_2A_3}^r = (a_3k)\mu_a$; $a_{A_3} = (P_a a_3)\mu_a$.

Кутове прискорення куліси 3 знайдемо за формулою:

$$\varepsilon_3 = \frac{a_{A_3O_2}^r}{l_{O_2A}} = \frac{(na_3)\mu_a}{(O_2A)\mu_l}$$

Напрямок прискорення ε_3 , визначимо, якщо вектор $\vec{a}_{A_3O_2}^r$ перенесемо з плану прискорень в точку A куліси на плані механізму.

Можемо зробити висновок, що ланка 3 рухається прискорено, оскільки співпадають напрямки ω_3 і ε_3 .

3. КІНЕМАТИЧНИЙ СИНТЕЗ МЕХАНІЗМУ З ВИКОРИСТАННЯМ САД-СИСТЕМ

Хід кінематичного синтезу механізму проілюструємо на прикладі роботи в програмі SolidWorks 2014.

1. Запустити SolidWorks.
2. У головному вікні програми натиснути кнопку «Создать» або використати комбінацію клавіш «Ctrl+N» для створення нового файлу (рис. 8).
3. У вікні, що з'явилося, обрати «Трёхмерное представление одного компонента» та підтвердити вибір, натиснувши кнопку «ОК».

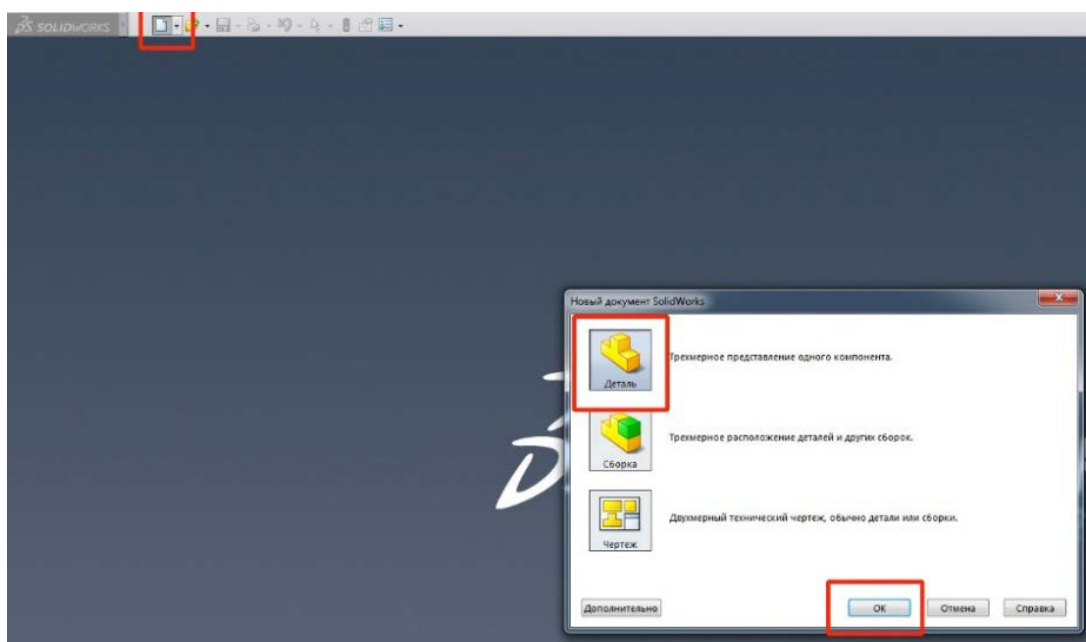


Рис. 8 – Створення нового файлу

4. На панелі інструментів натиснути кнопку «Эскиз» та обрати довільну площину для створення ескізу (рис. 9).

5. Згідно до завдання провести кінематичний синтез механізму, використовуючи елементи ескізного проектування та дотримуючись основних вимог до створення ескізів у програмному середовищі SolidWorks. Для ілюстрації процесу побудуємо механізм, що зображено на рис. 10., за наступними вихідними даними: $OA=100\text{мм}$, $AB=AC=150\text{мм}$.

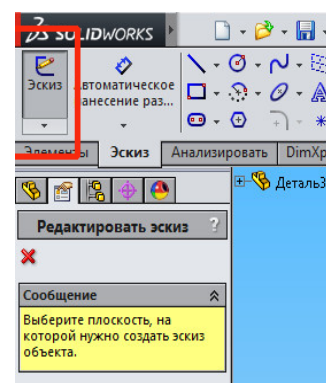


Рис. 9 – Створення ескізу

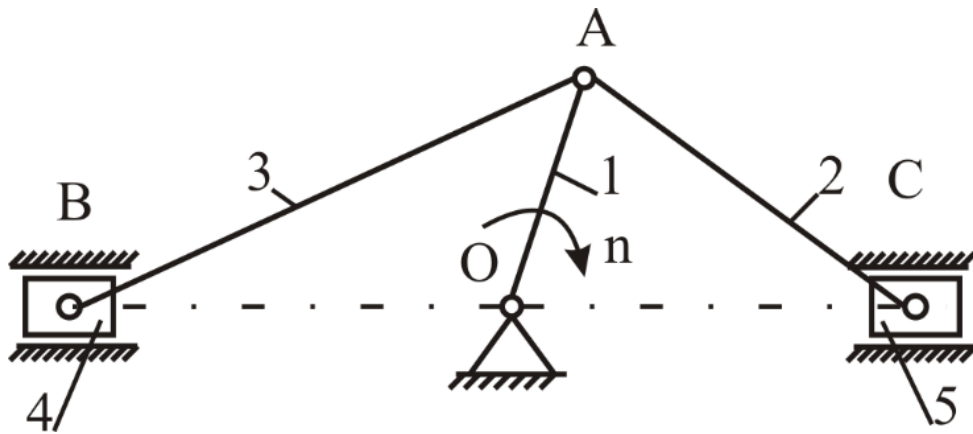


Рис. 10 – Кінематична схема механізму

6. Результат створення механізму такої конструкції зображено на рис 11. Якщо ескіз побудовано правильно, то рух ведучої ланки призведе до переміщення усіх інших ланок механізму без спотворення траєкторій їх руху.

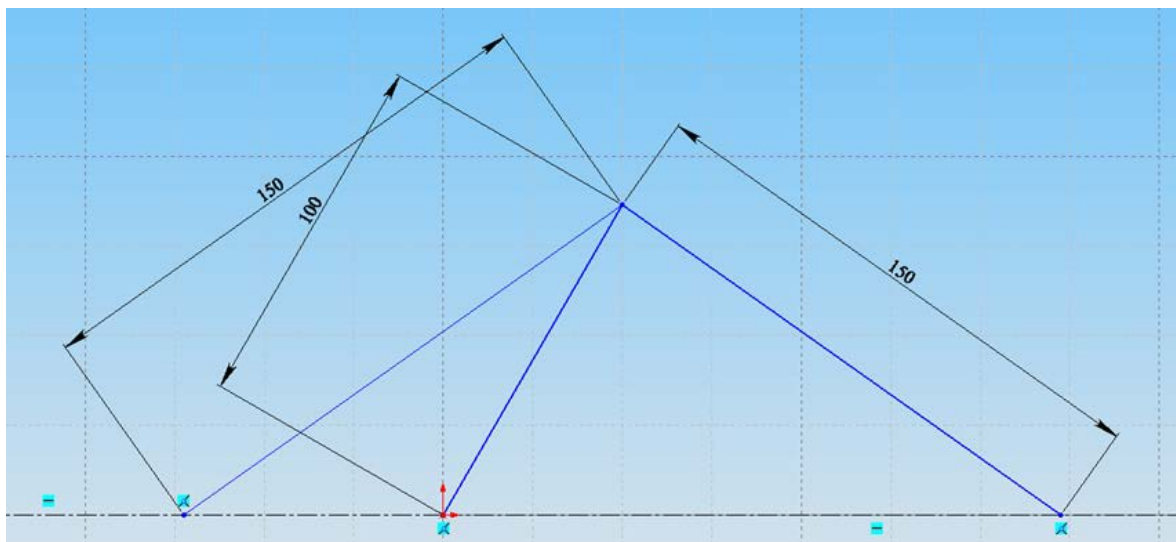


Рис.11 – Ескіз механізму

7. Побудувати вертикальну осьову лінію, що починається з точки «O», яка співпадає з початком координат, ланки OA та за допомогою елемента основної панелі інструментів «Автоматическое нанесение размеров» нанести на ескіз кутовий розмір між побудованою раніше осьовою лінією та ведучою ланкою. Установити значення кутового розміру рівним 30° (за умови виконання ведучою ланкою повного оберту).

8. Виділити всі елементи ескізу вручну або за допомогою комбінації клавіш «Ctrl+A» та скопіювати, використовуючи комбінацію клавіш «Ctrl+C». Зберегти поточний ескіз.

9. Створити новий ескіз, вибравши для цього ту ж саму площину, що і в першому випадку. За допомогою комбінації клавіш «**Ctrl+V**» вставити в новий ескіз скопійовані елементи (рис. 12). Скопійовані елементи в більшості випадків будуть зміщені відносно першого ескізу, тому необхідно сумістити точку «О» ланки ОА з початком координат. Якщо ескіз створено з дотриманням усіх правил побудови, то елементи співпадутъ з першим ескізом. Установити значення кутового розміру на 60° .

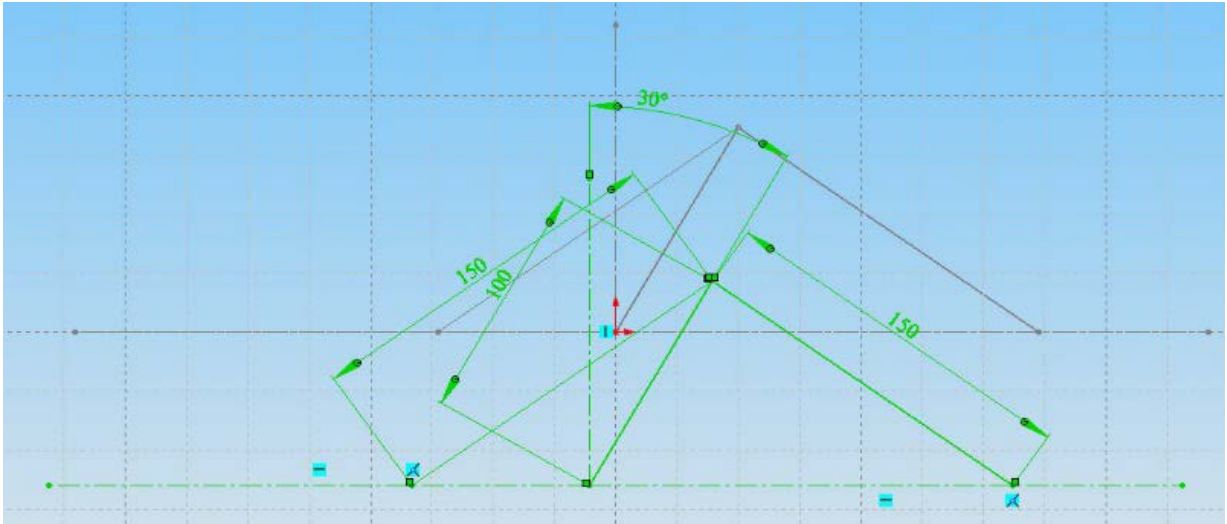


Рис. 12 – Вигляд ескізу після вставки скопійованих елементів

10. Повторити 9-й крок, кожного разу збільшуючи значення кута на 30° до утворення повного кола (рис. 13)

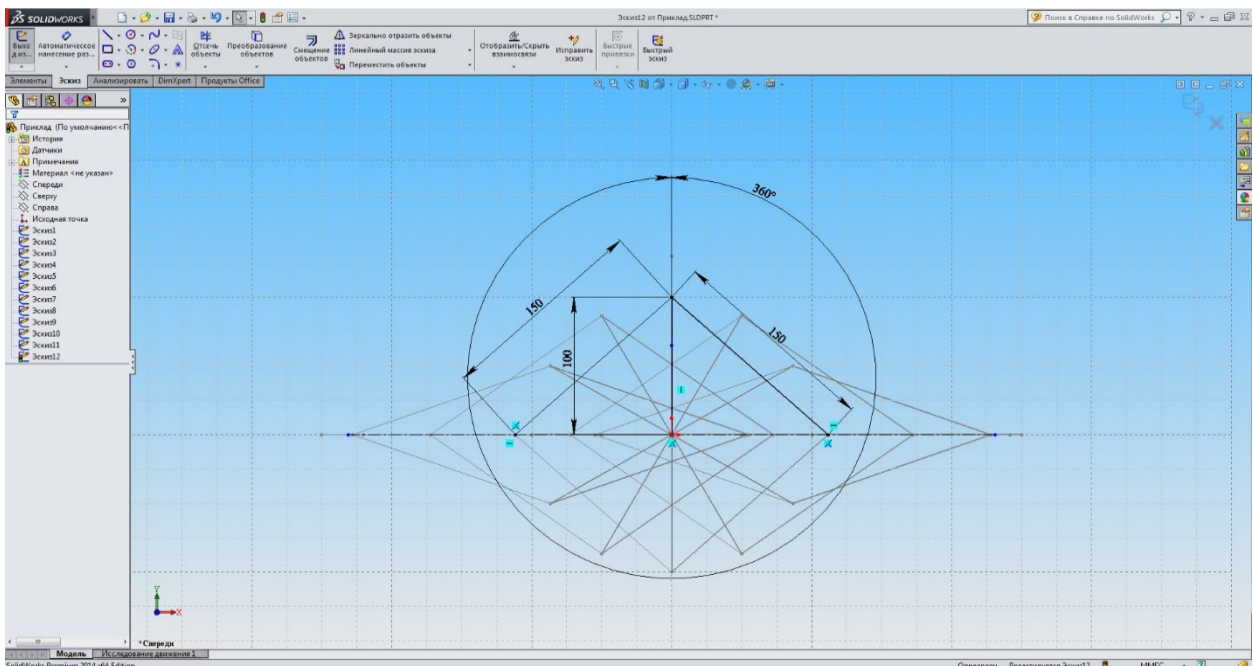


Рис. 13 – Ескіз останнього побудованого положення механізму

11. Виконати пункт 9 для побудови наступного ескізу. Видалити вертикальну осьову лінію та кутовий розмір для забезпечення вільного руху механізму (як у пункті 6). За допомогою компонента «**Окружность**» основної панелі інструментів побудувати коло з центром у початку координат (точка «О») і довжиною, що рівна довжині ведучої ланки (рис. 14). Відмітити в налаштуваннях кола «**Вспомогательная геометрия**».

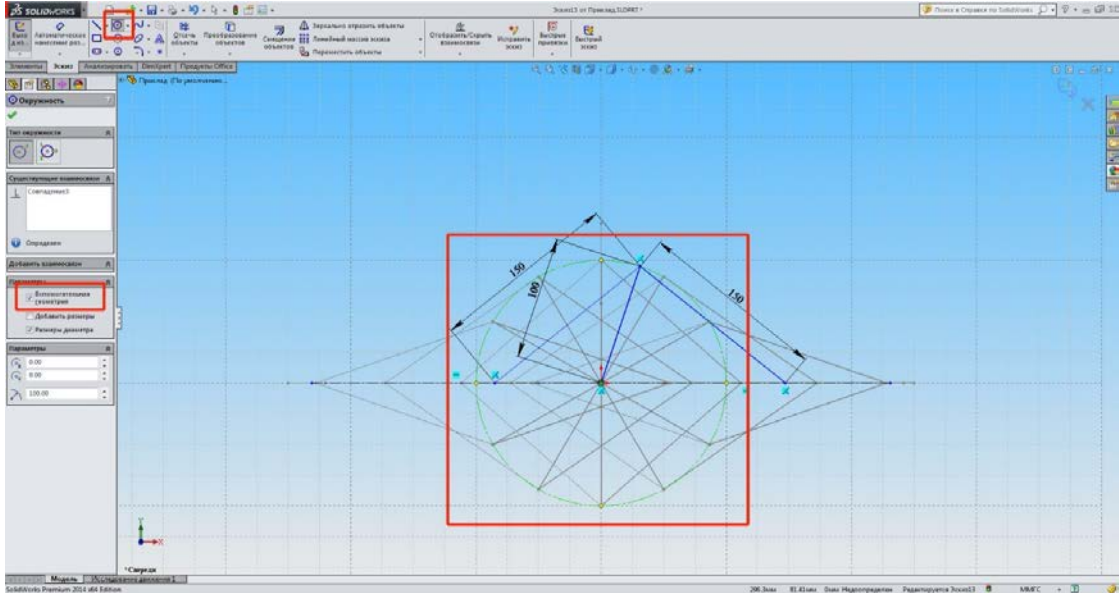


Рис. 14 – Побудова траєкторії руху ведучої ланки

12. Побудувати траєкторії руху інших ланок.

13. За допомогою компонента «**Точка**» основної панелі інструментів на 13-му ескізі проставити точки для кожного положення усіх ланок механізму. На рис. 15 показано декілька ключових точок.

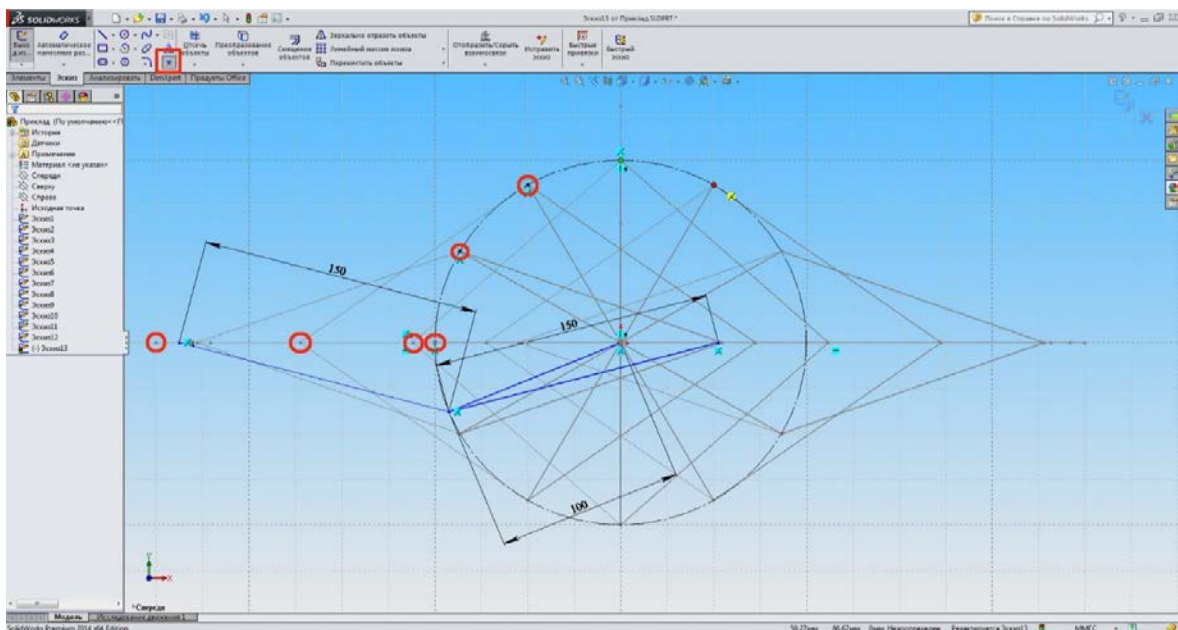


Рис. 15 – Нанесення основних точок

14. Проставивши усі необхідні точки, виділити 12 ескізів, які відповідають основним положенням механізму та натиснути піктограму «Сховати» (рис. 16).

15. Рухаючи ведучу ланку визначити крайні положення механізму. Обрати одне з крайніх положень як перше (рис. 17) та зафіксувати ведучу ланку в ньому.

16. Побудувати лінії-виноски (рис. 18) для кожної точки.

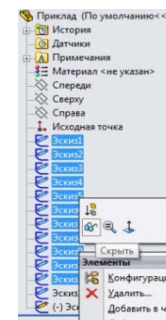


Рис. 16 – Елементи дерева моделі

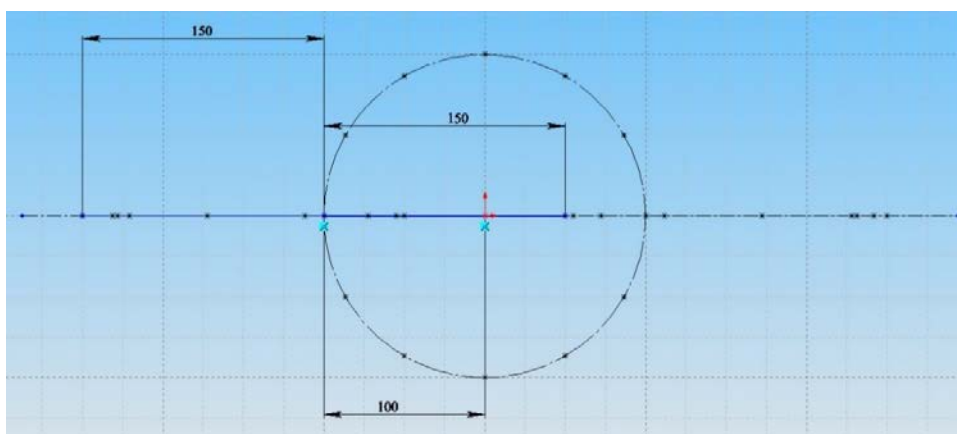


Рис. 17 – Ескіз механізму з ланками у крайньому положенні

17. Виділити лінію-полічку та за допомогою компонента «Текст» основної панелі інструментів додати позначення положення. За необхідності скористатися елементами налаштувань положення тексту.

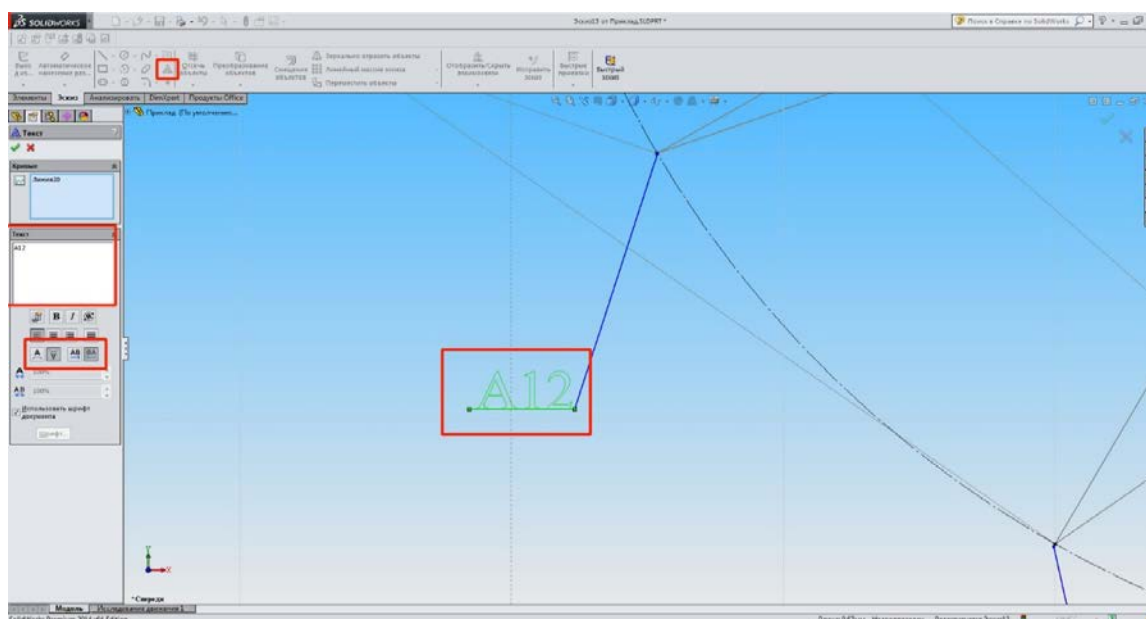


Рис. 18 – Нанесення позначень

18. Видалити зайві точки, якщо вони присутні. Зберегти ескіз (рис. 19) та весь файл проекту.

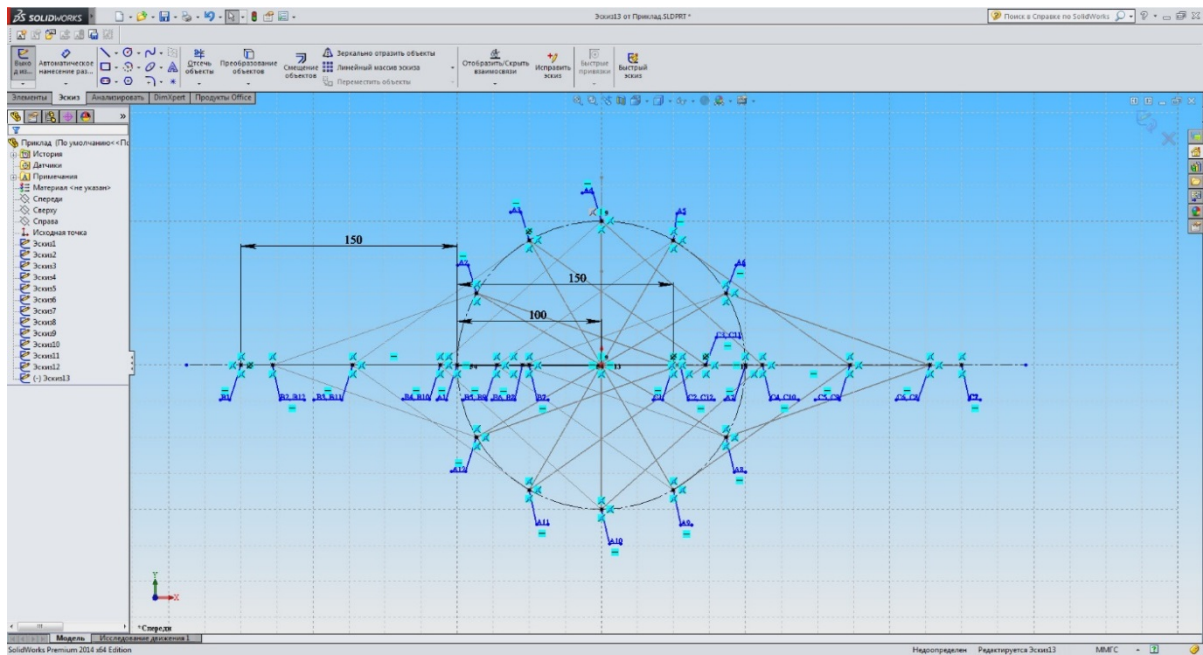


Рис. 19 – Ескіз з усіма необхідними позначеннями

19. У головному вікні програми натиснути кнопку «Создать» або використати комбінацію клавіш «Ctrl+N» для створення нового файлу (рис. 20).

20. У вікні, що з'явилось, обрати «Двухмерный технический чертеж, обычно детали или сборки» та підтвердити вибір, натиснувши кнопку «ОК».

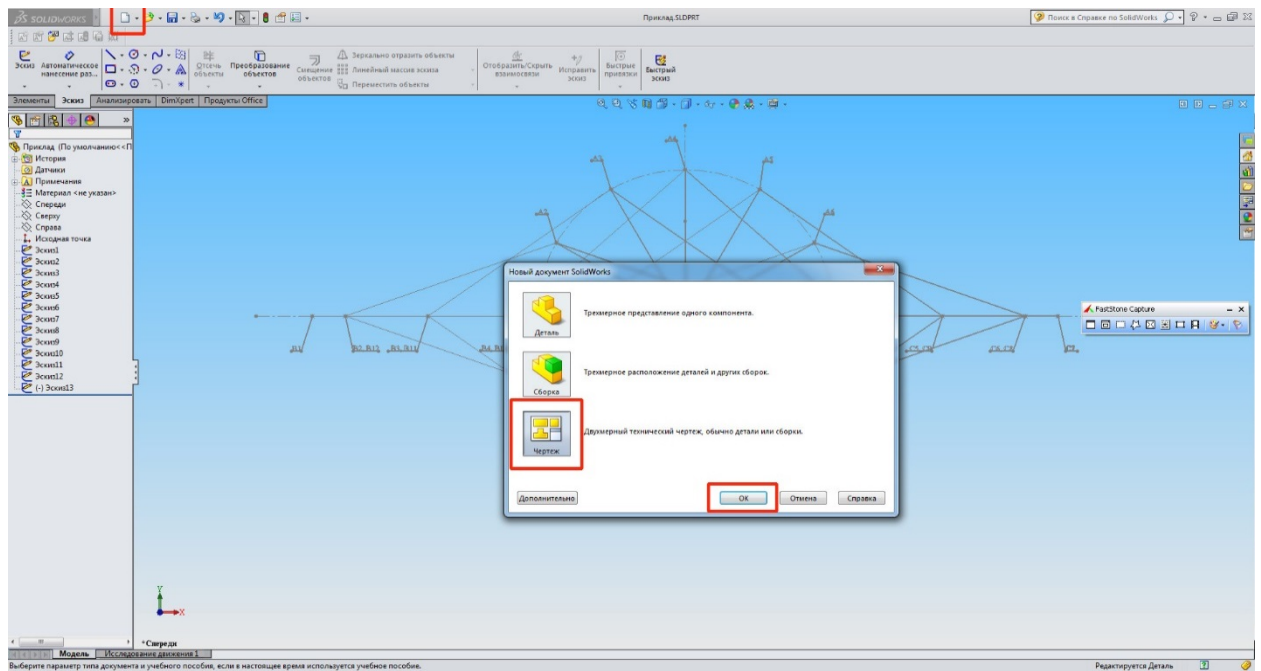


Рис. 20 – Створення нового креслення

21. У вікні, що з'явилось необхідно обрати потрібний формат креслення.

22. Дотримуючись інструкцій програми вказати місце розташування файлу проекту. Обрати основний вид та розмістити його на кресленні (рис. 21). При необхідності змінити масштаб. Зберегти креслення (рис. 22).

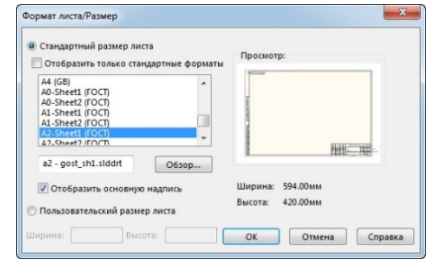


Рис. 21 – Вікно вибору формату листа

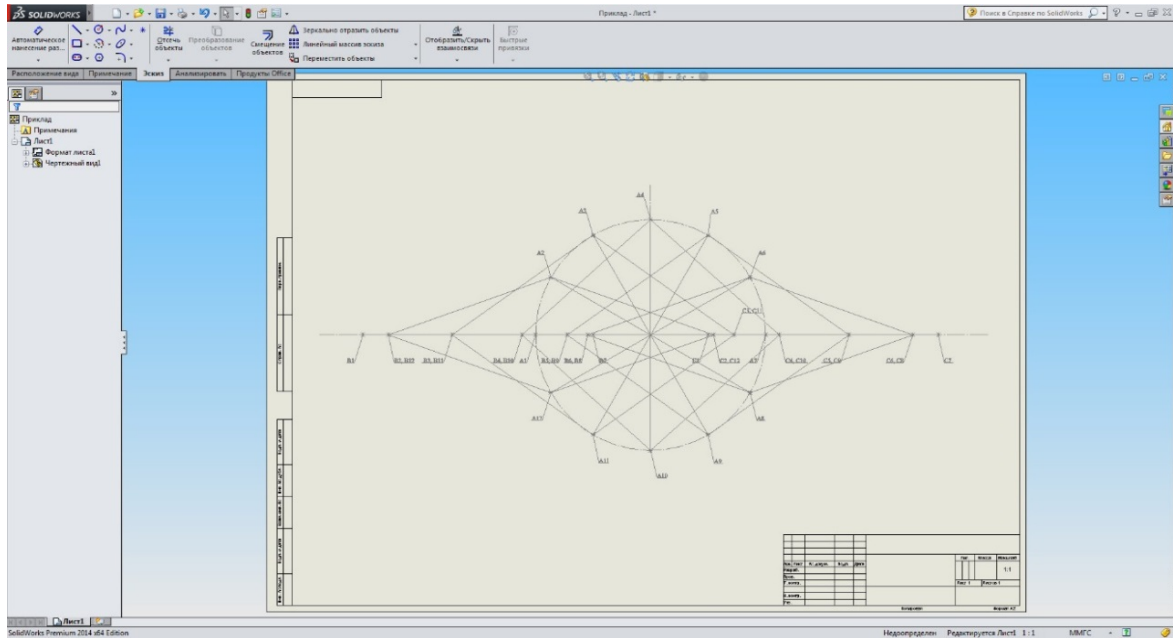
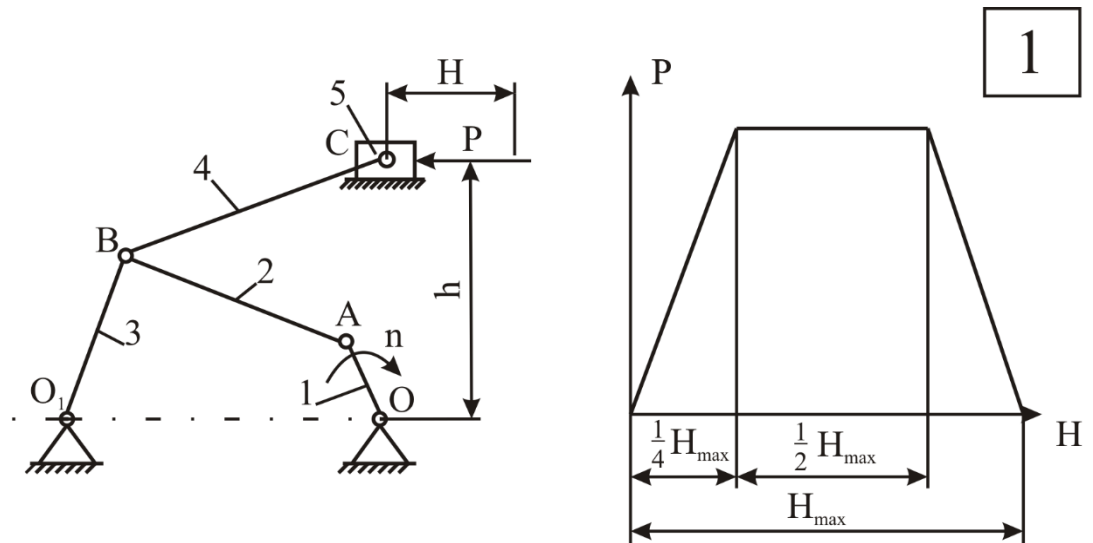
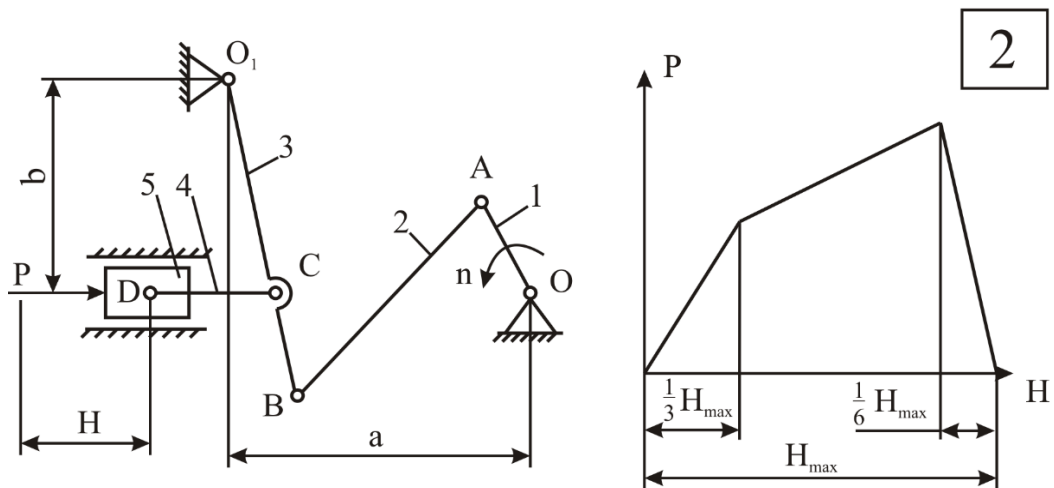


Рис. 22 – Креслення механізму

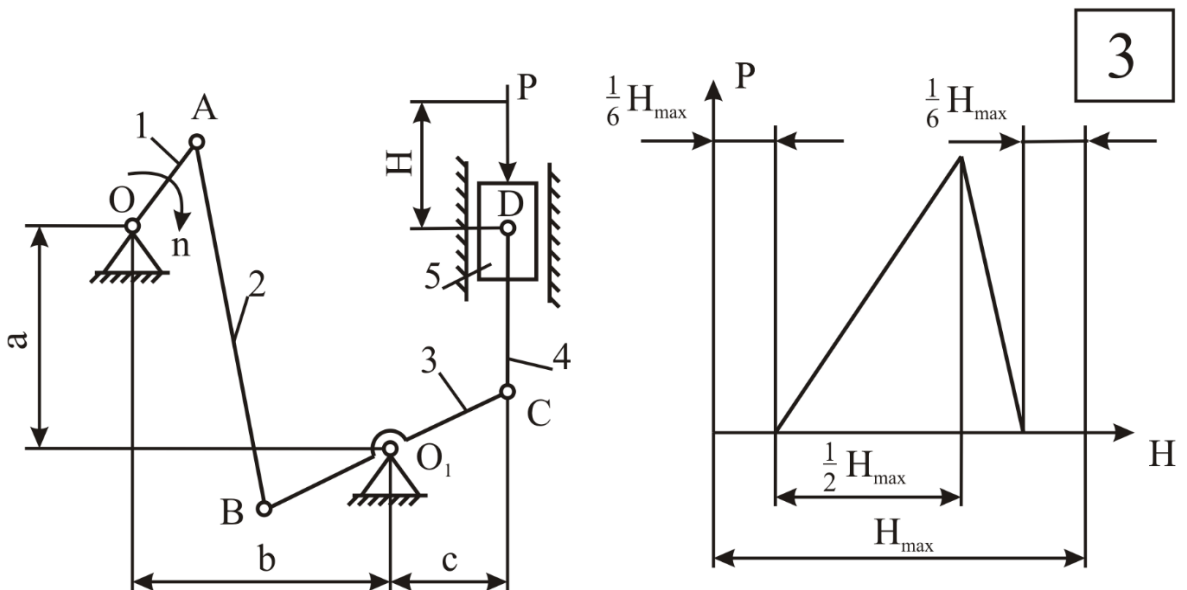
4. ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ



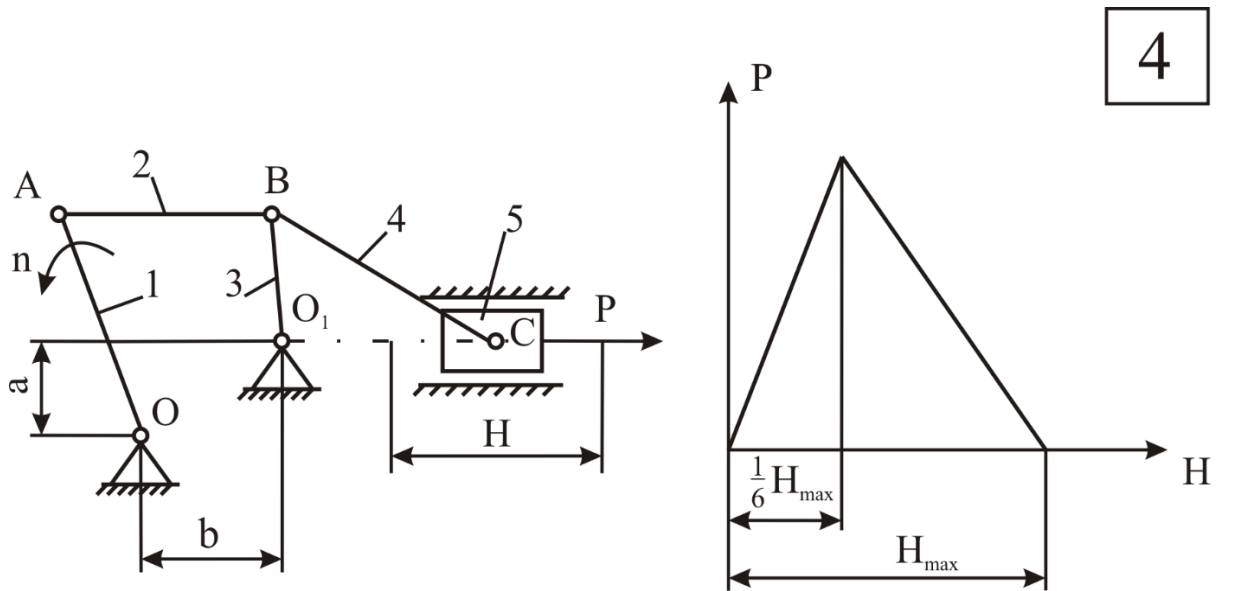
Варіант	l_1	l_2	l_3	l_4	l_{OO}	h	n	P_{max}	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	I_1	I_2	I_3	I_4
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	$\frac{об.}{хв.}$	кГ	мм	мм	мм	мм	мм	кгм ²	кгм ²	кгм ²	кгм ²
1	70	400	220	300	400	200	90	4.0	4.1	4.3	4.2	4.4	4.5	1.9	2.0	2.1	2.3
2	65	410	220	250	400	200	85	4.2	4.0	4.3	4.5	4.4	4.6	2.3	2.2	2.0	2.1
3	60	390	200	250	390	190	90	4.2	4.1	4.2	4.6	4.5	4.0	1.8	1.9	2.3	2.1



Варіант	l_1	l_2	l_3	l_4	l_{CB}	a	b	n	P_{max}	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	I_1	I_2	I_3	I_4
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	$\frac{об.}{хв.}$	кГ	мм	мм	мм	мм	мм	кгм ²	кгм ²	кгм ²	кгм ²
1	70	260	250	150	90	270	140	100	6.0	6.1	5.9	6.4	6.3	6.1	3.0	2.9	3.1	3.2
2	65	280	240	140	100	260	130	110	7.0	6.2	6.1	6.0	6.1	6.4	3.1	3.2	2.9	3.0
3	60	250	240	140	90	265	135	105	6.5	5.4	6.2	6.1	6.4	5.5	3.2	3.4	2.9	2.8

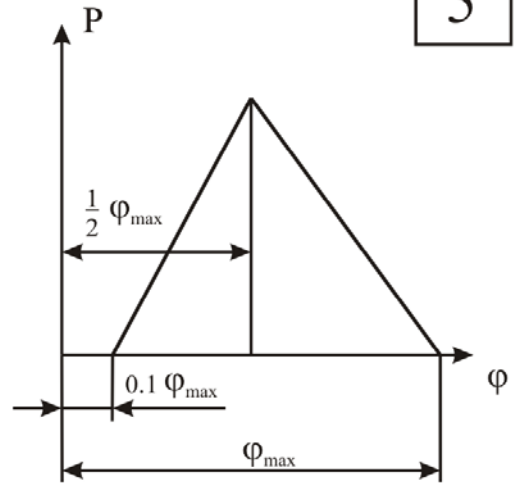
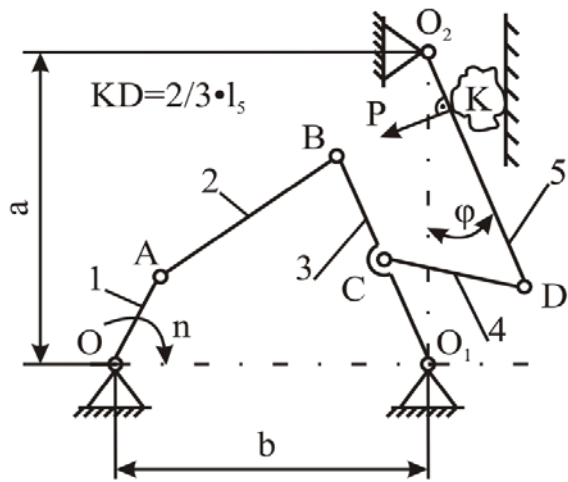


Вариант	l_1 мм	l_2 мм	l_3 мм	l_4 мм	l_{BO1} мм	a мм	b мм	c мм	n об. хв.	P_{max} кГ	m_1 мм	m_2 мм	m_3 мм	m_4 мм	m_5 мм	I_1 кгм ²	I_2 кгм ²	I_3 кгм ²	I_4 кгм ²
1	60	200	400	150	200	160	200	200	40	5.0	4.9	4.8	5.1	5.2	5.3	2.4	2.3	2.0	3.0
2	62	205	410	160	205	135	205	205	35	4.5	4.3	4.1	5.1	4.4	5.2	2.1	2.3	2.2	2.0
3	65	210	415	170	210	135	210	205	38	5.5	5.3	5.2	4.9	5.1	5.0	2.6	2.7	2.8	2.9



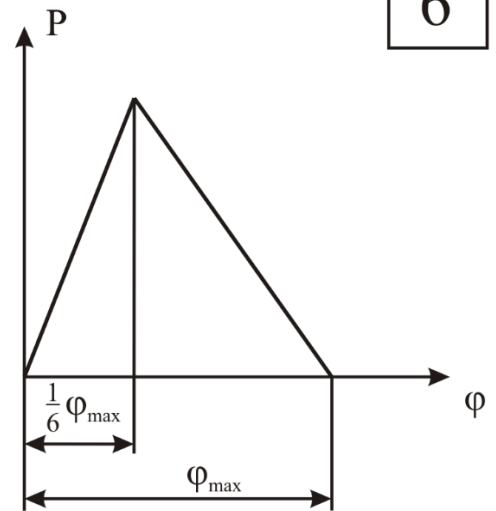
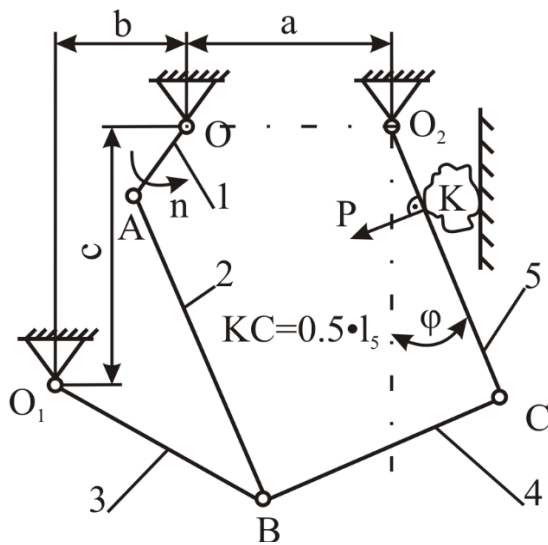
Вариант	l_1 мм	l_2 мм	l_3 мм	l_4 мм	a мм	b мм	n об. хв.	P_{max} кГ	m_1 мм	m_2 мм	m_3 мм	m_4 мм	m_5 мм	I_1 кгм ²	I_2 кгм ²	I_3 кгм ²	I_4 кгм ²
1	160	150	120	380	70	50	170	5.0	2.6	5.0	5.1	5.2	5.3	2.5	2.6	2.4	2.3
2	162	150	123	390	75	60	175	5.2	5.0	5.2	5.4	5.3	5.4	2.1	2.2	2.4	2.5
3	165	150	130	400	80	60	180	5.4	5.1	5.2	5.0	5.5	5.6	2.6	2.3	2.7	2.1

5



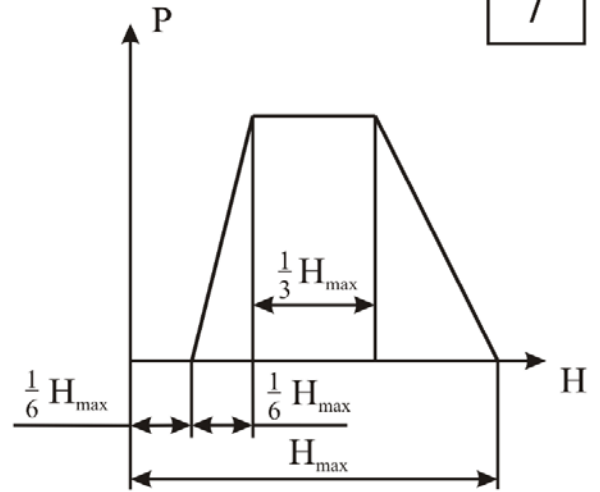
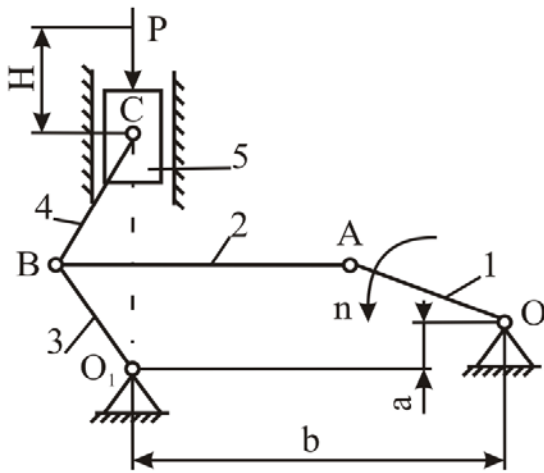
Вариант	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_{BC}	a	b	n	P_{max}	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	$\frac{об.}{хв.}$	кГ	мм	мм	мм	мм	мм	кгм ²	кгм ²	кгм ²	кгм ²	кгм ²
1	70	250	250	100	250	150	270	250	90	1.5	1.4	1.2	1.3	1.6	1.4	0.7	0.6	0.8	0.9	0.75
2	65	240	245	105	260	150	270	260	92	1.55	1.4	1.3	1.2	1.5	1.6	0.8	0.9	0.6	0.7	0.8
3	60	240	240	108	265	150	280	280	95	1.6	1.2	1.4	1.5	1.3	1.4	0.8	0.6	0.7	0.9	0.6

6



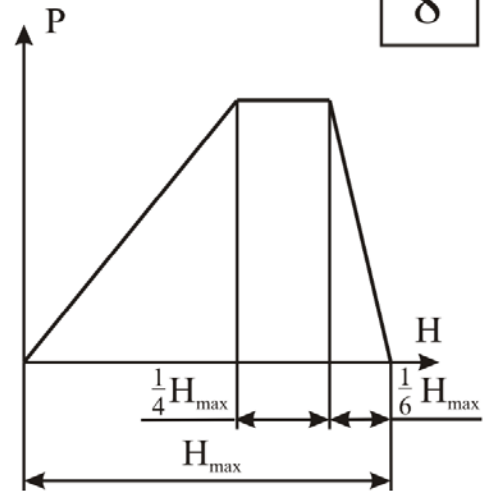
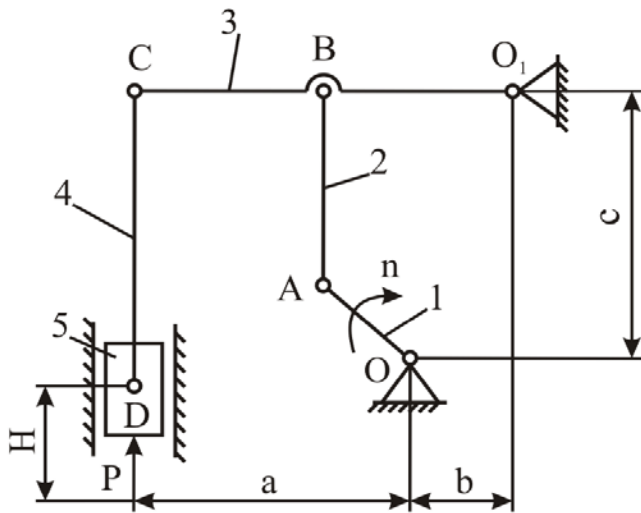
Вариант	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	a	b	n	P_{max}	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	$\frac{об.}{хв.}$	кГ	мм	мм	мм	мм	мм	кгм ²	кгм ²	кгм ²	кгм ²	кгм ²
1	70	250	250	100	250	270	250	90	1.5	1.4	1.2	1.3	1.6	1.4	0.7	0.6	0.8	0.9	0.75
2	65	240	245	105	260	270	260	92	1.55	1.4	1.3	1.2	1.5	1.6	0.8	0.9	0.6	0.7	0.8
3	60	240	240	108	265	280	280	95	1.6	1.2	1.4	1.5	1.3	1.4	0.8	0.6	0.7	0.9	0.6

7

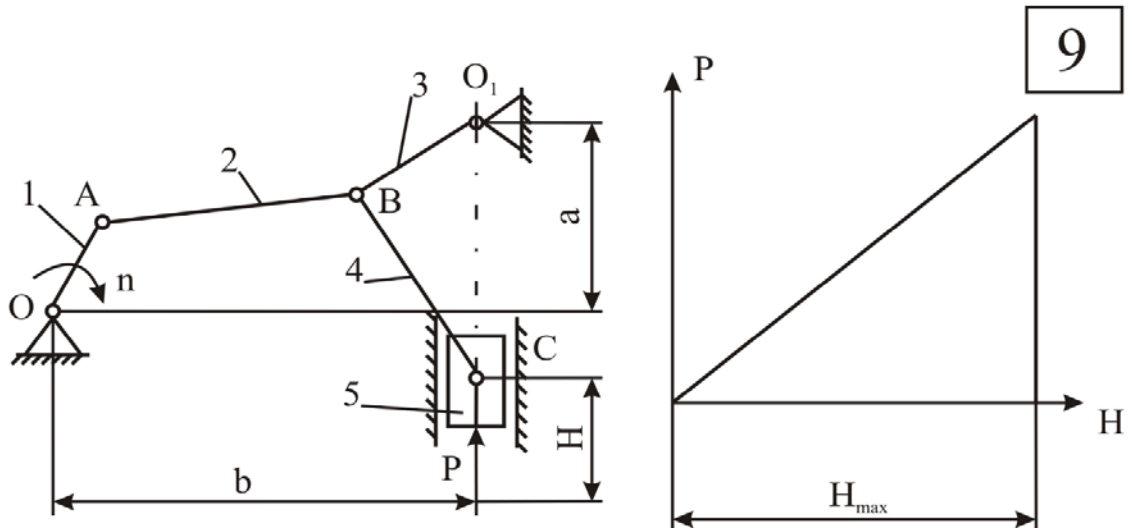


Вариант	l_1	l_2	l_3	l_4	a	b	n	P_{max}	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	I_1	I_2	I_3	I_4
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	$\frac{об.}{хв.}$	кГ	мм	мм	мм	мм	мм	кгм ²	кгм ²	кгм ²	кгм ²
1	40	240	190	190	160	230	90	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.0	3.0	3.1	2.9	3.2
2	45	240	195	195	150	235	100	6.0	6.6	6.2	6.4	6.1	6.2	3.9	3.1	3.0	3.0
3	45	240	200	200	160	235	95	6.2	6.0	6.1	6.3	6.2	6.4	3.2	2.9	3.1	3.2

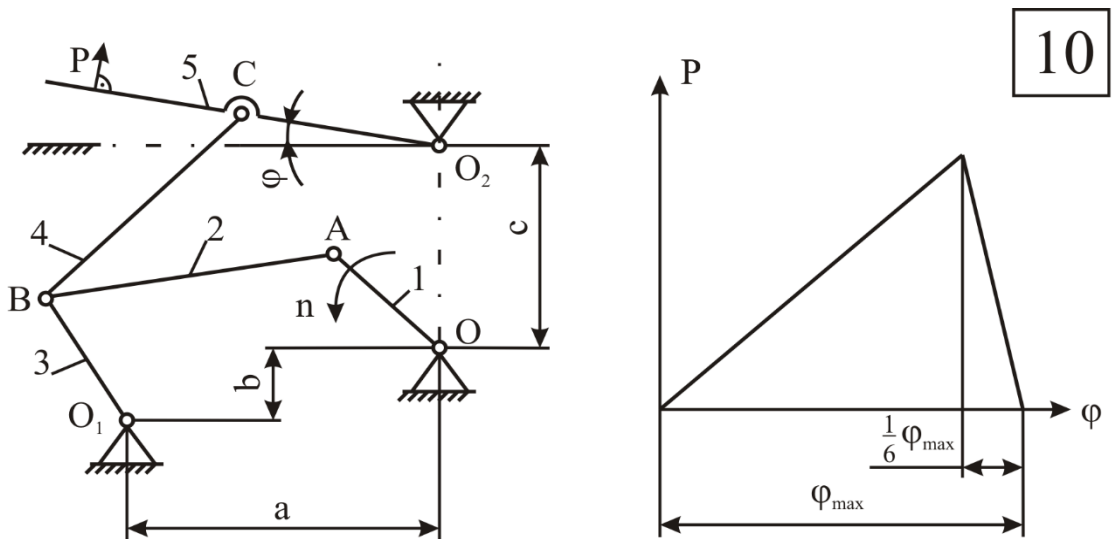
8



Вариант	l_1	l_2	l_3	l_4	l_{CB}	a	b	c	n	P_{max}	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	I_1	I_2	I_3	I_4
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	$\frac{об.}{хв.}$	кГ	мм	мм	мм	мм	мм	кгм ²	кгм ²	кгм ²	кгм ²
1	50	120	300	160	150	220	70	140	130	4.0	4.4	4.1	4.2	4.3	4.1	2.0	2.1	2.2	1.9
2	55	120	320	170	160	210	75	145	140	4.1	4.1	4.0	4.3	4.4	4.5	1.9	2.2	2.1	2.3
3	60	120	340	170	170	210	75	145	145	3.2	3.1	3.0	3.2	3.3	3.4	1.8	1.9	2.0	2.1

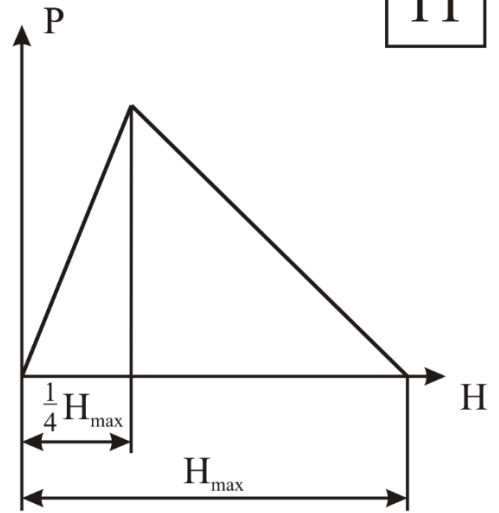
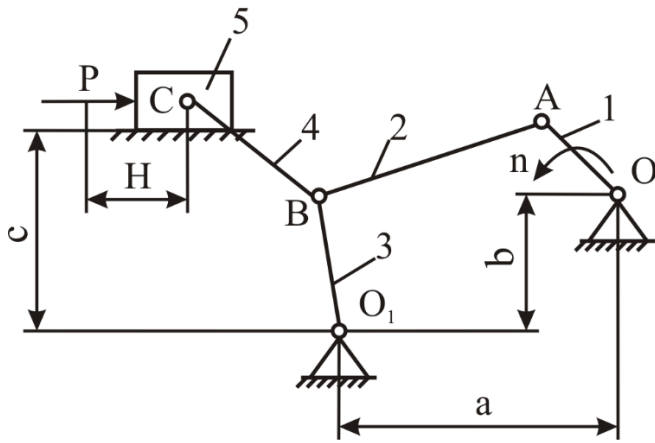


Вариант	l_1	l_2	l_3	l_4	a	b	n	P_{max}	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	I_1	I_2	I_3	I_4
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	$\frac{об.}{хв.}$	кГ	мм	мм	мм	мм	мм	кгм ²	кгм ²	кгм ²	кгм ²
1	40	318	140	200	170	360	100	15	15.1	15.0	15.2	15.3	15.5	7.1	7.2	7.4	7.3
2	40	320	142	180	170	350	110	14	15.1	14.1	14.3	15.1	14.8	7.3	7.5	7.1	7.4
3	45	340	150	190	180	360	115	14	14.4	14.3	14.1	15.1	14.9	7.3	7.4	7.5	7.1



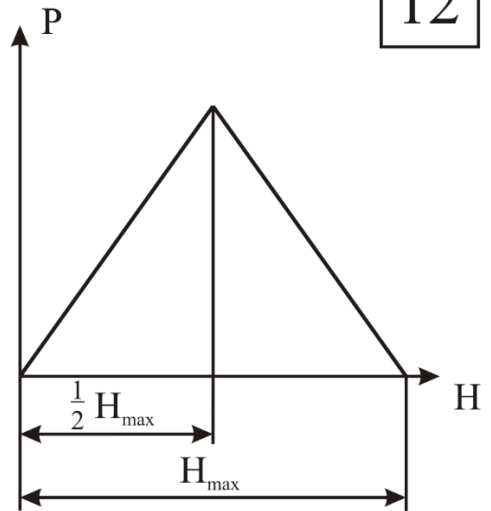
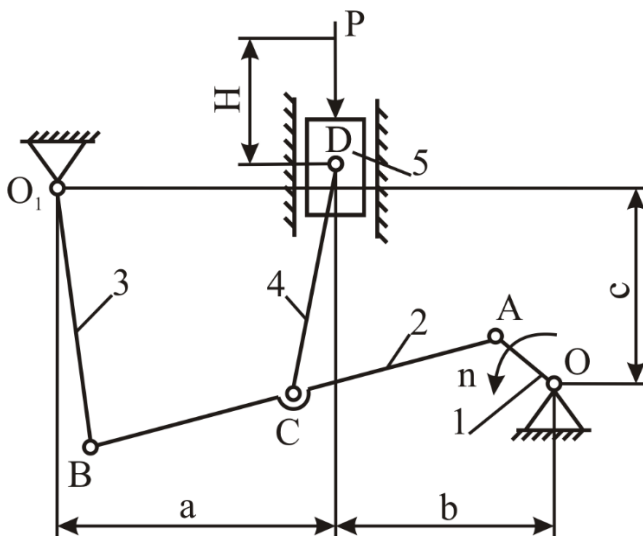
Вариант	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	a	b	c	n	P_{max}	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	$\frac{об.}{хв.}$	кГ	мм	мм	мм	мм	мм	кгм ²	кгм ²	кгм ²	кгм ²	кгм ²
1	50	280	175	180	270	270	160	150	100	4.5	4.0	4.1	4.3	4.4	4.2	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4
2	50	290	180	190	270	275	160	150	98	4.3	4.1	4.3	4.4	4.5	4.6	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0
3	56	290	190	190	275	275	165	150	102	4.2	4.1	4.3	4.0	4.2	4.4	2.2	2.1	2.0	2.4	2.3

11

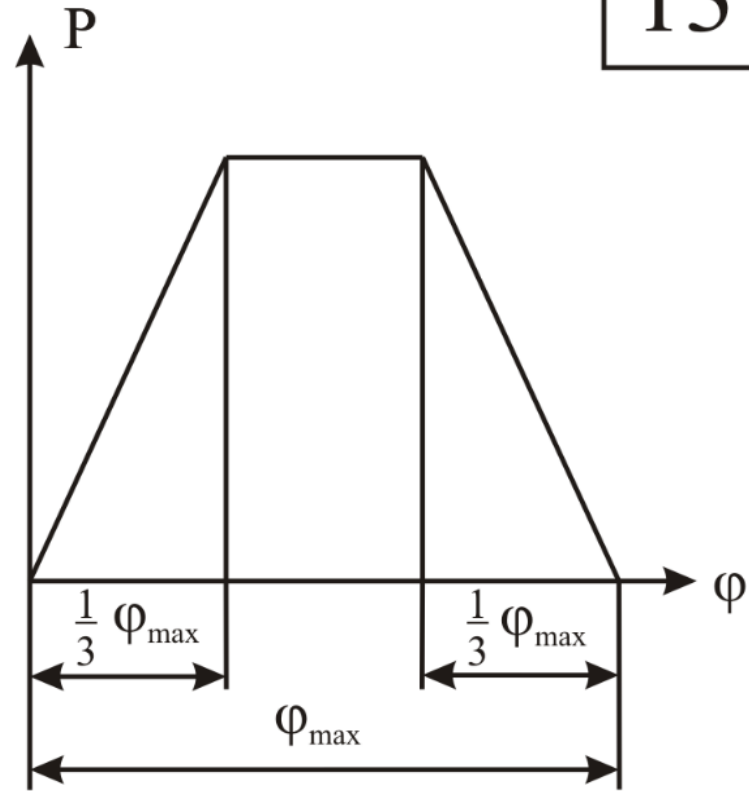
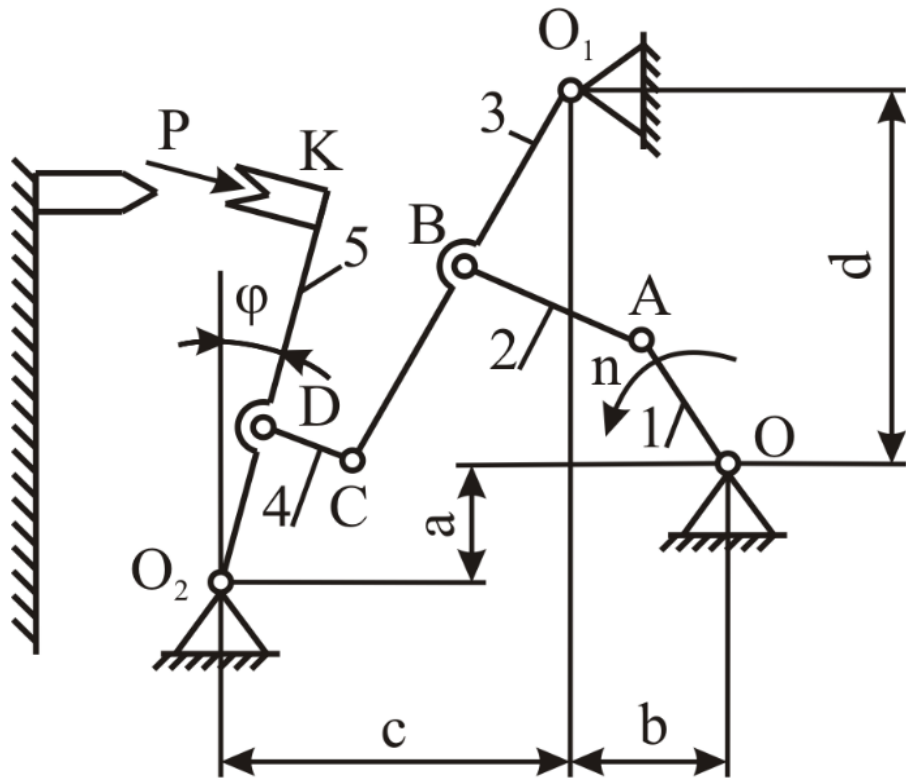


Вариант	l_1 мм	l_2 мм	l_3 мм	l_4 мм	l_{BC} мм	a мм	b мм	c мм	n об. хв.	P_{max} кГ	m_1 мм	m_2 мм	m_3 мм	m_4 мм	I_1 кгм ²	I_2 кгм ²	I_3 кгм ²
1	40	240	270	330	160	240	60	220	120	30	31	31.2	30	30.1	15.0	15.1	15.3
2	42	245	270	325	165	245	55	220	125	28	28	28.2	28.3	28.4	14.2	14.1	14.4
3	45	250	275	320	165	250	50	220	130	35	28.4	28.5	30	32.5	15.9	16.0	16.1

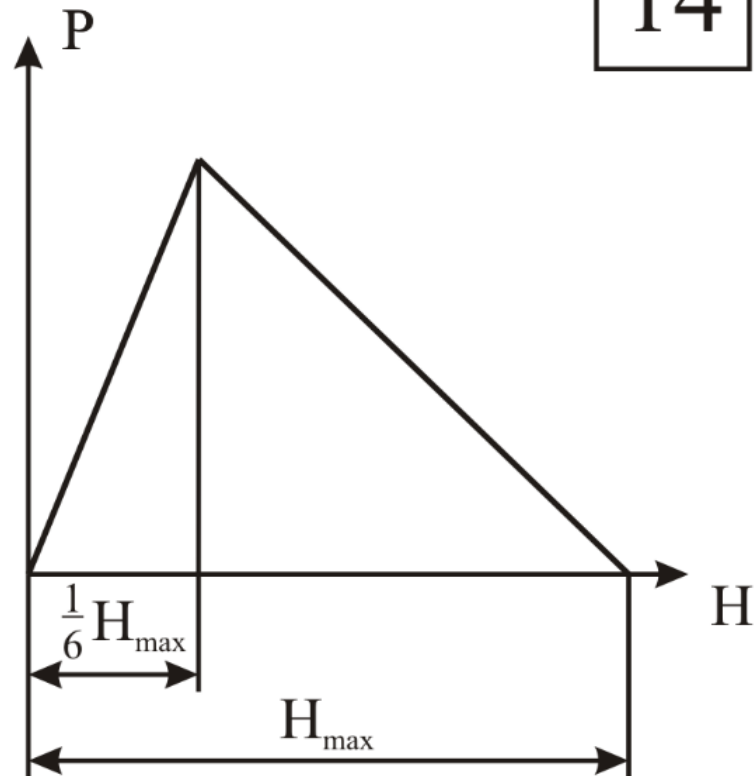
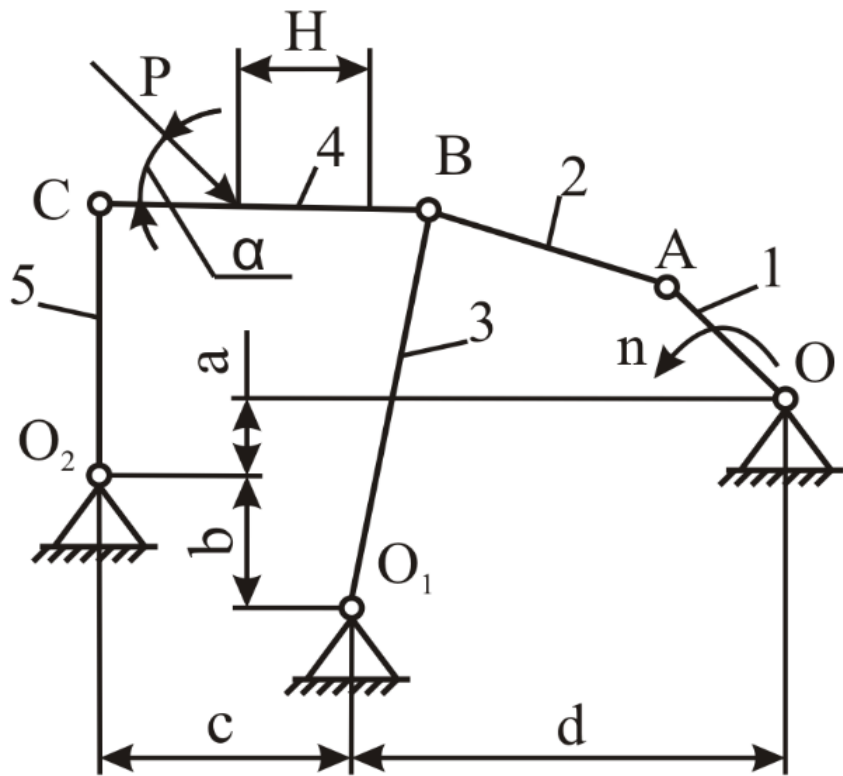
12



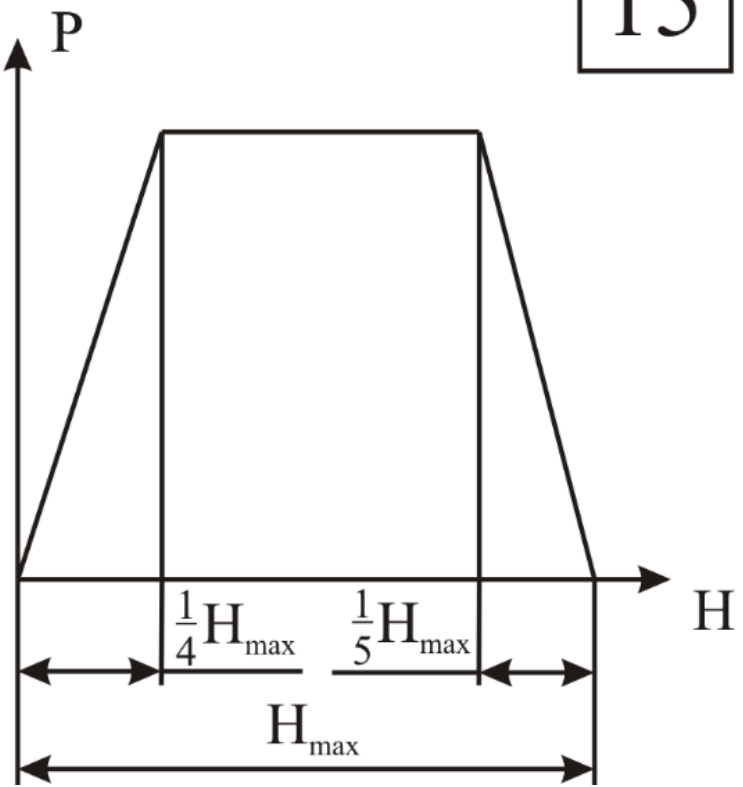
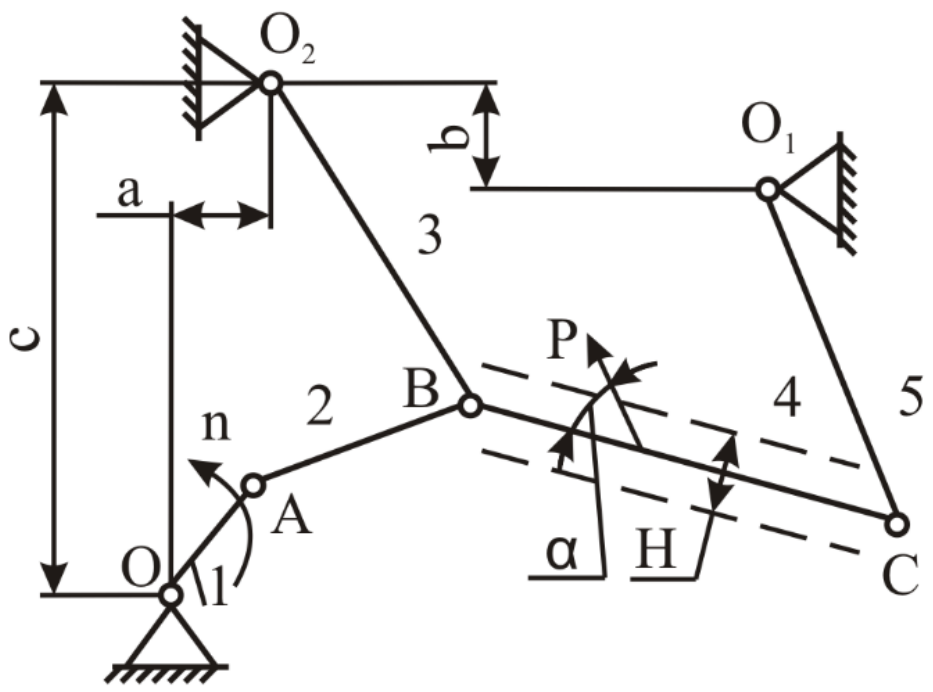
Вариант	l_1 мм	l_2 мм	l_3 мм	l_4 мм	a мм	b мм	c мм	n об. хв.	P_{max} кГ	m_1 мм	m_2 мм	m_3 мм	m_4 мм	m_5 мм	I_1 кгм ²	I_2 кгм ²	I_3 кгм ²	I_4 кгм ²
1	60	600	250	180	300	300	250	100	60	61	61	62	63	60	30	31	32	33
2	65	690	255	190	300	300	255	98	65	61	62	63	67	61	31	32	34	35
3	70	700	260	150	350	350	260	95	70	68	69	67	63	70	31	32	30	34



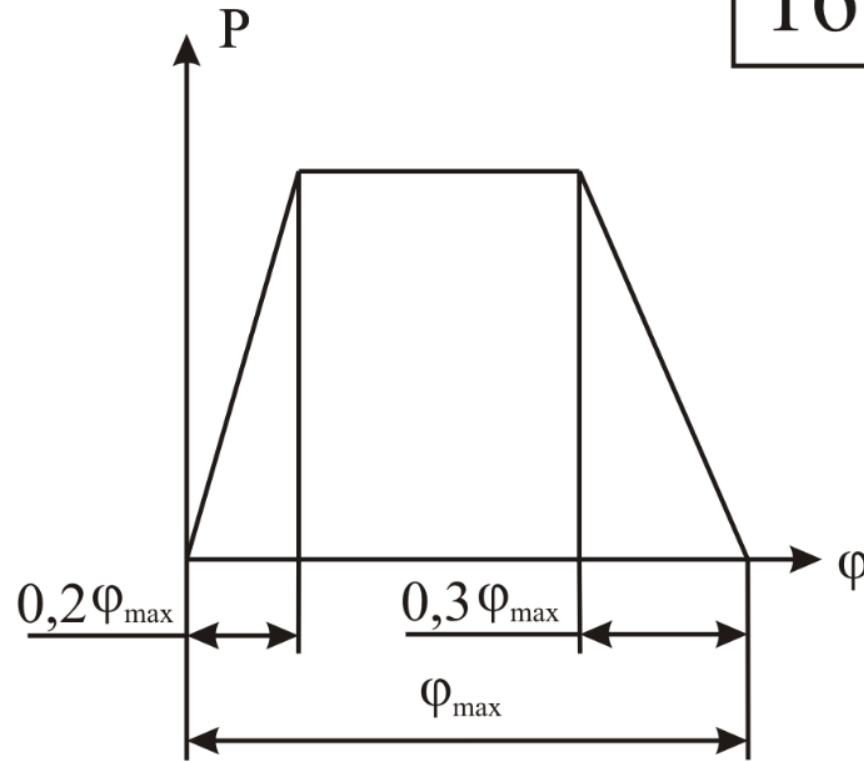
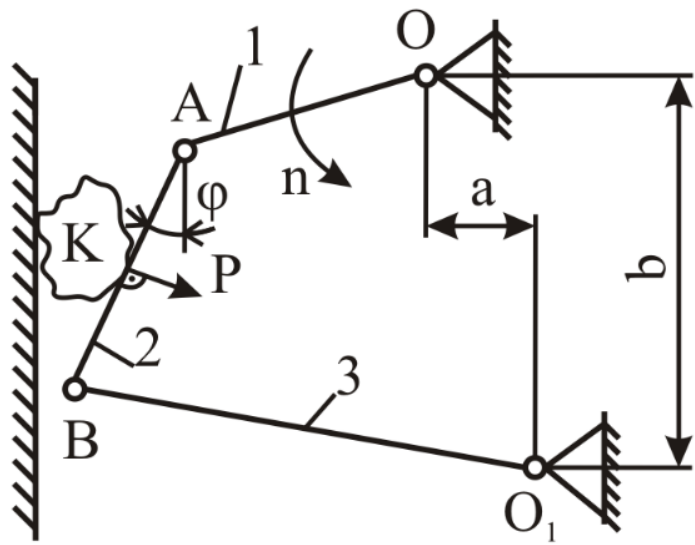
Вариант	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	a	b	c	d	n	P_{max}	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	$\frac{об.}{хв.}$	кГ	мм	мм	мм	мм	мм	кГм ²	кГм ²	кГм ²	кГм ²	кГм ²
1	80	200	410	190	300	50	80	230	400	95	50	51	52	53	54	55	26	27	28	29	30
2	85	180	415	180	340	60	70	250	410	100	65	55	54	53	52	51	21	24	23	26	27
3	90	195	430	190	310	70	90	250	415	105	55	52	51	53	54	55	26	26	27	28	25



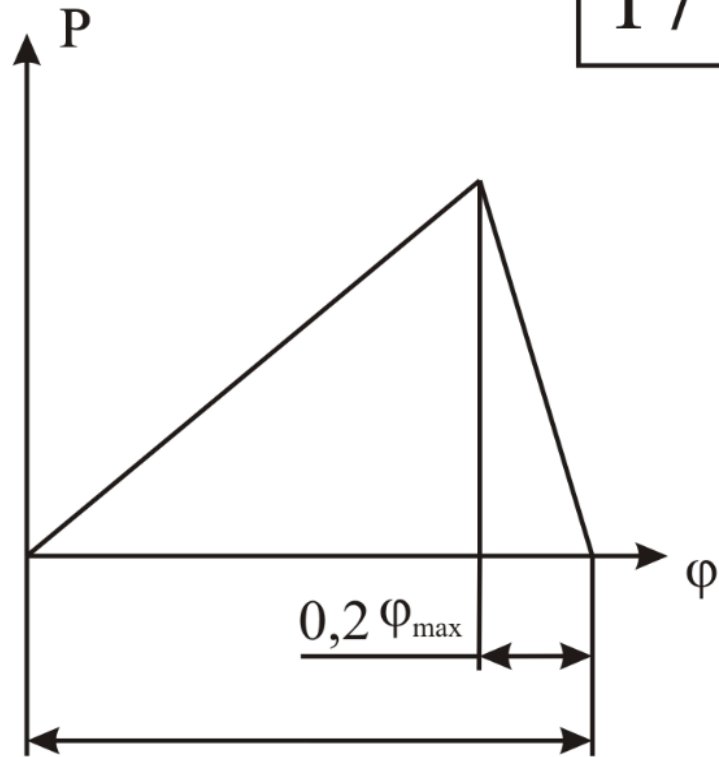
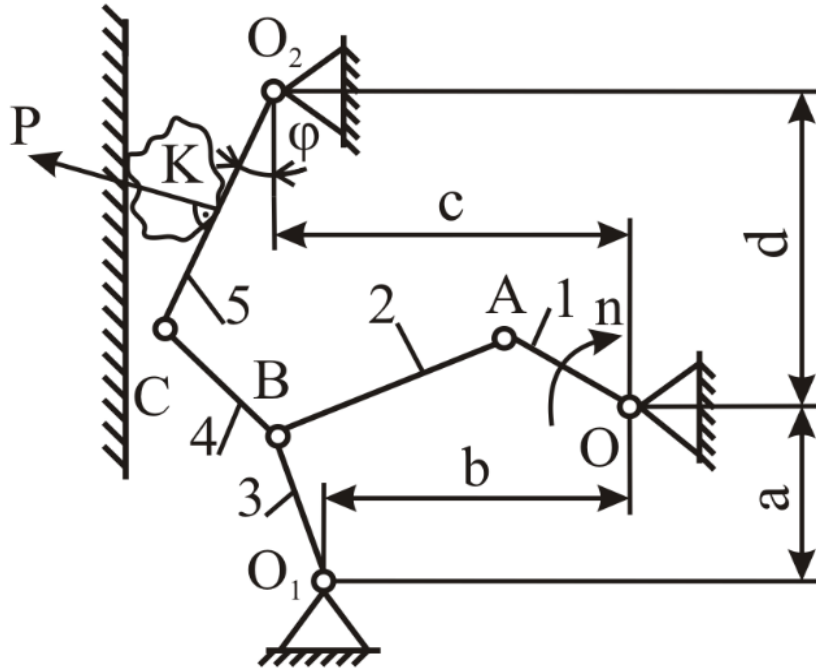
Вариант	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	a	b	c	d	α°	n	P_{\max}	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм		$\frac{\text{об.}}{\text{хв.}}$	кГ	мм	мм	мм	мм	мм	кГм ²	кГм ²	кГм ²	кГм ²	кГм ²
1	40	370	220	300	120	30	90	280	370	30	100	40	39	41	42	43	44	20	21	22	23	24
2	45	360	225	280	125	40	95	290	340	45	110	45	44	39	38	41	42	21	20	22	23	24
3	50	350	230	295	130	50	100	300	350	50	105	50	49	50	51	52	53	20	21	23	25	26



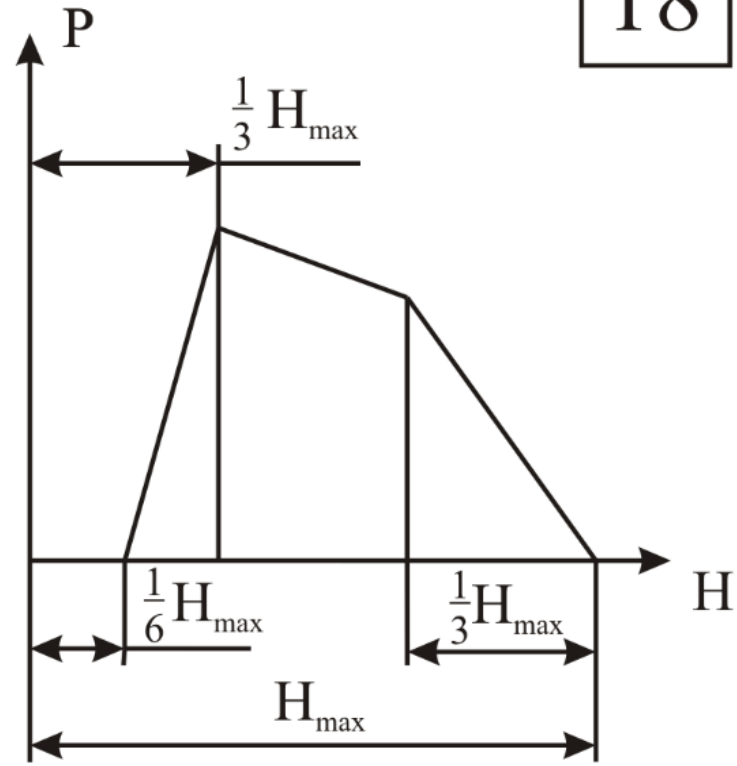
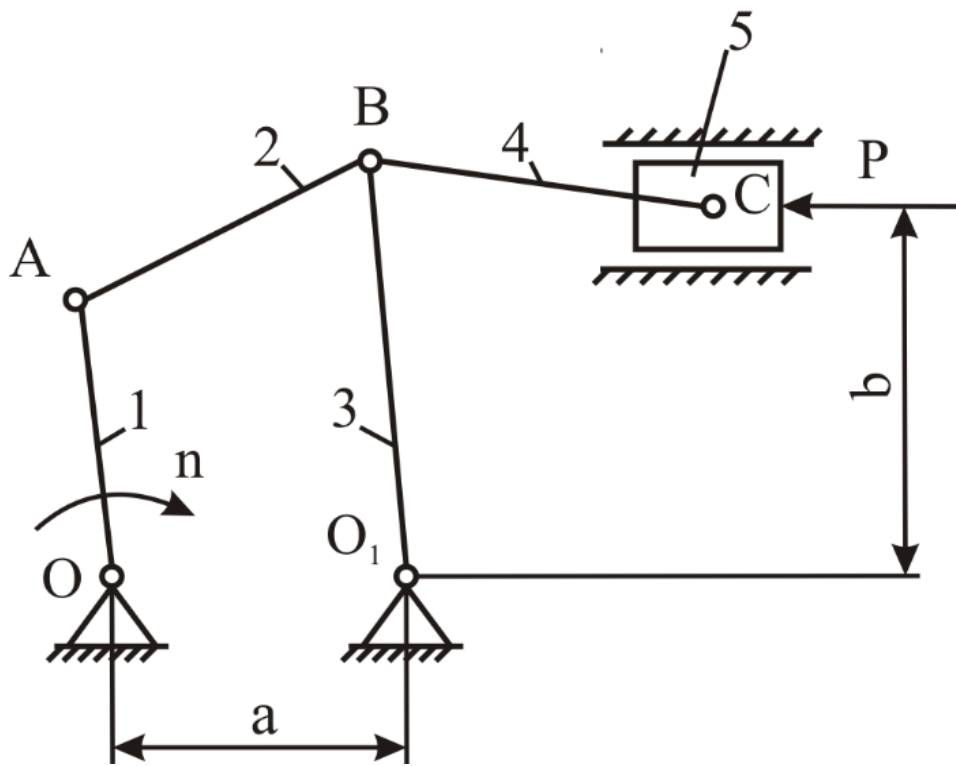
Вариант	l_1	l_2	l_3	l_4	α°	a	b	c	n	P_{max}	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
	MM	MM	MM	MM		MM	MM	MM	$\frac{об.}{хв.}$	кГ	MM	MM	MM	MM	MM	кГМ ²	кГМ ²	кГМ ²	кГМ ²	кГМ ²
1	100	170	300	600	60	150	0	360	120	200	201	202	203	204	205	101	102	103	104	105
2	120	175	320	650	45	130	50	400	130	300	205	204	203	201	200	100	101	102	103	104
3	110	180	330	700	60	150	0	410	135	350	351	352	353	354	356	151	152	153	154	155



Вариант	l_1 мм	l_2 мм	l_3 мм	α°	a мм	b мм	n <u>об.</u> <u>хв.</u>	P_{max} кГ	m_1 мм	m_2 мм	m_3 мм	I_1 кГм ²	I_2 кГм ²	I_3 кГм ²
1	70	400	220	30	50	400	90	14	14.2	14.2	12.3	7.4	7.4	7.4
2	65	410	200	45	60	400	95	12	12.1	12.2	12.3	6.6	6.1	6.2
3	60	390	220	30	70	390	100	13	13.1	13.2	13.3	6.5	6.5	6.1



Вариант	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	a	b	c	d	n	P_{\max}	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	$\frac{n}{\text{об. хв.}}$	кГ	мм	мм	мм	мм	мм	кгм ²	кгм ²	кгм ²	кгм ²	кгм ²
1	50	480	150	100	400	250	300	350	270	90	10	10.1	10.2	10.3	10.4	10.5	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5
2	60	470	140	110	390	240	290	340	260	85	12	12.1	12.2	12.3	12.4	12.5	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5
3	70	470	140	115	390	245	280	345	265	80	11	11.1	11.2	11.3	11.4	11.5	5.51	5.52	5.53	5.54	5.55



Вариант	l_1	l_2	l_3	l_4	a	b	n	P_{max}	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	I_1	I_2	I_3	I_4
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	об. хв.	кГ	мм	мм	мм	мм	мм	кГм ²	кГм ²	кГм ²	кГм ²
1	250	320	460	160	240	420	96	100	101	102	103	104	105	51	52	53	54
2	260	300	450	170	245	410	103	150	151	152	153	154	155	71	72	73	74
3	280	340	430	200	250	400	108	180	181	182	183	184	185	91	92	93	94

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин / И.И. Артоболевский. – М.: Наука, 1988. – 640 с.
2. Кореняко О.С. Теорія механізмів і машин / О.С. Кореняко. – К.: Вища школа, 1987. – 206 с.
3. Смелягин А.И. Теория механизмов и машин. Курсовое проектирование: учебное пособие / А.И. Смелягин. – М.: ИНФРА-М; Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – 263 с.
4. Теория механизмов и машин / под ред. К.В. Фролова. – М.: Высш. школа, 1987. – 496 с.