

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет “Запорізька політехніка”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ І ЗАВДАННЯ

до виконання розрахунково-графічних робіт з дисципліни
«Технічна механіка»

для студентів денної форми навчання галузі знань
173 «Авіоніка»

Спеціалізація «Електротехнічні комплекси
та системи літальних апаратів»

2020

Методичні вказівки і завдання до виконання розрахунково-графічних робіт з дисципліни «Технічна механіка» для студентів денної форми навчання галузі знань 173 «Авіоніка» Спеціалізація «Електротехнічні комплекси та системи літальних апаратів» / Укл.: А.Д. Фурсіна, С.Ю. Кружнова, – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 14 с.

Укладачі: *А.Д. Фурсіна*, доцент, к.т.н.
С.Ю. Кружнова, ст. викл.

Рецензент: Скребцов А.А., к.т.н.

Відповідальний
за випуск: *Фурсіна А.Д.*, доцент, к.т.н.

Затверджено
на засіданні кафедри механіки
Протокол № 5
від “ 10 ” 12 2020 року

Рекомендовано до видання
НМК факультету БАД
Протокол № 4
від “24” 12 2020 року

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ	4
1 КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ДО РОЗВ'ЯЗКУ РГР	5
1.1 Приклад дослідження структури механізму	7
1.2 Приклад виконання розрахунково- графічної роботи	8
2 ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНІ РО- БІТ	10
2.1 Контрольні питання	13
ЛІТЕРАТУРА	14

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Дисципліна « Технічна механіка » для немашинобудівних спеціальностей складається з чотирьох частин: «Теоретична механіка», «Теорія механізмів і машин», «Опір матеріалів», «Деталі машин». Під терміном технічна механіка розуміють область механіки, яка присвячена вивченню руху та напруженого стану реальних технічних об'єктів з урахуванням основних закономірностей, що установлені в теоретичній механіці.

Призначення дисципліни – надати майбутнім інженерам основні відомості про закони руху та рівноваги матеріальних тіл; про структуру механізмів; про методи розрахунку елементів конструкцій на міцність, жорсткість та стійкість під діючим навантаженням; про улаштування, область застосування, методи проектування деталей машин та механізмів загального призначення.

Знання одержані при вивченні прикладної механіки є основою для вивчення суміжних спеціальних дисциплін.

Кожна наукова область відрізняється специфічною спрямованістю, яка визначає об'єкти її вивчення. Для забезпечення взаєморозуміння спеціалістів необхідно знати прийняті визначення об'єктів та прийняту технічну термінологію. В техніці широко застосовують рухомі і нерухомі механічні системи, які поділяються на машини, машинні агрегати, механізми, механічні пристрої, прилади.

1 КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ДО РОЗВ'ЯЗКУ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОГО ЗАВДАННЯ

Приступаючи до розв'язання задач по теорії механізмів і машин слід ознайомитись з основними поняттями та означеннями курсу.

Розглянемо питання структурного аналізу механізмів. Основними задачами структурного аналізу механізмів є:

- дослідження і проектування структурно-кінематичних схем механізмів у відповідності до вимог технології виробництва та експлуатації;
- визначення кількості ступенів волі механізмів та кінематичних ланцюгів;
- забезпечення заданих форм траєкторій руху точок ланок механізму, а також інші задачі, що відносяться до побудови механізмів та кінематичних ланцюгів.

В теорії механізмів і машин замість терміну «тіло», який використовується в теоретичній механіці, прийнято термін «ланка». Ланки, так само як і деталі, бувають рухомі і нерухомі. Кожна рухома деталь або група деталей, яка утворює одну рухоми систему тіл, називається рухомою ланкою механізму. Усі нерухомі деталі утворюють одну систему тіл, яка називається нерухомою ланкою або стояком. У механізмах або машинах ланки з'єднуються одна з одною так, щоб забезпечувалась можливість їхнього відносного руху. Рухоме з'єднання двох ланок, які стикаються, називається кінематичною парою.

Кінематичні пари поділяються на класи в залежності від кількості умов в'язей, які накладаються на відносний рух ланок. До складу плоских механізмів, тобто механізмів ланки яких рухаються в одній нерухомій площині або в паралельних площинах, входять тільки кінематичні пари IV та V класів, які накладають відповідно, одну або дві умови зв'язку.

Залежно від форми елементів кінематичних пар розрізняють нижчі кінематичні пари, у яких ланки стикаються між собою поверхнями (обертальна, поступальна, циліндрична, сферична) і вищі, у яких ланки стикаються по лінії (циліндр-площина) або в точці (куля-циліндр, куля-площина).

Ступінь рухомості плоских механізмів визначають за формулою Чебишева

$$W=3n-2P_5-P_4,$$

де W – ступінь рухомості кінематичного ланцюга;

n – кількість рухомих ланок;

P_5, P_4 – кінематичні пари відповідно V та IV класів.

Структурний аналіз механізму полягає у визначенні ступеня рухомості механізму та розкладання його на групи Ассура і початковий механізм. Початковим механізмом першого класу називається найпростіший механізм, який складається з однієї рухомої та однієї нерухомої ланки, з'єднаних кінематичною парою п'ятого класу. Рухома ланка може утворювати зі стояком обертальну або поступальну кінематичні пари. У початковому механізмі немає ведених ланок, а тому і немає передачі чи перетворення руху. Будь який механізм з веденими ланками утворюється шляхом прикріплення до початкової ланки групи ланок з нульовим ступенем рухомості відносно тих ланок, до яких ця група прикріплюється. Така структурна група називається групою Ассура. В групах Ассура маємо певну залежність між кількістю ланок та кінематичних пар, яка впливає із основної умови існування групи:

$$W=3n-2P_5-P_4=0; \quad P_5=3/2 n.$$

Оскільки число ланок і пар може бути тільки цілим, то цю умову задовольняють такі сполучення чисел ланок і кінематичних пар, що входять в групу:

Таблиця 1.1

n	2	4	6	8	10	...				
P_5	3	6	9	12	15	...				

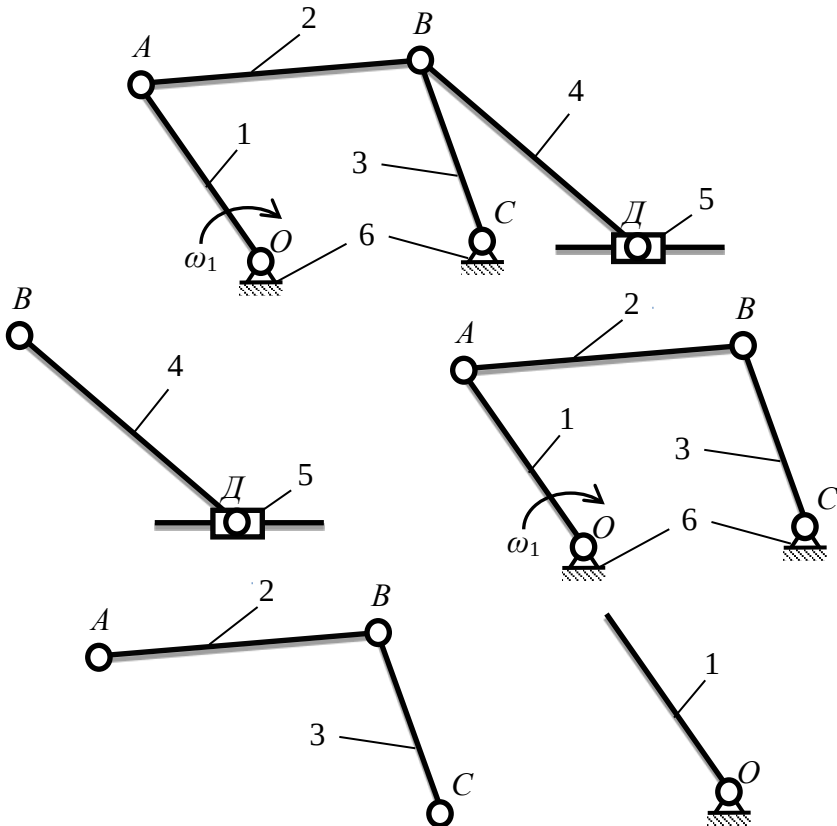
Таким чином, кількість ланок у групі Ассура повинна бути тільки парною, а мінімальна кількість кінематичних пар дорівнювати трьом.

При дослідженні структури механізмів рекомендується така послідовність:

- відокремлення груп Ассура починати з ланок, які найбільш віддалені від ведучої ланки;
- намагатись відокремлювати у першу чергу більш прості структурні групи Ассура, так звані діади;
- слідкувати за тим, щоб ступінь рухомості кінематичного ланцюга механізму до і після відокремлення кожної групи залишався незмінним;
- пам'ятати, що кожна кінематична пара і кожна ланка можуть належати тільки одній структурній групі або одному початковому механізму.

1.1 „Приклад дослідження структури механізму

Проведемо дослідження структури шестиланкового плоского механізму.



Цей шестиланковий плоский механізм має п'ять рухомих ланок ($n=5$) і стояк (нерухома ланка 6). Механізм утворює сім кінематичних пар V класу ($P_5=7$), з яких шість є обертальними і утворені ланками: 6-1, 1-2, 2-3, 2-4, 6-3 і 4-5 і одна поступальна пара, 5-6, утворена повзуном 5 і стояком 6. Ланка 1 є вхідною і ведучою, на що вказує стрілка.

Визначаємо ступінь рухомості механізму

$$W=3n-2P_5-P_4=3\cdot5-2\cdot7-0=1.$$

Відокремлюємо найбільш віддалену від ведучої групу ланок (це ланки 4 і 5) і бачимо, що ця група складається з двох ланок, що утворюють три кінематичні пари V класу і тому це є група Ассура II класу. Розглянемо частину механізму, що залишилась. Вона має $P=3$ і $n=4$ і тому її ступінь рухомості

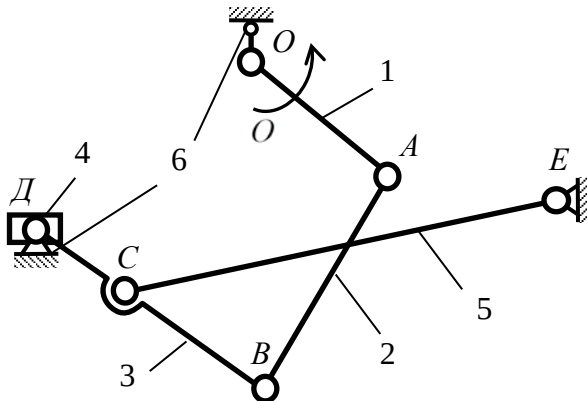
$$W=3n-2P_5-P_4=3\cdot3-2\cdot4-0=1,$$

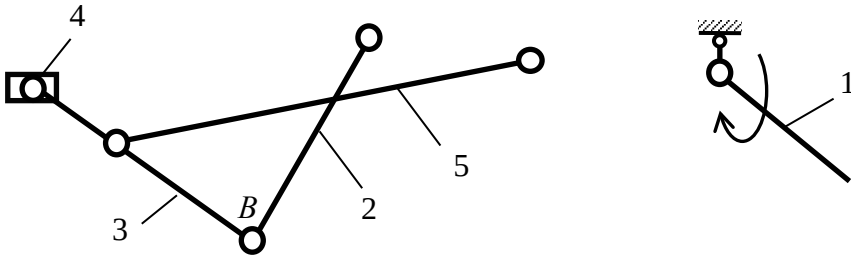
Що вказує на правильне відокремлення ланок 4 і 5. Далі відокремлюємо ланки 2 і 3, які теж є групою Ассура, тому що вони мають три кінематичні пари. Частина механізму, що залишилась є початковим механізмом I класу. Відокремлені групи Ассура (ланки 4-5 і 2-3) мають другий клас. А тому і весь механізм також має II клас.

Формула побудови цього механізму має вигляд:

$$I(6-1) \leftarrow II(2-3) \leftarrow II(4-5).$$

1.2 Приклад виконання розрахунково-графічного завдання





Кількість рухомих ланок: $n=5$.

Характеристика кінематичних пар:

$O(6-1)$ – обертальна, нижча, V класу;

$A(1-2)$ – обертальна, нижча, V класу;

$B(2-3)$ – обертальна, нижча, V класу;

$C(5-3)$ – обертальна, нижча, V класу;

$D(3-4)$ – обертальна, нижча, V класу;

$D(4-6)$ – поступальна, нижча, V класу;

$E(5-6)$ – обертальна, нижча, V класу.

Отже, механізм має сім кінематичних пар V класу $P_5=7$, $P_4=0$.

Клас кінематичної пари визначається кількістю втрачених ступенів волі.

Визначаю ступінь рухомості цього плоского механізму за формулою Чебишева:

$$W=3n-P_5-P_4=3\cdot 5-2\cdot 7-0=1.$$

Зробимо структурний аналіз цього механізму, тобто розкладемо його на групи Ассура та початковий механізм I класу. Цей механізм улаштований так, що його можна розкласти тільки на одну групу Ассура, що складається з трьох стержнів – 2, 3, 5 та повзуна – ланка 4. Перевіряємо ступінь рухомості відокремленої групи Ассура за формулою Чебишева. Як відомо, вона повинна дорівнювати нулю.

$$W=3-4-2-6=0.$$

Що говорить про те, що група Ассура відокремлена правильно.

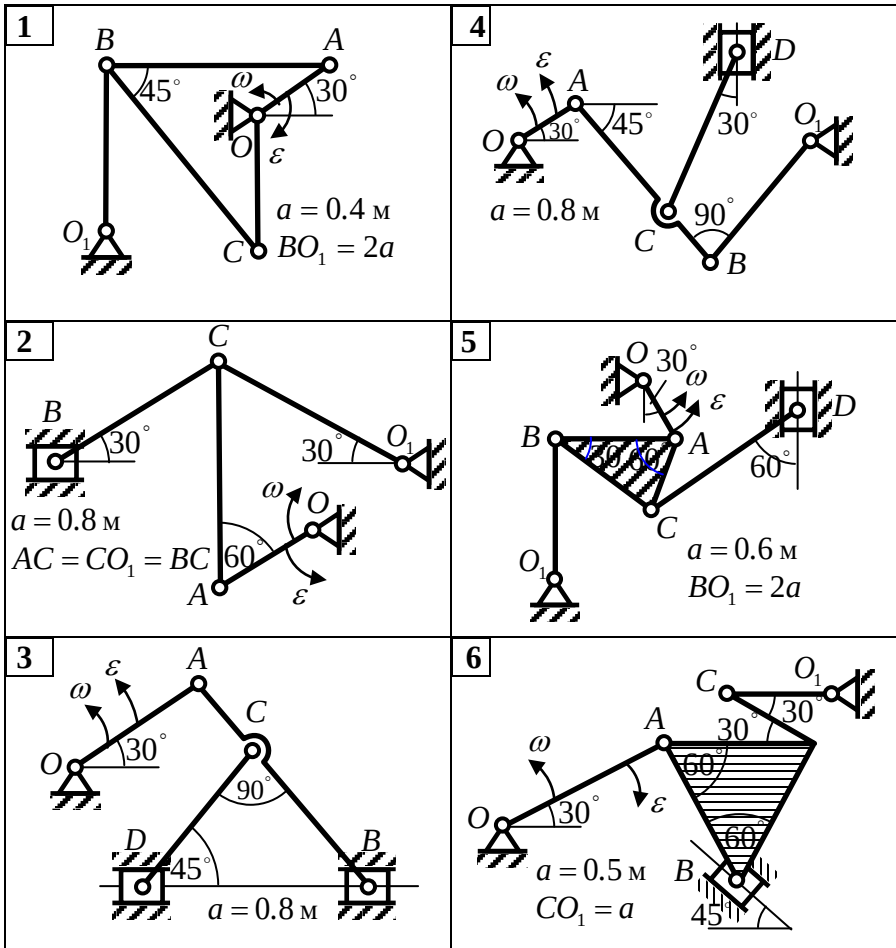
Клас групи Ассура визначається найвищим класом контура. Кон-

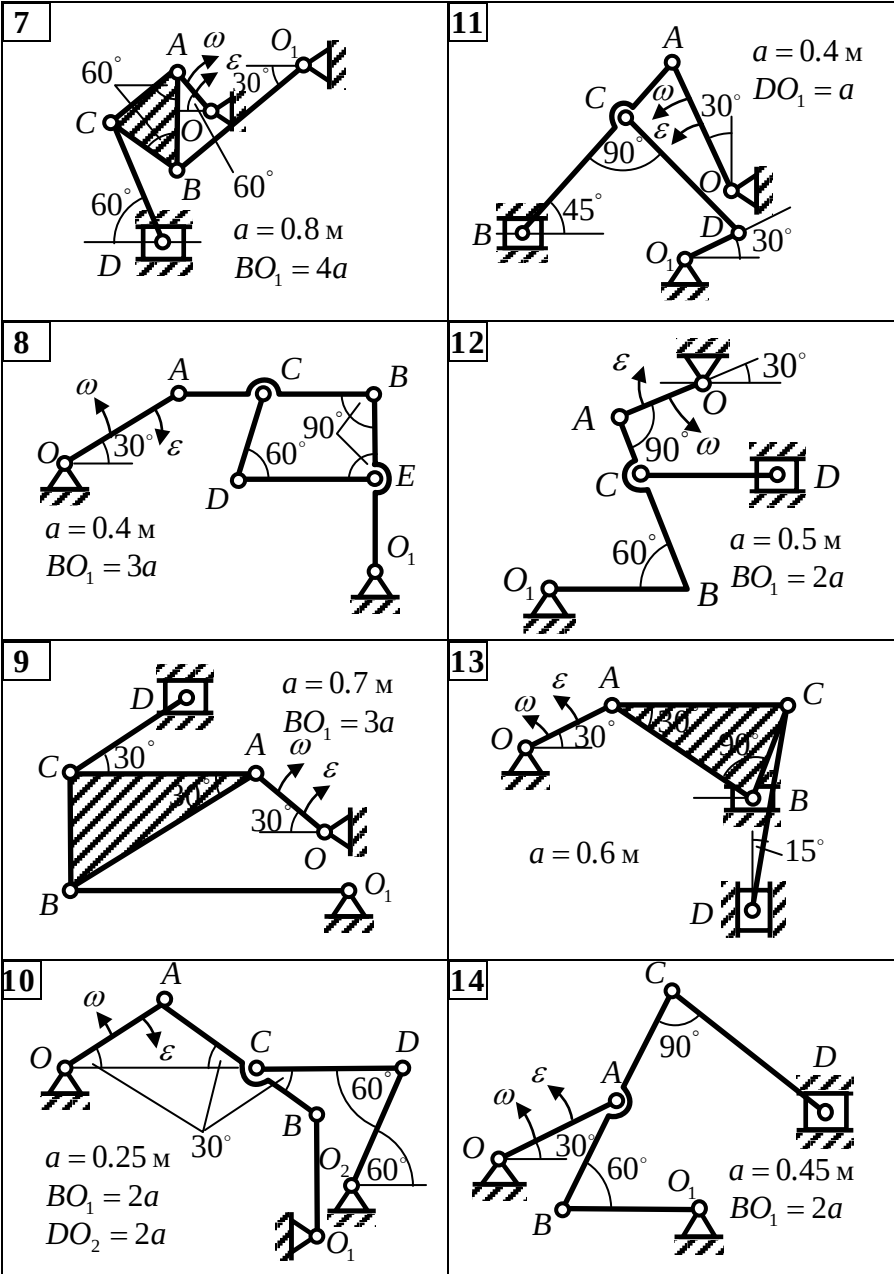
туром називають замкнуту частину площини, яка зайнята ланками або обмежена з усіх боків ланками. Клас же механізму визначається найвищим класом групи Ассура, що входить до його складу. Таким чином, виділена група Ассура III класу, а отже і механізм буде мати III клас.

Структурна формула механізму:

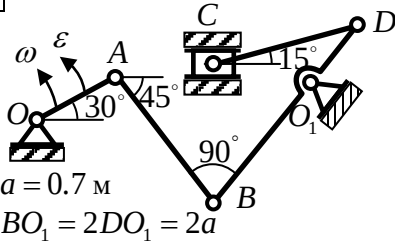
$$I (6-1) \leftarrow III (2-3-4-5).$$

2 РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНІ ЗАВДАННЯ

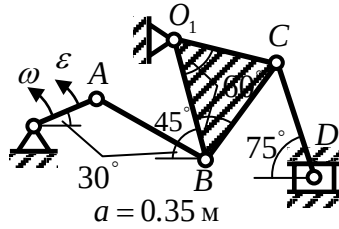




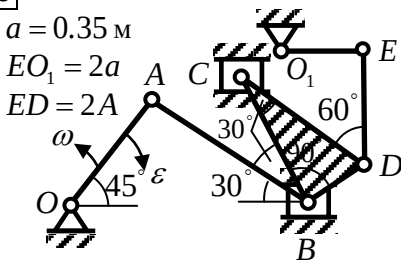
15



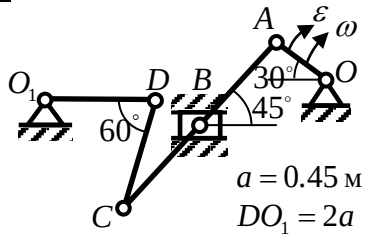
19



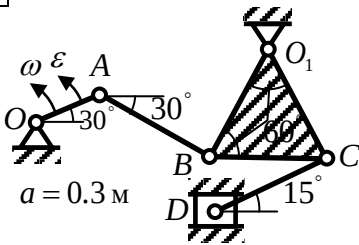
16



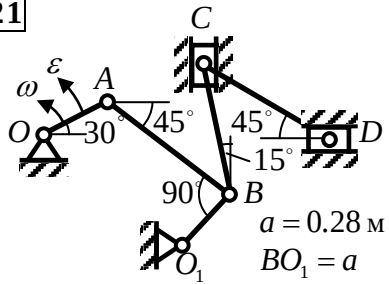
20



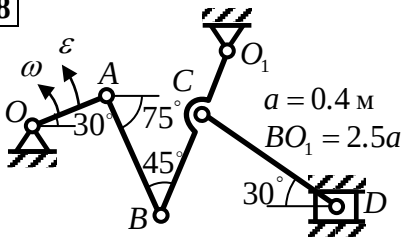
17



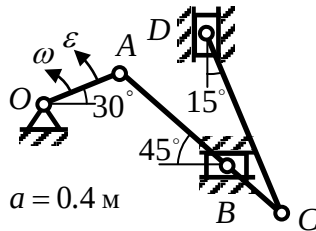
21



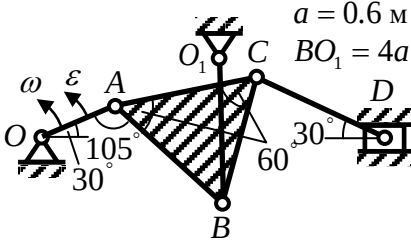
18



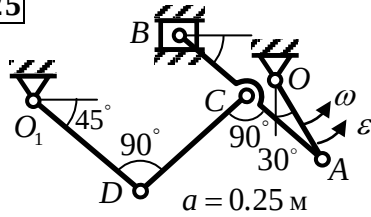
22



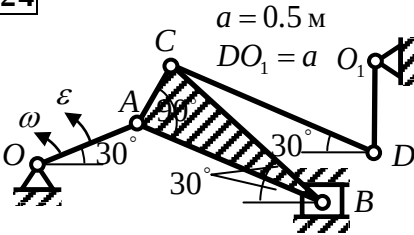
23



25



24



2.1 Контрольні питання

1. Дайте визначення ланки, кінематичної пари, кінематичного ланцюга.
2. Які кінематичні пари називаються нижчими, а які вищими?
3. Поясніть ділення кінематичних ланцюгів на замкнені та незамкнені.
4. Дайте визначення механізму.
5. Поясніть фізичний зміст числових коефіцієнтів в структурних формулах просторового та плоского кінематичних ланцюгів.
6. Наведіть приклад групи Ассура в механізмі
7. Наведіть приклад просторового механізму.
8. Які механізми називають плоскими?
9. Запишіть формулу Чебишева.
10. Чому дорівнює ступінь рухомості в групах Ассура?
11. Запишіть залежність між кількістю рухомих ланок та кількістю кінематичних пар в групах Ассура.
12. За якою формулою визначається ступінь рухомості просторового кінематичного ланцюга?

13. Як визначається клас механізму?
14. Що таке структурний аналіз механізму?
15. Порядок виконання структурного аналізу механізму.

ЛІТЕРАТУРА

1. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики. М., Высшая школа, 1990. – 605 с.
2. Айзенберг Т.Б. Воронцов И.М., Осецкий В.М. Руководство к решению задач по теоретической механике. М., Высшая школа, 1988. – 419 с.
3. Тарг С.М. Курс теоретической механики. М., Наука, 1967. – 480 с.
4. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. М., Наука, 1977. – 640 с.
5. Иосилевич Г.Б. и др. Прикладная механика. – М. : Машиностроение. – 1985. – 576 с.
6. Тексти (конспект) лекцій з дисципліни «Прикладна механіка» для студентів галузі знань «Механічна інженерія» денної форми навчання. (Частина перша) / Укл. А.Д. Фурсіна, В.Г. Шевченко – Запоріжжя, : НУ «Запорізька політехніка». – 2019. – 61 с.
7. Тексти (конспект) лекцій з дисципліни «Прикладна механіка» для студентів галузі знань «Механічна інженерія» денної форми навчання. (Частина 2) / Укл. А.Д. Фурсіна, В.Г. Шевченко – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка». – 2019. – 88 с.