

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті

КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ
З ДИСЦИПЛІНИ «ТЕОРІЯ МЕХАНІЗМІВ І МАШИН»
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
денної та заочної форми навчання
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
ОП «Прикладна механіка»

Затверджено на засіданні
кафедри прикладної механіки
та інформаційних технологій
Протокол № 1 від 31.08.2022 р.
Затверджено Вченою радою ЕТІ
Протокол № 23 від 1.09.2022р.

Вступ

Курс теорії механізмів та машин готує студентів до вивчення спеціальних дисциплін, присвячених проектуванню машин та механізмів у різних галузях техніки. Курсовий проект з ТММ виконується паралельно з вивченням теоретичного матеріалу. В процесі виконання проекту студент повинен отримати практичні навички по використанню основних положень і висновків теорії до вирішення конкретних технічних задач.

Методична розробка включає структуру альбому документів з курсового проекту, методику оформлення і порядок виконання його графічної та текстової частини, наводяться питання для самоперевірки при підготовці до захисту курсового проекту. В додатках наведені основні довідкові матеріали, необхідні для виконання курсового проекту, а також завдання та приклад виконання останнього. Вона може використовуватися не тільки при виконанні курсового проекту з теорії механізмів і машин, але й проектів з інших технічних дисциплін (ДМ, ПТМ та інші); крім того може бути в нагоді й при виконанні дипломного проекту.

Методична розробка призначена для студентів машинобудівних спеціальностей спеціальностей вищих навчальних закладів.

1. Зміст курсового проекту

Завдання на курсовий проект, його обсяг і зміст визначає керівник курсового проекту на підставі програми курсу ТММ, затвердженої Міністерством освіти і науки України. Відповідно до цієї програми для машинобудівельних спеціальностей курсовий проект має складатися з 4-5 аркушів формату А1 ГОСТ 2.301-68* і супроводжуватися пояснювальною запискою.

Досвід свідчить, що основною трудностю, яку зазнають студенти у процесі виконання курсових проектів з ТММ, є відсутність у них навичок з виконання комплексних робіт, невміння користуватися навчальною та спеціальною літературою. Тому в пропонованих нижче вказівках наведені загальні вимоги до курсового проекту, порядок його виконання, конкретизовано обсяг робіт по кожному розділу (аркушу), а також наведені запитання для самоперевірки.

Виконуючи курсовий проект, необхідно:

- уважно вивчити завдання;
- розглянути загальні вказівки з виконання й захисту проекту; повторити основні аналітичні залежності і розмірності основних фізичних величин, які будуть використані в розрахунках.

У процесі виконання відповідного розділу (листа) проекту необхідно:

- уважно вивчити зміст робіт з цього розділу;
- ознайомитися з методичними вказівками і рекомендованою літературою;
- суворо дотримуватися вимог єдиної системи конструкторської документації (ЕСКД);
- регулярно, відповідно до встановленого кафедрою розкладу консультацій, ознайомлювати керівника проекту з виконаною роботою; графічна й текстова (пояснювальна записка) частини опрацьовуються паралельно.

Роботу зберігають до захисту. Публічний захист курсового проекту поводить згідно з навчальним графіком затвердженим кафедрою. За результатами захисту виставляється диференційована оцінка. При цьому враховується якість графічної та текстової частини, строк її представлення до захисту.

Під час підготовки до захисту курсового проекту необхідно:

- повністю оформити графічну та текстову частини проекту. Пояснювальну записку взяти в оправу, а її зміст узгодити з керівником проекту. Всі аркуші підписує керівник проекту і нормоконтроль.

- повторити зміст, порядок і методи виконання кожного розділу проекту, основні теоретичні положення курсу ТММ, які мають відношення до виконання проекту.

Для полегшення підготовки студентів до захисту курсового проекту в підрозділах вміщені запитання для самоперевірки, які допоможуть систематизувати основні положення курсу ТММ, звернути увагу на практичне використання методів аналізу і синтезу механізмів.

Тематика розділів:

Розділ 1 (аркуш 1) Кінематичний синтез і аналіз важільного механізму.

Розділ 2 (аркуш 2) Силовий розрахунок важільного механізму.

Розділ 3 (аркуш 3) Визначення моменту інерції маховика.

Розділ 4 (аркуш 4) Синтез і аналіз кулачкового механізму.

2. Оформлення графічної частини курсового проекту

1. Графічну частину проекту виконують на аркушах формату А1 (841 x 694 мм).

2. Проект має бути виконаний з додержанням усіх вимог стандарту (товщина ліній, шрифт, умовні позначення, основні написи, тощо).

3. Проект виконується олівцем або за допомогою комп'ютера зі збереженням усіх допоміжних побудов. На кожному окремому кресленні (планах, діаграмах, рисунках) мають бути зроблені відповідні написи і

проставлені масштаби. Масштаби слід підбирати так, щоб креслення мало найбільшу чіткість зображення, і на аркуші не залишалося не використаного місця. При виборі масштабів кінематичних схем та інших побудов, пов'язаних із синтезом та аналізом механізмів, допускається відхилення від ГОСТ 2.302-68*.

4. Вектори швидкостей, прискорень, сил, що за прийнятим масштабом повинні зображатись відрізками меншими від 2 мм, відкладати на кресленні не слід.

5. Обертальні кінематичні пари на схемі та планах механізмів у кожному положенні помічаються колами діаметром до 2мм.

6. Поступальні пари зображаються прямокутниками (8 x 12), і розміщені в середині напрямних. При побудові кількох планів механізму на одному кресленні поступальну пару достатньо показати в одному положенні.

7. Одержані на ординатах точки позначаються колами 1...2 мм. Ординати на всі додаткові побудови проводяться лініями побудови, шукана крива – контурною лінією.

8. Осі координат виділяються лініями трохи більшої товщини, ніж товщина ординат. На кінцях осей координат проставляють стрілки, які показують додатний напрям осей, поруч дається відповідне позначення, наприклад S, V, A і т. д.

9. Плани механізму кресляться тонкими лініями. Задані положення механізму і траєкторія заданої точки обводяться контурними лініями.

10. Плани швидкостей, прискорень і сил обводяться контурною лінією. Повернуті плани швидкостей, які будуються для визначення зрівноваженого моменту за методом "жорсткого" важеля Жуковського, креслять тонкими лініями.

11. При побудові планів швидкостей, прискорень, структурних груп, планів сил положення механізму позначають арабською цифрою (шрифт 7) у колах діаметром 12 мм.

12. Позначення на фігурах креслення слід застосовувати тільки ті, що прийняті у підручниках або навчальних посібниках.

13. Кожний аркуш проекту повинен мати у правому нижньому куті основний надпис (форма 1), де вказується назва навчального закладу, група, прізвище керівника проекту і студента, назва і номер аркуша, дата його закінчення.

3. Оформлення пояснювальної записки

3.1 Загальні відомості

1. Пояснювальна записка до курсового проекту повинна виконуватись згідно з вимогами до текстових документів (ГОСТ 2.105-89).

2. Пояснювальна записка повинна бути написана від руки, чорнилами (пастою) чорного, фіолетового або синього кольору з одного боку письмового паперу формату А4 (297 x 210 мм) за ГОСТ 2.301-68 чітким почерком із висотою букв і цифр не менш 2,5 мм. При виконанні пояснювальної записки на комп'ютері необхідно використовувати шрифт Times New Roman , розміром 14.

3. Відстань від рамки до меж тексту на початку і в кінці рядів – не менш 3 мм. Відстань від верхнього або нижнього рядків тексту до верхньої або нижньої рамок має бути не менш 10 мм. Абзаци в тексті починаються відступом 15-17 мм.

4. Нумерація аркушів в пояснювальній записці повинна бути наскрізною.

5. Кожний розділ пояснювальної записки рекомендується починати з нового аркуша (сторінки). Кожний пункт тексту записується з абзацу. Цифри, що вказують на номери пунктів, не повинні виступати за межі абзацу.

6. Помилки і графічні неточності, виявлені в процесі виконання документа, допускається виправляти підчисткою або зафарбовуванням білою фарбою і нанесенням на тому ж місці виправленого тексту (графіки). Пошкодження аркушів, помарки і сліди неповністю видаленого колишнього тексту не допускаються.

3.2 Побудова пояснювальної записки

1. Пояснювальну записку поділяють на розділи і підрозділи залежно від кількості сторінок і питань, що розглядаються.

2. Розділи повинні мати порядкові номери у межах усієї записки, позначені арабськими цифрами.

Підрозділи повинні мати нумерацію у межах кожного розділу. Номери підрозділів складаються з номерів розділу і підрозділу, роз'єднаних крапкою.

Якщо підрозділ має пункти, то нумерація пунктів має бути у межах підрозділу та номера пункту, роз'єднаних крапками, наприклад (2.1.1).

3. Назва розділів і підрозділів повинні бути стислими, відповідати змісту і записуватись у вигляді заголовків (у червоний рядок). Перенесення слів у заголовках не допускається. Крапку в кінці заголовку не ставлять.

Відстань між заголовком і подальшим текстом – 15 мм. Така сама відстань витримується між заголовками розділу і підрозділу. Відстань між основами рядків заголовка приймають таку саму, як і тексті.

4. В кінці пояснювальної записки приводиться список літератури, яка була використана при розробці проекту.

Список складається під заголовком “Література” в такому порядку:

- література українською мовою;
- іншомовна (як правило, російська) література, (записується мовою оригіналу).

В кожній частині література перелічується за алфавітним порядком, причому до уваги приймається перша буква прізвища автора (якщо він є) або першого співавтора, якщо їх два або три. Якщо авторів двоє, то приводяться прізвища обох, якщо авторів троє, то приводяться прізвище автора, вказане на титульному листі першим з додаванням слів “та ін.” Якщо на титулі прізвища автора (авторів) не показані, до уваги приймається перша буква назви книжки. В бібліографічний опис літературних джерел входять:

- прізвище автора (авторів) і його ініціали;
- назва книжки (без лапок);

- місце видання (допускається скорочення: К. – Київ, Х. – Харків, М. – Москва, Л. – Ленінград, С П б. – Санк-Петербург).
- видавництво (без лапок, допускається скорочення);
- рік видання;
- об'єм (сторінок) (допускається не вказувати).

Приклад складання списку і використання розподілювальних знаків (тире, крапка і двокрапку) дивись у зразку пояснювальної записки. При посиланні на те чи інше джерело вказувати його номер, під яким воно значиться у даному списку, наприклад [1].

5. На першому аркуші пояснювальної записки (при необхідності і на другому) розташовується зміст, який включає в себе номери і найменування розділів і підрозділів із зазначенням номерів аркушів (сторінок).

Зміст включають в загальну кількість аркушів пояснювальної записки.

Слово “Зміст” записують у вигляді заголовка (симетрично тексту) з великої букви. Найменування, що включаються у зміст, записують малими буквами, починаючи з великої букви.

6. Записка повинна бути зшитою і супроводжуватися титульним листом, на якому вказується назва навчального закладу, кафедри, групи, науковий ступінь, вчене звання і прізвище керівника проекту, прізвище студента, назва роботи (додаток А).

3.3 Викладення тексту пояснювальної записки

1. У пояснювальній записці треба стисло і чітко викласти всі етапи виконання проекту з обґрунтуванням усіх методів, які застосовуються при синтезі й аналізі заданого механізму, а також навести обчислення параметрів, необхідних для виконання потрібних побудов. Обчислення і пояснення наводяться для одного із заданих положень, не рекомендується давати їх для “мертвих” (крайніх) положень механізму, для інших положень у разі їх відсутності – загальноприйнятим у науково-технічній літературі, результати обчислень зводяться в таблицю.

2. Термінологія та визначення мають бути єдиними і відповідати встановленому стандарту, а у разі їх відсутності – загальноприйнятим у науково-технічній літературі.

3. В тексті пояснювальної записки не допускається:

- застосовувати звороти розмовної мови, техніцизми, професіоналізми;
- застосовувати для одного і того ж поняття різні науково-технічні терміни, близькі за суттю (синоніми), а також залежні слова і терміни, якщо є рівнозначні слова і терміни в українській мові;
- застосовувати скорочення слів, крім встановлених правилами української орфографії і відповідними державними стандартами;
- скорочувати позначення одиниць фізичних величин, якщо вони уживаються без цифр, за виключенням одиниць фізичних величин і головних та бокових таблиць і в розшифровках буквених позначень, що входять до формул.

В тексті пояснювальної записки, за виключенням формул і таблиць не допускається:

- використовувати математичний знак мінус (-) перед від’ємними значеннями величин (треба писати слово “мінус”);
- застосовувати знак “Ø” для позначення діаметра треба писати слово “діаметр”);

- використовувати без числових значень математичні знаки, наприклад $>$ (більше), $<$ (менше), $=$ (дорівнює), \geq (більше або дорівнює), \neq (не дорівнює), а також знаки № (номер), % (відсоток);

4. Скорочення слів у тексті та написах під ілюстраціями, як правило, не дозволяється. Виключення складають скорочення, загальноприйняті в української мові. Наприклад : і т.д. – і так далі, і т. п. – і тому подібне, та ін. – та інші, р. – рік, рр. – роки і т.п. У записці, крім того допускається особлива система скорочень слів або найменувань, але при цьому на початку записки необхідно дати перелік прийнятих скорочень.

5. Умовні літерні позначення механічних величин, а також умовні графічні позначення мають відповідати стандартам. У тексті перед позначенням параметра дають його пояснення, наприклад: “швидкість точки А”.

6. У формулах як символ слід застосовувати позначення, встановлені відповідними стандартами.

7. При визначенні розрахункових величин рекомендується дотримуватися такої системи запису:

а) записується формула, за якою здійснюється обчислення; (симетрично тексту)

б) підставляються у формулу числові значення і додається кінцевий результат, при цьому проміжні обчислення слід опускати;

в) формулу потрібно виділяти з тексту вільними рядками.

8. Значення символів і числових коефіцієнтів, що входять до формули, повинні бути наведені безпосередньо під формулою. Значення кожного символу дають з нового рядка у тій послідовності, в якій вони наведені у формулі. Перший рядок розшифровки повинен починатися зі слова “де” без двокрапки після нього.

Наприклад: Визначимо момент інерції маховика

$$I_M = \frac{(ab) \cdot \mu_{\Delta T}}{\delta \cdot \omega_1^2} \quad (3.3)$$

де: ab – відрізок на осі ΔT , мм;

$\mu_{\Delta T}$ - масштабний коефіцієнт побудови діаграми зміни кінетичної енергії, $\frac{\text{Дж}}{\text{мм}}$;

δ – коефіцієнт нерівномірності руху;

ω_1 – кутова швидкість кривошипу, рад/с.

9. Обчислимо момент інерції маховика

$$I_M = \frac{46 \cdot 20}{0,5 \cdot (156)^2} = 0,075 \text{ кг/м}^2$$

10. Ступінь точності обчислень, за винятком обчислень геометричних параметрів зубчатого зачеплення, повинна дорівнювати ступеню точності вихідних даних.

11. Розмірність одного і того самого параметра в межах одного документа має бути постійною (в одній з установлених одиниць виміру).

12. Усі формули у записці нумерують арабськими цифрами у межах розділу. Номер формули складається з номеру розділу і порядкового номера формули, розділених крапкою. Номер ставлять з правого боку аркуша на рівні формули у круглих дужках, наприклад:

$$V_A = \omega_i \cdot l_{OA} \quad (3.2)$$

Посилання у тексті на номер формули дають у круглих дужках, наприклад “...у формулі (1.3)”. В кінці формул і в тексті перед ними розділові знаки ставлять відповідно до правил пунктуації.

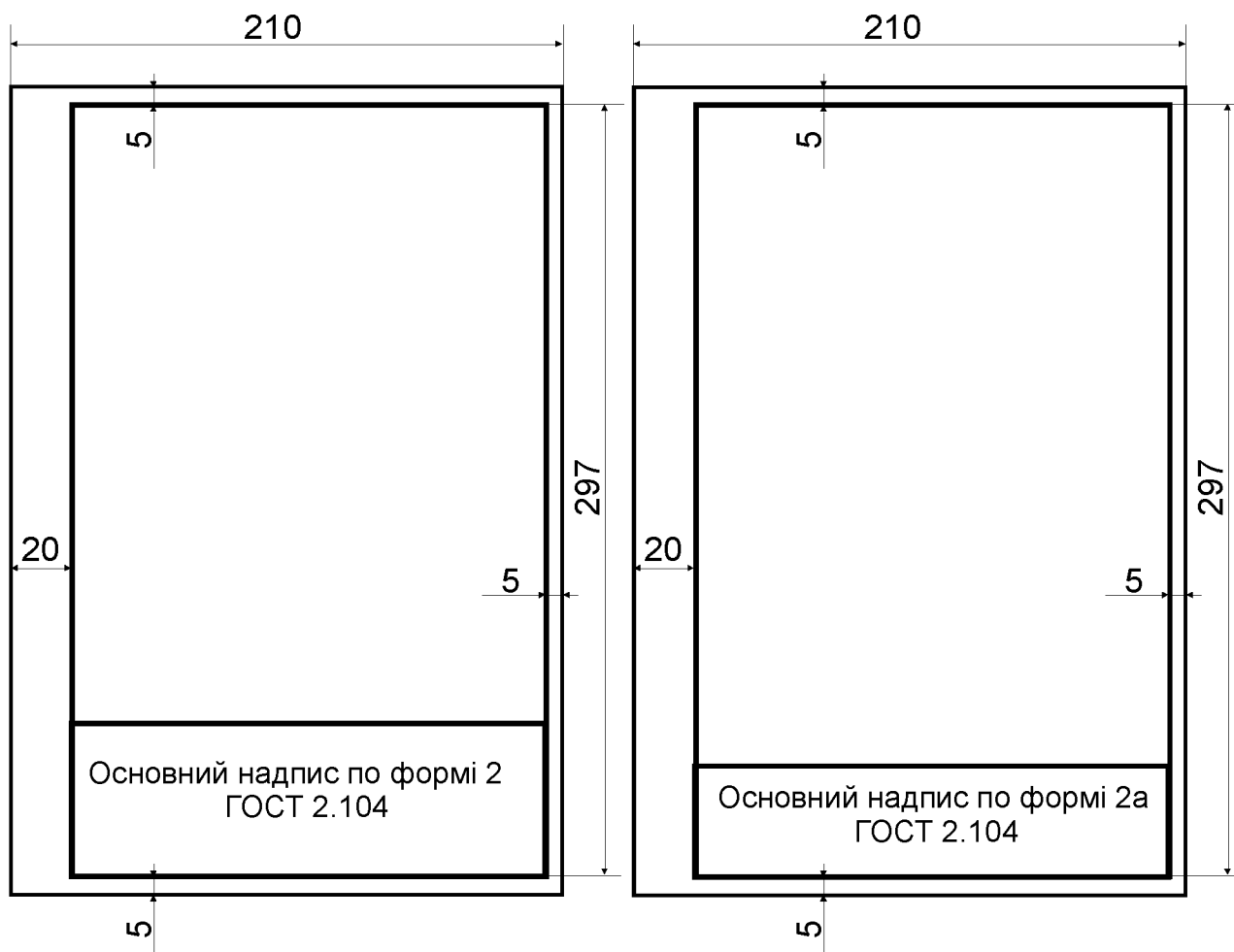
13. У примітках до тексту і таблиць указують тільки довідкові та пояснювальні дані. Якщо примітка тільки одна, то після слова “Примітка” ставлять крапку. Якщо приміток кілька, то після слова “Примітка” ставлять двокрапку. Примітки нумеруються арабськими цифрами з крапкою, наприклад:

Примітки: 1.
 2.

3.4 Форми аркушів пояснювальної записки

Текстові документи пояснювальної записки повинні бути виконані на одній стороні аркуша паперу формату А4 по ГОСТ 2.301. У випадку необхідності (виконання великих по розміру таблиць, схем тощо) дозволяється використання більших форматів згідно до ГОСТ 2.301.

Перший, або заголовний аркуш кожного розділу пояснювальної записки виконується по формі 5 ГОСТ 2.106. Основний надпис даного аркуша виконується по формі 2 ГОСТ 2.104. Наступні аркуші пояснювальної записки даного розділу виконують по формі 5а ГОСТ 2.106, а основний надпис - по формі 2а ГОСТ 2.104 (у відповідності з рис. 3.1 та 3.2).



Форма 5 (Перший або заглавний аркуш)

Форма 5а (Наступний аркуш)

Рисунок 3.1 – Форми текстових конструкторських документів

185

7 10 5

(1)

15 15

Літера Маса Масштаб

5

(2)

Аркуш Аркушів

20

КНТУ гр

55

23 15 10 50

Форма 1

7 10 23 15 10 120

5

(1)

15 15 20

Літера Арк. Аркушів

3 4 5

(2)

КНТУ гр

40

185 50

Форма 2

7 10 23 15 10 120

5

(2)

Арк.

4

185 10 15

Форма 2а

Рисунок 3.2- Основні написи на текстових документах та кресленнях по ГОСТ 2.104-68

Основні надписи і рамки на аркушах, якщо вони не виготовлені друкарським способом, виконують суцільними основними і суцільними тонкими лініями по ГОСТ 2.303 олівцем, тушу або шариковою ручкою

чорним кольором. В графах основного надпису по формі 2 ГОСТ 2.104 вказують:

- в графі 1 - найменування даного розділу;
- в графі 2 - позначення даного розділу;
- в графі 3 - в крайній лівій клітинці вказують літеру «І»;
- в графі 4 - порядковий номер аркуша (починаючи з титульного аркуша);
- в графі 5 - загальна кількість аркушів в даному розділі;
- в графі 6 - найменування учбового закладу і групи;
- в графі 7 - прізвище студента, який виконує даний проект;
- в графі 8 - прізвище викладача, який консулює даний розділ проекту (згідно наказу на дипломне проектування);
- в графі 9 - прізвище викладача, який проводить нормоконтроль проекту;
- в графі 10 - прізвище викладача, який затверджує даний проект.

Підписи і дати підписів осіб, прізвища яких вказані в графах основного надпису, є обов'язковими, виконуються ручкою.

В графах основного надпису по формі 2а ГОСТ 2.104 (наступні аркуші) вказують:

- в графі 2 - позначення даного розділу, яке повинно відповідати позначенню даного розділу на першому (заголовному) аркуші;
- в графі 4 - порядковий номер аркуша.

Перший (заголовний) аркуш відомості (курсового дипломного) проекту виконують по формі 8 ГОСТ 2.106, з основним надписом форма 2 ГОСТ 2.104. Наступні аркуші виконуються по формі 8а ГОСТ 2.106, з основними надписами форма 2а ГОСТ 2.104. Приклад виконання даних форм наведено в додатку 3. Основні надписи заповнюються згідно вище вказаних вимог.

Перший (заголовний) аркуш специфікації виконують по формі 1 ГОСТ 2.106 з основним надписом форма 2 ГОСТ 2.104. Наступні аркуші виконують по формі 1а ГОСТ 2.106, з основним надписом - по формі 2а ГОСТ 2.104.

3.5 Оформлення ілюстрацій

1. Пояснення побудов, що виконуються, необхідно супроводжувати ілюстраціями. Кількість ілюстрацій має бути достатньою для розуміння тексту. В курсових проектах дозволяється посилання на аркуші графічної частини.

2. Усі розміщені в записці ілюстрації, якщо їх більше однієї, нумеруються в межах розділу арабськими цифрами. Номер ілюстрації складається з номеру розділу і порядкового номера ілюстрації, розділених крапкою, наприклад “Рис. 1.1, Рис. 1.2.”.

3. Посилання на ілюстрацію дають за типом “рис. 1.1” чи “рис.1.2”. Посилання на раніше згадані ілюстрації дають із скороченням словом “дивися”, наприклад “див. Рис. 1.1”.

Ілюстрації повинні мати тематичне найменування, а у разі необхідності й пояснювальні дані (підрисунковий текст), відповідні змісту ілюстрації. Найменування розміщують над ілюстрацією, пояснювальні дані – під нею. Номер ілюстрації розміщують нижче пояснювальних даних. Ілюстраційний матеріал, таблиці та тексти допоміжного характеру допускається давати у вигляді додатку.

3.6 Побудова таблиць

1. Цифровий матеріал, як правило, оформлюють у вигляді таблиць. Заголовки граф таблиць починають з великих літер, а підзаголовки – з малих, якщо вони складають одне речення із заголовком. Якщо підзаголовки мають самостійне значення, то їх починають з великої літери. Висота рядка таблиці має бути не меншою від 8 мм.

2. При перенесенні таблиці на другу сторінку, головку таблиці повторюють і над нею вказують слово “Продовження”. Таблиці з більшою кількістю граф ділять на частини і розміщують одну частині над іншою, указуючи над подальшими частинами “Продовження”. Якщо в документі дві й більше таблиць, то після слова “Продовження” указують порядковий номер таблиці. Тематичний заголовок розміщують над першою частиною таблиці.

(тематичний заголовок)

Головка						Заголовок граф
						Підзаголовок
Рядки						
	Боковик (заголовки рядків)	Графи(колонки)				

3. Якщо цифрові дані у графах таблиці мають різну розмірність, її вказують у заголовку кожної графі. Якщо всі параметри, розміщені у таблиці мають одну розмірність, скорочену назву одиниці виміру розміщують над таблицею.

Коли в таблиці розміщені графи з параметрами переважно однієї розмірності, але є показники з іншими розмірностями, над таблицею розміщують надпис про переважну розмірність, а відомості про інші розмірності подають у заголовках відповідних граф.

Якщо параметри однієї графі мають однакові значення у двох і більше подальших рядках, то допускається цей параметр вписувати в таблицю для цих рядків тільки один раз.

Якщо всі дані в рядку мають одну розмірність, її вказують у відповідному рядку боковика.

4. Текст, який повторюється у графах, якщо він складається з одного слова, допускається замінити лапками. Якщо текст, що повторюється, складається з двох і більше слів, не допускається замінити лапками. Якщо цифрові дані в таблиці не наводять, то у графі ставлять риску.

5. Одиниці кутових величин (градуси, хвилини, секунди) при відсутності горизонтальних ліній вказують тільки в першому рядку таблиці. У

разі наявності горизонтальних ліній одиниці кутових величин представляють у всіх рядках.

6. Цифри в графах таблиці, як правило, розміщують так, щоб класи чисел у всій графі були точно один під другим.

Числові величини в одній графі повинні мати, як правило, однакову кількість десяткових знаків.

7. Для скорочення тексту заголовків і підзаголовків граф окремі поняття замінюють літерними позначеннями, якщо вони пояснені в тексті чи наведені на ілюстраціях, наприклад Д - діаметр.

Показники з однаковими літерними позначеннями групують послідовно в порядку зростання індексів, наприклад m_1 , m_2 , m_3 і т. д.

8. Усі таблиці, якщо їх кілька, мають бути пронумеровані у межах розділу арабськими цифрами. Номер таблиці складається з номера розділу і порядкового номера таблиці, розділених крапкою. Над лівим верхнім кутом таблиці розміщують надпис “Таблиця...” із зазначенням номера таблиці, наприклад “Таблиця 2.1”.

Слово “Таблиця” при наявності тематичного заголовка пишуть перед заголовком.

На всі таблиці мають бути посилання в тексті, при цьому слово “Таблиця” у тексті пишуть повністю, якщо таблиця не має номера (одна таблиця), і скорочено – якщо є номер, наприклад “... у табл. 1.1”.

4. План виконання курсового проекту

4.1. Кінематичний синтез і аналіз шарнірного механізму

(аркуш 1)

Порядок виконання графічної частини.

1. За заданими вихідними параметрами виконати кінематичний синтез шарнірного механізму, тобто визначити невідомі розміри ланок.

2. Визначити “мертві” положення механізму. Мертвим називають таке його положення, коли одна з вихідних ланок займає одне з крайніх положень. Як відомо, в мертвих (крайніх) положеннях механізму швидкість вихідної ланки дорівнює нулю. В курсових проектах вихідною вважають таку ланку, до якої прикладена сила (момент сили) корисного опору (в робочих машинах) або рушійна сила (в машинах-двигунах).

3. Вважаючи одне з крайніх (мертвих) положень нульовим, побудувати в масштабі 8 об'єднаних положень механізму (планів механізму) і траєкторію точки S_2 . Якщо друге крайнє положення не потрапляє в число вісім, побудувати його додатково. Положення механізму занумерувати в напрямі обертання кривошипа. Одне із заданих положень механізму викреслити контурними лініями, а інші — тонкими. Ланки механізму занумерувати, 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. Побудувати для 8 положень механізму плани швидкостей та для двох плани прискорень, на яких показати вектори швидкостей та прискорень центрів мас усіх ланок. Побудувати діаграми переміщень і швидкостей (лінійних або кутових) вихідної ланки залежно від часу. Діаграму переміщень побудувати за даними планів механізму (див. п. 3), діаграму швидкостей — за даними планів швидкостей (див. п. 4). Масштаби відрізків уздовж осі ординат вибирати такими, щоб довжина максимальної ординати на діаграмі переміщень була не менше як 100 мм, на діаграмі швидкостей — не менше як 60 мм.

5. Методом графічного диференціювання діаграми швидкостей побудувати діаграму прискорень вихідної ланки залежно від часу.

6. На основі аналітичних розрахунків за допомогою ЕОМ побудувати діаграми переміщень, швидкостей і прискорень вихідної ланки. Діаграми поєднати з попередньо побудованими (див. пп. 4, 5), зберігаючи обрані масштаби.

Зміст пояснювальної записки

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

2. Виконати кінематичний синтез важільного механізму

3. Дати пояснення до побудови планів механізму і траєкторії точки S_2 .

4. Виконати обчислення та дати пояснення до побудови планів швидкостей і прискорень (пояснення та обчислення навести тільки для одного із заданих, крім мертвого, положень механізму):

- записати векторні рівняння швидкостей і прискорень;
- вибрати масштаби побудов планів швидкостей і прискорень;
- указати напрями векторів і записати формули для визначення швидкостей та прискорень, зробити необхідні розрахунки;
- скласти таблиці швидкостей для 8 положень і прискорень — для двох заданих положень механізму.

5. Навести стислі пояснення методики побудови діаграм переміщень, швидкостей і прискорень та обчислення масштабів їх побудови.

6. Скласти програму для аналітичного синтезу і аналізу важільного механізму за допомогою ЕОМ;

7. Перевірити відповідність отриманих результатів, обчислень на ЕОМ з попередньо отриманими даними (див. пп. 2—5). Максимальна відносна похибка має бути не більше як 5%.

4.2. Силовий розрахунок шарнірного механізму (аркуш 2)

Під час виконання другого аркуша проекту використовують дані, які отримані в результаті кінематичного аналізу (аркуш 1). Діаграма сил корисного опору та інші вихідні дані (маси ланок, їх моменти інерції, максимальні значення сил корисного опору $P_{\text{опр}}$ або моментів сил корисного опору $M_{\text{оп}}$) наведені в додатку Центри мас ланок позначено точкою S_i , де $i = 1, 2, 3, \dots$ — номери ланок.

Порядок виконання графічної частини

1. Побудувати в масштабі діаграму сил (моментів сил) корисного опору для робочої машина або діаграму рушійних сил для машини-двигуна і показати на ній всі положення вихідної (виконуючої) ланки з використанням планів механізму, або діаграми переміщень (див. аркуш 1). При цьому слід мати на увазі, що сила (момент сили) корисного опору діє тільки тоді, коли її вектор напрямлений проти руху вихідної ланки. Розглядаючи механізми двигунів, треба керуватися індикаторними діаграмами, які наведені в завданнях на проект.

2. Побудувати в масштабі два задані положення механізму і для одного з них показати картину силового навантаження механізму, тобто прикласти до ланок усі зовнішні сили (моменти) з урахуванням сил (моментів сил) інерції.

3. Викреслити для двох заданих положень структурні групи, що входять до складу механізму, включаючи механізм першого класу, прикласти до них усі сили, показані в п. 2, та з допомогою методу планів сил визначити реакції в усіх кінематичних парах і зрівноважувану силу. Останню силу прикласти в точці A перпендикулярно до кривошипа OA .

4. Для двох заданих положень механізму методом «жорсткого» важеля М. Є. Жуковського визначити зрівноважувану силу з урахуванням усіх діючих сил, включаючи сили інерції (моменти сил інерції) всіх ланок. На важелі М. Є. Жуковського моменти сил треба зображати парою сил.

Зміст пояснювальної записки

1. За допомогою діаграми сил (моментів сил) корисного опору визначити в усіх положеннях механізму сили корисного опору (для машин-двигунів — рушійну силу).
2. Знайти для кожної ланки (в двох заданих положеннях) сили інерції та моменти їх сил.
3. Пояснити методику і порядок силового розрахунку механізмів на прикладі одного положення механізму. Результати розрахунків двох заданих положень звести в таблицю.
4. Навести рівняння рівноваги структурних груп, а у разі потреби — ланок, які дають змогу побудувати плани сил структурних груп і механізму першого класу.
5. Навести рівняння й обчислення, необхідні для визначення невідомих, які входять у рівняння рівноваги (п. 4).
6. Використовуючи побудовані плани сил, визначити реакції в усіх кінематичних парах і зрівноважувану силу.
7. Для двох положень механізму визначити зрівноважувану силу, використовуючи «жорсткий» важіль М. Є. Жуковського.
8. Порівняти значення зрівноважуваної сили, отриманої методами планів сил і М. Є. Жуковського. Відносна похибка має бути не більше 10%.

4.3. Визначення моменту інерції маховика

(аркуш 3)

Виконуючи цей аркуш, використовують дані, що отримані в результаті кінематичного аналізу (аркуш 1), діаграму сил опору (аркуш 2) і значення коефіцієнта нерівномірності руху.

Число обертів маховика взяти таким, що дорівнює числу обертів кривошипа ОА.

Порядок виконання графічної частини

1. Побудувати діаграму зведених моментів сил опору $M_O = M_O(\varphi)$ (для робочої машини) або діаграму зведених моментів рушійних сил $M_P = M_P(\varphi)$

(для машини двигуна).

2. Методом графічного інтегрування кривої, отриманої в п. 1, побудувати діаграму робіт у функції кута обертання вхідної ланки.

3. Узявши в робочих машинах зведений момент рушійних сил сталий (в машинах-двигунах - зведений момент сил опору), будуємо діаграму робіт рушійних сил $A_p = A_p(\varphi)$, а в машинах-двигунах - діаграму робіт сил опору $A_o = A_o(\varphi)$.

4. Методом графічного диференціювання діаграми робіт (див. п. 3) побудувати діаграму зведених моментів рушійних сил (для робочої машини) у функції кута повороту вхідних ланок обертання, поєднавши її з попередньо побудованою діаграмою зведених моментів сил (п. 1), а для машини-двигуна - діаграму зведених моментів сил опору.

5. Побудувати діаграму зміни кінетичної енергії у функції кута обертання вхідної ланки.

6. Побудувати діаграму зведеного моменту інерції важільного механізму в функції кута обертання вхідної ланки.

7. Побудувати діаграму зміни кінетичної енергії залежно від зведеного моменту інерції $\Delta T = \Delta T(J_{зр})$ (криву Віттенбауера).

8. Використовуючи діаграму $\Delta T = \Delta T(J_{зр})$, визначити момент інерції маховика і вибрати його розміри. Викреслити в масштабі переріз ободу маховика.

Зміст пояснювальної записки

1. Обчислити значення зведеного до вала: вхідної ланки механізму моменту сил корисного опору (для робочих машин) або рушійних сил (для машин-двигунів) у всіх 8 положеннях механізму (16 положень для чотирьохтактних механізмів машин-двигунів).

2. Описати побудову діаграми зведених моментів сил.

3. Коротко описати порядок графічного інтегрування діаграми зведених моментів сил. Навести обчислення масштабів.

4. Пояснити побудову діаграми зведених моментів рушійних: сил (для робочої машини) або зведених моментів сил опору (для машин-двигунів) та

навести їх обчислення.

5. Описати побудову діаграми зміни кінетичної енергії механізму (без маховика).

6. Навести аналітичну залежність для визначення зведеного моменту інерції важільного механізму і визначити їх значення для 8 положень механізму.

7. Знайти значення кутів ψ_{\max} і ψ_{\min} .

8. Пояснити побудову діаграми $\Delta T = \Delta T(J_{\text{зр}})$.

9. Обчислити значення моменту інерції маховика та його розміри.

10. Якщо отримані параметри маховика неконструктивні, маховик рекомендується установити на більш швидкохідний вал і виконати відповідний розрахунок моменту інерції маховика та його розмірів (див. п. 9).

4.4. Синтез і аналіз кулачкового механізму

(аркуш 4)

Порядок виконання графічної частини

1. Використовуючи таблиці безрозмірних коефіцієнтів a_k , b_k , c_k або результати комп'ютерних розрахунків побудувати в масштабі діаграми переміщень, аналогів швидкостей і прискорень руху штовхана (коромисла). Всі діаграми будувати не менше ніж для 10 значень ординат для періоду віддалення і стільки ж для періоду наближення.

2. На підставі отриманих діаграм або значень безрозмірних коефіцієнтів a_k , b_k , c_k , графічно визначити мінімальний радіус кулачка.

3. Побудувати теоретичний і практичний профілі кулачка, а для кулачкового механізму з плоским штовхачем — практичний профіль кулачка.

4. Заданими обчислень на ЕОМ побудувати теоретичний профіль кулачка, об'єднавши його з раніше побудованим профілем.

Зміст пояснювальної записки.

1. Використовуючи значення безрозмірних коефіцієнтів a_k , b_k , c_k , визначити переміщення, аналоги швидкостей і прискорень штовхача (коромисла). Обчислення навести в таблиці. Розрахунок також можна

провести на комп'ютері (вклеїти розпечатку).

2. Стисло пояснити побудови діаграм переміщення, аналогів швидкостей і прискорень штовхача (коромисла). Навести обчислення масштабів побудови.
3. Описати методику визначення мінімального радіуса кулачка.
4. Описати побудову теоретичного профілю кулачка.
5. Визначити радіус ролика.
6. Описати методику побудови практичного профілю кулачка.

5. Структура альбому документів з курсового проекту

Альбом документів включає в себе такі текстові документи:

1. Титульний лист.
2. Опис альбому
3. Технічне завдання на проект
4. Відомість проекту
5. Пояснювальна записка
6. Література

Нижче приведено приклад оформлення альбому документів.

КУРСОВА РОБОТА

з дисципліни «ТЕОРІЯ МЕХАНІЗМІВ І МАШИН»

на тему:

Студента (ки) _____ курсу групи _____

зі спеціальності 131 “Прикладна механіка”

Національна шкала _____

Кількість балів: _____

Оцінка: ECTS _____

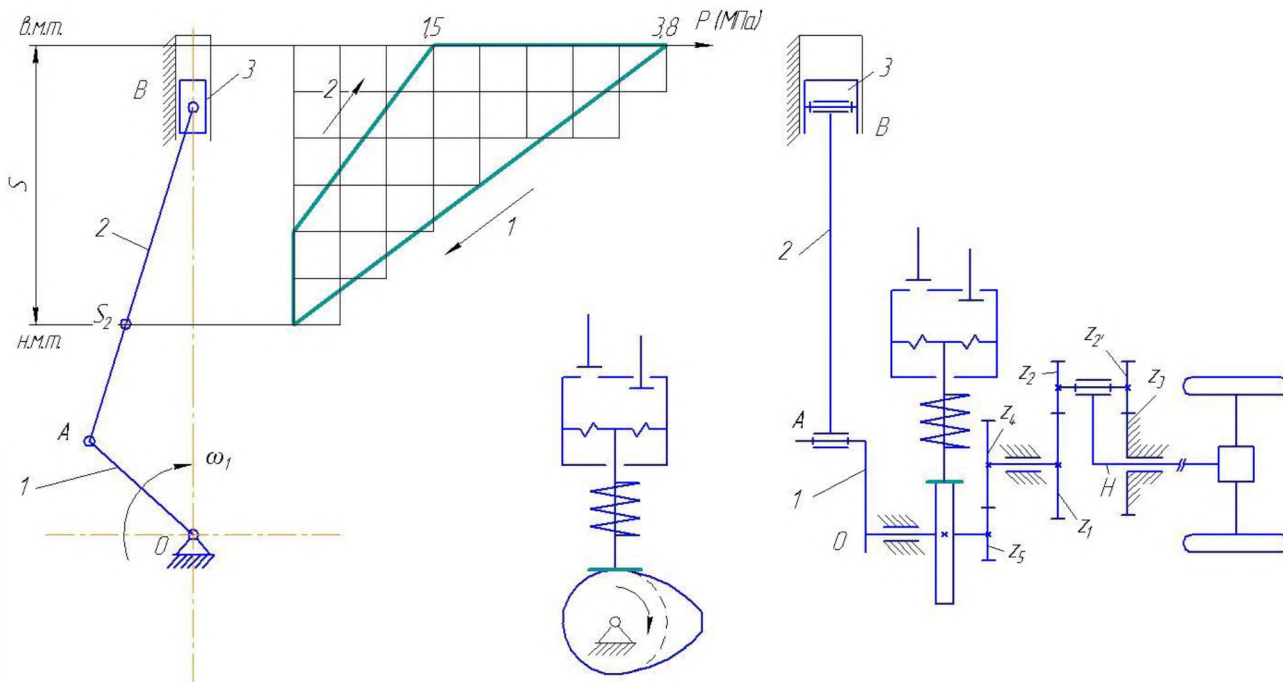
Члени комісії:

(підпис) (прізвище та ініціали)

(підпис) (прізвище та ініціали)

(підпис) (прізвище та ініціали)

Вантажний автомобіль з чотирьохтактним двигуном внутрішнього згорання



Положення	В.М.Т.		Н.М.Т.	В.М.Т.
Кут обертання кривошипу	0°		180°	360°
Такти	Розширення		Стиск	
Фази руху кулачка	φ_n	$\varphi_{в.в}$	$\varphi_{нов}$	$\varphi_{б.в}$

Примітки: $m_2 = q \cdot L_2$; $q = 10 \text{ кг/м}$; $m_3 = 0,3 \cdot m_2$
 $AS_2 = 0,35 \cdot AB$; $I_{S_2} = \frac{m_2 \cdot l_{AB}^2}{6}$; $V_{cp} = \frac{S \cdot n}{30}$.

Параметр	$V_{cp}, \text{м/с}$	$S, \text{м}$	S/D	$v, \text{град}$	δ	z_5/z_6	$m, \text{мм}$	$U_{\text{ЛН}}$	k	$h, \text{мм}$	$\varphi_n, \text{град}$	$\varphi_{в.в}, \text{град}$	$\varphi_{нов}, \text{град}$	N	$I_{np}, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	$m_3, \text{кг}$
Величина																

					ДВЗ 08.00.00.00 ТЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Двигун внутрішнього згорання Технічне завдання				Літ.	Арк.	Акрушів	
Розроб.	Іванов В.В.										1	2
Перевір.	Невдаха А.Ю.										КНТУ гр. АТ-15СК	
Реценз.												
Н. Контр.												
Затверд.												

1. ВСТУП

Курсовий проект на тему “Двигун внутрішнього згоряння” виконано по варіанту 08.__, який розроблено на кафедрі ДМ та ПМ і видано до проектування "___" вересня 2015 року.

2. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ

Кривошипно-повзунний механізм 1-2-3 двигуна перетворює зворотньо - поступальний рух поршня у обертальний рух кривошипа. Передача руху від поршня до кривошипа через шатун. Цикл руху поршня включає такт розширення та такт стиску. На кривошипі закріплений кулачок, плоский штовхач якого приводить в дію діафрагму паливного насоса, який подає паливо до форсунок циліндра.

Передача руху на ведучі колеса здійснюється через коробку передач на редуктор заднього моста. Коробка передач має зовнішню ступінь та планетарну передачу.

3. Технічна характеристика

Коефіцієнт нерівномірності руху:	$\delta =$
Хід поршня:	$S = m$
Максимальне стискання:	$P = MPa$

					ДВЗ 08__00.00.00 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Двигун внутрішнього згорання Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Акрушів	
Розроб.	Іванов В.В.						1	21	
Перевір.	Невдаха А.Ю.								
Реценз.									
Н. Контр.									
Затверд.									
					КНТУ гр. АТ-15СК				

4. РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ РОБОТУ СПРОМОЖНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ

(План пояснювальної записки)

4.1 Кінематичний аналіз двигуна внутрішнього згорання

4.1.1. Структурний аналіз механізму

4.1.2. Синтез механізму

4.1.3. Побудова графіків переміщення, швидкостей та прискорень т. В

4.1.4. Побудова планів швидкостей

4.1.5. Побудова планів прискорень

4.2 Силловий аналіз механізму

4.2.1. Визначення зрівноваженого моменту силовим розрахунком механізму

4.2.1.1. Силловий розрахунок групи Ассура II (2;3)

4.2.1.2. Силловий розрахунок кривошипа

4.2.2. Визначення зрівноваженого моменту методом важеля Жуковського

4.3. Визначення моменту інерції маховика методом проф. Ф.Віттенбауера

4.3.1. Значення $M_{зв}$ для побудови графіків роботи

4.3.2. Значення $J_{зв}$ для побудови графіків зведених моментів інерції

4.3.3. Розрахунок маховика

4.4. Синтез кулачкового механізму та механізму привода

4.4.1. Синтез кулачкового механізму

4.4.1.1. Побудову графіків руху вихідної ланки

4.4.1.2. Визначення мінімального радіуса кулачка

4.4.1.3. Побудова профілю кулачка

4.4.2. Синтез механізму приводу

4.4.2.1. Побудова картини швидкостей

4.4.2.2. Побудова картини частот обертання

					ДВЗ 08.____.00.00.00 ПЗ	Арк.
						2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

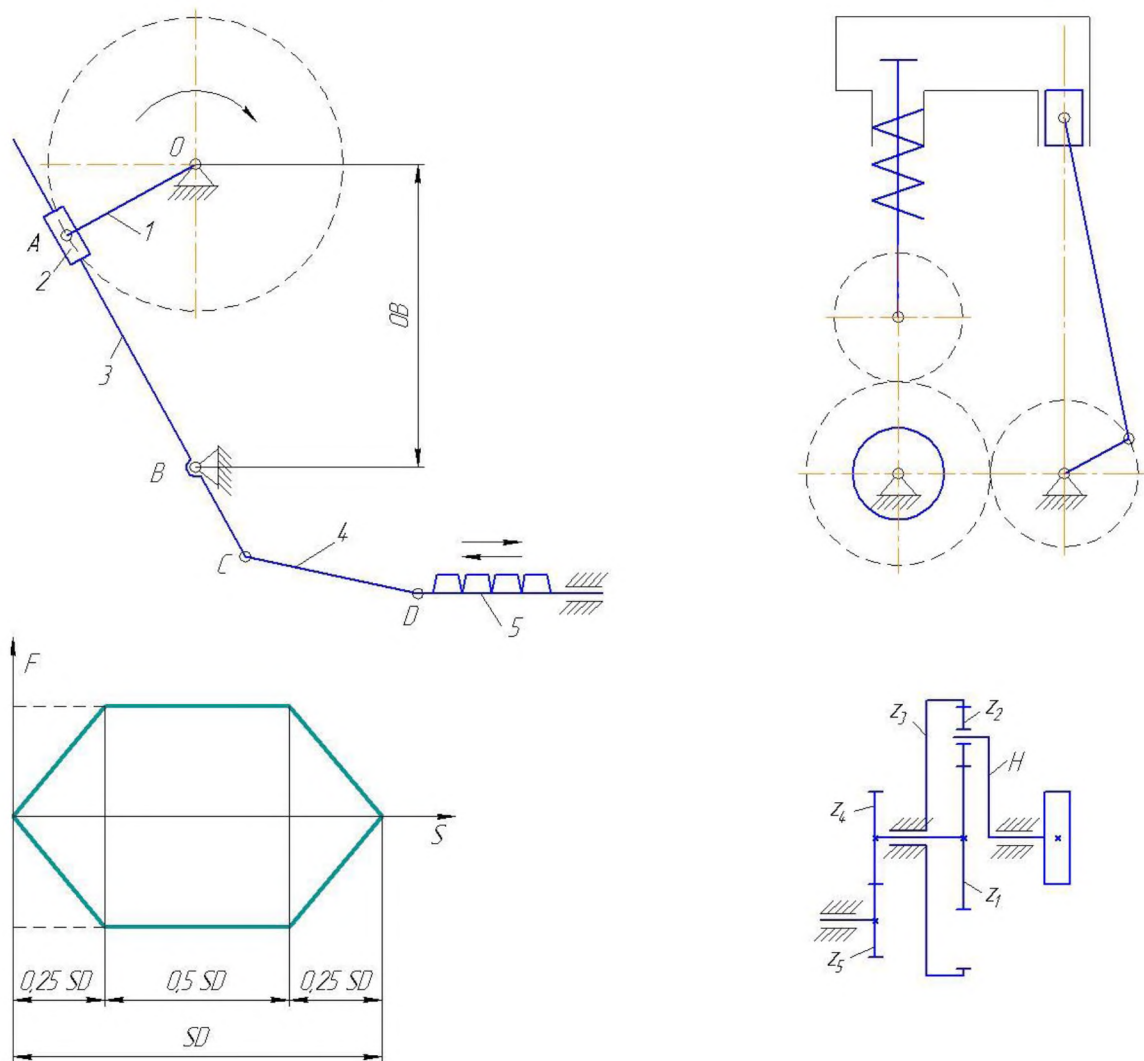
ЛІТЕРАТУРА

1. Теорія механізмів та машин. Методичні вказівки та завдання до виконання курсового проекту для студентів денної форми навчання машинно-будівних спеціальностей. – Передерій В.К., Матвієнко О.О., Коваленко В.В., Хіоні В.З., Кіровоград, КНТУ, 2004, с.-113.
2. Курсове проектування по теорії машин механізмів і машин (на прикладі робочого механізму). Методичні вказівки щодо оформлення курсового проектування для студентів денної форми навчання машинобудівних спеціальностей. /ч.1 (133с.); ч.2 (7с.) – Передерій В.К., Кіровоград – 2004.
3. Коваленко В.В., Матвієнко О.О., Хіоні В.З., Курсове проектування по теорії механізмів і машин. Навчальний посібник, Кіровоград, КДТУ, 2001, с.-168.

					<i>ДВЗ 08.____.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Схеми та варіанти для проектування

Схема 7 – Механізм валкової жатки



Механізм валкової жатки є основою зернозбирального комплексу. Важільний механізм перетворює рух ножів жатки.

При роботі зі сторони зрізаної маси на ножі діє різальна сила, яка направлена протилежно вектору швидкості руху ножів. Закон розподілу сили представлений діаграмою.

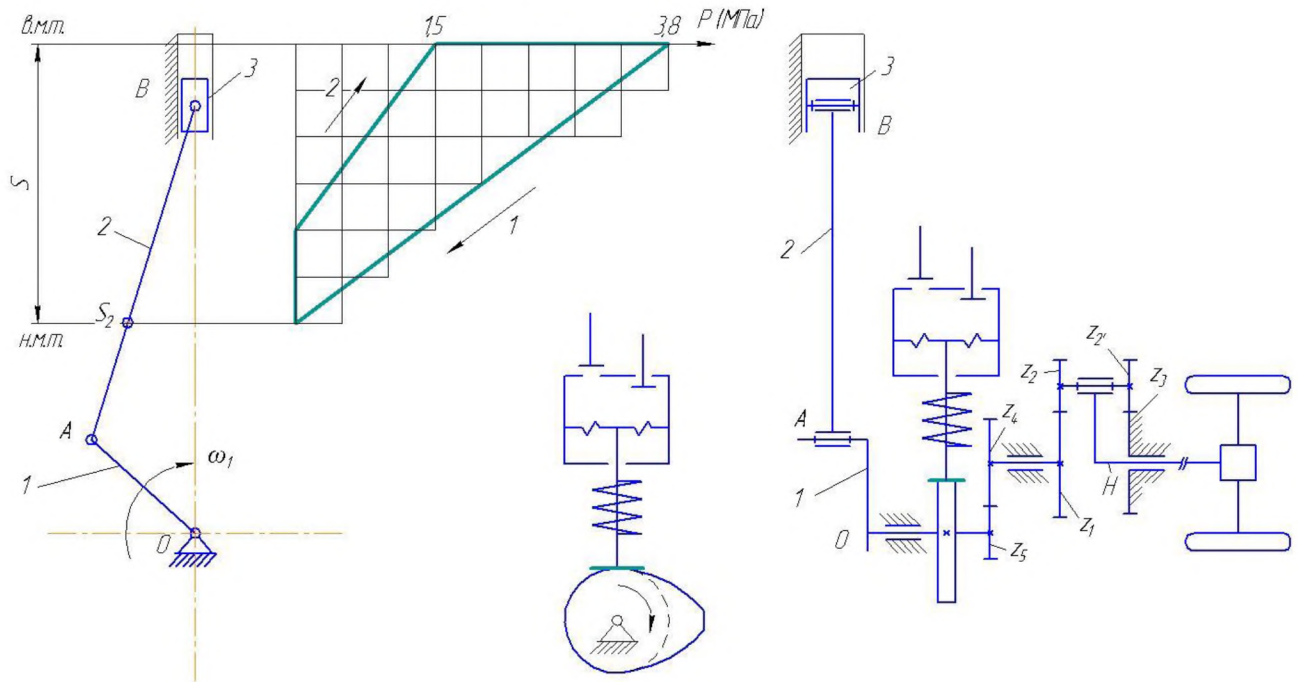
Кулачковий механізм газорозподілу двигуна трактора забезпечує відкриття та закриття клапанів, комбінований зубчатий механізм з планетарною передачею передає рух обертання вала двигуна до кривошипа. Регулювання коливань швидкості кривошипу здійснюється за допомогою маховика.

Варіанти до схеми 7

Параметр Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$S_D, \text{мм}$	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76
$OB, \text{мм}$	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440
k	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50	1,25
$n_{об}, \text{об/хв}$	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1850	1900	1950
δ	0,02	0,25	0,03	0,035	0,04	0,045	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,045
$m_3, \text{кг}$	10	12	14	15	20	25	15	20	25	15	20	25
$m_5, \text{кг}$	20	25	30	35	20	25	30	35	20	25	30	20
$F_5, \text{Н}$	150	165	170	185	190	205	210	220	230	240	250	260
$\varphi_6, \text{град}$	80	60	75	90	100	120	95	110	105	100	60	70
$\varphi_{6.е.}, \text{град}$	20	30	40	50	20	20	30	20	20	30	20	20
$\varphi_{пов}, \text{град}$	70	50	85	75	90	110	85	100	105	100	50	60
Закон руху	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
U_{IH}	4,0	4,3	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,3	5,5	5,6
z_4	17	18	19	20	21	22	23	24	18	19	20	21
z_5	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	24
$m, \text{мм}$	4	5	6	7	8	4	5	6	7	4	5	6
$H, \text{мм}$	10	11	12	13	14	15	17	18	19	10	21	22

25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13
125	122	120	115	110	105	100	98	95	90	87	85	80
700	680	660	640	620	600	580	560	540	520	500	480	460
1,64	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40	1,35	1,30	1,50	1,45	1,40	1,35	1,30
2600	2550	2500	2450	2400	2350	2300	2250	2200	2150	2100	2050	2000
0,025	0,045	0,04	0,035	0,03	0,025	0,02	0,045	0,04	0,035	0,03	0,025	0,02
20	25	20	15	25	15	20	25	15	14	25	20	15
25	30	35	30	25	20	35	30	25	20	35	30	25
390	380	370	360	350	340	330	320	310	300	290	280	270
100	90	75	60	80	80	90	80	90	110	95	90	80
20	30	40	30	20	20	30	15	25	20	20	35	30
80	75	60	50	70	60	75	70	75	90	85	70	70
5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3
6,9	6,8	6,7	6,6	6,5	6,4	6,3	6,2	6,1	6,0	5,9	5,8	5,7
18	17	24	23	22	21	20	19	18	17	24	23	22
21	20	27	26	25	24	23	22	21	20	27	26	25
7	6	7	6	5	4	8	7	6	5	4	8	7
17	14	15	14	13	12	10	7	5	6	8	9	10

Схема 8 – Двохтактний ДВЗ



Кривошипно-повзунний механізм 1-2-3 двигуна перетворює зворотньо - поступальний рух поршня у обертальний рух кривошипа. Передача руху від поршня до кривошипа через шатун. Цикл руху поршня включає такт розширення та такт стиску. На кривошипі закріплений кулачок, плоский штовхач якого приводить в дію діафрагму паливного насоса, який подає паливо до форсунок циліндра.

Передача руху на ведучі колеса здійснюється через коробку передач на редуктор заднього моста. Коробка передач має зовнішню ступінь та планетарну передачу.

Положення	В.М.Т.		Н.М.Т.	
Кут обертання кривошипу	0°		180°	
Такти	Розширення		Стиск	
Фази руху кулачка	φ_n	$\varphi_{в.в}$	$\varphi_{нов}$	$\varphi_{б.в}$

Примітки: $m_2 = q \cdot L_2$;

$q = 10 \text{ кг/м}$;

$m_3 = 0,3 \cdot m_2$

$AS_2 = 0,35 \cdot AB$;

$I_{S_2} = \frac{m_2 \cdot l_{AB}^2}{6}$;

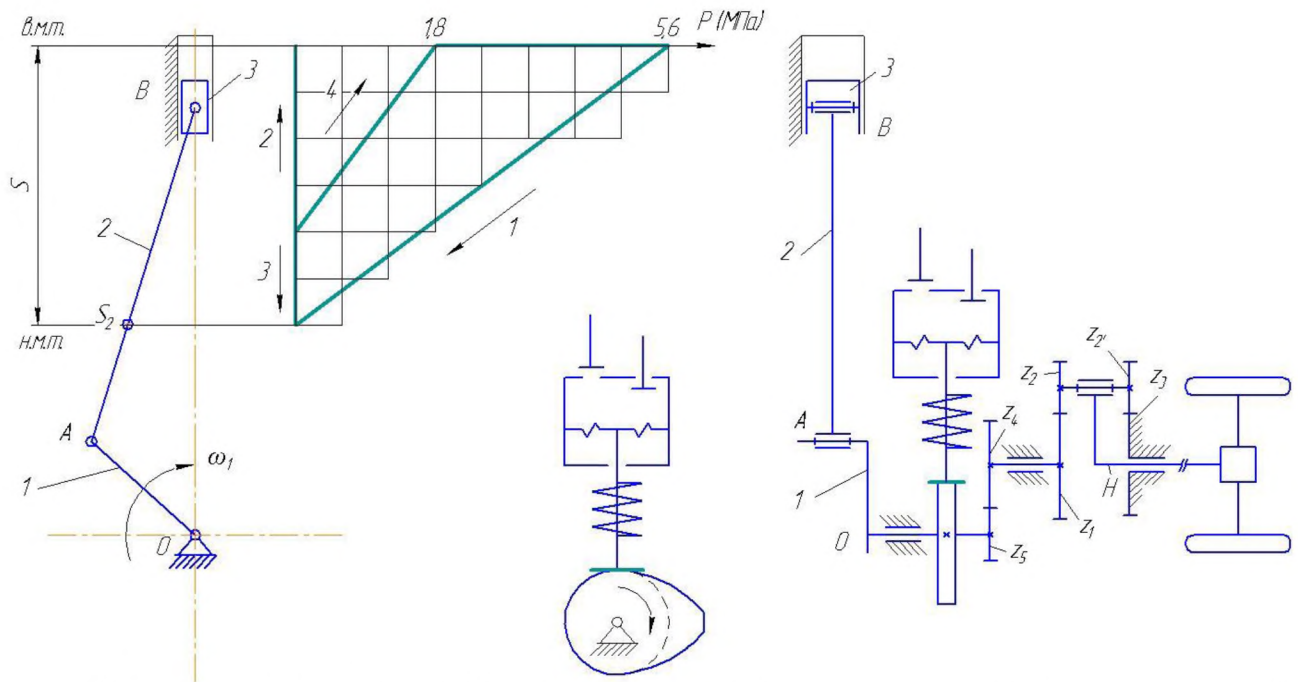
$V_{cp} = \frac{S \cdot n}{30}$.

Варіанти до схеми 8

Параметр Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$V_{cp}, м/с$	3,4	3,42	3,44	3,46	4,2	4,4	4,8	5,0	5,2	5,4	6,2	6,4	6,8
$S, м$	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,11	0,14
$\lambda = r/l$	0,23	0,20	0,21	0,17	0,25	0,20	0,17	0,22	0,15	0,16	0,18	0,19	0,20
S/D	1,22	1,088	1,175	1,0	1,16	1,2	1,42	1,23	1,15	1,05	1,1	1,2	1,22
δ	1/100	1/110	1/75	1/80	1/90	1/80	1/110	1/120	1/75	1/90	1/80	1/100	1/90
U_{1H}	-0,36	-0,25	-0,24	-0,48	-0,47	-0,49	-0,69	-0,51	-0,75	-0,3	-0,5	-0,55	-0,44
z_5/z_6	18/22	18/23	19/22	19/23	21/25	21/26	21/27	21/28	22/29	17/19	17/20	17/21	17/22
k	3	3	3	4	4	4	3	3	3	4	4	4	3
$m, мм$	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	4	5	6	8
$h, мм$	0,009	0,01	0,04	0,012	0,013	0,014	0,015	0,016	0,011	0,012	0,013	0,014	0,01
$\varphi_n, град$	100	110	120	121	122	123	124	125	126	127	129	130	130
$\varphi_{в.в.}, град$	30	35	36	40	30	20	40	50	40	20	30	25	30
$\varphi_{пов}, град$	110	120	130	140	150	160	170	115	116	130	130	120	100
N	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3
$I_{np}, кг \cdot м^2$	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	1,30	1,32	1,34	1,36	1,38	1,40	1,42
$\Theta, град$	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57

25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14
4,9	8,3	6,7	5,7	4,7	8,2	7,8	7,4	5,3	5,5	6,8	7,0
0,18	0,17	0,16	0,15	0,25	0,17	0,21	0,20	0,17	0,18	0,13	0,15
0,19	0,22	0,21	0,20	0,19	0,17	0,15	0,16	0,25	0,24	0,22	0,21
1,20	1,16	1,15	1,14	1,13	1,12	1,1	1,09	0,08	0,07	1,06	1,25
1/80	1/110	1/100	1/90	1/80	1/100	1/90	1/75	1/120	1/110	1/100	1/75
-0,36	-0,35	-0,3	-0,25	-0,4	-0,3	-0,35	-0,55	-0,5	-0,41	-0,35	-0,46
22/25	21/25	20/24	19/23	18/22	18/21	25/28	26/29	25/28	24/28	17/25	17/24
4	4	4	3	3	3	4	4	4	3	3	3
6	10	8	6	5	4	3	6	5	4	12	10
0,01	0,015	0,014	0,012	0,011	0,02	0,014	0,013	0,012	0,011	0,01	0,009
124	160	140	120	100	136	124	114	112	133	132	131
30	40	25	20	40	30	25	40	30	25	35	40
108	100	155	150	140	120	134	120	124	120	120	110
5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4
1,5	2,4	2,2	1,8	2,5	1,61	1,60	1,52	1,50	1,48	1,46	1,44
60	49	47	46	45	55	54	52	50	60	59	58

Схема 9 – Чотирьохтактний ДВЗ



Кривошипно-повзунний механізм перетворює зворотно-поступальний рух повзуна у обертальний рух кривошипа. Передача руху від повзуна до кривошипа здійснюється через шатун. Цикл руху поршнів включає такти розширення, впуск, випуск стискування. На кривошипному валу сидить кулачок, штовхач якого приводить в дію діафрагму паливного насоса.

Передача руху на колеса здійснюється через коробку передач і редуктор заднього мосту. Коробка передач має планетарний редуктор і зовнішню ступінь зачеплення.

Положення	В.М.Т.		Н.М.Т.	В.М.Т.
Кут обертання кривошипу	0°		180°	360°
	360°		540°	720°
I оберт кривошипу	Розширення		Випуск	
II оберт кривошипу	Впуск		Стиск	
Фази руху кулачка	φ_n	$\varphi_{в.в}$	$\varphi_{нов}$	$\varphi_{б.в}$

Примітки: $m_2 = q \cdot L_2$;

$q = 10 \text{ кг/м}$;

$m_3 = 0,3 \cdot m_2$

$AS_2 = 0,35 \cdot AB$;

$I_{S_2} = \frac{m_2 \cdot l_{AB}^2}{6}$;

$V_{cp} = \frac{S \cdot n}{30}$;

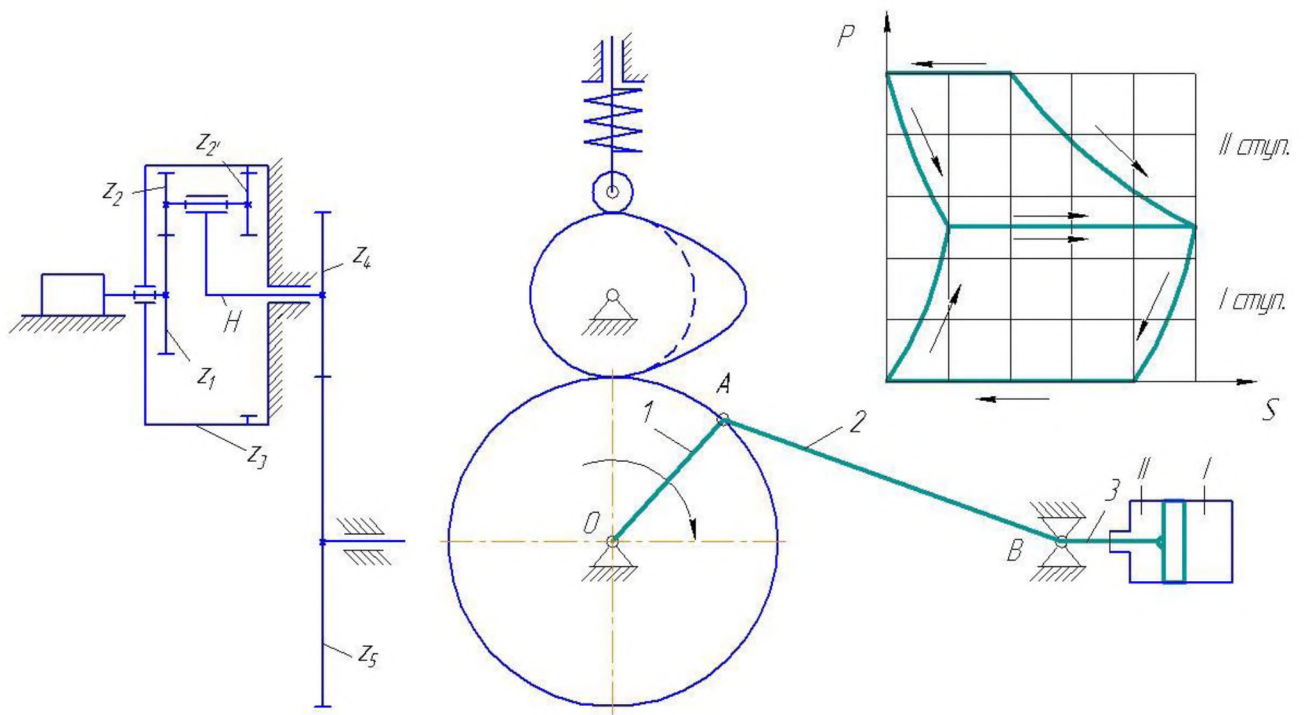
$\lambda = \frac{r}{l_{OA}} = 0,2$.

Варіанти до схеми 9

Параметр Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$V_{cp}, м/с$	6,25	6,26	6,27	6,30	6,35	6,6	6,70	7,20	7,24	7,4	7,6	7,8	8,20
$S, м$	0,100	0,110	0,112	0,108	0,114	0,115	0,160	0,020	0,082	0,081	0,095	0,09	0,11
S/D	1,24	1,26	1,18	1,14	1,21	1,35	1,18	1,24	1,25	1,10	1,08	1,23	1,24
$\nu, град$	11,55	12,2	10,5	8,62	11,55	10,5	8,5	12,88	11	8,88	10,52	8,62	12,2
δ	1/80	1/90	1/100	1/110	1/125	1/130	1/75	1/80	1/110	1/100	1/80	1/90	1/100
z_5/z_6	17/20	18/21	17/24	18/20	18/22	18/24	18/26	18/27	19/20	19/21	19/22	19/23	19/24
$m, мм$	2	4	5	6	8	10	12	5	6	8	10	12	4
U_{1H}	-0,3	-0,32	-0,34	-0,36	-0,38	-0,4	-0,44	-0,48	-0,52	-0,56	-0,6	-0,62	-0,64
k	3	4	3	4	4	3	3	3	4	4	4	3	3
$h, мм$	15	16	17	18	20	14	16	18	20	15	16	17	18
$\varphi_n, град$	160	150	140	130	132	128	126	120	110	100	90	96	100
$\varphi_{с.с.}, град$	22	44	30	48	20	30	35	25	30	40	42	0	28
$\varphi_{пов.}, град$	100	90	100	80	100	110	100	90	110	90	80	76	90
N	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3
$I_{np}, кг \cdot м^2$	1,25	1,28	1,32	1,6	1,96	2,3	2,4	2,8	2,9	3,3	3,38	3,42	3,62
$m_3, кг$	0,085	0,085	0,085	0,11	0,13	0,075	0,1	0,09	0,15	0,13	0,34	0,075	0,19

25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14
6,00	5,80	5,60	5,40	5,20	4,80	4,60	4,40	8,80	8,60	8,40	8,24
0,114	0,11	0,1	0,08	0,085	0,11	0,09	0,08	0,14	0,13	0,12	0,12
1,21	1,18	1,14	1,32	1,20	1,24	1,21	1,16	1,15	1,14	1,24	1,20
10,5	11,55	8,64	12,88	8,5	11,55	8,64	10,5	12,06	11,55	8,62	10,5
1/90	1/110	1/100	1/90	1/120	1/110	1/100	1/90	1/80	1/75	1/125	1/110
24/28	24/26	23/28	23/27	23/26	22/27	22/25	22/23	21/27	21/26	21/25	20/24
8	6	10	8	6	5	4	12	10	8	6	5
-0,39	-0,38	-0,44	-0,42	-0,41	-0,40	-0,35	-0,34	-0,33	-0,7	-0,68	-0,65
3	3	3	4	4	3	3	3	4	4	4	3
20	17	16	20	19	20	19	16	15	18	9	19
115	110	90	100	160	155	150	145	140	130	120	110
20	0	20	30	25	30	40	30	0	20	40	30
130	140	100	90	90	100	140	110	130	120	110	100
5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4
1,72	1,64	1,60	1,44	1,40	1,30	1,28	1,25	4,36	4,12	4,02	3,82
0,13	0,15	0,19	0,21	0,19	0,16	0,15	0,14	0,12	0,19	0,1	0,11

Схема 10 - Механізм компресора



Механізм компресора призначений для стиску газів та одержання стиснутого повітря. Рух від двигуна передається кривошипу 1 через механізм приводу. Перетворення обертального руху кривошипа у зворотно-поступальний рух поршня здійснюється кривошипно-повзунним механізмом. Зміна тиску у циліндрі при русі поршня характеризується діаграмою. Для подачі мастила використовують кулачок, який приводить до дії штовхач. Для отримання необхідної рівномірності руху на кривошипному валу кріпиться маховик.

Примітки:

$$1. \quad \frac{F_I}{F_{II}} = 2, \quad \frac{P_{I \max}}{P_{II \max}} = 2, \quad \frac{G_2}{F_{II}} = 4,3 \text{ кН} \cdot \text{м}^2, \quad \frac{G_3}{F_I} = 8 \text{ кН} \cdot \text{м}^2.$$

$$2. \quad l_{AS_2} = 0,3 \cdot l_{AB}, \quad I_{S_i} = \frac{m_i \cdot l_i^2}{6}, \quad \varphi_{\text{в.в}} = 0,2 \cdot \varphi_n.$$

Варіанти до схеми 10

Параметр Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$S, \text{ мм}$	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	41
S/D	1,26	1,28	1,18	1,21	1,18	1,24	1,33	1,18	1,25	1,1	1,08	1,1
$\lambda = r/l$	1/3,3	1/3,7	1/3,4	1/4,0	1/3,5	1/3,6	1/3,2	1/3,8	1/3,5	1/3,2	1/3,3	1/3,4
δ	1/90	1/100	1/70	1/80	1/100	1/70	1/85	1/75	1/80	1/90	1/100	1/70
$P_{l\text{max}}, \text{ кН}$	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3
$n_{об}, \text{ об/хв.}$	2940	2920	2910	2900	2890	2860	2850	2830	2820	2800	2700	2750
$H, \text{ мм}$	5	6	5	7	6	5	8	6	8	9	10	11
$\varphi_6, \text{ град}$	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	100
$\varphi_{нов}, \text{ град}$	70	80	90	100	110	90	100	100	90	80	100	90
N	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
U_{IH}	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,4	6,8
z_5	17	18	19	20	21	22	23	24	13	14	15	16
z_6	19	20	21	22	24	25	26	28	29	20	19	18
$m, \text{ мм}$	4	3	5	6	8	10	12	14	10	12	14	3

25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13
54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42
1,21	1,33	1,32	1,31	1,3	1,28	1,26	1,24	1,22	1,2	1,18	1,16	1,12
1/3,3	1/3,8	1/3,6	1/3,7	1/3,8	1/3,4	1/3,3	1/2,5	1/3,2	1/3,7	1/3,8	1/3,6	1/3,5
1/100	1/90	1/80	1/90	1/70	1/80	1/100	1/90	1/80	1/100	1/90	1/85	1/80
3,5	3,3	3,1	2,9	2,7	2,5	4,0	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4
3000	2900	2800	2700	2600	2500	3100	3050	3000	2980	2920	2860	2780
9	10	11	12	10	9	8	6	5	7	6	8	12
95	85	110	95	85	75	65	50	60	70	90	80	90
85	90	100	100	100	90	85	90	75	75	100	90	100
5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3
10,8	10,6	10,4	10,2	9,8	9,4	9,0	8,8	8,6	8,4	8,2	7,6	7,2
24	23	22	21	20	24	23	22	21	20	19	18	17
27	27	26	25	30	29	28	27	26	25	24	23	22
12	10	8	6	3	5	14	12	10	8	5	8	6