

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**СТАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПЛОСКИХ СТАТИЧНО ВИЗНАЧУВАНИХ
ФЕРМ, АРКИ І РАМ**

Методичні вказівки і індивідуальні завдання до виконання розрахунково-графічних робіт з дисципліни «Будівельна механіка» для студентів заочної форми навчання спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньої програма «Промислове і цивільне будівництво»

Затверджено

на засіданні кафедри

будівельної механіки

Протокол № 7 від 16.05.2022 р.

УДК 624.041.1

ББК 38.112

Ч 34

Укладачі: Максим'юк Юрій Всеволодович, д-р техн. наук, професор
Козак Андрій Анатолійович, канд. техн. наук, доцент
Козак Олександр Володимирович, канд. техн. наук

Рецензент Г.М.Іванченко, д-р техн. наук, професор

Відповідальний за випуск: М.Г. Кушніренко, канд. техн. наук, доцент

Затверджено на засіданні кафедри будівельної механіки.

Протокол № 7 від 16.05.2022 р.

Статичний розрахунок плоских статично визначуваних ферм, арки і рам.

Методичні вказівки і індивідуальні завдання до виконання розрахунково-графічних робіт з дисципліни «Будівельна механіка» для студентів заочної форми навчання спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньої програми «Промислове і цивільне будівництво» / Уклад.: Ю.В.Максим'юк, А.А. Козак, О.В. Козак – К.: КНУБА, 2022. – 42 с.

Розглянуто короткі теоретичні відомості, необхідні для розрахунку статично визначуваних крокв'яної ферми, арки та рам. Детально описаний склад роботи з необхідними теоретичними даними. Наведено розрахункові схеми стержневих систем та зміст розрахунково-графічних робіт.

Призначено для студентів заочної форми навчання спеціальності 192 «БЦІ» освітньої програми «Промислове і цивільне будівництво»

Короткі теоретичні відомості та методичні вказівки.

Найпоширенішими розрахунковими моделями, які використовуються у будівельній практиці, є будівлі та споруди з використанням крокв'яних ферм, арок та плоских рам.

До складу завдання входять крокв'яна ферма, арка та проста і складена рама.

Плоскою фермою називається геометрично незмінювана розрахункова модель, що складається з прямолінійних стержнів, які поєднуються між собою у вузлах циліндричними ідеальними шарнірами з вузловим навантаженням у вигляді зосереджених сил.

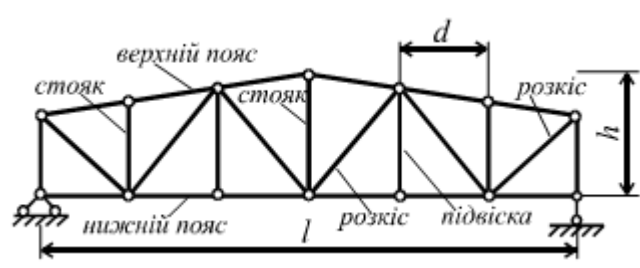


Рис.1

Стержні, які визначають ферму (рис.1) поділяються на:

- верхній і нижній пояси;
- решітку, яка складається з похилих стержнів(розкосів) та вертикальних стояків. Розтягнуті стояки називаються підвісками, а стояки та розкоси, які розташовані біля опори, називаються опорними.

Ферма складається з прямолінійних стержнів, які з'єднуються між собою ідеальними шарнірами. Тому при виконанні кінематичного аналізу стержні ферми можуть розглядатись як кінематичні в'язі, а шарнірні вузли – як вузли в'язей. Якщо ферма прикріплена до землі, то формула Чебишева матиме вигляд

$$G = 2B - C,$$

де C – загальна кількість стержнів, B – кількість вузлів ферми.

При виконанні якісного етапу кінематичного аналізу ферми доцільно, прийнявши якийсь її стержень як перший диск, намагатись надалі приєднувати вузли за допомогою способу «діади» і тільки в разі неможливості на якомусь етапі застосувати цей спосіб переходити до інших способів.

Розрахунок ферми полягає у визначенні зусиль в її стержнях. Він може виконуватись аналітичним або графічним способами. Визначення зусиль у стержнях ферми аналітичним способом виконується за допомогою модифікації загального методу перерізів :

- способом вирізання вузлів;
- наскрізних перерізів (спосіб проєкцій та спосіб моментної точки);
- сумісних перерізів.

Вибір способу визначення зусиль має забезпечувати найменшу трудомісткість обчислень.

Тришарнірною аркою називають плоску геометрично незмінювану систему, що складається з двох кривих стержнів, які з'єднуються між собою та основою трьома шарнірами (рис.1).

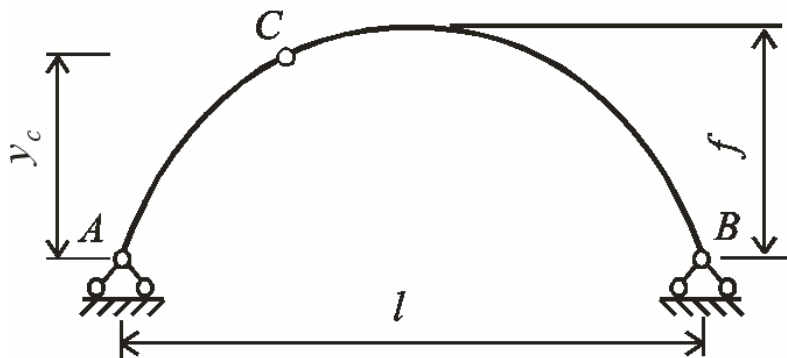


Рис.1.

Шарнірно-нерухомі опори тришарнірної арки називають **п'ятами**, шарнір С, що з'єднує між собою піварки – **ключем**. Відстань між центрами п'ят зветься **прогоном арки** (l). У переважній більшості випадків ключовий шарнір розташовується в середині прогону, внаслідок чого $y_c=f$. Основною геометричною характеристикою тришарнірної арки є відношення стріли підйому до прогону, тобто f/l . Найважливіша відміна тришарнірної арки полягає в наявності у шарнірно-нерухомих опорах горизонтальних складових опорних реакцій при вертикальному навантаженні. Ці горизонтальні складові реакцій називають **розпором**, а систему, яка при вертикальному навантаженні має розпір, – **розпірною системою**. Отже, тришарнірна арка – це розпірна система.

Наявність розпору може мати негативний вплив на міцність розташованих нижче конструкцій. Тому на практиці часто застосовують арки з **затяжкою**, тобто стержнем, який з'єднує піварки. Затяжка залежно від архітектурних чи

технологічних міркувань може бути встановлена на різних рівнях або мати складну конфігурацію. Розпір у таких арках сприймається зтяжкою і не передається на опори. За наявності зтяжки з міркувань статичної визначуваності конструкції одна опора арки береться шарнірно-нерухомою, а друга – шарнірно-рухомою.

Рамою називають систему, що складається з прямолінійних стержнів, які поєднуються між собою у вузлах, причому принаймні деякі з вузлів є жорсткими. Вертикальні стержні називають стояками, а горизонтальні – ригелями.

Всю сукупність статично визначуваних плоских рам поділяють на прості і складені. До простих відносять рами, для яких структурний (якісний) етап кінематичного аналізу здійснюється за один крок. У свою чергу, структурний етап кінематичного аналізу складених рам можна зробити тільки за допомогою декількох кроків.

Розрахункові схеми утворюються із сукупності простих дисків, поєднаних у замкнену систему за допомогою ідеалізованих з'єднувальних пристроїв (в'язей). Положення на площині кожного простого диска, не поєданого з іншими, визначається трьома незалежними параметрами, отже простий диск має три ступені свободи. Диск нескінченно малих розмірів називають вузлом, ступінь свободи якого дорівнює двом.

Диски поєднуються між собою за допомогою ідеальних з'єднувальних пристроїв, найголовнішими з яких є

- проста припайка, що поєднує два диски і повністю виключає їх взаємні поступальні та кутові переміщення, завдяки чому загальна кількість ступенів свободи системи зменшується на три;
- простий циліндричний шарнір, що поєднує два диски, виключаючи можливість їх взаємних поступальних переміщень, унаслідок чого загальна кількість ступенів свободи системи зменшується на два;
- кінематична в'язь, що поєднує два диски, перешкоджаючи поступальному переміщенню одного диска відносно іншого у напрямку осі, яка проходить через точки шарнірного приєднання в'язі до дисків. Така в'язь усуває один ступінь свободи.

Дослідження геометричної незмінюваності стержневих систем виконується за допомогою кінематичного аналізу, який проводиться в три етапи:

1. Кількісний етап кінематичного аналізу допомагає з'ясувати, чи достатньою є кількість з'єднувальних пристроїв для поєднання окремих простих дисків у геометрично незмінювану систему (складений диск). При цьому використовується модифікована формула Чебишова, яка дозволяє обчислити ступінь геометричної змінюваності системи G :

$$G = 3D + 2B - 3П - 2Ш - C - 3.$$

тут D – кількість простих дисків; B – кількість вузлів; $П$ – кількість простих припайок; $Ш$ – кількість простих шарнірів; C – кількість кінематичних в'язей.

Необхідною умовою геометричної незмінюваності розрахункової схеми є неперевищення величиною G нульового значення. В цьому разі кількість з'єднувальних пристроїв є достатньою для забезпечення нерухомості як усіх складових, так і системи в цілому. Але оскільки неправильне розміщення з'єднувальних пристроїв може привести до локальної геометричної змінюваності системи, то остаточно про незмінюваність розрахункової схеми при $G \leq 0$ можна стверджувати лише після проведення її якісного аналізу.

2. Якісний (структурний) етап кінематичного аналізу полягає в дослідженні послідовності з'єднання елементів відповідно до способів утворення найпростіших геометрично незмінюваних рам. Слід пам'ятати, що існує три способи поєднання двох дисків – спосіб припайки, спосіб Полонсо (за допомогою шарніра і кінематичної в'язі, наприклад, як показано на рис. 3,а) та спосіб Шухова (за допомогою трьох кінематичних в'язей, рис. 3,б).



Рис. 3

В свою чергу, три диски можна попарно з'єднати трьома шарнірами, які не лежать на одній прямій (спосіб шарнірного трикутника, рис. 4).

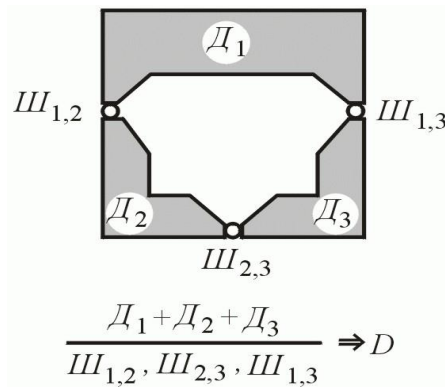


Рис. 4

Якщо встановлено, що якісь два чи три елементи з'єднані правильно за одним із цих способів, такий фрагмент системи можна розглядати як новий укрупнений диск та використовувати сукупно з іншими елементами для утворення нових геометрично незмінюваних фрагментів. При виконанні структурного аналізу поруч із схемою, яка ілюструє кожний крок монтажу системи, слід записувати умовну формулу, що має вигляд дроби, в чисельнику якого міститься перелік з'єднаних елементів, а у знаменнику – перелік з'єднувальних пристроїв. Цей процес потрібно продовжувати доти, поки не буде проаналізоване приєднання всіх елементів розрахункової схеми рами.

Якщо доведено правильне приєднання всіх елементів системи, вся розрахункова схема може вважатись геометрично незмінюваною. Якщо виявляється, що для з'єднання одних елементів використані зайві пристрої, а для інших їх бракує, всю розрахункову схему вважають геометрично змінюваною. Якщо ж хоча б одне з'єднання виконується за винятком з якогось способу, що відповідає миттєвій змінюваності фрагмента, розрахункова схема вважається миттєво змінюваною. Таким чином, для геометричної незмінюваності плоскої розрахункової схеми споруди необхідне дотримання двох умов: необхідна умова - $\Gamma \leq 0$; достатня умова - правильність утворення системи.

3. Кінцевий висновок. Після проведення кількісного та якісного етапів кінематичного аналізу у висновку відображаємо, що якого класу задач з точки зору статичної невизначуваності відноситься задана розрахункова стержнева модель і чи є вона геометрично незмінюваною.

Визначення реакцій в'язей у геометрично незмінюваних і статично визначуваних системах виконується з використанням методу перерізів. При цьому замкненими перерізами можна відокремити всі диски, що складають

систему. Для кожного диска, на який діє довільна система сил, можна скласти рівняння рівноваги. Реакції в'язей можуть бути визначені з одержаної системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Між тим застосування системи сумісних рівнянь для визначення реакцій в'язей недоцільно через значну трудомісткість. Необхідно намагатись скласти рівняння рівноваги в такий спосіб, щоб кожна невідома реакція визначалася з одного незалежного рівняння, в крайньому випадку для їх визначення необхідно було розв'язати систему двох рівнянь із двома невідомими.

Унаслідок дії зовнішніх навантажень у перерізах плоских рам виникають згинальні і поздовжні деформації, а також деформації зсуву. Цим деформаціям відповідають внутрішні зусилля. Основним методом знаходження яких є метод перерізів. При цьому в стержневих системах прийнято прикладати внутрішні сили, які поділяють на згинальні моменти, поздовжні і поперечні сили, до центрів тяжіння перерізів.

Згинальний момент у перерізі стержня рами обчислюється як сума моментів усіх сил, що прикладені до рами по один бік від перерізу, відносно центра тяжіння перерізу. Згинальний момент є інтегральною характеристикою нормальних напружень. У рамах знаки згинальних моментів не визначені. При побудові епюри на стержнях рам ординати прийнято відкладати від розтягнених волокон.

Поперечна сила в перерізі стержня є інтегральною характеристикою зсуваючих напружень. Вона обчислюється як сума проекцій усіх сил, розташованих по один бік від перерізу, на нормаль до осі стержня в цьому перерізі. Поперечна сила вважається додатною, якщо вона намагається повернути прилеглу до перерізу ділянку відсіченої частини за годинниковою стрілкою.

Поздовжня сила в перерізі стержня рами є інтегральною характеристикою нормальних напружень і обчислюється як сума проекцій всіх сил, розташованих по один бік від перерізу, на напрям осі стержня в цьому перерізі. Якщо поздовжня сила спрямована від перерізу, вона вважається додатною і називається зусиллям розтягу. У разі, коли поздовжня сила спрямована до перерізу, вона вважається від'ємною і називається зусиллям стиску.

Зауважимо, що складені рами в загальному випадку розкладають на окремі "поверхи" і виконують розрахунки внутрішніх зусиль для кожного "поверху" окремо. Для характерних перерізів окремих стержнів з умов рівноваги

обчислюються згинальні моменти, поперечні, поздовжні сили і, будуються їхні епюри.

Перевірка побудованих епюр здійснюється шляхом аналізу рівноваги вузлів або будь-яких фрагментів розрахункової схеми, до яких прикладаються зовнішні навантаження, а також внутрішні зусилля, що вибираються з побудованих епюр. Крім того, перевіряється відповідність між епюрами згинальних моментів і поперечних сил, яка витікає з диференціальної залежності між ними

$$Q = \frac{dM}{dx}.$$

тут x — координата перерізу, яка вимірюється вздовж стержня. Виходячи з геометричного змісту похідної, можна вважати, що поперечна сила в перерізі стержня дорівнює тангенсу кута нахилу дотичної до епюри M в даному перерізі до стержня. Якщо дотична відхиляється від стержня за годинниковою стрілкою, то поперечна сила в перерізі буде додатною. Крім того, нульова точка на епюрі Q відповідатиме екстремуму на епюрі M .

Основним методом обчислення переміщень у стержневих системах є метод Мора, який дозволяє визначати переміщення точок системи через зусилля в двох її станах. Перший стан (вантажний) зумовлюється дією заданих зовнішніх навантажень, другий (допоміжний) - дією штучно прикладеного навантаження, яке відповідає переміщенню. Таким штучним навантаженням є узагальнена одинична силова дія (зосереджена сила, момент або система зосереджених сил чи моментів, які здійснюють роботу на шуканому переміщенні). Зокрема, для визначення лінійного переміщення позначеної точки необхідно прикласти до цієї точки у відповідному напрямі одиничну зосереджену силу. Визначення кута повороту перерізу вимагає прикладення до вказаного перерізу зосередженого моменту. Якщо необхідно знайти зближення двох точок, то до цих точок прикладають вздовж прямої, що їх з'єднує, назустріч одна одній дві одиничні сили. Нарешті для того, щоб обчислення кута зламу в шарнірі, до перерізів, які прилягають до цього шарніру, прикладають в протилежних напрямках два зосереджені одиничні моменти.

Отже, для обчислення будь-якого переміщення в рамі за означеним методом необхідно:

- визначити зусилля M_p від зовнішнього навантаження (вантажний стан p);
- утворити допоміжний стан i , відкинувши зовнішні навантаження і приклавши одиничну узагальнену силу, що відповідає шуканому переміщенню;
- визначити зусилля \overline{M}_i у допоміжному стані і побудувати їх епюри;
- обчислити переміщення за формулою Максвела-Мора

$$\Delta_{ip} = \sum \int_0^l \frac{\overline{M}_i M_p}{EI} dx,$$

де підсумовування ведеться по всім стержням системи. Тут позначено: Δ_{ip} – шукане переміщення в напрямі узагальненої одиничної сили допоміжного стану i від навантаження стану p ; EI – жорсткості елементів на згин.

Процедуру обчислення інтеграла Мора називають множенням епюр. В практичних задачах, як правило, використовують **правило Верещагіна** і **формулу Сімпсона-Корноухова**.

За формулою Сімпсона-Корноухова інтеграл Мора обчислюється через добутки відповідних ординат епюр на кінцях перемножуваних епюр і всередині ділянки інтегрування (рис. 5):

$$\int_0^l \overline{M}_i M_p dx = \frac{l}{6} (a_i a_p + 4c_i c_p + b_i b_p).$$

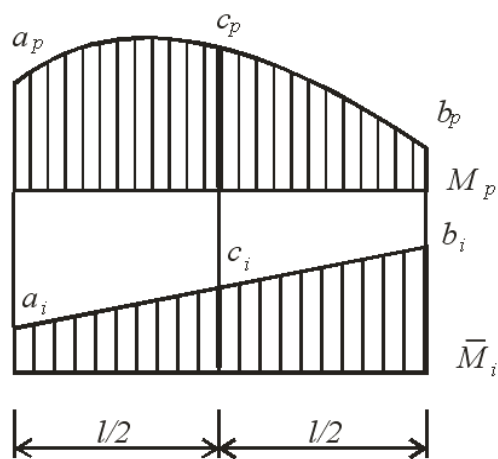


Рис.5 – Позначення ординат епюр \overline{M}_i та M_p

при застосуванні формули Сімпсона-Корноухова

Слід пам'ятати, що відповідні добутки входять у вираз для обчислення інтеграла Мора

із знаком плюс, якщо відповідні ординати на обох епюрах відкладені по один бік від осі та із знаком мінус у протилежному випадку.

Формулу Сімпсона-Корноухова можна використовувати, якщо обидві епюри не мають зламів, розривів і точок перегину. Якщо такі точки існують, інтервал інтегрування треба розкласти на окремі підінтервали.

За правилом Верещагіна для обчислення інтеграла $\int_0^l \overline{M}_i M_p dx$ достатньо помножити площу епюри вантажного стану M_p на ординату епюри допоміжного стану \overline{M}_i , що береться під центром тяжіння епюри M_p (рис. 6):

$$\int_0^l M_i M_p dx = A_p y_i.$$

Якщо ордината y_i і центр тяжіння епюри A_p розташовані по один і той самий бік стержня, добуток береться зі знаком «плюс».

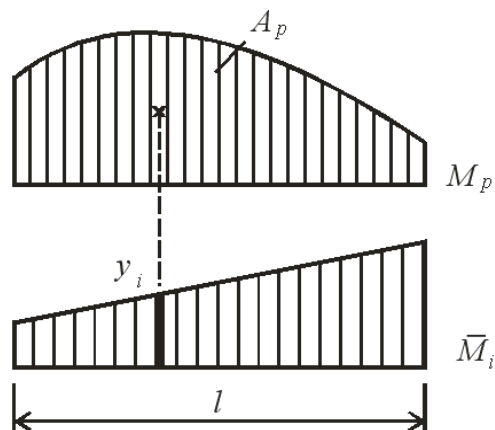


Рис.6 – Визначення параметрів епюр \overline{M}_i та M_p при використанні правила Верещагіна

Застосовуючи правило Верещагіна, треба пам'ятати про те, що принаймні одна з перемножуваних епюр має бути прямолінійною. Крім того, ордината y_i повинна бути взята на прямолінійній епюрі.

Розрахунково-графічна робота №1.**Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми.**

1. Підготувати вихідну розрахункову схему.
2. Виконати кінематичний аналіз:
 - 2.1 побудувати схему із позначенням простих дисків, шарнірів та в'язей;
 - 2.2 за формулою Чебишева визначити ступінь статичної невизначуваності системи;
 - 2.3 провести якісний етап із записом поетапних схем, формул та способів приєднання дисків;
 - 2.4 сформулювати остаточний висновок.
3. Скласти робочу схему ферми, перевірити її рівновагу і позначити «нульові» стержні.
4. Для заданого силового навантаження знайти опорні реакції.
5. Аналітичним способом обчислити зусилля в позначених стержнях ферми.
6. За допомогою програми «АСИСТЕНТ» перевірити зусилля в позначених стержнях ферми та отримати роздруківку результатів розрахунку.
7. Показати зусилля в усіх стержнях ферми.

Розрахунково-графічна робота №2.**Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки.**

1. Підготувати вихідну розрахункову схему.
2. Виконати кінематичний аналіз:
 - 2.1 побудувати схему із позначенням простих дисків, шарнірів та в'язей;
 - 2.2 за формулою Чебишева визначити ступінь статичної невизначуваності системи;
 - 2.3 провести якісний етап із записом поетапних схем, формул та способів приєднання дисків;
 - 2.4 сформулювати остаточний висновок.
3. Обчислити вертикальні опорні реакції та розпір.
4. Побудувати епюри M та Q у еквівалентній балці.
5. Обчислити зусилля M , Q , N у двох перерізах арки (при $x=0,35l$ та $x=0,75l$) двома способами:
 - Використовуючи формули для вертикального завантаження арки;
 - За допомогою рівнянь рівноваги лівої або правої (від кожного перерізу) частини арки, на яку діють навантаження і невідомі внутрішні зусилля.
6. За допомогою програми «АСИСТЕНТ» перевірити зусилля у двох перерізах арки та отримати роздруківку результатів розрахунку.
7. Побудувати епюри M , Q , N у всій арці.

Розрахунково-графічна робота №3.**Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.**

1. Підготувати розрахункову схему до заданої задачі.
2. Виконати кінематичний аналіз:
 - 2.1 побудувати схему із позначенням простих дисків, шарнірів та в'язей;
 - 2.2 за формулою Чебишева визначити ступінь статичної невизначуваності системи;
 - 2.3 провести якісний етап із записом поетапних схем, формул та способів приєднання дисків;
 - 2.4 сформулювати остаточний висновок.
3. Визначити реакції в'язей в характерних з'єднаннях окремих частин.
4. Побудувати епюри згинаючих моментів M_p , поперечних Q_p та повздовжніх сил N_p .
5. Перевірити епюри (якісна перевірка, рівновага вузлів, відповідність між епюрами M_p та Q_p).
6. Вибрати i -тий одиничний стан для переміщення, яке треба знайти.
7. Знайти в одиничному стані реакції в'язей в характерних з'єднаннях окремих частин.
8. Побудувати епюру згинаючих моментів в одиничному стані;
9. Знайти переміщення способом Сімпсона – Корноухова або Верещагіна.

Варіант 1	Студент	Викладач	Дата
-----------	---------	----------	------

Розрахунково-графічна робота №1.
Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми

№	L	h	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
	м		кН			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-

$\alpha=55^\circ$

$\beta=65^\circ$

Розрахунково-графічна робота №2.
Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки

Вісь арки – парабола, сіносоїда

Розрахунково-графічна робота №3.
Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.

Обчислити кут повороту перерізу A

Знайти вертикальне переміщення вузла D

L ₁	L ₂	h ₁ =h ₂	q	P ₁ =P ₃	P ₂ =P ₄	M	L	f	n	№
м			кН/м	кН		кНм	м		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

Розрахунково-графічна робота №1.

Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми

№	L	h	P_1	P_2	P_3	P_4
	m		$кН$			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-

$\alpha=35^\circ$ $\beta=55^\circ$

Розрахунково-графічна робота №2.

Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки

Вісь арки – парабола, сіносоїда

Розрахунково-графічна робота №3.

Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.

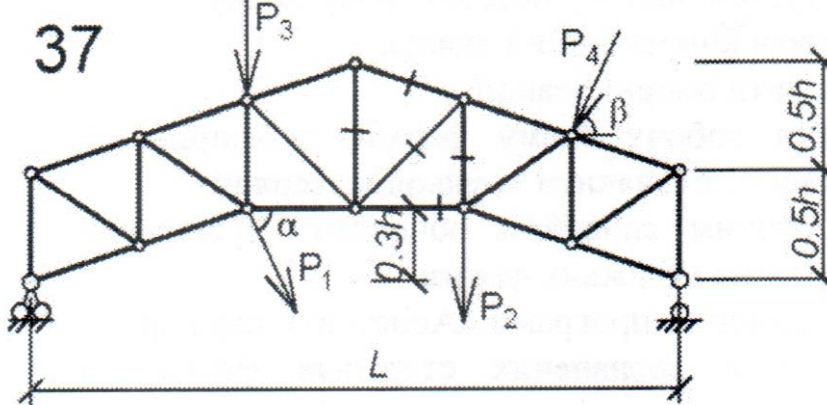
Знайти кут повороту вузла С

Знайти вертикальне переміщення вузла К

L_1	L_2	$h_1=h_2$	q	$P_1=P_3$	$P_2=P_4$	M	L	f	n	№
m			$кН/м$	$кН$		$кНм$	m		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

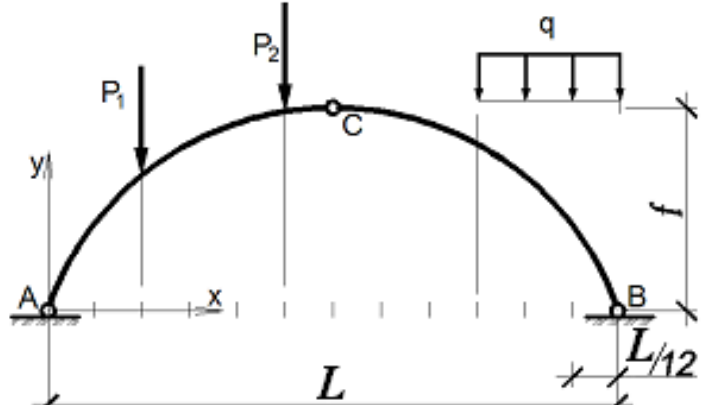
Розрахунково-графічна робота №1.
Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми

37



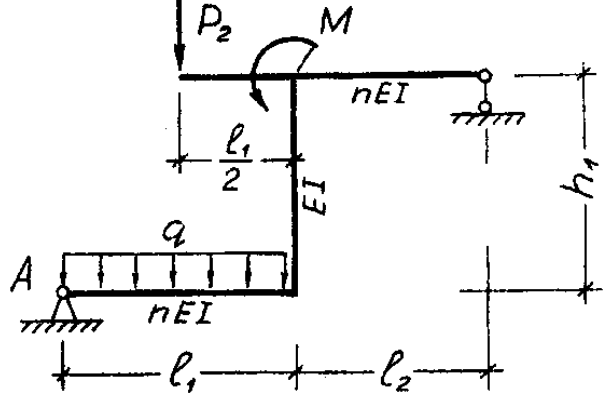
№	L	h	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
	м		кН			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-
$\alpha=55^\circ$			$\beta=35^\circ$			

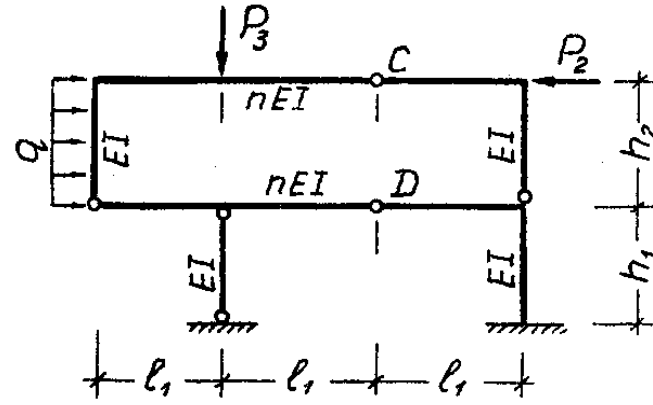
Розрахунково-графічна робота №2.
Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки



Вісь арки – парабола, сіносоїда

Розрахунково-графічна робота №3.
Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.





Обчислити кут повороту опори А

Визначити зближення точок С і D

L ₁	L ₂	h ₁ =h ₂	q	P ₁ =P ₃	P ₂ =P ₄	M	L	f	n	№
м			кН/м	кН		кНм	м		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

Розрахунково-графічна робота №1.

Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми

38

№	L	h	P_1	P_2	P_3	P_4
	m		kH			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-

$\alpha = 25^\circ$ $\beta = 30^\circ$

Розрахунково-графічна робота №2.

Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки

Вісь арки – параболола, сіносоїда

Розрахунково-графічна робота №3.

Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.

Обчислити горизонтальне переміщення
опори **B**

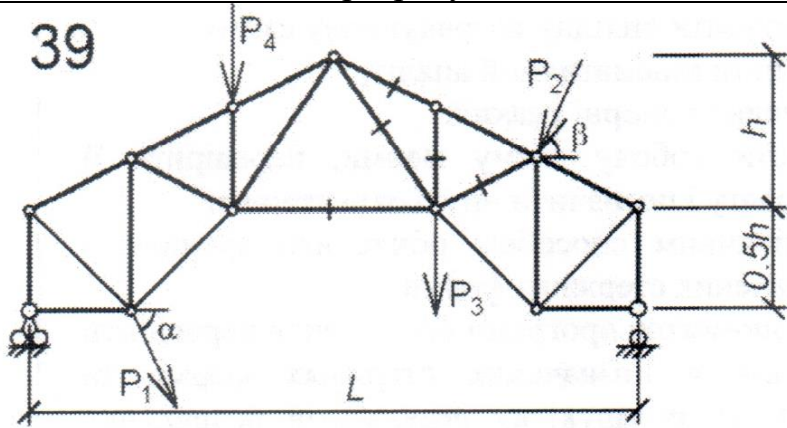
Визначити прогин в шарнірі **F**

L_1	L_2	$h_1=h_2$	q	$P_1=P_3$	$P_2=P_4$	M	L	f	n	№
m			kH/m	kH		kNm	m		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

Розрахунково-графічна робота №1.

Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми

39



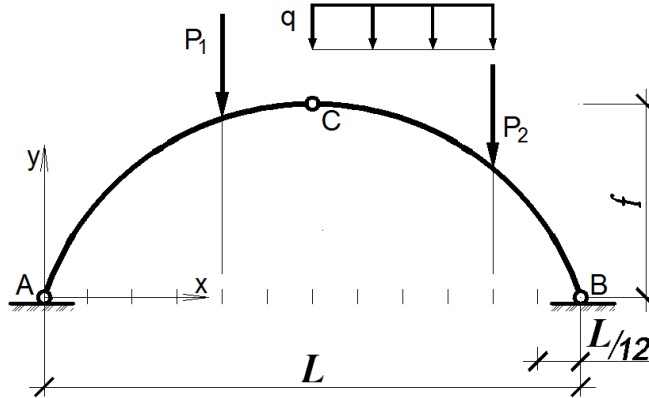
№	L	h	P_1	P_2	P_3	P_4
	m		κH			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-

$\alpha=30^\circ$

$\beta=20^\circ$

Розрахунково-графічна робота №2.

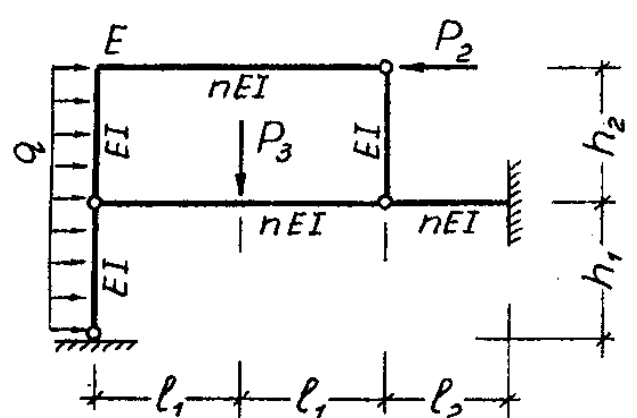
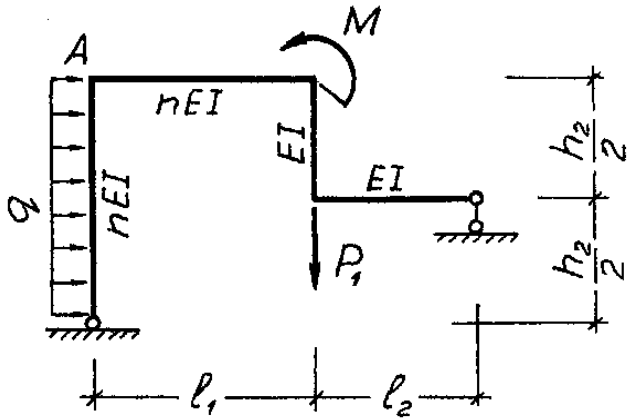
Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки



Вісь арки – парабола, синусоида

Розрахунково-графічна робота №3.

Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.



Обчислити кут повороту вузла А

Визначити переміщення вузла Е

L_1	L_2	$h_1=h_2$	q	$P_1=P_3$	$P_2=P_4$	M	L	f	n	№
m			$\kappa H/m$	κH		κHm	m		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

Розрахунково-графічна робота №1.
Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми

№	L	h	P_1	P_2	P_3	P_4
	m		$кН$			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-

$\alpha=50^\circ$ $\beta=35^\circ$

Розрахунково-графічна робота №2.
Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки

Вісь арки – парабола, сінусоїда

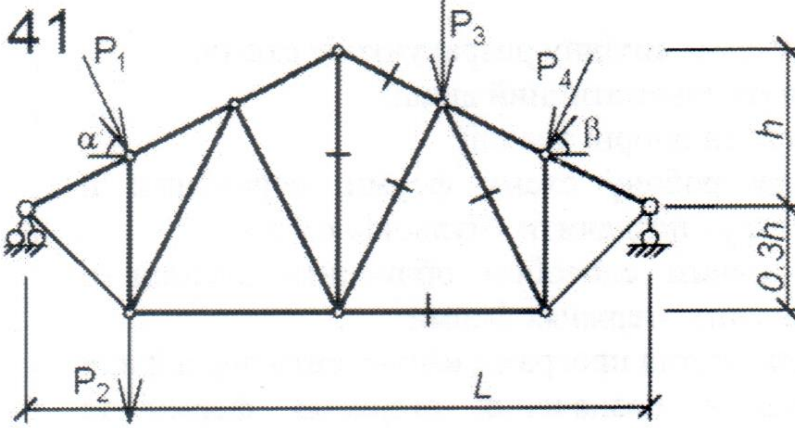
Розрахунково-графічна робота №3.
Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.

Обчислити прогин вузла F

Визначити кут зламу в шарнірі D

L_1	L_2	$h_1=h_2$	q	$P_1=P_3$	$P_2=P_4$	M	L	f	n	№
m			$кН/м$	$кН$		$кНм$	m		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

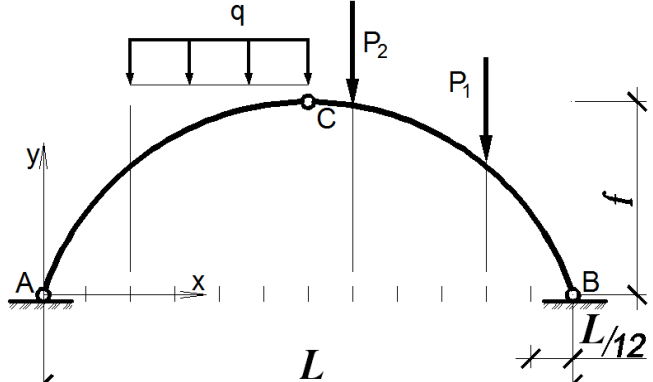
Розрахунково-графічна робота №1.
Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми



№	L	h	P_1	P_2	P_3	P_4
	m		κH			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-

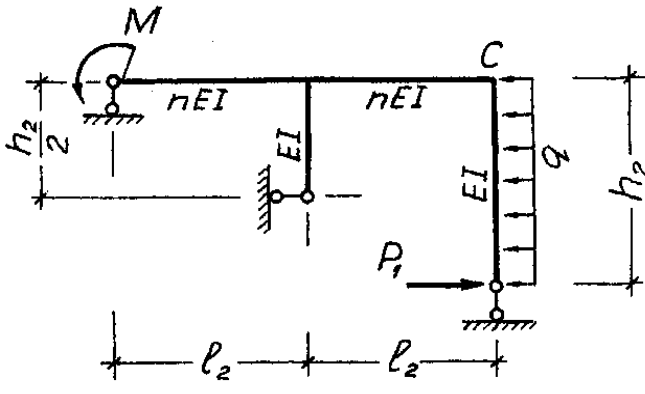
$\alpha=20^\circ$ $\beta=65^\circ$

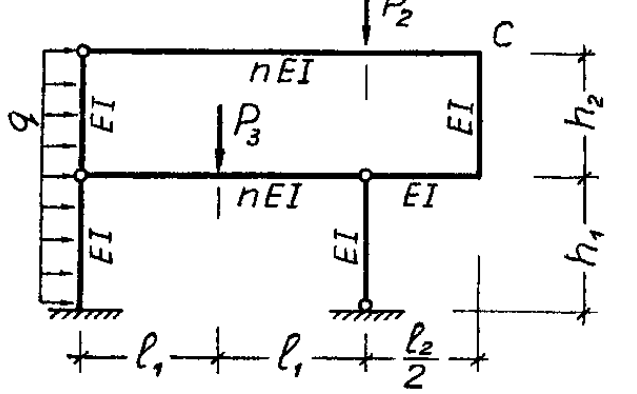
Розрахунково-графічна робота №2.
Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки



Вісь арки – парабола, сінусоїда

Розрахунково-графічна робота №3.
Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.





Обчислити кут повороту вузла C

Визначити верт. переміщ. вузла C

L_1	L_2	$h_1=h_2$	q	$P_1=P_3$	$P_2=P_4$	M	L	f	n	№
m			$\kappa H/m$	κH		κHm	m		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

Розрахунково-графічна робота №1.
Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми

42

№	L	h	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
	м		кН			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-

Розрахунково-графічна робота №2.
Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки

Вісь арки – парабола, синусоида

Розрахунково-графічна робота №3.
Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.

Обчислити горизонтальне переміщення
опори B

Визначити кут зламу в шарнірі C

L ₁	L ₂	h ₁ =h ₂	q	P ₁ =P ₃	P ₂ =P ₄	M	L	f	n	№
м			кН/м	кН		кНм	м		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

Розрахунково-графічна робота №1.
Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми

43

№	L	h	P_1	P_2	P_3	P_4
	m		kH			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-
$\alpha=55^\circ$			$\beta=55^\circ$			

Розрахунково-графічна робота №2.
Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки

Вісь арки – парабола, синусоида

Розрахунково-графічна робота №3.
Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.

Обчислити кут повороту опори В

Визначити кут зламу у шарнірі С

L_1	L_2	$h_1=h_2$	q	$P_1=P_3$	$P_2=P_4$	M	L	f	n	N_2
m			kH/m	kH		kHm	m		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

Розрахунково-графічна робота №1.
Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми

№	L	h	P_1	P_2	P_3	P_4
	м		кН			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-

$\alpha = 55^\circ$ $\beta = 25^\circ$

Розрахунково-графічна робота №2.
Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки

Вісь арки – парабола, синусоїда

Розрахунково-графічна робота №3.
Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.

Обчислити кут повороту опори **A**

Визначити кут зламу у шарнірі **D**

L_1	L_2	$h_1=h_2$	q	$P_1=P_3$	$P_2=P_4$	M	L	f	n	№
м			кН/м	кН		кНм	м		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

Розрахунково-графічна робота №1.
Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми

№	L	h	P_1	P_2	P_3	P_4
	м		кН			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-

$\alpha=55^\circ$ $\beta=40^\circ$

Розрахунково-графічна робота №2.
Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки

Вісь арки – парабола, синусоїда

Розрахунково-графічна робота №3.
Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.

Обчислити горизонтальне переміщення вузла B

Визначити зближення точок C і D

L_1	L_2	$h_1=h_2$	q	$P_1=P_3$	$P_2=P_4$	M	L	f	n	№
м			кН/м	кН		кНм	м		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

Розрахунково-графічна робота №1.
Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми

46

№	L	h	P_1	P_2	P_3	P_4
	м		кН			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-

$\alpha=35^\circ$ $\beta=35^\circ$

Розрахунково-графічна робота №2.
Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки

Вісь арки – парабола, синусоида

Розрахунково-графічна робота №3.
Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.

Обчислити прогин вузла C

Визначити кут зламу у шарнірі C

L_1	L_2	$h_1=h_2$	q	$P_1=P_3$	$P_2=P_4$	M	L	f	n	№
м			кН/м	кН		кНм	м		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

Розрахунково-графічна робота №1.
Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми

№	L	h	P_1	P_2	P_3	P_4
	м		кН			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-

Розрахунково-графічна робота №2.
Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки

Вісь арки – параболола, сіносоїда

Розрахунково-графічна робота №3.
Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.

Обчислити кут повороту вузла A

Визначити переміщення опори D

L_1	L_2	$h_1=h_2$	q	$P_1=P_3$	$P_2=P_4$	M	L	f	n	№
м			кН/м	кН		кНм	м		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

Розрахунково-графічна робота №1.
Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми

№	L	h	P_1	P_2	P_3	P_4
	м		кН			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-

$\alpha=50^\circ$ $\beta=35^\circ$

Розрахунково-графічна робота №2.
Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки

Вісь арки – парабола, синусоїда

Розрахунково-графічна робота №3.
Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.

Обчислити горизонтальне переміщення вузла B

Визначити кут зламу в шарнірі D

L_1	L_2	$h_1=h_2$	q	$P_1=P_3$	$P_2=P_4$	M	L	f	n	№
м			кН/м	кН		кНм	м		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

Розрахунково-графічна робота №1.
Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми

№	L	h	P_1	P_2	P_3	P_4
	м		кН			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-

$\alpha = 50^\circ$ $\beta = 50^\circ$

Розрахунково-графічна робота №2.
Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки

Вісь арки – параболо, сінусоїда

Розрахунково-графічна робота №3.
Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.

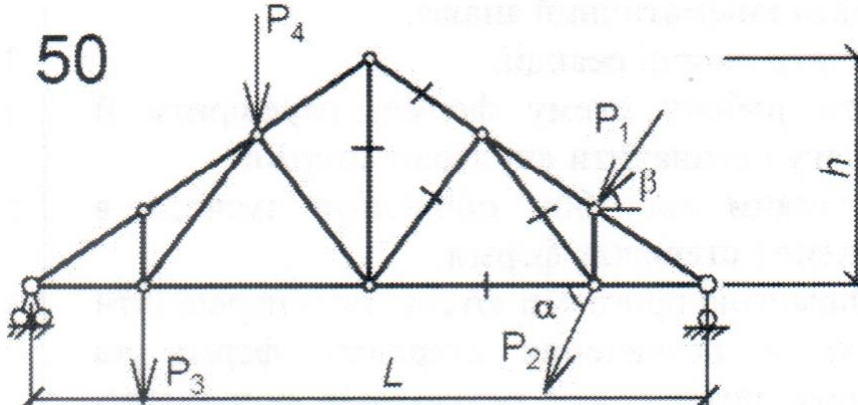
Обчислити прогин вузла B

Визначити кут зламу у шарнірі F

L_1	L_2	$h_1=h_2$	q	$P_1=P_3$	$P_2=P_4$	M	L	f	n	№
м			кН/м	кН		кНм	м		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

Розрахунково-графічна робота №1.
Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми

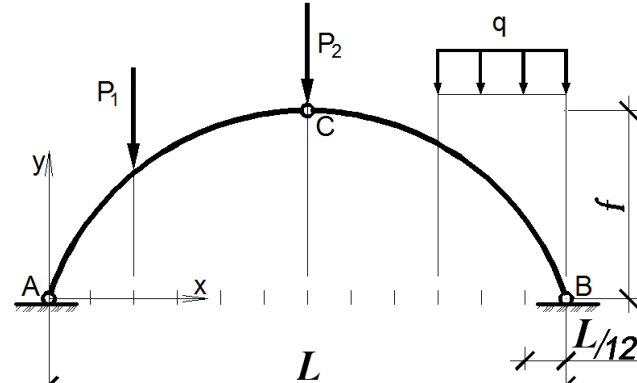
50



№	L	h	P_1	P_2	P_3	P_4
	м		кН			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-

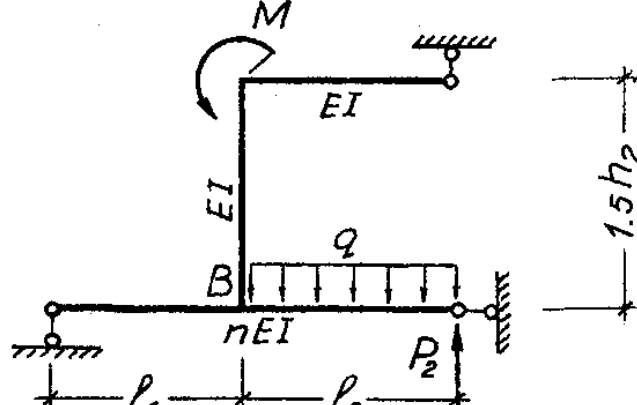
$\alpha=40^\circ$ $\beta=35^\circ$

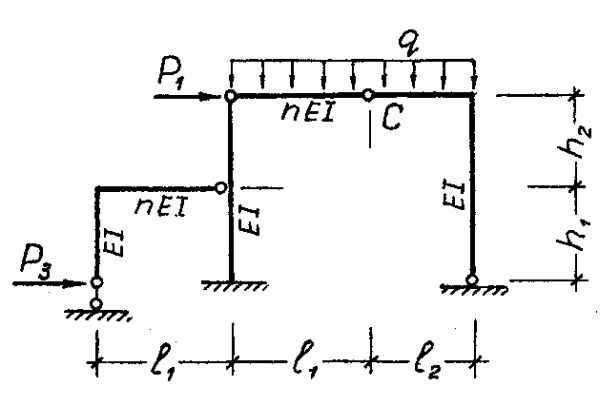
Розрахунково-графічна робота №2.
Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки



Вісь арки – парабола, синусоида

Розрахунково-графічна робота №3.
Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.





Обчислити кут повороту вузла В

Визначити прогин т.С

L_1	L_2	$h_1=h_2$	q	$P_1=P_3$	$P_2=P_4$	M	L	f	n	№
м			кН/м	кН		кНм	м		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

Розрахунково-графічна робота №1.
Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми

№

№	L	h	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
	м		кН			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-

$\alpha=40^\circ$ $\beta=25^\circ$

Розрахунково-графічна робота №2.
Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки

Вісь арки – парабола, синусоїда

Розрахунково-графічна робота №3.
Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.

Обчислити горизонтальне переміщення вузла B

Визначити кут зламу у шарнірі D

L ₁	L ₂	h ₁ =h ₂	q	P ₁ =P ₃	P ₂ =P ₄	M	L	f	n	№
м			кН/м	кН		кНм	м		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

Варіант 18	Студент	Викладач	Дата
------------	---------	----------	------

Розрахунково-графічна робота №1.
Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми

52

№	L	h	P_1	P_2	P_3	P_4
	м		кН			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-

$\alpha=25^\circ$ $\beta=30^\circ$

Розрахунково-графічна робота №2.
Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки

Вісь арки – парабола, синусоїда

Розрахунково-графічна робота №3.
Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.

Обчислити горизонтальне переміщення
опори A

Визначити кут повороту опори C

L_1	L_2	$h_1=h_2$	q	$P_1=P_3$	$P_2=P_4$	M	L	f	n	№
м			кН/м	кН		кНм	м		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

Розрахунково-графічна робота №1.
Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми

53

№	L	h	P_1	P_2	P_3	P_4
	м		кН			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-

$\alpha=30^\circ$ $\beta=35^\circ$

Розрахунково-графічна робота №2.
Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки

L $L/12$

Вісь арки – парабола, синусоїда

Розрахунково-графічна робота №3.
Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.

Обчислити зсув вузла L

Визначити кут зламу у шарнірі D

L_1	L_2	$h_1=h_2$	q	$P_1=P_3$	$P_2=P_4$	M	L	f	n	№
м			кН/м	кН		кНм	м		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

Розрахунково-графічна робота №1.
Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми

54

№	L	h	P_1	P_2	P_3	P_4
	м		кН			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-

$\alpha = 65^\circ$ $\beta = 35^\circ$

Розрахунково-графічна робота №2.
Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки

Вісь арки – парабола, синусоида

Розрахунково-графічна робота №3.
Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.

Обчислити кут повороту вузла **D**

Визначити зближення точок **C** і **D**

L_1	L_2	$h_1=h_2$	q	$P_1=P_3$	$P_2=P_4$	M	L	f	n	№
м			кН/м	кН		кНм	м		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

Розрахунково-графічна робота №1.
Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми

№	L	h	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
	м		кН			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-

$\alpha = 55^\circ$ $\beta = 60^\circ$

Розрахунково-графічна робота №2.
Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки

Вісь арки – параболо, сінусоїда

Розрахунково-графічна робота №3.
Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.

Обчислити кут повороту опори А

Визначити прогин точки F

L ₁	L ₂	h ₁ =h ₂	q	P ₁ =P ₃	P ₂ =P ₄	M	L	f	n	№
м			кН/м	кН		кНм	м		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

Розрахунково-графічна робота №1.
Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми

№	L	h	P_1	P_2	P_3	P_4
	м		кН			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-

$\alpha=70^\circ$ $\beta=35^\circ$

Розрахунково-графічна робота №2.
Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки

Вісь арки – парабола, синусоїда

Розрахунково-графічна робота №3.
Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.

Обчислити прогин точки В

Визначити зближення точок С і D

L_1	L_2	$h_1=h_2$	q	$P_1=P_3$	$P_2=P_4$	M	L	f	n	№
м			кН/м	кН		кНм	м		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

Розрахунково-графічна робота №1.
Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми

№	L	h	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
	м		кН			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-

α=55°

β=75°

Розрахунково-графічна робота №2.
Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки

Вісь арки – парабола, синусоида

Розрахунково-графічна робота №3.
Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.

Обчислити зсув вузла D

Визначити прогин точки D

L ₁	L ₂	h ₁ =h ₂	q	P ₁ =P ₃	P ₂ =P ₄	M	L	f	n	№
м			кН/м	кН		кНм	м		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

Розрахунково-графічна робота №1.
Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми

№	L	h	P_1	P_2	P_3	P_4
	м		кН			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-

$\alpha = 75^\circ$ $\beta = 65^\circ$

Розрахунково-графічна робота №2.
Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки

Вісь арки – параболою, синусоїдою

Розрахунково-графічна робота №3.
Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.

Обчислити кут повороту опори B

Визначити кут зламу у шарнірі C

L_1	L_2	$h_1=h_2$	q	$P_1=P_3$	$P_2=P_4$	M	L	f	n	№
м			кН/м	кН		кНм	м		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

Розрахунково-графічна робота №1.
Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми

№	L	h	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
	м		кН			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-

$\alpha=20^\circ$ $\beta=85^\circ$

Розрахунково-графічна робота №2.
Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки

Вісь арки – парабола, синусоїда

Розрахунково-графічна робота №3.
Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.

Обчислити кут повороту перерізу A

Визначити прогин точки D

L ₁	L ₂	h ₁ =h ₂	q	P ₁ =P ₃	P ₂ =P ₄	M	L	f	n	№
м			кН/м	кН		кНм	м		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

Розрахунково-графічна робота №1.
Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми

№	L	h	P_1	P_2	P_3	P_4
	m		kH			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-

$\alpha=80^\circ$ $\beta=35^\circ$

Розрахунково-графічна робота №2.
Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки

Вісь арки – парабола, синусоида

Розрахунково-графічна робота №3.
Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.

Обчислити прогин точки A

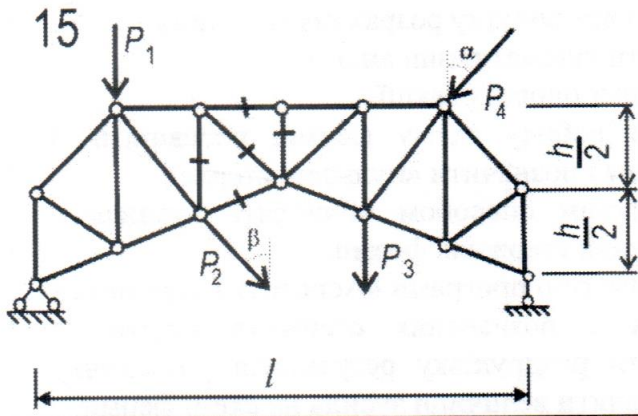
Визначити кут зламу в шарнірі C

L_1	L_2	$h_1=h_2$	q	$P_1=P_3$	$P_2=P_4$	M	L	f	n	№
m			kH/m	kH		kHm	m		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

Варіант 27	Студент	Викладач	Дата
------------	---------	----------	------

Розрахунково-графічна робота №1.

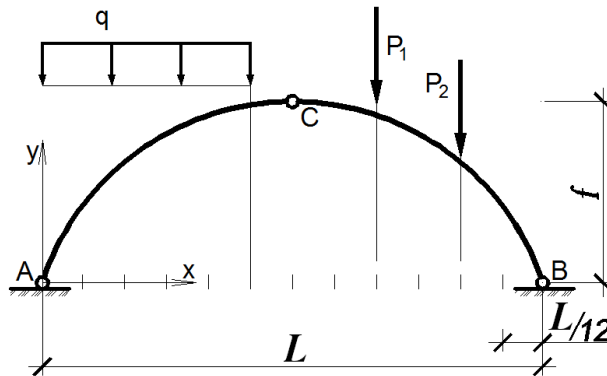
Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми



№	L	h	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
	м		кН			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-
$\alpha=55^\circ$			$\beta=40^\circ$			

Розрахунково-графічна робота №2.

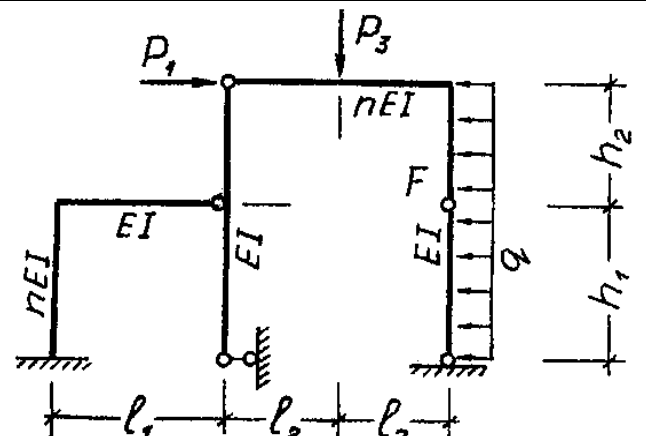
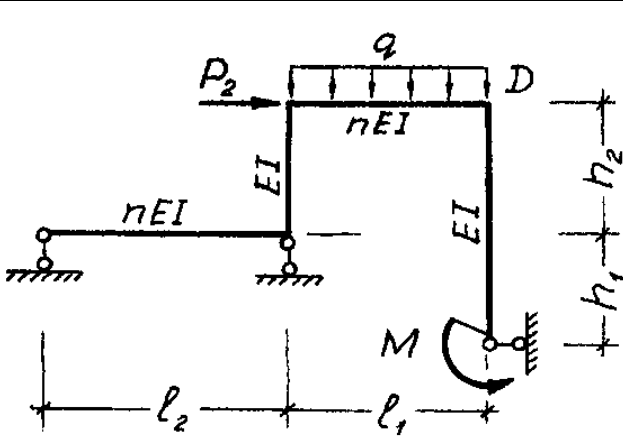
Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки



Вісь арки – парабола, синусоїда

Розрахунково-графічна робота №3.

Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.



Обчислити зсув точки D

Визначити переміщення шарніра F

L ₁	L ₂	h ₁ =h ₂	q	P ₁ =P ₃	P ₂ =P ₄	M	L	f	n	№
м			кН/м	кН		кНм	м		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

Розрахунково-графічна робота №1.
Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми

№	L	h	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
	м		кН			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-
α=80°			β=40°			

Розрахунково-графічна робота №2.
Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки

Вісь арки – парабола, синусоида

Розрахунково-графічна робота №3.
Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.

Обчислити прогин точки C

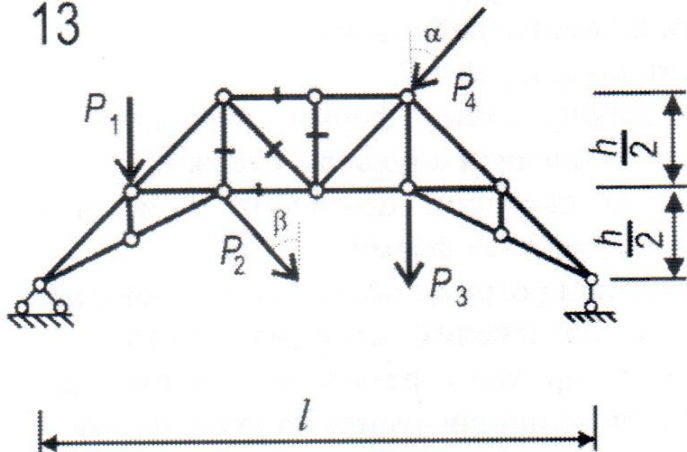
Визначити кут зламу у шарнірі D

L ₁	L ₂	h ₁ =h ₂	q	P ₁ =P ₃	P ₂ =P ₄	M	L	f	n	№
м			кН/м	кН		кНм	м		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

Розрахунково-графічна робота №1.

Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми

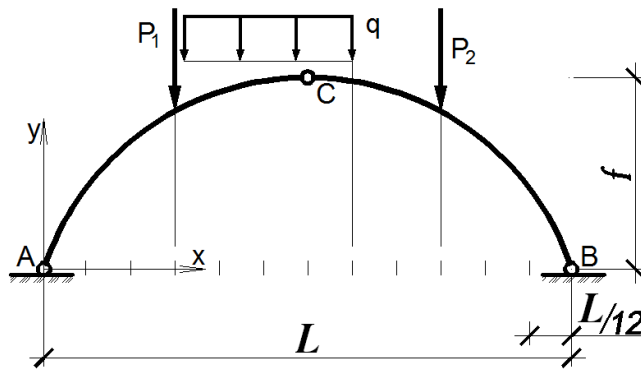
13



№	L	h	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
	м		кН			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-
$\alpha=30^\circ$			$\beta=70^\circ$			

Розрахунково-графічна робота №2.

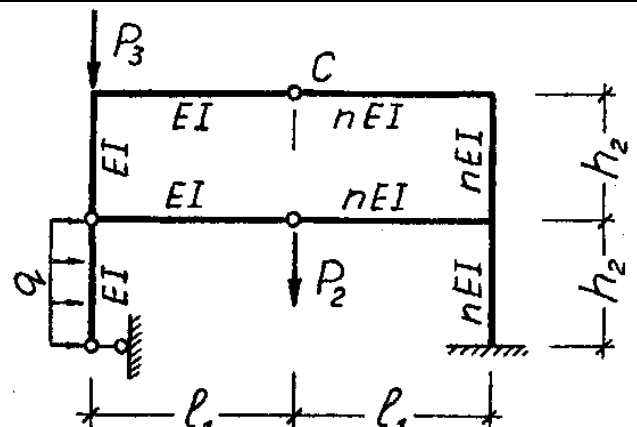
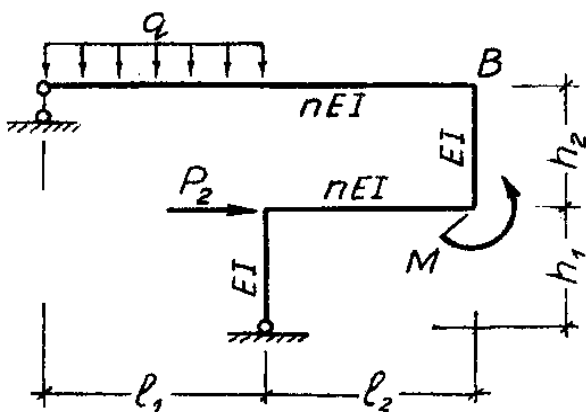
Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки



Вісь арки – парабола, синусоїда

Розрахунково-графічна робота №3.

Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.



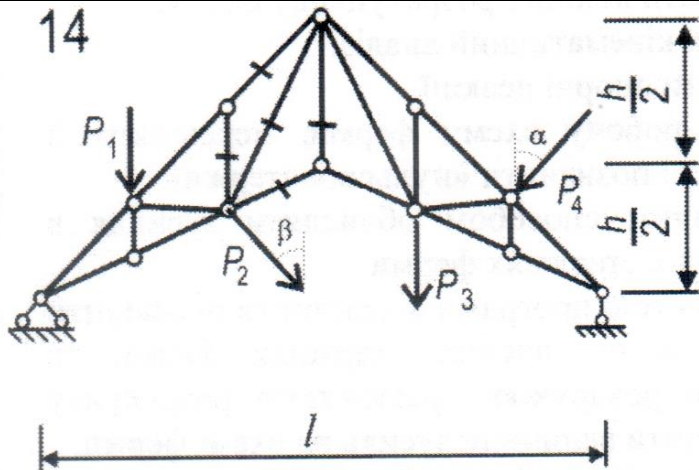
Обчислити кут повороту вузла B

Визначити кут зламу в шарнірі C

L ₁	L ₂	h ₁ =h ₂	q	P ₁ =P ₃	P ₂ =P ₄	M	L	f	n	№
м			кН/м	кН		кНм	м		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

Розрахунково-графічна робота №1.

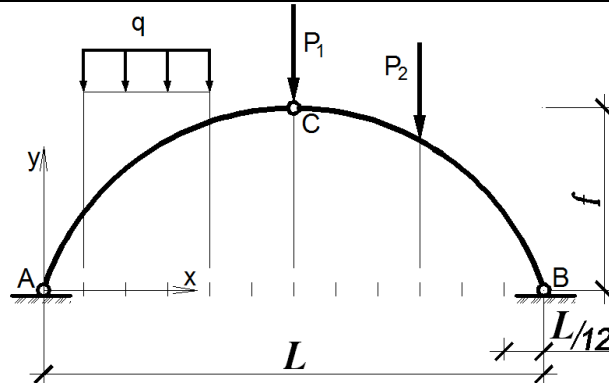
Статичний розрахунок плоскої статично визначуваної ферми



№	L	h	P_1	P_2	P_3	P_4
	m		kH			
1	12	3	20	15	5	-
2	10	4	13	-	8	20
3	14	4	15	14	-	12
4	16	5	-	18	8	18
5	10	3	20	10	9	-
$\alpha=30^\circ$			$\beta=70^\circ$			

Розрахунково-графічна робота №2.

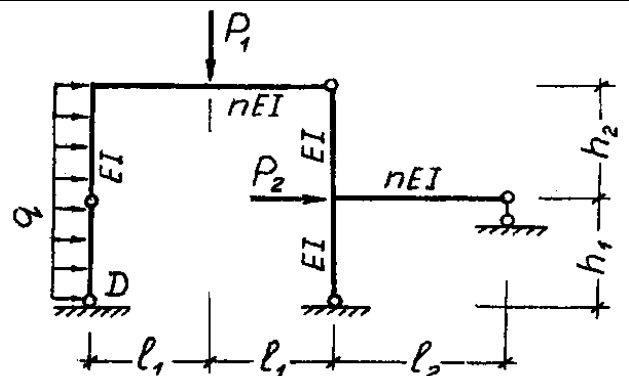
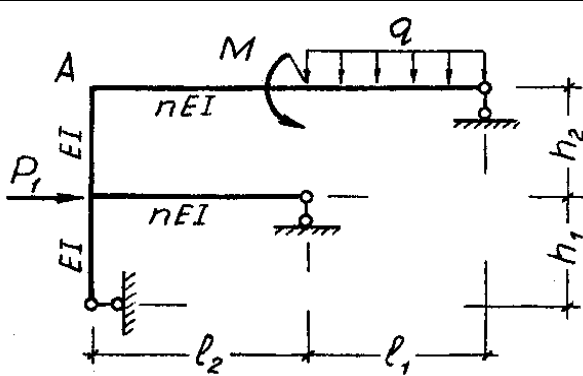
Статичний розрахунок тришарнірної статично визначуваної арки



Вісь арки – парабола, сінусоїда

Розрахунково-графічна робота №3.

Статичний розрахунок плоских статично визначуваних рам.



Обчислити горизонтальне зміщення точки A

Визначити кут повороту опори D

L_1	L_2	$h_1=h_2$	q	$P_1=P_3$	$P_2=P_4$	M	L	f	n	N_0
m			kH/m	kH		kHm	m		-	
6	3	3	4	15	7	13	18	6	2	1
7	4	3	6	12	25	8	15	5	3	2
8	6	2	3	13	12	10	9	4	3	3
9	5	5	4	20	15	9	9	3	4	4
10	4	4	5	18	5	15	12	4	4	5

