

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

ОПР МАТЕРІАЛІВ

Методичні вказівки

**та завдання до виконання контрольних робіт для студентів
заочної форми навчання за напрямом «Будівництво» по
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»**

Київ КНУБА 2021

УДК 539.4

ББК 30.121

0-61

Укладач П.О. Іваненко, кандидат технічних наук, доцент

Рецензент О.Ф. Корбаков, кандидат технічних наук, доцент

Відповідальний за випуск О.П. Кошевий, кандидат технічних наук,
доцент

Затверджено на засіданні кафедри опору матеріалів,
протокол № 3 від 18 листопада 2020 року.

0-61

Опір матеріалів. Методичні вказівки та завдання до виконання контрольних робіт для студентів заочної форми навчання за напрямом «Будівництво» по спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

/ Уклад.; П.О.Іваненко.

-К.: КНУБА, 2021. – 35с.

Містять вказівки і порядок розв'язку контрольних робіт та індивідуальні завдання.

Призначено для студентів заочної форми навчання за напрямом «Будівництво» по спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Загальні вказівки

Основною формою вивчення курсу опору матеріалів для студентів заочної форми навчання є самостійна робота з підручниками і навчальними посібниками та дистанційні консультації.

Студенти заочної форми навчання, за бажанням, також мають можливість дистанційно відвідувати лекції та практичні заняття по розкладу груп стаціонарного навчання (подробиці у деканаті та на кафедрі).

В цій методичній розробці для виконання контрольних робіт приведені умови задач, методичні вказівки для їх виконання і плани розв'язку. У вказівках приведені розділи навчальної літератури, які необхідні для вивчення даної теми.

За базовий навчальний посібник прийнято /1/, але якщо він відсутній, то можна користуватися /2,/, /3/, або іншою літературою.

Починати виконувати контрольні роботи потрібно із вивчення теоретичного курсу та розгляду рішення подібних задач в підручниках, навчальних посібниках та збірниках задач.

В методичній розробці враховано, що студент під час установчої сесії повинен прослухати вступні лекції очно, або дистанційні.

Навчальним планом для студентів спеціальності 7.0992104 «Технологія будівельних конструкцій, виробів і матеріалів» передбачено виконання контрольних робіт № 1, № 2 в V семестрі і №3, №4 в VI семестрі. Склад робіт наведений в таблиці 0.1.

Таблиця 0.1.

Номер контрольної роботи	№1	№2	№3	№4
Номера задач	1,2,3	4,5	6,7,8	9,10

Всі завдання приведені в додатку. При необхідності деякі задачі можуть бути замінені, або зменшена кількість питань, на які необхідно відповісти (за вказівкою викладача).

Вибір варіанта

Варіант розранково-графічної роботи складає три цифри. Перша цифра шифра вибирається із таблиці 0.2. Таблиця 0.2.

Таблиця вибору варіанта контрольних робіт

Таблиця 0.2.

Перша буква П.І.Б.	Ю,І,Ї	Г,Д,Е	Н,Р,О	П,Ш,Щ	З,Х,Ф	Я,Ч,С	Л,Ж,Є	Й,У,К	М,И,Т	А,Б,В
Перша цифра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0

Друга і третя цифра шифра - останні дві цифри залікової книжки студента.

Оформлення контрольних робіт

Основні вимоги:

1. Робота виконується на аркушах паперу формату А4. Всі розрахунки і схеми **пишуться з однієї сторони аркуша**. Робота зшивається по довгій стороні. На титульному листі повинно бути написано: № контрольної роботи, назва дисципліни, П.І.Б. студента, назва факультета, номер групи, шифр контрольної роботи.
2. Розв'язок кожної задачі починається з нової сторінки.
3. На кресленнях, в умові задачі, обов'язково потрібно ставити всі **значення в числах**. Всі епюри будуються під схемою балки і в масштабі.

Завдання для контрольних робіт

Задача 1. Для заданого стержня побудувати епюри $N, \sigma, \Delta L$ та підібрати квадратний поперечний переріз кожної частини дерев'яного бруса. Накреслити ескіз підібраного стержня. На одному відрізку стержня розрахувати з'єднання «в зуб» та позначити всі розрахункові розміри на ескізі. Прийняти $\sigma_{admt} = 10 \text{ МПа}$; $\tau_{sk} = 5 \text{ МПа}$; $\sigma_{sm} = 1,8 \text{ МПа}$.

Вихідні дані рішення прийняти із таблиці 1.1 та рис.1.1.

Методичні вказівки.

Приступаючи до розв'язання задачі необхідно вивчити теоретичний матеріал розділів 4,5,8 підручника /1/. Починати розв'язок необхідно з

побудови епюри поздовжніх сил N . Підібрати квадратний поперечний переріз дерев'яного стержня.

Епюри напружень σ та переміщень ΔL будуються для стержня зі знайденим поперечним перерізом.

Порядок розв'язку.

1. Накреслити розрахункову схему в масштабі та показати на ній усі розміри і сили у відповідності до свого варіанту /табл.1.1. та рис.1.1./ .
2. Застосовуючи метод поперечних перерізів для кожної ділянки замалювати відсічену частину стержня та записати з умови рівноваги загальний вираз ($\sum X_i = 0$) для поздовжньої сили N вказавши при цьому границі ділянок.
3. Обчислити на кожній ділянці (напочатку і вкінці) значення поздовжньої сили N та побудувати епюру N під розрахунковою схемою.
4. Підібрати квадратний поперечний переріз на кожній ділянці стержня.
5. Розрахувати з'єднання «в зуб» на поздовжнє зусилля N вказаної ділянки стержня. Площу A_p знайти з умови міцності на розтяг, площу $A_{зм}$ знайти з умови міцності на зминання, а $A_{ск}$ з умови міцності на сколювання.
- Прийняти розмір $c=h/3$ (розрахункової висоти поперечного перерізу).
6. Показати під епюрами ескіз стержня з вказанням одержаних розмірів.
7. Побудувати епюру напружень.
8. Побудувати епюру ΔL переміщень осі стержня. Побудову епюри ΔL потрібно починати із закріпленого кінця стержня.

Таблиця 1.1.

№ п/п	Цифри шифру							
	Перша		Друга			Третя		
	L_1 [м]	F_1 [Кн]	A [м ²]	F_2 [Кн]	L_2 [м]	F_3 [Кн]	L_3 [м]	Номер схеми
1	1,0	10	0,001	20	1,9	39	1,7	1
2	1,1	11	0,002	21	1,8	38	1,6	2
3	1,2	12	0,003	22	1,7	37	1,5	3
4	1,3	13	0,004	23	1,6	36	1,3	4
5	1,4	14	0,005	24	1,5	35	1,4	5
6	1,5	15	0,006	25	1,4	34	1,5	6
7	1,6	16	0,007	26	1,3	33	1,6	7
8	1,7	17	0,008	27	1,2	32	1,7	8
9	1,8	18	0,009	28	1,1	31	1,8	9
0	1,9	19	0,010	29	1,0	30	1,9	0

Задача 2. Знайти зусилля у вказаному стержні вузла ферми. Підібрати поперечний переріз стержня із двох кутиків. Розрахувати кріплення стержня в клепаному та в зварному варіантах. В масштабі викреслити розрахунковий стержень. Вказати усі розрахункові та конструктивні розміри.

Вихідні дані рішення прийняти із таблиці 2.2 та рис.2.1.

Методичні вказівки

Перед початком розв'язку задачі необхідно вивчити теоретичний матеріал розділів 5,8 підручника /1/. Зусилля знаходять методами, які вивчалися в курсі “Теоретична механіка” [метод точок Ріттера, або метод вирізання вузлів]. Підбирати кутики для зварного варіанту необхідно з умови міцності їх роботи на розтяг-стиск по формулі

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq \sigma_{adm} \quad (2.1)$$

Допустиме напруження для всіх прийняти $\sigma_{adm} = 160$ МПа. По одержаній площі поперечного перерізу в сортаменті необхідно підібрати номер рівностороннього кутика, причому в клепаному варіанті розрахункову площу необхідно збільшити на 15 % .

Конструювання вузлів починають із осьових ліній, які проводимо по напрямкам стержнів в узлі ферми. В зварному варіанті кутики центрують по Z^0 . В клепаному варіанті кутики центрують по “рисках “. Стержень, що розраховувався, показують з розмірами.

Величини віддалей Z^0 приймаються із сортаменту ДСТУ 2251-93.

Віддаль до центру отвору a_i (“риски “) і можливий максимальний діаметр отвору d приймаються із таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Розмір полки кутика b_i	Віддаль до центру отвору a_i	Діаметр отвору d
$b_i=45$	$a_i=25$	$d=11$
50	30	13
56	30	15
63	35	17
70	40	19
75	45	21
80	45	21

90	50	23
100	55	23
110	60	25
125	70	25

Порядок розв'язку

1. Накреслити схему ферми в масштабі та показати на ній усі розміри і сили у відповідності до свого варіанту /табл.2.1. та рис.2.1/ .
2. Знайти реакції опор і застосовуючи метод точок Ріттера, або метод вирізання вузлів знайти зусилля в заданому стержні.
3. Вирахувати по формулі 2.1 потрібну площу поперечного перерізу.
4. Підібрати по таблиці сортаменту потрібний номер кутика, причому необхідно по розрахунковій площі поперечного перерізу для зварного варіанта кутики приймати меншого розміру і більшою товщиною полки (для збільшення $h_{шва}$), а для клепаного варіанту, навпаки, кутики приймати більшого розміру і меншою товщиною полки (для збільшення d заклепки).
5. Розрахувати з'єднання для зварного варіанта з умови міцності зварки на зріз по матеріалу шва. Накреслити ескіз кріплення стержнів до косинки. Показати необхідні розміри для розрахункового стержня (приклад приведено на рис.2.2,а).
6. Розрахувати з'єднання для клепаного варіанта з умови міцності заклепок на зминання та на зріз. Перевірити міцність по ослабленію поперечному перерізу. Накреслити ескіз вузла (приклад приведено в додатку на рис.2.2,б).
7. Показати всі необхідні розміри.

Таблиця 2.2.

№ п/п	Цифри шифру							
	Перша		Друга			Третя		
	$L[м]$	F_1 [Кн]	Номер стержня	F_2 [Кн]	Вузол на поясі	F_3 [Кн]	L_2 [м]	Номер схеми
1	2,0	100	1	120	в.п	139	2,7	1
2	2,1	110	2	121	н.п	138	2,6	2
3	2,2	120	3	201	в.п	137	2,5	3
4	2,3	130	4	123	н.п	136	2,3	4
5	2,4	140	5	214	в.п	135	2,4	5
6	2,5	150	6	125	н.п	134	2,5	6
7	2,6	160	7	126	в.п	133	2,6	7

8	2,7	170	8	127	н.п	132	2,7	8
9	2,8	180	9	128	в.п	131	2,8	9
0	2,9	190	10	129	н.п	130	2,9	0

Задача 3. Для заданого поперечного перерізу стержня вирахувати всі геометричні характеристики та побудувати еліпс інерції. Обчислити моменти опору. Вихідні дані для рішення прийняти із таблиці 3.1 і рис.3.1.

Методичні вказівки

Перед початком розв'язку задачі необхідно вивчити теоретичний матеріал розділа 2 підручника /1/.

Основні геометричні характеристики для прокатних профілів приймаються по таблицям сортаменту. Вибираючи значення моментів інерції слід звернути увагу на розташування заданих в таблицях сортаменту напрямку осей і принятих Вами напрямків осей для розрахунків.

Для всіх геометричних фігур геометричні характеристики обчислюють за формулам, які приймають із підручника /1/ або із довідника /2/.

Відцентрові моменти інерції для всіх прокатних профілів та всіх геометричних фігур, які мають аби одну вісь симетрії, дорівнюють нулю.

При виконанні розрахунків необхідно визначати відцентрові моменти інерції для прокатних кутиків. Значення відцентрового моменту інерції для рівностороннього кутика вираховують за формулою 3.1.

$$I_{xy} = \pm (I_{max} - I_x) \quad (3.1.)$$

Знак відцентрового моменту інерції кутика залежить від його положення відносно напрямків координатних осей мал. 3.2.

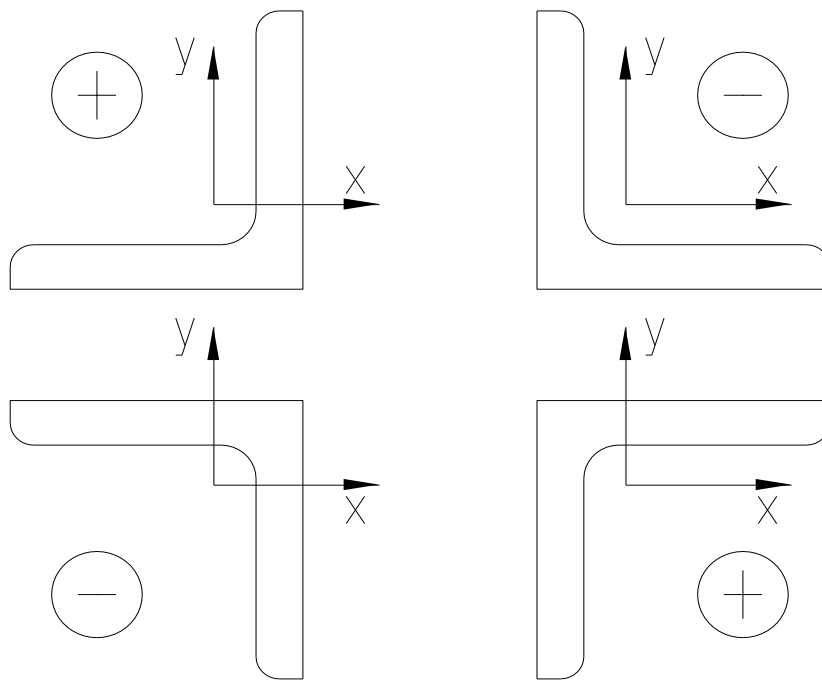


Рис. 3 . 2.

Таблиця 3.1.

№ п/ п	Цифри шифру					
	Перша		Друга	Третя		
	D [мм]	№ проф.	розміри кутика	h [мм]	b [мм]	Номер схеми
1	20	10	63x4	130	20	1
2	32	12	110x7	110	26	2
3	24	14	140x10	120	24	3
4	50	16	125x10	160	22	4
5	34	18	90x8	220	14	5
6	18	20	100x8	140	12	6
7	40	22	90x9	230	16	7
8	22	24	80x8	320	20	8
9	25	27	75x7	200	18	9
0	60	10	80x6	180	10	0

Порядок розв'язку

1. Виписати із таблиць сортаменту геометричні характеристики для всіх прокатних профілів та їхні розміри.

2. Накреслити схему заданого поперечного перерізу стержня в масштабі та показати на ній осі всіх фігур та розміри між осями у відповідності до свого варіанту /табл.3.1. та рис.3.1.
3. Обчислити для круга або прямокутника геометричні характеристики за відповідними формулами з підручника /1/ або з довідника /2/.
4. Вибрати допоміжні осі і відносно них знайти центр ваги всього поперечного перерізу. Через центр ваги поперечного перерізу провести центральні осі.
5. Обчислити осьові і відцентрові моменти інерції відносно центральних осей, використовуючи формули паралельного переносу.
6. Обчислити кут нахилу головних осей.
7. Обчислити головні моменти інерції.
8. Перевірити інваріантність моментів інерції.
9. Обчислити головні радіуси інерції і побудувати еліпс інерції.
10. Обчислити моменти опору. Відстані від головних осей до найбільш віддалених точок перерізу визначити графічно із креслення.

Задача 4. Для заданих статично визначуваних систем визначити внутрішні зусилля та побудувати їх епюри. Підібрати вказані перерізи з умови міцності на згин. Вихідні дані рішення прийняти із таблиці 4.1 та рис.4.2 – 4.4.

Методичні вказівки

Перед початком розв'язку задачі необхідно вивчити теоретичний матеріал розділа 3 підручника /1/.

Для визначення внутрішніх зусиль використовують метод поперечних перерізів: для цього умовно потрібно розрізати стержень та розглянути статичну рівновагу однієї із частин, замінивши дію “відкинутої” частини додатніми внутрішніми зусиллями.

При обрахуванні внутрішніх зусиль прийняти приведені правило знаків рис.4.1. додатку.

Поздовжня сила

Розтяг стержня - сила додатня. Стиск стержня - сила від'ємна. (рис.4.1,а).

Будуються при такому, або іншому напрямку осей і обов'язково ставиться знак.

Поперечна сила

Поперечна сила - відсічену частину стержня повертає по годинниковій стрілці - додатня. Поперечна сила відсічену частину стержня повертає проти годинникової стрілки – від’ємна. Вираховані значення відкладаються в осях Q - x (рис.4.1.б). Епюри поперечних сил будуються при такому, або іншому напрямку осей і обов’язково ставиться знак.

Згинальні моменти

Якщо балка згинається так, як показано на рис.4.1, в то момент вважається додатнім і обов’язково будується в показаних осях. Момент відкладається на розтягнутому волокні, тобто знизу “+”.

Від’ємний момент відкладається зверху.

Для кращого запам’ятовування можна ввести аналогію: якщо момент згинає балку так, що вода збирається - “+”, а якщо так, що вода зливається - “-” рис.4.1.в.

Підбір перерізу

Переріз підбирають із умови міцності стержня на згин.

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} \leq \sigma_{adm} \quad (4.1) \quad \text{звідки отримуємо } W_{nomp} = \frac{M_{\max}}{\sigma_{adm}} \quad (4.2)$$

Знак моменту не впливає на розрахунки стержнів на міцність. По знайденому моменту опору W_{nomp} в таблиці сортаменту підбирають потрібний прокатний профіль, або за формулами підбирають геометричний поперечний переріз.

Порядок розв’язку

1. Накреслити схему балки в масштабі з позначенням розмірів і навантажень у числах та у відповідності до свого варіанту завдання табл.4.1. та рис.4.2 - 4.4 .

2. Проводимо пружну вісь, яка повторює геометричну схему конструкції. Позначаємо осі координат .

3. Вираховуємо реакції опор і показуємо їх на схемі.

4. Розбиваємо систему на ділянки та нумеруємо їх.

5. Вираховуємо значення внутрішніх зусиль у перерізах з умови рівноваги кожної частини системи .

6. На пружній осі, перпендикулярно до неї, відкладаємо вираховані значення в характерних точках та з’єднуємо їх лінією.

7. Заштриховуємо перпендикулярно до осі стержня, ставимо значення, знаки. Назву епюри та одиниці виміру ставимо напроти осі стержня.

8. Підбираємо вказаний переріз із умови міцності на згин по формулі 4.2.

Таблиця 4.1.

№ п/п	Цифри шифру						
	Перша		Друга		Третя		
	L_1 [м]	P [Кн]	q [Кн/м]	L_2 [м]	M [Кн.м]	L_3 [м]	Номер схеми
1	1,0	10	2	4,2	39	1,7	1
2	2	11	2,5	3,8	38	1,6	2
3	1,6	12	3	4,4	37	1,5	3
4	1,8	13	4	3,6	36	2,4	4
5	2,4	14	4,5	1,5	35	1,4	5
6	2,6	15	5	1,4	34	1,5	6
7	2,5	16	5,5	1,3	33	1,6	7
8	2,8	17	6	2,2	32	1,7	8
9	2,1	18	6,5	3,1	31	1,8	9
0	2,2	19	1	4,0	30	1,9	10

Задача 5. Для заданої статично визначуваної балки побудувати епюри внутрішні зусилля, прогинів та кутів повороту. Підібрати переріз із двотавру і перевірити його міцність по максимальним нормальним і дотичним напруженням, а також по приведеним напруженням за IV теорією міцності. Побудувати епюри нормальних і дотичних напружень в небезпечному перерізі. Вихідні дані прийняти по табл.5.1 та рис.5.1

Методичні вказівки

Перед початком розв'язку задачі необхідно вивчити теоретичний матеріал розділа 10 підручника /1/.

Епюри прогинів та кутів повороту побудувати методом початкових параметрів.

Порядок розв'язку

Пункти 1-7 повторити із задачі 4.

8. Побудувати епюри прогинів та кутів повороту (не менше шести точок для кожної епюри).

9. Підібрати переріз із двотавру і перевірити його міцність по максимальним нормальним і дотичним напруженням, а також по приведеним напруженням за IV теорією міцності.

10. Побудувати епюри нормальних і дотичних напружень в небезпечному перерізі.

Таблиця 5.1.

№ п/п	Цифри шифру						
	Перша		Друга		Третя		
	L_1 [м]	P [кН]	q [кН/м]	L_2 [м]	M [кН.м]	L_3 [м]	Номер схеми
1	1,0	10	2	1,9	20	3,1	1
2	2	11	2,5	1,8	30	3,2	2
3	1,5	12	3	2,5	40	2,5	3
4	1,8	13	4	3,6	50	2,4	4
5	1,5	14	4,5	1,5	60	3,4	5
6	1,8	15	5	1,4	70	4,5	6
7	1,6	16	5,5	2,3	80	3,6	7
8	1,7	17	6	1,2	75	3,8	8
9	2,1	18	6,5	2,2	45	4,8	9
0	2,2	19	8	3,0	55	2,0	10

Задача 6. Для заданої статично невизначуваної балки побудувати епюри внутрішні зусилля. Підібрати переріз із двотавру і перевірити його міцність по максимальним нормальним і дотичним напруженням. Вихідні дані прийняти по табл. 6.1 та рис. 6.1.

Методичні вказівки

Перед початком розв'язку задачі необхідно вивчити теоретичний матеріал розділа 14 підручника /1/. Задачу необхідно розв'язати використовуючи рівняння трьох моментів.

Порядок розв'язку

1. Накреслити схему балки в масштабі та показати на ній усі розміри і навантаження в числах у відповідності до свого варіанту /табл. 6.1 та рис. 6.1/.
2. Розрізати балку на опорах на окремі балки і показати невідомі опорні моменти.
3. Пронумерувати опори балки та опорні моменти.
4. Знаходимо реакції опор в кожній балці від навантаження в прольоті і показуємо їх на схемі.

5. Будуємо епюри моментів та поперечних сил на кожній балці від навантаження в прольоті.

6. Приймаємо епюри моментів за фіктивне навантаження $q_{\phi} = \frac{M}{EI}$ та знаходимо фіктивні реакції опор в кожній балці .

7. Записуємо систему рівнянь метода 3-х моментів і знаходимо невідомі опорні моменти на опорах.

8. На схемі балки відкладаємо опорні моменти на опорах та будуємо епюру опорних моментів.

9. По епюрі опорних моментів будуємо епюру поперечних сил від опорних моментів по диференційним залежностям $\frac{dM}{dx} = Q = tq\alpha$.

10. Будуємо дійсні епюри моментів і поперечних сил

$$M_d = M_p + M_{op}; \quad Q_d = Q_p + Q_{op}$$

11. Підібрати переріз із двотавра або двотаврів і перевірити його міцність по максимальним нормальним і дотичним напруженням.

Таблиця 6.1.

№ п/п	Цифри шифру						
	Перша		Друга		Третя		
	L_1 [м]	P [Кн]	q [Кн/м]	L_2 [м]	M [Кн.м]	L_3 [м]	Номер схеми
1	3	20	20	2,9	20	3,7	1
2	2	21	25	2,8	30	3,6	2
3	1,5	22	30	2,7	40	3,5	3
4	4	23	40	2,6	50	3,3	4
5	1,6	24	45	2,5	60	3,4	5
6	1,8	25	50	2,4	70	3,5	6
7	1,6	26	55	2,3	80	3,6	7
8	1,7	27	60	2,2	90	3,7	8
9	2,1	28	65	2,1	100	3,8	9
0	2,2	29	70	2,0	110	3,9	10

Задача 7. Для заданого валу, який передає ремінною передачею через шківів потужності N_1, N_2 побудувати епюри внутрішні зусиль $M_y; M_z; M_{кр}; M_{\Sigma}$ та епюри φ, θ . Підібрати круглий поперечний переріз із умови міцності і перевірити його на жорсткість. Вихідні дані прийняти по табл. 7.1 та рис. 7.1.

Методичні вказівки

Крутячі моменти.

Правило знаків можна використовувати з теоретичної механіки. Знак моменту не впливає на розрахунки міцності та жорсткості стержнів. На епюрах його можна не ставити, але щоб відрізнити моменти кручення від згинального моменту його заштриховують “пружиною”. Відкладати значення моменту кручення можна в будь-яких осях та площинах.

Перед початком розв’язку задачі необхідно вивчити теоретичний матеріал розділа 12 підручника /1/.

Здану потужність в kW необхідно перевести в момент кручення $kH.m$ по формулі

$$M_{кр} = 9,549 \frac{N}{n} [kH.m] \quad (7.1)$$

Зусилля в ведучому ремені передачі прийняти в два рази більшим ніж у ведомому.

Діаметр валу із умови міцності знаходиться за формулою

$$d = \sqrt[3]{\frac{32M_{red}^{IV}}{\pi\sigma_{adm}}} \quad (7.2)$$

Прийняти $\sigma_{adm} = 100 MPa$.

Вал працює на перемінні циклічні напруження. Приймаємо при розрахунку на жорсткість відносний кут закручення $\Theta_{adm} = 0.25 \text{ град/м} =$

$$\frac{\pi}{180} 0,25 \text{ рад/м}.$$

Діаметр вала із умови жорсткості знаходиться за формулою

$$d = \sqrt[4]{\frac{32M_{red}^{IV}}{\pi G \Theta_{adm}}} \quad (7.3)$$

Із двох найдених значень діаметру прийняти більший розмір та заокруглити його останню цифру до 0 або 5, тобто до стандартного значення внутрішнього діаметра підшипника.

Епюри φ, θ будуюмо за формулами

$$\varphi_i = \frac{M_{kp} l_i}{G_i I_{pi}} - \quad (7.4) \quad \varphi = \sum \varphi_i \quad (7.5) \quad \Theta = \frac{M_{kp}}{GI_p} \quad (7.6)$$

Порядок розв'язку

1. Накреслити схему вала в масштабі та показати на ній усі потужності, розміри у відповідності до свого варіанту /табл.7.1. та рис.7.1/.
2. Вирахувати моменти кручення по формулі 7.1.
3. Вирахувати зосереджені зусилля від ремінної передачі і розкласти їх на вертикальні і горизонтальні.
3. Знайти вертикальні та горизонтальні реакції і побудувати епюри моментів $M_z, M_y, M_{kp}, M_{\Sigma} = \sqrt{M_z^2 + M_y^2}$.
4. Вирахувати діаметр вала із умови міцності по формулі 7.2 і із умови жорсткості по формулі 7.3.
5. Побудувати епюри φ, θ за формулами 7.4, 7.5 і 7.6.

Таблиця 7.1

№ п/п	Цифри шифру							
	Перша			Друга			Третя	
	L_1 [м]	N_1 [Квт]	n об/хв	N_2 [Квт]	L_2 [м]	α град	L_3 [м]	Номер схеми
1	0,1	50	125	20	0,55	30	0,25	1
2	0,15	45	115	30	0,5	45	0,20	2
3	0,20	42	120	10	0,45	-30	0,15	3
4	0,25	40	110	40	0,4	60	0,1	4
5	0,3	35	100	50	0,35	120	0,3	5
6	0,35	32	70	42	0,3	150	0,35	6
7	0,4	30	80	24	0,25	-120	0,4	7
8	0,45	25	75	18	0,20	210	0,45	8
9	0,5	24	85	22	0,15	240	0,5	9
0	0,55	22	90	28	0,1	330	0,55	10

Задача 8. Для заданого поперечного перерізу кам'яної колони навантаженої стискаючою позацентричною силою знайти значення допустимої сили, побудувати просторову епюру напружень без врахування власної ваги. Побудувати еліпс інерції, ядро перерізу та нульову лінію. Вихідні дані прийняти по табл..8.1 та рис.8.1.

Методичні вказівки

Перед початком розв'язку задачі необхідно вивчити теоретичний матеріал розділа 12 підручника /1/.

Враховуючи, що матеріал кам'яної колони має різні значення допустимого напруження на розтяг $\sigma_{admt} = 1 \text{ МПа}$ і на стиск $\sigma_{adms} = 10 \text{ МПа}$, умову міцності потрібно записувати для двох небезпечних точок (максимальний стиск та максимальний розтяг); та із двох знайдених значень допустимої сили приймаємо менше.

$$\sigma_t = -\frac{P}{A} + \frac{Pz_p}{I_y} z_i + \frac{Py_p}{I_z} y_i \leq \sigma_{admt} \quad (8.1) \quad \text{умова міцності на розтяг}$$

$$\sigma_s = -\frac{P}{A} - \frac{Pz_p}{I_y} z_i - \frac{Py_p}{I_z} y_i \leq \sigma_{adms} \quad (8.2) \quad \text{умова міцності на стиск.}$$

Де: z_p і y_p координати точки прикладання сили; z_i і y_i координати небезпечної точки.

Ядро перерізу будують по координатам точок

$$y_{\text{я}} = -\frac{i_z^2}{y_{\text{від}}} \quad (8.3)$$

$$z_{\text{я}} = -\frac{i_y^2}{z_{\text{від}}} \quad (8.4)$$

де $z_{\text{від}}$ і $y_{\text{від}}$ відрізки які відсікає дотична лінія до контуру перерізу на осях Z і Y .

Відрізки які відсікає нульова лінія на осях

$$y_0 = -\frac{i_z^2}{y_p} \quad (8.5)$$

$$z_0 = -\frac{i_y^2}{z_p} \quad (8.6)$$

Для всіх задач прийняти значення допустимого напруження на розтяг $\sigma_{admt} = 1 \text{ МПа}$ і на стиск $\sigma_{adms} = 10 \text{ МПа}$.

Порядок рішення

1. Накреслити схему заданого поперечного перерізу стержня в масштабі та показати на ній усі розміри та координати точки прикладання сили у відповідності до свого варіанту /табл.8.1. та рис. 8.1./
2. Знайти центр ваги поперечного перерізу та вирахувати осьові і відцентрові моменти інерції відносно центральних осей.
3. Вирахувати кут нахилу головних осей.
4. Вирахувати головні моменти інерції.
5. Вирахувати головні радіуси інерції і побудувати еліпс інерції.
6. Побудувати ядро перерізу по формулах 8.3 і 8.4.
7. Побудувати нульову лінію по формулах 8.5 і 8.6.

8. Знайти значення допустимої сили по формулах 8.1 і 8.2.

9. Побудувати просторову епюру напружень без врахування власної ваги.

Таблиця 8.1.

Цифри шифру						
№ п/п	Перша		Друга		Третя	
	L_1 [м]	Z_p [м]	L_2 [м]	Y_p [м]	L_3 [м]	Номер схеми
1	0.15	0.4	0.4	0.7	0.6	1
2	0.2	0.7	0.45	0.6	0.55	2
3	0.25	0.6	0.5	0.5	0.15	3
4	0.3	0.5	0.55	0.4	0.2	4
5	0.35	0.4	0.6	0.45	0.25	5
6	0.4	0.45	0.15	0.5	0.3	6
7	0.45	0.5	0.2	0.65	0.35	7
8	0.5	0.7	0.25	0.7	0.4	8
9	0.55	0.45	0.3	0.6	0.45	9
0	0.6	0.65	0.35	0.5	0.5	0

Задача 9. Для заданого резервуару кільцевого поперечного перерізу і навантаженого, як показано на малюнку, знайти товщину стінки. Використати III теорію міцності. Прийняти значення допустимого напруження $\sigma_{red}^{III} = 100 \text{ МПа}$. Вихідні дані прийняти по табл. 9.1 та рис. 9.1.

Методичні вказівки

Перед початком розв'язку задачі необхідно вивчити теоретичний матеріал розділа 18 підручника [1].

Розрахунок виконати по безмоментній теорії оболонок. Напруження знаходяться за формулою

$$\frac{\sigma_m}{\rho_m} + \frac{\sigma_\Theta}{\rho_\Theta} = \frac{\rho}{\delta} \quad (9.1)$$

Якщо на оболонку тиск діє із зовні, то він приймається із знаком «-».

Порядок розв'язку

1. Накреслити схему заданого резервуару в масштабі та показати на ній усі розміри і точки прикладання сил у відповідності до свого варіанту /табл.9.1. та рис. 9.1.
2. Підставити відомі значення у формулу 9.1.
3. Зробити переріз та розглянути його рівновагу (записати рівняння рівноваги).
4. Виділити небезпечний елемент.
5. Знайти значення напруження в небезпечному елементі.
6. Знайти значення головних напруження в небезпечному елементі.
7. Підставити значення головних напружень у III теорію міцності та знайти товщину стінки.

Таблиця 9.1.

Цифри шифру						
№ n/n	Перша		Друга		Третя	
	D [м]	p [МПа]	F [кН]	M [кНм]	$M_{кр}$ [кНм]	Номер схеми
1	2,5	1,0	120	200	130	1
2	3,2	1,2	200	180	150	2
3	1.2	2.4	150	160	200	3
4	3.2	3	160	210	250	4
5	2.8	0.8	90	240	230	5
6	1.5	0.6	60	220	140	6
7	3.0	1,5	100	150	160	7
8	2.2	0,5	80	120	180	8
9	2.4	3.5	140	130	240	9
0	1.6	3.5	110	170	210	0

Задача 10. Для металевої колони заданого поперечного перерізу і навантаженого стискаючою силою підібрати два перерізи. Порівняти підібрані перерізи по площі і виділити більш економічний переріз. Знайти

значення коефіцієнту запаса стійкості n_y . Вихідні дані прийняти по табл.10.1 та рис.10.1.

Методичні вказівки

Приступаючи до розв'язання задачі необхідно вивчити теоретичний матеріал розділа 19 підручника /1/.

Стержень працює на повздовжний згин. Напруження знаходяться за формулою

$$\sigma = \frac{P}{\varphi A} \leq \sigma_{adm} \quad (10.1)$$

Для всіх задач прийняти значення допустимого напруження на повздовжний згин $\sigma_{adm} = 160 \text{ МПа}$.

Значення коефіцієнта запаса стійкості знаходяться за формулою

$$n_y = \frac{P_{kp}}{P} \quad (10.2)$$

При вирахуванні P_{kp} необхідно звернути увагу на значення гнучкості стержня λ .

Порядок розв'язку

1. Накреслити розрахункову схему колони і заданий поперечний переріз у відповідності до свого варіанту /табл.10.1. та рис.10.1. /
2. Прийняти номер профіля і виписати із сортаменту основні геометричні характеристики.
3. Знайти центр ваги поперечного перерізу і вирахувати моменти інерції відносно центральних осей.
4. Вирахувати мінімальний головний радіус інерції.
5. Вирахувати значення гнучкості стержня $\lambda = \frac{\mu l}{l_{min}}$.
6. По таблиці 20 із /1/ і по значенню гнучкості стержня λ прийняти φ .
7. Вирахувати напруження за формулою (10.1), якщо умова міцності не виконується, то потрібно розрахунок повторити з пункту 2.
8. В залежності від значення гнучкості стержня λ вирахувати P_{kp} .

9. Вирахувати значення коефіцієнта запаса стійкості за формулою (10.2)

Таблиця 10.1.

Шифр		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Перша	Номер схеми	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Друга	L [м]	3,6	3,8	4,2	4,0	3,7	3,9	4,1	4,3	4,4	4,5
Третя	F [КН]	250	420	410	360	320	280	340	450	400	380

Навчально-методичне видання

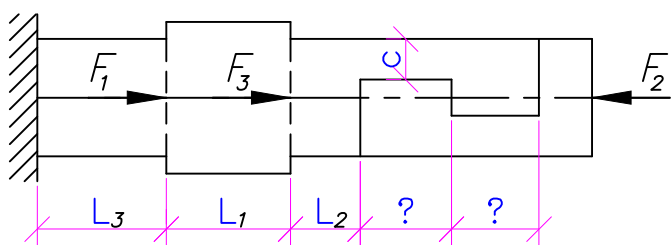
ОПР МАТЕРІАЛІВ

Методичні вказівки

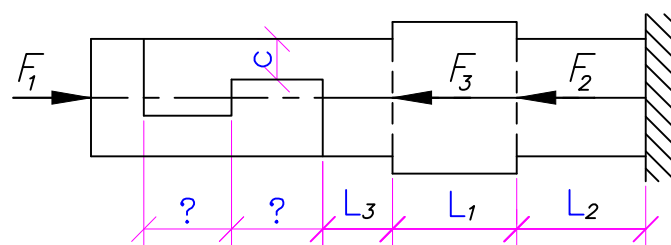
**та завдання до виконання контрольних робіт для студентів
заочної форми навчання за напрямом «Будівництво» по
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»**

Укладач ІВАНЕНКО Петро Олександрович

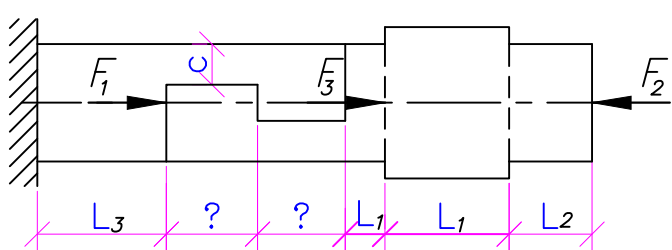
1



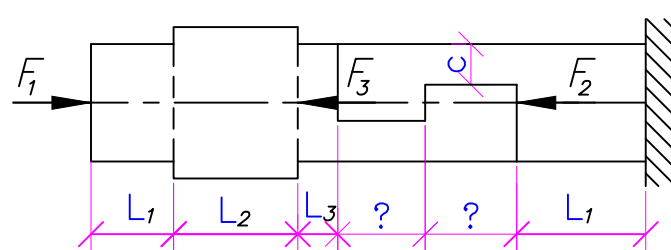
6



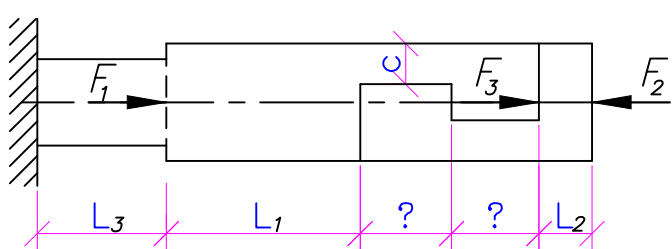
2



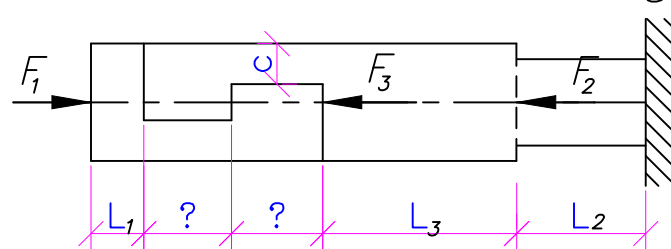
7



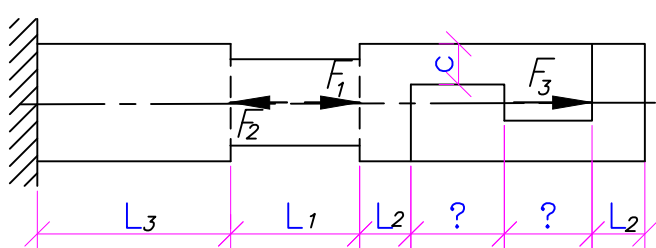
3



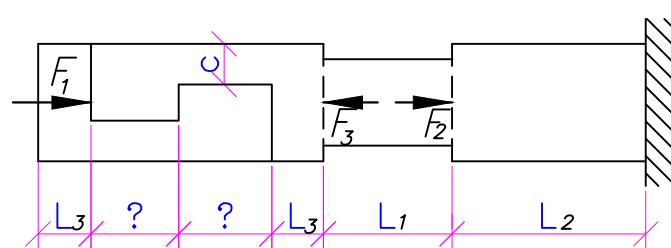
8



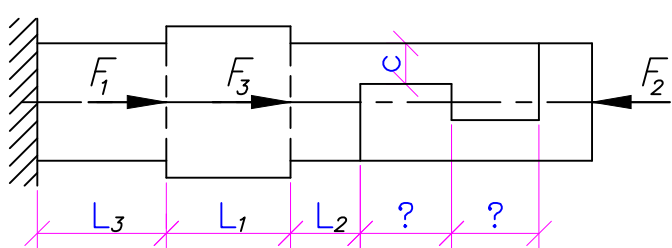
4



9



5



0

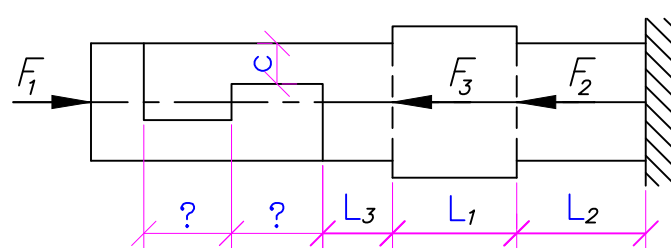


Рис. 1.1.

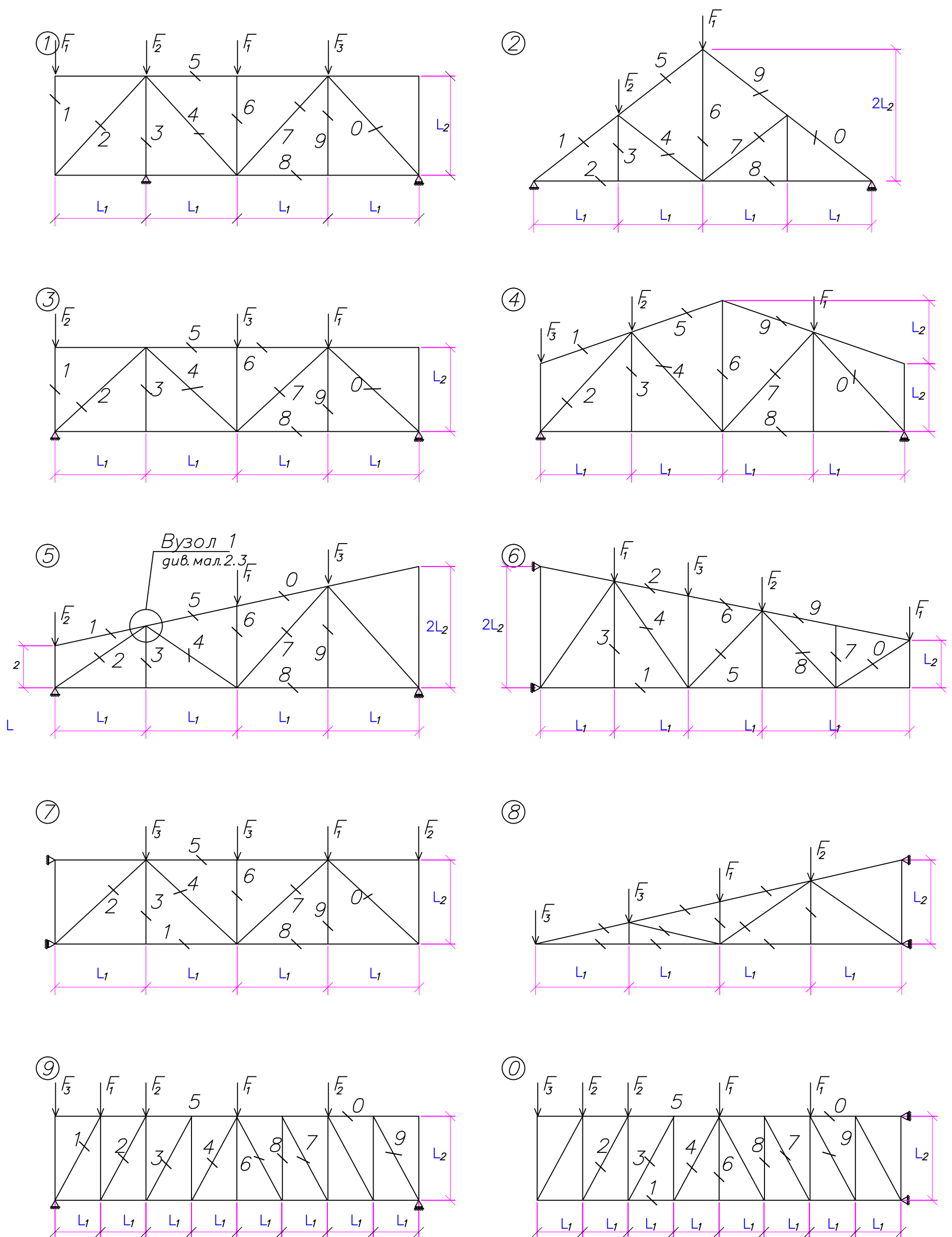
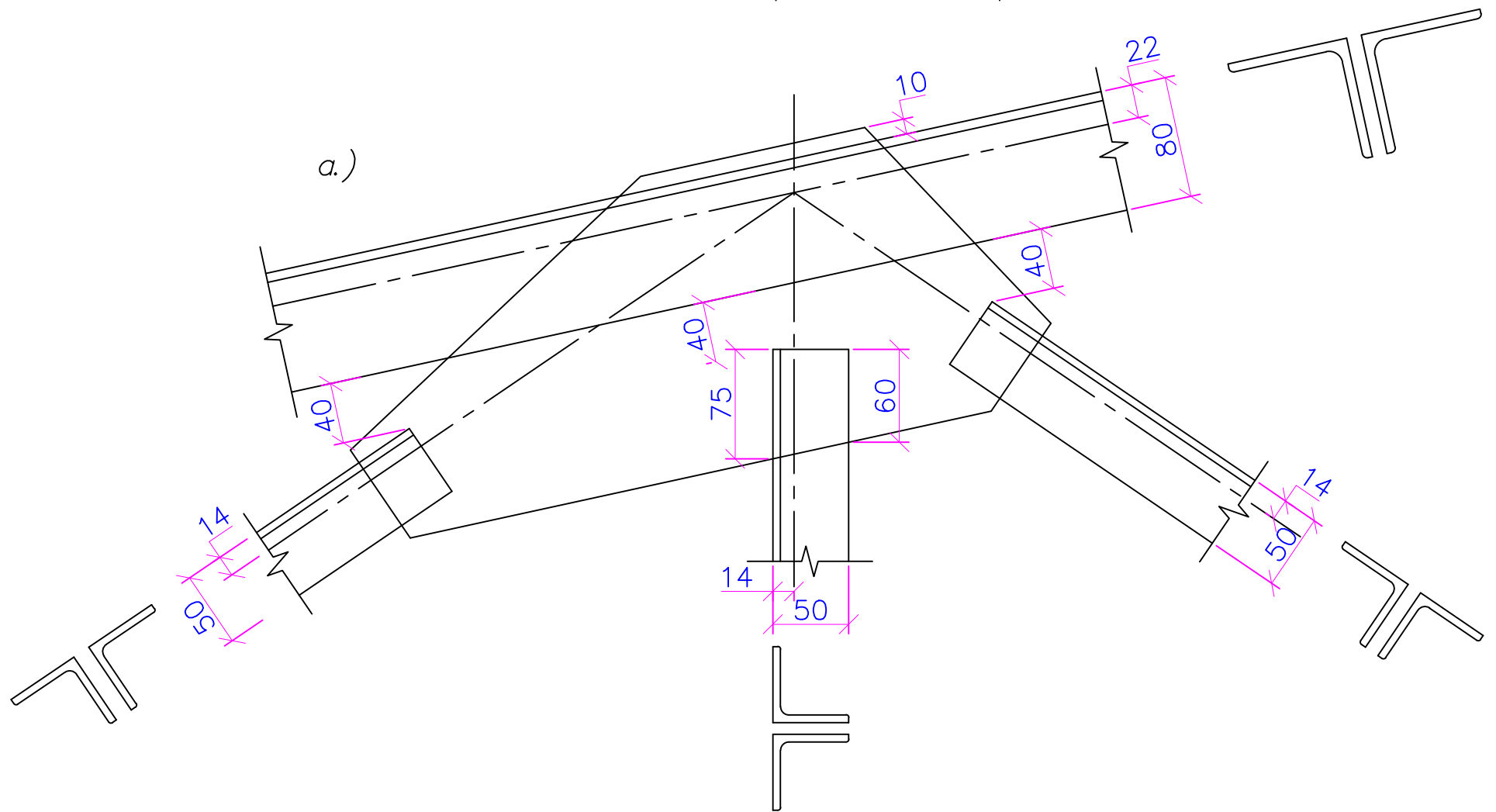


Рис. 2.1.

Варіант на зварці



Варіант на заклепках

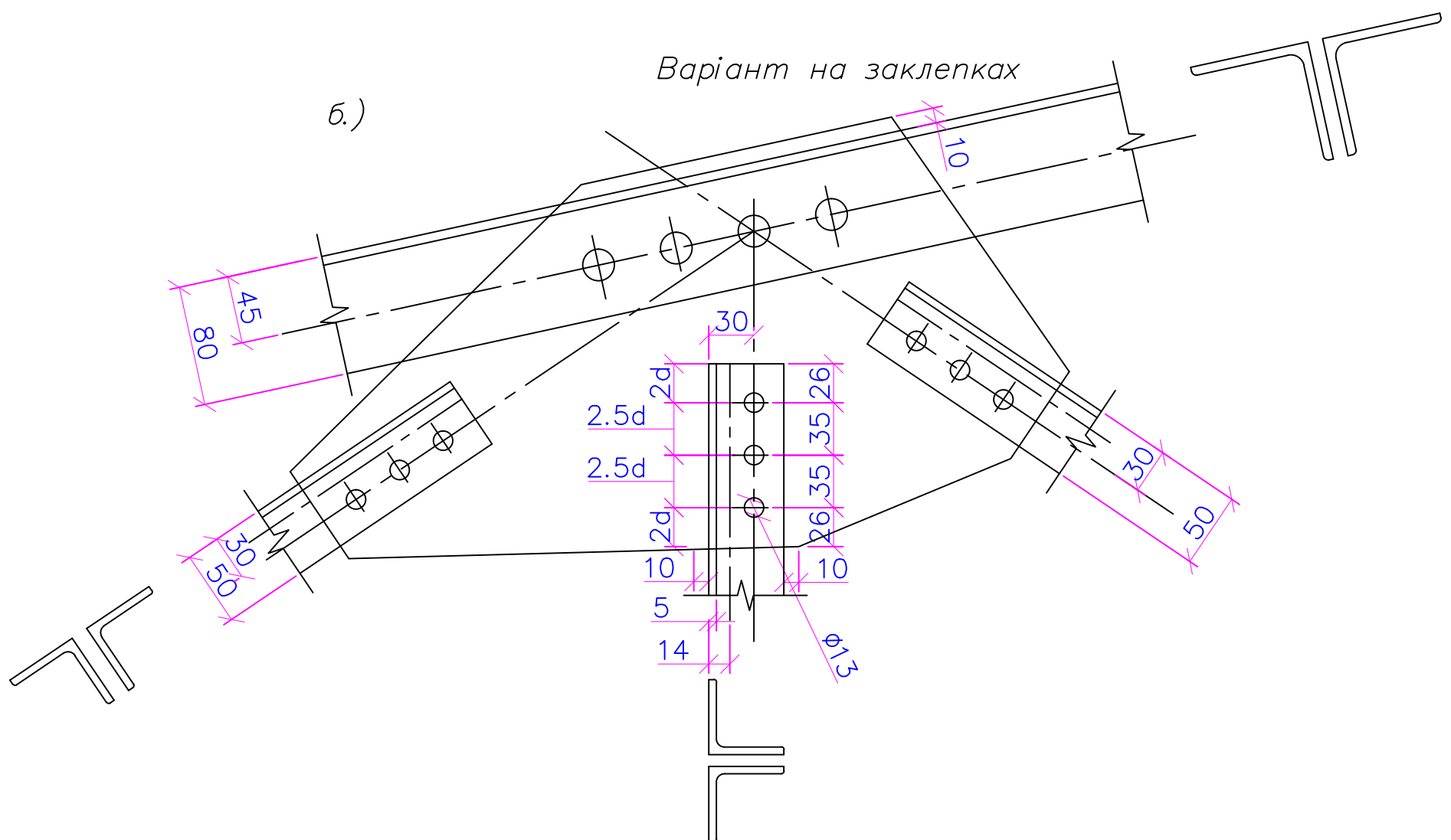


Рис.2.2

Приклад виконання ескіза вузла 1.

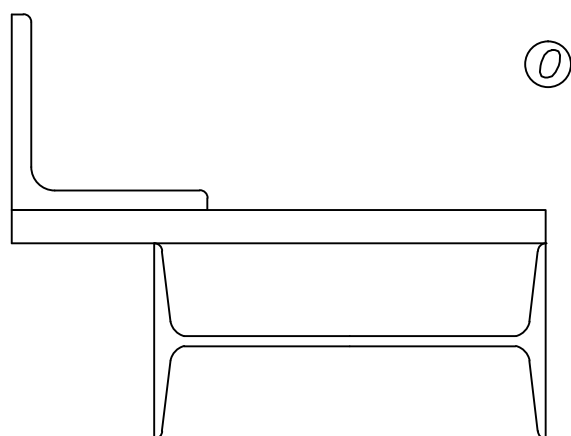
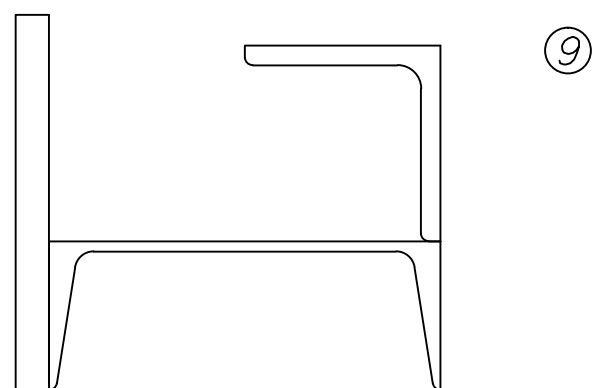
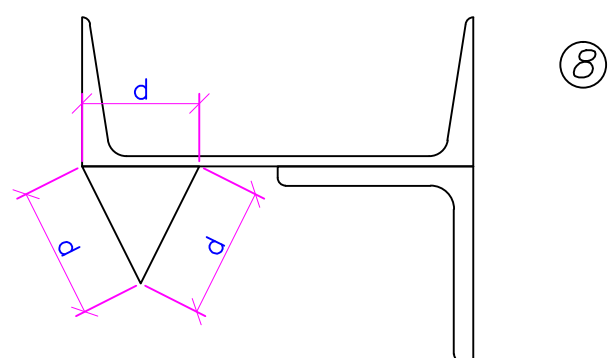
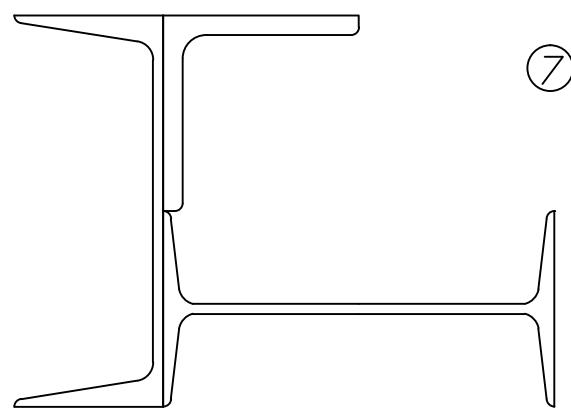
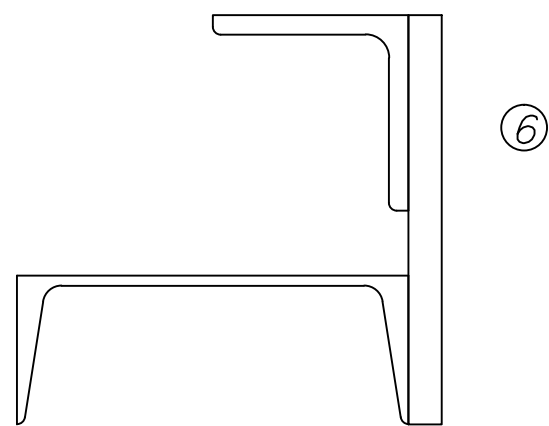
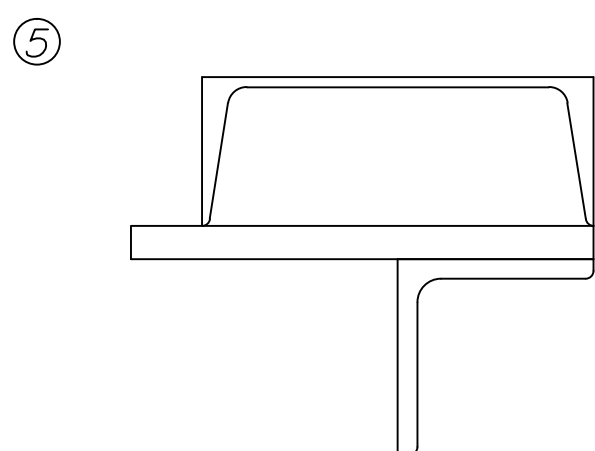
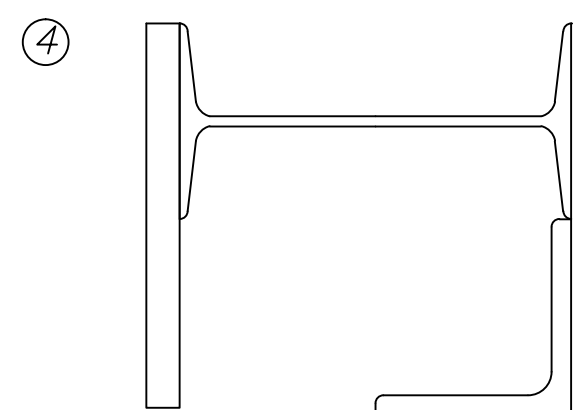
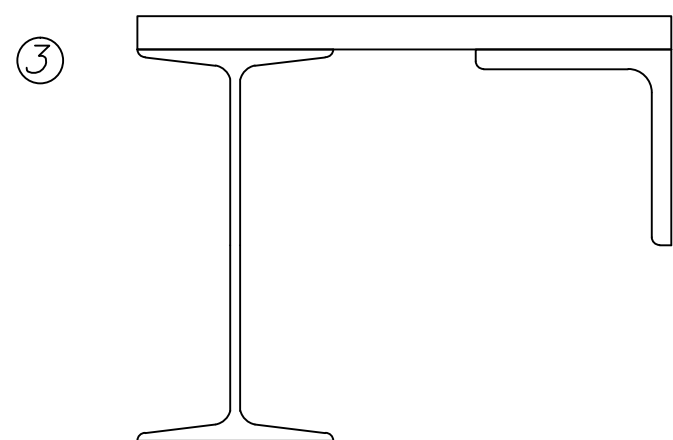
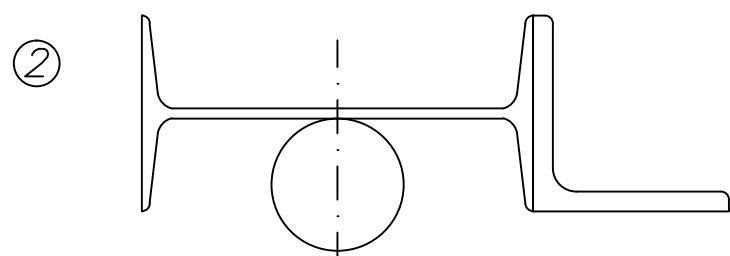
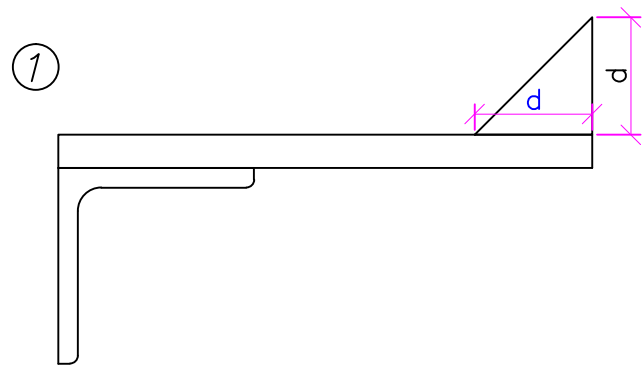


Рис. 3.1.

Правила знаків

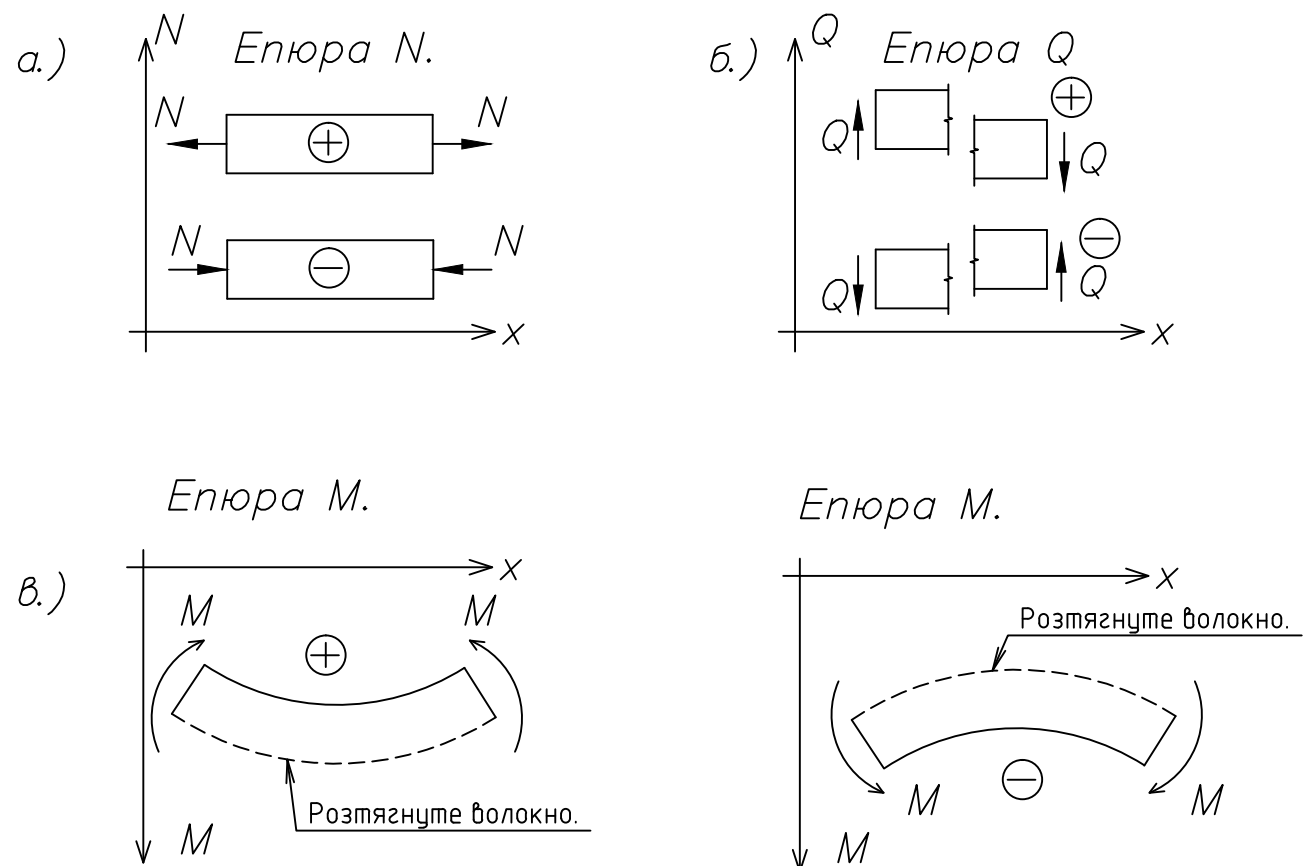


Рис. 4.1.

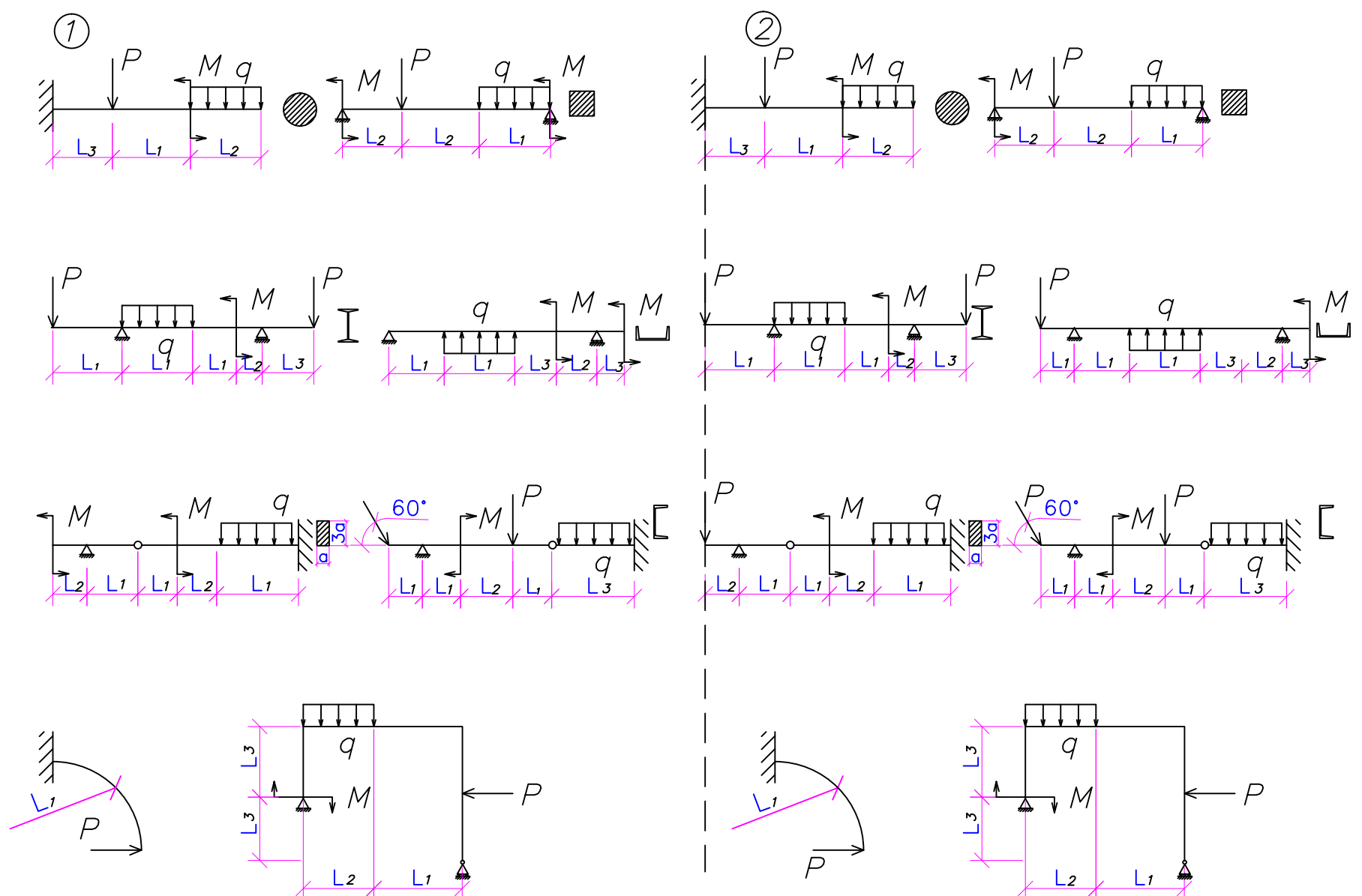


Рис. 4.2.

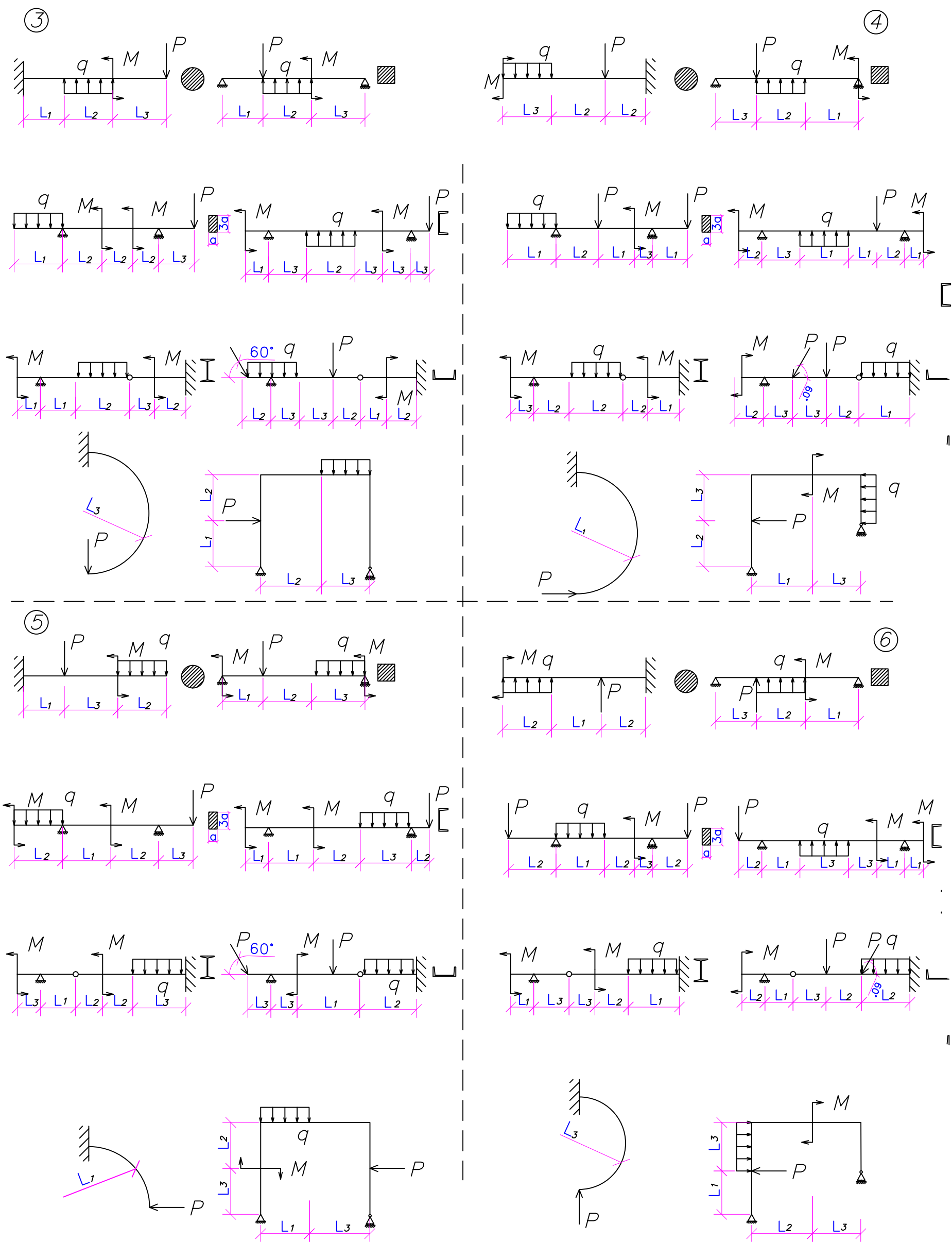


Рис. 4.3.

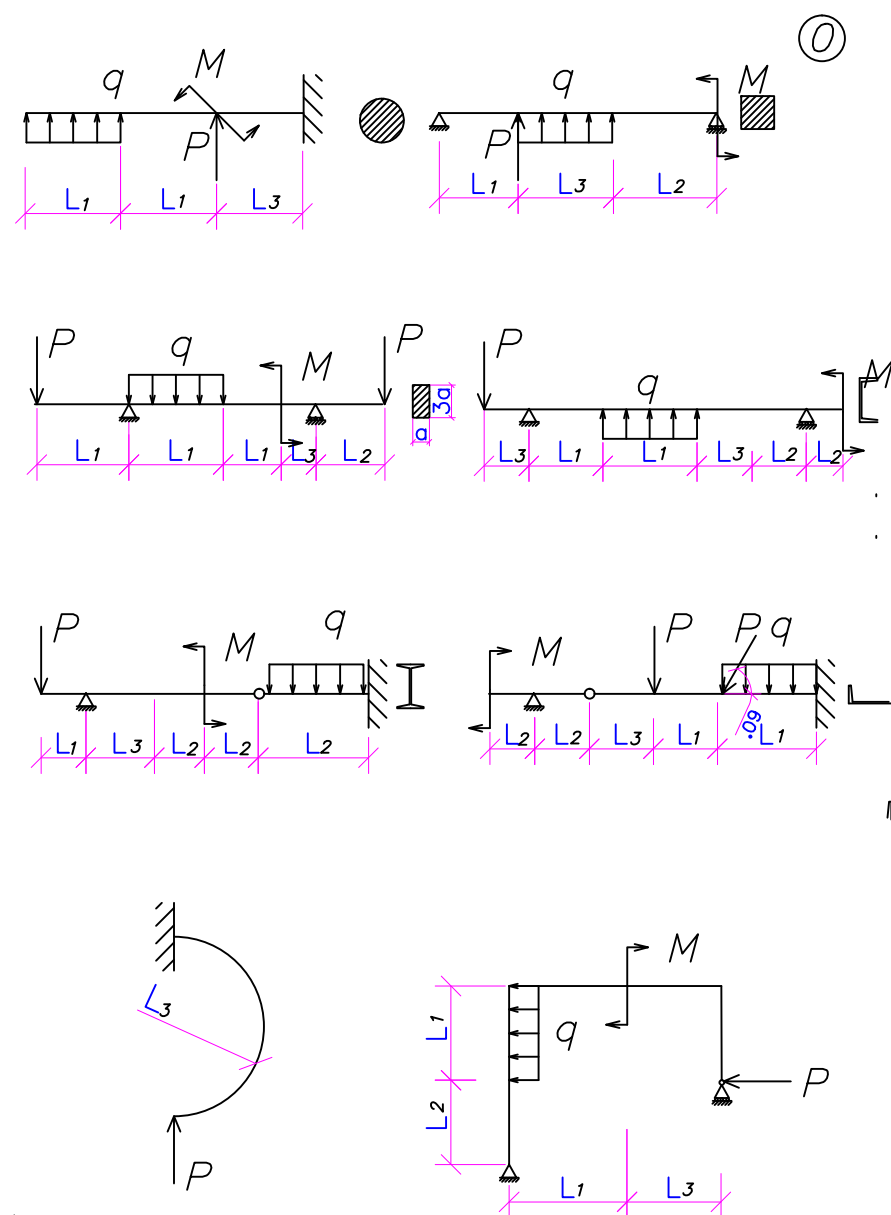
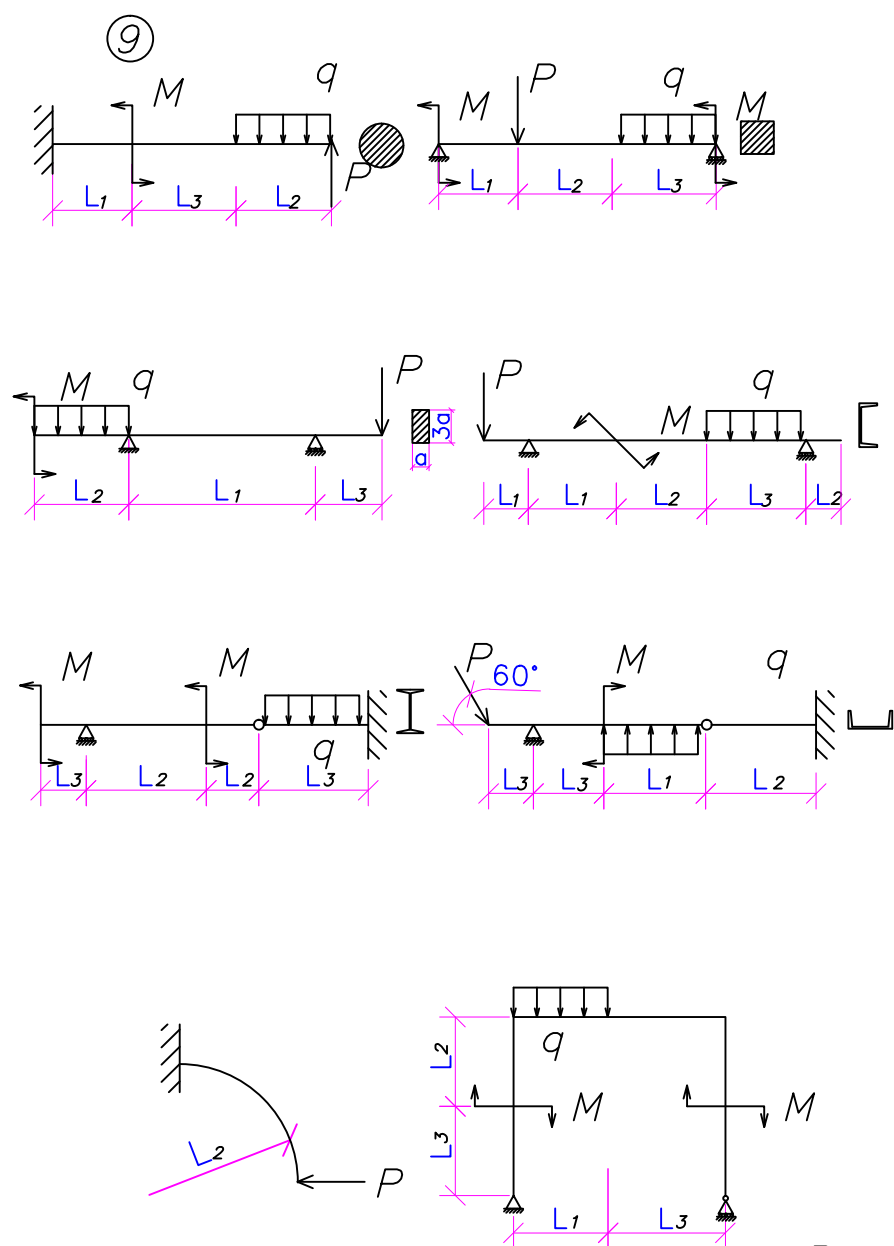
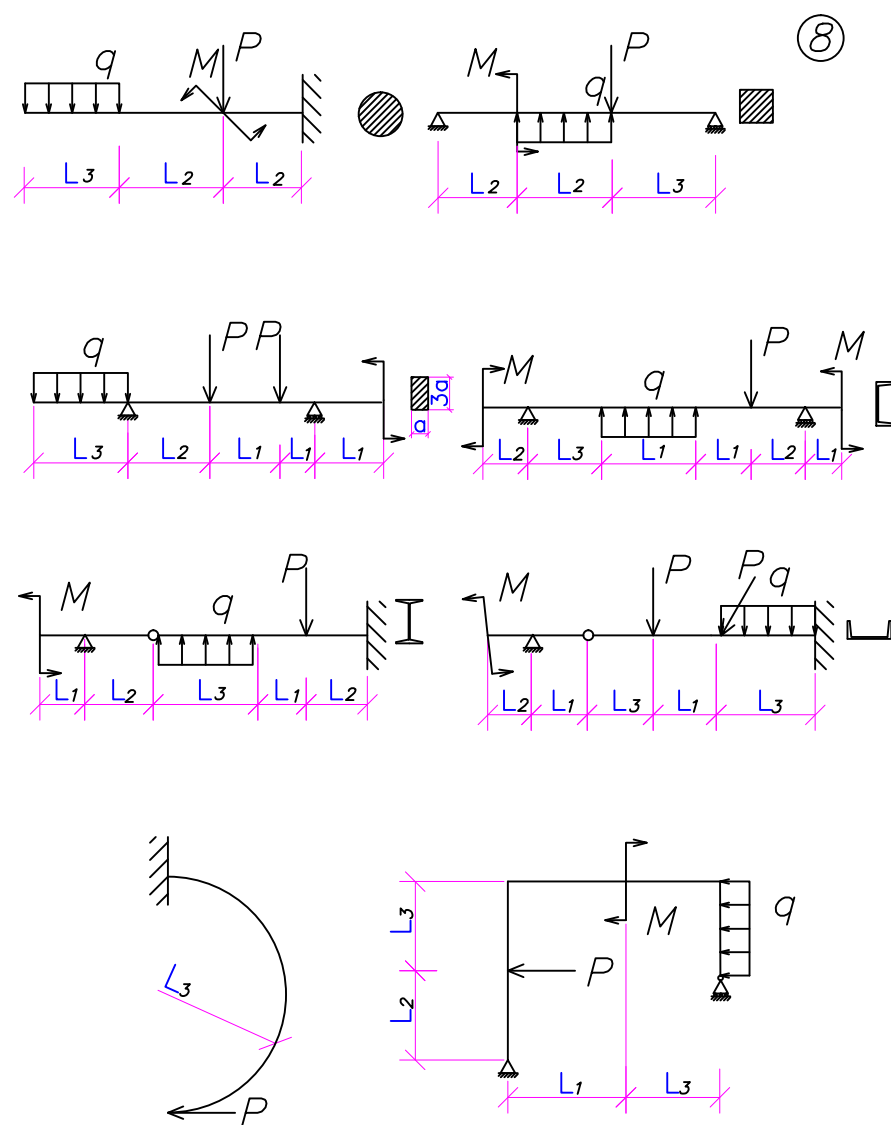
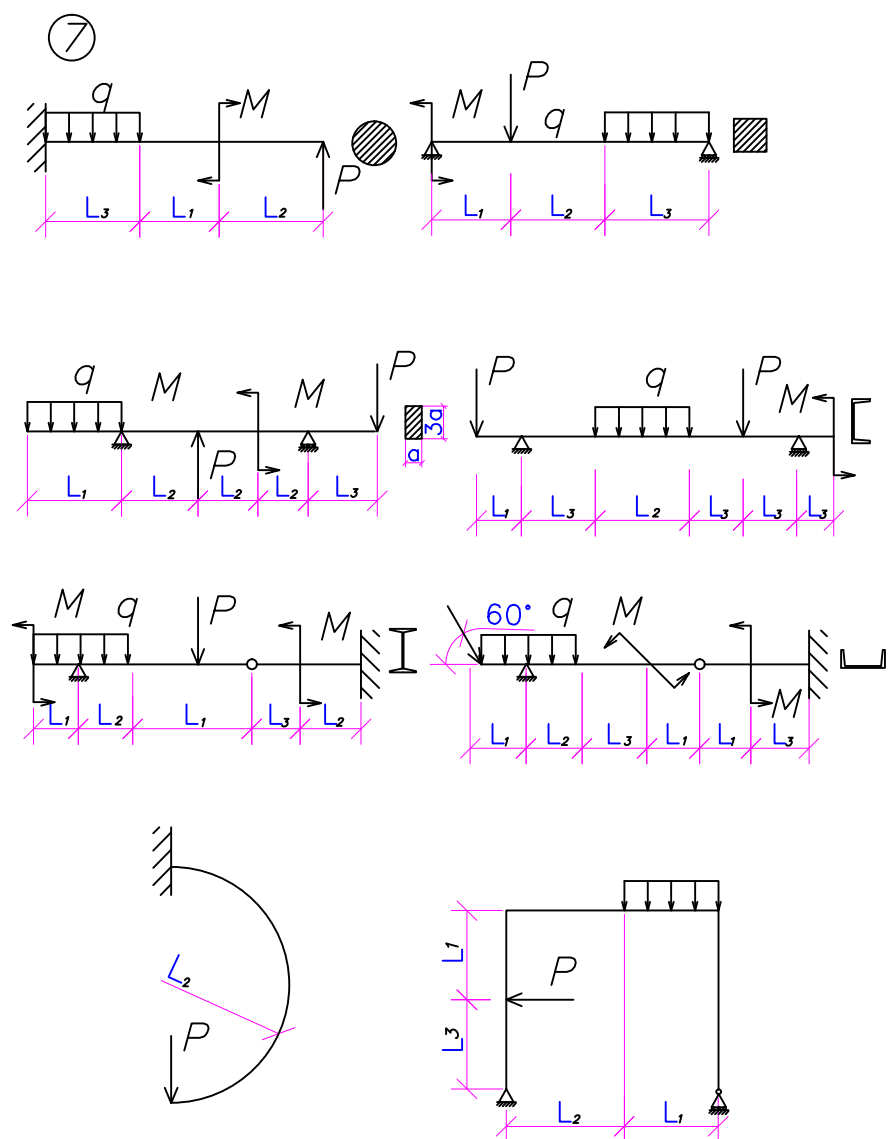
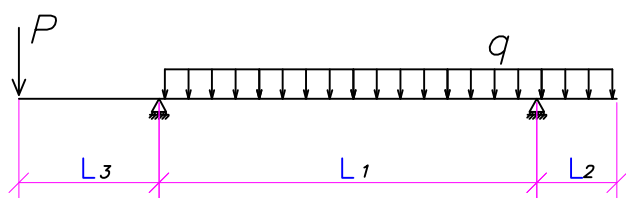
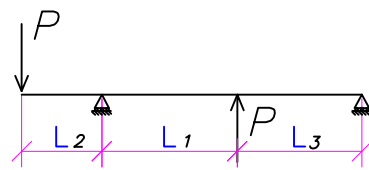


Рис. 4.4

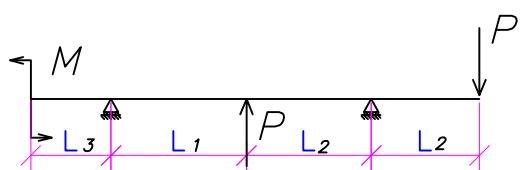
①



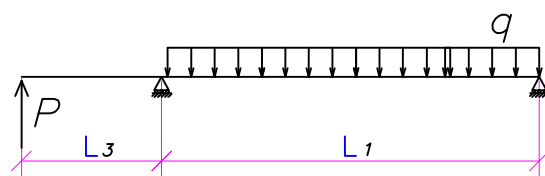
②



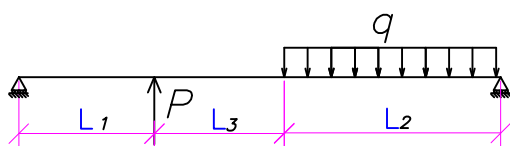
③



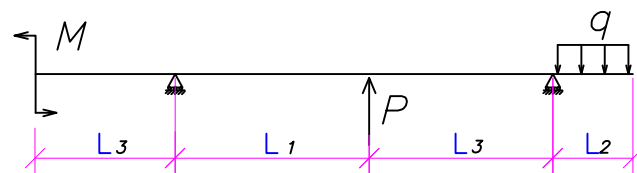
④



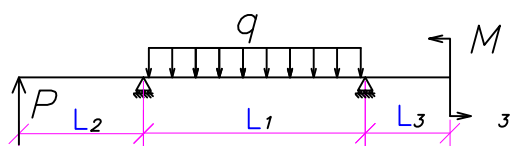
⑤



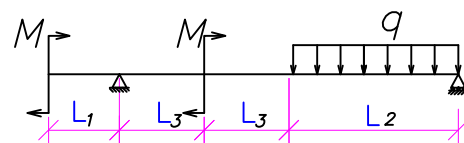
⑥



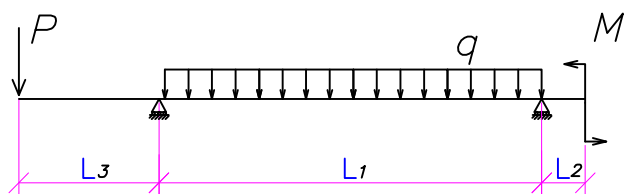
⑦



⑧



⑨



⑩

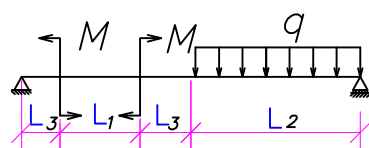
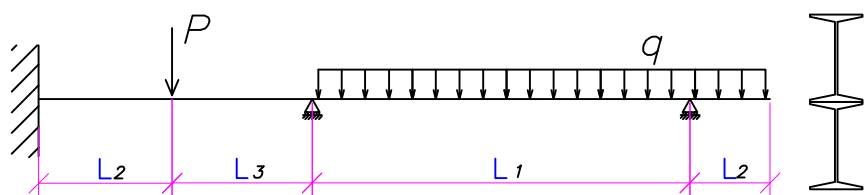
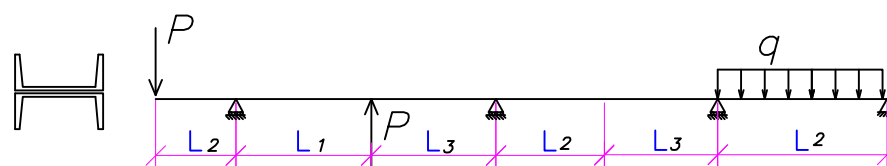


Рис. 5.1

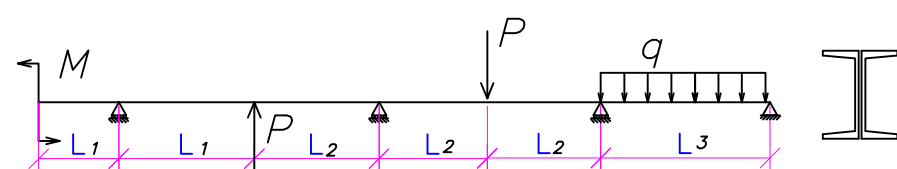
①



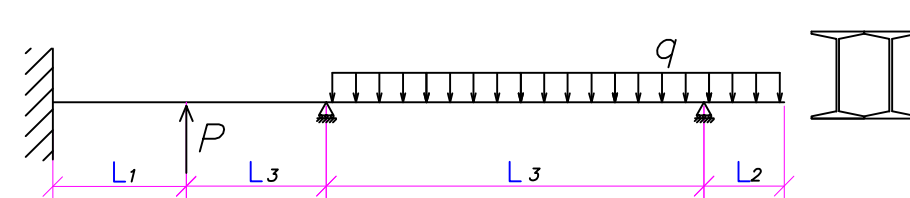
②



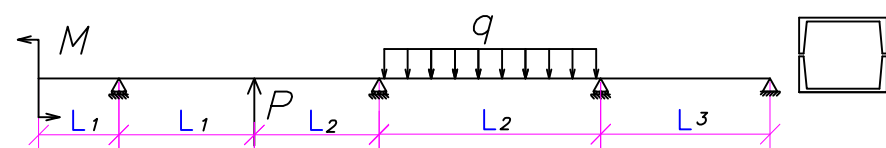
③



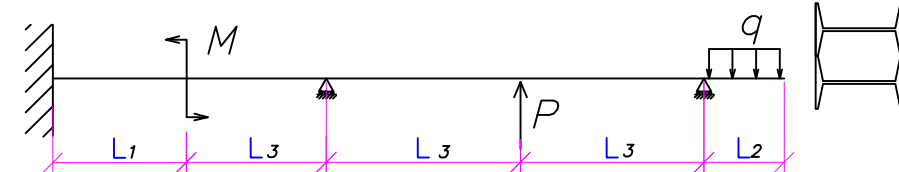
④



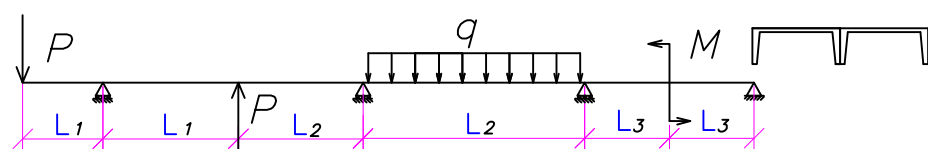
⑤



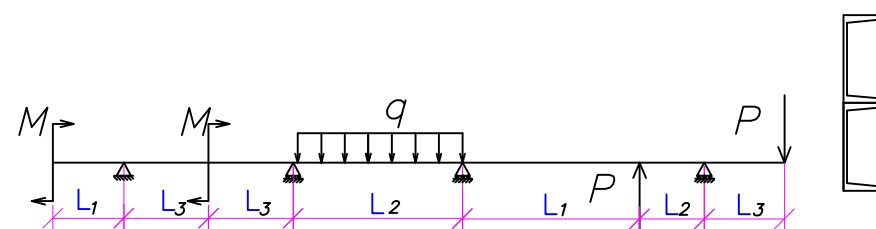
⑥



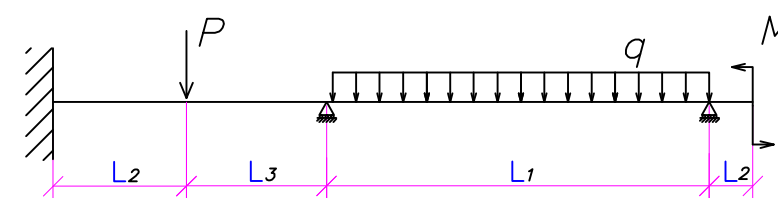
⑦



⑧



⑨



⑩

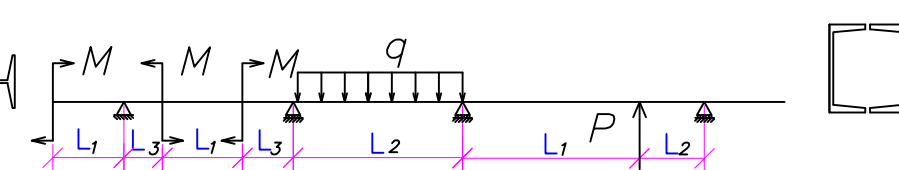


Рис. 6.1.

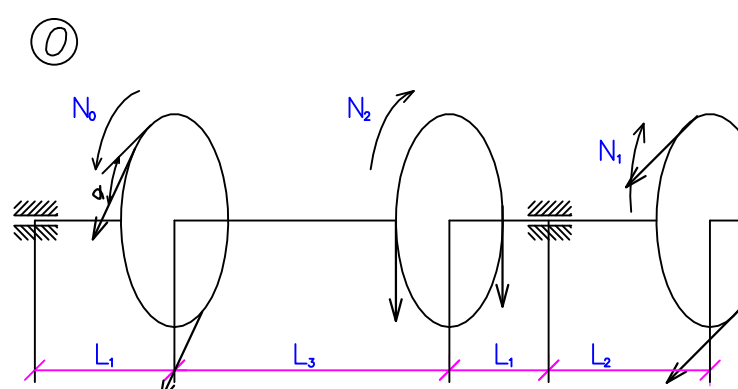
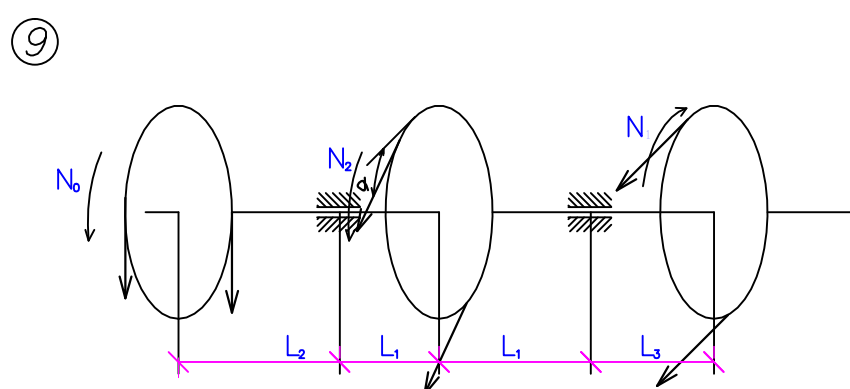
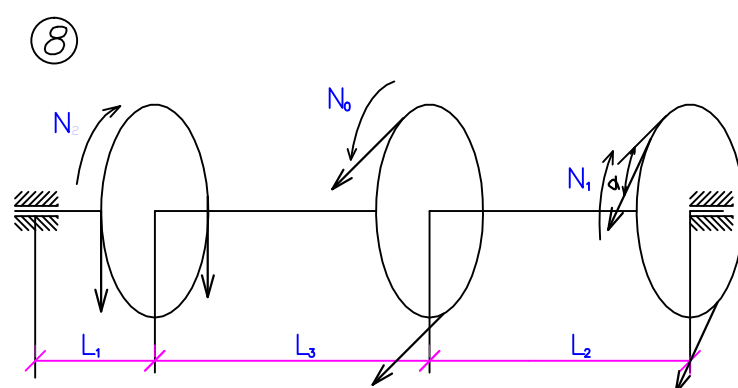
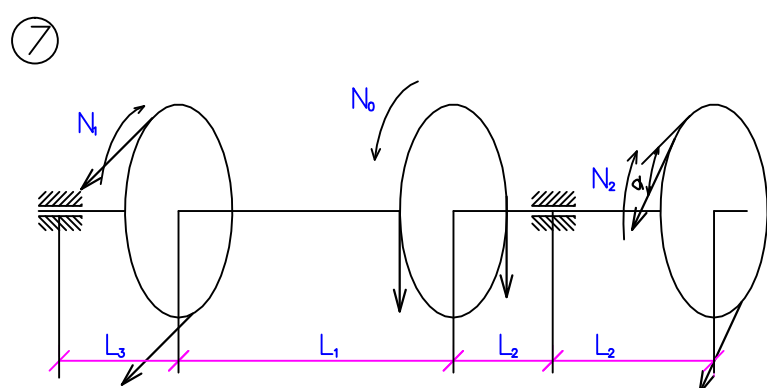
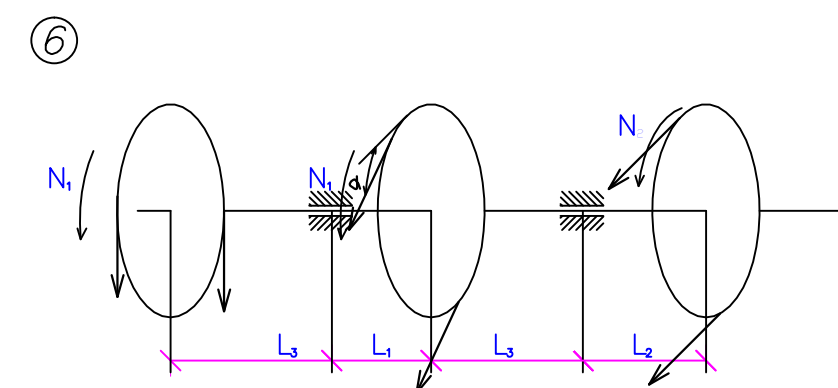
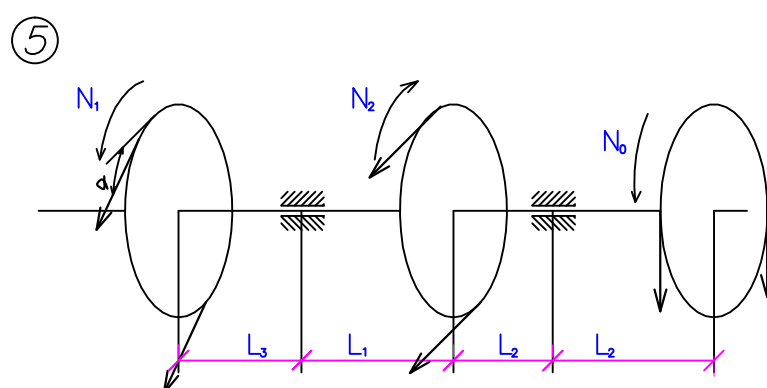
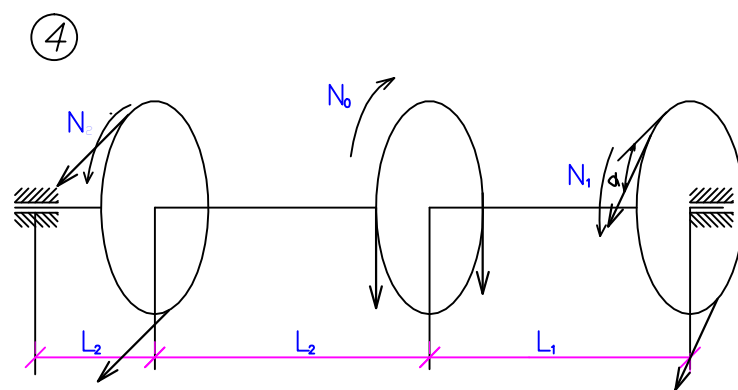
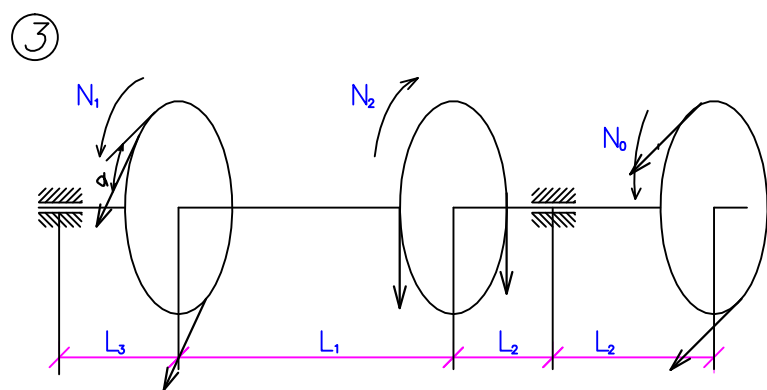
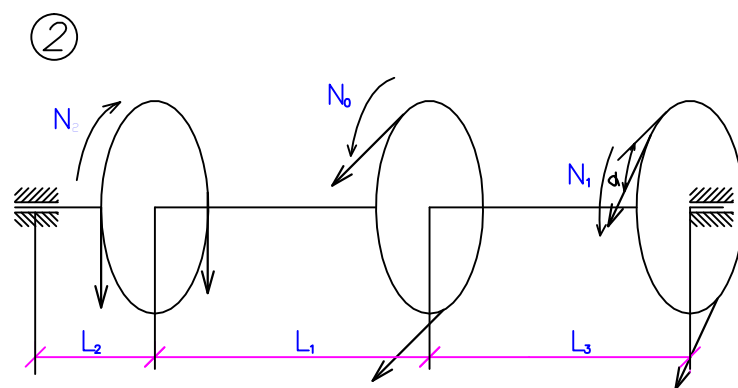
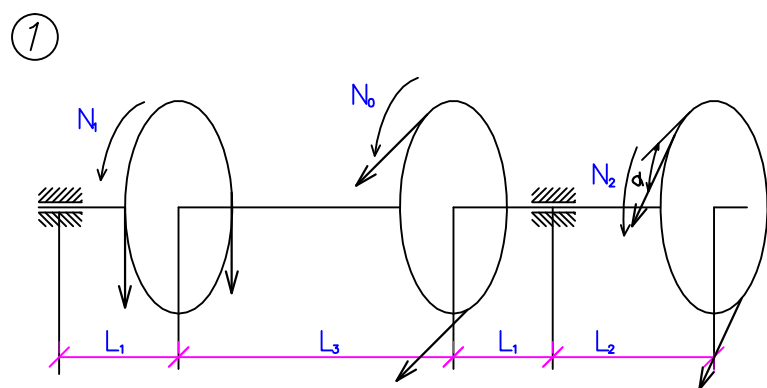
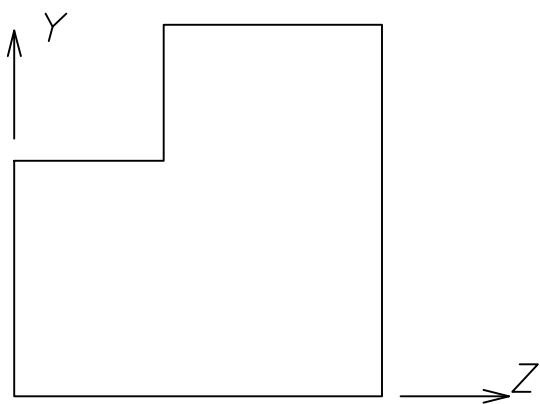
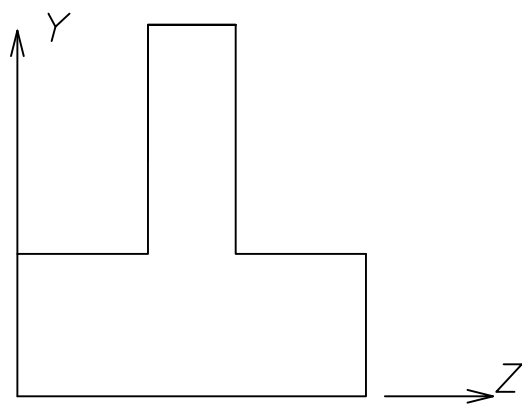


Рис. 7.1.

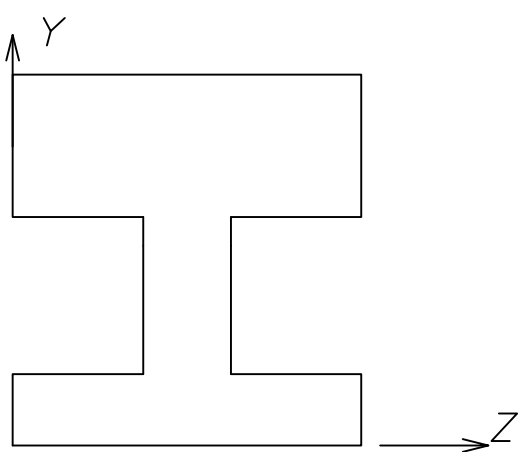
①



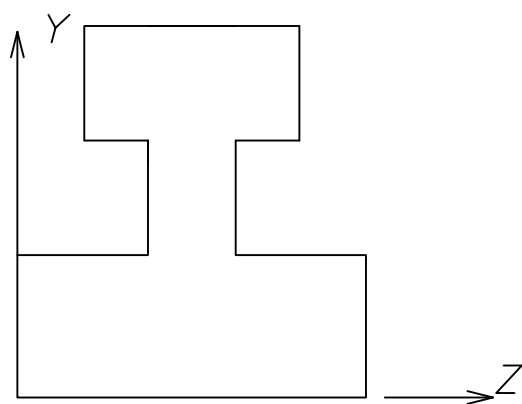
②



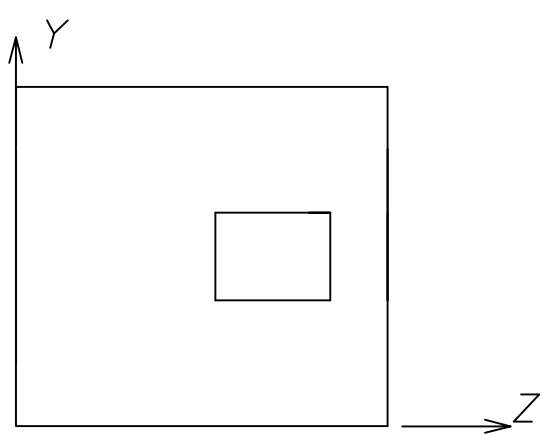
③



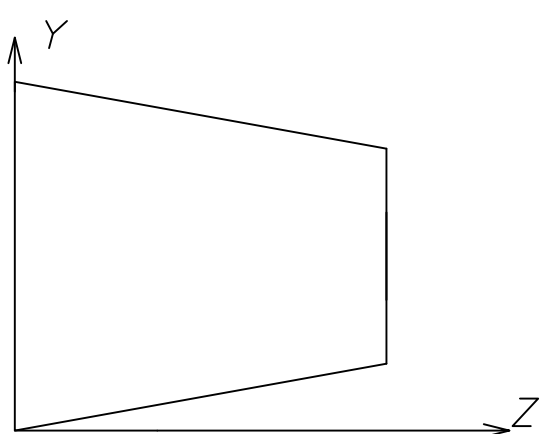
④



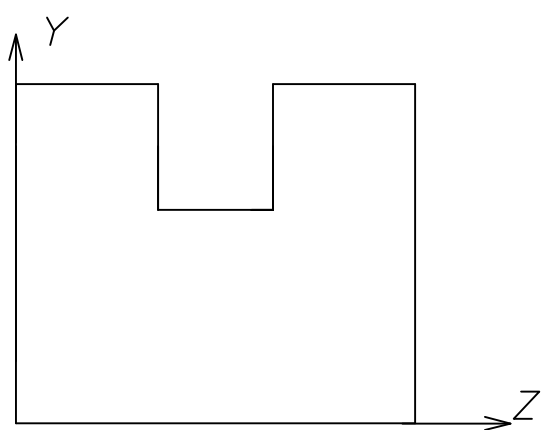
⑤



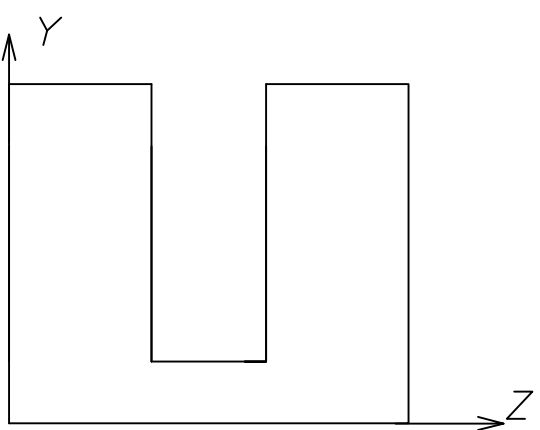
⑥



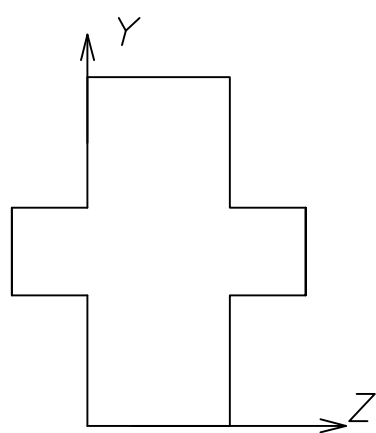
⑦



⑧



⑨



⑩

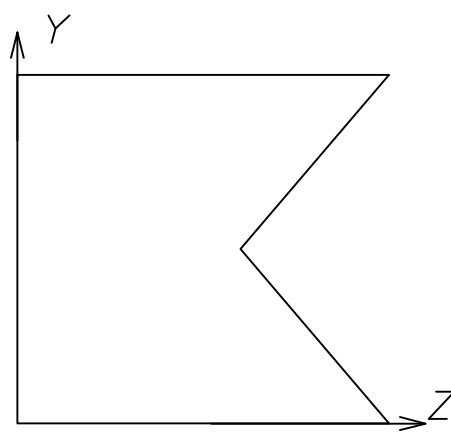
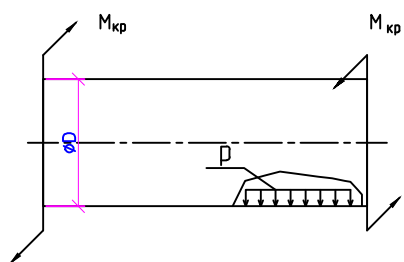
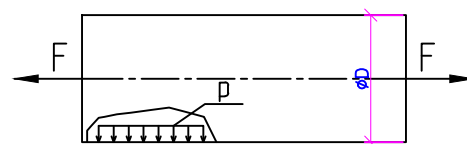


Рис. 8.1

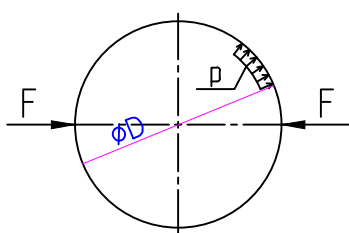
①



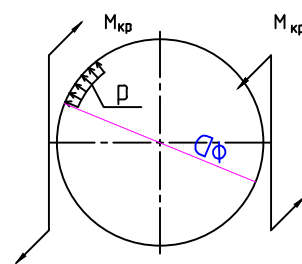
⑥



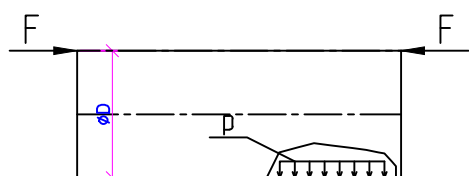
②



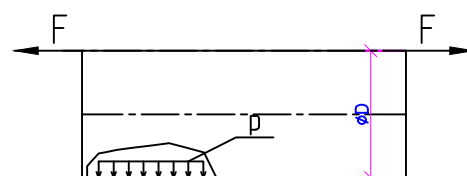
⑦



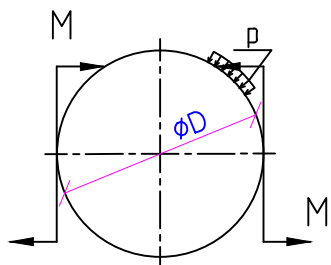
③



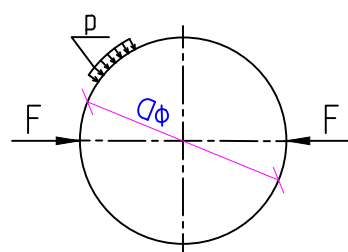
⑧



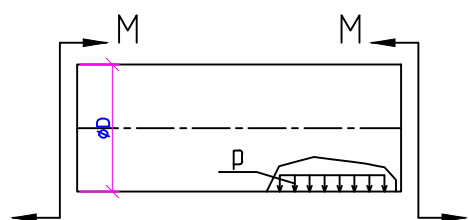
④



⑨



⑤



⑩

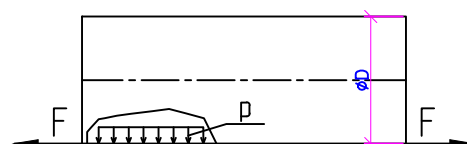
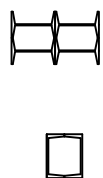
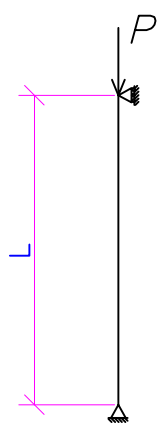
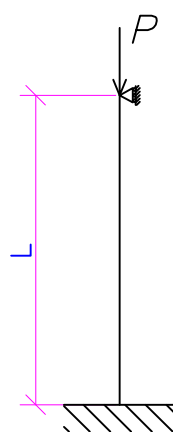


Рис. 9.1.

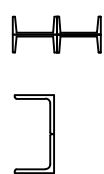
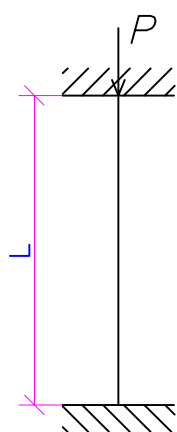
①



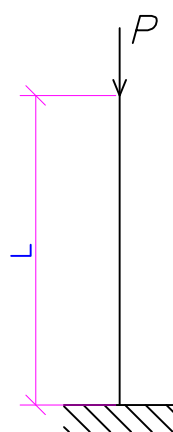
②



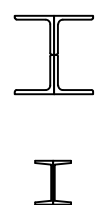
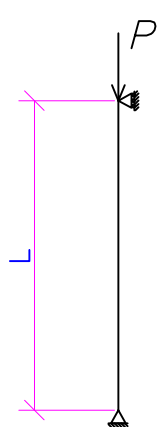
③



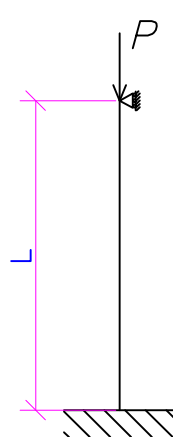
④



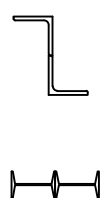
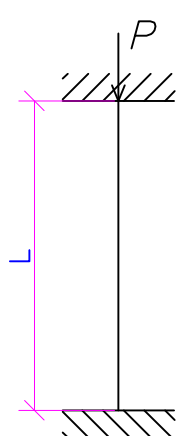
⑤



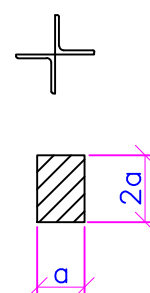
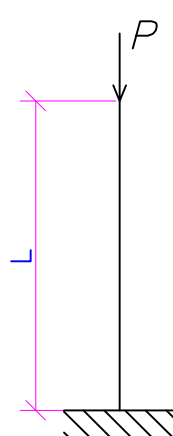
⑥



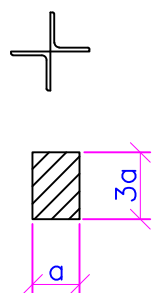
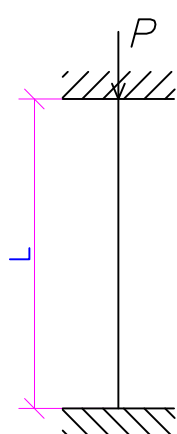
⑦



⑧



⑨



⑩

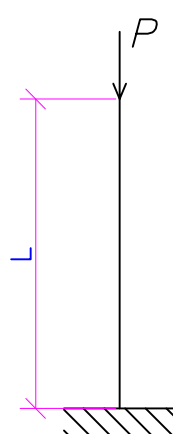


Рис. 10.1.