КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН
БИЛИМ БЕРҮҮ ЖАНА ИЛИМ МИНИСТРЛИГИ

М.М. Адышев атындагы
ОШ ТЕХНОЛОГИЯЛЫК УНИВЕРСИТЕТИ

Каримов Э.М., Алиева А.П.

Теориялык механиканын негиздери жана материалдардын каршылыгы сабагы боюнча эсептөө-графикалык жумуштарды аткаруу үчүн *методикалык колдонмо*

Ош шаары, 2025 – жыл

УДК 531:539.2/.6
ББК 22.21:30.121
К 23

Сын пикир берүүчүлөр: т.и.д, профессор. А.Т. Маруфий (М.М. Адышев атындагы Ош технологиялык университети) жана т.и.к., доцент Аскар кызы Нурайым (И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университети).

Каримов Э.М. Алиева А.П.
К 23
Архитектура багытында окууган студенттер үчүн «Теориялык механиканын негиздери жана материалдардын каршылыгы» сабагы боюнча методикалык колдонмо. ОшТУ, 2025 – 100 б.

ISBN978-9967-487-871

Методикалык колдонмо ЖОЖдордун архитектуралык багыттагы окууган студенттери үчүн «Теориялык механиканын негиздери жана материалдардын каршылыгы» сабагы боюнча программага ылайык иштелип чыккан жана «Теориялык механика» жана «Материалдардын каршылыгы» эки предметтердин материалдарын жалпылайт.

Бул методикалык колдонмо студенттердин эсептөө-графикалык тапшырмаларын өз алдынча иштөөсүнө, практикалык сабактарды өтүүчү окутуучуларга сунушталган.

М.М. Адышев атындагы Ош технологиялык университетинин Окумуштуулар кеңешинин чечими жогорку окуу жайлардын студенттери үчүн методикалык олдонмо катарында **2024 – жылдын 18 - декабрындагы №4 24-25** буйругунун негизинде уруксат кылынды.

УДК 531:539.2/.6
ББК 22.21:30.121

ISBN978-9967-487-871

©Каримов Э.М., Алиева А.П.
©ОшТУ, 2025

Киришүү

Теориялык механика жана материалдардын каршылыгы сабактары курулуш механикасы, машиналардын механизмдеринин теориясы, гидравлика ж.б. көптөгөн сабактардын негизин окутуп үйрөтөт. Физика – математикалык сабак болгондуктан инженердик адистерди даярдоодо зор мааниге ээ.

Материалдардын каршылыгы – машина тетиктеринин жана конструкцияларынын бекемдиги жана ишенимдүүлүгү жөнүндөгү дисциплина болуп эсептелинет. Анын милдеттерине машиналарды жана конструкцияларды түзүү боюнча инженердик тажрыйбаны жалпылоо, ишенимдүү буюмдарды долбоорлоонун жана куруунун илимий негиздерин иштеп чыгуу, бекемдикке баа берүү методдору кирет.

Теориялык механиканын негиздери жана материалдардын каршылыгы курсун окуганда студенттер эсептик жана графикалык иштерди аткарышат. Иш этап менен жүргүзүлөт жана ар бир этап өз алдынча тапшырма катары каралышы мүмкүн, мында студенттер белгилүү практикалык көндүмдөргө ээ болушу керек. Бул көндүмдөрдү өнүктүрүү жана тереңдетүү, ошондой эле студенттерге эсептөө жана графикалык иштерди аткарууга жардам берүү үчүн бул колдонмо түзүлдү.

Студенттер терең билим алуу үчүн алар өз алдынча эсептик – графикалык тапшырмаларды көп аткарылышы жана эсептөөсү керек. Эсептик – графикалык тапшырмаларды өз алдынча аткаруу учурунда студенттер ар кандай кыйынчылыктарга, түшүнбөөчүлүктөргө дуушар болуп көптөгөн материалдарды кайталоого мажбур болушат. Бул студенттердин өз алдынча тажрыйба алышына, билимин жогорулатууга чоң түрткү берет.

Студенттер эсептик-графикалык тапшырмаларынын өздүк варианттарын чыгаруусунда колдонмо курал катары төмөнкү методикалык колдонмо сунушталууда.

Бул методикалык колдонмонун биринчи бөлүмүндө теориялык механиканын статика бөлүмүнөн “Катуу телолордун каршылык күчтөрү”, “Катуу телонун таяныч каршылыгы”, “Жалпак ферманы эсептөө” жана “Телонун оордук борбору” бөлүктөрүн окуп үйрөтүү үчүн берилген. Ал эми экинчи бөлүмүндө материалдардын каршылыгы бөлүмүнөн “Созулуу жана кысылуу”, “Ийилүү” жана “Жалпак ийилүү” эсептери каралып, кеңири маалыматтар камтылган.

Ар бир бөлүккө тиешелүү тапшырма график түрүндө берилип, күчтөрдүн багыттары көрсөтүлгөн. Ал эми модулдук чоңдуктары таблицаларда берилген.

I-бөлүм

1.1. Теориялык механика. Статика

Теориялык механика (аббр. – theormech) – материалдык денелердин ортосундагы кыймылдын, тең салмактуулуктун жана механикалык өз ара аракеттин жалпы мыйзамдарын изилдөөчү илим.

Материалдык денелердин ортосундагы механикалык өз ара аракеттенүү физикалык чоңдуктардын ортосундагы эң жөнөкөй жана ошол эле учурда эң кеңири таралган өз ара аракеттенүү түрү. Механикалык кыймыл – кыймылдын эң жөнөкөй түрү болгондуктан, материянын негизги касиеттеринин бири болуп саналат.

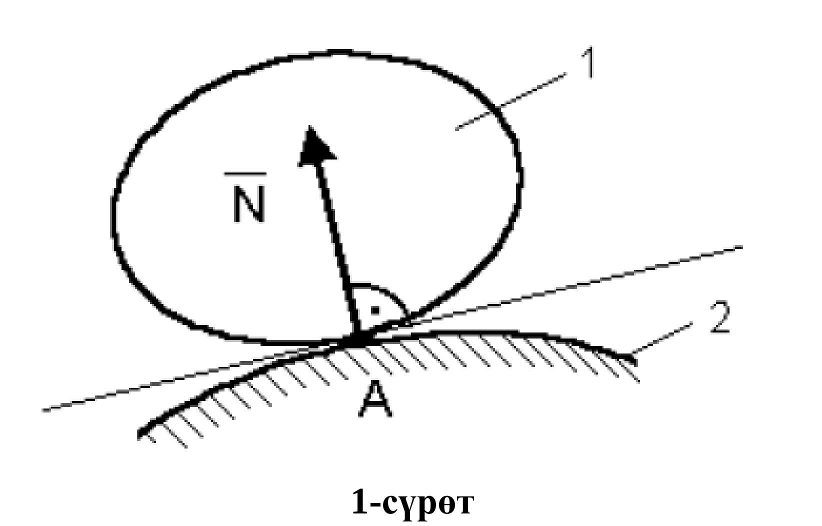
Теориялык механика курсу үч бөлүмдөн турат: кинематика, статика жана динамика.

Статика негизинен аракет эткен күчтөрдүн системасына барабар күчтөр менен алмаштыруу, ошондой эле ар кандай күчтөрдүн системасынын тең салмактуулук абалынын шарттары аткарылуусу үчүн керектүү шарттарды түзүүнү окутуп үйрөтөт.

Бирден бир статиканын негизги аксиомасы төмөндөгүчө: эркин эмес катуу телолорду шарттуу түрдө эркин деп, оюубузда механикалык байланыштарды үзүп жана алардын телолорго болгон аракеттик байланыш каршы күчтөрү менен алмаштыруу.

Анда телолорго аракет эткен активдүү күчтөрдү (P; Q; G; F) жана байланыш каршы күчтөр (X_A; Y_A; Z_A; R_C; N; S) – булар мындан кийин мисалдарды чыгарууда эсептөө сөлөкөт болушат.
Байланыштын түрлөрүн жана анын каршы күчтөрүн карап көрөлүк.

а) <u>Эркин таянуу</u>
Эсептик таянууда (1-сүрөттө) каршылык күчү **N** жаныма түз сызыкка перпендикуляр багытталат. Мында жаныма түз сызык А чекити 1 менен таяныч бетинин 2 ортосунан өтөт.

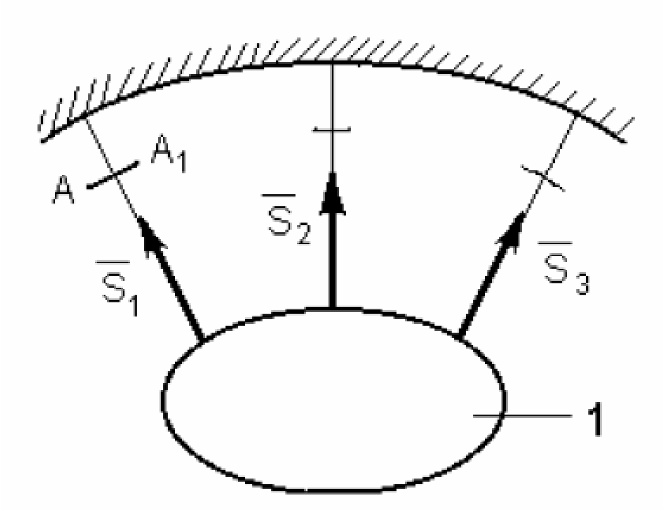


1-сүрөт

б) Ийкемдүү элементтер

Ийкемдүү элементтер (жип, аркан, трос, лента, чынжыр, кур)

Ийкемдүү элементтер (2-сүрөт) созулууга иштешет. Каршылык күчтөрү жипте ошол телодон жиптин багыты 1 АА1 кесилиши боюнча болот.

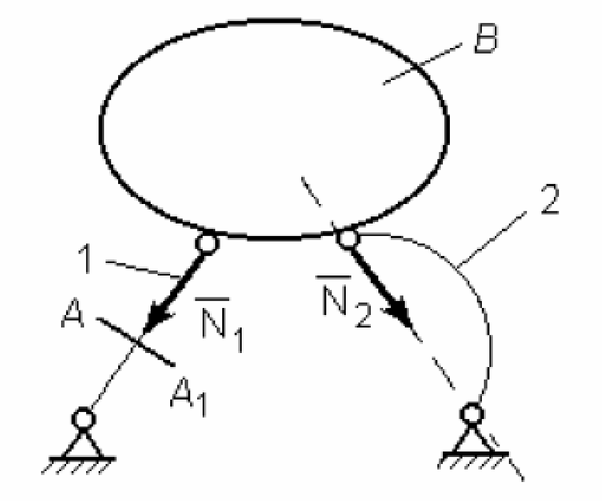


2-сүрөт

в) Ичке бирдей өзөк

Ичке бирдей өзөк (3-сүрөт) кысылууга да созулууга да иштейт.

Мындан созулууну + белги менен; а кысылууну – белги менен белгилөө кабыл алынат.



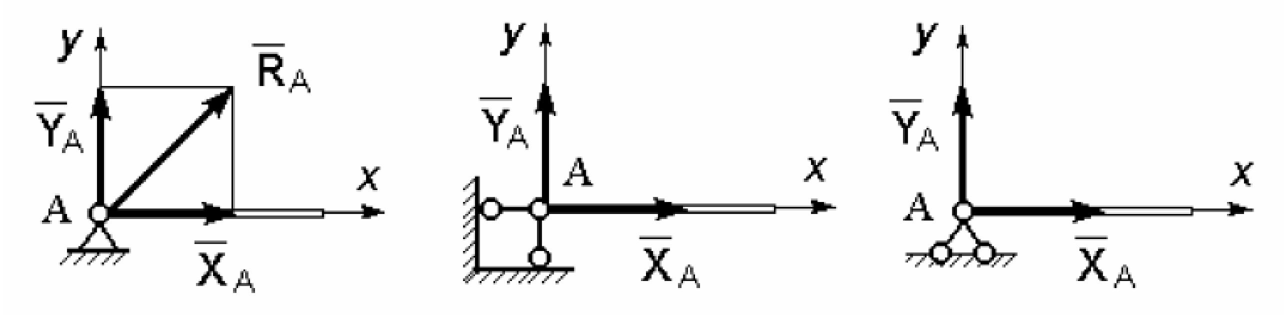
3-сүрөт

Өзөктөрдүн аягы жумуру дошпонун жана сферикалык дошпонун жардамы менен бекилет.

Каршылык күчтөрдүн багыты өзөктөр боюнча телодон В АА1 кесилишине багытталат.

г) Тегиздиктеги жумуру дошпо

4-сүрөттө кыймылсыз жумуру дошпонун ар кандай сүрөттөлүшү көрсөтүлгөн.



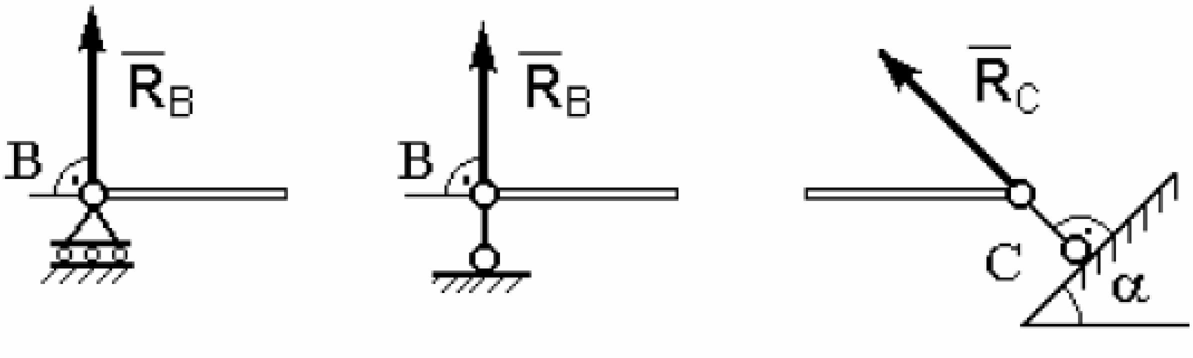
4-сүрөт

Кыймылсыз жумуру дошподо каршы күч бирөө гана болот, бирок анын багытын билбейбиз. Ошондуктан каршы күчтөрдүн түзүүчүлөрүн көрсөтүшүбүз керек X_A, Y_A, ал эми багыттарын өзүбүз тандайбыз.

Мындан

$$R_A^2 = X_A^2 + Y_a^2.$$

5-сүрөттө кыймылдуу жумуру дошпо көрсөтүлгөн.



5-сүрөт

Кыймылдуу жумуру дошполордун каршы күчтөрү ар дайым белгилүү, алардын багыттары таянычтын бетине перпендикуляр багытталат.

д) Мейкиндиктеги жумуру дошпо

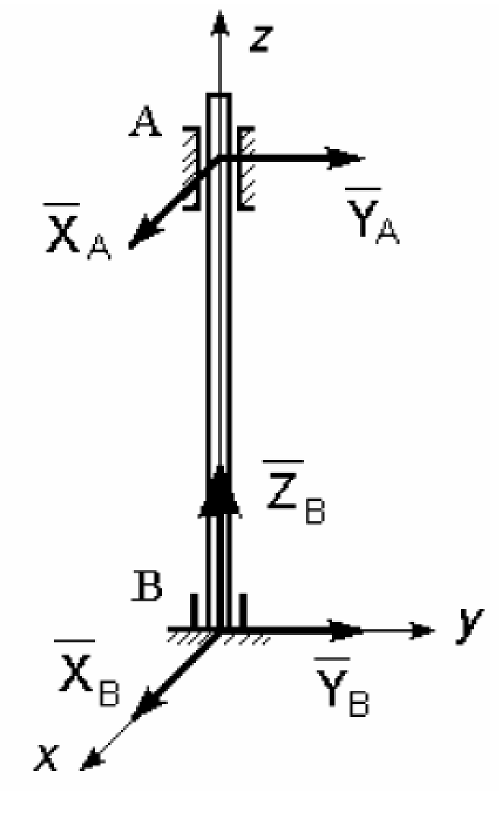
Ок толгооч өзүнүн огунун айланасында айлануу үчүн жумуру муунакжаздык таянычка ээ болуусу керек (6-сүрөт).

Ар бир таяныч экиден түзүүчү каршы күчтөрдөн турат - $X_A; Z_A; X_B; Z_B$.

6-сүрөт

7-сүрөттө эки таянычка ээ болгон тикесинен жайгашкан ок толгооч көрсөтүлгөн. Таяныч А- жумуру муунакжаздык , ал эми таяныч В- таяныч муунакжаздык.

Таяныч А эки түзүүчү каршы күчтөрдөн X_A, Y_A, ал эми таяныч В муунакжаздык – үч түзүүчү каршы күчтөрдөн X_B; Y_B, Z_B.

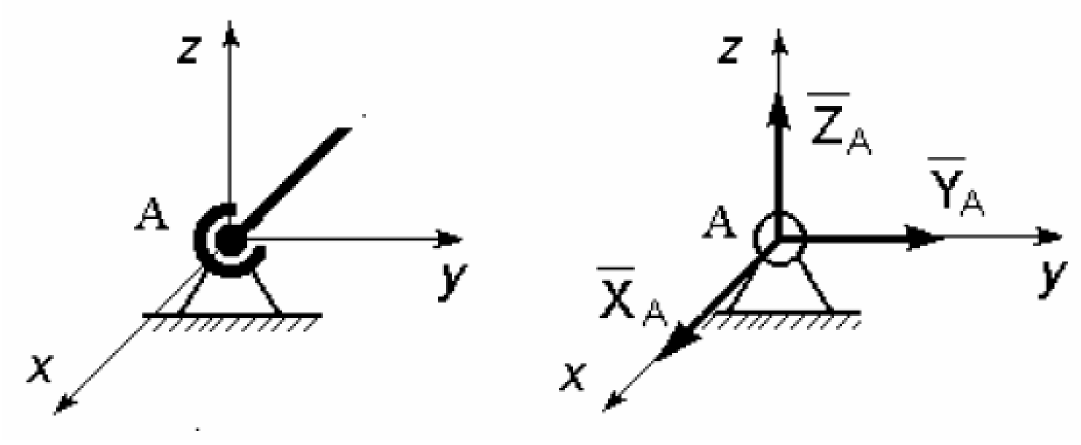


7-сүрөт

Таяныч А эки түзүүчү каршы күчтөрдөн X_A, Y_A, ал эми таяныч В муунакжаздык – үч түзүүчү каршы күчтөрдөн X_B; Y_B, Z_B.

е) Сферикалык дошпо

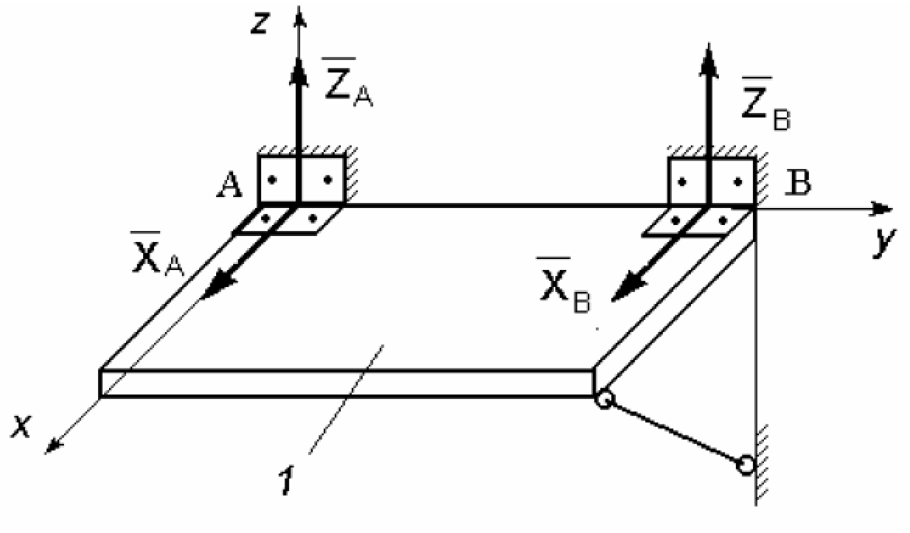
Мындай шарнир 8-сүрөттө көрсөтүлгөн



8-сүрөт

Сферикалык дошподо үч түзүүчү каршы күчтөр болот - X_A, Y_A, Z_A.

ж) Ашык-машык

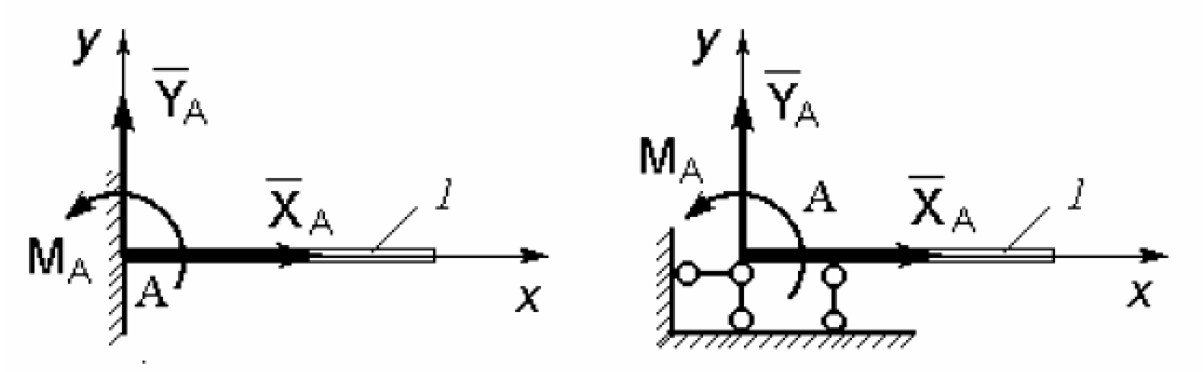


9-сүрөт

Ашык-машыктын көрсөтүлүшү 9-сүрөттө көрсөтүлгөн.
Ашык-машыктын эки гана түзүүчүсү болот X_A, Z_A.

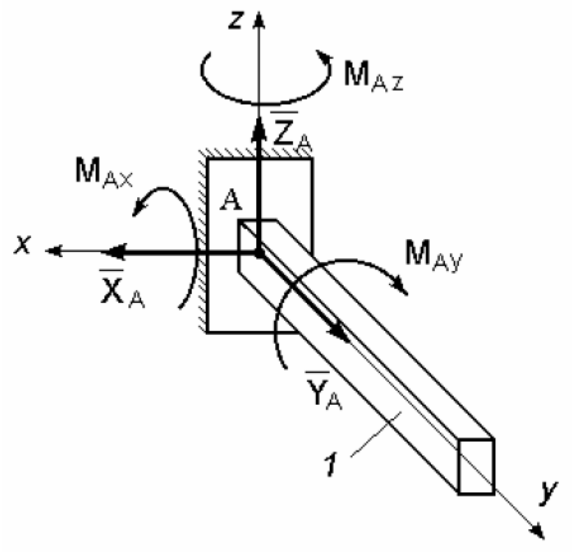
з) Ийкемсиз бекилиш

Тегиздиктеги ийкемсиз бекилиш 10-сүрөттө көрсөтүлгөн.
Тегиздиктеги ийкемсиз бекилиш эки түзүүчү каршы күчкө X_A, Y_A жана жуп күчтүн моментине M_A ээ болот, ошону менен бирге ал A точкасынын айланасында устундун 1 бурулушуна жолтоо кылат.



10-сүрөт

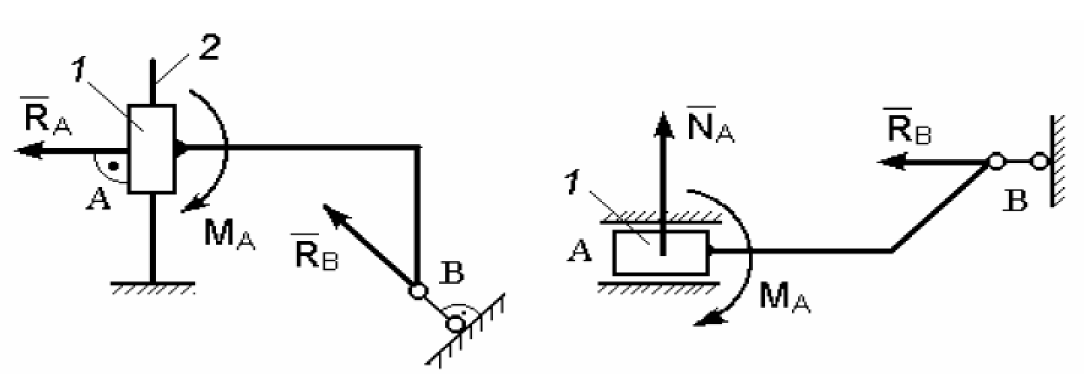
Мейкиндиктеги (11-сүрөт) ийкемсиз бекилиш телонун 1 алты эркин даражасын камсыз кылат үч координаттык жылышы жана ошол үч координаттык октордун айланасында айлануусу.



11-сүрөт

Мейкиндиктеги ийкемсиз бекилиште үч түзүүчү X_A, Y_A, Z_A жана үч жуп күчтүн моменти M_{Ax}, M_{Ay}, M_{Az}.

и) <u>Башка түрдөгү байланыштар</u>

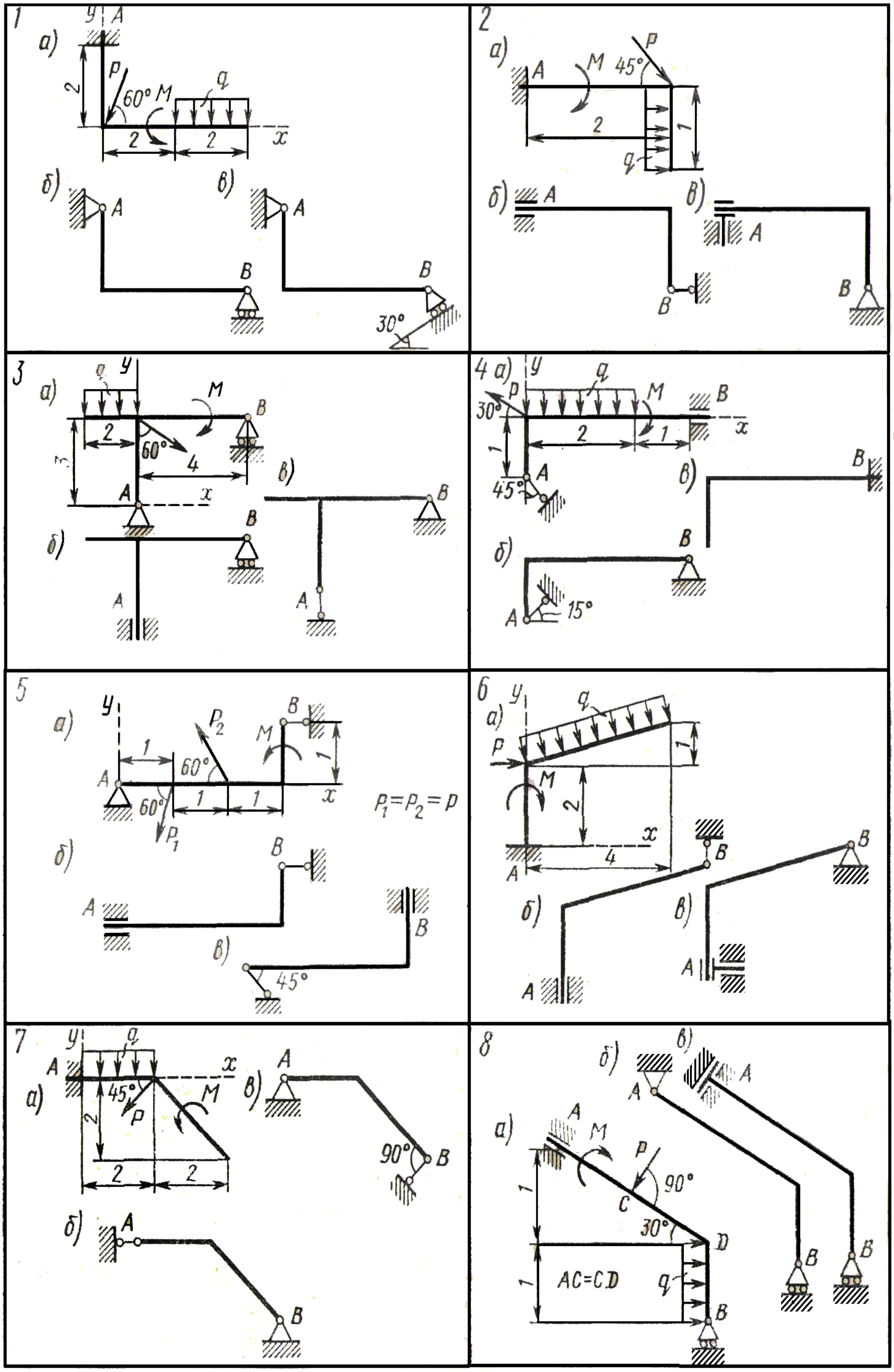


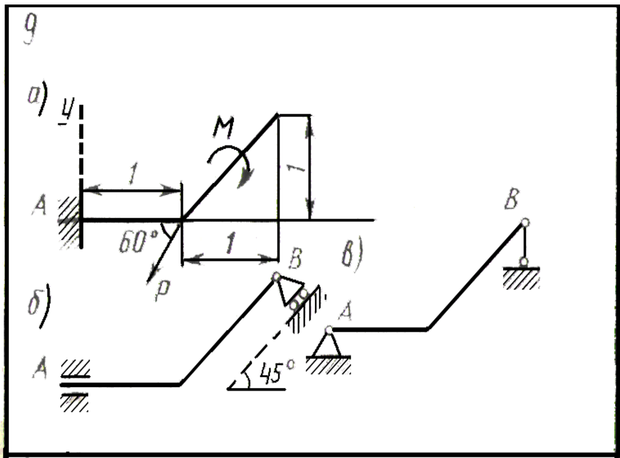
12-сүрөт

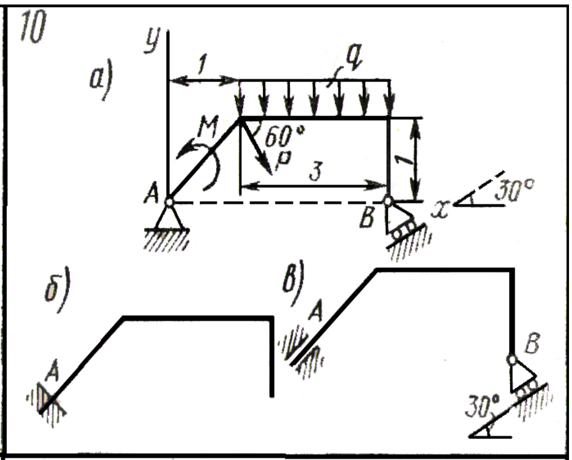
1.2. Катуу телолордун каршы аракет эткен күчтөрүн аныктоо.

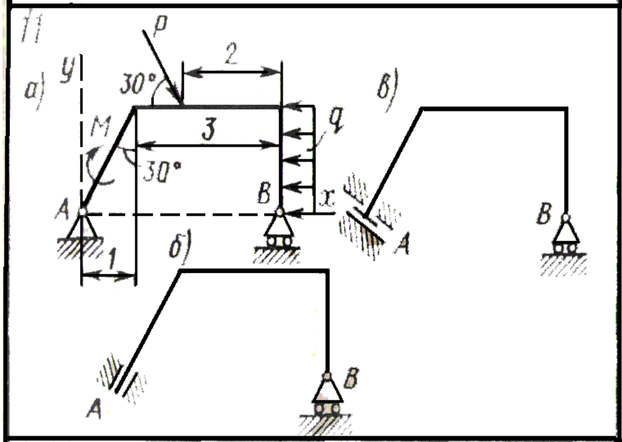
1 - таблица

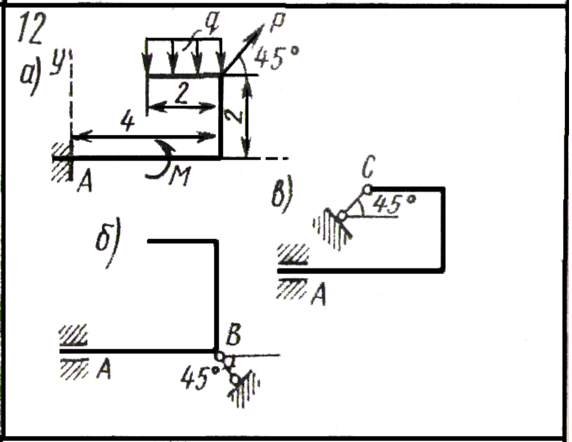
Варианттар	P, кН	M, кН м	q, кН/м	Аныкталуучу каршы аракет эткен күчтөр
1	10	6	2	Y_A
2	20	5	4	M_A
3	15	8	1	Y_B
4	5	2	1	Y_B
5	10	4	-	X_B
6	6	2	1	M_A
7	2	4	2	X_A
8	20	10	4	R_B
9	10	6	-	Y_A
10	2	4	2	X_A
11	4	10	1	R_B
12	10	5	2	Y_A
13	20	12	2	Y_A
14	15	4	3	Y_A
15	10	5	2	X_A
16	12	6	2	M_A
17	20	4	3	Y_A
18	14	4	2	X_A
19	16	6	1	R_B
20	10	-	4	Y_A
21	20	10	2	M_A
22	6	6	1	Y_A
23	10	4	2	M_A
24	4	3	1	Y_A
25	10	10	2	X_A
26	20	5	2	M_A
27	10	6	1	X_A
28	20	10	2	Y_A
29	25	-	1	M_A
30	20	10	2	R_B

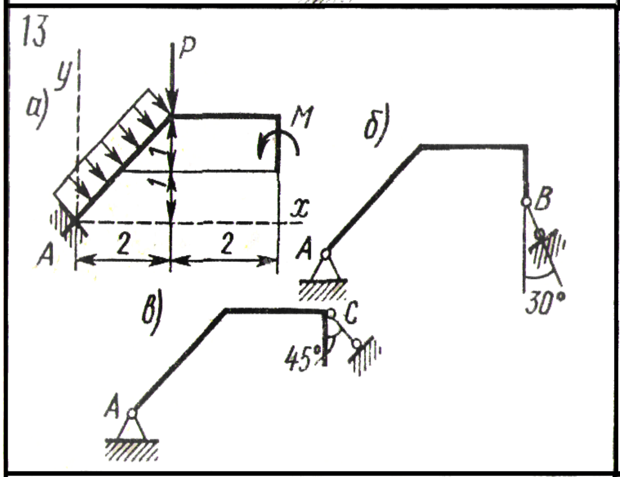

1
2
3
4
5
6
7
8
$P_1=P_2=P$
AC=CD

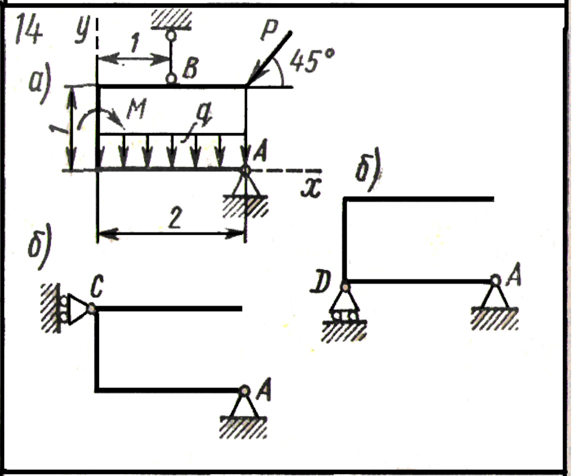

9
а)
y
A
1
M
1
60°
1
P
б)
A
B
45°
в)
A
B

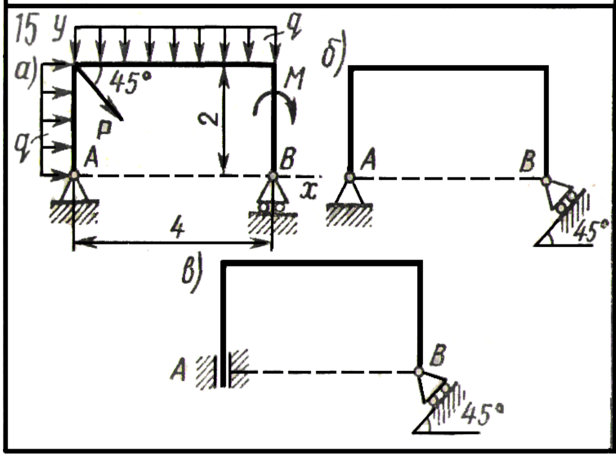

10
а)
y
1
q
M
60°
P
3
1
A
B
x
30°
б)
A
в)
A
B
30°

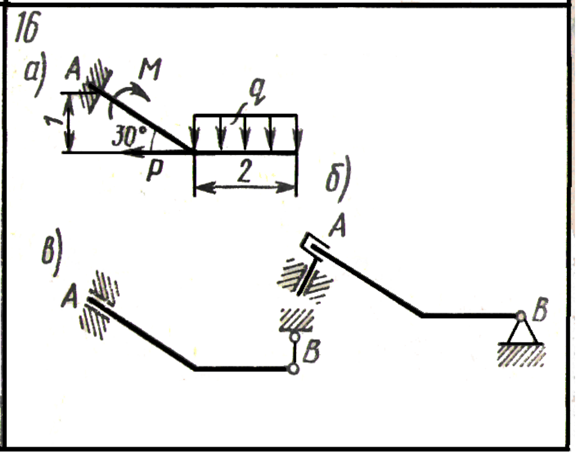

11
а)
y
P
2
30°
M
3
q
30°
A
B
x
1
б)
A
B
в)
A
B


12
а)
y
q
P
45°
2
2
4
A
M
б)
A
B
45°
в)
C
45°
A

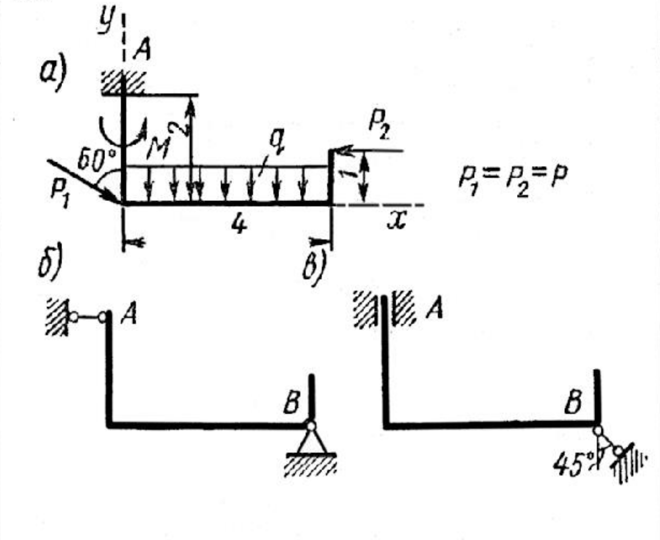

13
а)
y
P
M
1
1
x
A
2
2
б)
A
B
30°
в)
A
C
45°


14
y
1
B
P
45°
а)
M
q
1
A
x
2
б)
C
A
б)
D
A

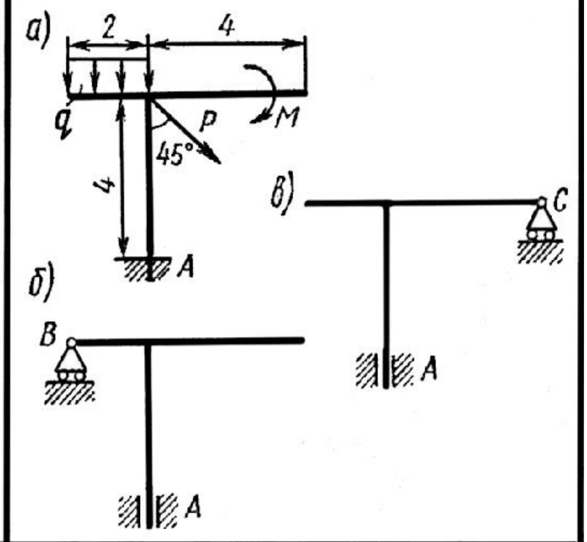

15
y
q
а)
45°
M
P
2
q
A
B
x
4
б)
A
B
45°
в)
A
B
45°


16
а)
A
M
q
1
30°
P
2
б)
A
B
в)
A
B

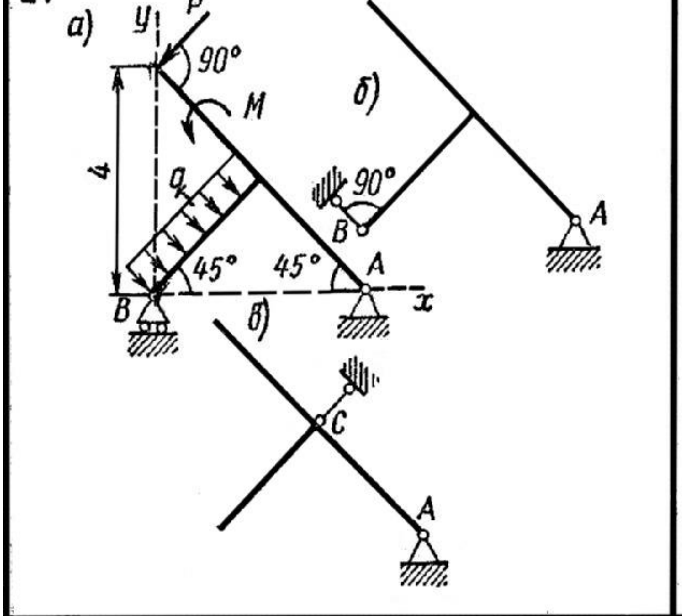
25



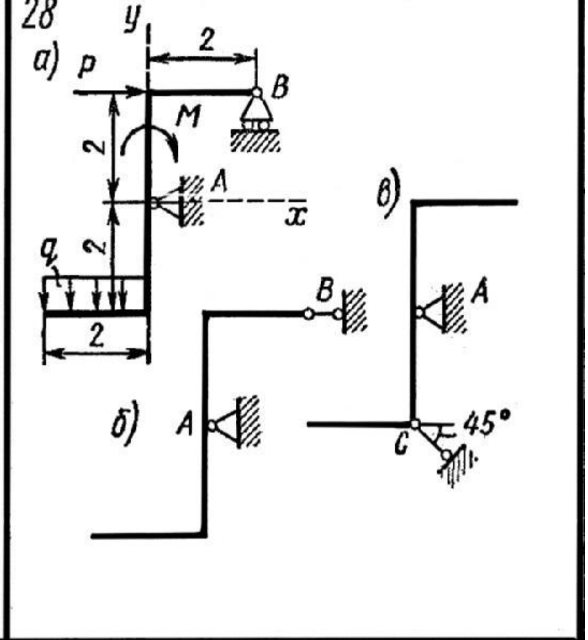
26



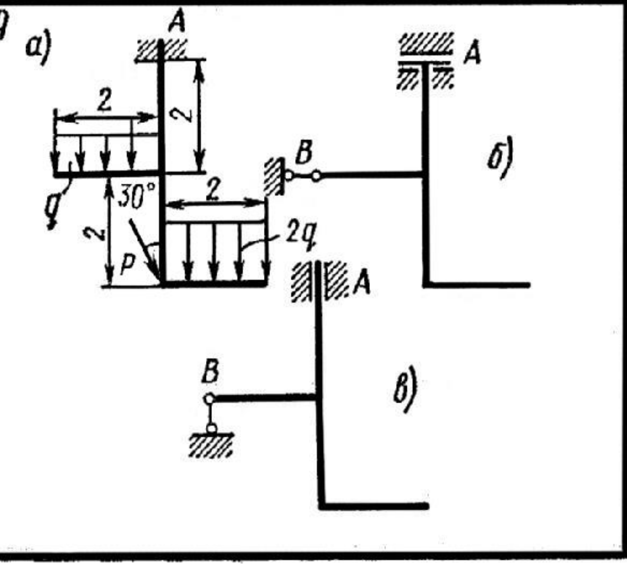
27



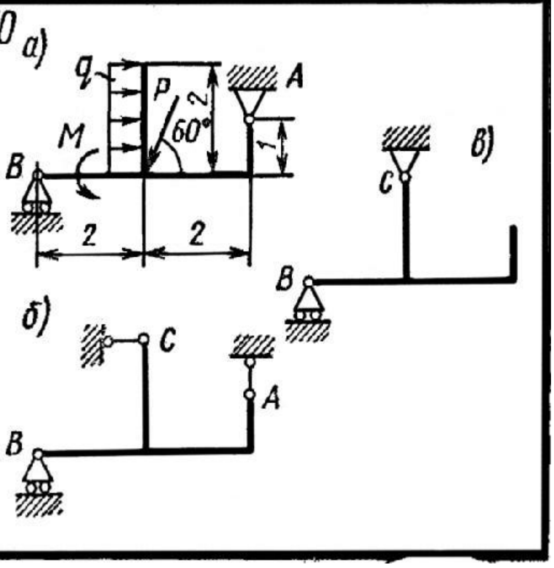
28



29



30



Графиктерде үч ыкма менен бекилген торсун көрсөтүлгөн. Алардын октору түз сызыктуу эмес. Берилген жүк жана өлчөмдөр үч ыкмада тең бирдей.

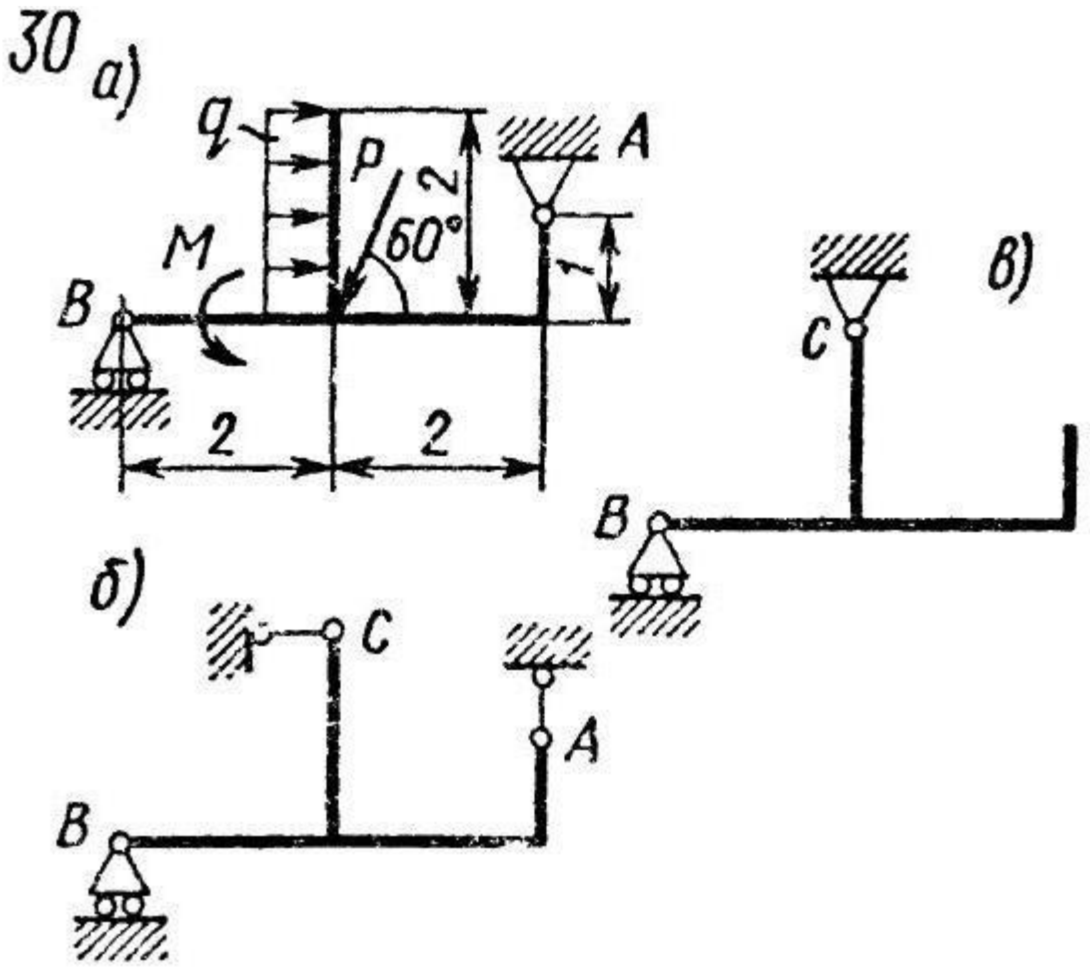
Ар бир ыкмада бекилген торсундардын таяныч реакцияларын аныктоо көрсөтүлгөн 1-таблицада реакциялардын чоңдуктары көрсөтүлгөн. Атайын студенттерге жеңил болуу үчүн биз эсептөө – графикалык тапшырмалардын 30 варианттын мисал катары чыгарылышын кеңири баяндап чыгардык.

Берилди:
P = 20 кН
M = 10 кН
Q = 2 кН/м
R_B – ?

Чыгаруу:

Эсептөө-графикалык тапшырманы чыгарууда мындай шарттарды аткаруу керек.

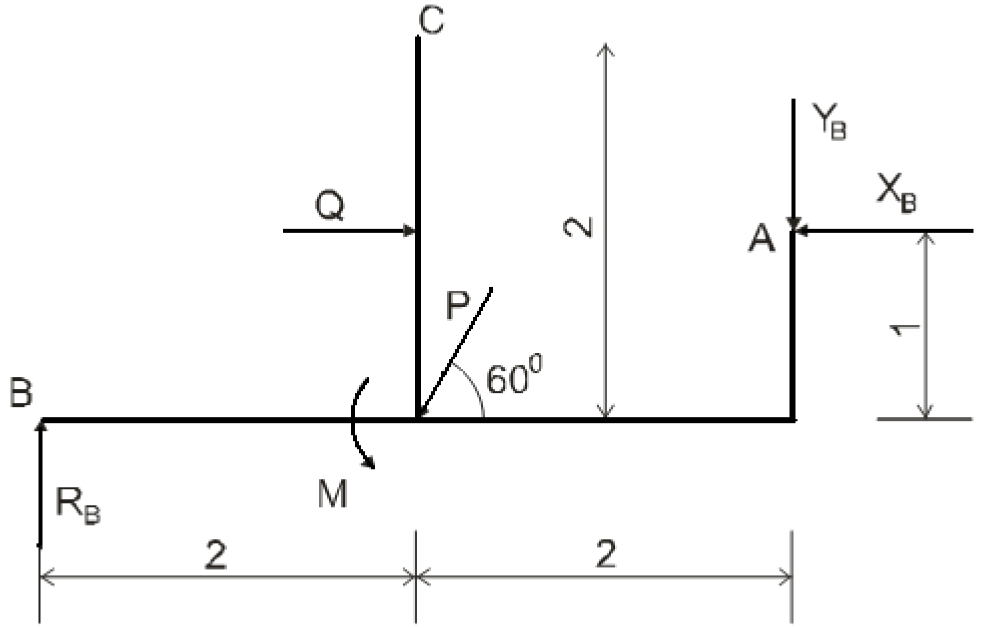
1. Берилген сөлөкөттү берилген өлчөмдө сызабыз.



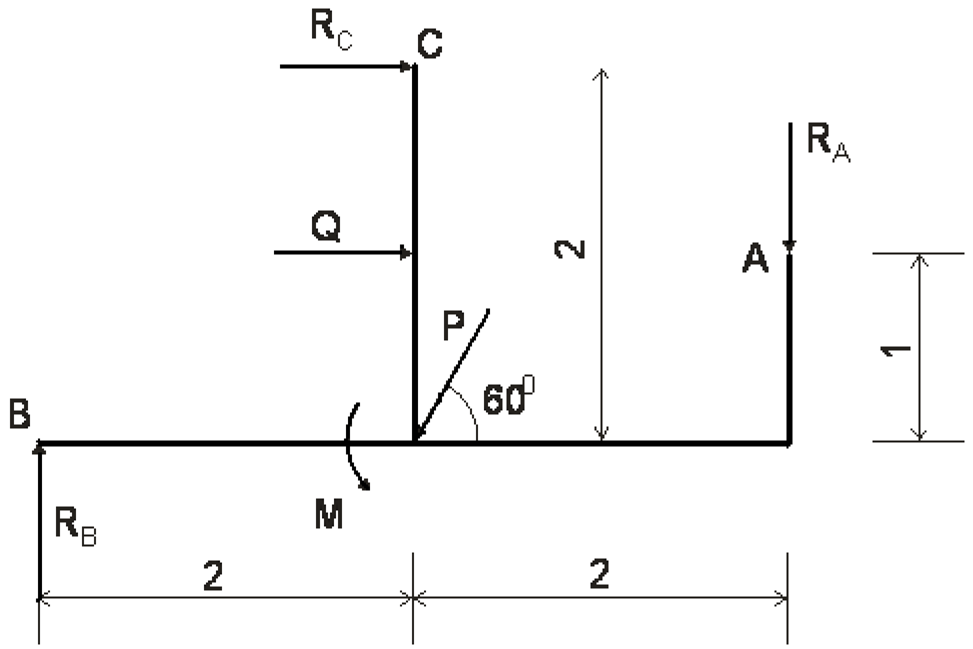
13-сүрөт

2. Сөлөкөттүн таянычтарын түзүүчүлөр менен алмаштырабыз .

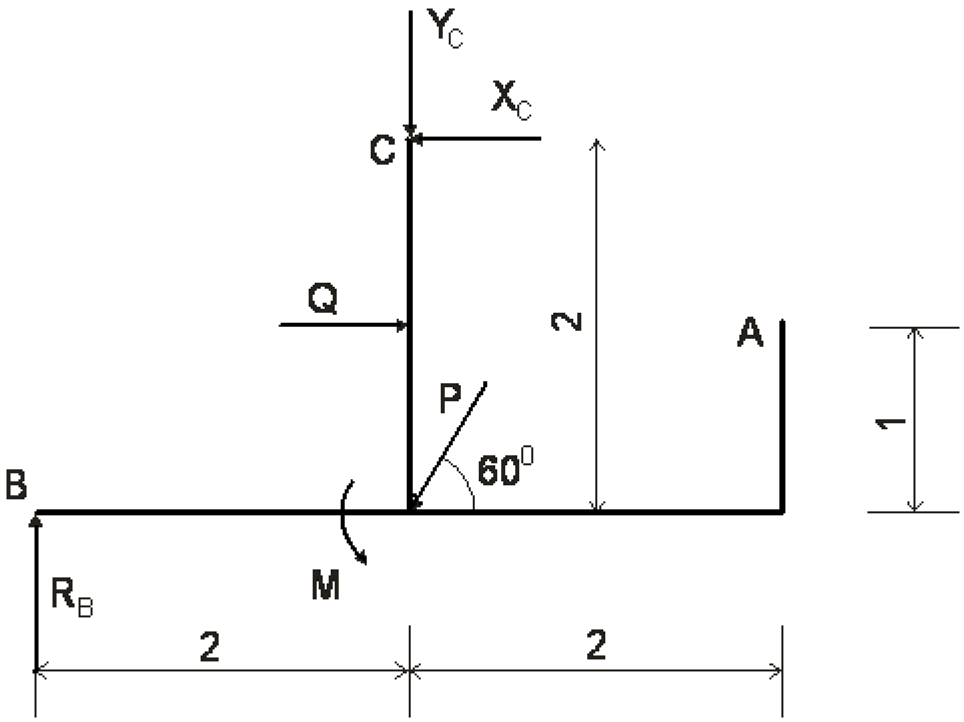
а)



б)



в)



14-сүрөт

3. Мында эсептөө-графикалык тапшырманы шарты боюнча R_Bны табуу керек. Аны табуу үчүн момент түрүндөгү тең салмактуулук абалынын теңдемесин түзүп алабыз.

Ошол теңдемеден R_Bны табабыз.

а) $\sum M_{(A)} = 0;$

$R_B * 4 + M - P * \sin 60^0 * 2 = 0$

$R_B = \dfrac{P * \sin 60^0 * 2 - M}{4} = \dfrac{20 * 0.866 * 2 - 10}{4} = 6.16$ кН.

4. Таяныччы түзүүчүлөр менен алмаштырганда R_C, R_B, R_A белгисиздер пайда болду. R_Cны табуу үчүн X огуна карата бардык күчтөрдүн проекциясын алабыз. Андан биз R_Cны табабыз.

б) $\sum X = 0;$

$R_C + Q - P * \cos 60^0 = 0$

$R_C = P * \cos 60^0 - Q = 20 * 0.5 - 4 = 6$ кН.

5. R_Bны табыш үчүн биз А точкасына карата момент түрүндөгү тең салмактуулук абалынын теңдемесин түзөбүз. Андан R_B ны табабыз.

$$\sum M_{(A)} = 0;$$
$$-R_B * 4 - R_B * 1 + P * \sin 60^0 * 2 + M = 0$$
$$R_B = \frac{-R_B * 1 + P * \sin 60^0 * 2 + M}{4} = \frac{-6 * 1 + 20 * 0.866 * 2 + 10}{4}$$
$$= \frac{-6 + 34.64 + 10}{4} = 9.66 \text{ кН}.$$

6. R_Aны табуу үчүн биз В точкасына карата момент түрүндөгү тең салмактуулук абалынын теңдемесин түзөбүз. Андан R_Aны табабыз.

$$\sum M_{(B)} = 0;$$
$$-R_A * 4 + M - P * \sin 60^0 * 2 - Q * 1 - R_C * 2 = 0$$
$$R_A = \frac{M - P * \sin 60^0 * 2 - Q * 1 - R_C * 2}{4} = \frac{10 - 20 * 0.866 * 2 - 4 * 1 - 6.2}{4}$$
$$= \frac{10 - 34.64 - 4 - 12}{4} = 10.16 \text{ кН}.$$

7. Таянычты түзүүчүлөр менен алмаштырганда белгисиздер X_C, Y_C, R_B пайда болду. X_C ны табуу үчүн X огуна карата бардык күчтөрдүн проекциясын алабыз. Ошол түзүлгөн теңдемеден биз X_c ны табабыз.

в) $\sum X = 0;$
$$-X_C + Q - P * \cos 60^0 = 0$$
$$X_C = Q - P * \cos 60^0 = 4 - 20 * 0.5 = -6 \text{ кН}.$$

$$\sum M_{(B)} = 0;$$

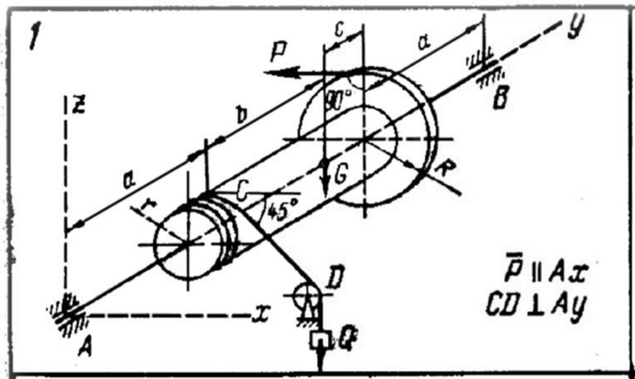
$$M - Q * 1 - P * \sin 60^0 * 2 - Y_C * 2 = 0$$
$$Y_C = \frac{M - Q * 1 - P * \sin 60^0}{2} = \frac{10 - 4 - 20 * 0.866}{2} = -5.66 \text{ кН}$$

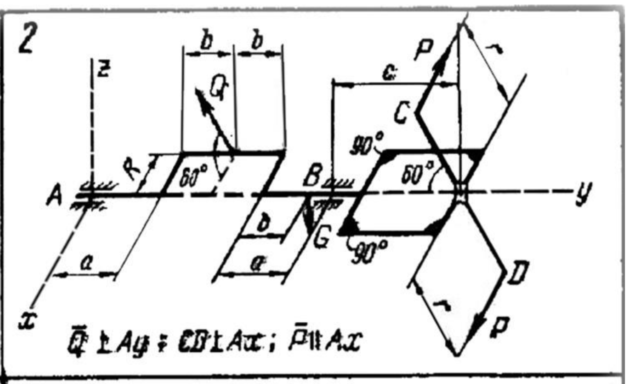
$$\sum M_{(A)} = 0;$$
$$-R_B * 4 + M + P * \sin 60^0 * 2 + Y_C * 1 + X_C * 1 = 0$$
$$R_B = \frac{M + P * \sin 60^0 * 2 + Y_C * 1 + X_C * 1}{4}$$
$$= \frac{10 + 20 * 0.866 * 2 + (-5.66) + (-6)}{4} = 8{,}245 \text{ кН}$$

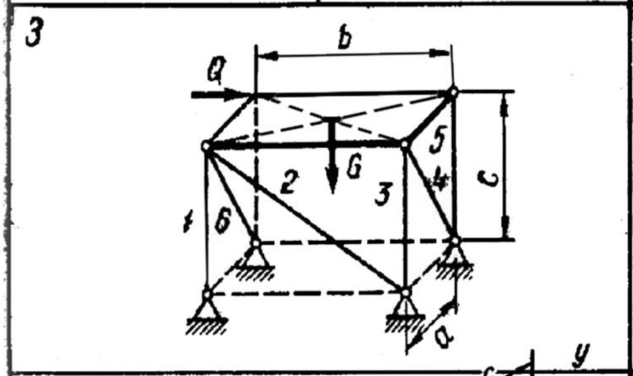
1.3. Катуу заттын таяныч каршылыгын аныктоо

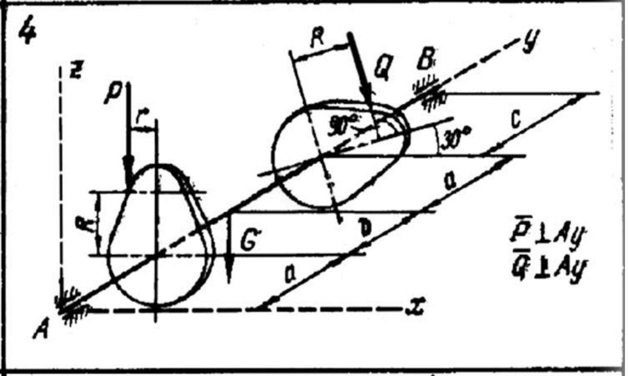
2 - таблица

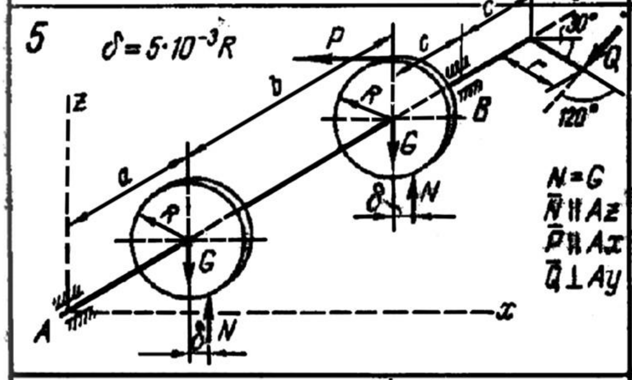
Варианттар	Күчтөр, кН			Размерлери, см				
	Q	T	G	a	b	c	R	r
1	2	-	20	20	30	10	15	5
2	4	-	2	20	10	30	10	10
3	20	-	18	400	400	450	-	-
4	3	-	2	30	20	40	15	10
5	5	-	3	30	40	20	20	15
6	1	4	2	40	30	20	20	10
7	-	3	1	30	10	5	18	6
8	4	6	3	20	40	15	20	10
9	5	-	3	20	15	10	30	40
10	1	4	2	30	40	20	20	10
11	-	2	1	20	30	15	15	10
12	4	-	1	25	20	8	15	10
13	10	-	5	40	30	2	25	15
14	-	2	1	30	90	20	30	10
15	3	-	2	60	20	40	20	5
16	4	-	2	50	30	-	-	-
17	2	-	1	15	10	20	20	5
18	6	-	2	60	40	60	-	-
19	-	8	2	20	30	40	20	15
20	4	-	-	60	40	20	-	-
21	2	-	-	40	60	30	-	-
22	-	-	5	20	50	30	-	-
23	-	-	4	40	30	50	-	-
24	5	-	2	-	-	-	-	-
25	-	-	3	50	50	60	-	-
26	-	-	1	20	60	40	-	-
27	10	-	-	50	30	50	-	-
28	35	-	32	400	200	200	-	-
29	-	4	3	15	20	15	15	10
30	5	-	-	40	40	10	-	-

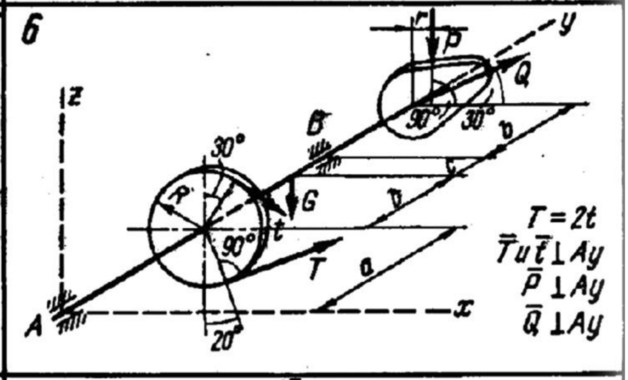

1
$\bar{P} \parallel Ax$
$CD \perp Ay$

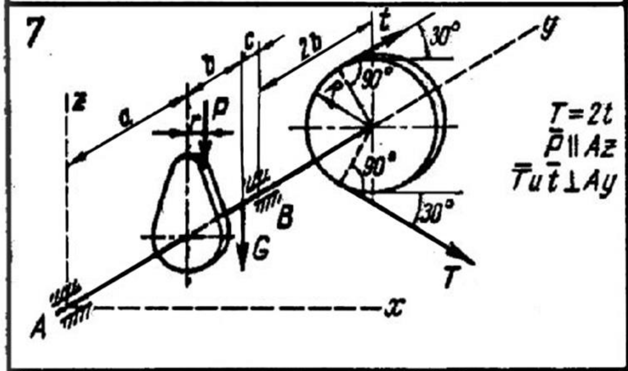

2
$\bar{Q} \perp Ay$; $CD \perp Ax$; $\bar{P} \parallel Ax$

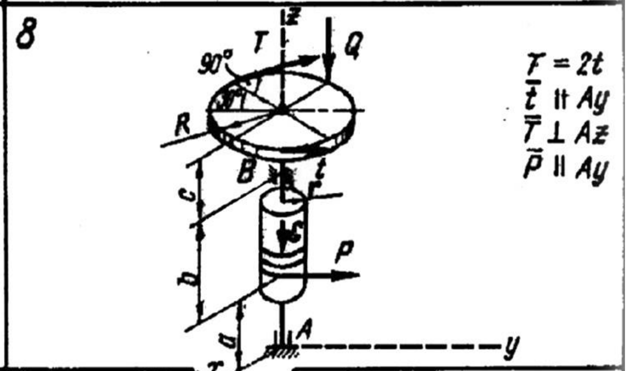

3

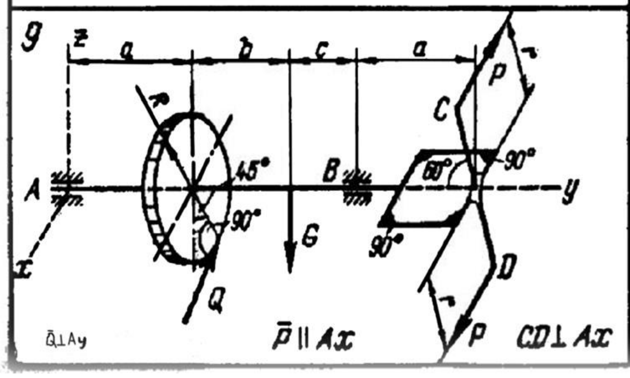

4
$\bar{P} \perp Ay$
$\bar{Q} \perp Ay$

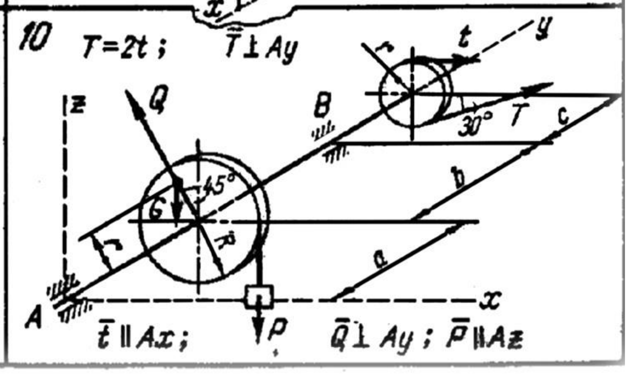

5
$\delta = 5 \cdot 10^{-3} R$
$N = G$
$\bar{N} \parallel Az$
$\bar{P} \parallel Ax$
$\bar{Q} \perp Ay$

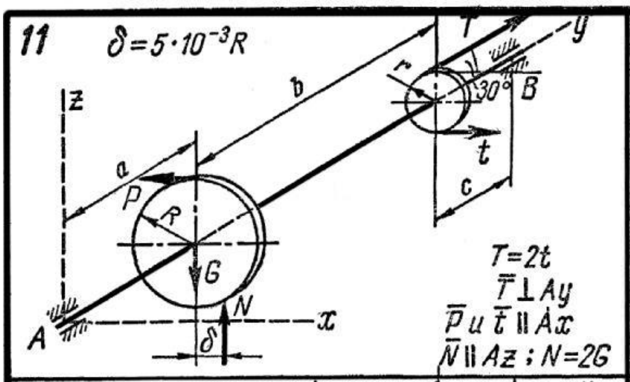

6
$T = 2t$
$\bar{T} u \bar{t} \perp Ay$
$\bar{P} \perp Ay$
$\bar{Q} \perp Ay$

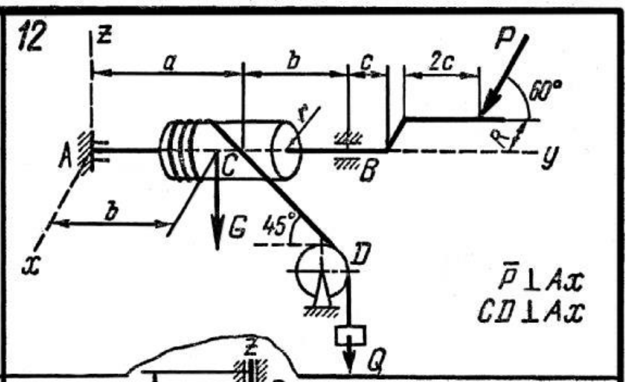

7
$T = 2t$
$\bar{P} \parallel Az$
$\bar{T} u \bar{t} \perp Ay$

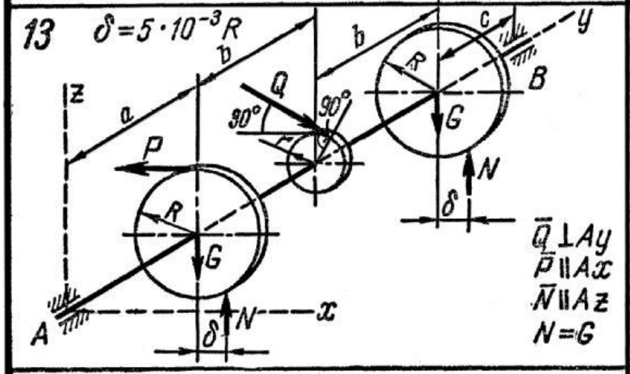

8
$T = 2t$
$\bar{t} \parallel Ay$
$\bar{T} \perp Az$
$\bar{P} \parallel Ay$

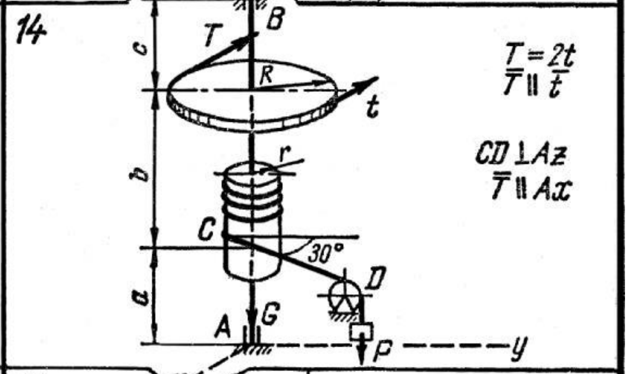

9
$\bar{Q} \perp Ay$
$\bar{P} \parallel Ax$
$CD \perp Ax$

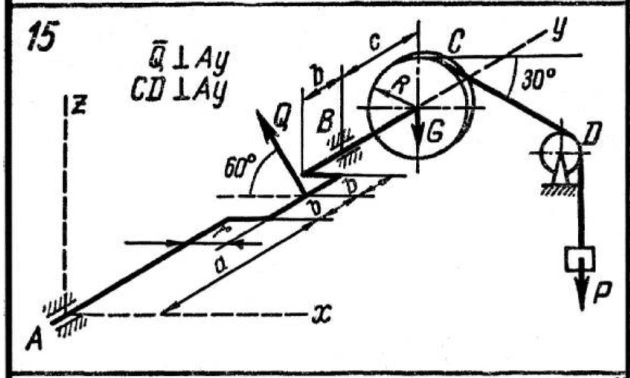

10
$T = 2t$; $\bar{T} \perp Ay$
$\bar{t} \parallel Ax$;
$\bar{Q} \perp Ay$; $\bar{P} \parallel Az$

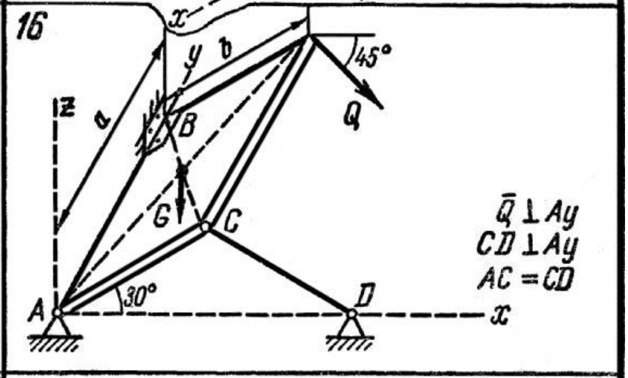

11
$\delta=5\cdot10^{-3}R$
$T=2t$
$\bar{T}\perp Ay$
$\bar{P}$ и $\bar{t}\parallel Ax$
$\bar{N}\parallel Az$; $N=2G$

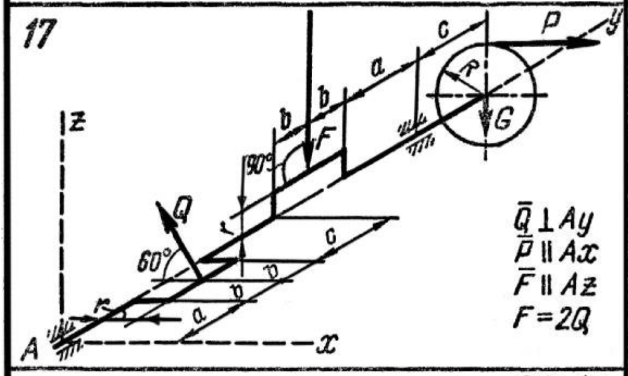

12
$\bar{P}\perp Ax$
$CD\perp Ax$

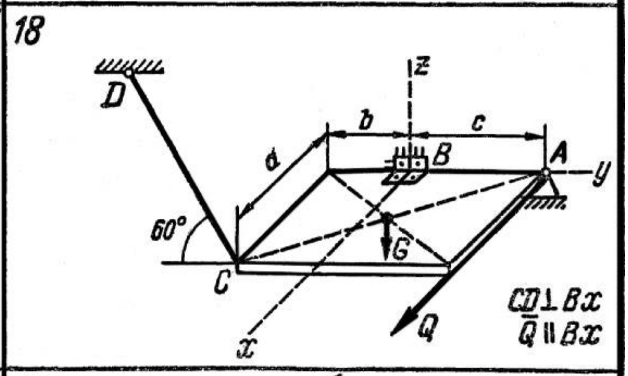

13
$\delta=5\cdot10^{-3}R$
$\bar{Q}\perp Ay$
$\bar{P}\parallel Ax$
$\bar{N}\parallel Az$
$N=G$

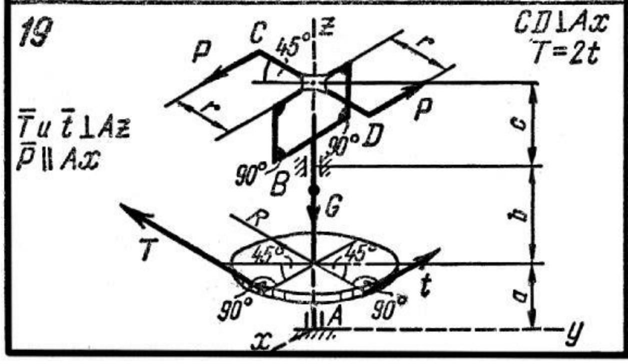

14
$T=2t$
$\bar{T}\parallel\bar{t}$
$CD\perp Az$
$\bar{T}\parallel Ax$

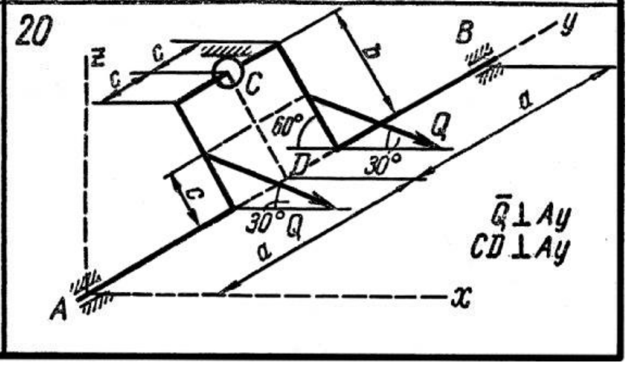

15
$\bar{Q}\perp Ay$
$CD\perp Ay$

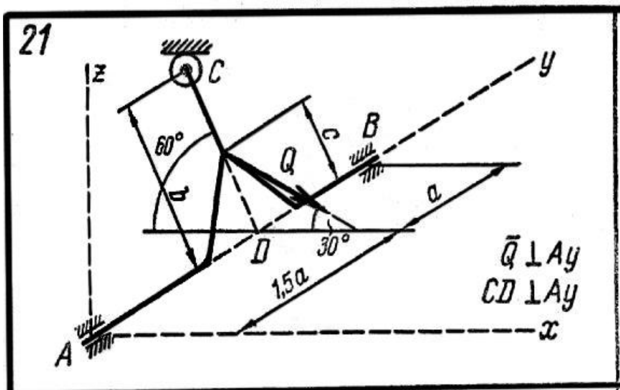

16
$\bar{Q}\perp Ay$
$CD\perp Ay$
$AC=CD$

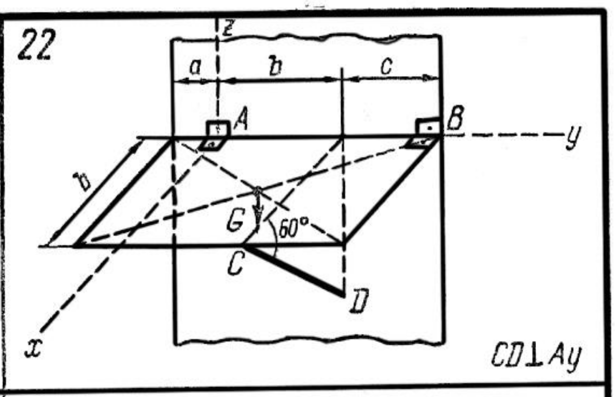

17
$\bar{Q}\perp Ay$
$\bar{P}\parallel Ax$
$\bar{F}\parallel Az$
$F=2Q$

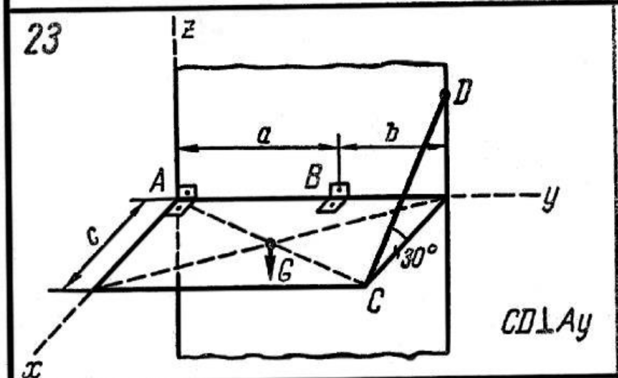

18
$CD\perp Bx$
$\bar{Q}\parallel Bx$

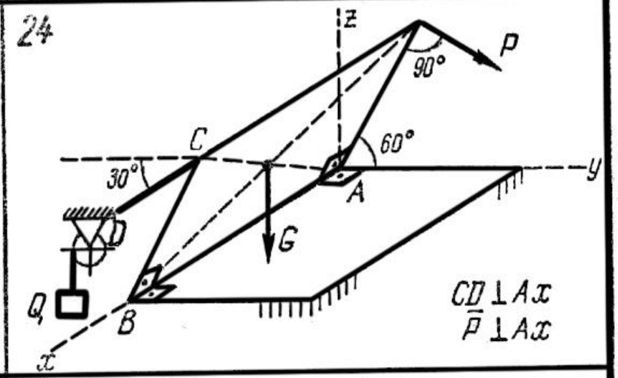

19
$CD\perp Ax$
$T=2t$
$\bar{T}$ и $\bar{t}\perp Az$
$\bar{P}\parallel Ax$

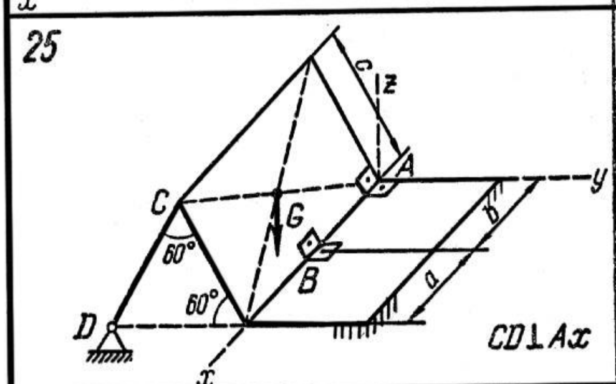

20
$\bar{Q}\perp Ay$
$CD\perp Ay$

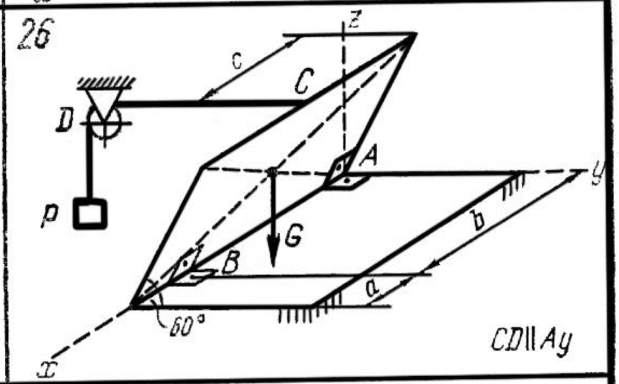

21
z
C
y
60°
c
B
Q
b
a
D
30°
1,5a
$\vec{Q} \perp Ay$
$CD \perp Ay$
A
x

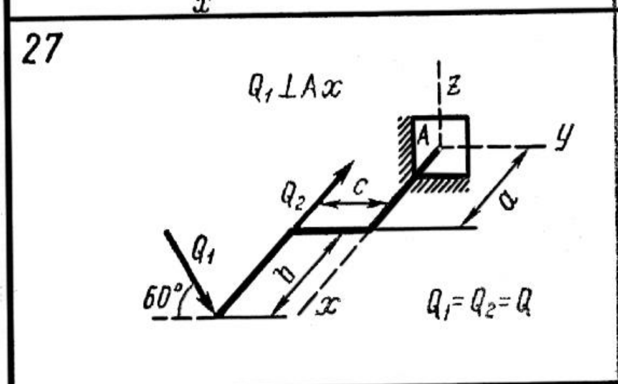

22
z
a
b
c
A
B
y
b
G
60°
C
D
x
$CD \perp Ay$

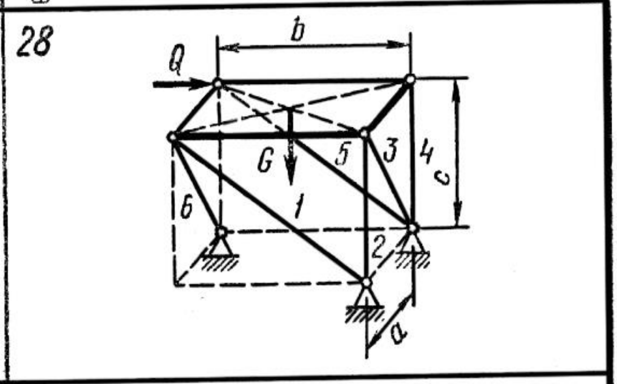

23
z
D
a
b
A
B
y
c
G
30°
C
$CD \perp Ay$
x

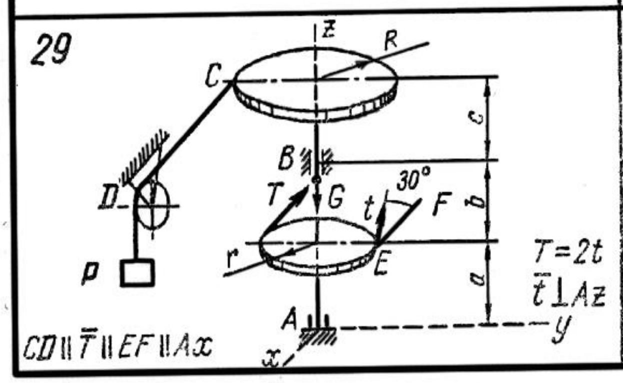

24
z
P
90°
C
60°
y
30°
A
D
G
Q
B
x
$CD \perp Ax$
$\bar{P} \perp Ax$

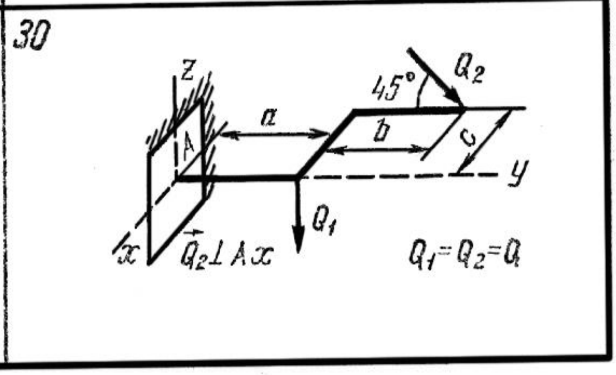

25
c
z
A
y
C
G
b
60°
B
a
60°
D
$CD \perp Ax$
x


26
z
c
C
D
A
y
p
G
b
B
a
60°
$CD \parallel Ay$
x


27
$Q_1 \perp Ax$
z
A
y
Q_2
c
a
Q_1
b
60°
x
$Q_1 = Q_2 = Q$

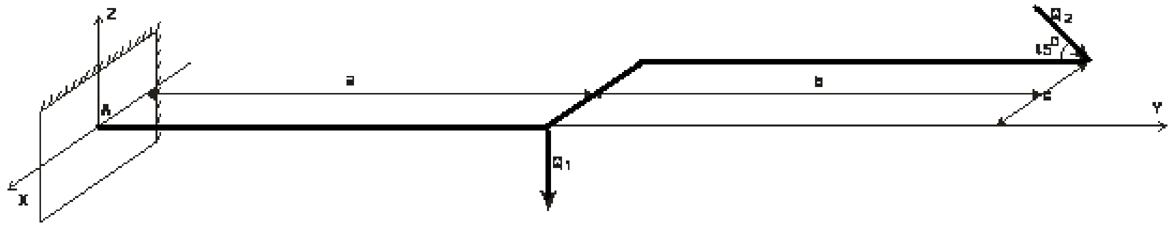

28
b
Q
G
5
3
4
c
6
1
2
a


29
z
R
C
c
B
30°
D
T
G
t
F
b
r
E
p
$T = 2t$
$\bar{t} \perp Az$
a
A
y
$CD \parallel \bar{T} \parallel EF \parallel Ax$
x

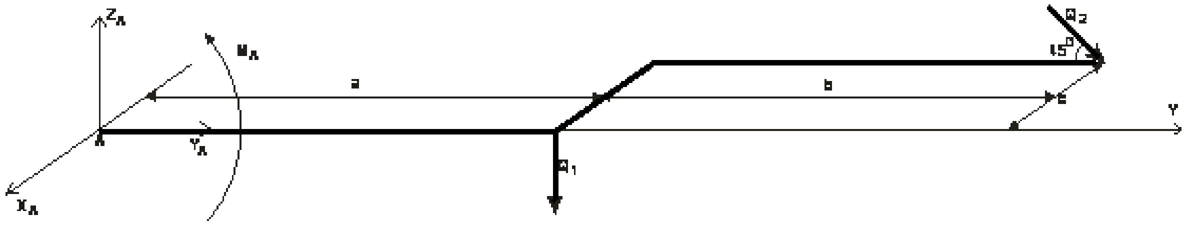

30
z
Q_2
45°
a
b
c
A
y
Q_1
x
$\vec{Q}_2 \perp Ax$
$Q_1 = Q_2 = Q$

Курамалардын таянычтарынын каршы аракет күчүн аныктоо. Курамалардын чиймелери вариант болуп көрсөтүлгөн. Эсептөөгө керектүү берилиштери 2-таблицада берилген.

Мисал катары 15-сүрөттө көрсөтүлгөн сөлөкөттүн таяныч аракет күчтөрүн аныктайбыз. 16-сүрөттө таянычты, түзүүчүлөр менен алмаштырабыз.



15-сүрөт



16-сүрөт

Берилди:
Q = 5 кН
a = 40 см
b = 40 см
c = 10 см

Чыгаруу: X огуна карата бардык күчтөрдөн момент түрүндөгү тең салмактуулук абалынын теңдемесин түзөбүз.

$$\sum M_x = 0;$$
$$-Q_2 * (a + b) + M_A - Q_1 * a = 0$$
$$M_A = Q_2 * (a + b) + Q_1 * a = 5 * 80 + 5 * 40 = 600 \text{ кН} * \text{см}$$

X жана У октоpуна бардык күчтөрдүн проекциясын алабыз. Андан кийин X, У, Z октоpунда жаткан күчтөрдү табабыз.

$$\sum X_i = 0$$
$$X_A = 0$$
$$\sum Y_i = 0$$
$$Y_A + Q_2 \cos\alpha = 0$$
$$Y_A = -3.53 \text{ кН}$$
$$\sum Z_i = 0$$
$$Z_A - Q_1 - Q_2 * \sin\alpha = 0$$
$$Z_A = Q_1 + Q_2 * \sin\alpha = 5 + 5 * 0.7 = 8.5 \text{ кН}$$

Бардык эсептелип чыккан күчтөрдү 3-таблицага киргизебиз.

3 - таблица

Күчтөр, кН			
M_A, кН * см	X_A	Y_A	Z_A
600	0	-3.53	8.5

1.4. Тең салмактуулуктагы механикалык системанын өзөктөрүндөгү күчтөрдү аныктоо

2. Тең салмактуулук объектисин аныктоо.
3. Бардык байланыштардын берилген жана реакцияларын кошо алганда, иштеп жаткан күчтөрдү сүрөттөө.
4. Баланстын шарттарын түзүү.
5. Изделип жаткан чоңдуктарды аныктоо, чечимдин тууралыгын текшерүү жана алынган натыйжаларды изилдөө.

Конструкция бүтүндөй же анын элементтери бири-бирине бекитиле турган таянычтардын реакцияларын аныктоо статиканын негизги милдети болуп саналат, анткени ал материалдардын, курулуш механикасынын каршылык маселелерин чечүүгө, инженердик курулмалардын бекемдигине жана катуулугуна эсептөө жүргүзүүгө мүмкүндүк берет.

1. Бул учурда координаттар системасын тандап, анын балансы белгисиз күчтөрдү (б.а. салмактуулук объектиси) табуу үчүн карап турган катуу денени бөлүп көрсөтүү.
2. Активдүү күчтөрдү сүрөттөө.
3. Байланыштарды четке кагып, денеге тиешелүү жоопторду бериңиз.
4. Бул маселе статикалык аныкталган, башкача айтканда, белгисиз колдоо кубулуштардын саны, ал үчүн жазылган болот көз карандысыз статикалык

тендемелердин санынан ашкан эмес экенин камсыз кылуу үчүн күч системасы кандай аныктоо. Эгерде тапшырма статикалык жактан аныкталбай калса, бирок каралып жаткан конструкция курама болсо (б.а. анын ички шарнири бар), анда конструкцияны анын эки бөлүгүн бириктирген шарнир боюнча бөлүп, бөлүктөрдүн ар биринин тең салмактуулугун өзүнчө карап, эки эсептелген схеманы алуу керек. Структура бөлүктөрүнүн бири-бирине тийгизген таасири реакциялар менен алмаштырылат.

5. Биз аныктаган координаттар системасы үчүн көз ирмемдик чекиттерди тандап, тең салмактуулук теңдемелерин түзүңүз.
6. Алынган теңдемелер системасын чечүү, б.а. белгисиз байланыш реакцияларын аныктоо.
7. Алынган жыйынтыктарды текшерүү жана анализ жүргүзүү.
8. Чечүүдө турат белгисиздердин эң аз саны менен жөнөкөй теңдемелерди жазууга умтулат.

   Бул үчүн:

   а) координаттар октору кээ бир белгисиз күчтөр тандалган октордун бирине перпендикуляр болушу үчүн багыттоо;

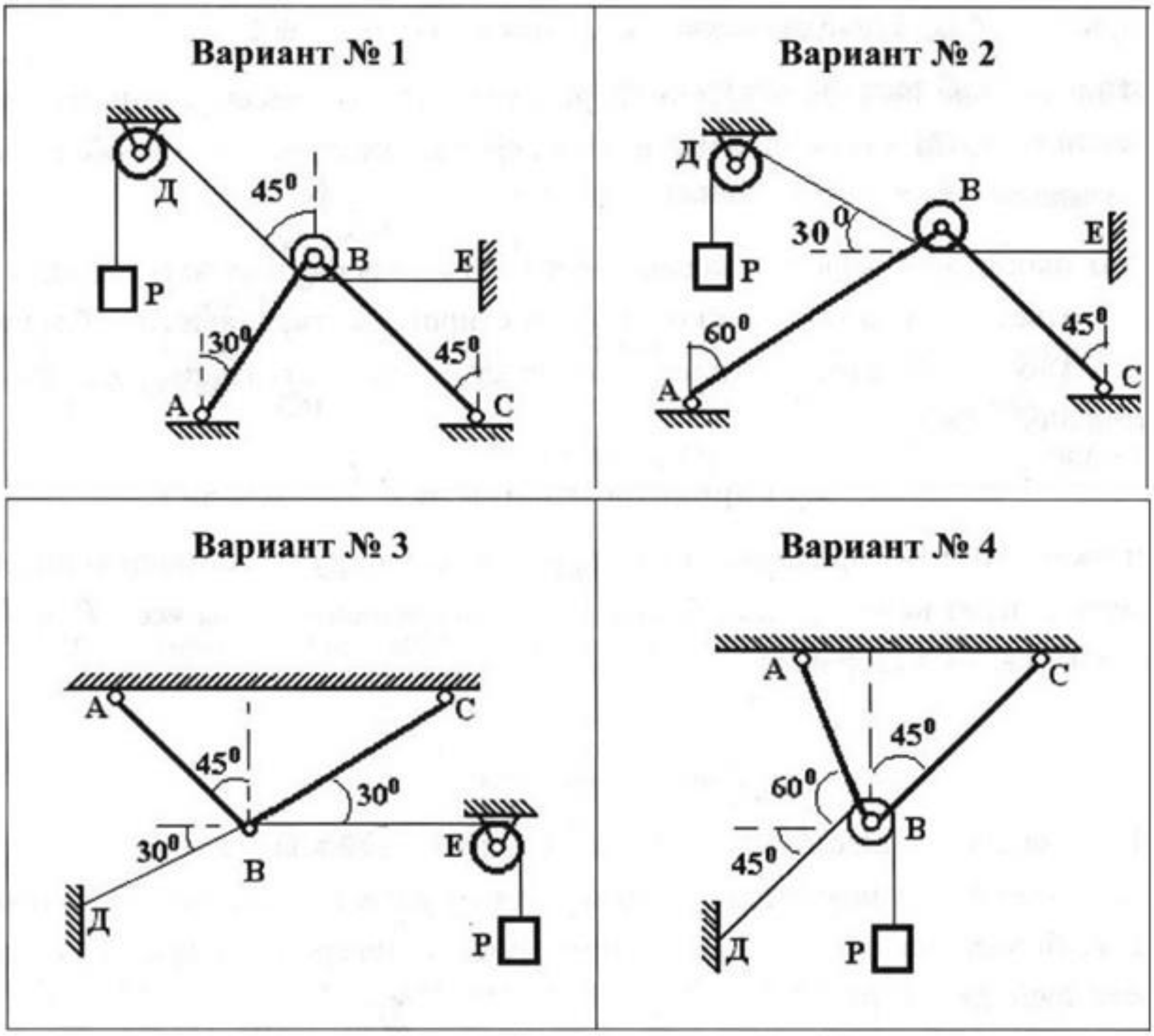
б) көз ирмем үчүн бир нече күчтөрдүн аракет сызыктары кесилишкен жерди тандоо керек. Ошондо бул күчтөрдүн берилген чекитке карата моменттери нөлгө барабар болуп, моменттердин теңдемесине кирбейт;

в) конструкциянын элементине перпендикуляр эмес жайгашкан учурда, аны координаттык окторго параллель эки түзүүчүгө бөлүү керек.

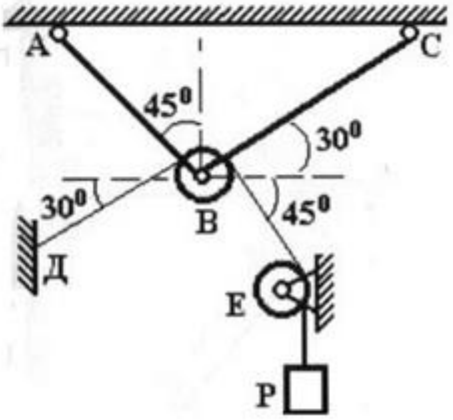
4 - таблица

Варианттар	Күчтөр	
	P (кН)	***F (кН)***
1	10	8
2	6	10
3	14	12
4	12	18
5	7	5
6	16	6
7	8	8
8	10	4
9	4	10
10	6	8
11	4	12
12	8	7
13	6	16
14	9	8
15	15	10

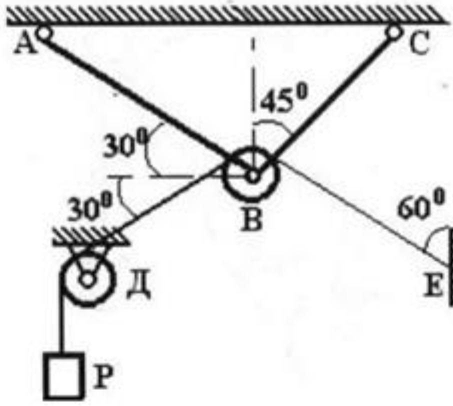
16	12	4
17	10	6
18	16	4
18	6	8
20	2	6
21	12	9
22	10	10
23	8	16
24	5	6
25	7	2
26	4	12



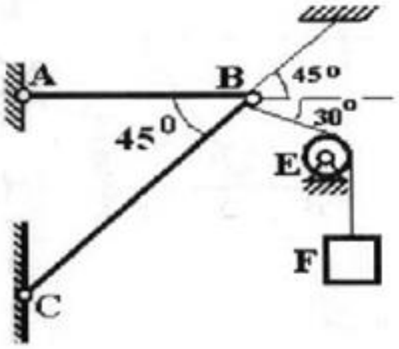
Вариант № 5



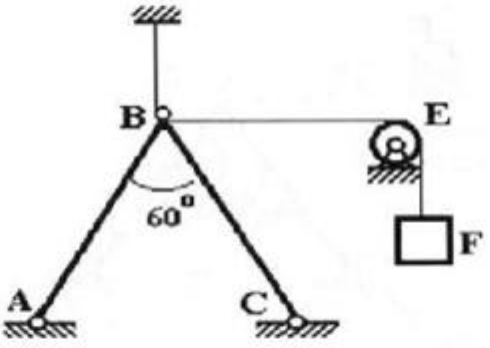
Вариант № 6



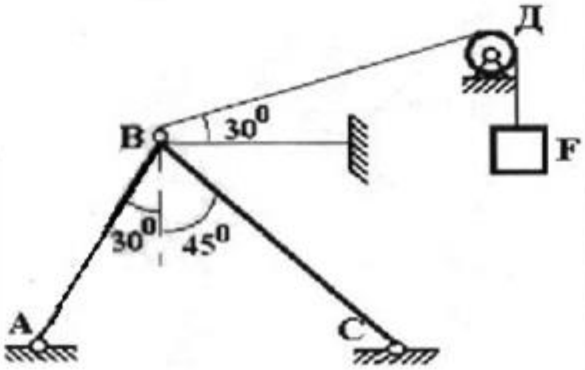
Вариант № 7



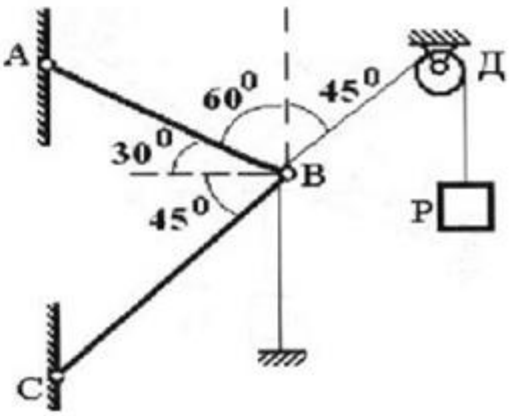
Вариант № 8



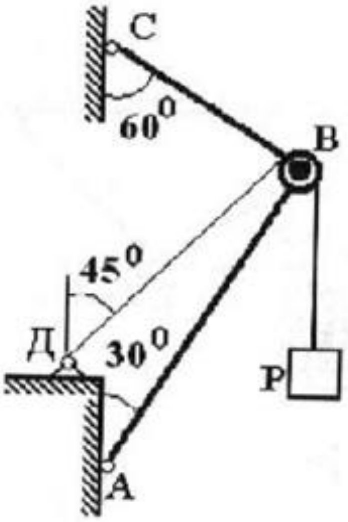
Вариант № 9



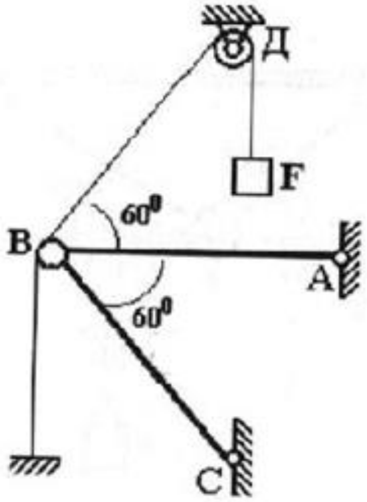
Вариант № 10



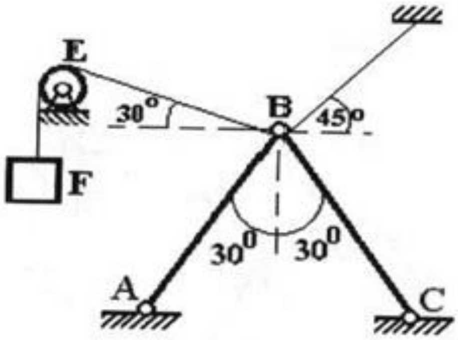
Вариант № 11



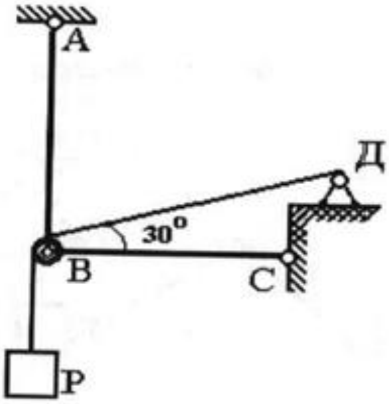
Вариант № 12



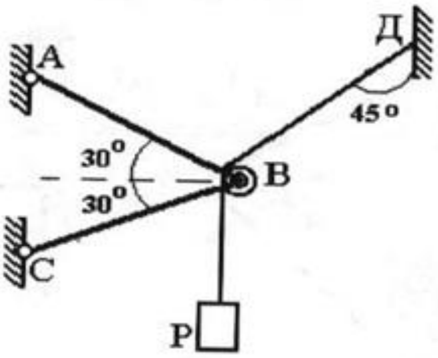
Вариант № 13



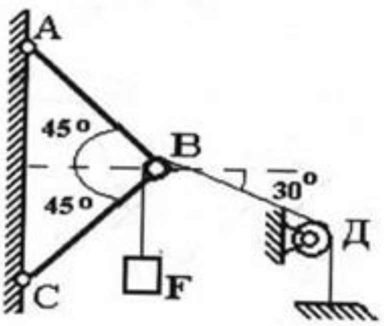
Вариант № 14



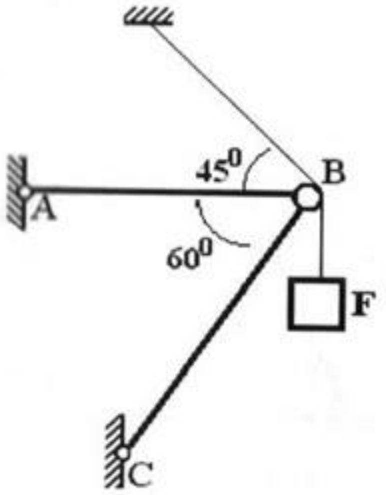
Вариант № 15



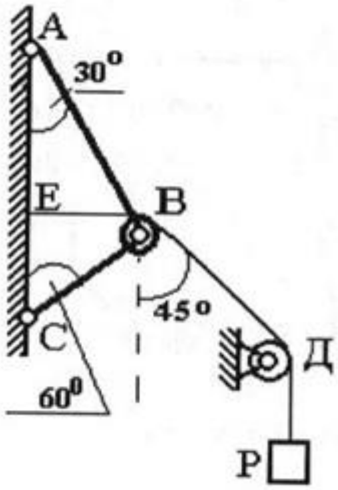
Вариант № 16



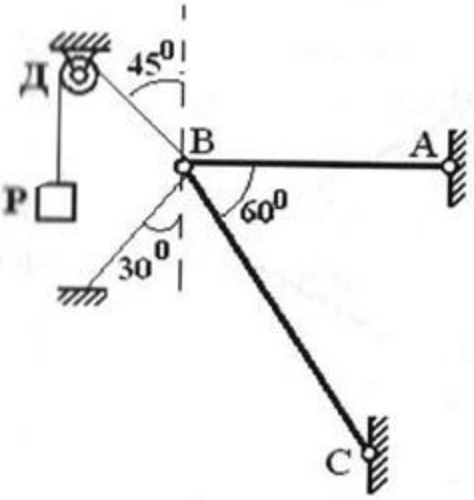
Вариант № 17



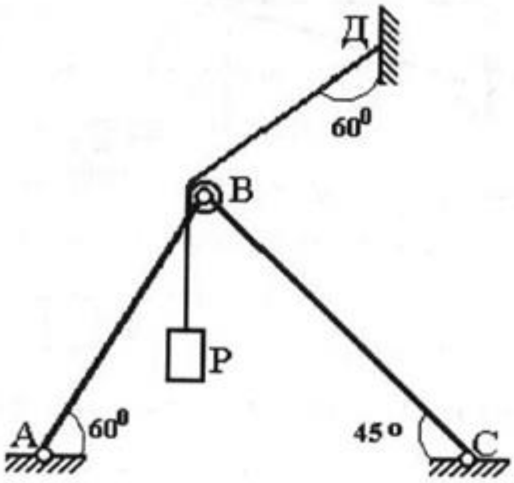
Вариант № 18



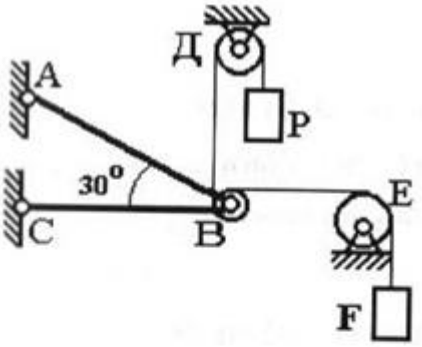
Вариант № 19



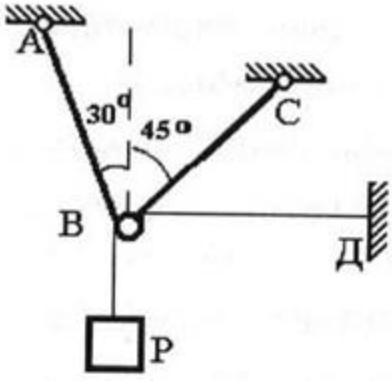
Вариант № 20



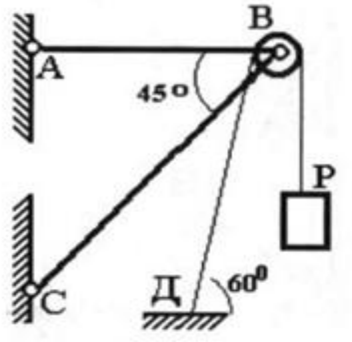
Вариант № 21



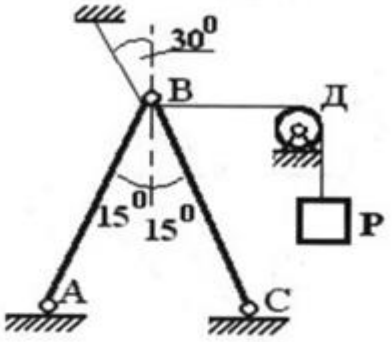
Вариант № 22



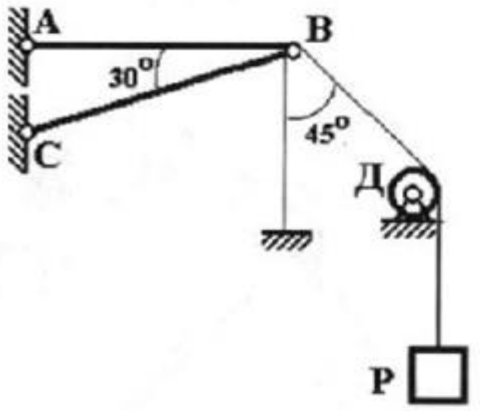
Вариант № 23



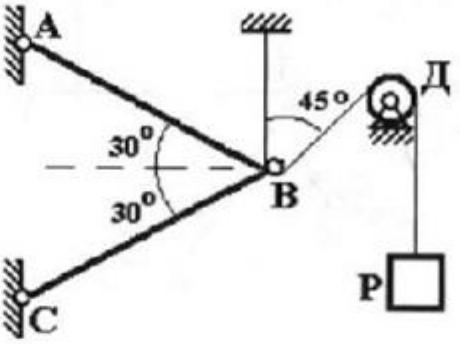
Вариант № 24



Вариант № 25



Вариант № 26

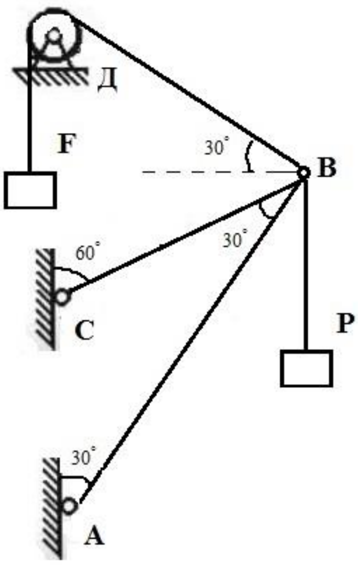


Маселени чечүүгө мисал карап көрөбүз

В жана С устундары өз ара в шарнири менен жана А жана С шарнирлери аркылуу таянычтарга бекитилет. Бекитилген шарнир аркылуу өткөн созулбай турган жана салмаксыз жиптердин жардамы менен В түйүнүнө р жана (17- сүрөт) салмактары илинген.

Берилген: P = 20 кН; F = 30 кН.

Аныктоо: $\bar{S}_A, \bar{S}_C$

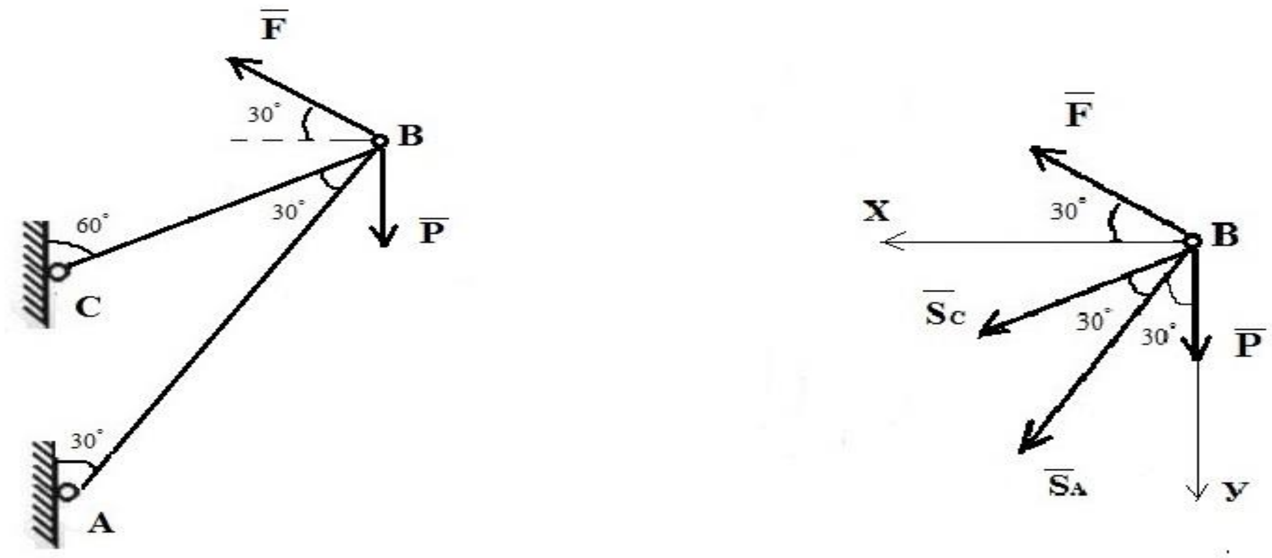


17-сүрөт

Чечим:

Бардык шыргыйлар жана жиптер бириккен тең салмактуулук объектисин тандап алалы.

АВ жана СВ таякчаларындагы күч-аракеттерди аныктоо үчүн, бул муун боюнча биргелешкен жана биргелешкен салмактардын аракетин алдын-ала аныктоо керек. Жиптер созулбай тургандыгын эске алганда, алардын чыңалуулары жүктөрдүн салмагына барабар, башкача айтканда, В түйүнүнө жиптер боюнча В шарнирден багытталган тартылуу жана тартуу күчтөрү колдонулат (17-сүрөт).



18-сүрөт

Эми В чекитине колдонулган Активдүү күчтөр чоңдугу жана багыты боюнча аныкталганда, байланыш реакцияларын табабыз. Бул учурда, байланыштар АБ жана толугу менен таяк болуп саналат. В шарнирден таяктарды узата багыттайбыз. Ошентип, В түйүнүнө 18-сүрөттө сүрөттөлгөн конвергенттик күчтөрдүн системасы колдонулат.

3. Координаттар системасын тандоо: биз сол туурасынан ***x*** огу багыт жана тигинен ***y*** огу төмөн жана салмактуулук байланышын түзөт:

$$\bar{F} + \bar{S}_C + \bar{S}_A + \bar{P} = 0$$

Аны тандалган координат огунда иштеп чыгабыз:

$$\sum_{К=1}^{4} F_{KX} = 0 \qquad и \qquad \sum_{К=1}^{4} F_{KY} = 0,$$

$$F\cos 30^{\circ} + S_C \cos 30^{\circ} + S_A \cos 60^{\circ} + 0 = 0$$

$$P + S_A \cos 30^{\circ} + S_C \cos 60^{\circ} - F\cos 60^{\circ} = 0$$

4. Сызыктуу тендемелердин системасын чечүү, таяк күчүн аныктоо. Теңдемеден туюнтабыз:

$$S_C = \frac{-F\cos 30^{\circ} - S_A \cos 60^{\circ}}{\cos 30^{\circ}} = \frac{-30 \cdot 0{,}866 - S_A \cdot 0{,}5}{0{,}866} = -30 - 0{,}577S_A$$

жана бул туюнтманы теңдемеге алмаштыралы (3.2.3):

$$20 + S_A \cdot 0{,}866 + (-30 - 0{,}577 S_A) \cdot 0{,}5 - 30 \cdot 0{,}5 = 0$$

Акыркы теңдиктен келип чыккан жыйынтык:

$$S_A = 17{,}331\text{кН}.$$

Алынган маанини туюнтмага коюп эсептейбиз

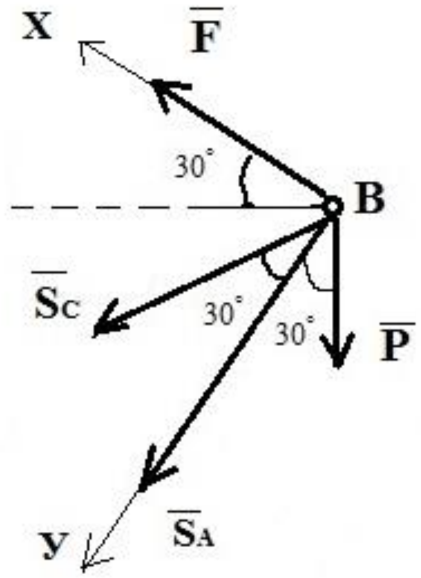
$$S_C = -30 - 0{,}577 \cdot (17{,}331) = -40\text{кН}$$

Терс күч биз мурда болжолдогондой, С таякчасынын кысылганын жана чоюлбаганын көрсөтөбүз. Таяк АВ-сунулган.

$$\sum_{K=1}^{4} F_{KX} = 0 \qquad \text{и} \qquad \sum_{K=1}^{4} F_{KY} = 0,$$

$$F + S_C \cos 60^\circ + 0 - P \cos 60^\circ = 0$$

$$0 + S_C \cos 30^\circ + S_A + P \cos 30^\circ = 0$$



19-сүрөт

Теңдемеден төмөнкүнү табабыз:

$$S_C = \frac{P\cos 60^{\circ} - F}{\cos 60^{\circ}} = -40 \text{ кН},$$

андан кийин, аны алмаштырып иштеп, төмөнкүнү алабыз:

$$S_A = -P\cos 30^{\circ} - S_C\cos 30^{\circ} = -0{,}866 \cdot (20 - 40) = 17{,}332\text{кН}$$

Жооп: S= 17,331 кН, S_C=-40 кН.

1.5. Жалпак ферманы эсептөө

Жалпак фермага үч тышкы күч – P1, P2 жана P3 таасир этет. Түйүндөрдү кесип, таянычтардын реакцияларын, ошондой эле ферма устундарындагы күчтөрдү аныктагыла. Чиймеде көрсөтүлгөн устундар үчүн, бөлүм ыкмасын колдонуу менен күчтөрдү текшериңиз. Ферманын диаграммалары сүрөттө көрсөтүлгөн (20 – сүрөт). Эсептеп жатканда P_1 = 5 кН, P_2 = 10 кН, P_3 = 4 кН барабар.

Ферма – учу менен бири-бирине туташтырылган түз устундардан турган геометриялык жактан өзгөрбөс түзүлүш. Устундар бири-бирине туташтырылган жерлер ферма түйүндөрү деп аталат. Чыныгы түзүлүштөрдө түйүндөр катуу такталган же ширетилген кошулмалар болуп саналат. Түйүндөрдүн өлчөмдөрү устундарга салыштырмалуу кичине, ал эми устундары ийкемдүү болгондуктан, фермаларды эсептөөдө түйүндөр идеалдуу цилиндрдик дошполор, б.а., сүрүлүүсү жок дошполор болуп эсептелет. Биз таякчалары жана тышкы күчтөрү бир тегиздикте жаткан фермаларды карап чыгабыз. Мындай фермалар жалпак деп аталат.

Эгерде Y түйүндөрдүн саны менен C устундарынын саны C = 2Y - 3 катышы менен байланышкан болсо, ферма статикалык теңдеме менен аныкталат деп аталат.

Эгерде C>2U-3 болсо, анда кошумча устундары бар болуп, ферма статикалык жактан аныкталбайт.

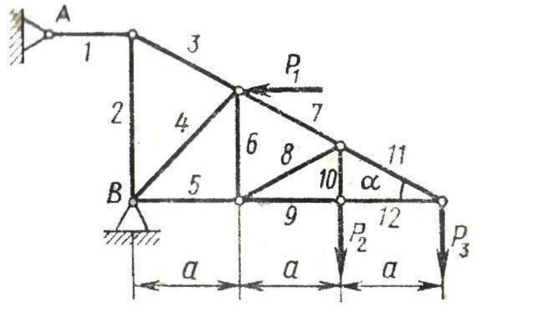
C < 2U - 3 болсо, анда кошумча түйүндөр бар, структурасы катуу эмес, механизм болуп саналат.

4-сүрөттө түйүндөрдүн саны Y = 8 болгон ферма көрсөтүлгөн, ал эми устундардын саны C = 2 8 - 3 = 13 шартын канааттандырат.

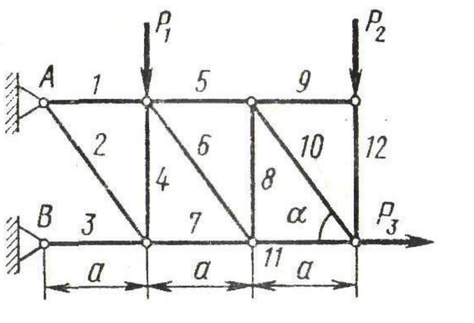
5 - таблица

Вариант номери	P_1	P_2	P_3	a	h	α, град	Устун номери
	кН			м			
1.	4	9	2	2,0	-	30	3,8,9
2.	10	3	4	2,5	-	60	2,5,7
3.	2	12	6	3,0	-	60	4,5,10
4.	10	10	5	4,0	-	60	5,6,11
5.	2	4	2	-	2,0	60	4,5,10
6.	3	7	5	4,0	3,0	-	8,9,11
7.	4	6	3	4,0	-	60	4,6,12
8.	5	7	7	3,2	-	45	3,4,5
9.	10	8	2	5,0	-	60	6,7,12
10.	3	4	5	4,4	3,3	-	3,5,7
11.	2	6	8	2,5	3,0	-	2,7,8
12.	5	7	2	4,0	-	60	4,5,10
13.	4	6	2	4,8	3,6	-	4,5,10
14.	3	5	5	3,0	-	60	5,6,8
15.	2	2	10	4,0	6,0	-	2,6,9
16.	5	6	2	5,0	-	60	3,5,6
17.	4	4	10	4,0	6,0	-	4,7,8
18.	5	2	8	-	5,0	60	1,4,8
19.	8	4	10	5,0	10,0	60	4,5,7
20.	2	3	5	4,0	6,0	-	5,6,8
21.	3	2	7	6,0	-	45	5,8,9
22.	4	2	9	4,0	-	45	2,6,8
23.	5	8	8	4,0	9,0	30	4,7,9
24.	6	10	2	3,6	-	45	4,5,10
25.	7	10	5	4,4	3,3	-	8,10,11
26.	8	12	2	4,0	-	30	4,5,9
27.	9	4	4	4,0	3,0	-	5,9,11
28.	10	5	3	5,0	-	30	3,5,6
29.	12	8	2	6,0	-	45	5,6,11
30.	5	10	4	4,0	2,0	-	6,7,12

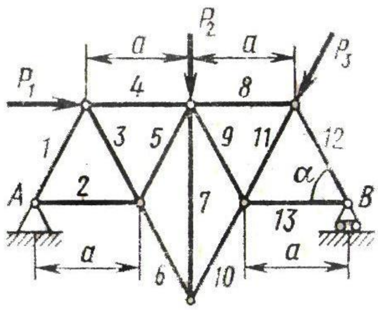
1



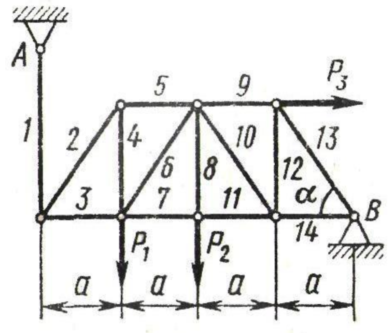
2



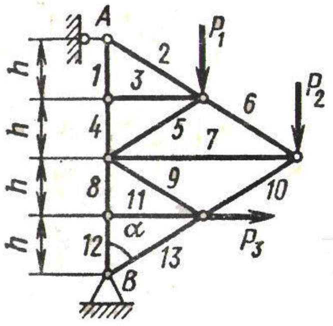
3



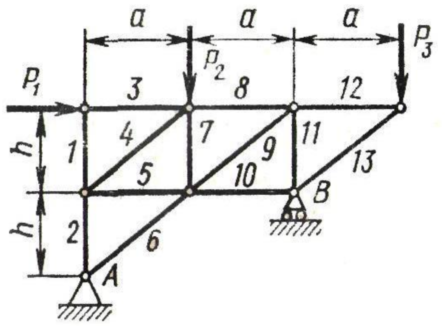
4



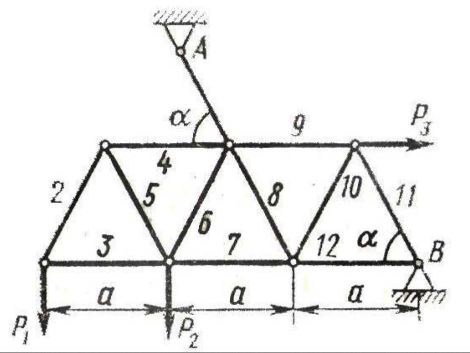
5



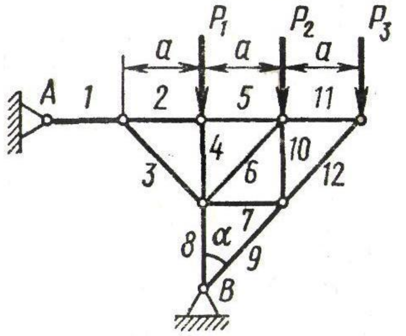
6



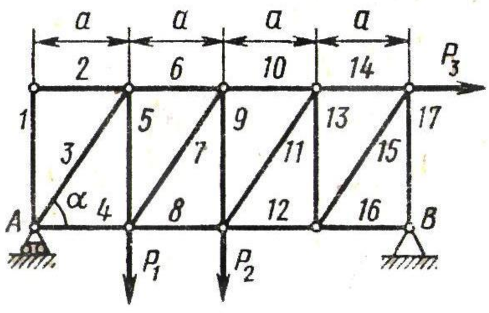
7



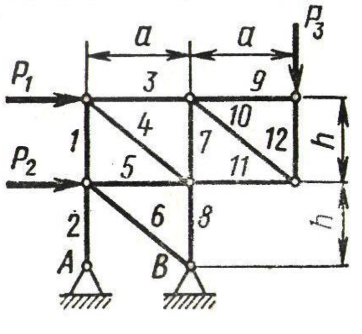
8



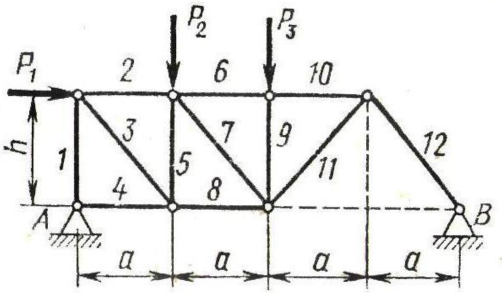
9



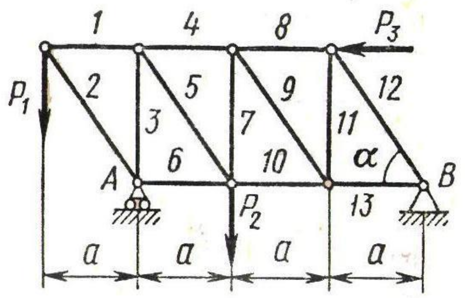
10



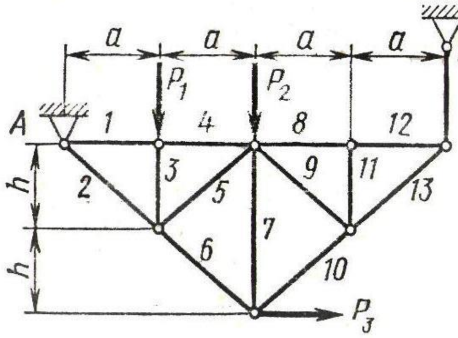
11



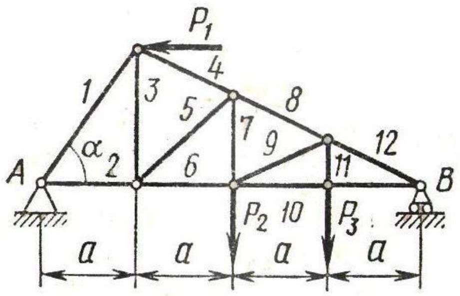
12



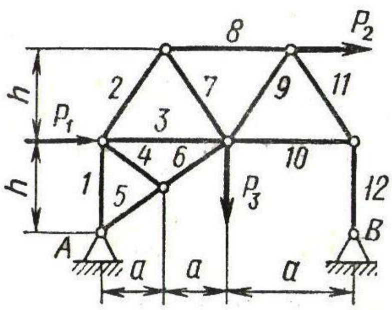
13



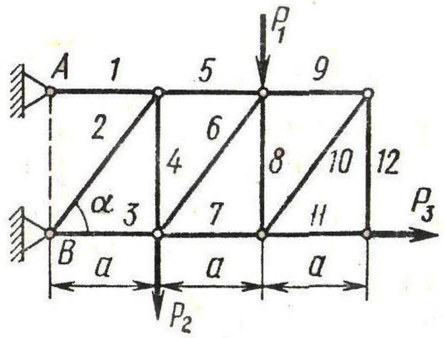
14



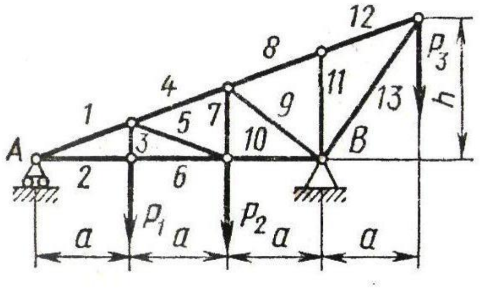
15



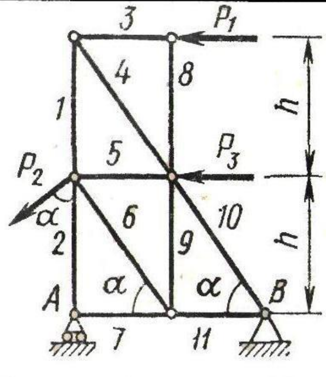
16



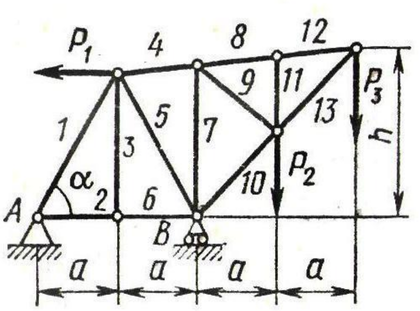
17



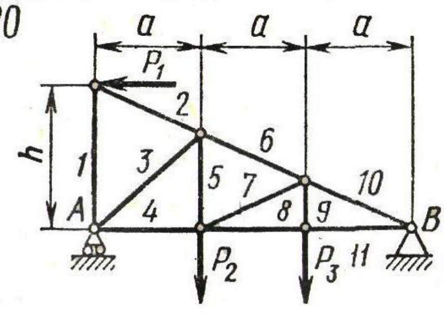
18



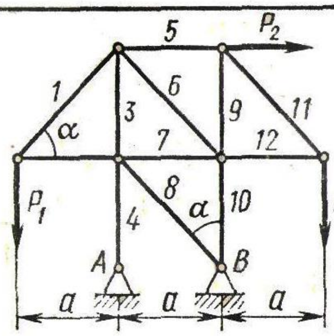
19



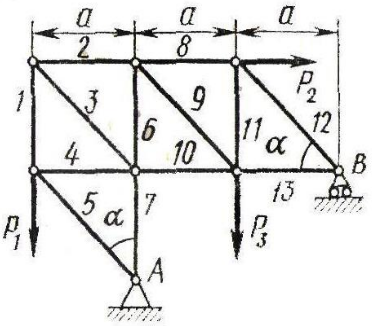
20



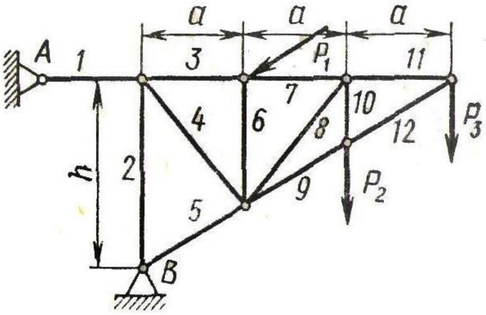
21



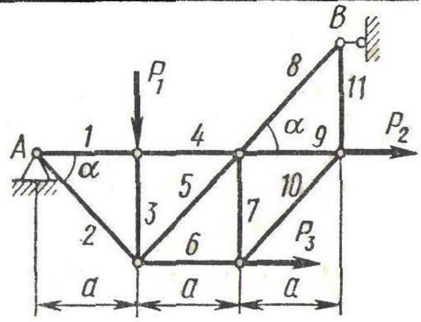
22



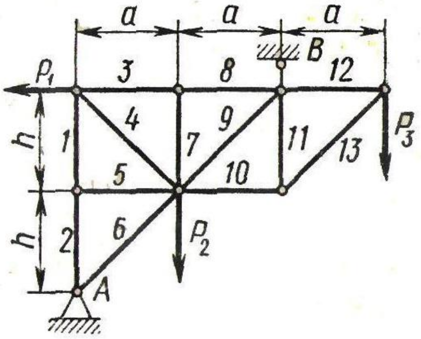
23



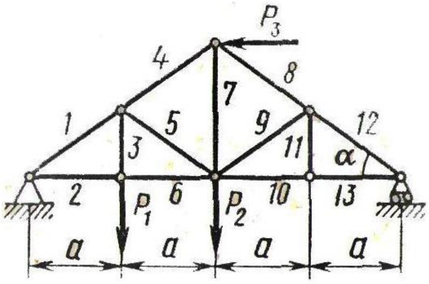
24



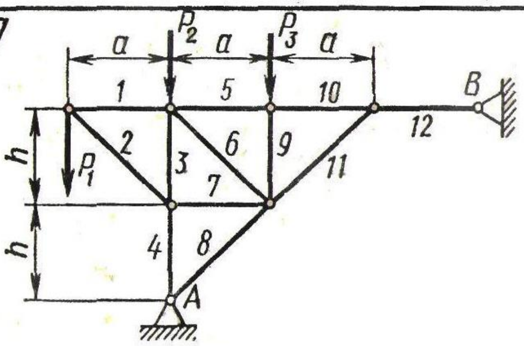
25



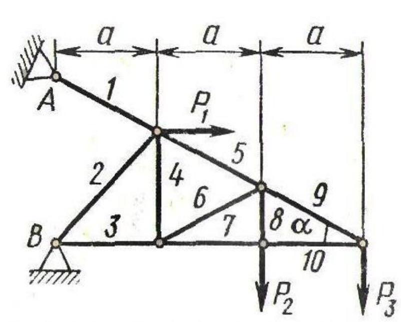
26



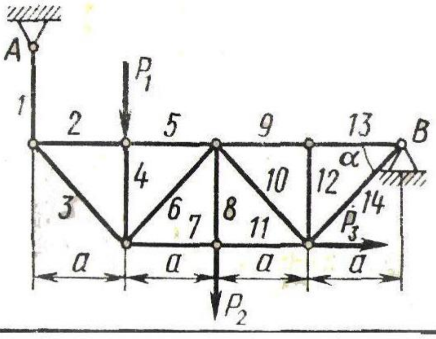
27



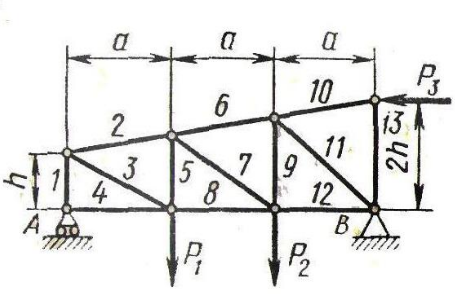
28



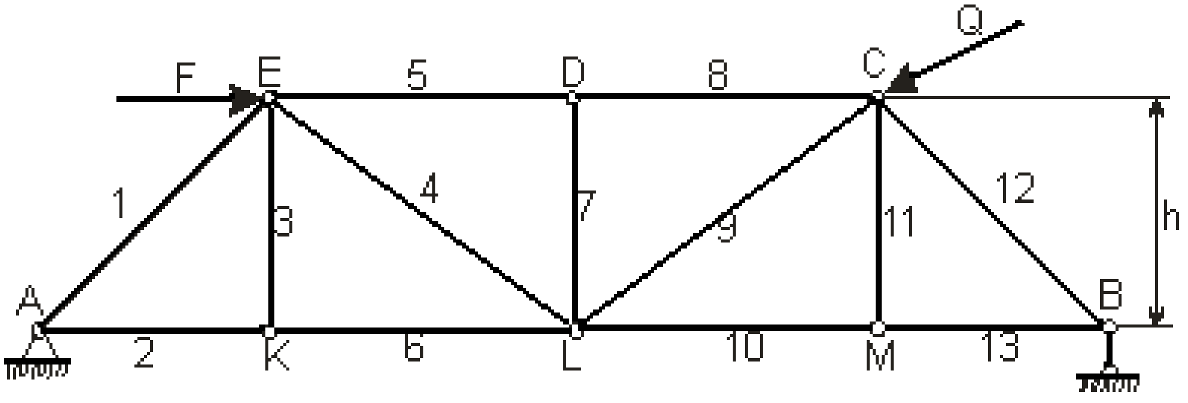
29



30



A жана B - ферма түйүндөрү; h - ферманын бийиктиги;
(AB) - ферма аралыгы - эки чектеш тирөөчтүн ортосундагы аралык;
(AKLM) - ферманын төмөнкү аралыктары;
(EDC) - ферманын үстүнкү аралыктары.
Таяктар 3, 7, 11, - тирөөч деп аталат.
Таяктар 1, 4, 9, 12 – раскос деп аталат.



20-сүрөт

20-сүрөтөгү фермада 6 панели бар.

Ферманы эсептөөдө төмөнкүдөй эрежелер каралат:

1. Бардык ферманын устундары түз жана салмагы жок.
2. Ферманын таянычтары жумуру дошпо болуп саналат.
3. Тышкы күчтөр ферма таянычтарын эсептөөдө колдонулат.
4. Ферманын устундары узунунан келген күчтөрдү гана кабыл алат: кысуу же чыңалуу.

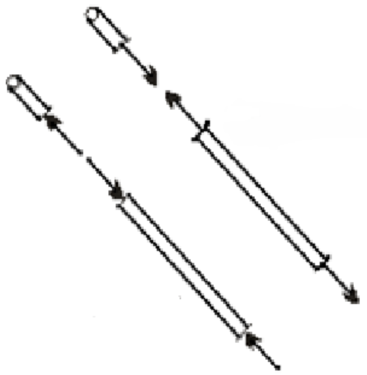
Ферманы эсептөө фермалардын устундарындагы таяныч реакцияларын жана ички күчтөрдү аныктоодон турат.

Колдоо реакцияларын эсептөөдө ферма күчтөрдүн тегиздик системасы аракет кылган катуу нерсе катары каралат. Эсептөө эсептөө схемасын түзүү, тең салмактуулук теңдемелерин түзүү жана белгисиз реакцияларды аныктоодон турат

Ферманын устундарындагы күчтөр аныкталат:

1. Түйүн кесүү ыкмасы.
2. Бөлүмдөрдүн ыкмасы (Риттер ыкмасы).

Эсептөө схемаларын түзүүдө, эгерде устун созулса, анда ал түйүнгө таасир эткен күч түйүндөн устунга багытталганын эске алуу керек. Эгерде таяк кысылган болсо, анда күч устундан түйүн тарапка багытталган (сүр. 21).



21-сүрөт

Түйүн кесүү ыкмасы

Түйүн кесүү ыкмасы ферма түйүндөрүн ыраатттуу кесип жана алардын тең салмактуулугун эске алуудан турат. Түйүнгө эки гана тең салмактуулук теңдемелерин жазууга мүмкүн болгон күчтөрдүн жалпак жакындашуучу системасы аракет кылгандыктан, түйүндөрдү экиден ашык белгисиз күч болгудай кылып кесүү керек. Дизайн схемасын түзүүдө биз бардык устундар созулган деп ойлойбуз, б.а. бардык ички күчтөрдү түйүндөн устунга багыттайбыз. Ар бир түйүн үчүн тең салмактуулук теңдемелери түзүлөт.

$$\sum_{k=1}^{n} F_{kx} = 0,$$

$$\sum_{k=1}^{n} F_{ky} = 0.$$

Эгерде бул формулалар аркылуу табылган устундаргы күчтөр “+” белгисине ээ болсо, анда формалдуу түрдө бул таякчанын созулганын, ал эми күч белгиси “-” болсо, анда устун кысылганын көрсөтөт.

Бөлүм ыкмасы

Бөлүм ыкмасы (Риттер ыкмасы) ферманы эки бөлүккө кесүүдөн турат. Ферманын бир бөлүгү жарактан чыгарылып, анын аракети бөлүмгө түшкөн калган бөлүгүнүн устундарындагы күчтөр аркылуу чагылдырылат. Устундарындагы күчтөр устундар боюнча ферманын четке кагылган бөлүгүнө багытталган, б.а. дагы бардык таякчалар сунулган деп ойлойбуз. Ферманын каралып жаткан бөлүгү, ага активдүү (коюлган) күчтөр, устун реакциялары жана устундагы күчтөр аракет кылат. Мында үч тең салмактуулук теңдемесин жазууга мүмкүн болгон күчтөрдүн эркин жалпак (конверсивдүү эмес) системасы алынат. Демек, бөлүмдө үчтөн ашык белгисиз күчтөр болбошу керек. Белгилүү болгондой, тегиздик система үчүн тең салмактуулук теңдемелеринин үч формасы бар:

$$\sum_{k=1}^{n} F_{kx} = 0; \quad \sum_{k=1}^{n} F_{ky} = 0; \quad \sum_{k=1}^{n} M_0(F_k) = 0.$$

1-чи форма

$$\sum_{k=1}^{n} F_{kx} = 0; \quad \sum_{k=1}^{n} M_A(F_k) = 0; \quad \sum_{k=1}^{n} M_B(F_k) = 0.$$

2-чи форма

$$\sum_{k=1}^{n} M_A(F_k) = 0; \quad \sum_{k=1}^{n} M_B(F_k) = 0; \quad \sum_{k=1}^{n} M_C(F_k) = 0.$$

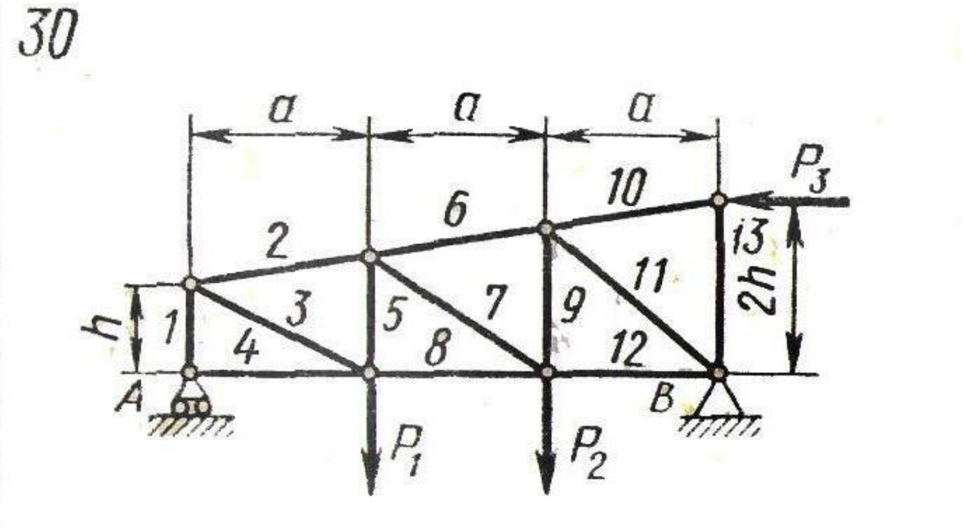
3-чи форма

Тең салмактуу теңдемелерди түзүүдө эң жөнөкөй теңдемелерди алууга мүмкүндүк берүүчү форма тандалат. Мисалы, эки белгисиз күч бир кесимде параллель болсо, анда теңдемелердин 2-түрүн колдонуу ыңгайлуу. Бөлүмдөгү бардык күчтөр жуп болуп кесилишсе, анда 3-түр. Мында күчтөрдүн кесилишкен чекиттери момент чекиттери катары тандалат. Ушундай жол менен алынган ар бир тең салмактуулук теңдеме бир белгисизди камтыйт. Түйүндөрдү кесип салуу ыкмасы менен салыштырганда, бул эсептөөлөрдү кыйла тездетет жана эсептөөлөрдүн тактыгын жогорулатат.

Эгерде бөлүмдө үчтөн ашык белгисиз күчтөр болсо, анда кошумча бөлүктөр жасалышы керек.

Маселени чечүүнүн мисалы үчүн
30-вариантты карап көрөбүз

Сүрөттө көрсөтүлгөн фермага сырттан таасир берген күчтөр $P_1 = 5$ кН, $P_2 = 10$ кН, $P_3 = 4$ кН.



22-сүрөт

Түйүндөрдү кесип, ферма устундарындагы тирөөчтөрдүн жана күчтөрдүн реакцияларын аныктагыла. Белгиленген устундар үчүн, бөлүм ыкмасын колдонуу менен күчтөрдү текшерүү.

Чыгаруу:

Бардык түйүндөрдү тамгалар менен, устундарды сандар менен белгилейли. Келгиле, бардык колдоолорду жокко чыгарып, алардын аракетин колдоо реакциялары менен алмаштыралы R_A, X_B и $У_B$.

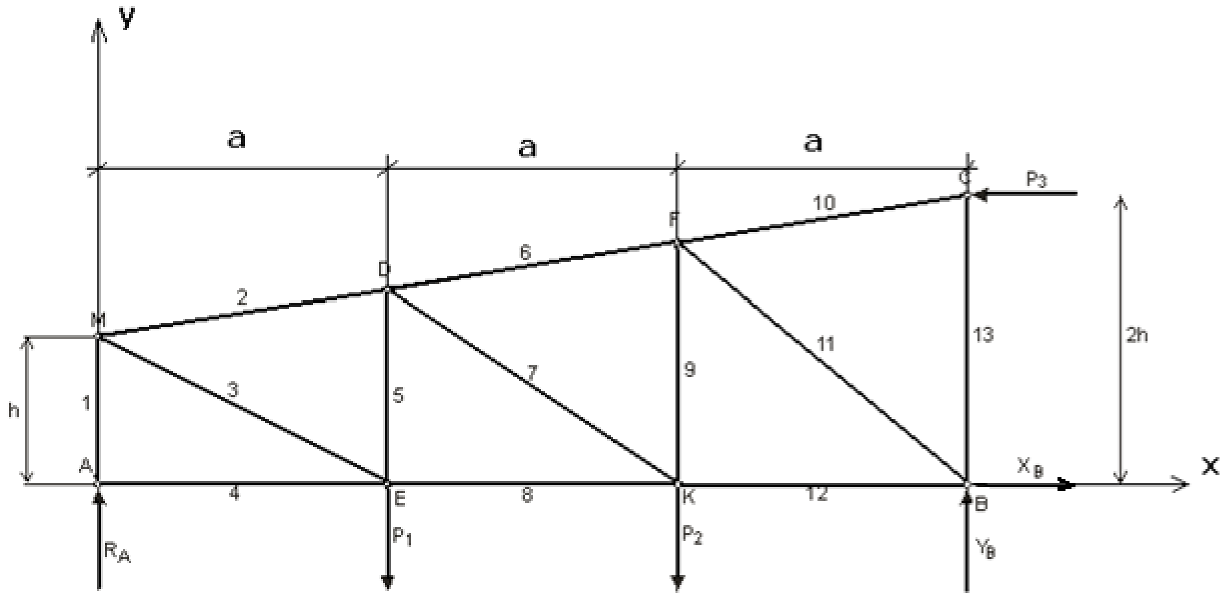
Келгиле, ферманын статикалык аныкталышын текшерип көрөлү. Эсепте 8 таянычтар жана 13 устундар, ж.б. У=8. С=13.Бул маанилерди формулага алмаштыруу С=2У-3, төмөнкү маанини алабыз 13=2•8-3=13. Ферма статикалык жактан аныкталат.

Колдоо реакцияларын алуу үчүн күчтөрдүн тегиздик системасы үчүн тең салмактуулук теңдемесинин биринчи формасын колдонобуз.

$$\sum X_i = 0$$

$$X_B - P_3 = 0$$

$$X_B = P_3 = 4кН.$$



23-сүрөт

$$\sum Y_i = 0$$

$$Y_B - P_1 - P_2 + R_A = 0$$

$$Y_B = 5 + 10 - 8 = 7\text{кН}.$$

$$\sum M(B) = 0$$

$$-R_A * 3a + P_1 * 2a + P_3 * 2h + P_2 * a = 0$$

$$R_A = \frac{P_1 * 2a + P_2 a + P_3 * 2h}{3a} = \frac{5 * 2 * 4 + 10 * 4 + 4 * 2 * 2}{3 * 4} = \frac{40 + 40 + 16}{12}$$
$$= 8\ кН.$$

Колдоо реакцияларынын белгисиздерин аныктагандан кийин, биз текшеребиз

$$R_A - P_1 - P_2 + Y_B = 0$$

$$8 - 5 - 10 + 7 = 0$$

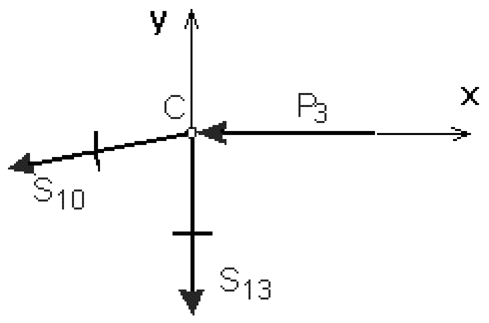
$$15 - 15 = 0$$

$$0 = 0$$

Анда, R_A=8 кН, X_B=4кН и $У_B$ = **7**кН.

Эми түйүндөрдү кесип, ферма устундарындагы күчтөрдү аныктайлы. С түйүнүнөн баштайлы, анткени алардагы күчтөр эки таякча гана белгисиз. Келгиле, С түйүн кесип, анын тең салмактуулугун карап көрөлү. Түйүнгө күчтөрдүн жакындашуучу системасы таасир этет: 10-S стержендеги жана 2-S устундагы күчтөр, ошондой эле Р3 тышкы күчү. Биз устундардагы күчтөрдү түйүндөн тиешелүү устундарга карай багыттайбыз, бул устундар керилген деп ойлойбуз; С чекитине тик бурчтуу координаталар системасынын С башталышын коёбуз. С түйүнү үчүн дизайн диаграммасы 21-сүрөттө көрсөтүлгөн.

Түйүн С



24-сүрөт

S_{10} жана S_{13} күчтөрдүн ортосундагы бурч төмөнкү чоңдуктарга барабар :

$$\cos 9^0\ 28^` = 0{,}9861$$

$$\sin 9^0\ 28^` = 0{,}1648$$

Бул учурда тең салмактуулук теңдемелери формага ээ болот

$$\sum X_i = 0$$

$$-S_{10}\cos\propto - P_3 = 0$$

$$S_{10} = \frac{-P_3}{\cos\propto} = \frac{-4}{0{,}9861} = -4{,}056\ \text{кН.}$$

$$\sum Y_i = 0$$

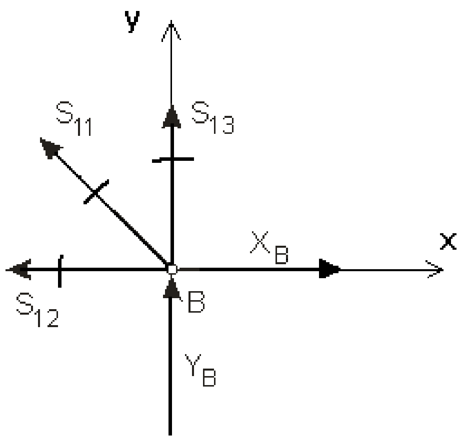
$$-S_{13} - S_{10}\sin\propto = 0$$

$$S_{13} = -S_{10}\sin\propto = -(-4{,}056) * 0{,}1648 = 0{,}6684\ \text{кН.}$$

"-" белгиси формалдуу түрдө устундун кысылганын билдирет.
"+" белгиси формалдуу түрдө устундун созулганын билдирет.
Эгерде 13-устундан күч табылса, анда сиз В түйүнүнө өтсөңүз болот. Бул учурда таякчалардагы күчтөр белгисиз 11.12 - S_{11},S_{12}.

В түйүнүн кесип алалы жана С түйүнү үчүн жасалгандай эле анын конструкциялык схемасын түзөлү (25-сүрөт)

Түйүн В



25-сүрөт

S_{11} жана S_{12} күчтөрдүн ортосундагы бурч төмөнкү чоңдуктарга барабар:

$$tg\,39^0\,48^` = 0{,}8332$$

$$\cos 39^0\,48^` = 0{,}7749$$

$$\sin 39^0 48^` = 0{,}6401$$

Салмактуу теңдемелердин формасы бар

$$\sum X_i = 0$$

$$X_B - S_{12} - S_{11}\cos\propto = 0$$

$$\sum Y_i = 0$$

$$S_{13} + S_{11}\sin\propto + Y_B = 0$$

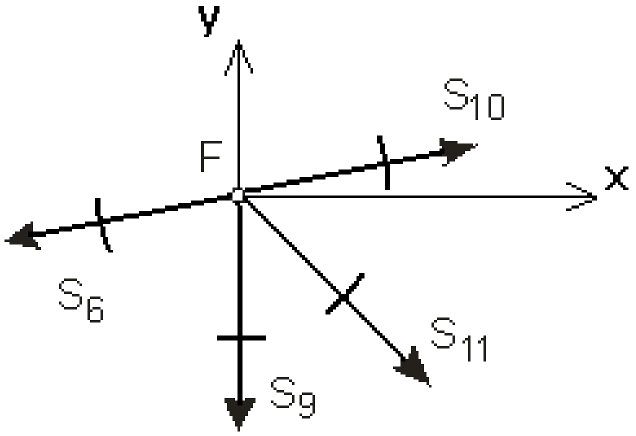
$$S_{11} = \frac{-S_{13} - Y_B}{\sin\propto} = \frac{-0{,}6684 - 7}{0{,}6401} = -11{,}980 \text{ кН.}$$

$$X_B - S_{12} - S_{11}\cos\propto = 0$$

$$S_{12} = X_B - S_{11}\cos\propto = 4 - (-11{,}980) * 0{,}7749 = 4 + 9{,}283 = 13{,}283\text{кН.}$$

Демек, таяк 11 кысылып, таяк 12 керилген.
F түйүнүн кесип алалы. Анын дизайн диаграммасы 26-сүрөттө көрсөтүлгөн.

Түйүн F



26-сүрөт

S_9 жана S_{12} күчтөрдүн ортосундагы бурч төмөнкү чоңдуктарга барабар:

$$tg\ 50^0\ 6^` = 1{,}1960$$

$$\sin 50^0 6^` = 0{,}7672$$

$$\cos 50^0\ 6^` = 0{,}6307$$

Салмактуу салыштыруу формасы бар

$$\sum X_i = 0$$

$$-S_6 \cos \propto + S_{10} \cos \propto + S_{11} \cos \propto = 0$$

$$S_6 = \frac{S_{10} \cos \propto + S_{11} \cos \propto}{\cos \propto} = \frac{-4{,}056 * 0{,}9861 + (-11{,}98) * 0{,}7672}{0{,}9861} = \frac{-3{,}999 - 9{,}19}{0{,}9861} = -13{,}375 \text{ кН.}$$

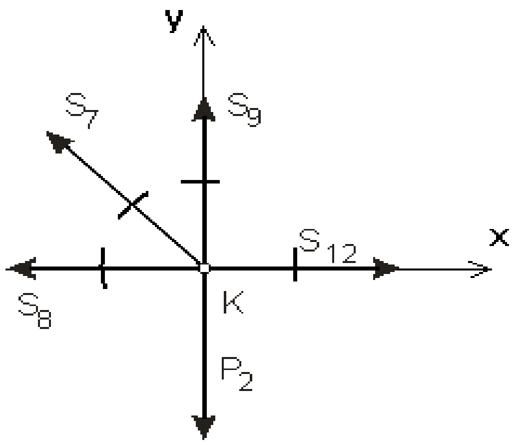
$$\sum Y_i = 0$$

$$-S_6 \sin \propto + S_{10} \sin \propto - S_9 - S_{11} \cos \propto = 0$$

$$S_9 = -S_6 \sin \propto + S_{10} \sin \propto - S_{11} \cos \propto = -(-13{,}362) * 0{,}1648 + (-4{,}056) * 0{,}1648 - (-11{,}964) * 0{,}6307 = 2{,}202 - 0{,}668 + 7{,}545 = 9{,}079 \text{ кН.}$$

9 жана 12 устундардагы күчтөр табылгандыктан, биз **К** түйүнүнө өтө алабыз Анын диаграммасы сүрөттө көрсөтүлгөн, 27-сүрөт.

Түйүн К



27-сүрөт

Күчтөрдүн ортосундагы бурч – S_7 жана S_8 төмөнкү чоңдуктарга барабар:

$$\cos\alpha = 0{,}833$$
$$\sin\alpha = 0{,}555$$

Салмактуу теңдемелердин формасы:

$$\sum X_i = 0$$
$$-S_7\cos\propto - S_8 + S_{12} = 0$$
$$S_8 = -S_7\cos\propto + S_{12} = -1{,}470 * 0{,}833 + 13{,}283 = 12{,}05 \text{ кН.}$$
$$\sum Y_i = 0$$
$$S_9 - P_2 + S_7\cos\propto = 0;$$

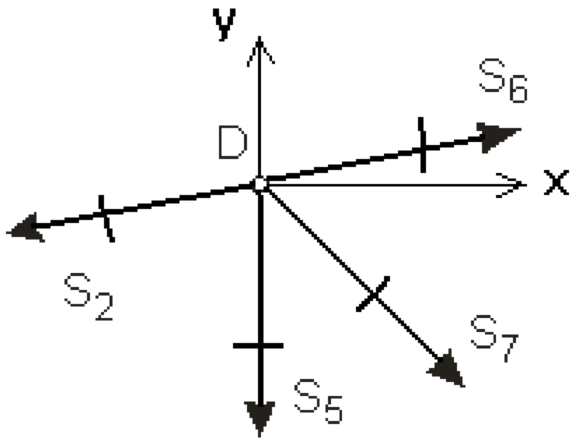
эгерде $\cos\alpha = 0{,}641$

$$S_7 = \frac{-S_9 + P_2}{\sin\propto} = \frac{-9{,}079 + 10}{0{,}641} = 1{,}43 \text{ кН.}$$

Бул учурда 7 жана 8 устундар тартылат.
6 жана 7 устундарындагы күчтөр табылгандыктан, биз D түйүнүнө өтө алабыз.

Анын конструкциялык схемасы 28-сүрөттө көрсөтүлгөн.

Түйүн D



28-сүрөт

Күчтөрдүн ортосундагы бурч S_5 жана S_7 төмөнкү чоңдуктарга барабар:

$$\cos\alpha = 0{,}555$$
$$\sin\alpha = 0{,}833$$

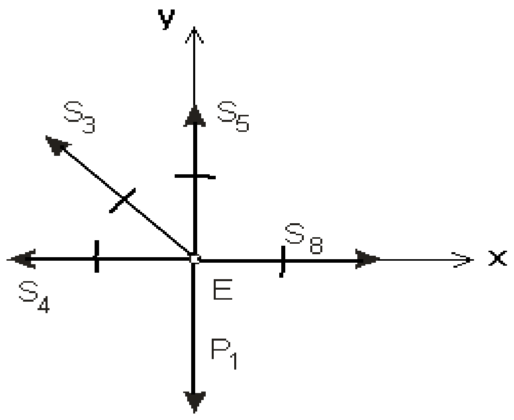
Салмактуу теңдемелердин формасы:

$$\sum X_i = 0$$
$$-S_2\cos\propto + S_6\cos\propto + S_7\sin\propto = 0$$
$$S_2 = \frac{S_6\cos\propto + S_7\sin\propto}{\cos\propto} = \frac{-13{,}375*0{,}986 + 1{,}43*0{,}833}{0{,}7857} = \frac{-13{,}18 + 1{,}19}{0{,}986} = -12{,}16\ кН.$$
$$\sum Y_i = 0$$
$$-S_2\sin\propto - S_5 - S_7\cos\propto + S_6\sin\propto = 0$$
$$S_5 = -S_2\sin\propto - S_7\cos\propto + S_6\sin\propto = -(-12{,}16)*0{,}1648 - 1{,}43*0{,}555 + (-13{,}362)*0{,}1648 = 2{,}002 - 0{,}79 - 2{,}202 = -0{,}59\ кН.$$

Анын диаграммасы 25-сүрөттө көрсөтүлгөн.
2 жана 5 устундар кысылган.
5 жана 8 устундарындагы күчтөр табылгандыктан, **Е** түйүнүнө өтө алабыз.

Анын конструкциялык схемасы 29-сүрөттө көрсөтүлгөн.

Түйүн Е



29-сүрөт

S_3 жана S_4 күчтөрдүн ортосундагы бурч төмөнкү чоңдуктарга барабар:

$$tg\, 26^0\, 36^{`} = 05008$$

$$\sin 26^0 36^{`} = 0{,}4479$$

$$\cos 26^0\, 36^{`} = 0{,}8957$$

Салмактуу теңдемелердин формасы:

$$\sum X_i = 0$$

$$-S_4 - S_3 \cos \propto + S_8 = 0$$

$$S_4 = -S_3 \cos \propto + S_8 = -(-12{,}48) * 0{,}8957 + (-4) = 8{,}4 \text{ кН.}$$

$$\sum Y_i = 0$$

$$S_3 \sin \propto + S_5 - P_1 = 0$$

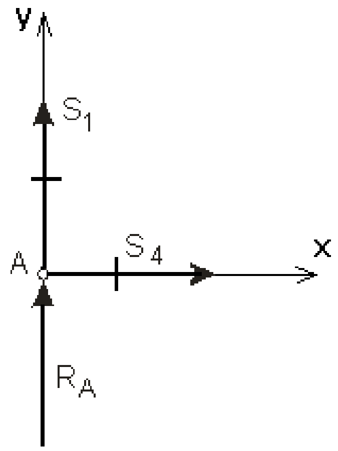
$$S_3 = \frac{P_1 - S_5}{\sin \propto} = \frac{5 - (-0{,}59)}{0{,}4479} = 12{,}48 \text{ кН.}$$

Бул учурда, 3 жана 4 устундар тартылат.

1 жана 4-устундарындагы күчтөр табылгандыктан, биз **D** түйүнүнө өтө алабыз.

Анын конструкциялык схемасы 27-сүрөттө көрсөтүлгөн.

Түйүн А



30-сүрөт

Салмактуу теңдемелердин формасы:

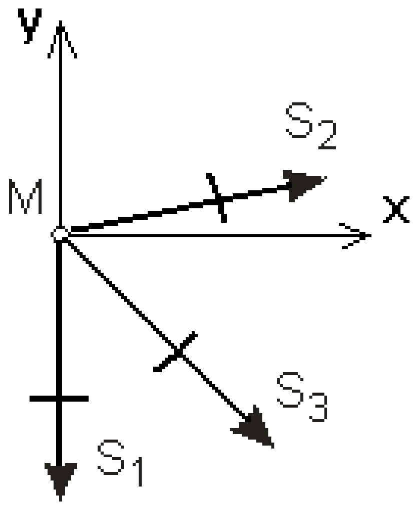
$$\sum Y_i = 0$$

$$S_1 + R_A = 0$$

$$S_1 = -R_A = -8 \text{ кН.}$$

Устун 1 кысылган. М түйүнүндөгү күчтөрдү аныктоодо теңдеме аркылуу мурунтан эле табылган S_1 күчтү текшеребиз.

Түйүн М



31-сүрөт

Салмактуу теңдемелердин формасы:

$$\sum Y_i = 0$$

$$S_2 \sin \propto - S_3 \cos \propto - S_1 = 0$$

$$S_1 = S_3 \cos \propto - S_2 \sin \propto = 12{,}48 * 0{,}447 - (-12{,}15) * 0{,}1648 = 5{,}57 + 2 = 7{,}57 \text{ кН.}$$

1-устундагы күчтүн маанилери дал келгендиктен, жүргүзүлгөн эсептөөлөр туура

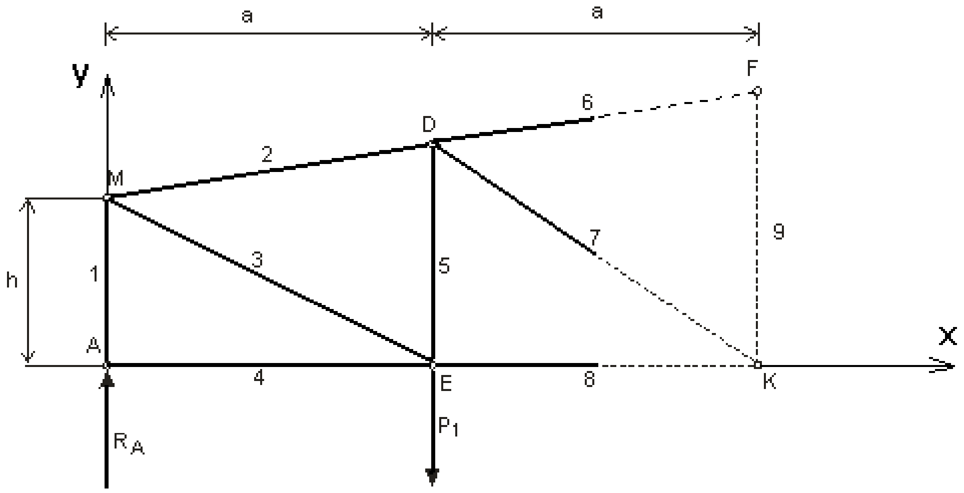
Белгиленген устундардагы күчтөрдү бөлүм ыкмасы менен текшерели. Бөлүмдө белгиленген таякчалар пайда болушу үчүн ферманы экиге бөлөбүз. Келгиле, оң бөлүгүн таштайлы, жана анын калган бөлүгүнө болгон аракетин 6, 7 жана 8 устундарындагы күчтөр менен алмаштыралы – S_6, S_7 жана S_8 (31-сүрөт). Бул учурда маселенин шартына ылайык, 6, 7, 12 устундардагы күчтөрдү табуу талап кылынат. Демек, 8 устун үчүн күчтөр табылган жок.

Тең салмактуу теңдемелерди түзүү үчүн биз теңдемелердин экинчи формасын колдонобуз.

$$\sum M_{(K)} = 0$$

$$-S_6 \cos \propto * 3{,}336 - R_A * 2a + P_1 * a = 0$$

$$S_6 = \frac{-8 * 8 + 20}{3{,}336 * 0{,}9861} = -13{,}375 \text{ кН.}$$



32-сүрөт

$$\sum M_{(F)} = 0$$

$$X_B * 3{,}336 - S_{12} * 3{,}336 + Y_B * a + P_3 * 0{,}664 = 0$$

$$\sum M_{(L)} = 0$$

$$-S_7 \cos \propto * 4a - P_1 * 4a + R_A * 3a = 0$$

$$S_7 = \frac{-P_1 * 4a + R_A * 3a}{4a * \cos \propto} = \frac{-5 * 16 + 8 * 12}{16 * 0{,}7857} = \frac{-80 + 96}{16 * 0{,}7857} = 1{,}27\text{кН}$$

$$S_{12} = \frac{X_B * 3{,}336 + Y_B * a + P_3 * 0{,}664}{3{,}336} = \frac{4 * 3{,}336 + 7 * 4 + 4 * 0{,}664}{3{,}336}$$

$$= \frac{13{,}344 + 28 + 2{,}656}{3{,}336} = 13{,}189 \text{ кН.}$$

Эки ыкма менен табылган 6, 7, 12 устундарындагы күч маанилери дал келген. Эсептөөнүн акыркы натыйжаларын 5-таблицада жалпылоого болот.

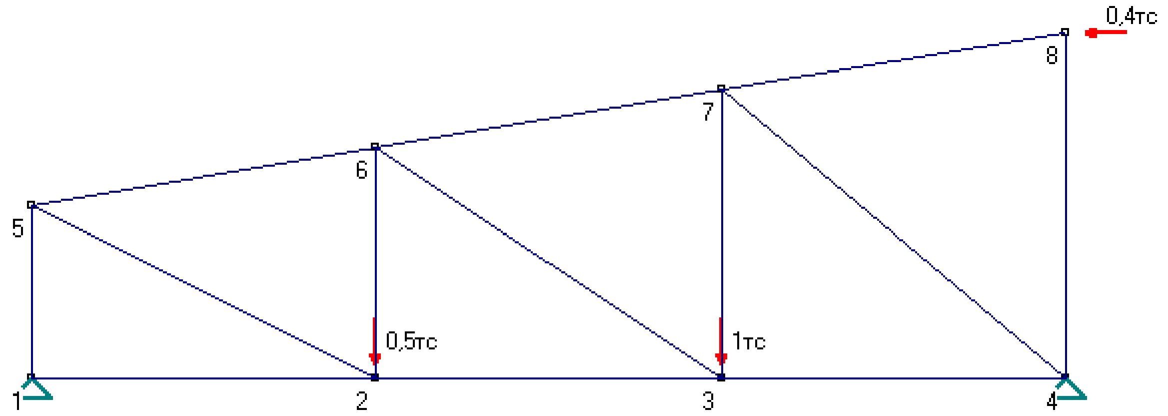
6 - таблица

Устундардын номери	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Күч / кН.	7,57	-12,1	12,48	8,4	-0.59	-13,4	-1,4	12,05	9,1	-4,056	-11,9	13,2	0,66

Эсептөө натыйжалары

Ферманын элементтерин эсептөө

1. – Баштапкы маалыматтар :



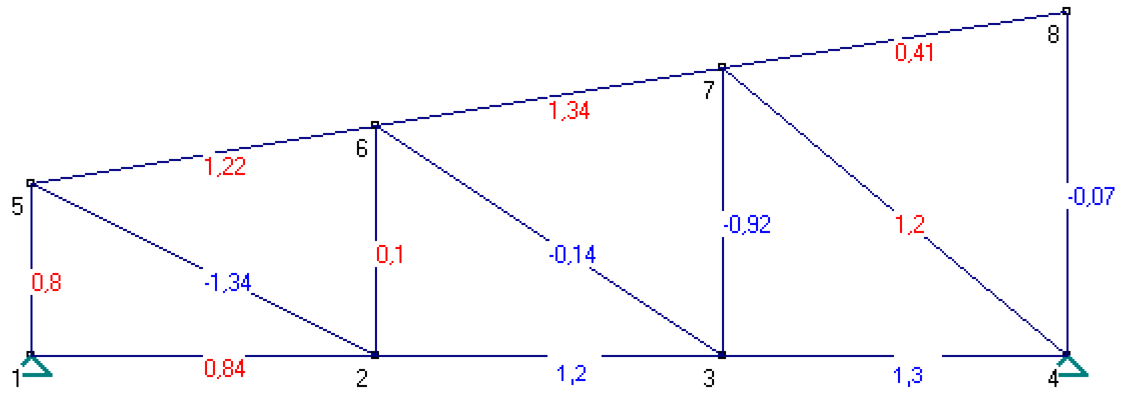
Системалык түйүндөрдүн тизмеси :

Түйүн номерлери	Координаттары X;У (м)	Туур. таасир кыл.күч (тс)	Узун.таас.кыл.күч (тс)	Тирөөч түрлөрү
1	X= 0; Y= 0	-	-	неподвижная
2	X= 4; Y= 0	0,5	0	-
3	X= 8; Y= 0	1	0	-
4	X= 12; Y= 0	-	-	неподвижная
5	X= 0; Y= 2	0	0	-
6	X= 4; Y= 2,67	0	0	-
7	X= 8; Y= 3,33	0	0	-
8	X= 12; Y= 4	0	-0,4	-

Системалык таякчалардын тизмеси :

1-түйүндүн ном.	2-түйүндүн ном.	Материал
1	5	Металл
5	6	Металл
5	2	Металл
1	2	Металл
2	6	Металл
6	7	Металл
6	3	Металл
2	3	Металл
3	7	Металл
7	8	Металл
7	4	Металл
3	4	Металл
4	8	Металл

2. – Корутундулар :



Таякчалардагы күчтөр :

1-түйүн, 2-түйүн	Берилген күчтөр (тс)
1, 5	0,8
5, 6	1,22
5, 2	-1,34
1, 2	0,84
2, 6	0,1
6, 7	1,34
6, 3	-0,14

2, 3	1,2
3, 7	-0,92
7, 8	0,41
7, 4	1,2
3, 4	1,3
4, 8	-0,07

1.6. Телонун оордук борборун аныктоо

1-6-варианттарда бирдей салмактагы окшош ичке өзөктөрдөн турган тегиздиктеги ферманын, 7-18, 24-30-варианттарда тегиздиктеги фигуралардын, 19-23 варианттарда көлөм боюнча оордук борборлорун аныктоо керек. 1-6 варианттарда өлчөмдөр метрде ал эми 7-30-варианттарда сантиметрде берилген.

Мисал катары 33-сүрөттө көрсөтүлгөн тегиздиктеги фигуранын оордук борборун аныктоо керек.

Чыгаруу: Тегиздиктеги фигуранын оордук борборун аныктоо үчүн төмөндөгү формулалардын жардамы менен аныктайбыз

$$x_C = S_y / F;$$

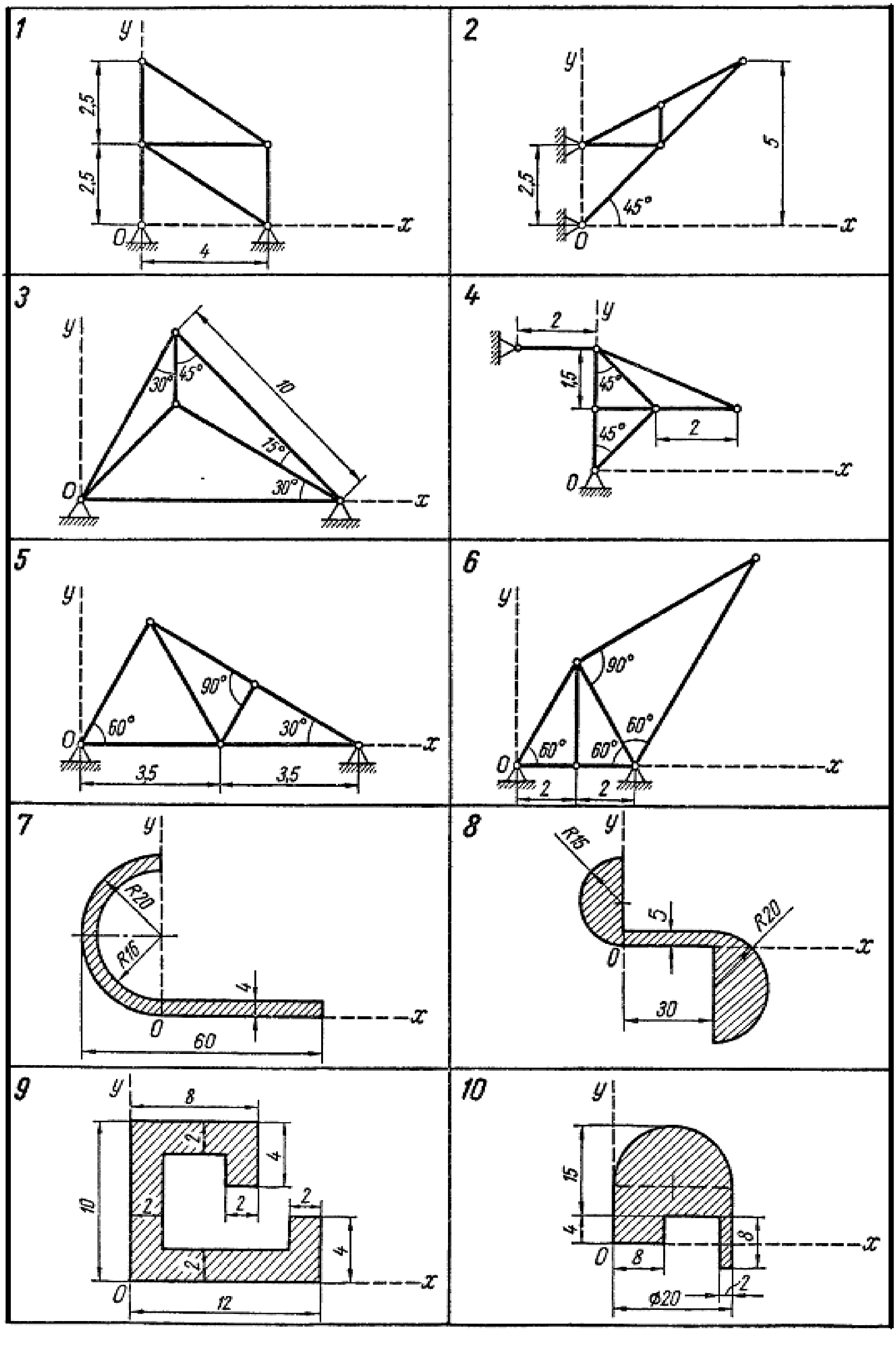
$$y_C = S_x / F.$$

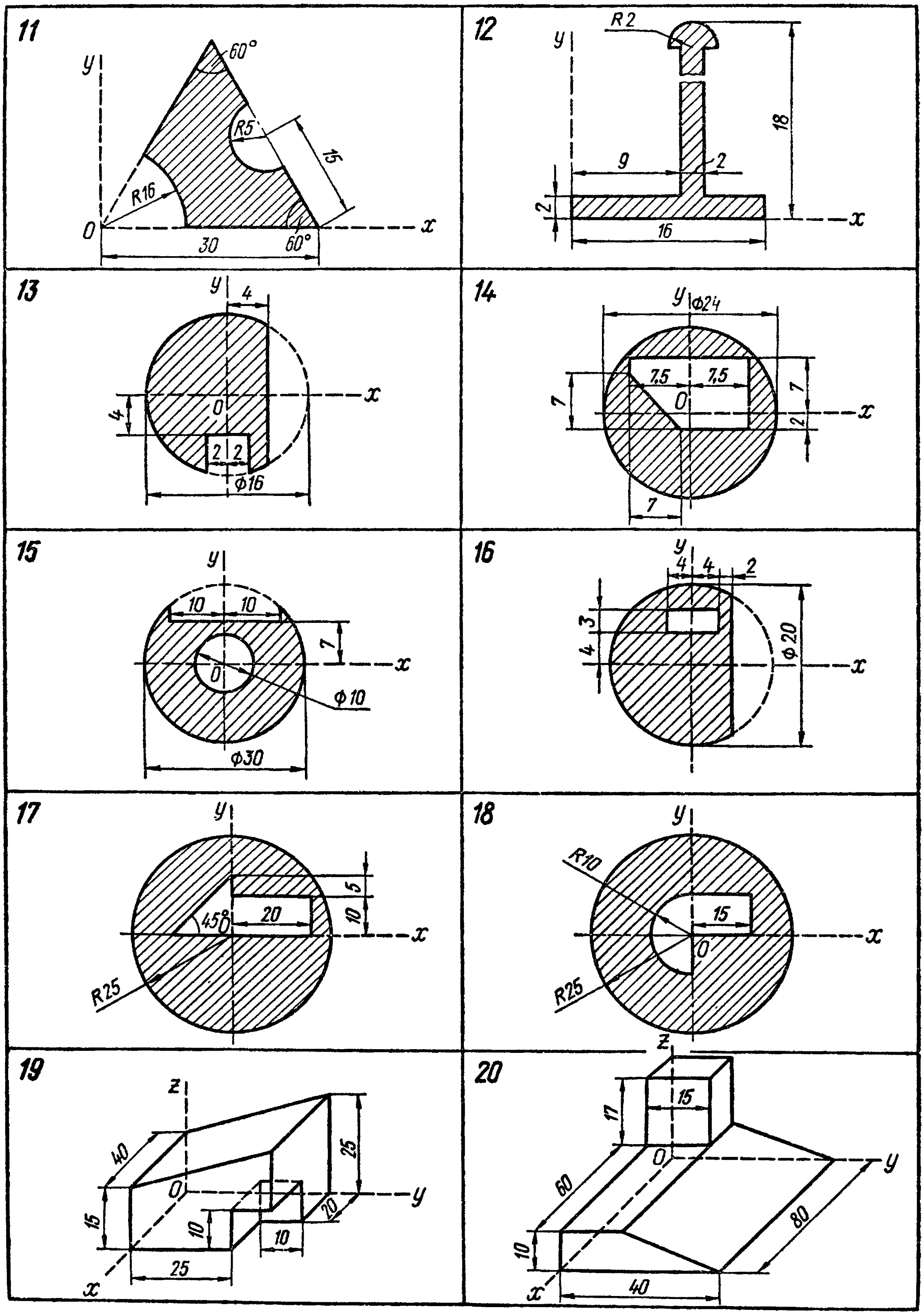
Бул жерде $S_y = \sum F_i x_i$, $S_x = \sum F_i y_i$ - y жана x окторуна карата фигуралардын статикалык моменттери.

1-формуланы колдонуу үчүн фигураны жөнөкөй фигураларга бөлүп карайбыз. Мында 3 жөнөкөй фигурага (төрт бурчтук, үч бурчтук жана жарым айлана) бөлүп карадык. Алардын оордук борборлору C_1, C_2, C_3 (33-сүрөттө) көрсөтүлгөн. Бардык эсептөөлөрдүн маанилерин 4-таблицага түшүрөбүз.

7 - таблица

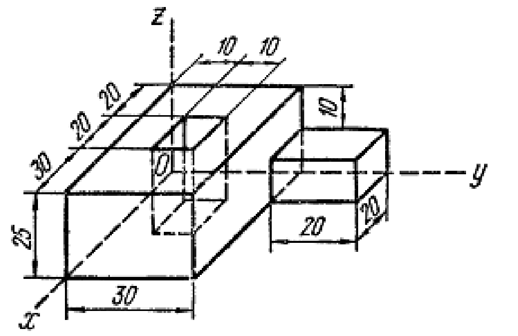
Элементтин номери	F_i, см^2	X_i, см^2	Y_i, см^2	$S_{iy} = F_i X_i$, см^3	$S_{ix} = F_i Y_i$, см^3
1	1500	25	15	37500	22500
2	-200	30	25	-6000	-5000
3	-157	30	15.8	-4710	-2480.6
$\sum$	1143	-	-	26790	15019.4


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
y
x
O
2,5
4
5
45°
30°
15°
10
1,5
2
60°
90°
3,5
R20
R16
60
R15
30
8
12
15
Ø20

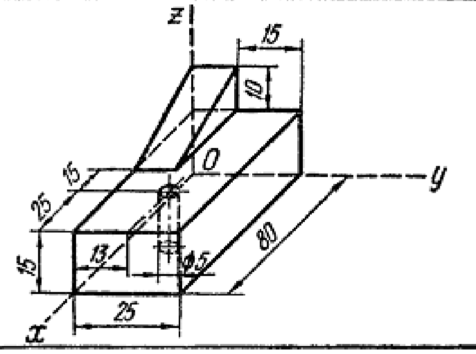


11
y
60°
R5
15
R16
0
x
30
60°
12
R2
y
18
9
2
2
16
x
13
y
4
x
4
0
2
2
Φ16
14
y
Φ24
7,5
7,5
7
0
7
2
x
7
15
y
10
10
7
0
x
Φ10
Φ30
16
y
4
4
2
3
4
Φ20
x
17
y
5
10
20
45°
0
x
R25
18
y
R10
15
x
0
R25
19
z
40
0
25
15
10
20
y
10
25
x
20
z
15
17
0
y
60
80
10
x
40

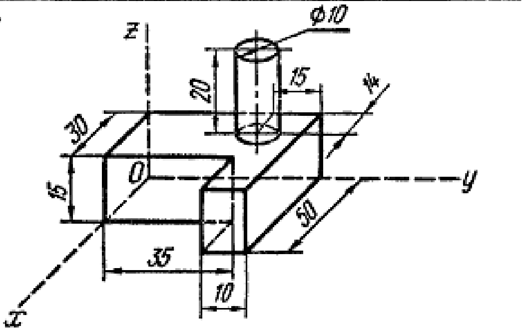
21



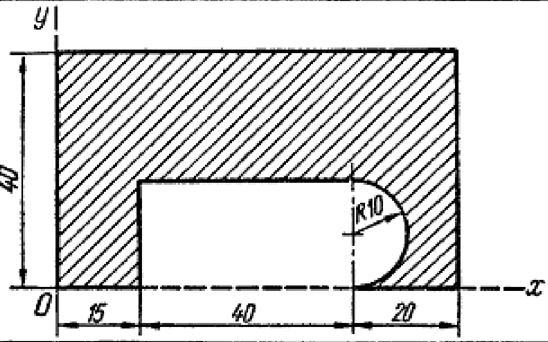
22



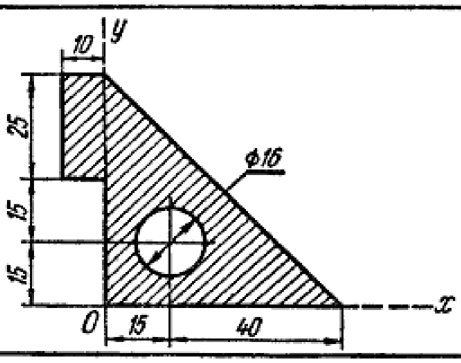
23



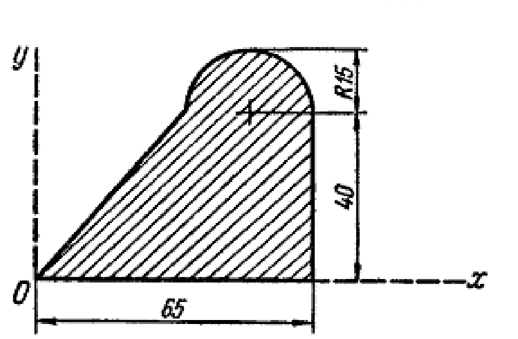
24



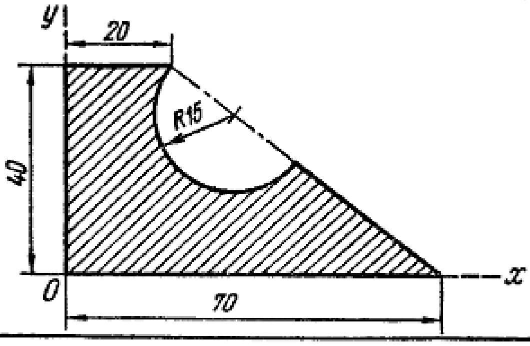
25



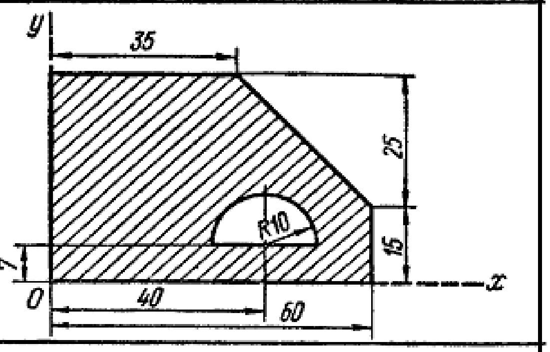
26



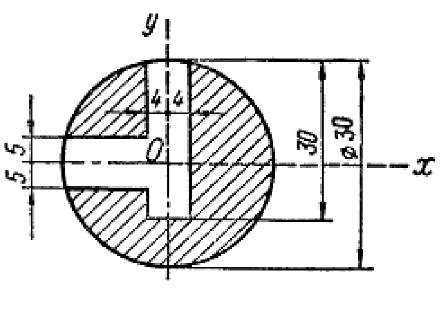
27



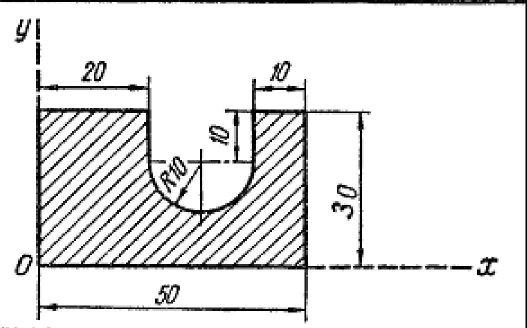
28

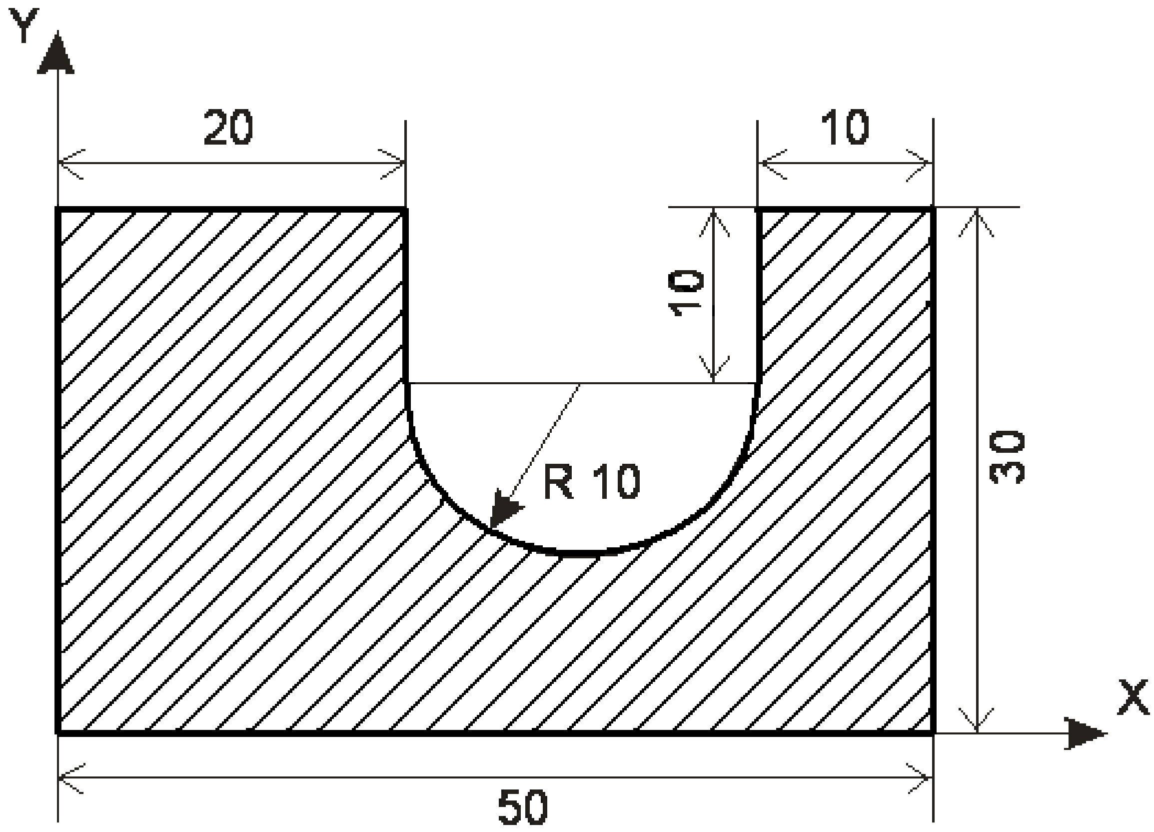


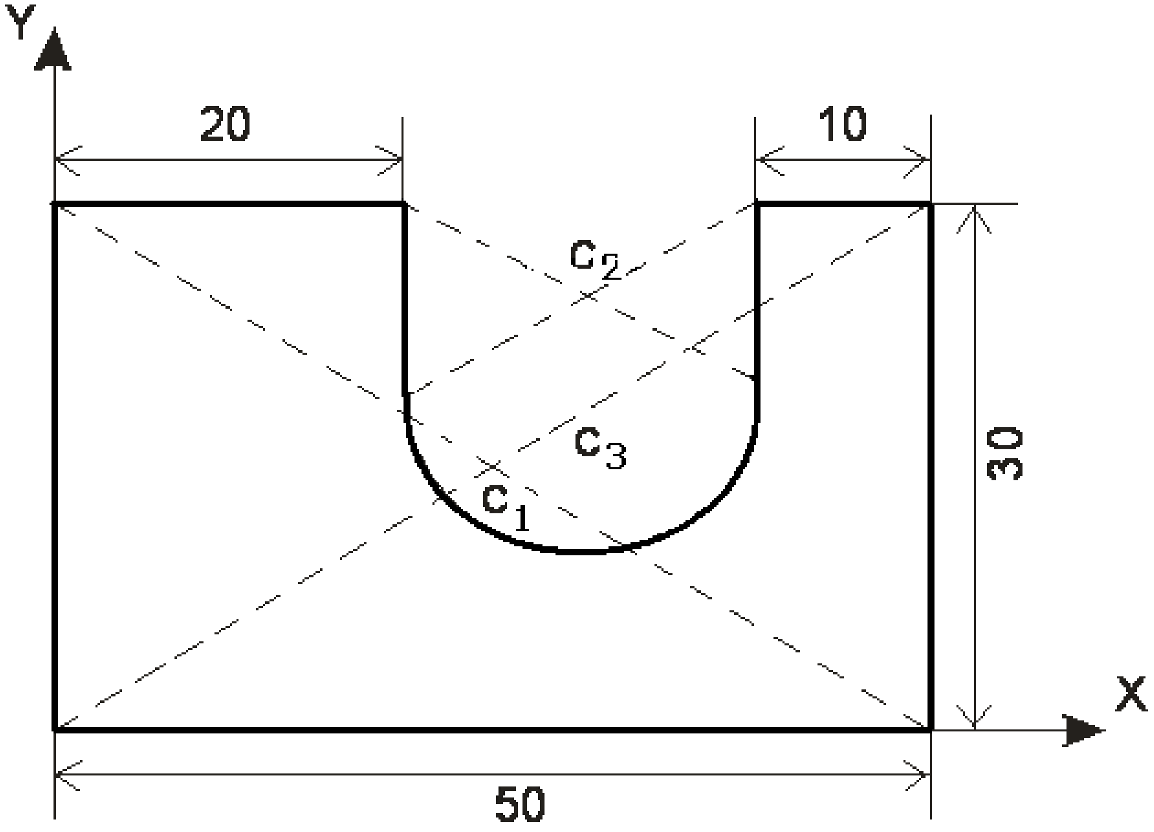
29



30

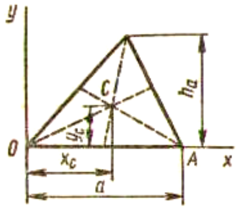
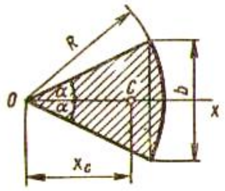
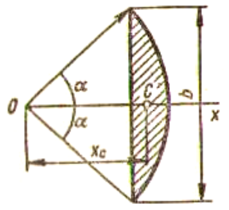






33-сүрөт

8 - таблица

Тегиздиктеги фигуралар		Аянт	Оордук борборунун координаталары
үч бурчтук		$F=\frac{1}{2}ah_a$	$y_C\frac{1}{3}h_a$ $x_C=\frac{1}{3}(x_1+x_2+x_3)$, x_1,x_2,x_3 - O, A, B чокуларынын координаталары
Айлананын сектору		$F=\alpha R^2$	$x_C=\frac{2R\sin\alpha}{3\alpha}=\frac{R^2b}{3F}$
	$\alpha=\pi/2$ (жарым айлана)	$F=\pi R^2/2$	$x_C=4R/(3\pi)$
	$\alpha=\pi/6$	$F=\pi R^2/6$	$x_C=2R/\pi$
Айлананын сегменти		$F=\frac{1}{2}R^2x$ x$(2\alpha-sin2\alpha)$	$x_C=\frac{4Rsin^3\alpha}{3(2\alpha-sin2\alpha)}=\frac{b^3}{12F}$

1-формуланын жардамы менен тегиздиктеги фигуранын оордук борборун аныктайбыз.

$$X_C=\frac{26790}{1143}=23{,}43\text{ см}$$

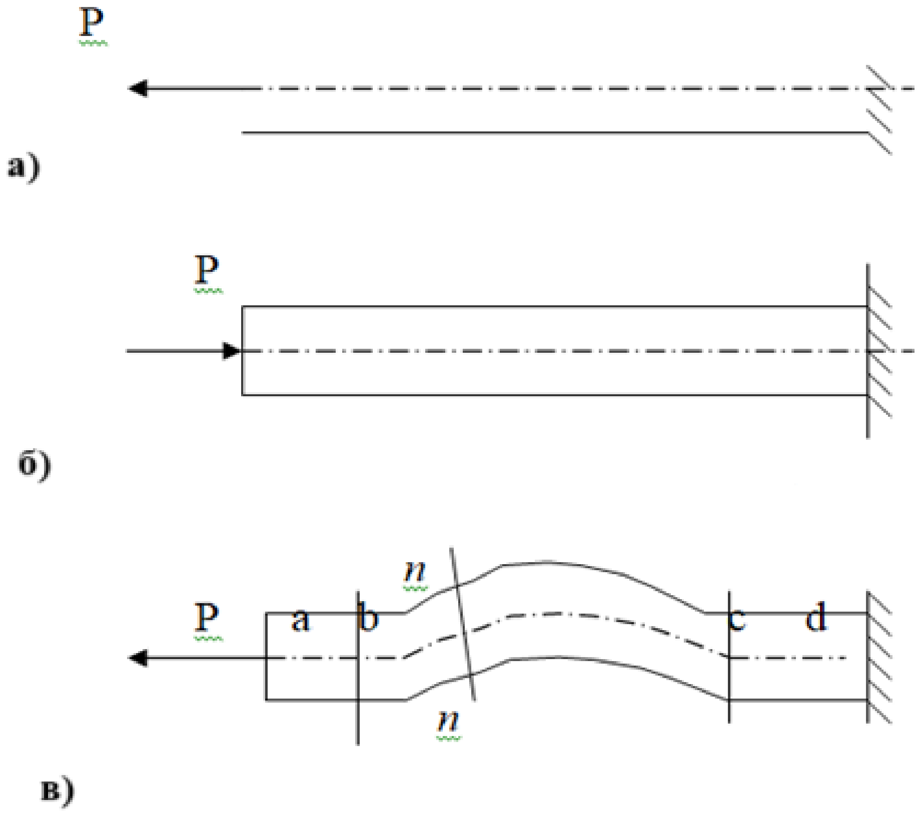
$$Y_C=\frac{15019{,}4}{1143}=13{,}14\text{ см}$$

Фигуранын оордук борбору 30-сүрөттө көрсөтүлгөн. Эсептик-графикалык тапшырмалардын кээ бир тегиздиктеринин аянттарынын оордук борборлорун аныктоо 5 – таблицада көрсөтүлгөн.

II-бөлүм.

2.1. Материалдардын каршылыгы. Чоюлуу жана кысылуу

Тартуу (же кысуу) — устундун туурасынан кесилишинде N гана узундуктагы күч пайда болгон, калган бардык ички күчтөр нөлгө барабар болгон деформациянын бир түрү.



34-сүрөт

34 – сүрөттө бир учуна бекитилген жана экинчи учуна анын огу боюнча багытталган P күчү менен жүктөлгөн түз устун көрсөтүлгөн.

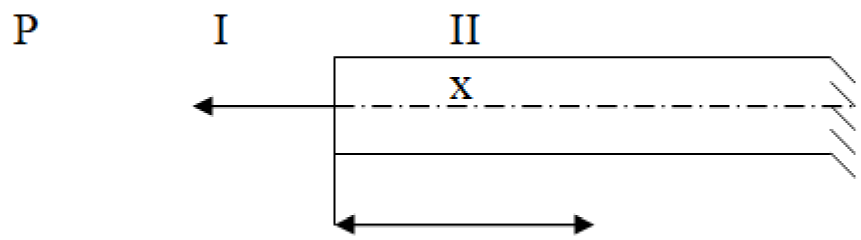
Бул устундун бардык кесилиштеринде бир гана узунунан созулган күчтөр пайда болот, демек, мындай устун анын бүт узундугу боюнча борборлоштурулуп тартылат. Карама-каршы багытталган күч P (34-сүрөт) менен устун бүт узундугу боюнча кысууну башынан өткөрөт.

(34-сүрөт) көрсөтүлгөн устун борбордук чыңалууну ab жана cd бөлүмдөрүндө гана сезет; бс кесиминде устун борборлоштурулган эмес, анткени, мисалы, p-p кесиминде узунунан кеткен күчтөн тышкары, туурасынан кеткен күч жана ийүү моменти да болот. Тартуу узунунан күчтөр оң, ал эми кысуу күчтөр терс деп эсептелет.

Берикти эсептөө жана устундун кесилиштеринин жылыштарын аныктоо үчүн анын узундугу боюнча узундуктагы күчтөрдүн өзгөрүү законун билүү керек.

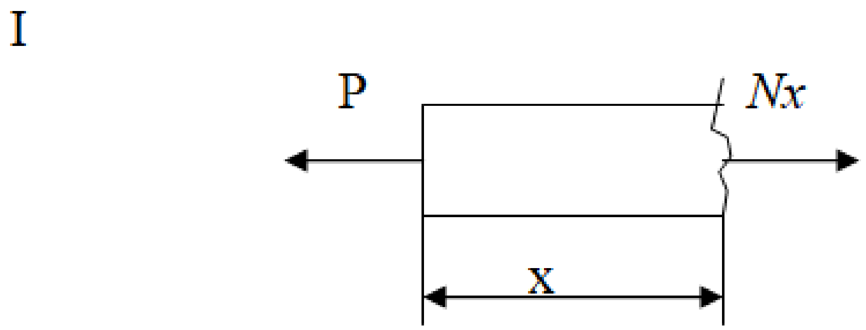
Кандайдыр бир кесимдеги нормалдуу күчтү эсептөө үчүн материалдардын бекемдигинин негизги ыкмасы – секциялар ыкмасы колдонулат. Бул ыкма төрт ырааттуу операциялардан турат:

1. Кадимки күчтүн N маанилерин аныктоону каалаган жерден экиге бөлүңүз.



35-сүрөт

2. Бул эки бөлүктүн бирин алып салыңыз (таштаңыз).



36-сүрөт

3. Устундун калган бөлүгүнө, тактап айтканда, кесүү жасалган участоктун оордук борборуна Nx нормалдуу күчтү колдонуңуз, ошону менен устундун ташталган бөлүгүнүн механикалык таасирин компенсациялаңыз.

4. Устундун калган бөлүгүнүн тең салмактуулук шарты колдонулат, тактап айтканда: устундун узунунан кесилишиндеги Nx узунунан күчтүн чоңдугу сан жагынан анын узунунан кеткен огунун бардык тышкы узунунан чыккан огуна проекцияларынын алгебралык суммасына барабар күчтөр.

Устундун узундугу боюнча кесилиштеринде узунунан күчтүн өзгөрүү законун көрсөткөн график узунунан күчтөрдүн диаграммасы деп аталат.

Бул графикти курууда аргумент кесилишинин координаты, ал эми функция узунунан келген күч болуп саналат. Эгерде N нормалдуу күч минус белгисине ээ болуп чыкса, анда анын багытын тескери буруш керек жана андан кийин гана диаграмма түзүлүшү керек экендигин эске алыңыз.

Нормалдуу чыңалуу

Устундун кесилиштеринде анын чыңалуусу (кысылуу) учурунда σх гана нормалдуу чыңалуулар пайда болот. Устун ыктыярдуу кесилишиндеги нормалдуу чыңалуунун мааниси бул кесимдеги Nx узунунан келген күчтүн анын Fx аянтына болгон катышы менен аныкталат деп кабыл алынат, б.а.

$$\sigma_x = \frac{Nx}{Fx}$$

σх үчүн белги эрежеси Nx үчүн бирдей.

Күч өлчөмү кг/см2 же кг/мм2. Өлчөө бирдиктеринин эл аралык системасын колдонууда - Н/м2 же МН/м2.

Устундун узундугу боюнча кесилиштериндеги нормалдуу чыңалуулардын өзгөрүү законун көрсөткөн график нормалдуу чыңалуу диаграммасы деп аталат.

Узунунан кыймылдар

Устун материалы Гуктун мыйзамына баш ийүүсүн эске алуу менен устун узунунан кеткен абсолюттук деформациясынын чоңдугун төмөнкү формула менен аныктоого болот:

$$\Delta\ell=N\ell/(EF)$$

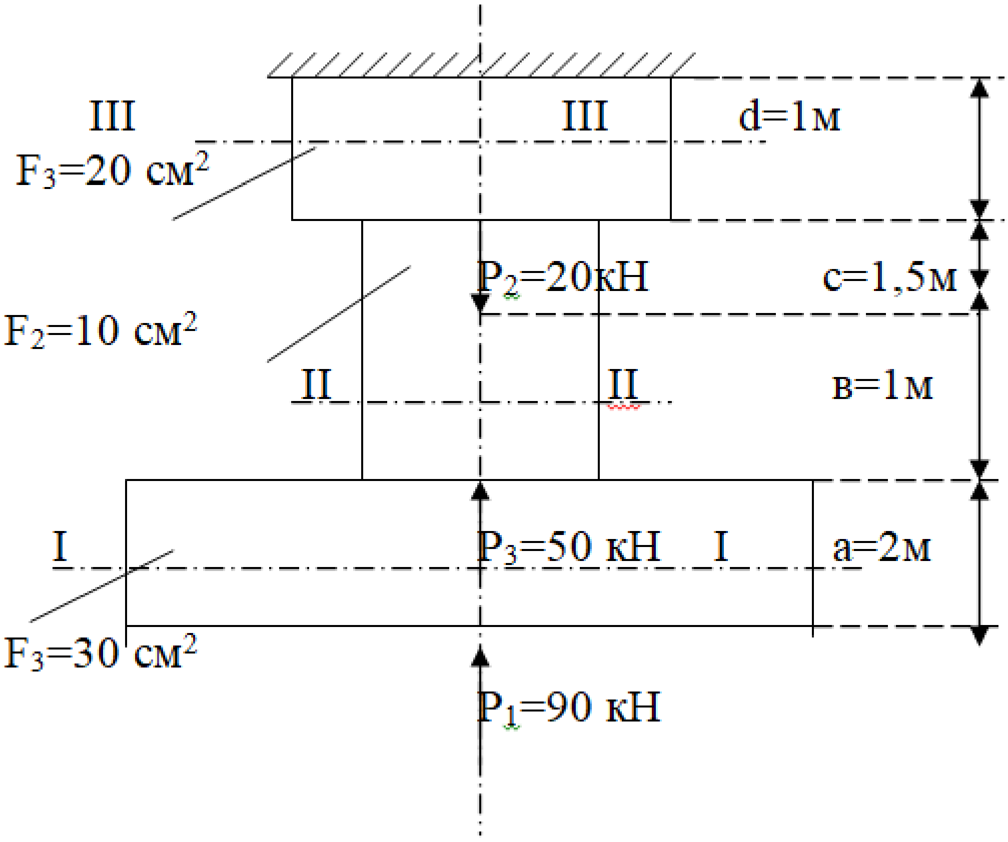
Бул формула ℓ узундуктун бүт кесилишинде узунунан күчтөр N жана устундун кесилишинин EF катуулугу туруктуу болгондо гана колдонулат.

Мисал: P1, P2, P3 топтолгон күчтөр жүктөлгөн болот устун үчүн, 46 – сүрөттө көрсөтүлгөн.

1. Устундун кесилиштериндеги N узунунан күчтөрдүн, нормалдуу чыңалуулардын σ диаграммаларын жана бул кесимдердин жылыштарын түзүңүз.
2. Кооптуу бөлүмдү табыңыз.
3. Кооптуу участоктун кооптуу чекиттеринин бекемдик шартын түзүңүз жана кесилишинин F аянтын аныктаңыз (жол берилген кысуу чыңалуу [σ]компрессор = 20 мПа кабыл алынат)

Тартуу [σ]р=160 мПа.

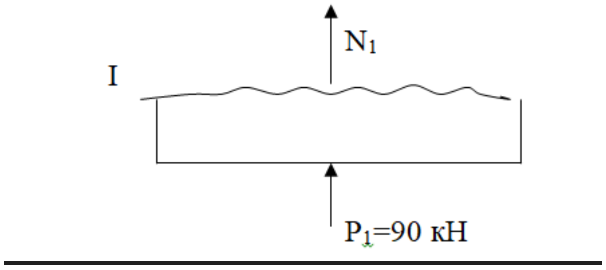
Устун өз салмагын эсепке албастан маселени чечели. E=2•105mPa алыңыз.



37-сүрөт

Чыгаруу:

Бөлүм I-I

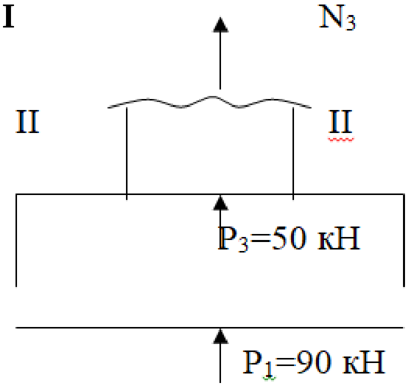


$N_1+P_1=0$

$N_1=-P_1=-90$ кН

$$\sigma_1=\frac{N_1}{F_3}=\frac{-90\cdot10^3}{(30\cdot10^{-4})}=-3\cdot10^7\ Па=-30\ \ мПа$$

Бөлүм II-II

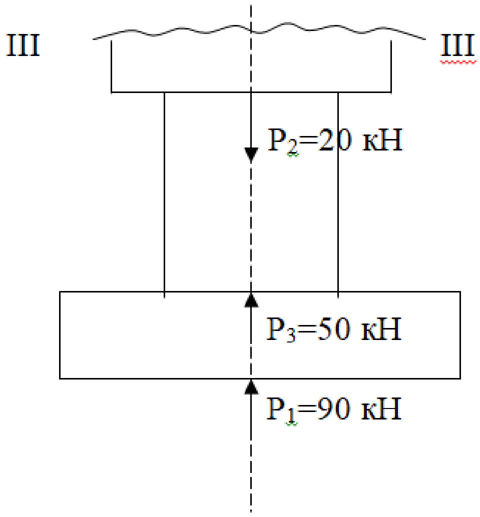


$N_2+P_3+P_1=0$

$N_2=-P_3-P_1=-90-50=-140$ кН

$$\sigma_2 = \frac{-N_2}{F_2} = \frac{-140\cdot 10^3}{(10\cdot 10^{-4})} = -14\cdot 10^7\ Па = -140\ \ мПа$$

Бөлүм III-III



$N_3+P_1+P_3-P_2=0$

$N_3=P_3-P_1-P_3=20-90-50=-120$кН

$$\sigma_3 = \frac{-N_3}{F_3} = \frac{-120\cdot 10^3}{(20\cdot 10^4)} = -6\cdot 10^7\ Па = -60 мПа$$

Биз устундун кысылган учунан узунунан жылышты аныктай баштайбыз.

1) $$\ell_1 = \frac{N\cdot 1}{E\cdot F} = \frac{N_3\cdot d}{E\cdot F_3} = \frac{-120\cdot 10^3\cdot 0}{2\cdot 10^{11}\cdot 20\cdot 10^{-4}} = 0$$

бул жерде: Берилген кесимдин

N-узундук күчү;

ℓ-бөлүмдүн узундугу;

Материалдын ийкемдүүлүгүнүн электрондук модулу;

F - устундун кесилишинин аянты;

2) $\ell_2 = \frac{N_3 \cdot d}{E \cdot F_3} = \frac{-120 \cdot 10^3 \cdot 1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 20 \cdot 10^{-4}} = -3 \cdot 10^{-4} = -0{,}03 см$

3) $\ell_3 = \frac{N_2 \cdot C}{E \cdot F_2} + \frac{N_3 . d}{E \cdot F_3} = \left(\frac{-140 \cdot 10^3 \cdot 1.5}{2 \cdot 10^{11} \cdot 10^{-4}}\right) + \left(\frac{-120 \cdot 10^3 \cdot 1}{2 \cdot 10^{11} 20 \cdot 10^{-4}}\right) = \left(-10.5 \cdot 10^{-4}\right) + \left(-3 \cdot 10^{-4}\right) =$

$= -13{,}5 \cdot 10^{-4} = -0.135 см$

4) $\ell_4 = \frac{N_2 \cdot (c+b)}{E \cdot F_2} + \frac{N_3 \cdot d}{E \cdot F_3} = \left(\frac{-140 \cdot 10^3 \cdot 2{,}5}{2 \cdot 10^{11} \cdot 10 \cdot 10^{-4}}\right) + \left(\frac{-120 \cdot 10^3 \cdot 1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 20 \cdot 10^{-4}}\right) = (-17{,}5 \cdot 10^{-4}) + \left(-3 \cdot 10^{-4}\right) =$

$= -20{,}5 \cdot 10^{-4} м = -0.205 см$

5) $\ell_5 = \frac{N_1 \cdot a}{E \cdot F_3} + \frac{N_2 \cdot (c+b)}{E \cdot F_2} + \frac{N_3 \cdot d}{E \cdot F_3} = \left(\frac{-90 \cdot 10^3 \cdot 2}{2 \cdot 10^{11} \cdot 30 \cdot 10^{-4}}\right) + \left(\frac{-120 \cdot 10^3 \cdot 1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 20 \cdot 10^{-4}}\right) + \left(\frac{-120 \cdot 10^3 \cdot 1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 20 \cdot 10^{-4}}\right) =$

$= \left(-3 \cdot 10^{-4}\right) + \left(-17{,}5 \cdot 10^{-4}\right) + \left(-3 \cdot 10^{-4}\right) = -23{,}5 \cdot 10^{-3} см$

II. Кооптуу бөлүм II-II бөлүмдөр.

кайда; N2=14 0kN; σ2=140 мПа

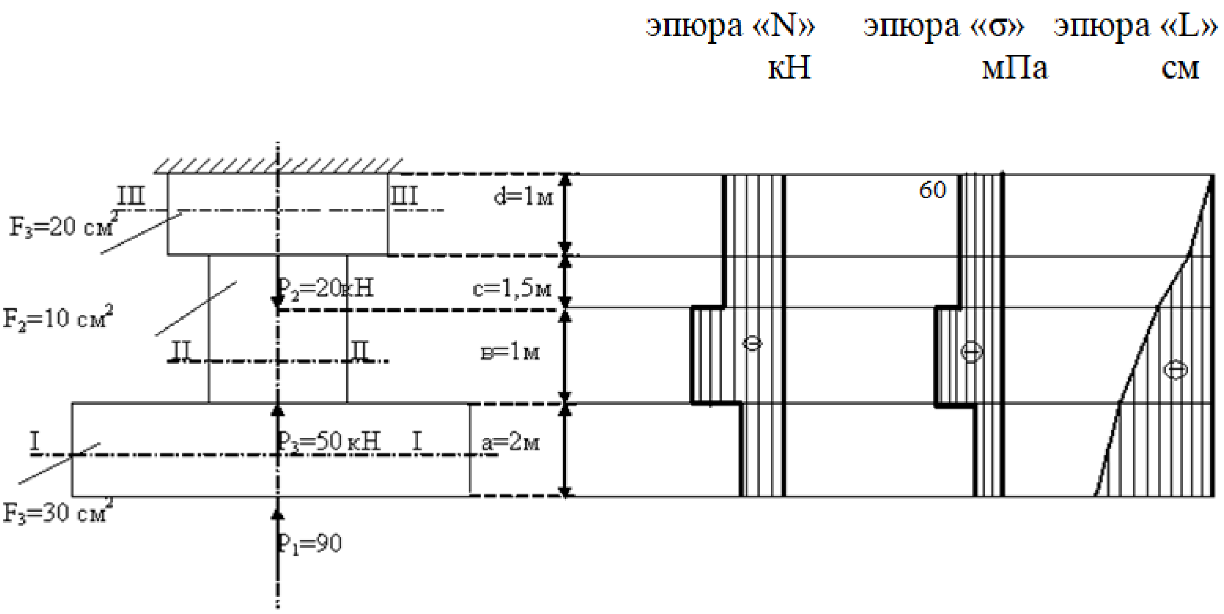
III. Секцияларды тандоодо элементтин кесилиштеринен талап кылынган аймактар [F] аныкталат (белгилүү узунунан келген күчтөрдү жана жол берилген чыңалууну [σ] колдонуу менен σ диаграммасынын анализинен II-II бөлүм коркунучтуу экени келип чыгат);

кайда; N2=140 кН, σ2=140 мПа

Кооптуу чекит үчүн күч шарты: σmax=N2/Fop≤[σ]com

Оптималдуу аймак созулган чекиттеги күчтүн абалынан Fop.

$$F_{оп} \geq \frac{140}{20} = 7 см^2$$

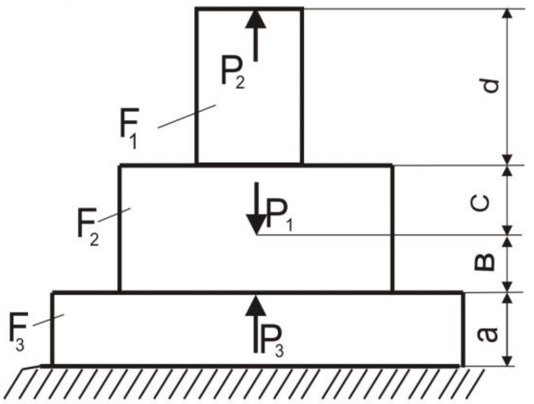


38-сүрөт

9 - таблица

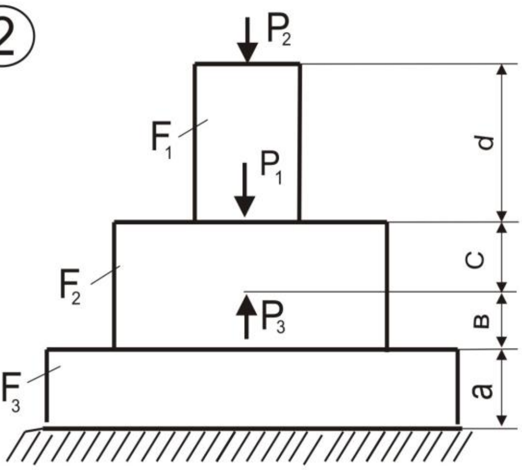
№ учебной группы	P_1 кг	P_2 кг	P_3 кг	A м	B м	C м	D м	F_1 $см^2$	$\frac{F_2}{F_1}$	$\frac{F_3}{F_1}$
1	200	500	200	3	1	0,5	1	12	2	1
2	300	600	400	2	2	1,5	0,5	13	1	2
3	400	700	300	1	3	4	2	14	1,5	3
4	500	600	300	2	1,5	1	2	15	2	1,5
5	800	200	500	3	0,5	1	0,5	16	1,5	1,5
6	900	300	400	2	1	2	0,5	17	2	2
7	600	700	200	4	1	1	0,5	13	3	1,5
8	500	300	400	1	4	3	1	19	2	3
9	600	800	400	2	1,5	1	1,5	20	3	2
10	900	200	500	2	0,5	0,75	0,5	10	2	2

1



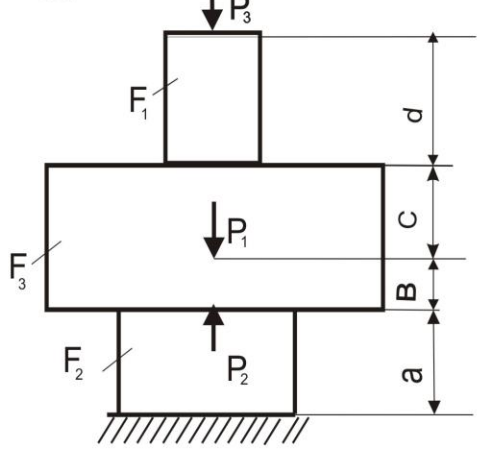
P2
F1
F2
P1
F3
P3
d
c
в
a

2



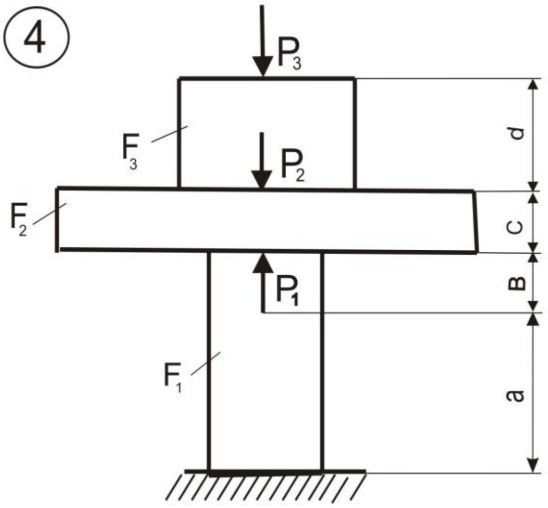
P2
F1
P1
F2
P3
F3
d
c
в
a

3



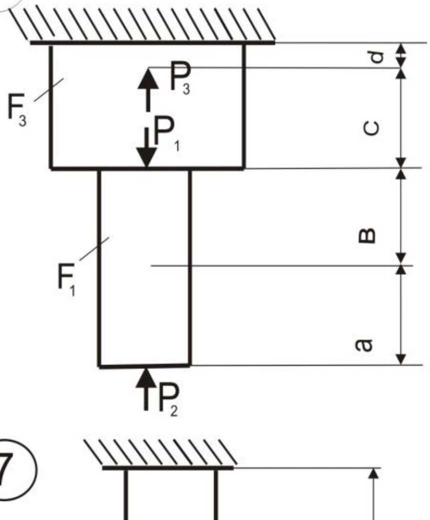
P3
F1
F3
P1
F2
P2
d
c
в
a

4



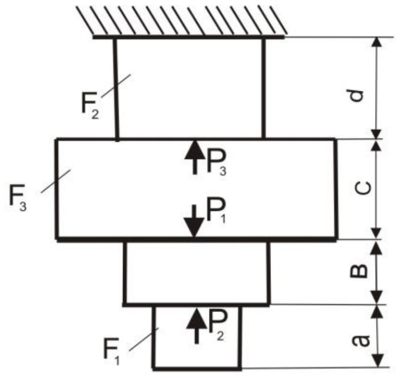
P3
F3
P2
F2
P1
F1
d
c
в
a

5



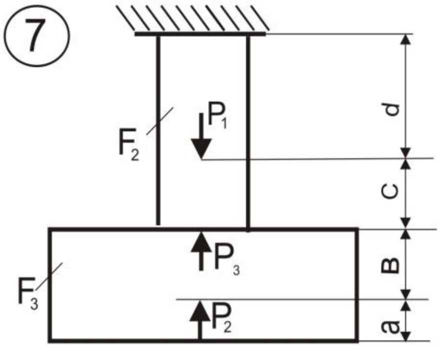
F3
P3
P1
F1
P2
d
c
в
a

6



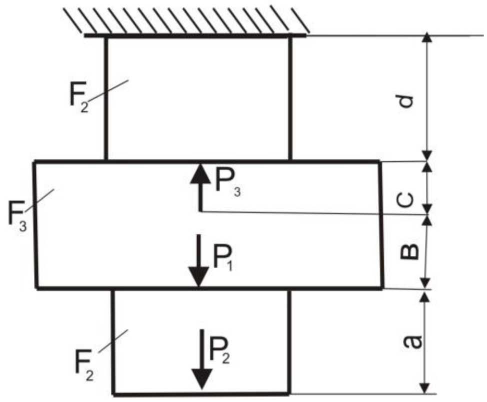
F2
F3
P3
P1
P2
F1
d
c
в
a

7



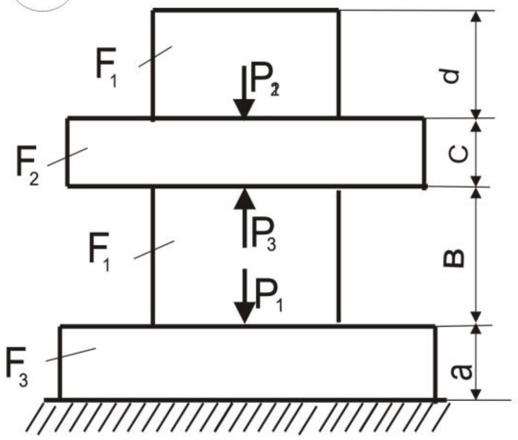
F2
P1
F3
P3
P2
d
c
в
a

8

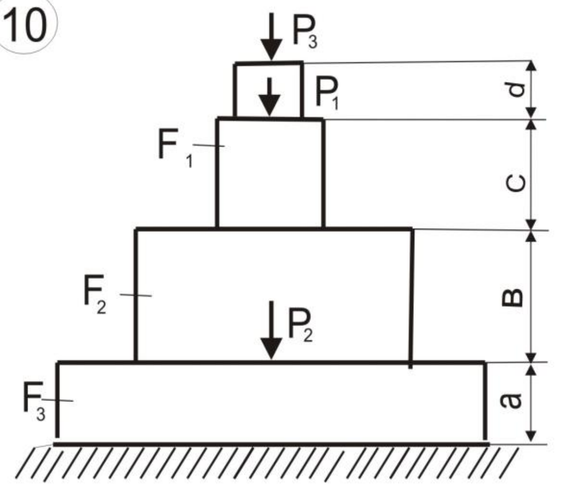


F2
F3
P3
P1
F2
P2
d
c
в
a

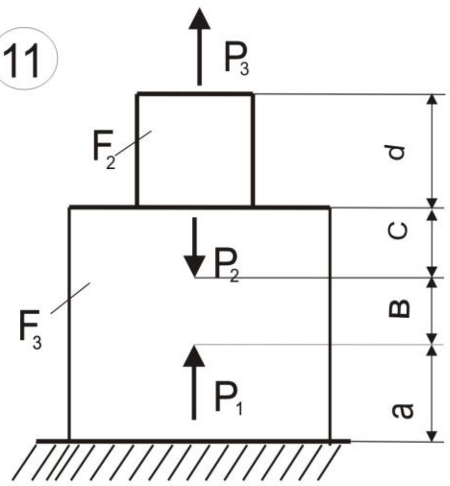
9



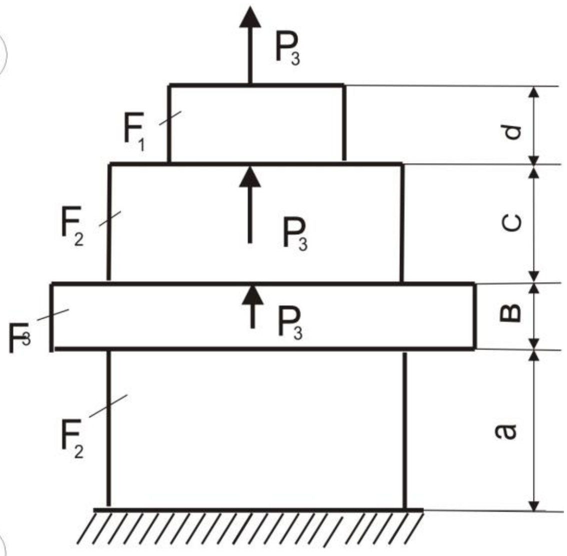
10



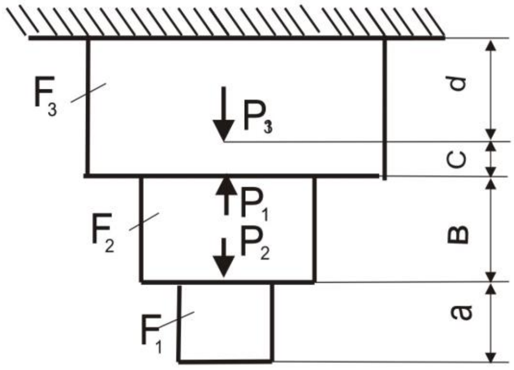
11



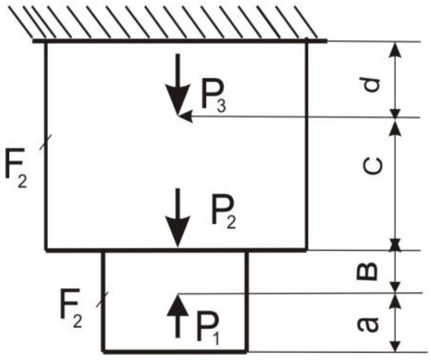
12



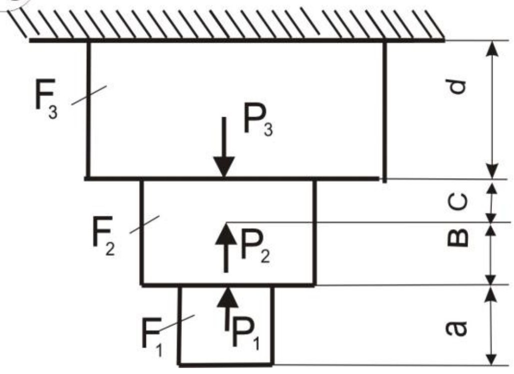
13



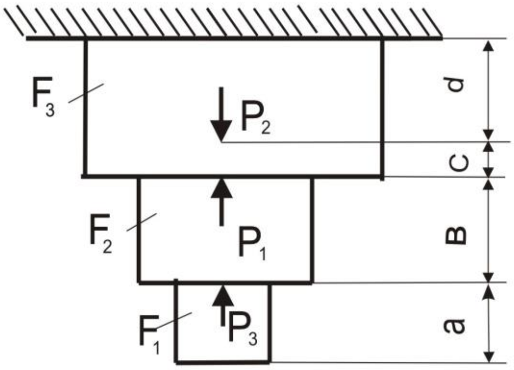
14



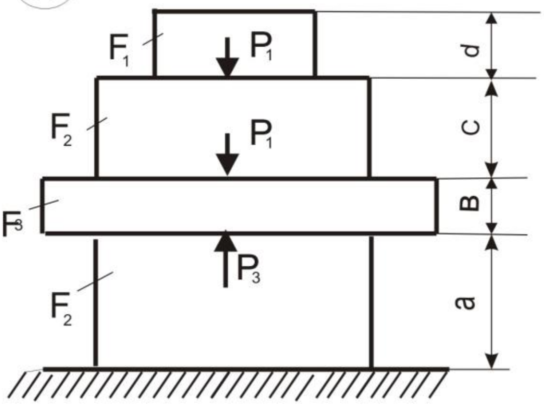
15



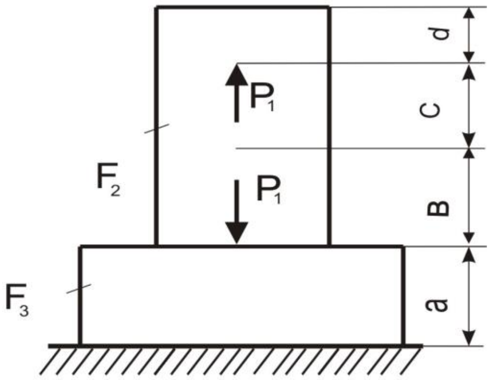
16



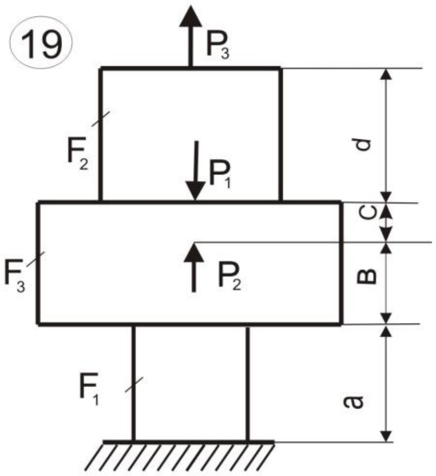
17



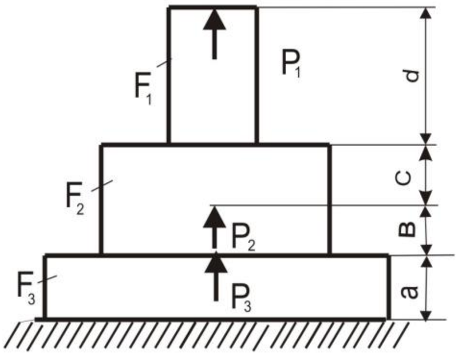
18



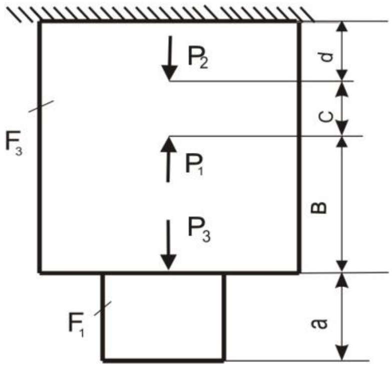
19



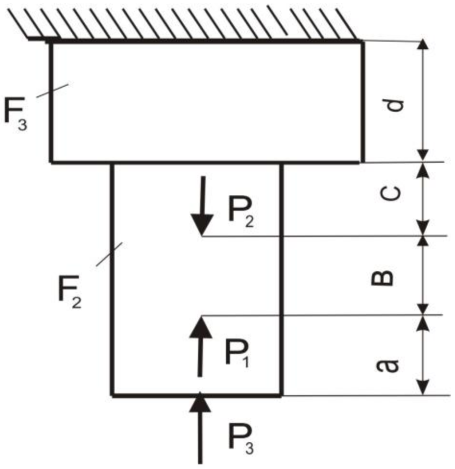
20



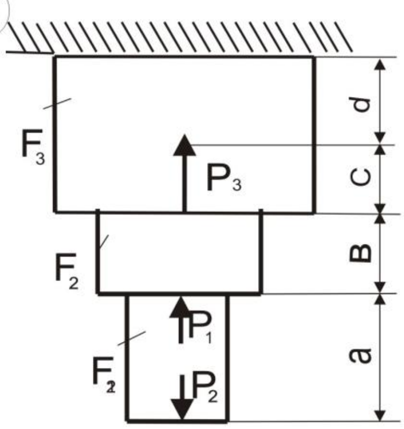
21



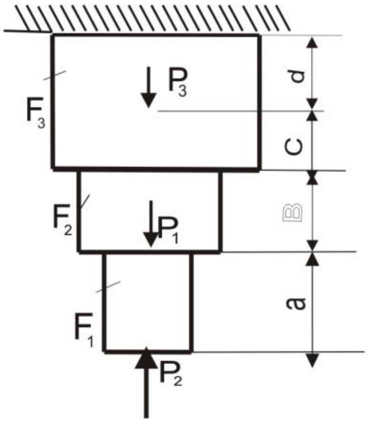
22



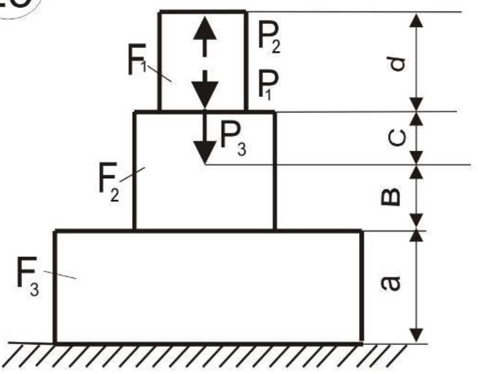
23



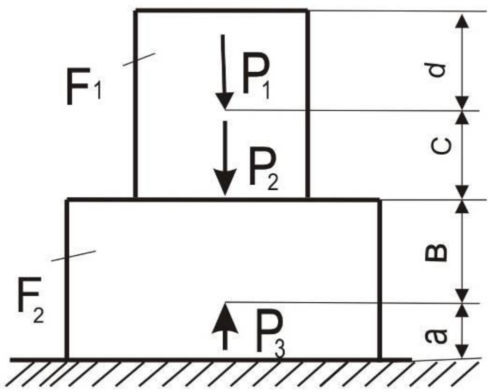
24



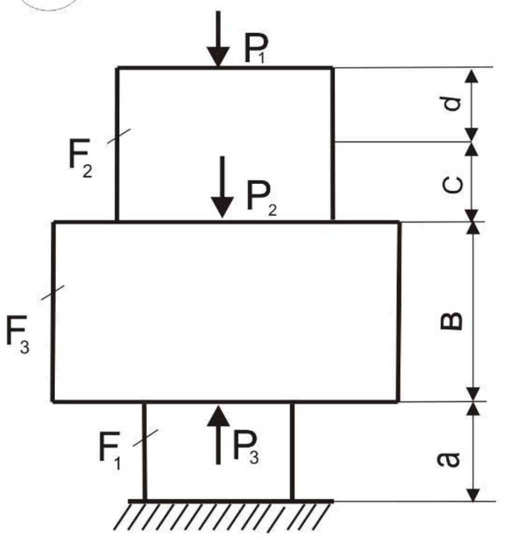
25



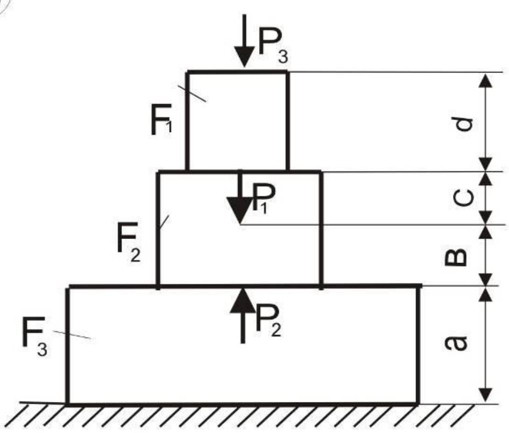
26



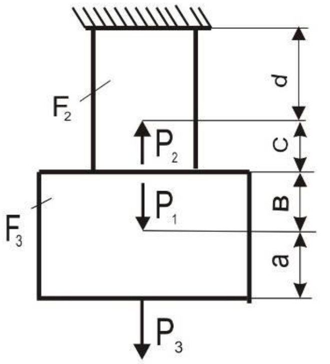
27



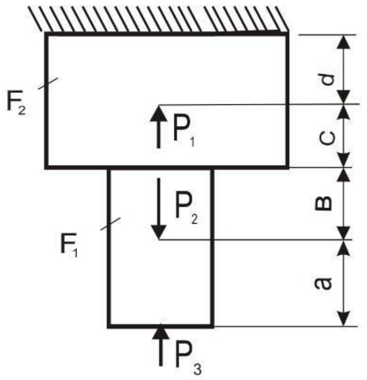
28



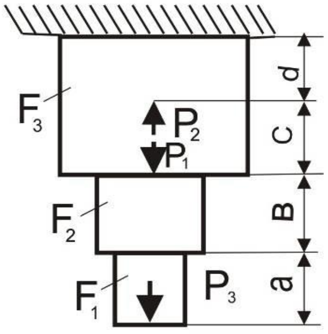
29



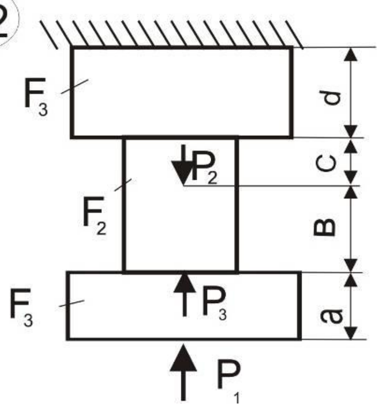
30



31



32



2.2. Статикалык аныкталбаган системаны чектик абалы боюнча эсептөө

Жеке таякчалардын, ошондой эле чыңалуу жана кысуу шартында иштеген конструкциялардын күчүн эсептөөнүн эки белгилүү ыкмасы бар. Уруксат берилген чыңалуулардын негизинде эсептөө жана максималдуу жүктөмдөрдүн негизинде эсептөө.

Уруксат берилген чыңалууга жана көтөрүү жөндөмдүүлүгүнө негизделген бекемдикти эсептөөлөрдөгү айырма коркунучтуу абал катары кабыл алынган таяктын деформацияланган абалынын стадиясындагы айырмачылыкта болот. Уруксат берилген чыңалууларды эсептөө конструкциялардын бекемдигин эң коркунучтуу участоктордо гана баалоого негизделет. Кооптуу бөлүмдөгү эң жогорку чыңалуу жол берилген стресс менен салыштырылат. Уруксат берилген чыңалуулардын негизинде күчтүү эсептөө ыкмасы, албетте, структуралардын бекемдигин камсыз кылат, бирок көп учурларда анын бардык мүмкүнчүлүктөрүн сарамжалдуу пайдаланууга мүмкүндүк бербейт жана көп учурда ашыкча салмакка алып келет.

Максималдуу жүктөрдү эсептөө бүтүндөй бүт структуранын күчүн баалоого негизделген. Бул ыкма машина курууда барган сайын кеңири таралып жатат, айрыкча түшүмдүүлүк аянттуу материалдарды колдонууда. Морт материалдан жасалган устундар үчүн эки эсептөө ыкмалары бирдей натыйжага алып келет. Ар кандай пластикалык материалдан жасалган устундар үчүн. Максималдуу жүктөмдөрдүн негизинде эсептөө конструкциялардын салмагын азайтууга мүмкүндүк берет, муну менен уруксат берилген чыңалуулардын негизинде эсептөөдө колдонулбаган кошумча бекемдик запастары ачылат.

Уруксат берилген чыңалууга негизделген бекемдикти эсептөөдө, уруксат берилген жүк эң жогорку чыңалуу жол берилген чыңалууга барабар болгон жүк деп эсептелет. Бул учурда, уруксат берилген чыңалуу коопсуздук коэффициентине [n] бөлүнгөн чыңалууга барабар алынган.

$$[\sigma]=\frac{\sigma_T}{[n]}$$

устундун кесилишинин коркунучтуу чекитиндеги чыңалуу жол берилгенге барабар болгон жүк [P] уруксат берилген жүк деп аталат.

Бул эсептөө жол берилген стрессти эсептөө деп аталат. Эгерде чыңалууда иштеген устундун коркунучтуу участогунда тилкеге бирдей таралган чыңалуу σT маанисине жетсе, анда устундун бүт жүк көтөрүмдүүлүгү колдонулат.

Бул учурда:

$$P_{пред}=P_T$$

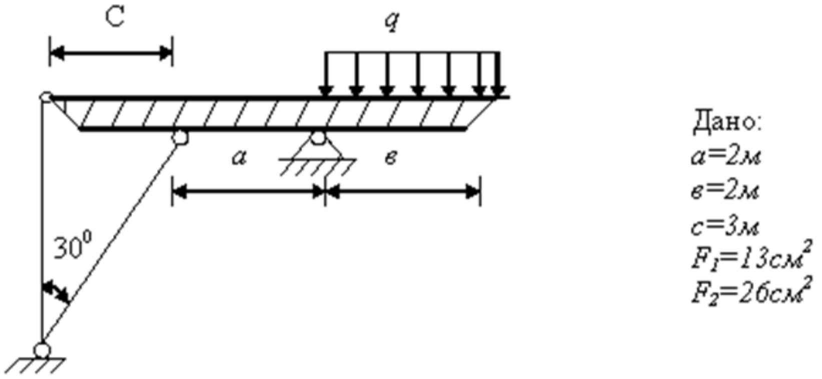
мында PT – бүткүл секциядагы чыңалуу аккандуулукка барабар болгон жүк, ал эми жол берилген жүк [n] эсе аз болушу керек, б.а.

$$[P]=\frac{P_T}{[n]}$$

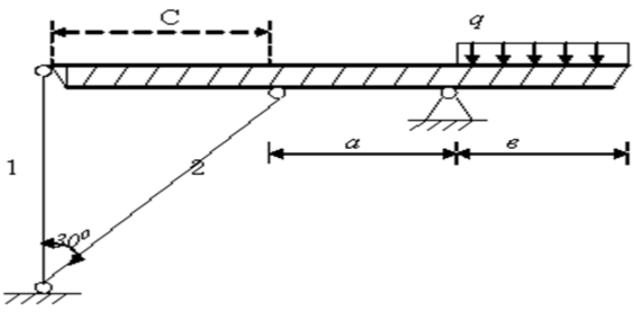
Бул эсептөө акыркы жүккө же көтөрүү жөндөмдүүлүгүнө негизделген эсептөө деп аталат.

Мисал: Абсолюттук катуу устун шарнирдүү бекитилген тирөөчкө таянат жана болоттун ийкемдүүлүк модулун Е=2•106 МПа алып, шарнир аркылуу эки болот таякчага бекитилип, аныктаңыз:

1. Таякчалардагы чыңалуу күчтөрү, аларды бөлүштүрүлгөн жүктүн интенсивдүүлүгү аркылуу туюнтуучу q.
2. Уруксат берилген интенсивдүүлүктүн маанилери [q] уруксат берилген чыңалуулардын негизинде [σ]=160 МПа.
3. Күчтүн чектик маанилери, эгерде чыбык материалынын ийкемдүүлүгү σТ=240 МПа болсо, эсептөөнүн негизинде.
4. Уруксат берилген чоңдуктар [q]lim конструкциянын чектик абалына негизделген, эгерде бекемдиктин жана кирешелүүлүктүн коопсуздук коэффициенти nT = 1,5 болсо.
5. Конструкциянын чектик абалынын негизинде эсептөөдө алынган жол берилген маанилерди [q] лимитти уруксат берилген чыңалуулардын негизинде эсептөөдө алынган жол берилген маанилер [q] менен салыштырыңыз.



39-сүрөт



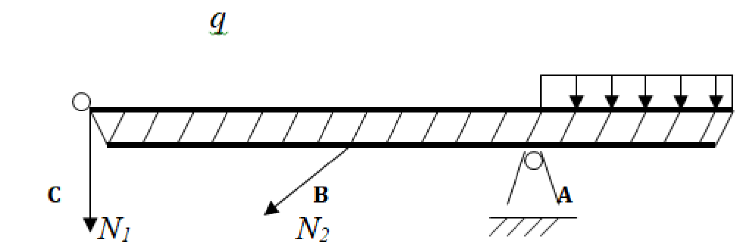
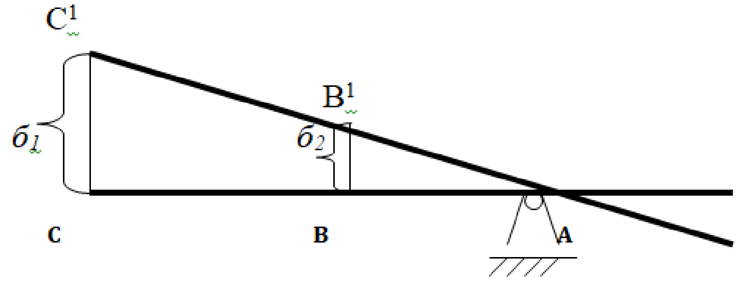


Рис. 2.3



40-сүрөт

Чечим:

1). 1 жана 2 (N1, N2) таякчалардагы күчтөрдү аныктоо үчүн 1 жана 2 стерженьдерди кесип алабыз (37-сүрөт). Нурдун тең салмактуу теңдемесин А чекитине карата ага таасир этүүчү күчтөрдүн моменттеринин суммасы түрүндө түзөлү.

$$\sum M_A = N_1(a+c) + N_2 \cdot \sin 60^0 \cdot a - \frac{q в^2}{2} = 0$$

Демек, N1 жана N2 эки белгисизди аныктоо үчүн жылышууга тиешелүү кошумча теңдемени түзүү керек. В чекити нурдун С чекити сыяктуу вертикалдуу жылыйт. Бул чекиттердин кыймылынын белгиси δ1 жана δ2.

АВС1 жана АСС1 үч бурчтуктарынын окшоштугунан биз табабыз:

$$\delta_2 = \frac{a+c}{a} \cdot \delta_1$$

Гук мыйзамына ылайык:

$$\delta_1 = \frac{N_1 \cdot l_1}{E \cdot F_1}$$

$$\delta_2 = \frac{N_2 \cdot l_2}{E \cdot F_2}$$

Кайда; $l_1 = \frac{C}{tg30^0} = \frac{3}{0,5774} = 5.195м$ $\ell_2 = \sqrt{\ell_1^2 + c^2} = \sqrt{5.195^2 + 3^2} = 5.99м$

Таякчалардын узундугун күчтөр жана катуулугу боюнча билдирсек, биз:

$$\frac{N_2 \cdot l_2}{E \cdot F_2} = \frac{a+c}{a} \cdot \frac{N_1 \cdot l_1}{E \cdot F_1}$$

$$\frac{N_2 \cdot l_2}{E \cdot F_2} = \frac{2+3}{2} \cdot \frac{N_1 \cdot l_1}{E \cdot F_1}$$

$$N_2 = \frac{2,5 \cdot F_2 \cdot N_1 \cdot l_1}{F_1 \cdot l_2} = \frac{2,5 \cdot 26 \cdot N_1 \cdot 5.195}{5.99} = \frac{337.675 N_1}{155.74} = 2.168 N_1$$

Теңдемени тең салмактуулук теңдемеси менен бирге чечип, N1 жана N2 узунунан күчтөрдүн маанилерин табабыз;

$$5N_1 + 2.168 \cdot N_1 \cdot 0.866 \cdot 2 - 2q = 0$$

$$5N_1 + 3.75\ N_1 - 2q = 0$$

$$8.75 N_1 \cdot 2q = 0$$

$$N_1 = 0.22q$$

$$N_2 = 0.574q$$

2). 1 жана 2 стерженьдердеги чыңалууларды эсептегиле.
Анда бул чыңалуулардын чоңун уруксат берилген чыңалууга [σ] теңеп, q маанисин жол берилген жүктүн маанисине [q] барабар табабыз:

$$\sigma_1 = \frac{0.22q}{13} = 0.016q$$

$$\sigma_2 = \frac{0,49q}{26} = 0,018q; \qquad \sigma_{мах} = \frac{N_2}{F_2} = [\sigma];$$

$$[q] = 848.9 \cdot 10^3 = 848.9 кН/м$$

3). σT=240 мПа чыңалуудагы түшүмдүн башталышы менен аныкталуучу конструкциянын чектүү абалына негизделген эсептөөнү жүргүзөлү.
Бул стресстерде таякчалардагы нормалдуу күч өзүнүн чектик маанилерине жетет жана бирдей болуп калат:

$N_1^{пред} = \sigma_T \cdot F_1 = 240 \cdot 10^6 \cdot 13 \cdot 10^{-4} = 312кН$

$N_2^{пред} = \sigma_T \cdot F_2 = 240 \cdot 10^6 \cdot 26 \cdot 10^{-4} = 624кН = 624кН$

$$\sigma_T \cdot F_1 \cdot (a + c) + \sigma_T \cdot F_2 \cdot \sin 60^0 \cdot a - \frac{q в^2}{2} = 0$$

1560+1080-2q=0

$q^{пред} = 1320кН/м$

4. nT=1,5 кирешелүүлүк үчүн коопсуздук коэффициенти менен жол берилген жүктүн маанисин аныктайбыз:

$$[q]_{пред} = \frac{q^{пред}}{n_T} = \frac{1320}{1,5} = 880 \text{кН/м}$$

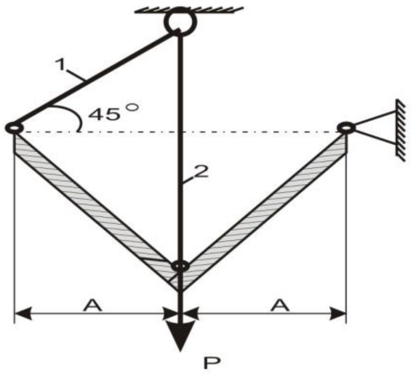
5. Уруксат берилген жүктү төмөндөтүүгө болот:

$$\frac{[q_{пред}] - [q]}{[q]} \cdot 100\% = \frac{880 - 848,9}{848,9} \cdot 100\% = 3,66\%.$$

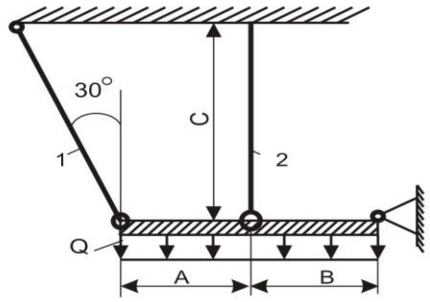
10 - аблица

№окуу группасы	a (м)	в/а	с/а	F_1 (см^2)	$\frac{F_2}{F_1}$
1	1	2	3	12	3
2	2	1	1.5	13	2
3	1.5	2	1	14	2.5
4	2.5	1	1	15	2.2
5	3	0.5	1	16	1.5
6	1.2	2	2.5	17	2
7	1.6	1.5	2	18	1.5
8	2.4	1.5	1	19	2
9	2.8	1	0.5	20	1.2
10	1.8	1	2	21	1.5

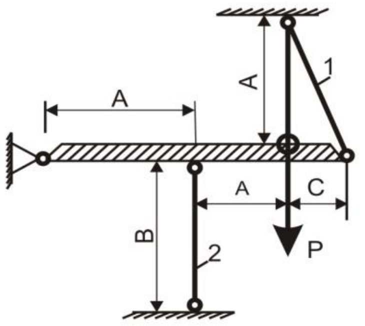
1


1
45°
2
A
A
P

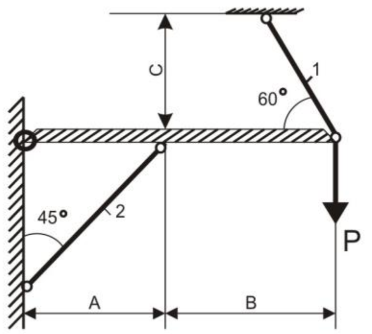
2


30°
C
1
2
Q
A
B

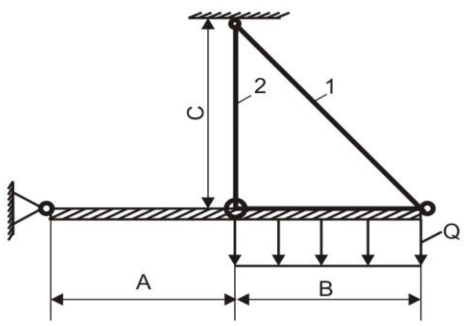
3


A
A
1
A
C
B
2
P

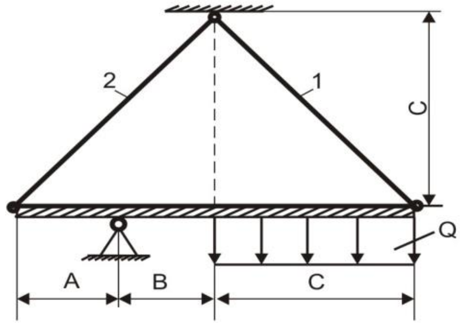
4


C
1
60°
45°
2
P
A
B

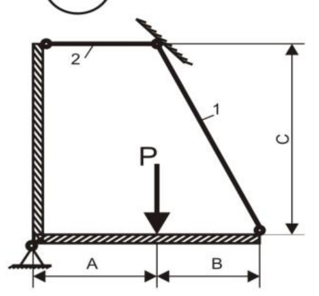
5


C
2
1
Q
A
B

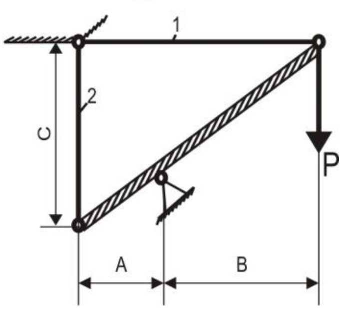
6


2
1
C
Q
A
B
C

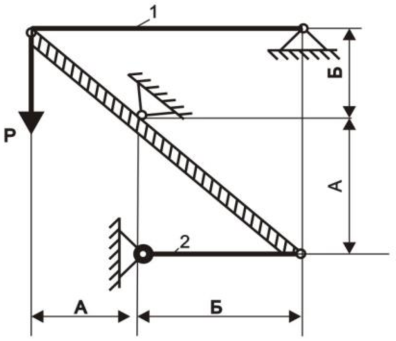
7


2
1
C
P
A
B

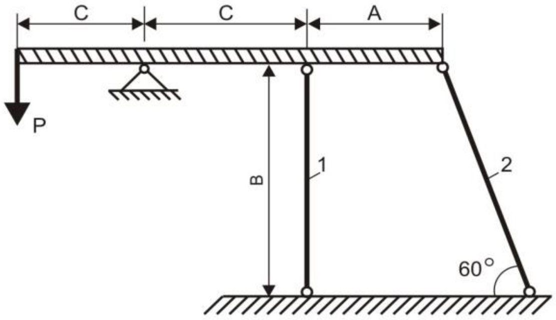
8


1
2
C
P
A
B

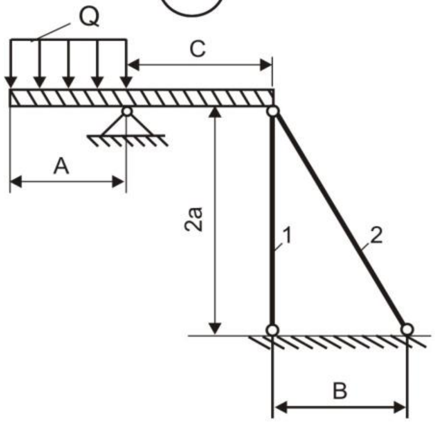
9



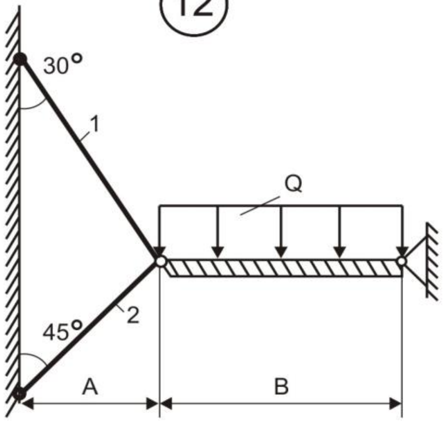
10



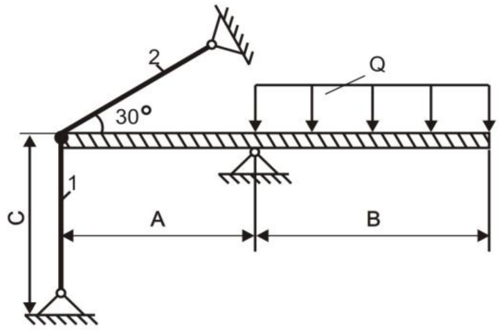
11



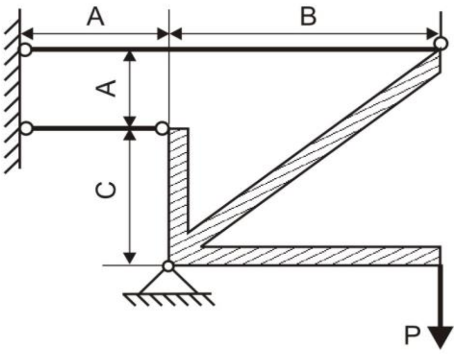
12



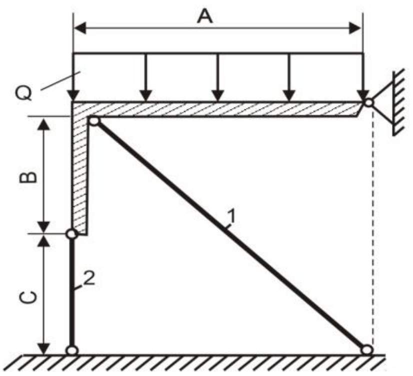
13



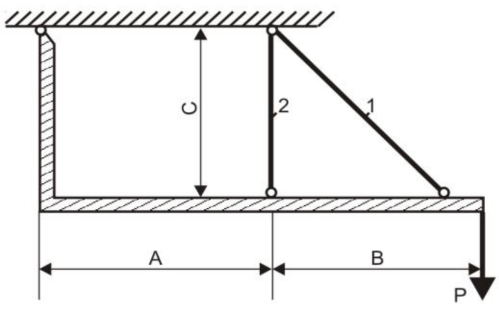
14



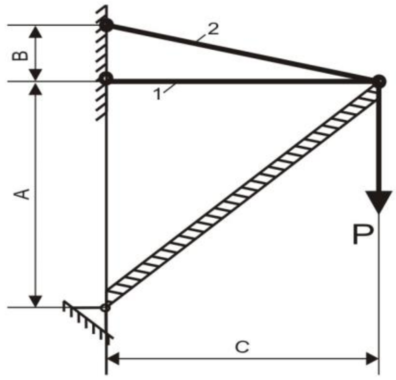
15



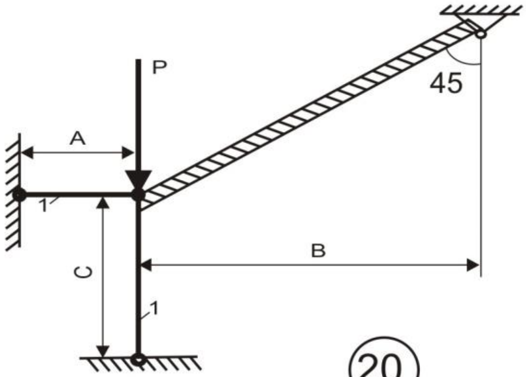
16



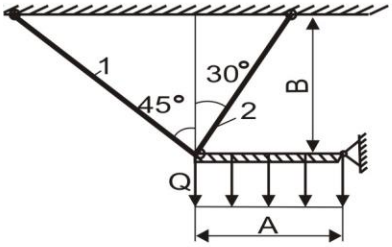
17



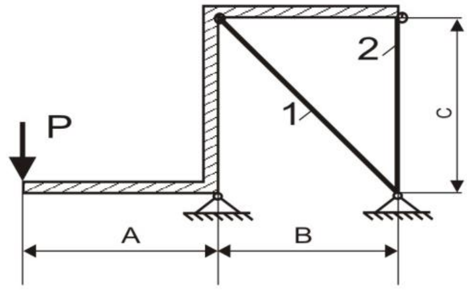
18



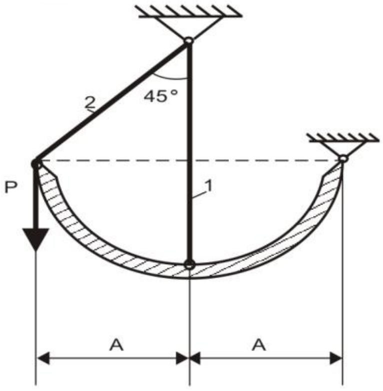
19



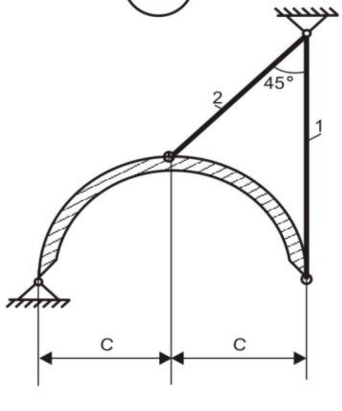
20



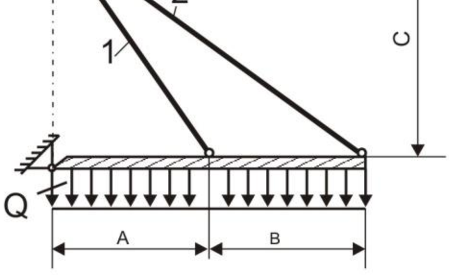
21



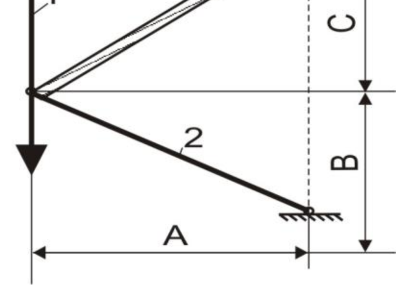
22



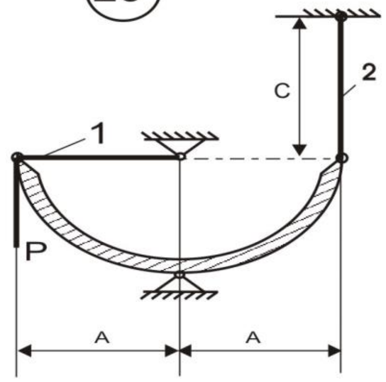
23



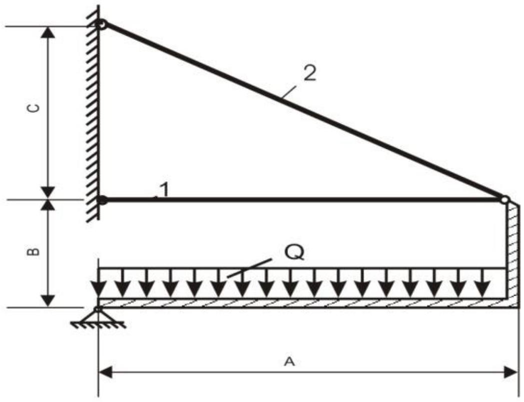
24



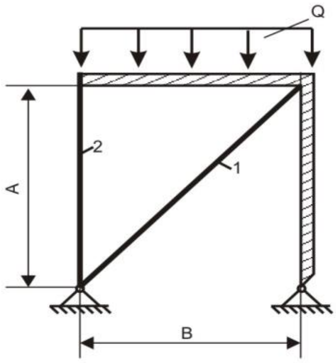
25



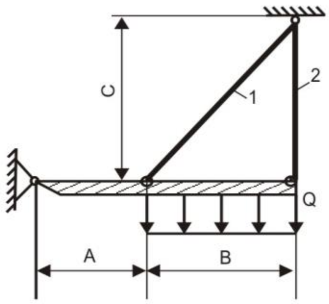
26



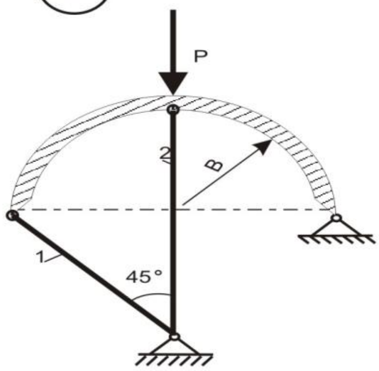
27



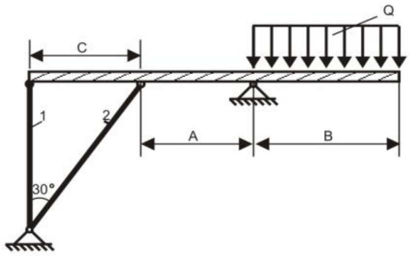
28



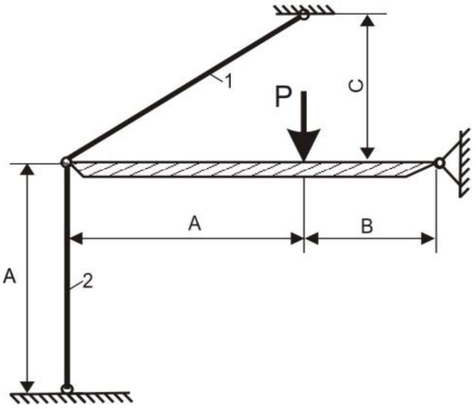
29



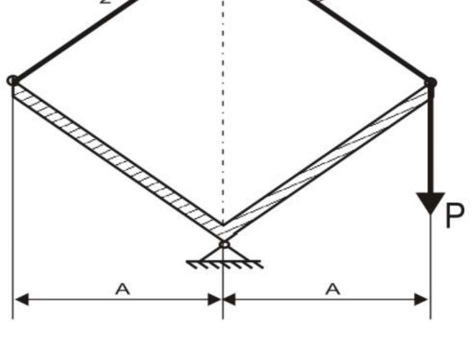
30



31

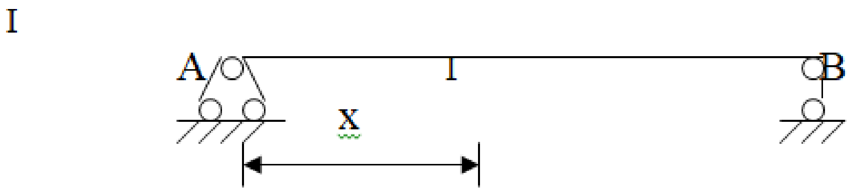


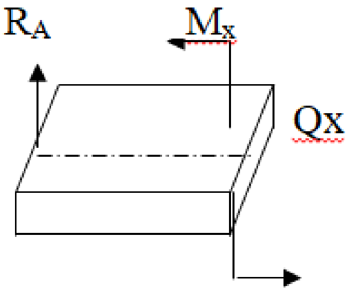
32



2.3. Жалпак ийилүү

Жалпак туурасынан ийилгенде нурдун кесилиштеринде эки ички күч фактору пайда болот: туурасынан кеткен күч балтасы жана ийүү моменти Mx, алар кесилиштер аркылуу ачылат (38-сүрөт) жана өзгөрмөлүү x координатасынын функциялары болуп саналат, Q жана M боюнча индекс.





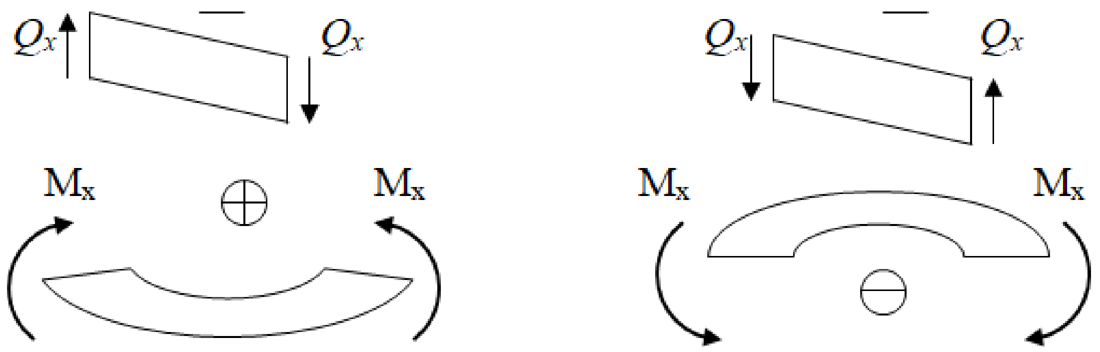
41-сүрөт

Туурасынан кеткен күч Qx устундун кесилишинде пайда болгон ички тангенциалдык күчтөрдүн натыйжасы.

Ийүү моменти Mx – бул кесимдин нейтралдуу огуна карата алынган устундун кесилишинде пайда болгон ички нормалдуу күчтөрдүн натыйжасы.

Устундун каалаган кесилишиндеги туурасынан кеткен күчтүн Qx чоңдугу каралып жаткан кесилиштин бир тарабындагы устунга таасир этүүчү бардык тышкы туурасынан кеткен күчтөрдүн алгебралык суммасына барабар.

Устундун каалаган кесилишиндеги ийилүүчү моменттин Mx чоңдугу анын тартылуу борборуна карата каралып жаткан кесилишинин бир тарабындагы устунга таасир этүүчү бардык тышкы күчтөрдүн моменттеринин алгебралык суммасына барабар. 41 - сүрөттө көрсөтүлгөн багыттарга туура келген Qx жана Mx маанилери оң жана терс деп эсептелет.



42-сүрөт

42-сүрөттө устундан кесилген чексиз кичинекей элемент жана анын акыркы бөлүмдөрүндөгү туурасынан кеткен күчтөрдүн мүмкүн болгон багыттары көрсөтүлгөн. Жылуу күчтөрү, эгерде алар элементти саат жебеси боюнча айлантууга жакын болсо, оң деп эсептелет.

Ийилүүчү моменттин белгиси устундун деформациясынын мүнөзү менен байланышкан: эгерде устундун элементи ылдый карай томпок ийилсе, ийилүүчү момент оң деп эсептелет, б.а. анын кысылган жипчелери үстүнкү бөлүгүндө тургандай.

Биз ийилүүчү моменттердин диаграммасынын оң ординаталарын обцисс огунан өйдө карай түзөбүз, б.а. устундун кысылган жипчелерине карай, ошондуктан Mx үчүн көрсөтүлгөн белги эрежеси көбүнчө кысылган була эрежеси деп аталат.

Mx жана Qx аныктоодо байланыш реакцияларын да эске алуу керек.

Q жана M диаграммаларын курууда төмөнкү буйруктар кеңири колдонулат:

1. Устунга таасир этүүчү жүктөрдү көрсөтүү менен анын конструкциялык схемасы түзүлөт.
2. Тиректер жокко чыгарылат жана алардын нурга тийгизген таасири тиешелүү реакциялар менен алмаштырылат, реакциялардын белгилениши жана алардын багытынын кабыл алынышы көрсөтүлөт.
3. Устун үчүн тең салмактуулук теңдемеси түзүлөт, анын чечими колдоо реакцияларынын маанилерин аныктайт.
4. Устун чек аралары тышкы топтолгон күчтөрдүн жана моменттердин колдонулуучу чекиттери, ошондой эле аракеттин башталышы жана аяктоо чекиттери же бөлүштүрүлгөн жүктөрдүн мүнөзүнүн өзгөрүү чекиттери болуп саналган бөлүктөргө бөлүнөт.

Устундардын бекемдигин эсептөө биринчи кезекте эң жогорку нормалдуу чыңалуунун **σ_{max}** негизинде жүргүзүлөт.

Күч шарты **$\sigma_{max} \leq [\sigma]$** текшерүү эсептөөсү

кайда; **[σ]** - устундун материалына жана анын арналышына жараша жол берилген чыңалуу.

Бул сыноодо устундун эң коркунучтуу бөлүгү эң чоң ийүү моменти аракет кылган бөлүм болуп саналат.

Чыңалууга жана кысууга бирдей туруктуу **[σ]р=[σ]** кысуучу пластикалык материалдардан жасалган устундар, эреже катары, нейтралдуу огуна карата симметриялуу кесилишине ээ. Эң жогорку нормалдуу стресстер төмөнкү формула менен аныкталат:

$$\sigma_{мax} = \frac{M_{\max}}{W}$$

W - кесимдин огуна салыштырмалуу каршылык моменти.

Андан кийин, күч шарттары

$$\sigma_{мax} = \frac{M_{\max}}{W} \leq [\sigma]$$

Каршылык моменти W - устундун кесилишинин геометриялык мүнөздөмөсү, анын ийилүү күчүн аныктайт. Устундардын кесилиши нормалдуу чыңалуудагы бекемдиктин шартына жараша тандалат жана каршылык моменти төмөнкүдөй болушу керек:

$$W \geq \frac{M_{\max}}{[\sigma]}$$

Прокат профилдердин кесилиши учурдагы ГОСТтарга ылайык W маанилери боюнча тандалат.

Устундун бекемдиги абсолюттук мааниси боюнча эң чоң болгон Qmax жылышуу күчү аракет кылган кесилишинин максималдуу тангенциалдык чыңалуулары болгон чекиттердеги тангенциалдык чыңалуулар менен текшерилет. Тангенциалдык чыңалуу үчүн күч шарты:

$$\tau_{мax} = \frac{Q^{\max} \cdot S^{отс}}{J_x \cdot в} \leq [\tau]$$

Qmax – абсолюттук маанидеги эң чоң жылма күч;

Sts - нейтралдуу сызыкка салыштырмалуу бөлүктүн статикалык моменти.

b - кесилишинин туурасы

Jx-нейтралдуу огуна карата бүткүл секциянын инерция моменти

5. Устундун ар бир кесилиши үчүн ийилүү моменттери M жана кесүү күчтөрү Q үчүн туюнтмалар түзүлгөн. Эсептөө диаграммасы ар бир секция үчүн x аралыктарды эсептөөнүн башталышын жана багытын көрсөтөт.

6. Алынган туюнтмаларды колдонуу менен устундун кесилиштери үчүн диаграммалардын ординаталары бул диаграммаларды көрсөтүү үчүн жетиштүү өлчөмдө эсептелет.
7. Кайсы жерде туурасынан кеткен күчтөр нөлгө барабар экендиги аныкталат жана мында Mmax же Mmin моменттери аракет кылат жана бул моменттердин маанилери эсептелинет.
8. Алынган ордината чоңдуктары аркылуу диаграммалар түзүлөт.
9. Курулган схемалар бири-бири менен салыштыруу жолу менен текшерилет

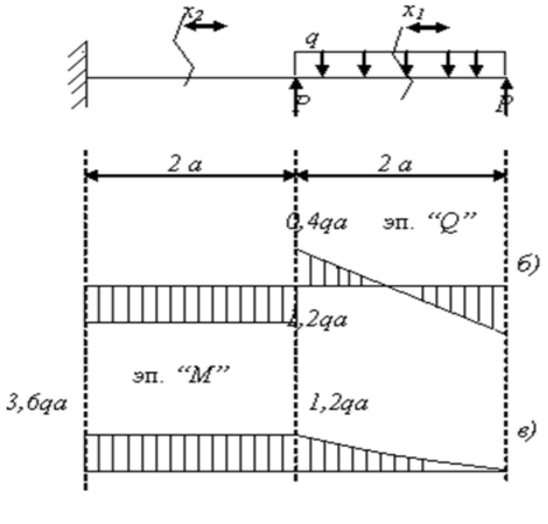
Мисал: Берилген устун үчүн (консоль нурун эсептөө).

1. Тартылган жүктүн интенсивдүүлүгүнүн q жана a узундугунун параметрлери аркылуу Q жана Mнын бардык мүнөздүү чоңдуктарын эсептеп, туурасынан кеткен Q күчтөрдүн жана ийилүү моменттеринин M диаграммасын түзүңүз.
2. Кооптуу бөлүмдү табыңыз.
3. Уруксат берилген нормалдуу чыңалууларга негизделген бекемдикти эсептөөнүн негизинде тик бурчтуу кесилишин (w-туурасы, h-бийиктиги) [σ]=10 мПа консоль үчүн, ал эми жөнөкөй үчүн I- устундун кесилишин тандаңыз. колдоого алынган устун [σ]=160 мПа
4. Тик бурчтуу секциянын материалы үчүн [τ] = 2 мПа жана I - устундун материалы үчүн [τ] = 100 мПа алып, кыйылышына карата коркунучтуу участоктордогу устундардын бекемдигин текшериңиз бөлүм.

Дано: a=1,5 м $\quad \frac{M}{qa^2} = 1$

q=0,75 кН/м

$\frac{P}{qa} = 1{,}6 \quad \frac{h}{b} = \frac{4}{3}$



43-сүрөт

Чечим:

1. Бөлүштүрүлгөн жүктүн интенсивдүүлүгүнүн q жана a узундугунун параметрлери аркылуу Q жана Мнын 3,6 га бардык мүнөздүү чоңдуктарын эсептеп, туурасынан кеткен Q күчтөрдүн жана 1,2 га М ийүү моменттеринин диаграммаларын түзүңүз. Эмне үчүн бөлүм ыкмасын колдонушат? Каралып жаткан консоль устунду эки бөлүккө бөлүүгө болот (43-сүрөт).

I-I бөлүм $0 \le x1 \le a$

$Q_1 = q \cdot x_1 - P$

$x_1 = 0 \qquad Q_I = -P = -1,6qa$

$x_2 = 0 \qquad Q_{II} = q \cdot 2a - P = 2qa - 1,6qa = 0,4qa$

$M_I = P \cdot x_1 - q \cdot x_1 \cdot (x/2)$

$x_1 = 0 \qquad M_1 = 0$

$x_1 = 2qa \qquad M_1 = P \cdot 2a - q2a \cdot (2a/2) = 3,2qa^2 - 2qa^2 = 1,2qa^2$

Сечение II-II $0 \le x_2 \le 2a$

$Q_{II} = q \cdot 2a - P - P$

$Q_{II} = 2qa - 1,6qa = -1,2qa$

$M_{II} = P \cdot (2a + x_2) + P \cdot x_2 - q2a \cdot (a + x_2)$

$x_2 = 0 \qquad M_{II} = 1,2qa^2$

$x_2 = 2a \qquad M_{II} = P \cdot 4a + P \cdot 2a - q \cdot 2a \cdot 3a = 1,6qa \cdot 4a + 1,6qa \cdot 2a - 6qa^2 =$

$= 6,4qa^2 + 3,2qa^2 - 6qa^2 = 3,6qa^2$

Эсептелген чоңдуктарды колдонуп, туурасынан кеткен күчтөрдүн Q (43-сүрөт) жана ийилүү моменттеринин М (43-сүрөт) диаграммаларын түзөбүз.

2. Кооптуу бөлүм бул бөлүм: мында: Qmax=[1.2qa] Mmax=3.6qa2

3. Уруксат берилген нормалдуу чыңалууларга негизделген бекемдикти эсептөөнүн негизинде [σ]=100 кг/см2 алып, тик бурчтуу кесилишин (b-туурасы, h-бийиктиги) тандайбыз.

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} \le [\sigma],$$

кайда; Mmax = 3,6qa, М диаграммасынан келип чыккан (43-сүрөт).
Wx - каршылык моменти, тик бурчтуу бөлүм үчүн

Формуладагы $W_x \ge \frac{M_{\max}}{[\sigma]} == \frac{3,6 \cdot 0,75 \cdot 10^3 \cdot 2,25}{10 \cdot 10^6} = 60,75 \cdot 10^{-4} м^3 = 6075 см^3$

Бери: $\frac{h}{в}=\frac{4}{3},$ т е. $h=\frac{4в}{3}$

$$\frac{вh^2}{6}=\frac{в\cdot(1{,}33\cdot в)^2}{6}=\frac{1{,}768\cdot в^3}{6};\qquad \text{ошол учун}\quad \frac{1{,}768\cdot в^3}{6}=6075см^3$$

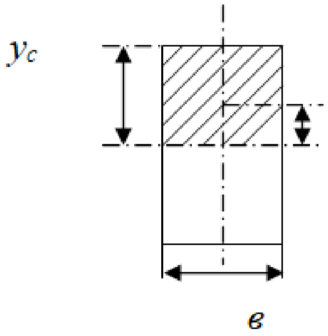
$$в=\sqrt[3]{\frac{6}{1{,}768}\cdot 6075}=\sqrt[3]{20616{,}5}\approx 27{,}5см\qquad \text{ошондо}\qquad h=2в=2\cdot 27{,}5=55см$$

4. [τ]=2 мПа алып, кооптуу бөлүмдө устундун бекемдигин жылууга карата текшерели.

$$\tau_{мах}=\frac{Q^{\max}\cdot S^{OTC}}{в\cdot J_x}\le[\tau]$$

Qmax - кооптуу участоктогу максималдуу каптал күч.
Sts – кесүүчү бөлүктүн нейтралдуу сызыкка карата статикалык моменти (44-сүрөт);
б - кесилишинин туурасы;
Jx нейтралдуу огуна карата бүткүл секциянын инерция моменти тик бурчтук үчүн

$h/2$



44-сүрөт

$$J_x=\frac{вh^3}{12}=\frac{27.5\cdot 55^3}{12}=381276=38.1\cdot 10^3 см^4$$

$$S^{отс}=F^{отс}\cdot Y_c=\frac{h}{2}\cdot в\cdot y_c=\frac{h}{2}\cdot в\cdot\frac{h}{4}=\frac{h}{8}\cdot в=\frac{55}{8}\cdot 27{,}5=189{,}0см^3=0{,}189\cdot 10^{-3}м^3$$

Бардык маалыматтарды формулага (2) алмаштыруу менен, бизде;

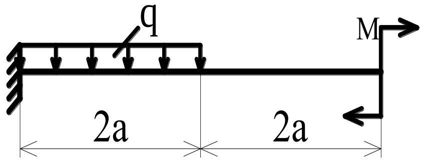
$$\tau_{max}=\frac{Q^{мах}\cdot S^{отс}}{в\cdot J_x}==\frac{1{,}35\cdot 1000\cdot 0.189\cdot 10^{-3}\cdot}{27{,}5\cdot 10^{-2}\cdot 38.1\cdot 10^{-5}}=0.243\cdot 10^4 Па<[\tau]=2\cdot 10^6 Па$$

$$=1{,}338\text{кг/см}^2=0{,}13мПа$$

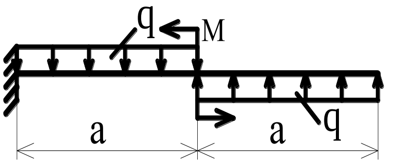
11 - таблица

№ окуу группасы	a (м)	Q (т/м)	$\frac{P}{qa}$	$\frac{M}{qa^2}$	$\frac{h}{b}$
1	1	0,8	1	2	2/1
2	1,5	0,5	2	2	3/2
3	2	0,75	1,5	1	4/3
4	1,2	0,2	2	1	1/1
5	1,4	0,4	1,5	1	3/2
6	1,6	0,3	1	2	4/3
7	2	0,6	1	1,5	2/1

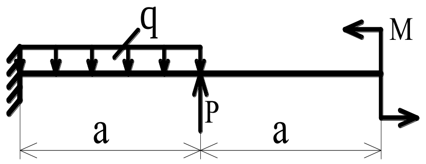
1



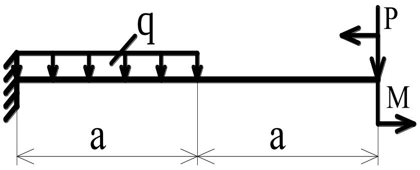
2



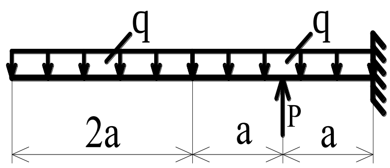
3



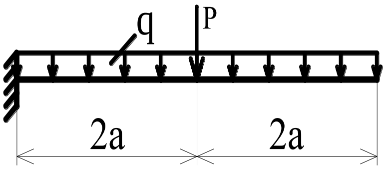
4



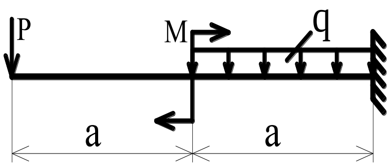
5



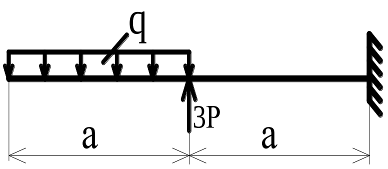
6



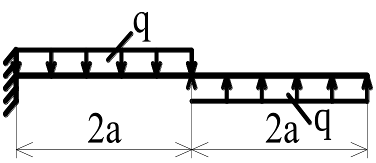
7



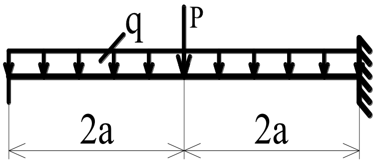
8



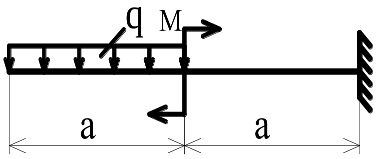
9



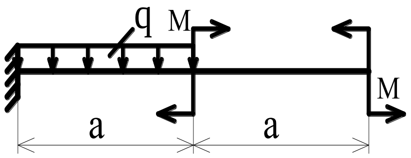
10



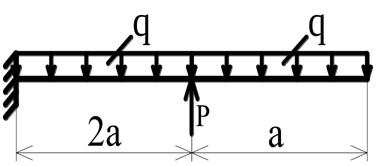
11



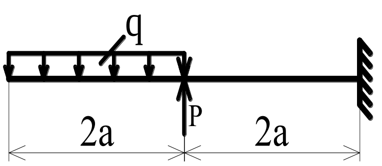
12



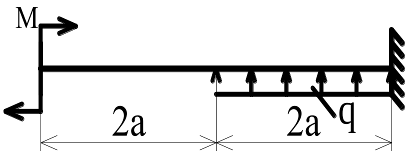
13



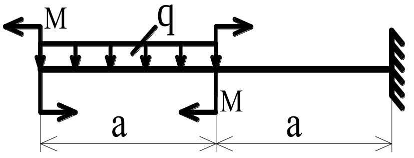
14

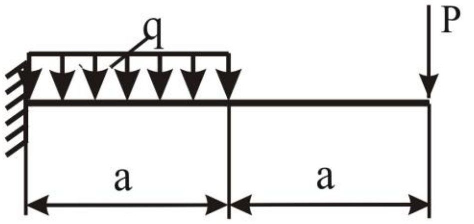


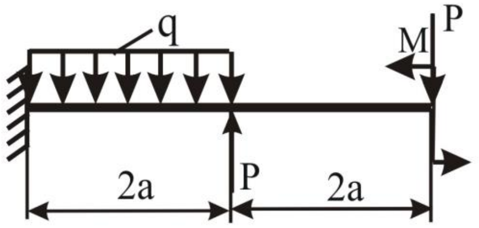
15

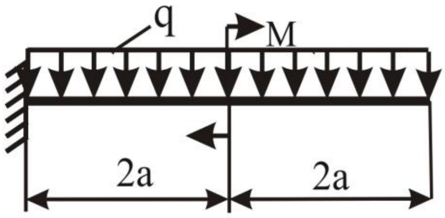


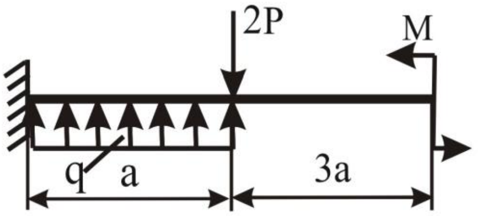
16

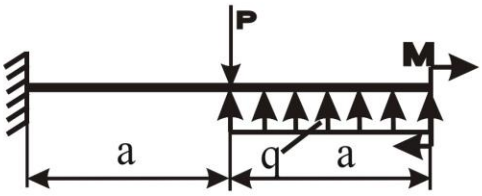


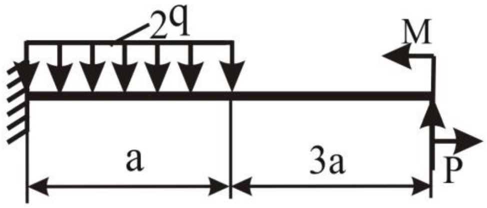
17


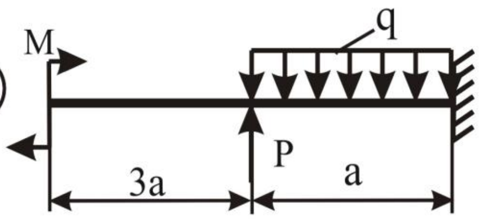
18


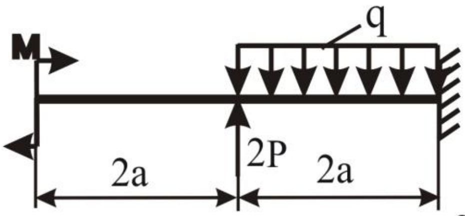
19


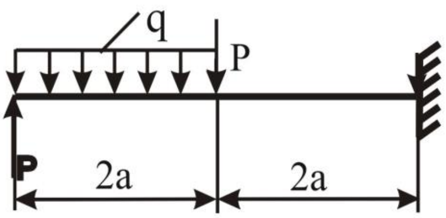
20


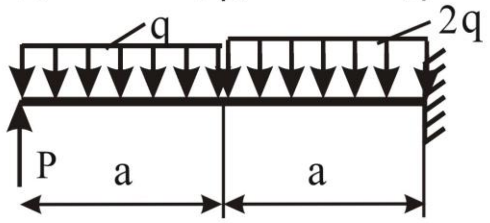
21


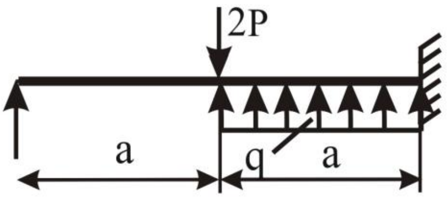
22


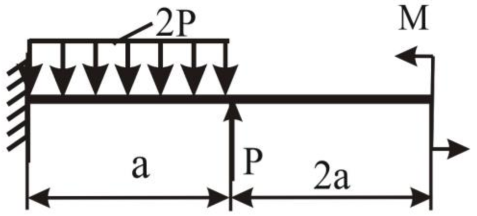
23


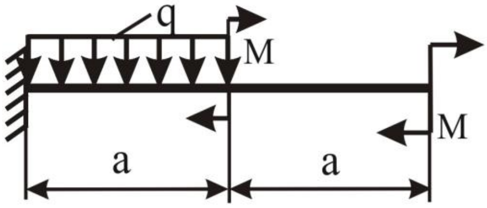
24


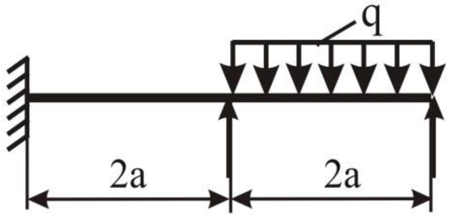
25


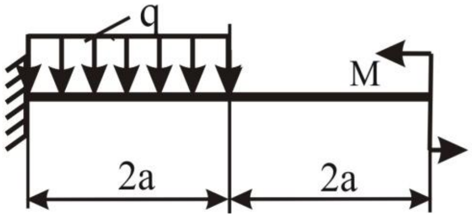
26


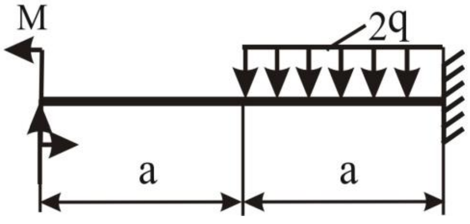
27


28


29


30


31


32


Терминдердин, аныктамалардын, түшүнүктөрдүн
СӨЗДҮГҮ
Теориялык механика. Статика

Механика – механикалык кыймыл жана материалдар ичиндеги механикалык кыймылдардын илими.

Теориялык механика - механикалык системалардын кыймыл мыйзамдарын жана бул кыймылдардын жалпы касиеттерин изилдеген механиканын бир тармагы.

Статика - күчтөрдүн таасири астында механикалык системалардын тең салмактуулук шарттарын изилдеген механиканын бөлүмү.

Масса - бул ар кандай материалдык нерсенин инерттик жана гравитациялык касиеттерин аныктоочу негизги мүнөздөмөлөрүнүн бири.

Инерттүүлүк - материалдык дененин касиети, ал аракеттеги күчтөр жок болгон учурда ал жасаган кыймылдын сакталышында жана убакыттын өтүшү менен бул кыймылдын акырындык менен өзгөрүшүндө, денеге күч таасир эте баштаганда көрүнөт.

Материалдык чекит - массасы бар чекит.

Абсолюттук катуу нерсе - бул эки чекиттин ортосундагы аралык өзгөрүүсүз калган материалдык дене.

Механикалык система - кыймылы бири-бирине көз каранды болгон материалдык чекиттердин жыйындысы.

Механикалык аракет - бул дененин чекиттеринин ылдамдыгынын өзгөрүшүнө алып келген же анын натыйжасы берилген дененин чекиттеринин өз ара абалынын өзгөрүшү болгон башка денелер тарабынан берилген денеге жасалган аракет.

Механикалык кыймыл - убакыттын өтүшү менен денелердин мейкиндиктеги өз ара абалынын же берилген дене мүчөлөрүнүн өз ара абалынын өзгөрүшү.

Механикалык системанын тең салмактуулугу - колдонулган күчтөрдүн таасири астында анын чекиттери каралып жаткан шилтеме алкагына карата тынч абалда кала турган механикалык системанын абалы.

Негизги шилтеме системасы - дене менен байланышкан координаттар системасы, ага карата башка денелердин (механикалык системалардын) ар кандай убакта абалы аныкталат.

Күч - вектордук чоңдук, бир дененин экинчисине механикалык аракетинин өлчөмү.

Күч аракет сызыгы - күчтү чагылдырган вектор багытталган түз сызык.

Тартылуу күчү - жер бетине жакын жердеги материалдык чекитке таасир этүүчү күч, бул чекиттин массасынын көбөйтүмүнө барабар.

Дене салмагы - бул дененин бөлүкчөлөрүнө таасир этүүчү тартылуу күчтөрүнүн модулдарынын суммасы.

Тышкы күч - бул механикалык системага кирбеген денелер тарабынан механикалык системанын кандайдыр бир чекитине таасир этүүчү күч.

Ички күчтөр - каралып жаткан механикалык системага таандык башка чекиттерден механикалык системанын кандайдыр бир чекиттерине таасир этүүчү күчтөр.

Күч системасы - Механикалык системага таасир этүүчү күчтөрдүн жыйындысы.

Салмактуу күч системасы - тең салмактуулукта турган эркин денеге колдонулган күчтөр системасы, аны бул кинематикалык абалдан чыгарбайт.

Күчтөрдүн тең салмактуулук системасы - күчтөрдүн системасы, ал башка күчтөр системасы менен бирге күчтөрдүн тең салмактуу системасын түзөт.

Эквиваленттүү күч системалары - бирдей тең салмактуу күч системасына ээ болгон эки же бир нече күч системалары.

Күчтөр системасынын натыйжасы - берилген күчтөр системасына барабар күч.

Тегиздик күчтөр системасы - аракет сызыктары бир тегиздикте жайгашкан күчтөрдүн системасы.

Конвергенттик күчтөр системасы - аракет сызыктары бир чекитте кесилишкен күчтөрдүн системасы.

Концентрацияланган күч - бул денеге кандайдыр бир чекитте колдонулган күч.

Бөлүштүрүлгөн күчтөр - сызыктын, беттин же көлөмдүн бардык чекиттерине таасир этүүчү күчтөр.

Эркин эмес катуу нерсе - космосто кыймылына чектөө коюлган дене.

Байланыштар - механикалык системанын чекиттеринин позицияларына жана ылдамдыгына чектөө койгон материалдык денелер, алар системага таасир эткен бардык Күчтөрдө аткарылышы керек.

Байланыш реакциялары - бул тутумга жүктөлгөн байланышты жүзөгө ашырган материалдык денелер тарабынан механикалык тутумдун чекиттерине таасир этүүчү күчтөр.

Жылмакай байланыш - бети бар материалдык дене сүрүлүү күчтөрү каралып жаткан механикалык системага көңүл бурулбайт.

Ийкемдүү байланыш - салмагы эске алынбаган жип же кабель.
Салмаксыз таяк-деформацияланбаган таяк, анын учуна гана жүктөлөт.

Октогу күч проекциясы - күчтүн башталышынын жана аягынын огуна проекциялардын ортосунда жайгашкан сегменттин плюс же минус белгиси менен алынган скалярдык чоңдук.

Координаталык огуна күчтүн проекциясы - күчтүн жана огунун багыттары менен түзүлгөн бурчтун косинусуна күч модулунун көбөйтүмүнө барабар чоңдук.

Натыйжадагы конвергенттик күчтөр системасынын кандайдыр бир огуна проекциясы - ошол эле огуна Кошулган векторлордун проекцияларынын алгебралык суммасына барабар чоңдук.

Жуп күчтөр - бир түз сызыкта жатпаган, эки параллелдүү, карама-каршы багытталган жана бирдей модулдук күчтөрдүн системасы.

Күч жуптарынын аракет тегиздиги - күчтөрдүн аракет сызыктары жайгашкан тегиздик.

Күч жуптарынын колу - күч жуптарын түзгөн күчтөрдүн аракет сызыктарынын ортосундагы эң кыска аралык (перпендикуляр узундугу).

Күч жуптарынын алгебралык моменти - анын колуна күчтөрдүн биринин модулунун көбөйтүмүнө тиешелүү белги менен алынган чоңдукка барабар.

Күч жуптарынын моменти - жуптун механикалык аракетинин вектордук өлчөмү, башка күчтүн колдонуу чекитине карата жуптун бир күчүнүн моментине барабар.

Тегиздик ыктыярдуу күчтөр системасы - аракет сызыктары бир тегиздикте өзүм билемдик менен жайгашкан күчтөрдүн системасы.

Статикалык аныкталган маселелер - тышкы байланыш реакциялары тең салмактуулук теңдемелеринен келип чыккан маселелер.

Статикалык аныкталбаган маселелер - тышкы байланыш реакциялары берилген механикалык система үчүн түзүлгөн статикалык тең салмактуулук теңдемелеринен табылбай турган маселелер.

Кинематика - материалдык денелердин массаларын жана аларга таасир этүүчү күчтөрдү эске албастан кыймылдарын изилдеген механиканын бөлүмү.

Негизги шилтеме тутуму – денелердин кыймылын бир нече шилтеме алкактарына карата кароодо-бул тутумдардын бири, ага карата башкалардын кыймылы аныкталат.

Механикалык кыймыл - материалдык денелердин мейкиндигиндеги өз ара абалдын же берилген дененин бөлүктөрүнүн өз ара абалынын убакыттын өтүшү менен өзгөрүшү.

Чекиттин ылдамдыгы - каралып жаткан шилтеме алкагындагы бул чекиттин радиус векторунун убакыт боюнча туундусуна барабар чекиттин кыймылынын кинематикалык өлчөмү.

Чекиттин абсолюттук кыймылы - чекиттин же дененин негизги шилтеме алкагына карата кыймылы.

Чекиттин ылдамдануусу - каралып жаткан шилтеме алкагындагы ошол чекиттин ылдамдыгынын убакыт туундусуна барабар болгон чекиттин ылдамдыгынын өзгөрүү өлчөмү.

Чекиттин тангенциалдык ылдамдануусу – табигый октор боюнча Ылдамдануунун ажыроосунда траекторияга тангенс боюнча чекиттин ылдамдануусунун компоненти.

Нормалдуу чекит ылдамдануу - табигый огу боюнча ылдамдануу ажыроодо траектория боюнча негизги нормалдуу боюнча ылдамдануу чекити компоненти.

Көчмө кыймыл - кыймылдуу шилтеме тутумунун негизги шилтеме алкагына карата кыймылы.

Абсолюттук чекит траекториясы - негизги шилтеме алкагына карата чекит траекториясы.

Чекиттин салыштырмалуу траекториясы - кыймылдуу шилтеме алкагына карата чекиттин траекториясы.
Чекиттин абсолюттук ылдамдыгы-абсолюттук кыймылдагы чекиттин ылдамдыгы.

Чекиттин салыштырмалуу ылдамдыгы - салыштырмалуу кыймылдагы чекиттин ылдамдыгы.

Чекиттин көчмө ылдамдыгы - чекиттин татаал кыймылында-убакыттын берилген учурунда кыймылдуу чекит дал келген мейкиндиктин кыймылдуу таяныч системасы менен дайыма байланышкан чекиттин ылдамдыгы.

Чекиттин абсолюттук ылдамдануусу - абсолюттук кыймылдагы чекиттин ылдамдашы.
Чекиттин салыштырмалуу ылдамдануусу - салыштырмалуу кыймылдагы чекиттин ылдамдашы.

Катуу дененин котормо кыймылы - бул дененин каалаган эки чекитин бириктирген түз сызык баштапкы абалына параллель бойдон кыймылдап турган дененин кыймылы.

Катуу дененин айлануу кыймылы - дененин кыймылы, анда дене менен дайыма байланышкан кээ бир түз сызыкта жаткан бардык чекиттер каралып жаткан шилтеме алкагында кыймылсыз бойдон калат.

Катуу нерсенин айлануу бурчу - дене менен дайыма байланышкан жана анын айлануу огу аркылуу өткөн жарым тегиздиктин эки ырааттуу абалынын ортосундагы бурч.

Ыкчам ылдамдык борбору - белгилүү бир убакытта ылдамдыгы нөлгө барабар болгон жалпак фигуранын чекити.

Материалдардын бекемдиги

Абсолюттук деформация - денелердин өлчөмдөрүнүн өзгөрүү чоңдугу: узундугу, көлөмү ж. б.

Анизотропия - материалдын ар кандай багыттардагы физикалык — механикалык касиеттеринин айырмасы (жыгач, фанера, конструкциялык пластикалык массалар ж.б. - касиеттеринин өзгөрмөлүүлүгү структурасынын бирдей эместиги жана даярдоонун өзгөчөлүгү менен шартталган).

Устун - бул таянычтарда жаткан жана ийилген деформацияга дуушар болгон горизонталдуу жыгач.

Жыгач - бул бир өлчөмү (узундугу) экинчисинен кыйла жогору болгон элемент. Жыгачтын негизги мүнөздөмөлөрү-анын огу жана кесилиши. формасы түз жана ийри болушу мүмкүн, кесилиши боюнча Призматикалык болушу мүмкүн — туруктуу кесилиши жана үзгүлтүксүз өзгөрүп туруучу кесилиши (өнөр жай түтүктөрү), ошондой эле тепкичтүү кесилиши (көпүрөлөрдүн таянычтары)

Вал – бул моментти механизмдин башка бөлүктөрүнө өткөрүүчү жыгач (адатта валдар тегерек же шакекче кесилиши бар түз тилкелер).Көпчүлүк валдар ийилүү жана буралуу деформацияларынын айкалышын сезишет. Валдарды эсептөөдө, туурасынан кеткен күчтөрдүн аракетинен тангенс стресстери алардын маанисиздигинен улам эске алынбайт.
Бири — бирине башы бар бурама-таяк (башы жок болушу мүмкүн) жана экинчи учунда жиптери бар (көбүнчө бүт узундугу боюнча), бириктириле турган бөлүктөрдүн бирине буроо үчүн (негизинен калыңдыгы ченелбеген бөлүктөрдү бириктирүү үчүн арналган, алардын бири көбүнчө корпус).

Деформация (лат.. — Бурмалоо) — тышкы күчтөрдүн таасири астында дененин формасынын жана көлөмүнүн өзгөрүшү. Штамм дене бөлүкчөлөрүнүн салыштырмалуу абалынын өзгөрүшү менен байланыштуу жана адатта атом аралык күчтөрдүн чоңдуктарынын өзгөрүшү менен коштолот, анын өлчөмү ийкемдүү стресс болуп саналат. Штаммдын төрт негизги түрү бар: сунуу/кысуу, кыркуу, буралуу жана ийилүү.

Катуу дененин деформациясы - катуу нерсенин көлөмүнүн, формасынын жана көлөмүнүн өзгөрүшү. Катуу заттын деформациясы анын температурасы өзгөргөндө же тышкы күчтөрдүн таасири астында болот.

Деформациялануучу дене - эркиндиктин которулган жана айлануучу даражаларынан тышкары - ички (термелүү) эркиндик даражаларына ээ болгон

механикалык система. Деформацияланууучу денелер бөлүнөт: диссипациялык эркиндик даражасы жок абсолюттук ийкемдүү денелер; жана диссипацияга ээ болгон ийкемсиз денелерге.

Кесилиштин депланациясы - Буралма болгондо-кесилиштердин тегиздигинин бузулуу кубулушу. Секциянын депланациясы Призматикалык таякчалар буралганда болот.

Динамика - механиканын денелердин ортосундагы өз ара аракеттенүүлөрдүн алардын механикалык кыймылына тийгизген таасирин изилдөөчү бөлүмү.

Чыңалуу диаграммасы - катуу нерсенин салыштырмалуу штаммына каршы механикалык стресстин графиги.

Катуулук - дененин же структуранын деформациянын пайда болушуна туруштук берүү жөндөмдүүлүгү. Катуулук күч менен салыштырмалуу сызыктуу, бурчтук деформация же ийриликтин ортосундагы пропорционалдык коэффициент менен өлчөнөт.

Коопсуздук маржасы - катыш: материалдын бекемдигинин чеги; иштеп жаткан бөлүк сезе турган максималдуу нормалдуу механикалык стресске.

Гуктун Мыйзамы (р.Гук — англис физиги; 1635-1703) — серпилгич деформациянын чоңдугу менен денеге таасир этүүчү күчтүн ортосундагы байланыш. Гук Мыйзамынын үч формуласы бар: 1-абсолюттук деформациянын чоңдугу деформацияланууучу үлгүнүн катуулугуна пропорционалдуулук коэффициенти менен деформацияланууучу күчтүн чоңдугуна пропорционалдуу; 2-деформацияланган денеде пайда болгон ийкемдүүлүк күчү деформацияланууучу үлгүнүн катуулугуна пропорционалдуулук коэффициенти менен деформациянын чоңдугуна пропорционалдуу; 3-денеде пайда болгон ийкемдүү стресс ошол дененин салыштырмалуу деформациясына пропорционалдуу, пропорционалдык коэффициенти ийкемдүүлүк модулуна барабар.

Ийилүү - материалдардын каршылыгында-тышкы күчтөрдүн же температуранын таасири астында деформацияланууучу объекттин огунун же ортоңку бетинин ийрилигинин өзгөрүшү менен мүнөздөлүүчү жыгачтын, устундун, плитанын, кабыкчанын же башка объекттин деформациясынын түрү.

Классикалык механика — вакуумдагы жарык ылдамдыгынан бир кыйла төмөн ылдамдыкта макроскопиялык денелердин кыймыл мыйзамдарын белгилеген физикалык теория.

Ийилген ийилүү - материалдардын каршылыгында-анын огу аркылуу өткөн жана башкы тегиздиктердин бири менен дал келбеген тышкы күчтөрдүн таасири астында жыгачтын ийрилигинин өзгөрүшү менен мүнөздөлүүчү деформациянын түрү.

Буралуу (Франц.) - материалдардын каршылыгында-таякчанын (валдын ж.б.) туурасынан кесилиштеринин өз ара бурулушу менен мүнөздөлүүчү деформациянын түрү. Бурулганда тегерек таякчалардын кесилиштери тегиз бойдон калат. Торсия-бул жыгачтын кесилиштеринде момент гана пайда болгон деформациянын түрү.

Массив - бул өлчөмү бирдей тартиптеги дене (Фундаменттер, таяныч дубалдар, көпүрө таянычтары ж. б.)

Үзгүлтүксүз чөйрөнүн механикасы - газдардын, суюктуктардын жана деформациялануучу катуу заттардын кыймылын жана тең салмактуулугун изилдөөчү механиканын бөлүмү.үзгүлтүксүз чөйрөнүн механикасында зат анын молекулярдык-атомдук түзүлүшүн этибарга албай, үзгүлтүксүз чөйрө катары каралат; жана анын бардык мүнөздөмөлөрүнүн: тыгыздыгынын, чыңалуусунун, бөлүкчөлөрдүн ылдамдыгынын ж. б. үзгүлтүксүз бөлүштүрүлүшү деп эсептелет.

Серпилгичтик модулу (биринчи түрдөгү серпилгичтик модулу, материалдын узунунан серпилгичтик модулу), Янгдын модулу (Зот; Зот; Закон) — материалдын созулууга каршылыгын мүнөздөгөн пропорционалдык коэффициент. Ийкемдүүлүк модулу материалдын катуулугун мүнөздөйт. Ийкемдүүлүк модулу канчалык чоң болсо, ошол эле стрессте материал ошончолук аз деформацияланат.

Кабык - калыңдыгы башка өлчөмдөрдөн (резервуарлардын дубалдары, газголдерлер ж.б.) кыйла аз болгон эки ийри сызыктуу беттер менен чектелген дене.

Пластикалык деформация - тышкы күчтөрдүн аракети токтогондон кийин жоголбогон деформация.

Пластина (Ламина) — бул эки параллель бети менен чектелген дене, анын калыңдыгы башка өлчөмдөрдөн кыйла аз (мисалы, идиштердин түбү). Калың плиталарды плиталар деп аташат.

Пластикалуулук - катуу заттардын жүк астында формасын жана өлчөмүн көз жашсыз жана жаракаларсыз өзгөртүү касиети; жана жүктү алып салгандан кийин өзгөргөн форманы жана өлчөмдөрдү сактоо.

Пластикалык деформация - тышкы күчтөрдүн аракети токтогондон кийин жоголбогон деформация.

Ийкемдүү деформацияланган дененин потенциалдуу энергиясы - ийкемдүү деформациялар толук алынып салынган учурга карата ийкемдүү күчтөр аткара ала турган ишке барабар физикалык чоңдук.

Туурасынан ийилүү –и йилүүчү моменттер жана туурасынан кеткен күчтөр болгондо пайда болгон ийилүү.

Пропорционалдуулуктун чеги - механикалык стресс, ага чейин Гук мыйзамы сакталат, деформациялардын стресске көз карандылыгы сызыктуу.

Серпилгичтик чеги - эң көп механикалык стресс, мында материал өзүнүн серпилгич касиеттерин сактап калат (штамм жүктү алып салгандан кийин жоголот), чектен ашканда пластикалык деформациянын алгачкы белгилери пайда болот (ийкемдүү материалдарда).

Узунунан ийилүү - материалдардын каршылыгында-Борбордук колдонулган узунунан кысуучу күчтөрдүн таасиринен баштапкы түз сызыктуу таякчанын туруктуулугун жоготуунун натыйжасында ийилиши.

Устундун аралыгы - бул тирөөчтөрдүн ортосундагы аралык, алкактарда — тирөөчтөрдүн окторунун ортосундагы аралык.

Адабияттар

1. Яблонский А.А. Курс теоретической механики часть 1, М.; «Высшая школа» 1984.

2. Яблонский А.А. Курс теоретической механики часть 2, М.; «Высшая школа» 1984.

3. Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике. М., 1975.

4. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике. М.; «Высшая школа», 1985.

5. Яблонский А.А.,Никифорова В.М. Курс теоретической механики.

6. Статика. Кинематика.-М.: Высшая школа, 1977.-368с.

7. Никитин Н.К.Курс теоретической механики.- М.: высшая школа, 1990. 607с.

8. Ермакова Б.Е. Теоретическая механика. М., 2007. - 346с.

9. Сопротивление материалов / А.Ф. Смирнов [и др.]. – М., 1975.

10. Дарков А.В. Сопротивление материалов / А.В. Дарков, Г.С. Шпи- ро. – М., 1975.

11. Сборник задач по сопротивлению материалов / А.В. Алексан- дров [и др.]. – М., 1977.

12. Пособие к решению задач по сопротивлению материалов / И.Н. Миролюбов [и др.]. – М., 1962.

13. Зиневич С.И. Сборник задач для расчетно-проектировочных работ по дисциплине «Сопротивление материалов» для студентов строительных специальностей / Минск: БНТУ, 2012. – 108 с.

14. Маруфий А.Т. Руководство к расчетно – графическом заданиям по сопротивлению материалов / Бишкек, 2011. – 144 с.

Мазмуну

Киришүү..3

I-бөлүм. Теориялык механика. Статика..4

1.1 Катуу телолордун каршы аракет эткен күчтөрүн аныктоо....................10

1.2 Катуу заттын таяныч каршылыгын аныктоо..18

1.3 Тең салмактуулуктагы механикалык системанын өзөктөрүндөгү күчтөрдү аныктоо..23

1.4 Жалпак ферманы эсептөө..33

1.5 Телонун оордук борборун аныктоо...54

II-бөлүм. Материалдардын каршылыгы. МК.1 Чоюлуу жана кысылуу.....60

2.1 Статикалык аныкталбаган системаны чектик абалы боюнча эсептөө...71

2.2 Жалпак ийилүү..80

Терминдердин, аныктамалардын, түшүнүктөрдүн сөздүгү.........................89

Адабияттар..98

Каримов Э.М., Алиева А.П.

Теориялык механиканын негиздери жана материалдардын каршылыгы сабагы боюнча графикалык жумуштарды аткаруу үчүн *методикалык колдонмо*

Редакторлор: Каримов Э.М., Алиева А.П.
Компьютердик терүү: Алиева А.П.
Корректору: Арзиева Ж.

Басмага берилген ____________
Көлөмү ______ б.б.
Буйрутма № ______
Нускасы ______ экз.

ОшТУнун РББ