

КӘСІБИ БІЛІМ БЕРУ

В.И.СЕТКОВ

ТЕХНИКАЛЫҚ МЕХАНИКА БОЙЫНША ЕСЕПТЕР ЖИНАҒЫ

Ұсынылады

*Федералды мемлекеттік мекеме «Білім беруді дамытудың федералды институты» оқу үрдісінде пайдалану үшін оқу құралы ретінде оқу бағдарламаларын іске асыратын оқу орындары орта кәсіптік білім беру білімственным учреждением
«Федеральный институт развития образования»*

*Шолудың анықтамалық нөмірі 501
2009 жылғы 2 шілдеден бастап «FIRO» ФИО*

9-шы басылым, қайталануы



Мәскеу

«Академия» баспа орталығы

2014 ж

ОӘЖ 531.8: 624.04 (076.1)(075.32)
КБЖ 2012

Бұл кітап Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігі және «Кәсіпқор» холдингі» КЕАҚ арасында жасалған шартқа сәйкес «ТЖКБ жүйесі үшін шетел әдебиетін сатып алуды және аударуды ұйымдастыру жөніндегі қызметтер» мемлекеттік тапсырмасын орындау аясында қазақ тіліне аударылды. Аталған кітаптың орыс тіліндегі нұсқасы Ресей Федерациясының білім беру үдерісіне қойылатын талаптардың ескерілуімен жасалды. Қазақстан Республикасының техникалық және кәсіптік білім беру жүйесіндегі білім беру ұйымдарының осы жағдайды ескеруі және оқу үдерісінде мазмұнды бөлімді (технология, материалдар және қажетті ақпарат) қолдануы қажет.

Аударманы «Delta Consulting Group» ЖШС жүзеге асырды, заңды мекенжайы: Астана қ., Иманов көш., 19, «Алма-Ата» БО, 809С, телефоны: 8 (7172) 78 79 29, эл. поштасы: info@dcg.kz

Сетков В.И.

C334 Техникалық механика бойынша мәселелерді жинау: Оқулық, студияға арналған жәрдемақы. қоршаған ортаны қорғау мекемелері. проф. Білім беру / VI Set'kov. - 9-шы шығарма, Ср. - М. : «Академия» баспа орталығы, 2014. - 240 бет.

ISBN 978-601-333-315-1 (каз.)

ISBN 978-5-4468-0715-4(рус.)

Нұсқаулық 270000 «Сәулет және құрылыс» мамандығы бойынша орта кәсіптік білім берудің федералды мемлекеттік білім беру мекемелеріне арнайы берілген. Әр тапсырмада қысқаша әдіснамалық нұсқаулармен проблемаларды шешудің сипаттамасы, шешімнің мысалдары келтірілген. Өтінімдерде қажетті анықтамалық материалдар бар.

Орта кәсіби білім беру мекемелерінің студенттері үшін.

ОӘК 531.8:624.04(076.1)(075.32)

ББК 30.12

ЕСКЕРТУ: Бағасы «В». Ішінара аздаған сөйлемдер аударылмай кетіпті және есеп пен текстін қабаттасып қалған жерлері бар. Редакциялаған, түзеткен жерлерді сарымен бояп отырмадым.

Дәулетбек Байтұрысұлы

Бұл кітап Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігі және «Кәсіпқор» холдингі» КЕАҚ арасында жасалған шартқа сәйкес «ТЖКБ жүйесі үшін шетел әдебиетін сатып алуды және аударуды ұйымдастыру жөніндегі қызметтер» мемлекеттік тапсырмасын орындау аясында қазақ тіліне аударылды. Аталған кітаптың орыс тіліндегі нұсқасы Ресей Федерациясының білім беру үдерісіне қойылатын талаптардың ескерілуімен жасалды.

Қазақстан Республикасының техникалық және кәсіптік білім беру жүйесіндегі білім беру ұйымдарының осы жағдайды ескеруі және оқу үдерісінде мазмұнды бөлімді (технология, материалдар және қажетті ақпарат) қолдануы қажет.

Аударманы «Delta Consulting Group» ЖШС жүзеге асырды, заңды мекенжайы: Астана қ., Иманов көш., 19, «Алма-Ата» БО, 809С, телефоны: 8 (7172) 78 79 29, эл. поштасы: info@dcg.kz

© Сетков В.И., 2011ж

© «Академия» оқу-баспа орталығы, 2011

ISBN 978-601-333-315-1 (каз.)

ISBN 978-5-4468-0715-4 (рус.) © Дизайн. «Академия» баспа орталығы, 2011ж

Құрметті оқырман!

Бұл оқу құралы 270802 «Ғимараттар мен құрылыстарды салу және пайдалану» мамандығы бойынша оқу-әдістемелік кешені болып табылады.

Нұсқаулық мамандықтарды құруға арналған «Техникалық механика» пәні бойынша ОП.02 жалпы кәсіби пәнін оқуға арналған.

Жаңа буынның оқу-әдістемелік жинақтары жалпы білім беру және жалпы кәсіптік пәндер мен кәсіби модульдерді оқытуды қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін дәстүрлі және инновациялық оқу-әдістемелік материалдарды қамтиды. Әрбір жиынақта жұмыс берушінің талаптарын ескере отырып, жалпы және кәсіби құзыреттілікті меңгеру үшін қажетті оқулықтар мен оқу құралдары, оқыту және басқару құралдары бар.

Оқу басылымдары электронды білім беру ресурстарымен толықтырылады. Электрондық ресурстар интерактивті жаттығулар мен тренажерлармен, көпмақсатты объектілермен, интернетте қосымша материалдар мен ресурстарға сілтемелермен қамтылған теориялық және практикалық модульдерден тұрады. Оларға оқу үрдісінің негізгі параметрлері белгіленетін терминологиялық сөздік және электронды журнал кіреді: жұмыс уақыты, бақылау және практикалық тапсырмалардың орындалу нәтижесі. Электронды ресурстар оқу үдерісіне оңай енеді және әртүрлі оқу бағдарламаларына. «Техникалық механика» пәні бойынша оқу-әдістемелік жиынтығы «Құрылыс мамандықтары үшін техникалық механика» электронды білім беру қорын қамтиды.

Жинақта теориялық механиканың 30 материалына, материалдық қарсылыққа және конструкциялардың статистикасына арналған бақылау (аудио) және есептеу-графикалық (алдын-механикалық) жұмыстар үшін 22 жеке тапсырма бар. Есептеу-графикалық және бақылау (тәуелсіз) жұмыстардың көлемі мен мазмұны ұсынылған есептік-графикалық жұмыстардың тізбесіне және Бағдарламада көзделген бақылау жұмыстарының болжалды тақырыптарына сәйкес әзірленеді. Әрбір тапсырма 36 нұсқадан тұрады, бұл тек қана жеке және интуитивті етеді.

Коллекцияның мазмұны мен құрылысы өз ерекшеліктеріне ие.

Біріншіден, барлық тапсырмалар мен міндеттер, ең алдымен, «Құрылыс конструкциялары» арнайы пәнін оқып үйренуге бағытталған.

Құрылыста кездесетін конструкциялар мен конструкцияларға сәуленің, рамадан, шөміштен, аркадан, элементтерінің көлденең қималарының, сыртқы жүктің түрлерінің есептік схемалары тән.

Сонымен қатар, олар «Техникалық механика» жалпы кәсіптік пәні шеңберіне толықтай сай келеді.

Осы жинақтың мақсаты студенттерді Бағдарламада қарастырылған Құрылыс нормалары мен ережелерін (СНиП) ескере отырып, есептеуді жүзеге асыруға дайындау болып табылады.

Екіншіден, тапсырманың әрбір тақырыбы екі деңгейлі күрделіліктен тұрады: бақылау немесе тәуелсіз - қарапайым және есептік-графикалық - күрделі. Сондықтан бір тақырып бойынша өздігінен жұмыс жасағаннан кейін есептеулерді және графикалық жұмыстарды бастау ұсынылады.

Әрбір тапсырманы алдында қысқаша есептерді шешу тәртібін әдістемелік нұсқаулар сипаттау керек.

Жинақта есептеу және бақылау жұмыстарының міндеттеріне мазмұнды жақын проблемаларды шешудің 38 мысалы бар.

Тәуелсіз жұмыс тек бақылауға ғана емес, сонымен қатар оқытуға да арналған. Ол үшін мұғалімнің қалауы бойынша олар қайта жасалуы немесе қысқартылуы мүмкін.

Қосымшаларда проблемаларды шешу үшін қажетті анықтамалық материал қарастырылған.

Бұл жинақ пен «Құрылыс мамандықтарының техникалық механикасы» оқулығының авторы әртүрлі жылдарда жазды: біріншісі - 2003 жылы (біріншісі), екіншісі - 2007 жылы. Көптеген жылдар бойы автор өз пікірін өзгертті. Пәннің құрылымы бойынша оқулықта бөлімдердің атаулары, оларды ұсыну тәртібі өзгереді.

Екі кітаптың оқу материалының негізгі бөлігі өзгеріссіз қалды. Автор жинақтың құрылымын өзгертпеуге шешім қабылдады. Екі кітаптағы сілтемелер мұғалімдер немесе оқушылар тарапынан екі кітапты пайдалануда қиындықтар тудырмайтын бөлімдерде немесе бөлімдерде емес, беттерде жасалады.

I

ӨЗДІК ЖӘНЕ БАҚЫЛАУ ЖҰМЫСТАРЫ

ТАРАУ

- 1 тарау. Теориялық механика. Статистика
- 2 тарау. Материалдардың тұрақтылығы
- 3 тарау. Құрылыстың статикасы

ТЕОРИЯЛЫҚ МЕХАНИКА. СТАТИКА

1.1. АНАЛИТИКАЛЫҚ ӘДІСПЕН РЕАКЦИЯЛАРДЫҢ ҚАТЫНАСТАРЫН ТЕКСЕРУ

1. Тепе-теңдік қарастырылатын нүктені көрсетіңіз. Өзіндік жұмыстарға арналған тапсырмаларда мұндай нүкте дене салмағының орталығы немесе барлық штангалар мен жіптер қиылысу нүктесі болып табылады.

2. Қаралып жатқан мәселеге белсенді күштерді қолданыңыз. Өзіндік жұмыстарға арналған тапсырмаларда белсенді күшін дене салмағы немесе жүктің салмағы төменге бағытталған (дәлірек - жердің ауырлық орталығына). Блок болған жағдайда жүктің салмағы талшықтың бойында берілген нүктеге әсер етеді. Бұл күштің әрекеті сызбадан анықталады. Дене салмағы әдетте G әрпімен белгіленеді.

3. Байланысты мәжбүрлеп алып тастаңыз, олардың әрекетін облигациялардың реакциялары арқылы ауыстырыңыз. Ұсынылған проблемалар бойынша қосылыстардың үш түрі пайдаланылады: мінсіз тегіс жазықтық, мінсіз қатаң тікелей шыбықтар және өте икемді жіп - бұдан әрі ұшак, штанг және жіп деп аталады.

Байланысты реакциялармен алмастырған кезде, жазық реакцияның контакт (контакт) нүктесінде қалыпты (перпендикулярлы) бойымен бағытталғанын және пішінді және жіптің өздерінің өстерінің бойымен реакциясын есте сақтаңыз. Бұл жағдайда жазықтықтың реакциясы оған бағытталған және дене салмағының орталығынан өтеді және талшықтың реакциясы аталған нүктеден немесе денеден тұрады (жіп әрқашан кернеуді бастан кешеді).

Роликтің реакциясының бағыты алдын-ала белгісіз, сондықтан оны еркін түрде алуға болады. Егер тізбектің реакциясының бағыты тізбектен анықталса қиын болады, ал реакция қарастырылып жатқан нүктеден бағытталады. Нақты бағыт теңдеулерді шешкеннен кейін орнатылады. Жіп пен шоқтың реакциясы күш деп аталады. Жазықтықтың реакциясы R әрпімен белгіленеді, ал жіптің және штанганың күші S немесе H болады. Байланыстың түрі көрсетілмесе немесе әртүрлі байланыстар көрсетілсе, онда «реакция» термині пайдаланылады.

Облигациялардың реакциялары қарастырылып жатқан мәселеге қатысты қолданылады. Мұны бұрыштық көріністе ауқымды ұстай отырып, сызбалық түрде орындалған жеке суретте жасау керек. Нәтижесінде үш конвергенция күші жүйесі алынды. Белсенді күш(жүктің салмағы немесе салмағы) белгілі және байланыс реакциялары (олардың екеуі) белгісіз.

3. Төрт бұрышты координаттар жүйесінің орнын таңдаңыз.

Алдымен координаталар тепе-теңдікті қарастыратын нүктемен біріктіріледі. Өстердің орналасуы ерікті түрде таңдалуы мүмкін және түпкілікті нәтиже бойынша дұрыс шешіммен көрсетілмейді. Әдетте, екі әдісті бірі координат өсінің бағытын таңдау үшін қолданылады. Бірінші: өстің біреуі белгісіз реакциялардың біреуімен сәйкес келеді, ал екіншісі бір мезгілде бірінші бұрышты құрайды. Екіншіден, у өсі тігінен бағытталған және х-өсі көлденең бағытталған. Белгілі бір жағдайда өсті орналастырудың басқа тәсілі болуы мүмкін. Егер күштер жүйесі симметрия өсі болса, онда координат өсінің біреуі біріктіріледі. Барлық жағдайларда реакциялар мен координат өстерінің арасындағы бұрыштарды анықтау және оларды суретте көрсету қажет.

$$1) \sum X = 0; \quad 2) \sum Y = 0.$$

Еске салсақ, бұл өстегі күштің проекциясы күштің көлемі мен өсінің бағыттары арасындағы бұрыштың косинусының күші (көлемі) болып табылады. Егер күш бағыттары мен өс арасындағы бұрыш өткір болса, онда плюс белгісі проекцияның мәніне дейін орналастырылады, яғни күш пен өс бір бағытта бағытталады; егер олар кері бағытта бағытталса, онда «минус» белгісі қойылады. Екі белгісіз екі теңдеулер жүйесін шешіңіз. Сонымен қатар, егер өстің біреуі белгісіз реакцияға сәйкес келсе, онда екі теңдеудің біреуі жүйенің шешімін жеңілдететін бір ғана белгісізден тұрады.

Егер жауап минус белгісімен алынса, онда бұл сызбадағы реакцияның бағытын дұрыс таңдамаған дегенді білдіреді, яғни, егер таяқ теңдеулерді құрастырудан бұрын созылған деп болжанса, шын мәнінде ол қысылып, керісінше болады. Мұндай реакция шешімнің қателігі емес(егер бұл дұрыс болса), себебі сызба және жауап бірлесіп, реакцияның нақты бағытын көрсетуге мүмкіндік береді.

3.Шешімді тексеруді орындаңыз. Әдетте бұл графикалық немесе басқа жолдармен жасалады, бірақ аналитикалық түрде орындалады. Ол үшін координат өсінің орналасуын өзгертіңіз.Жауаптары бірдей болуы керек

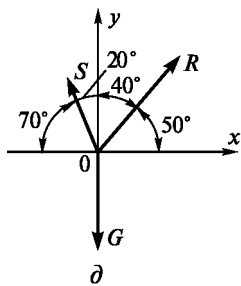
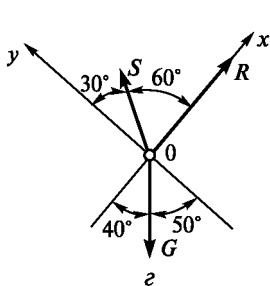
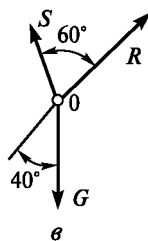
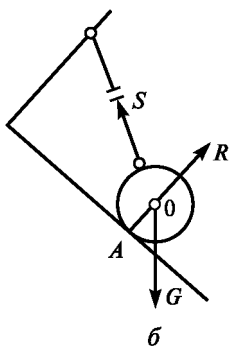
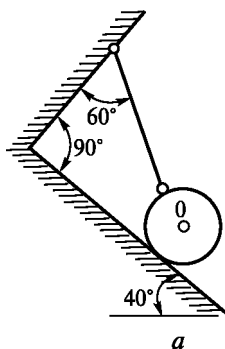
1-мысал. Суретте көрсетілген тізбек үшін байланыс реакцияларының шамасын және бағытын анықтаңыз. 1, а жүктемесі бойынша $G = 30$ кг. Реакцияның дұрыстығын тексеріңіз.

немесе күші (біз S арқылы белгілегеміз) - нүктеден жіптің бойымен өтеді. Екі реакция, дененің салмағы немесе олардың әрекет *Шешім.* 1. Мәселе бойынша, жазықтықта демалатын және жіппен тоқталатын дененің тепе-теңдігі қарастырылады. Денені O гравитациялық орталығымен сәйкес келетін нүктемен ауыстырамыз.

2. Дененің салмағы G . болып табылатын белсенді күшке O нүктесіне қолданыңыз (1-сурет, б).

3. Қосылуды ақыл-ойы жоқ - ұшақ пен жіптен. Олардың әсерін O нүктесіне байланыстыру реакциялары арқылы ауыстырамыз. Ұшақтың реакциясы(айталық, R) әдеттегі бойымен A нүктесінде жазықтыққа, ал жіптің реакциясы ету сызығы O нүктесінде қиылысу керек.

Біз қолданыстағы күштерді жеке сызбаға үш конверген күштер жүйесі түрінде бейнелейтін (1-сурет, с).



4. Координаттық жүйенің орнын таңдаңыз. Шығысы 0-тармаққа сәйкес келеді. X-өсі R реакциясының әрекет сызығының бағытына сәйкес келеді және y өсі x-өсіне перпендикуляр бағытталған (1-сурет, d). Координат өстері мен R және S реакцияларының арасындағы бұрыштарды анықтаңыз. 1, b және 1, c бөлек орындалмайды, бірақ дереу сур. 1, суретті қараңыз. 1, d. y-өсін S күшімен біріктіруге және x-өсін бұрыш бойымен бағыттауға болады, содан кейін шешім әртүрлі болады.

5. Барлық күштердің координат өсіне арналған проекцияларының сомасын құрайық

$$1) \Sigma X = R + S \cos 60^\circ - G \cos 40^\circ = 0;$$

$$2) \Sigma Y = S \cos 30^\circ - G \cos 50^\circ = 0.$$

Теңдеулер жүйесін шешеміз. Екінші теңдеуден табамыз

$$S = \frac{G \cos 50^\circ}{\cos 30^\circ} = \frac{30 \cdot 0,643}{0,866} = 22,27 \text{ кН}.$$

Бірінші теңдеуден біз табамыз

$$R = G \cos 40^\circ - S \cos 60^\circ = 30 \cdot 0,766 - 22,27 \cdot 0,5 = 11,84 \text{ кН}.$$

6. Суреттегі координат өсін анықтайтын шешімді тексеріп көрейік.

1, d) жаңадан қабылданған өстер үшін теңдеулер теңдеулерін құрайық:

$$1) \Sigma X = R \cos 50^\circ - S \cos 70^\circ = 0;$$

$$2) \Sigma Y = R \cos 40^\circ + S \cos 20^\circ - G = 0.$$

Теңдеулер жүйесін ауыстыру әдісімен шешеміз.

Бірінші теңдеуден R:

$$R = S \frac{\cos 70^\circ}{\cos 50^\circ}.$$

Бұл өрнек екінші теңдеуде біз алмастырамыз:

$$R = S \frac{\cos 70^\circ}{\cos 50^\circ} \cos 40^\circ + S \cos 20^\circ - G = 0.$$

қайдан

$$S = \frac{G}{\frac{\cos 70^\circ}{\cos 50^\circ} \cos 40^\circ + \cos 20^\circ} = \frac{30}{\frac{0,342}{0,643} \cdot 0,766 + 0,94} = 22,27 \text{ кН}.$$

R-ді табамыз :

$$R = 22,27 \frac{0,342}{0,643} = 11,84 \text{ кН.}$$

Әлбетте, өстердің орналасуы 1 суретте көрсетілгендей құрделене түсті.

жауап: $R = 11,84$ кг; $б' = 22,27$ кг.

2-мысал. Кесектің иірім мен штангасындағы күштерді, 2.2. Белсенді күш - төменгі бағытта бағытталған \vec{G} жүктемесінің салмағы (2-сурет, б)

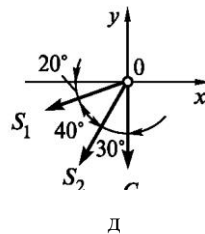
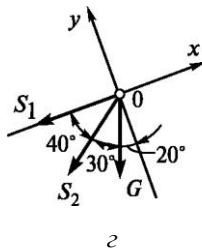
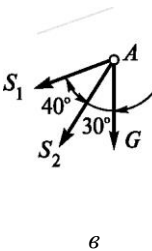
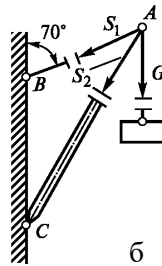
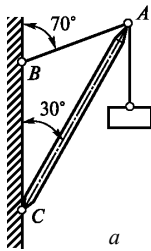
барлық штандар мен жіптер біріктіріледі.

Решение. 1. *Рассмотрим равновесие точки A* (или узла A), в которой сходятся все стержни и нити.

3. Қосылымды алып тастаңыз: штангалар мен жіп. Талшықтағы стресс S_1 арқылы белгіленеді және A нүктесінен бағыт алынады, себебі жіптің кернеуі ғана болады. Шеңбердегі кернеу S_2 арқылы белгіленеді, сондай-ақ, A нүктесінен бағдарлануына байланысты, айнаымалы кернеу созылады (2-сурет, б).

A нүктесіндегі күштердің әрекет схемасын жеке сызбаға келтірейік (2-сурет, с).

4. Координатиялық жүйенің орнын таңдаңыз. Координаттардың шығу нүктесі A нүктесімен біріктіріледі (2-сурет, d). X өсі S_1 күші әрекет сызығымен теңестіріледі және y-өсі x-өсіне перпендикуляр. Біз координат өсінің және S_1 және S_2 күштерінің арасындағы бұрыштарды анықтаймыз.



$$1) \Sigma X = -S_1 - S_2 \cos 40^\circ - G \cos 70^\circ = 0;$$

$$2) \Sigma Y = -S_2 \cos 50^\circ - G \cos 20^\circ = 0.$$

Екінші теңдеуден табамыз

$$S_2 = -G \frac{\cos 20^\circ}{\cos 50^\circ} = -\frac{20 \cdot 0,94}{0,643} = -29,24 \text{ кН}.$$

Бірінші теңдеуден табамыз

$$\begin{aligned} S_1 &= -S_2 \cos 40^\circ - G \cos 70^\circ = \\ &= 29,24 \cdot 0,766 - 20 \cdot 0,342 = 15,56 \text{ кН}. \end{aligned}$$

3. S_2 алдындағы минус белгісі динамиктің ядросы күткендей созылмады, бірақ қысылған.

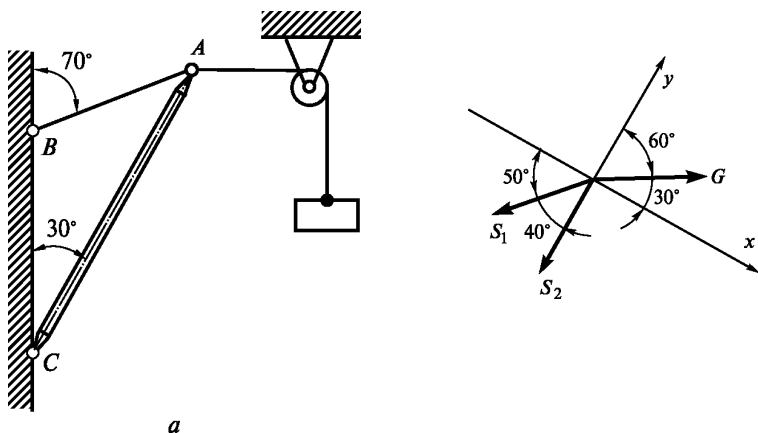
4. Сіз өзіңіздің шешіміңізді тексеруді өзіңізге ұсынамыз, координат өсін, сур. 2, d.

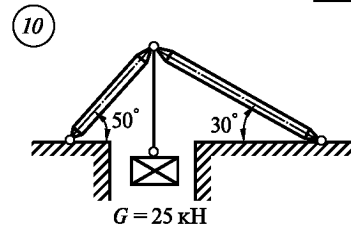
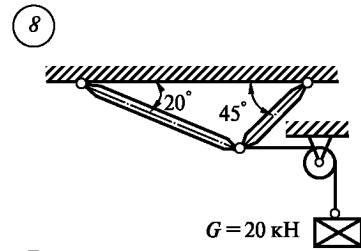
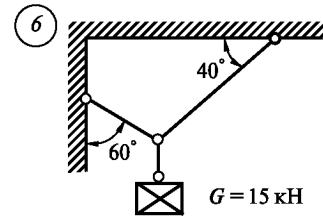
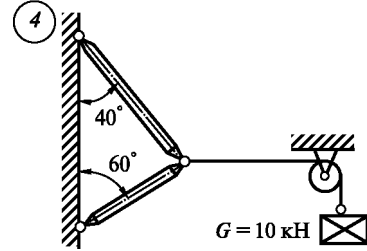
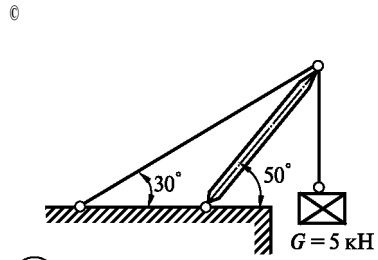
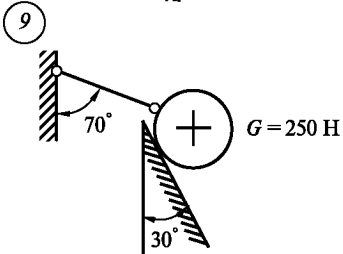
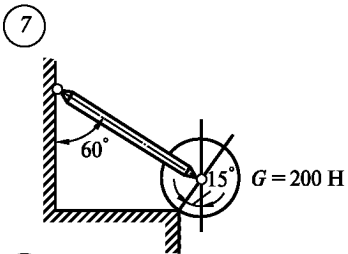
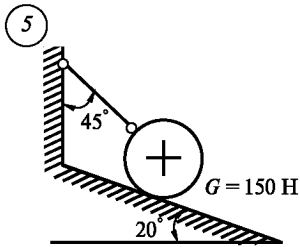
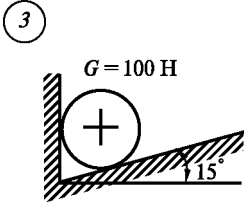
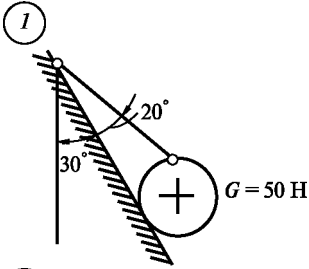
Жауабы: $S_1 = 15,56$ кН, $S_2 = -29,24$ кН (Суреттегі күш-жігерді бағыттаумен).

Бұл күштің шамасы штангаға және жіпке бейім бұрышқа байланысты. Мысалы, егер сур. 2 бұрышы 60° бұрылады, бұрышы 30° болса, онда күштер тең болады: $S_1 = 20$ кН, $S_2 = -34,64$ кН. Ал 50° $S_1 = 29,26$ кН бұрышта, $S_2 = -44,8$ кН. Екі күш де өсіп, жүк салмағынан үлкенірек болады.

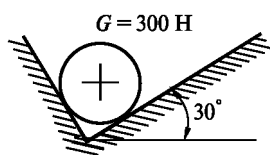
Мысал 3-суретте көрсетілгендей, жүктеме блоктың бойымен өтіп кетсе, штангаға және жіптің күші өзгереді.

Қалған лемпектер 2-мысалла көрсетілген.

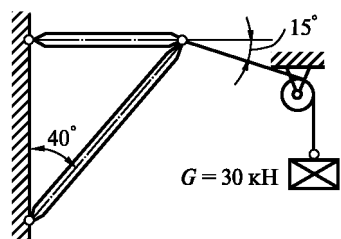




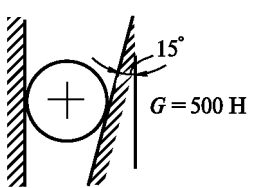
11



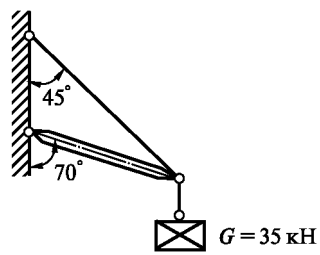
12



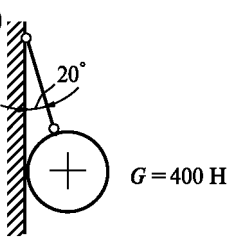
13



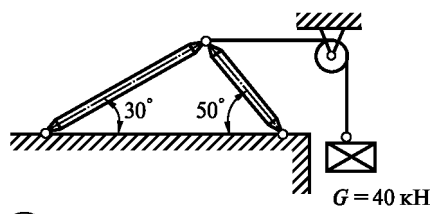
14



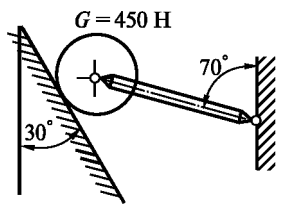
15



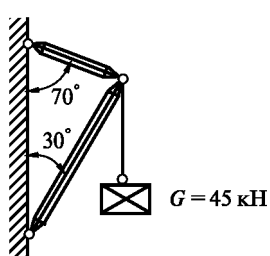
16



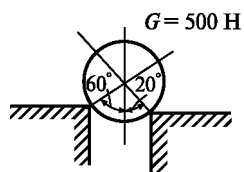
17



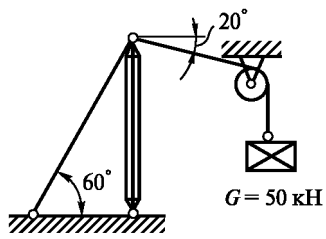
18



19



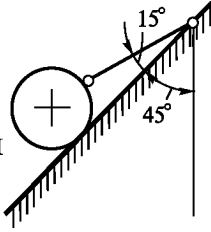
20



4-сурет.Жалғасы

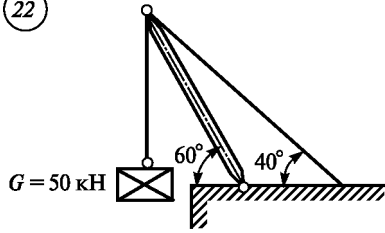
21

$G = 500 \text{ H}$



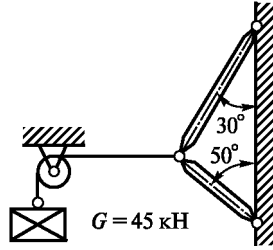
22

$G = 50 \text{ кН}$



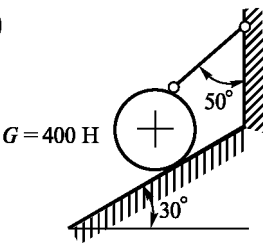
24

$G = 45 \text{ кН}$



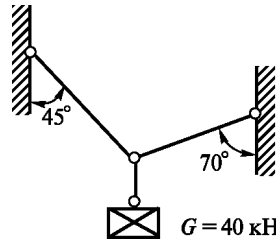
25

$G = 400 \text{ H}$



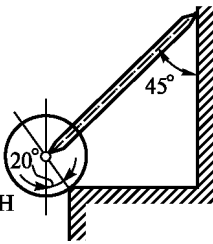
26

$G = 40 \text{ кН}$



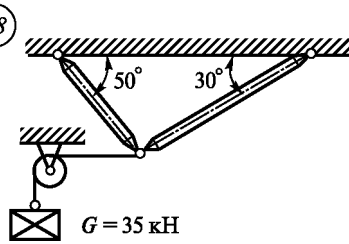
27

$G = 350 \text{ H}$



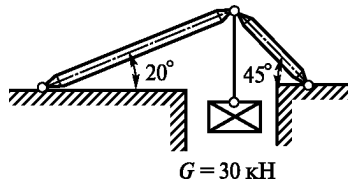
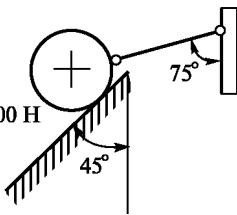
28

$G = 35 \text{ кН}$



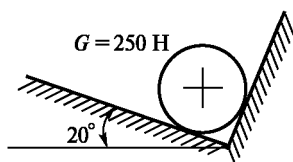
29

$G = 300 \text{ H}$

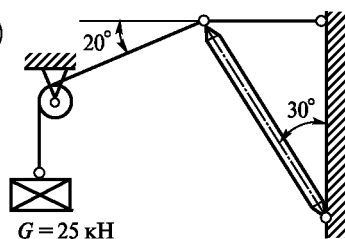


4 сурет. Жалғасы

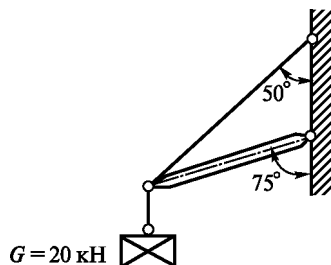
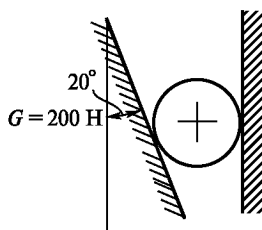
31



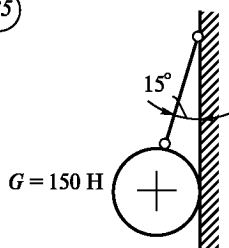
32



33



35



R

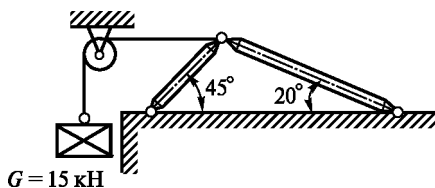


Рис. 4. Окончание

Шешім. 1. Қаралып жатқан мәселе - А нүктесі.

2. Белсенді күш (жүктеме салмағы G) нүктеге көлденең - солдан оңға қарай әрекет етеді, себебі жүктеме блоктың бойымен лақтырылады.

3. S_1 және S_2 күштерін 2-мысалдағы А-ға дейін қолданамыз.

4. Суреттегі координаттар жүйесін таңдаңыз. 3, б.

Тендік теңдеулерін құрып, шешеміз:

$$1) \quad \Sigma X = G \cos 30^\circ - S_1 \cos 50^\circ = 0;$$

$$2) \quad \Sigma Y = G \cos 60^\circ - S_2 - S_1 \cos 40^\circ = 0.$$

Бірінші теңдеуден табамыз

$$S_1 = -G \frac{\cos 30^\circ}{\cos 50^\circ} = 20 \frac{0,866}{0,643} = 26,94 \text{ кН}.$$

Екінші теңдеуден табамыз

$$S_2 = G \cos 60^\circ - S_1 \cos 40^\circ = 20 \cdot 0,5 - 26,94 \cdot 0,766 = -10,64 \text{ кН.}$$

Жауабы: $S_1=26,94$ кН; $S_2 = -10,64$ кН

Суреттегі күш-жігердің бағытымен. S_1 күші жоғарылап, S_2 - азайып, белгілер өзгерген.

Өзіндік жұмыстарға арналған тапсырма 1. Кестеде көрсетілген опциялардың біріне сәйкес облигациялардың реакцияларының шамасын және бағытын анықтаңыз.

1.2.

ТІРЕК РЕАКЦИЯСЫ АРҚАЛЫҚТАРЫН ЕКІ ТІРЕКТЕГІ ӘРЕКЕТІ КЕЗІНДЕГІ ТІК ЖҮКТЕМЕНІ АНЫҚТАУ

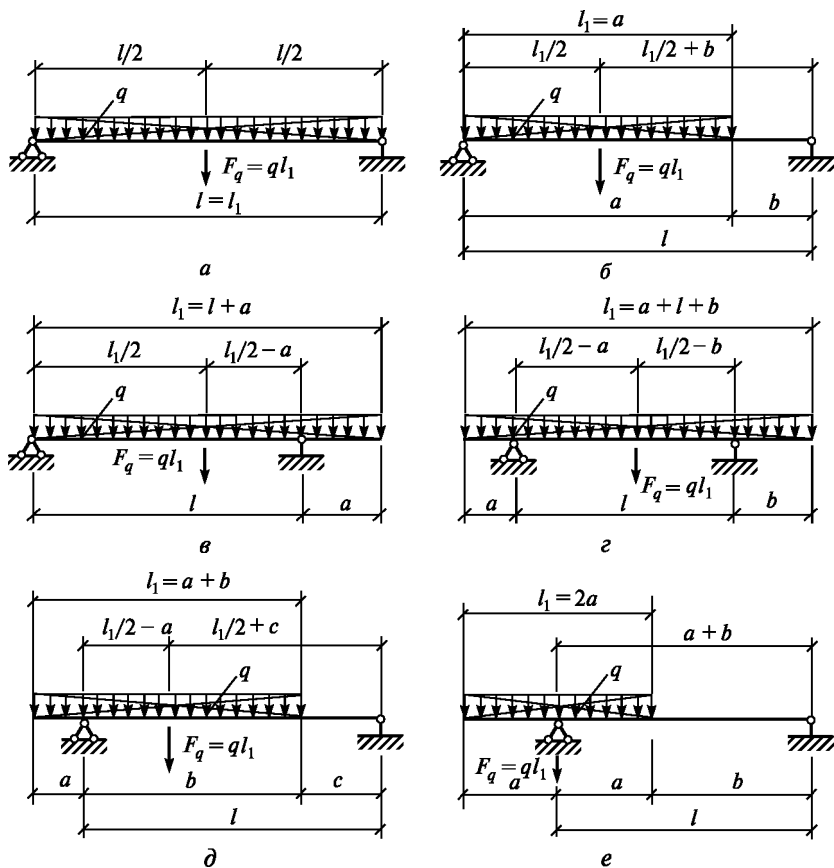
1. Бөлінген жүктемені концентрацияланған күшпен шығарыңыз. Біркелкі бөлінген жүктеме үшін, нәтиже жүктеменің қарқындылығының өніміне, ол әрекет ететін секцияның / 1 ұзындығымен тең болады: $F_q = ql$ (5-сурет).

Өздігінен жұмыс істеуге арналған міндеттерде таратылатын жүктеменің тірек тіректерге қатысты орнына қарай келесі негізгі жағдайлары мүмкін

- жүктеме арқалықтардың арасындағы барлық пучок бөлігіне әсер етеді (5-сурет, а);
- жүктеме тіреудің арасындағы пучок бөлігіне әсер етеді (5-сурет, б);
- жүктеме бір немесе екі консольдық пучтың бүкіл ұзындығына әсер етеді (5-сурет, с, г);
- жүктеме қаттылық бөлігіне және тіректердің арасындағы бөлікке әсер етеді (5-сурет, d);
- жүктеме тіреудің біріне қатысты симметриялы түрде әрекет етеді (5-сурет, е).

1. Тапсырмалардағы 5-суретте көрсетілгеннен өзгеше емес жүктеме әрекеттерінің басқа жағдайлары кездесуі мүмкін. Тапсырманы шешер алдында, теңдестіруді табу және оның қашықтықтарын тіректерге дейін анықтау тәртібін нақтылау және бекіту ұсынылады. Егер сізде осындай проблемаларды шешуге дағдыларыңыз жоқ болса, онда нәтижеге қатысты қолдауға қатысты ережелерді көрсетуіңіз керек. Болашақта бұл мүмкін болмайды.

2. Тіректердің белгісі. Олар А және В әріптерімен белгіленеді. Қарапайым арқалықтың бір топсалы бекітілген және бір тірек-қозғалыстағы қолдауы бар. Тіректер туралы қосымша ақпаратты [4, с. 15] суреттен білесіздер.



5 сурет

1. Олар тіректерден босатылып, әрекеттерін қайтадан әрекеттермен ауыстырады. Бұрышта өз бетімен жұмыс істеу міндеттерінде тек тік жүктемелер мен концентрацияланған сәттер қолданылады. Бұл жүктеме бойынша тіректердің реакциясы тек тік болады. Әдетте олар жоғары қарай бағытталады (негізгі жүктеменің әсеріне қарсы) және А-УА тірегі мен В-ВВ тіректерінің реакциясын белгілейді.

Тендік тендеулері келесідей:

$$1) \sum M_A = 0; 2) \sum M_B = 0.$$

Есте ұстаңыз, бұл нүктеге қатысты сәті осы күштің иықтағы өнімі - осы қашықтықтағы күштің ең қысқа нүктесі деп аталады (тұтастай алғанда күш сызығына).

Егер күш шамды сағат тіліне қарай бұрылуға бейім болса, онда оның сәті оң болады, ал қарама-қарсы болса, ол теріс болады. Шоғырландырылған сәт тірекке дейінгі қашықтыққа көбейтілмейді, ал белгілердің күші күшінің сәтімен бірдей болып қалады.

Теңдеулерді шешіп, реакцияларды табыңыз V_A и V_B .

1. Шешімді тексеруді орындаңыз. Ол үшін тепе-теңдік теңдеуін құрастырыңыз: $\Sigma Y = 0$.

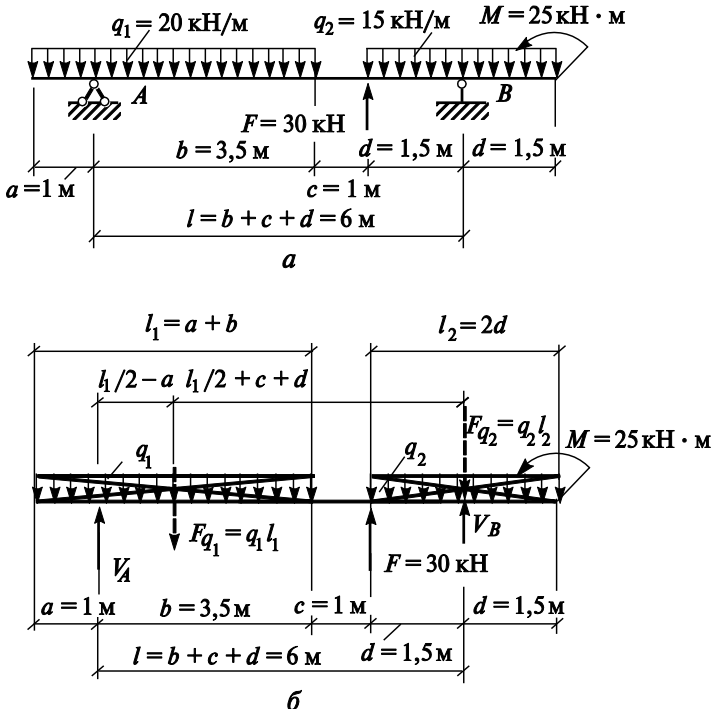
Егер қанағаттандырылса, онда реакциялар дұрыс табылған, ал егер жоқ болса, онда шешім қате болды

4-мысал. Суретте көрсетілген пучок тірек реакцияларын анықтаңыз. 6, а.

Шешім. 1. Бөлінген жүктемені нәтижемен ауыстырыңыз. Әр түрлі қарқындылықты пучка жүктейді, сондықтан олардың әрқайсысы үшін нәтиже табамыз:

$$F_{q_1} = q_1 l_1 = 20 \cdot 4,5 = 90 \text{ кН}; F_{q_2} = q_2 l_2 = 15 \cdot 3 = 45 \text{ кН},$$

Г қайда $l_1 = a + b = 1 + 3,5 = 4,5 \text{ м}; l_2 = d + d = 1,5 + 1,5 = 3 \text{ м}.$



1. Біз осы күштердің әрқайсысына тіректердің қашықтығын көрсетеміз (6-сурет, б).
2. А және В тіректерін белгілеңіз.
3. V_A және V_B қолдау реакцияларын көрсетеміз. Әдетте, 6, а және 6 б суреттерінде біріктіріп көрсетеді.

$$F_{qi} (4/2 - a) - F(b + c) + Fq_2l - V_B l - M = 0,$$

қайдан

$$\begin{aligned} V_B &= [Fq (l_1/2 - a) - F(b + c) + Fq_2l - V_{Bl} - M]/l = \\ &= \frac{90(4,5/2 - 1) - 30(3,5 + 1) + 45 \cdot 6 - 25}{6} = 37,1 \text{ кН}. \end{aligned}$$

Екінші теңдеу форманы алады

$$V_A l - F_{qi} (d + c + 4/2) + Fd - M = 0,$$

қайдан

$$\begin{aligned} V_A &= [F_{qi} (d + c + l_1/2) - Fd + M]/l = \\ &= \frac{90(1,5 + 1 + 4,5/2) - 30 \cdot 1,5 + 25}{6} = 67,9 \text{ кН}. \end{aligned}$$

5. Сынақты тексеру үшін $\Sigma Y = 0$ теңдеуін қолданамыз, ол форманы қабылдайды.

$$V_A - Fq_1 + F + V_B - Fq_2 = 0$$

немесе

$$67,9 - 90 + 30 + 37,1 - 45 = 0, \text{ қайдан } 135 - 135 = 0.$$

Реакциялар дұрыс анықталған.

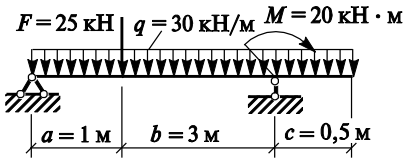
Жауабы: $V_A = 67,9$ кН; $V_B = 37,1$ кН.

Өзіндік жұмыстарға арналған тапсырма 2. Суретте көрсетілген опциялардың біріне сәйкес екі колоннаның тіреу реакцияларын анықтаңыз.

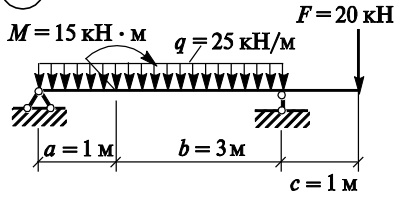
7. Оларды анықтаудың дұрыстығын тексеріңіз.

7 сурет (сонымен қатар 11—24 суреттерді қара)

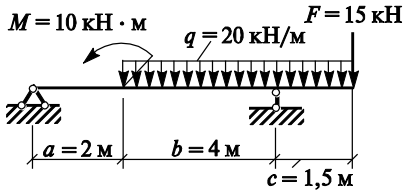
1



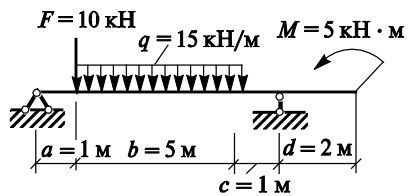
2



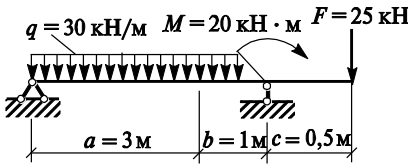
3



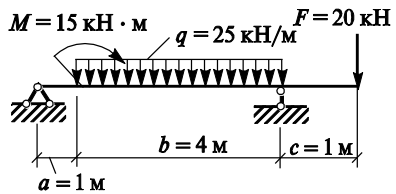
4



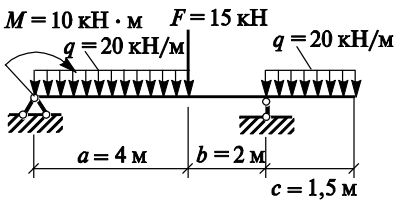
5



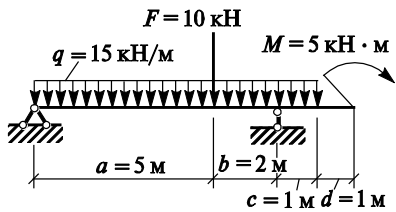
6



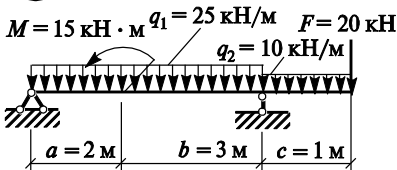
7



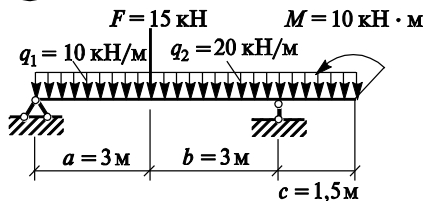
8



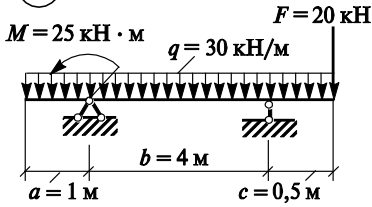
9



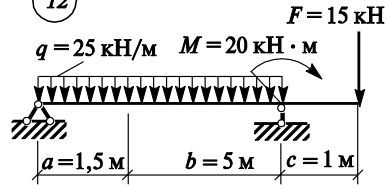
10



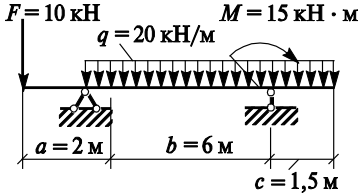
11



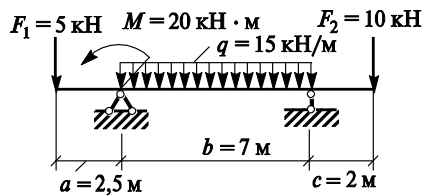
12



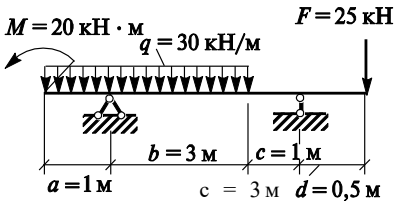
13



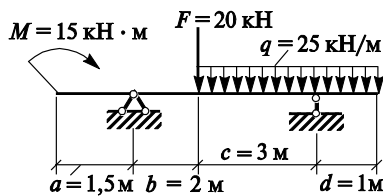
14



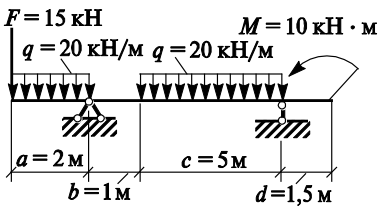
15



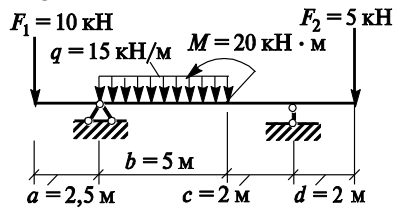
16



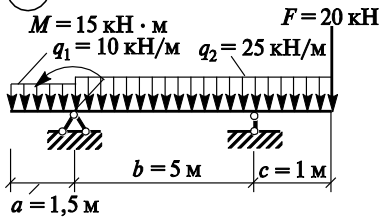
17



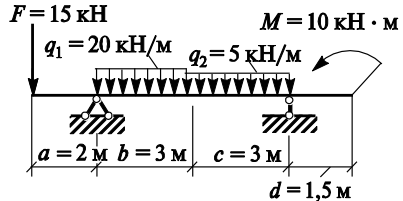
18



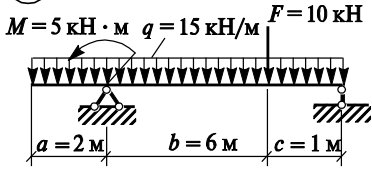
19



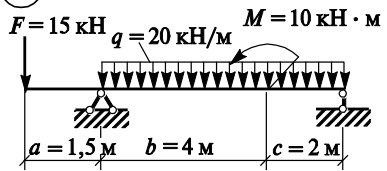
20



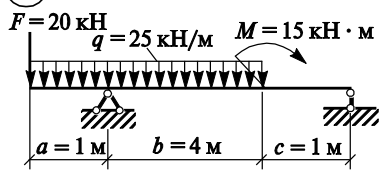
21



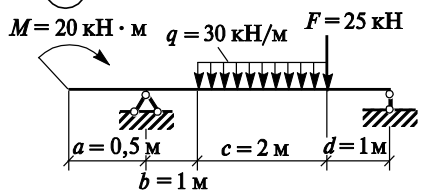
22



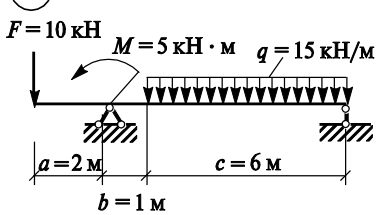
23



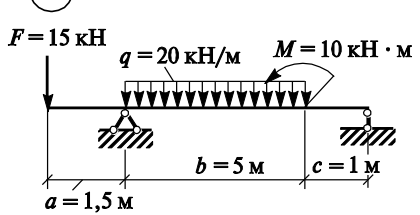
24



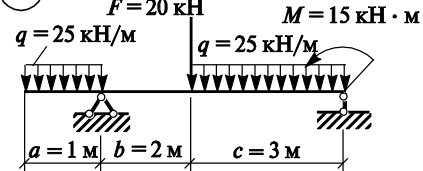
25



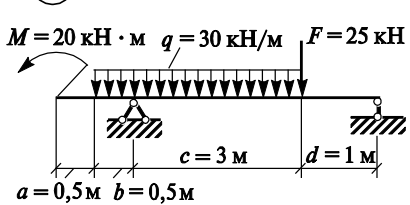
26



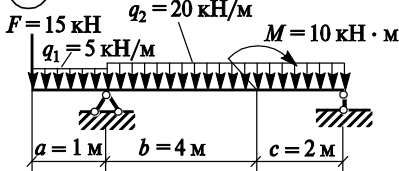
27



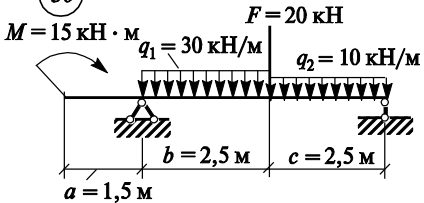
28

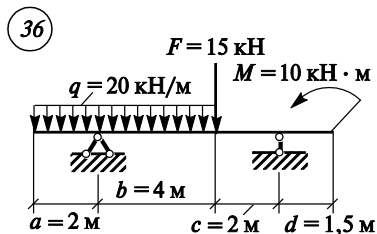
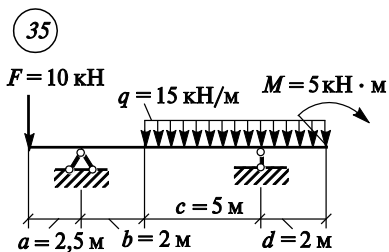
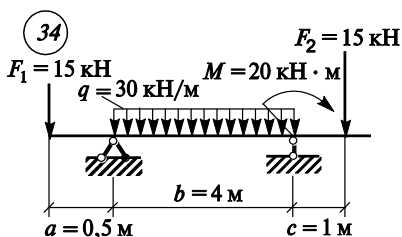
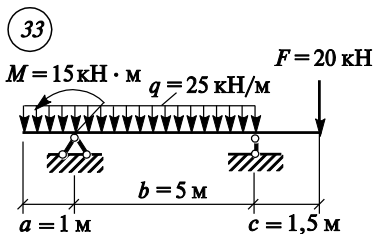
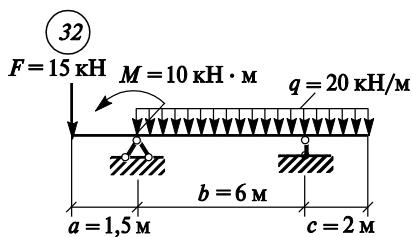
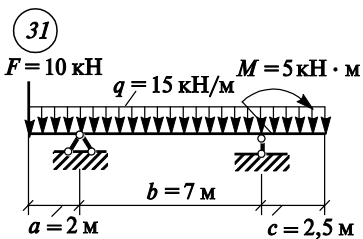


29



30





7сурет .Соңы

1.3. АУЫРЛЫҚ ОРТАЛЫҒЫНЫҢ ҚИМАСЫ ЖАҒДАЙЫН АНЫҚТАУ

1. Бөлімді қарапайым суреттерге бөліңіз. Өзіндік жұмыстарға арналған тапсырмаларда мұндай көрсеткіштер стандартты прокат профильдер болып табылады, олардың өлшемдері II қосымшада келтірілген. I. Әдетте кескінді құрайтын болаттың профильдері 1, 2, 3, ... сандарымен белгіленеді.

2. Мемлекеттік стандарт кестелерін қолданып, әрбір профильдің (сурет) ауырлық орталықтарын көрсетіңіз және оларды C_1, C_2, \dots, C_n деп белгілеңіз (I қосымшаны қараңыз).

3. Үйлестіру өсін жүйені таңдаңыз. Өздігінен жұмыс істеу үшін барлық бөлімдерде бір симметрия өсі бар, сондықтан координат өсінің біреуін біріктіру ұсынылады. Екінші координат өсі бірінші өсіне перпендикуляр бағытталған, ол бір немесе бірнеше сандардың ауырлық орталықтарымен қиылысатын болады. Бұл жағдайда координаттардың пайда болуы фигуралардың біреуінің ауырлық орталығымен сәйкес келуі (сәйкес келмеуі) мүмкін.

4. Секцияның ауырлық орталығының координаттарын анықтау үшін формулалар:

$$1) x_c = \frac{A_1 x_1 + A_2 x_2 + \dots + A_n x_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n};$$

$$2) y_c = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2 + \dots + A_n y_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}.$$

Мемлекеттік стандарт кестелерін қолдану (I қосымшаны қараңыз), A_1, A_2, \dots, A_n , гравитациялық орталықтарының координаттары x_1, x_2, \dots, x_n және y_1, y_2, \dots , Таңдалған координат өсіне қатысты. Нөмірдегі және формулалардағы терминдердің саны бөлімнің профильдерінің санына байланысты. Алынған мәндер формулаға ауыстырылады және x_C және y_C табылды.

Егер x өсі симметрия өсіне теңестірілсе, онда координат $y_C = 0$, ал егер y өсі симметрия өсіне сәйкес болса, онда $x_C = 0$.

Белгілі масштабты сақтай отырып, гравитация орталығының позициясын суретте көрсетіп, гравитация орталығынан координат өсіне дейін қашықтықты көрсетіңіз.

4. **Координат өсін** (немесе бір өс) позициясын өзгерте алатын және жаңа өстерге қатысты гравитация орталығының координаттарын табуға болатын шешімді дұрыстығын тексеруді орындаңыз. Гравитация орталығының ережесі координат өсінің жүйесі қалай таңдалғанына байланысты емес.

5-мысал. Суреттегі секцияның гравитация орталығының координаттарын анықтаңыз. 8, а. Көлденең қимасы екі бұрышынан (Z) 56 x 4 және арнадан (I) № 18. тұрады. Ауырлық орталығының күйін анықтаудың дұрыстығын тексеру. Бөлімде өз позициясын көрсетіңіз.

Шешім. 1. Қиылысты бөліктерді бөлек бөліктерге бөліңіз: екі бұрыш 56x4 және 18-арна. Біз оларды 1, 2, 3 деп белгілейік (8а суретін қараңыз).

2. Кесте бойынша әрбір профильдің ауырлық орталықтарын көрсетеміз. 1 кесте және 4 қосымша. Оларды C1, C2 және C3 арқылы белгілеңіз.

1. Біз координаталық өс жүйесін таңдаймыз. y өсі симметрия өсімен үйлесімді, ал x өсі бұрыштардың ауырлық орталықтарынан алынады.

2. Бүкіл бөлімнің ауырлық орталығының координаттарын анықтаңыз. y өсі симметрия өсіне сәйкес келетіндіктен, ол көлденең қиманың гравитация орталығынан өтеді, сондықтан $x_C = 0$. Біз координатаны формула бойынша анықтаймыз

$$y_c = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2 + A_3 y_3}{A_1 + A_2 + A_3}.$$

1 кесте мен және 4 қосымшаны қолдан. Әрбір пропорцияның ауданын және ауырлық күшінің орталықтарының координаттарын анықтаймыз:

$$A_1 = 4,38 \text{ см}^2; y_1 = 0; A_2 = 4,38 \text{ см}^2; y_2 = 0;$$

$$A_3 = 20,7 \text{ см}^2; y_3 = z_{0(\text{гр})} + z_{0(\text{шв})} = 1,52 + 1,94 = 3,46 \text{ см}.$$

Ү1 және у2 координаттары нөлге тең, себебі х өсі бұрыштардың ауырлық орталықтарынан өтеді. Алынған мәндерді **ҮС** анықтау үшін формулаға ауыстырамыз:

$$y_c = \frac{4,38 \cdot 0 + 4,38 \cdot 0 + 20,7 \cdot 3,46}{4,38 + 4,38 + 20,7} = \frac{71,62}{29,46} = 2,43 \text{ см}.$$

5. Біз суреттегі көлденең қиманың ауырлық орталығын көрсетеді. 8, а және оны әрпімен белгілеңіз. X өсінен C нүктесіне дейінгі қашықтықты көрсету керек.

Бұрыштары симметриялы түрде орналасқандықтан, олар бірдей аймаққа және координатаға ие, ал $A_1 = A_2$, $y_1 = y_2$. Осылайша, y_c анықтауға арналған формула жеңілдетілуі мүмкін:

$$y_c = \frac{2A_1 y_1 + A_3 y_3}{2A_1 + A_3}.$$

6. Сынақты орындаңыз. Мұны істеу үшін x өсін бұрыш сөресінің төменгі жиегіне сүйреңіз (8-сур.). Біз өсті алғашқы шешудей қалдырамыз. x_c және y_c мәндерін анықтауға арналған формулалар өзгермейді:

$$x_c = 0; y_c = \frac{2A_1 y_1 + A_3 y_3}{2A_1 + A_3}.$$

Профильдердің аудандары өзгеріссіз қалады, ал бұрыштар мен арна күші орталығының координаттары өзгереді. Оларды жазамыз:

$$A_1 = A_2 = 4,38 \text{ см}^2; y_1 + y_2 = B_{\text{VT}} - z_0(\text{VT}) = 5,6 - 1,52 = 4,08 \text{ см};$$

$$A_3 = 20,7 \text{ см}^2; y_3 = B_{\text{VT}} + 2_0(\text{шв}) = 5,6 + 1,94 = 7,54 \text{ см}.$$

Гравитация орталығының координатасын табамыз:

$$y_c = \frac{2 \cdot 4,38 \cdot 4,08 + 20,7 \cdot 7,54}{2 \cdot 4,38 + 20,7} = 6,57 \text{ см}.$$

X_c және y_c координаттарынан анықталған сызықты C нүктесіне қойып, екі әдіс арқылы табылған ауырлық орталығы сол бір нүктеде орналасқан.

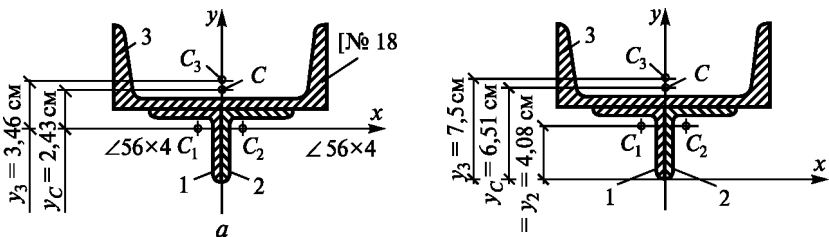


Рис. 8

Оны тексерейік. Бірінші және екінші шешімдермен анықталған ҚБ координаттары арасындағы айырмашылық: $6.51 - 2.43 = 4.08$ см.

Бұл бірінші және екінші ерітіндінің өсі x арасындағы қашықтыққа тең: $5.6 - 1.52 = 4.08$ см.

Жауап: $y = 2,43$ см, егер x өсі бұрыштардың ауырлық орталықтарынан өтсе немесе $y = 6,51$ см болса, онда x өсі бұрыш төменгі жиегінде өтеді.

6-мысал. 6-суретте көрсетілген секцияның гравитация орталығының координаттарын анықтаңыз. 9, а. Бөлім I-сәулелі (I) №24 және №24а каналынан тұрады. Гравитация орталығының орналасуын бөлімде көрсетіңіз.

1.Шешім. 1. Көлденең профильді жылжымалы профильдерге бөлеміз: I-сәулелік және арна. Оларды 1 және 2 санымен белгілеңіз.

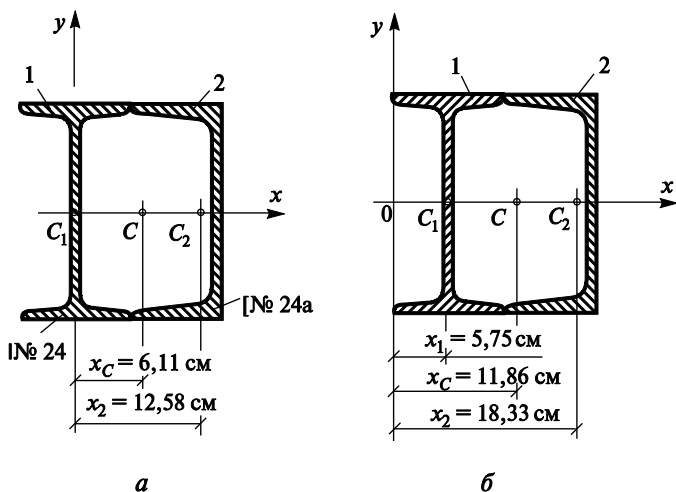
2. Кестені қолданып, Q және S_2 әр профильдің ауырлық орталықтарын көрсетеміз. 3 және 4 қосымшаны қолдан.

3. Біз координаттар өсінің жүйесін таңдаймыз. X -өсі симметрия өсіне сәйкес келеді, және y өсі I-сәулесінің ауырлық орталығынан алынады.

4. Секцияның ауырлық орталығының координаттарын анықтаңыз.

О координаты $y_C = 0$, өйткені өс x өсі симметрия өсіне сәйкес келеді. Формула бойынша x_C координаттарын анықтаймыз

$$x_C = \frac{A_1 x_1 + A_2 x_2}{A_1 + A_2}$$



Кестеге сәйкес 3 және 4 қосымшаны қолдану керек. Секция схемасы

$$A_1 = 34,8 \text{ см}^2; x_1 = 0;$$

$$A_2 = 32,9 \text{ см}^2;$$

$$x_2 = b_{ДВ} / 2 + b_{ШВ} - z_{0(ШВ)} = \frac{11,5}{2} + 9,5 - 2,67 = 12,58 \text{ см}.$$

Формуладағы сандық мәндерді алмастырамыз және аламыз

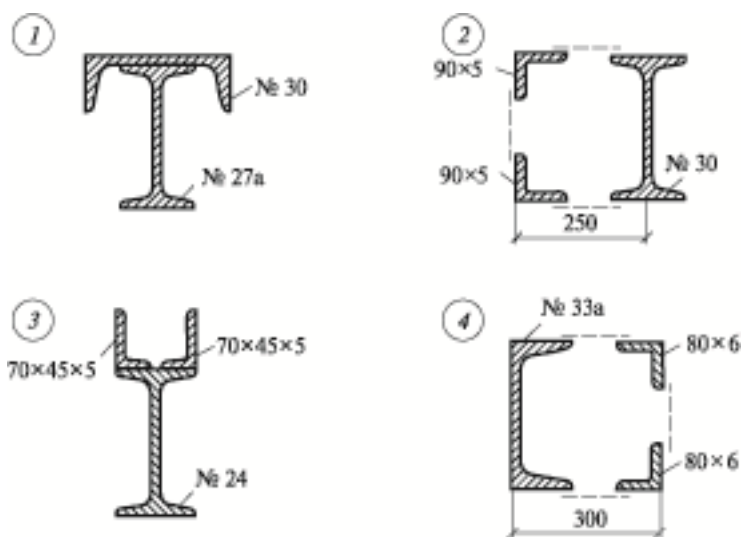
$$x_c = \frac{34,8 \cdot 0 + 32,9 \cdot 12,58}{34,8 + 32,9} = 6,1 \text{ см}.$$

5. С (нүктенің гравитация орталығы) нүктесін хС және уС мәндерінен анықтаймыз (9а суретін қараңыз).

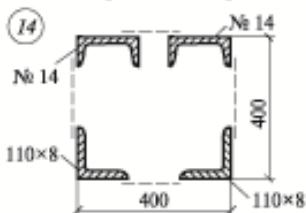
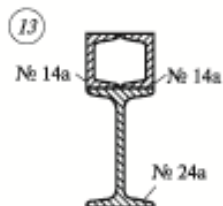
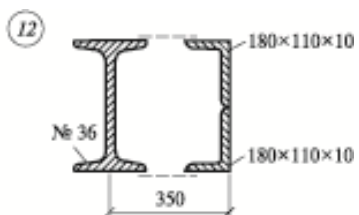
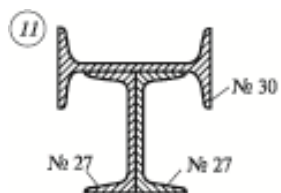
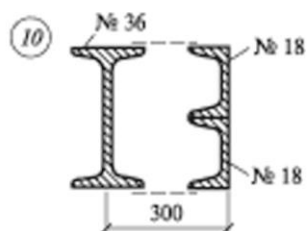
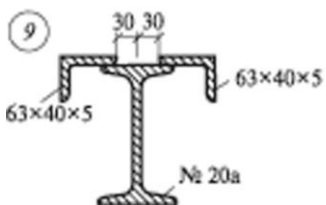
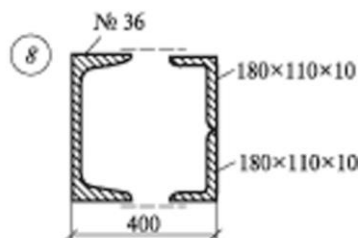
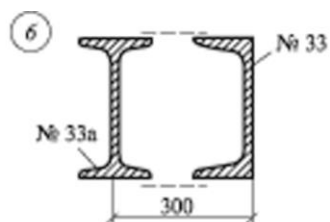
6. Шешімді тексеру, суретте көрсетілгендей, өздігінен орындалуы керек.

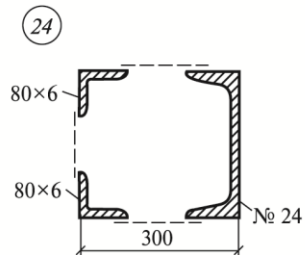
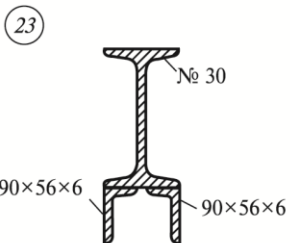
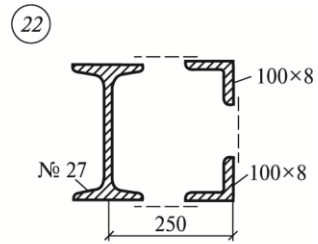
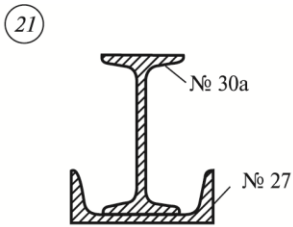
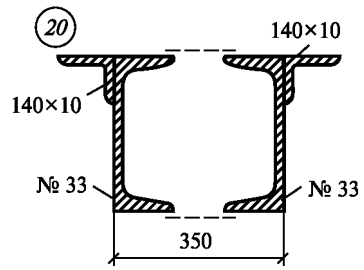
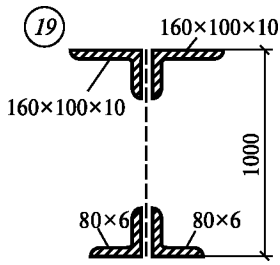
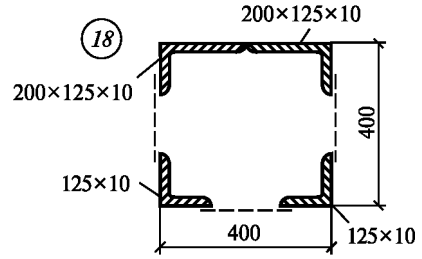
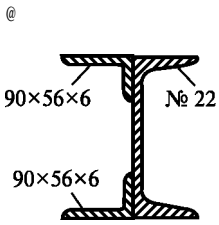
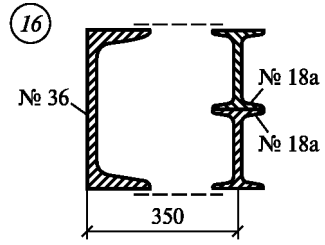
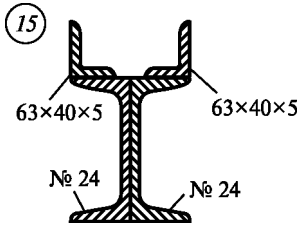
9, б. Шешімнің нәтижесінде хС = 11,86 см аламыз, бірінші және екінші ерітіндідегі хС мәндерінің арасындағы айырмашылық 11,86-6,11 = 5,75 см құрайды, бұл сол ерітінділер үшін у өстерінің арасындағы қашықтық bDB / 2 = 5.75 см.

Жауап: х-өсі І-сәуленің ауырлық орталығынан өтсе, онда х = 6.11 см; у-өсі І-сәулесінің сол шеткі нүктелерінен өтсе, онда хС = 11,86 см.

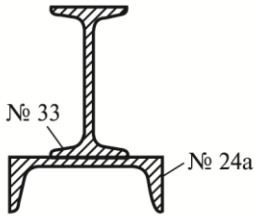


10 сурет . 29—32 суретті

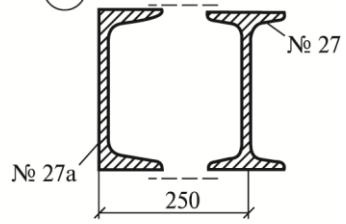




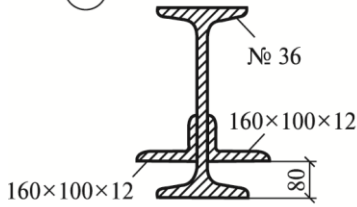
25



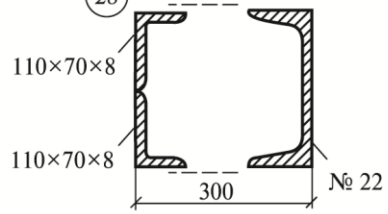
26



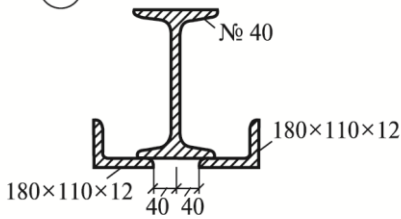
27



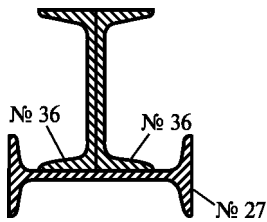
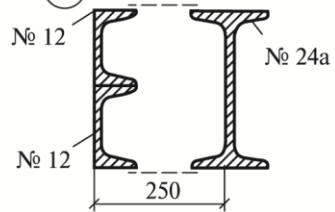
28



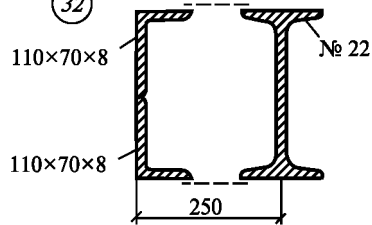
29



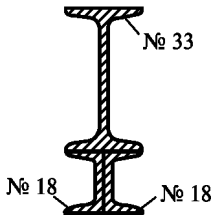
30



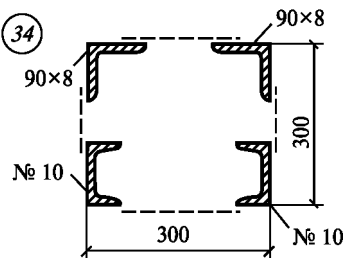
32



33



34



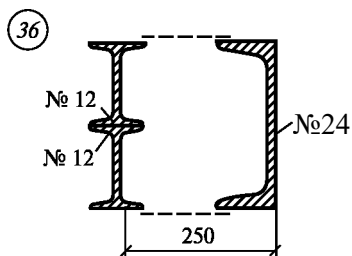
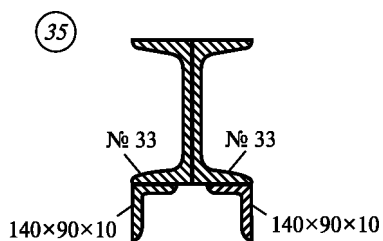


Рис. 10. Окончание

Өзіндік жұмыстарға арналған тапсырма 3. Суретте көрсетілгендей нұсқалардың біріне сәйкес бөлімнің гравитация орталығының координаттарын анықтаңыз. 10. Секциядағы гравитация

МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫ

2.1.

**КИМА ӨЗЕКШЕЛЕРДІ БЕРІКТІККЕ
ЕСЕПТЕП ІРІКТЕУ**

1. Байланыстарды ақылға қонымды етіп тастаңыз және олардың әрекетін пучкадағы реакциялармен ауыстырыңыз. Өздігінен жұмыс істеу міндеттерінде мүлдем қатты пучок бекітілген тіреуішпен және жалғыз штангамен (суспензия немесе баған) теңгерімде сақталады.

Мәселенің жай-күйі бойынша ғана штангаларды есептеуге болады, сондықтан N -дің күші көрсетілуге және оның шешімі өзіндік жұмыс шеңберінен шығып кететін қолдау реакцияларын көрсетпеуге ұсынылады.

Белгісіз күштің бағыты еркін түрде қабылдануы мүмкін, бірақ дәлірек нақты нұсқауларға сүйенуге болады: күш кернеу өсінің бойымен бағанның қозғалысына қарама-қарсы бағытта бағытталған. Бұл жүктеме диаграммалары күштің әрекет ететін бағытын нақты анықтауға мүмкіндік береді.

2. N в ассортиментте усилияны еске алады. Бұл жағдайда барлық теңдестірулерді біртұтас теңдестіруге болады - барлық моменттердің сомасына сәйкес келмеуі тиіс: $X MA (B) = 0$. Неподвижная опора бір қорғанышта A деп белгіленуі мүмкін, басқа - B шешілмейтін тексеру шешімі, сондай-ақ анықталған жоқ.

Определяют требуемую площадь поперечного сечения стержня из условия прочности по формуле

$$A_{тр} \geq N / R \quad (a)$$

мұнда N - штангасындағы күш; R - суспензия материалының конструкциясына төзімділігі шамамен сәйкес. VIII.

Есептеу формуласындағы СНиПа-нен өзгеше, операциялық коэффициент 1-ге тең деп қабылданады және деноминатордан, сондай-ақ R .

Бұл болат конструкцияларының элементтерін белгілеу және бірыңғай формулаларды алу туралы ақпараттың жетіспеушілігіне байланысты

түрлі материалдардан жасалған құрылымдарды есептеу кезінде (болат илектеу станоктары, арматураланатын болат, алюминий).

Сығылған таяқшаның көлденең қимасын таңдау тұрақтылықты жоғалтуды есепке алмастан, беріктігі есебінен ғана орындалуы ұсынылады.

4. Формула (а) формуласын пайдаланған кезде, N күші KN өлшемі бар екенін ескеріңіз, R кедергісі - МПа және пайдалану ыңғайлылығы үшін қажетті аймақ A_{tr} см² өлшенеді. Сондықтан, өлшемдердегі өзгерістер қажет. Олар 7-мысалда көрсетіледі.

5. Спецификацияға сәйкес болаттың қажетті ауданы немесе арматуралық жолақтың диаметрін анықтайды.

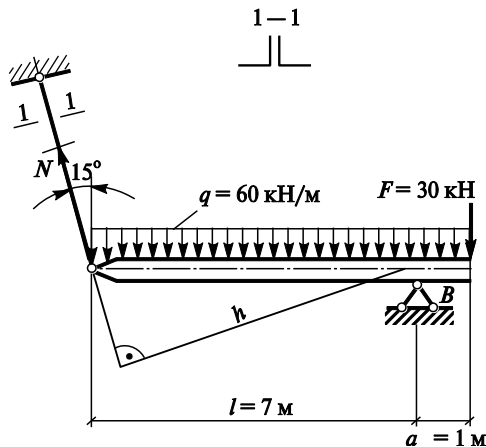
Қажетті илектеу болат профилі А-рр алаңы арқылы анықталады. Диаметрі пішінді формула бойынша табуға болады

$$d_{tr} = \sqrt{4A_{tr}/\pi}. \quad (б)$$

5. Штанг диаметрін тағайындау кезінде (б) формуласындағы нәтиже үлкенірек бағытта 2 мм көпірге дейін дөңгелектеу ұсынылады.

$$N/A \leq R, \quad (в)$$

6. Қабылданған көлденең қиманың күші формула бойынша есептеледі мұнда А - қабылданған көлденең қимасы. Ол сирек кездесетіндіктен (а) формула бойынша алынған қажетті аймаққа тең емес,



Сонымен қатар, қабылданған диаметр, әдетте, дөңгелектенеді және қажетті диаметрден үлкенірек қабылданады.

Шарттың беріктігі, қанағаттандырылмаса, шарты (с) қанағаттандырылған жағдайда қамтамасыз етілген деп саналады. Мысал 7-суретте көрсетілгендей, АВ барын қолдайтын штананың көлденең қимасын таңдаңыз (суспензия). 11. Материал - С-235 сынықтары.

Шешім. 1. Шеңберді өз қимылын N күшімен ауыстырып, оны жоғары қарай жіберіңіз, бұл жүктеменің төменге бағытталғанын ескере отырып. $N = 0$ теңдеуінің теңдеуін жасау арқылы күштің N мәнін анықтаймыз, ол үшін берілген тізбектің формасы

$$Nh - q(1 + a)\left(\frac{1 + a}{2} - a\right) + Fa = 0,$$

Қайда $h = \cos 15^\circ = 7 \cdot 0,966 = 6,76$ м.

Белгілі шамаларды алмастырғаннан кейін біз аламыз

$$N \cdot 6,76 - 60 \cdot 8 \cdot 3 + 30 \cdot 1 = 0,$$

қайдан

$$N = \frac{60 \cdot 8 \cdot 3 - 30 \cdot 1}{6,76} = \frac{1410}{6,76} = 208,6 \text{ кН}.$$

қайда $R = 230$ МПа болат маркасы үшін С-235 (VIII қосымш.қара).

4. Табылған аймақтан тең бұрыштық бұрыштың қажетті профилін (нөмірін) анықтаңыз. Екі бұрышқа $9,07 \text{ см}^2$, біреуі - $A_1 = 4,535 \text{ см}^2$ қажет. Кестеге сәйкес. 1 қолданба. Мен $4,80 \text{ см}^2$ алаңы бар 50×5 бұрышты таңдаймын. $A = 9,6 \text{ см}^2$ екі бұрышында.

5. (с) пішініне сәйкес қабылданған көлденең қиманың беріктігі сынағын өткізейік:

$$\frac{N}{A} = \frac{208,6 \text{ кН}}{9,6 \text{ см}^2} = \frac{208,6 \cdot 10^{-3} \text{ МН}}{9,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = 217,3 \text{ МПа} < 230 \text{ МПа},$$

$1 \text{ МН} / \text{м}^2 = 1 \text{ МПа}$ ескере отырып. Шарттың беріктігі қамтамасыз етіледі, себебі шарт (с) қанағаттандырылады.

Жауап: Штангаға 5×5 бұрыштың көлденең қимасы қабылданады.

Дәл сол сияқты, бағаланатын бағаны бөлек таңдау үшін тапсырмада берілген арналардан таңдау жасалады.

Мысал 8. 7-мысал жағдайында А-II класының арматураланған болаттан арқан-суспензия диаметрін таңдаңыз.

Шешім. 1, 2. 7-мысалдағыдай, $N = 208,6$ кН күші өзгеріссіз қалады, өйткені контур және пучкадағы жүктеме өзгерген жоқ.

3. Форманың көмегімен кескіннің қажетті көлденең қимасын анықтаңыз (а):

$$A_{\text{пр}} \frac{N}{A} = \frac{208,6 \text{ кН}}{280 \text{ МПа}} = \frac{208,6 \cdot 10^{-3} \text{ МН}}{280 \text{ МПа}} = 0,745 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 = 7,45 \text{ см}^2,$$

қайда $R = 280$ МПа ыстықтай илектелген болат сыныбын нығайту үшін А-II (VIII қосымшаны қара).

4. Формула бойынша қажетті штанг диаметрін анықтаңыз

$$d_{\text{пр}} = \sqrt{4A_{\text{пр}} / \pi} = \sqrt{4 \cdot 7,45 / 3,14} \text{ см} = 3,07 \text{ см} = 30,7 \text{ мм}.$$

Алынған нәтижені дөңгелектеу үлкенірек бағытта 2 мм-ге дейін, біз диаметрі $d = 32$ мм немесе 3,2 см.

5. (с) формуласына сәйкес таяқ секциясының беріктігін тексеруді жүзеге асырамыз:

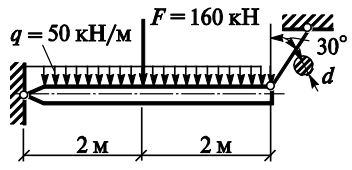
$$\frac{N}{A} = \frac{208,6 \text{ кН}}{8,04 \text{ см}^2} = \frac{208,6 \cdot 10^{-3} \text{ МН}}{8,04 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = 259 \text{ МПа} < 280 \text{ МПа}.$$

$$\text{Қайда } A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 3,2^2}{4} \text{ см}^2 = 8,04 \text{ см}^2.$$

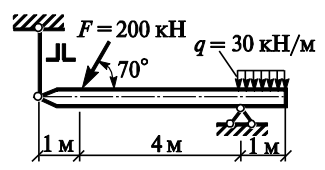
4.Шарттың беріктігі қамтамасыз етіледі, себебі шарт (в) қанағаттандырылады.

Өздік жұмыс үшін 4 тапсырма. Подобрать сечение стержня-подвески (или колонны), поддерживающего брус АВ, по данным одного из вариантов, приведенных на рис. 12. Материал стержня для фасонных профилей — прокатная сталь С-245, для круглого сечения — сталь арматурная горячекатаная класса А-I.

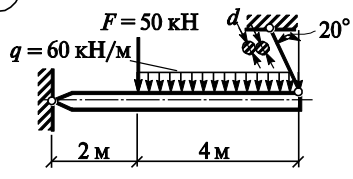
1



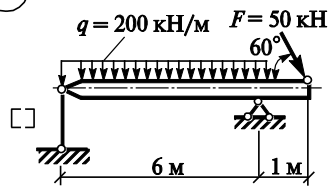
2



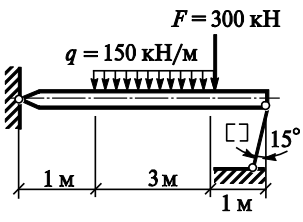
3



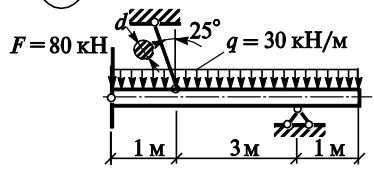
4



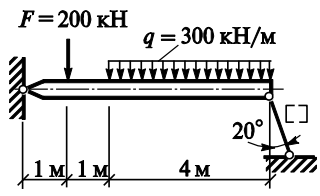
5



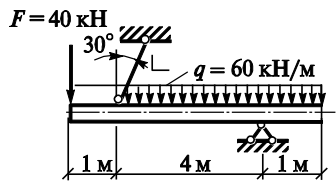
6



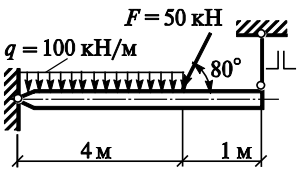
7



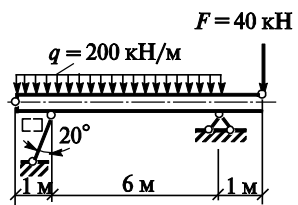
8



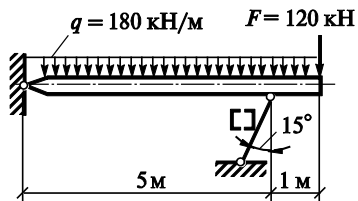
9



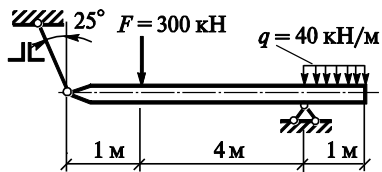
10



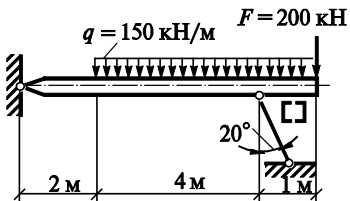
11



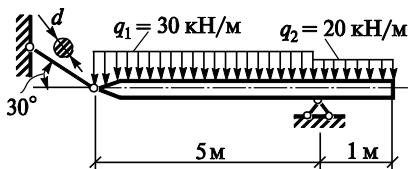
12



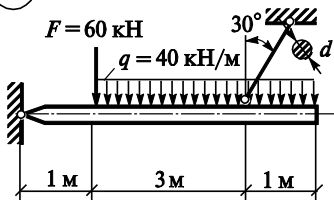
13



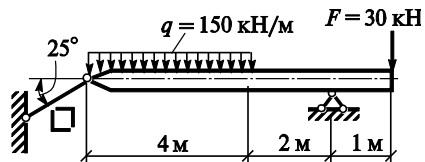
14



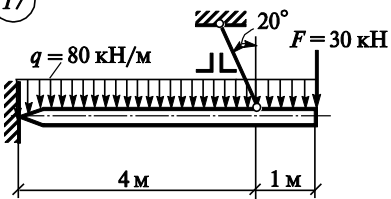
15



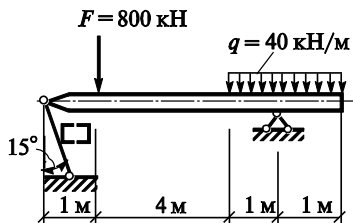
16



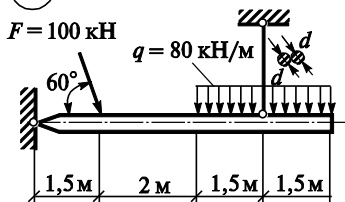
17



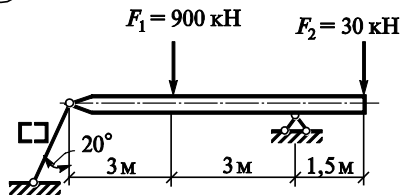
18



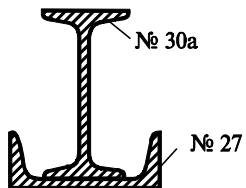
19



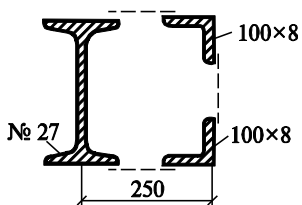
20



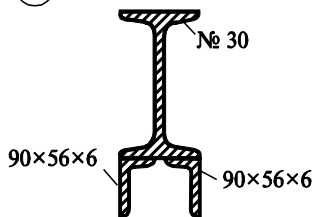
21



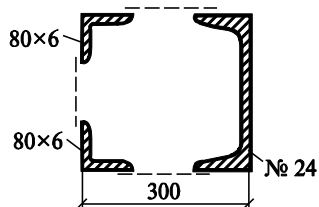
22



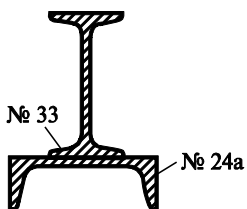
23



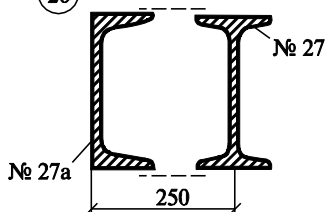
24



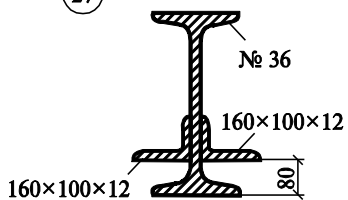
25



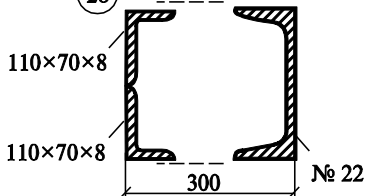
26



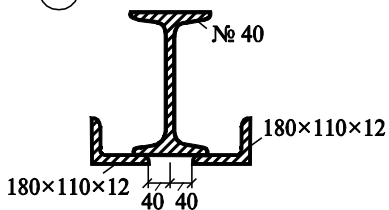
27



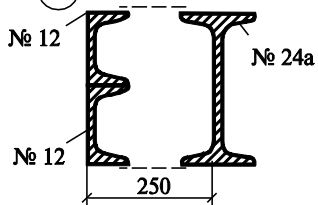
28



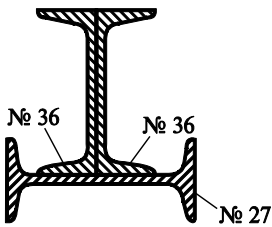
29



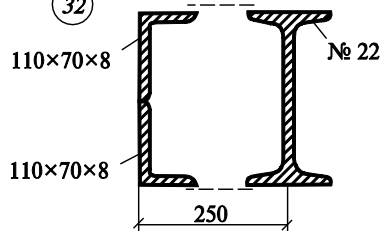
30



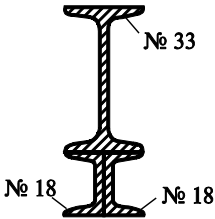
31



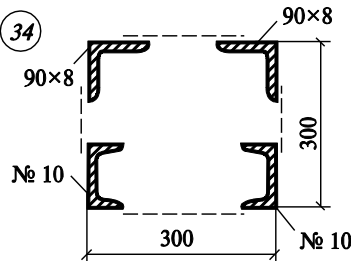
32



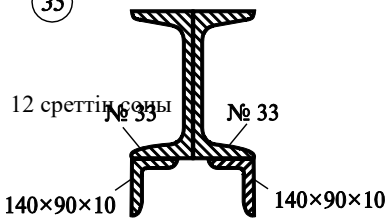
33



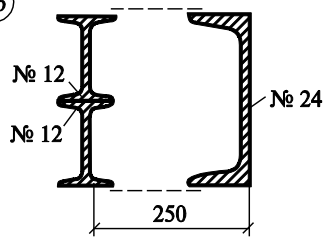
34



35



36



2.2.

БАСТЫ ОРТАЛЫҚ ҚИМАСЫНЫҢ ИНЕРЦИЯ СӘТТЕРІН АНЫҚТАУ

1. Көлденең қиманың ауырлық орталығының орналасуын анықтаңыз (мәселен, өздігінен жұмыс істеу мәселесін шешу 3).

2. $\underline{1M}$ Әрбір илектеу профиліне немесе қарапайым геометриялық пішінге орталық өстерді жүргізіңіз. Бұл біліктер орталық өс деп аталады. Бірінші суретте $x1$ және $y1$ өстері екінші суретте, $x2$ және $y2$, және т.б.

3. Негізгі орталық өстерін жүргізіңіз. Олар бүкіл бөлімнің ауырлық орталығынан өтеді. Өстердің біреуі симметрия өсіне теңестіріледі (барлық қиылыстарда өс өсіне ие), екіншісі біріншіге перпендикулярлы көлденең қиманың гравитация орталығы арқылы тасымалданады. Тік өс v арқылы белгіленеді, ал көлденең өс u арқылы белгіленеді.

Негізгі центрид өсіне қатысты бөлімнің инерция сәттерін табыңыз. Жалпы алғанда, секцияның инерция сәттері формулалармен анықталады: u өсіне қатысты

$$J_u = J_u^I + J_u^{II} + \dots + J_u^n;$$

v өсіне қатысты

$$J_v J_v^I J_v^II J_{x_1}^I J_v^II a_1^2 A_1; J_v^II = J_{x_2}^II + a_2^2 A_2; \dots;$$

онда J_u және J_v - негізгі орталық өстерге қатысты u және v (инерцияның негізгі негізгі сәттері) қатысты көлденең қиманың инерция сәттері; $J_u, J^* \dots, J_{un}$ - негізгі орталық өсіне қатысты қарапайым фигуралардың инерция сәттері (1, 2, n); J^*, J_{v1}, \dots, J_n v -өсіне қатысты бірдей. Қарапайым сандардың инерция сәттері өсі u және v қатысты формулалармен анықталады:

u өсіне қатысты

$$J_u^n = J_{x_n}^n + a_n^2 A_n;$$

v өсіне қатысты

$$J_v^I = J_{y_1}^I + b_1^2 A_1; J_v^{II} = J_{y_2}^{II} + b_2^2 A_2;$$

$$J_v^n = J_{y_1}^n + b_n^2 A_{n1},$$

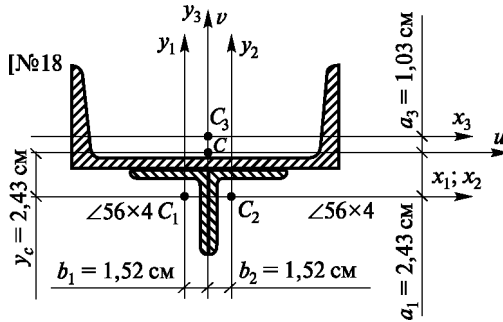
онда J, J, \dots, J қарапайым сандар инерция сәттері болып табылады (1, 2, ..., n) меншікті векторлары x_1, x_2, \dots, x_n . Олар қарапайым геометриялық фигуралар үшін болат профильдер мен формулаларды илеу үшін Мелекеттік стандарт кестелерімен анықталады (І Қосымшаны қараңыз); J_{y1}, J_y, \dots, J - өстерге қатысты y_1, y_2, \dots, y_n ; a_1, a_2, \dots, a - негізгі орталық өстен x_1, x_2, \dots, x_n орталық өстеріне дейінгі қашықтық; b_1, b_2, \dots, b_n - сол сияқты, v өсінен бастап

өс y_1, y_2, \dots, y_n ; A_1, A_2, \dots, A_n - жайылмалы болаттан немесе жай геометриялық фигуралар профильдерінің көлденең қималары.

Егер негізгі орталық өс профильдің немесе фигура өздерінің орталық өсімен сәйкес келсе, оның негізгі орталық өсіне қатысты инерция сәті өздерінің өсіне қатысты инерция сәтіне тең, себебі олардың арасындағы қашықтық нөлге тең.

Геометриялық сипаттамаларды анықтаған кезде, осы секциядағы жылжымалы профильдерді Мемлекеттік стандартқа қарағанда басқаша бағыттауға болатындығын ескеру қажет. Мысалы, тік көлденең өс u көлденең, ал көлденең өс x тік болады. Сондықтан, геометриялық сипаттамаларды қабылдау керек салыстырмалы өстерді мұқият бақылау қажет. Бұл қаралған мысалдарда ерекше назар аударылады.

Мысал 9. Суретте көрсетілген секцияның инерциясының негізгі сәттерін анықтаңыз. 13. Бөлім екі бұрышты 56×4 және 18 каналдан тұрады. *Шешім.* 1. Бөлімнің гравитация орталығының орналасуын анықтаңыз (5-мысалды қараңыз). Гравитация орталығының координаттары: $x_C = 0$; $y_C = 2.43$ см.



13 сурет

2. x_1, x_2, x_3 орталық өстерін және 1, 2, 3 суреттердің ауырлық орталықтарынан y_2, y_2, y_3 өсін сызыңыз.

3. Негізгі орталық өсті сызыңыз. Өс v симметрия өсі бойынша үйлесімді y_3 . Өске перпендикуляр C секциясының гравитация орталығы арқылы өстер мен сызықтар. Өстер v және y_3 сәйкес келеді.

$$J_u = J_u^I + J_u^{II} + J_u^{III}.$$

Сур.13. Сонда бұрыштар бірдей және u өсінен бірдей қашықтықта орналасады, яғни $A_1 = A_2$ және $a_1 = a_2$.

Демек анықтауға арналған формула жазылуы мүмкін

$$J_u = 2J_u^I + J_u^{II},$$

Қайда $J_u = J_x^I + a_1^2 A_1 = 13,1 + 2,43^2 \cdot 4,38 = 38,96 \text{ см}^4$;

$J_u^{III} = J_{x_3}^{III} + a_3^2 A_3 = 86 + 1,03^2 \cdot 20,7 = 107,96 \text{ см}^4$, где $J_{x_1}^I = 13,1 \text{ см}^4$ *;

$a_1 = 2,43 \text{ см}$; $A_1 = 4,38 \text{ см}^2$; $J_{x_1}^I = 86 \text{ см}^4$; $a_3 = z_{0(y_1)} + z_{0(\text{шв})} - y_C = 1,52 + 1,95 - 2,43 = 1,03 \text{ см}$; $A_3 = 20,7 \text{ см}^2$ (см. табл. 4, прил. I).

Сонда $J_u = 2 \cdot 38,96 + 107,96 = 185,88 \text{ см}^4$.

V өсіне қатысты инерцияның өзіндік сәтін анықтаймыз:

$$J_v = J_v^I + J_v^{II} + J_v^{III}.$$

мына формулада

$$J_v^I = J_{y_1}^I + b_1^2 A_1 = 13,1 + (-1,52)^2 \cdot 4,38 = 23,22 \text{ см}^4;$$

$$J_v^{II} = J_{y_2}^{II} + b_2^2 A_2 = 13,1 + 1,52^2 \cdot 4,38 = 23,22 \text{ см}^4;$$

$$J_v^{III} = J_{y_3}^{III} + b_3^2 A_3 = 1090 \text{ см}^4,$$

Қайда $J_{y_1}^I = 13,1 \text{ см}^4$; $b_1 = -z_{a(3T)} = -1,52 \text{ см}$; $A_1 = 4,38 \text{ см}^2$; $J_{y_2}^{II} = 13,1 \text{ см}^4$; $b_2 = -z_{0(y_1)} = -1,52 \text{ см}$; $A_2 = 4,38 \text{ см}^2$; $J_{y_3}^{III} = 1090 \text{ см}^4$; $b_3 = 0$; $A_3 = 20,7 \text{ см}^2$ (I қосымша, 4 кестені қара).

Онда $J_v = 23,22 + 23,22 + 1090 = 1136,4 \text{ см}^4$.

Жауап: $J_u = 185,88 \text{ см}^4$;

$J_v = 1136,4 \text{ см}^4$.

Мысал 10. Мағынаны анықтаңыз күріш бөлімінің инерциясы, күріш. 14 негізгі орталыққа қатысты өс, симметрия өсі емес, бөлім. Бөлім тұрады №24 және 24а арна.

Шешім. 1. Бөлімнің ауырлық орталығы 7-мысалда табылды ($x_C = 6,11 \text{ см}$, $y_C = 0$). орталық өсті жүргіземіз x_1 , x_2

және y_1 , y_2 . Оси x , u және x_2 сәйкес келу керек.

2. Негізгі орталықты сызыңыз өс. Y -өсі симму- және v -өсі орталық арқылы тартылады өске перпендикулярлық C гравитациясы. Y , x_1 және x_2 өстері сәйкес келеді.

Сектордың v өсіне қатысты инерция сәтін анықтаймыз, өйткені инерция сәтін тек симметрия өсі емес өсіне қатысты табу керек. Формула жазамыз

$$J_v = J_v^I + J_v^{II}.$$

Бұл формулада

$$J_v^I = J_{y_1}^I + b_1^2 A_1 = 198 + (-6,11)^2 \cdot 3,48 = 1497 \text{ см}^4;$$

$$J_v^{II} = J_{y_2}^{II} + b_2^2 A_2 = 254 + (6,47)^2 \cdot 32,9 = 1631 \text{ см}^4,$$

где $J_{y_1}^I = 198 \text{ см}^4$; $A_1 = 34,8 \text{ см}^2$ (см. табл. 3, прил. I); $J_{y_2}^{II} = 254 \text{ см}^4$; $A_2 = 32,9 \text{ см}^2$ (4 кесте, 1 қосымша); $b_1 = -6,11 \text{ см}$; $b_2 = \frac{0,6}{2} + b_{ув} -$

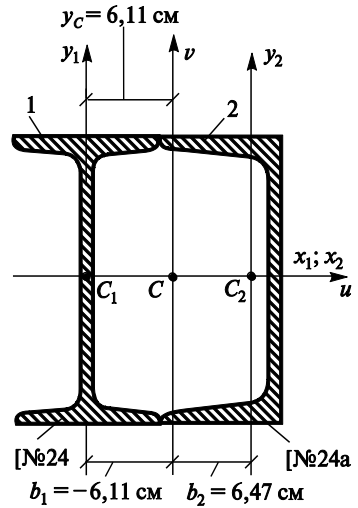
$z_{0(ув)} = \frac{11,5}{2} + 9,5 - 6,11 - 2,67 = 6,47 \text{ см}$ (см. рис. 14 и табл. 3 и 4,

прил. I).

Онда $J_v = 1497 + 1631 = 3128 \text{ см}^4$.

Жауап: $J_v = 3128 \text{ см}^4$.

Өзіндік жұмыстарға арналған 5 тапсырма. Суретте көрсетілген нұсқалардың біріне сәйкес симметрия өсі болып табылмайтын негізгі орталық өске қатысты бөліктің инерция сәтін анықтаңыз. 10.



1. Қолдайтын балка реакцияларды анықтаңыз (дербес жұмыс мәселесін шешудің тәртібін қараңыз 2)
2. Жарықтың тән қиылысуын (нүктелерін) белгілеңіз. Олар пучок, тіректер, концентрацияланған күштер мен сәттерді қолдану нүктелері, таратылған жүктің басы мен соңы болып табылады

Qx көлденең күштерінің диаграммасы құрастырылған, бұл үшін тән нүктелердегі көлденең күштердің мәндері анықталады. Көлденең қимада көлденең күш элементтің өсіне перпендикулярлы өсте қарастырылған көлденең қиманың тек сол жағында немесе оң жағында орналасқан барлық күштердің проекцияларының жиынтығына тең екенін еске саламыз. Қарастырылып, жоғары қарай бағытталған секцияның сол жағында орналасқан күш оң (оң қосу белгісі) деп саналады, ал төмен бағыт - теріс (минус белгісі бар). Жарықтың оң жағы үшін - керісінше

Шоғырландырылған күштерді пайдалану нүктелеріне, оның ішінде қолдау реакцияларын қолдану нүктелеріне сәйкес келетін секцияларда көлденең күштің екі мәнін анықтау қажет: сәл сол жағынан сәл солға және сәл оң жаққа қарай. Осы секциялардағы көлденең күштер тиісінше белгіленеді $Q^{\text{сол}}$ и $Q^{\text{оң}}$.

Тәндік нүктелердегі көлденең күштердің табылған мәндері нөл сызығынан белгілі бір шкалаға қойылады. Бұл мәндер төмендегі ережелерге сәйкес түз сызықпен қосылады:

а) егер балка бөлігіне бөлінген жүктеме болмаса, онда осы секцияда көлденең күштер мәндері нөлдік сызыққа параллель тік сызық арқылы қосылады;

б) егер бөлінген жүктеме пучка секциясына қолданылса, көлденең күштердің мәндері осы бөлімнің астында нөл сызығына бейімделген түзу сызық арқылы қосылады. Нөл сызығын кесіп өтуге немесе қиыстыруға болады.

Белгіленген ережелерге сәйкес көлденең күштердің барлық мәндерін біріктіре отырып, сәуленің ұзындығы бойынша көлденең күштердің өзгеру сызбасын аламыз. Мұндай диаграмма Qx диаграммасы деп аталады.

1. Mx иілу сәттерінің диаграммасы құрастырылған. Бұл үшін тән учаскелерде иілу сәттері анықталады. Ендеше, көлденең қиманың иілу сәті сол жақта немесе тек осы бөліктің оң жағында орналасқан барлық күштердің сәттерінің жиынтығына тең (еселенген, концентрацияланған, реакцияларды қоса алғанда, сыртқы концентрацияланған сәттер).

Егер көрсетілген күштердің біреуі балканың сол жағын сағат бағытымен бұруға ұмтылса, онда ол қарастырылады

оң (белгісі «плюс»), егер қарсы - теріс (минус белгісі бар) және оң жағында – керісінше болады.

Шоғырландырылған сәттерді қолдану нүктелеріне сәйкес келетін секцияларда иілу сәтінің екі мәнін анықтау керек: біршама төмен қаралатын нүктенің сол жағына және сәл оң жаққа қарай. Осы нүктелердегі иілу сәттері тиісінше M сол және M оң арқылы белгіленеді. Күштерді қолдану нүктелерінде бүгілетін сәттің бір мағынасы анықталады.

Алынған мәндер нөлдік жолдан белгілі бір шкала бойынша келесі ережелерге сәйкес сақталады:

а) если на участке балки нет распределенной нагрузки, то под этим участком балки два соседних значения изгибающих моментов соединяются прямой линией;

б) егер бөлінген жүктеме пучка бөліміне қолданылса, онда осы бөлімнің астында параболаның бойында екі көршілес нүктелердің иілу сәттерінің мәндері қосылады. Параболаның жүктеменің әсеріне дөңес (жүктің қолданылуы, параболаның төмен қаратылған болуы) бар. Сонымен қатар, егер қарастырылған секциядағы Q_x диаграммасы нөл сызығын қиылмаса, онда M_x диаграммасы (парабола) екі нүктеден құрастырылуы мүмкін, өйткені аралық нүктелердегі иілу сәттерінің барлық мәндері тән бөлімдердегі мәндер арасында болады. Егер Q_x диаграммасы нөл сызығын қиып алса, онда осы бөлімнің астында M_x диаграммасы өте жоғары (максималды немесе минималды) мәнге немесе параболаның шыңына ие болады. Бұл нүктенің позициясы диаграммасынан үшбұрыштардың ұқсастығынан табылған (11, 12 мысалдар). Содан кейін осы бөліктегі иілген сәттің мәнін табыңыз және үш нүктеден бөлінген жүктемесі бар бөлімде M_x сюжетін келтіріңіз.

Белгіленген ережелерге сәйкес иілу сәттерінің барлық мәндерін біріктіре отырып, сәуленің ұзындығы бойынша иілу сәттерінің өзгеру сызбасы алынады. Мұндай диаграмма M_x диаграммасы деп аталады. Q_x және M_x диаграммаларын құрудың жоғарыда аталған тәсілі тән бөлімдер бойынша диаграммаларды құрастыру әдісі деп аталады. Бұл әдіс - жалпыға бірдей, жалпыға ортақ, бірақ ең көп еңбекке негізделген әдіс, ол бөлімдер үшін диаграммаларды құрастыру әдісі деп аталады, ол егжей-тегжейлі сипатталған. 76 [8]. Диаграммаларды тән белгілермен салу әдісімен диаграммаларды салу тәртібі келесідей. Балка бөлімдерге бөлінеді. Бөлімдердің шекаралары тән қималар болып табылады. Әрбір сайт үшін Q_x және M_x күштерінің өзгеру заңы жазылады және олардың шамалары шекаралық мәндерде анықталады. Табылған күштердің мәндеріне негізделген тиісті диаграммалар жасалды. Диаграмма құрылысының дұрыстығын тексерудің бірнеше жолы бар. Тексерудің ең қарапайым жол

бұл ретте сол және барлық оң күштердің сәттері бөлек алынып, пучтың кез келген нүктесінде бір-біріне тең болуы тиіс.

Мысал 11-суретте көрсетілген сәулеге Qx және Mx схемаларын құрыңыз. 15,а.

Шешім. 1. Жарықтың тірек реакцияларын анықтаңыз. Теңдеулерді құрайық:

$$1) \sum M_A = 0; \quad 2) \sum M_B = 0.$$

Бірінші теңдеуден біз табамыз V_B :

$$-F(a + b) + q(b + c) \left(\frac{b + c}{2} - b \right) - V_B (c + d) - M = 0$$

немесе

$$-15 \cdot 2 + 20 \cdot 6 \cdot 2 - V_B \cdot 7 - 25 = 0,$$

$$\text{қайда } V_B = \frac{-15 \cdot 2 + 20 \cdot 6 \cdot 2 - 25}{7} = 26,4 \text{ кН.}$$

Екінші теңдеуден біз табамыз V_A :

$$-F(a + b + c + d) + V_A (c + d) - q(b + c) \left(\frac{b + c}{2} - b \right) - M = 0$$

немесе

$$-15 \cdot 9 + V_A \cdot 7 - 20 \cdot 6 \cdot 5 - 25 = 0,$$

$$\text{Қайда } V_A = \frac{-15 \cdot 9 + 20 \cdot 6 \cdot 5 + 25}{7} = 108,6 \text{ кН.}$$

тексереміз:

$$\sum Y = V_A + V_B - F - q(b + c) = 0$$

немесе

$$108,6 + 26,4 - 15 - 20 \cdot 6 = 0, \text{ откуда } 135 - 135 = 0.$$

2. Жарыққа тән бөліктерд көрсетіңіз: C, D, A, E, B, K.

3. Qx диаграммасын құрыңыз. Көлденең күштердің сипаттамалық кималардағы мәндерін анықтаймыз:

$$Q_C = -F = -15 \text{ кН}; \quad Q_D = -F = -15 \text{ кН};$$

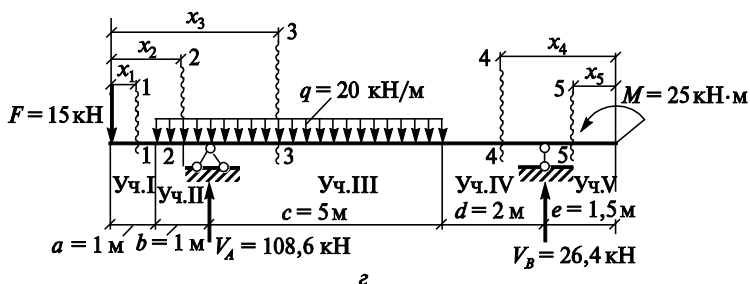
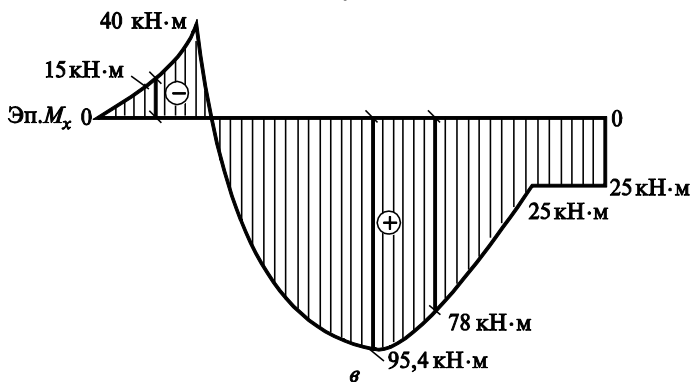
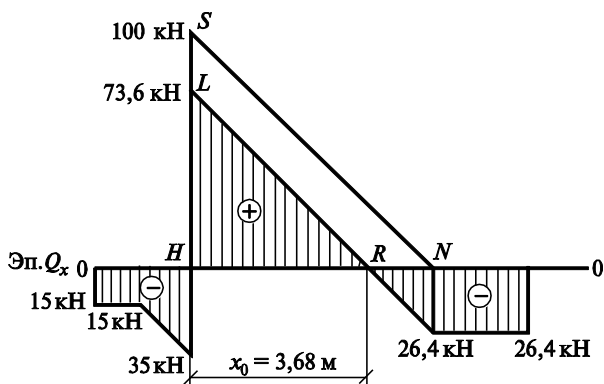
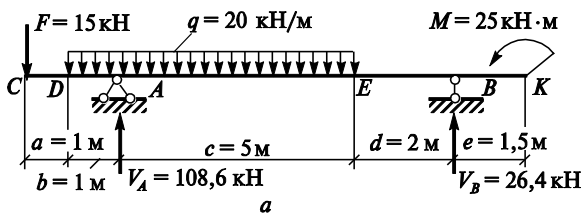
$$Q_A^{ЛЕВ} = -F - qb = -15 - 20 \cdot 1 = -35 \text{ кН};$$

$$Q_A^{прав} = -F - qb + V_A = -15 - 20 \cdot 1 + 108,6 = 73,6 \text{ кН};$$

$$Q_E = -F - q(b + c) + V_A = -15 - 20 \cdot 6 + 108,6 = -26,4 \text{ кН};$$

$$Q_B^{лев} = Q_E = -26,4 \text{ кН};$$

$$Q_B^{прав} = Q_B^{лев} + V_B = -26,4 + 26,4 = 0; \quad Q_K = 0.$$



Алынған мәндерді тікелей сызықтармен байланыстырамыз (Сурет 15, б) және Qx диаграммасын алыңыз. АЕ сегментіндегі Qx диаграммасы нөл сызығын қиып алады. Qx диаграммасы нөл сызығын қиып өтетін нүктенің позициясын анықтаймыз. $HR / HN = HL / HS$, немесе $XO / S = 73,6 / 100$, HRL және HNS үшбұрыштарының ұқсастығын қарастырыңыз (15-суретті қараңыз)

Қайдан

$$x_0 = \frac{73,6 \cdot 5}{100} = 3,68 \text{ м.}$$

Бұл бөлім Qx және Mx диаграммалары үшін де тән

Mx диаграммасын саламыз. Өзіндік нүктелерде иілу сәттерін анықтаймыз:

$$M_C = 0; M_D = -Fa = -15 \cdot 1 = -15 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_A = -F(a + b) - (qb)(b/2) = -15 \cdot 2 - 20 \cdot 1 \cdot 0,5 = -40 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_E = -F(a + b + c) + V_{Ac} - q(b + c)(b + c)/2 =$$

$$= -15 \cdot 7 - 108,6 \cdot 5 - 20 \cdot 6 \cdot 3 = 78 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{X_0} = 3,68 = -F(a + b + x_{,,}) - q(b + x_{,,})(b + x_{,,})/2 + V_{Ax_0} =$$

$$= -15 \cdot 5,68 - 20 \cdot 4,68 \cdot 2,34 + 108,6 \cdot 3,68 = 95,4 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_B = M = 25 \text{ кН} \cdot \text{м} \text{ (БК сәулесінің оң жағы қарастырылған);}$$

$$M_K = M = 25 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

3. Mx схемасын сипаттама нүктелерінің арасындағы бөлімдерге саламыз:

а) сайтында жоқ жүктеме CD, алайда диаграмма Mx табылады - түзу сызық = 0 MC мәні жалғау және MD = -15 кН · м

б) бөлу жүктемесі DA бөлімінде әрекет етеді, сондықтан Mx диаграммасы парабола болып табылады. Осы бөлімде диаграмма Qx нөлдік желісі болғандықтан, параболаның экстремалды мәні бар, сондықтан секциялар D және A иілу моменттерін магнитудасы мәндері диапазонында қисық түр.15 ... жалғанған - 40 кН · м;

с) бөлінген жүктеме АЕ бөлімінде әрекет етеді, сондықтан Mx диаграммасы парабола болып табылады. Qx диаграммасы осы бөлімдегі нөлдік жолды қиғандықтан, параболаның экстремалды мәні (шыңы) бар, сондықтан біз Mx диаграммасын үш мәнмен сызамыз: $M_D = -40 \text{ кН} \cdot \text{м}; M_{X_0} = 95,4 \text{ кН} \cdot \text{м}; M_E = 78 \text{ кН} \cdot \text{м};$

Тексеру кезінде біз барлық күштердің сәттерін сол жақтан X_0 қашықтықта орналасқан нүктеге қатысты қабылдаймыз, бірақ сәуленің оң жағын қарастырайық:

$$M_{x_0} = q(c - X_0)(c - X_i)/2 + V_B(c - X_0 + d) + M = -20 \cdot 1,32 \cdot 0,66 + 26,4 \cdot 3,32 + 25 = 95,3 \text{ кН.}$$

Сол және оң күштерді қарастырған кезде M_x мәндерінің айырмашылығы қолдау реакцияларының мәндерінің доғалуы және қашықтық x_0 . Сол мысалда Q_x және M_x диаграммаларын басқаша түрде «секциялар бойынша» деп атаймыз. Шоқтың тірек реакциялары анықталды. Біз сәулені бес бөлікке бөліп тастадық, олардың әрқайсысында пучок бөлімдерін саламыз. I, II және III бөлімдердегі күштерді анықтау кезінде пұчтын сол жағын және IV және V бөлімдерін оң жағынан қарастырамыз, өйткені бұл жағдайда күштерді анықтауға теңдеулер оңай болады (15-сурет, d). Q_x диаграммасын саламыз. Бұл үшін біз әрбір бөлім үшін көлденең күштің өзгеру заңын анықтаймыз.

Бұл бөлімде I-1 секциядағы x_1 -де сол жақтан қолдау көрсетіледі, мұнда x_1 мәндері 0-ден 1 м-ге дейін, яғни $0 < x_1 < 1$ м-ге тең болады

$$Q_{x_1} = -F.$$

Q_x диаграммасының бүкіл бөлігінде пучок өсіне сәйкес келетін абсцисс өсіне параллель тік сызық болып табылады. Бұл шекаралық мәндегі көлденең күшті анықтау арқылы тексерілуі мүмкін: $x_x = 0$ $Q_{x_j=0} = -15$ болса кН ; $x_1 = 1 \text{ м}$ $Q_{x_1=1} = -15 \text{ кН}$.

II бөлім. 2-2 қимасы, қиманың сол жақ шетінен x_2 қашықтықта, $1 \text{ м} < x_2 < 2 \text{ м}$ қашықтықта осы бөлікте көлденең күш шығарамыз. $Q_{x_2} = -F - q(x_2 - 1)$.

Бұл бөлімдегі Q_x диаграммасы абсцисс өсіне бейімделген түзу сызық. Ол x_2 шекаралық мәніне сәйкес келетін екі нүктеден құрастырылуы мүмкін: $x_2 = 1 \text{ м}$ $Q_{x_2=1} = -15 - 20(1 - 1) = -15 \text{ кН}$; $x_2 = 2 \text{ м}$ $Q_{x_2=2} = -15 - 20(2 - 1) = -35 \text{ кН}$.

III бөлім. 3-3 қимасы шұңқырдың сол жағынан x_3 қашықтықта, $2 \text{ м} < x_3 < 7 \text{ м}$ қашықтықта, осы бөліктегі көлденең күш шығарамыз.

$$Q_x = -F - q(x_3 - 1) + V_A.$$

Осы бөлімдегі Q_x диаграммасы нөл сызығын кесіп өтпегендіктен, M_x диаграммасы экстремумға ие болмайды және оны екі нүктеден құруға болады.

III бөлім, көлденең қима 3—3, $2 \text{ м} < x_3 < 7 \text{ м}$;

$$M_{Xl} = -F \cdot x_3 - q(x_3 - 1)^2/2 + V_A(x_3 - 2).$$

Бұл бөлімдегі M_x диаграммасы парабола болып табылады. Оны шекаралық мәндерді ауыстыру арқылы жасаймыз:

$$x_3 = 2 \text{ м} \quad M_{x_3=2} = -15 \cdot 2 - \frac{20(2-1)^2}{2} + 108,6(2-2) = -40 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$x_3 = 7 \text{ м} \quad M_{x_3=7} = -15 \cdot 7 - \frac{20(7-1)^2}{2} + 108,6(7-2) = 78 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Бұл бөлімдегі Q_x диаграммасы түзу сызық. Шекаралық мәндер x_3 үшін көлденең күштің мәндерін анықтаймыз:

$$x_3 = 2 \text{ м} \quad Q_{x_3=2} = -15 - 20(2-1) + 108,6 = 73,6 \text{ кН болса};$$

$$x_3 = 7 \text{ м} \quad Q_{x_3=7} = -15 - 20(7-1) + 108,6 = -26,4 \text{ кН}$$

IV бөлім. Біз қиманың 4-4 қимасы шұңқырдың оң жақ бөлігінен x_4 қашықтықта, $1,5 \text{ м} \leq x_4 \leq 3,5 \text{ м}$ қашықтықта осы бөлікте көлденең күш шығарамыз. $Q_{x_4=1,5} = -15 - 20(7-1) + 108,6 = -26,4 \text{ кН}$.

$$Q_{x_4} = -V_B.$$

Q_x диаграммасы - абсцисс қатарына параллель сызық. Бұны Q_x өрнегіндегі шекаралық мәндермен алмастыра отырып тексеріңіз:

$$x_4 = 1,5 \text{ м} \quad Q_{x_4=1,5} = -26,4 \text{ кН};$$

$$x_4 = 3,5 \text{ м} \quad Q_{x_4=3,5} = -26,4 \text{ кН болса}.$$

V бөлім. Көлденең қиманың 5-5 қимасы шұңқырдың оң жағынан, қимасы $0 < x_5 < 1,5 \text{ м}$ қашықтықта, осы бөлімде $Q_{x_5} = 0$ көлденең күш, диаграмма нөлдік жолмен $x_5 = 0$ кезінде сәйкес келеді. $Q_{x_5} = 0$; при $x_5 = 1,5 \text{ м} \quad Q_{x_5=1,5} = 0$.

Алынған мәндерден Q_x диаграммасын саламыз (15-суретті қараңыз. b).

L_x диаграммасын саламыз. Осы мақсатта әрбір бөліктегі икемді сәттің өзгеру заңдылығын анықтаймыз.

$$\text{I бөлім, } 1-1, 0 < x_1 < 1 \text{ м}; M_{Xl} = -FX.$$

Бұл бөлімдегі M_x диаграммасы екі мәннен құрастырылатын түзу сызық:

$$x_2 = 0 \quad M_{x_1=0} = -15 \cdot 0 = 0 \text{ болса};$$

$$Xx = 1 \text{ м} \quad M_{x_1=x} = -15 \cdot 1 = -15 \text{ кН} \cdot \text{м болса}.$$

II бөлім, 2-2 бөлімі, $1 \text{ м} < x_2 < 2 \text{ м}$;
Бұл бөлімдегі M_x диаграммасы парабола болып табылады. Оны M_x үшін өрнектің көмегімен x :

$$M_{x_2} = -F \cdot x_3 - q(x_2 - 1)^2/2.$$

Qx диаграммасы осы бөлімдегі нөлдік сызықты қиғандықтан, Mx диаграммасы экстремумға ие болуы керек. Бөлімнің ережелерін анықтау үшін Mx вариациясының заңының бірінші туындысын нөлге теңестіреміз:

$$\frac{dM_{x_3}}{dx_3} = 0$$

немесе

$$F - q(x_3 - 1) + V_A = 0.$$

Сандық мәндерді алмастырамыз:

$$-15 - 20(x_3 - 1) + 108,6 = 0,$$

қайдан

$$x_3 = \frac{-15 + 20 + 108,6}{20} = 5,68 \text{ м},$$

яғни бұл бөлім қашықтықта орналасқан

$$x_0 = 5,68 - 2 = 3,68 \text{ м } A \text{ қолдауынан.}$$

Бұл бөлімдегі иілу сәті

$$M_{x_3=5,68} = -15 \cdot 5,68 - \frac{20(5,68 - 1)^2}{2} + 108,6(5,68 - 2) = 95,4 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

IV бөлім, көлденең қима $4 - 4$, $1,5 \text{ м} < x_4 < 3,5 \text{ м}$;

$$M_{XA} = M + V_B(x_4 - 1,5).$$

Эпюра M_x на этом участке — прямая линия:

$$\text{при } X_4 = 1,5 \text{ м } M_{x_4=1,5} = 25 + 26,4(1,5 - 1,5) = 25 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$\text{при } X_4 = 3,5 \text{ м } M_{x_4=3,5} = 25 + 26,4(3,5 - 1,5) = 78 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

V бөлім, көлденең қима 5—5, $0 < x_5 < 1,5$ м; $M_{x_5} = M$.

$$x_5 = 0 \quad M_{x_5=0} = 25 \text{ кН} \cdot \text{м болса};$$

$$x_5 = 1,5 \text{ м болса} \quad M_{x_5=1,5} = 25 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Алынған мәндерден M_x диаграммасын саламыз (15-суретті қараңыз). Мысал 12.

Суреттегі Q_x және M_x схемаларын құрастырыңыз. 16, а.

Шешім. 1. Теңдеулерден қолдау реакцияларын анықтаңыз:

$$1) \Sigma M_A = 0; \quad 2) \Sigma M_B = 0.$$

Бірінші теңдеуден V_B табамыз:

$$M + q_2(c + d) \left(a + b + \frac{c + d}{2} \right) - V_B(a + b + c) + F(a + b + c + d) = 0$$

немесе

$$20 + 15 \cdot 4,5 \cdot 4,75 - V_B \cdot 6 + 5 \cdot 7 = 0,$$

$$\text{откуда } V_B = \frac{20 + 15 \cdot 4,5 \cdot 4,75 + 5 \cdot 7}{6} = 62,6 \text{ кН}.$$

Екінші теңдеуден біз табамыз

$$V_A(a + b + c) - q_1 2a(c + b + a) + M - q_2(c + d) \left(\frac{c + d}{2} - d \right) + Fd = 0$$

немесе

$$V_A \cdot 6 - 10 \cdot 3 \cdot 6 + 20 - 15 \cdot 4,5 \cdot 1,25 + 5 \cdot 1 = 0,$$

$$\text{Қайдан } V_A = \frac{10 \cdot 3 \cdot 6 - 20 + 15 \cdot 4,5 \cdot 1,25 - 5 \cdot 1}{6} = 39,9 \text{ кН}.$$

Тексеруді орындаңыз:

$$\Sigma Y = V_A + V_B + q_A 2a - q_2(c + d) - F = 0$$

немесе

$$39,9 + 62,5 - 10 \cdot 3 - 15 \cdot 4,5 - 5 = 0,$$

кайдан $102,5 - 102,5 = 0$.

2. Жарықтың тән белгілерін көрсетіңіз: С, А, D, E, B, K.

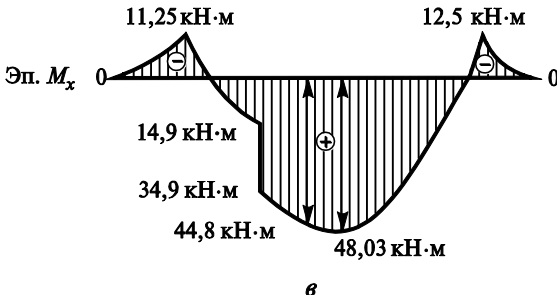
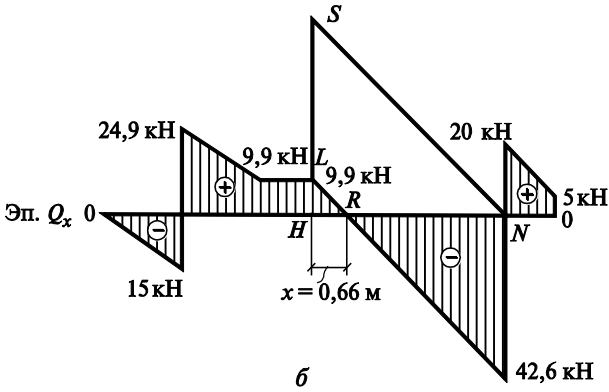
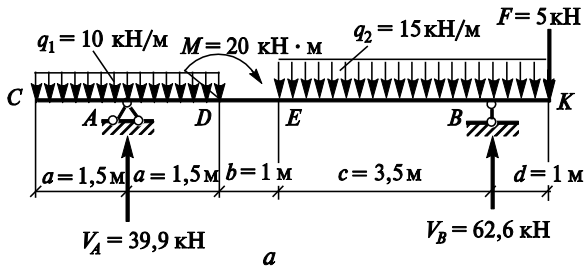
3. Тәндік қимадағы көлденең күштерді анықтаңыз:

$$Q_C = 0;$$

$$Q_A^{лев} = -q_A a = -10 \cdot 1,5 = -15 \text{ кН};$$

$$Q_A^{прав} = -q_A + V_A = -15 + 39,9 = 24,9 \text{ кН};$$

$$Q_D = Q_A^{прав} - q_1 a = 24,9 - 15 \cdot 3 = 9,9 \text{ кН};$$



16сурет

$$Q_E = Q_D = 9,9 \text{ кН};$$

$$Q_A^{леб} = Q_E - q_2 c = 9,9 - 15 \cdot 3,5 = -42,6 \text{ кН};$$

$$Q_A^{праб} = Q_A^{леб} + V_A = -42,6 + 62,6 = 20 \text{ кН};$$

$$Q_A^{леб} = Q_A^{праб} - q_2 d = 20 - 15 \cdot 1 = 5 \text{ кН}.$$

Qx диаграммасын алыңыз. EB бөліміндегі Qx диаграммасы нөлдік жолды қиып алады. Біз осы қиылысатын нүктенің позициясын, HRL және HNS үшбұрыштарының ұқсастығынан анықтаймыз:

$$x_0/3,5 = 9,9/52,5,$$

$$\text{кайдан } x_0 = \frac{9,9 \cdot 3,5}{52,5} = 0,66 \text{ м.}$$

3. Бұл қима Qx және Mx диаграммаларына тән болып саналады. Өзіндік нүктелерде иілу сәттерін анықтаймыз:

$$M_C = 0;$$

$$M_A = -q_1 aa/2 = -10 \cdot 1,5 \cdot 0,75 = -11,25 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_D^{\text{лев}} = -q_1 2aa + V_A a = -10 \cdot 3 \cdot 1,5 + 39,9 \cdot 1,5 = 14,9 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_D^{\text{прав}} = M_D^{\text{лев}} + M = 14,9 + 20 = 34,9 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_E = -q_1 2a(a+b) + V_A(a+b) + M = -10 \cdot 3 \cdot 2,5 + 39,9 \cdot 2,5 + 20 = 44,8 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{x_0} = -q_1 2a(a+b+x_0) + V_A(a+b+x_0) + M - q_2 x_0^2/2 = \\ = -10 \cdot 3 \cdot 3,16 + 39,9 \cdot 3,16 + 20 - 15 \cdot 0,66 \cdot 0,33 = 48,03 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_B = Fd - q_2 dd/2 = -5,1 - 15 \cdot 1 \cdot 0,5 = -12,5 \text{ кН} \cdot \text{м, зерттелді} \\ \text{сәуленің оң жағы; } M_K = 0.$$

- Алынған мәндерден Mx диаграммасын саламыз:
- СА секциясы - Mx диаграммасы парабола болып табылады, себебі бұл бөлім бөлінген жүктеме арқылы әрекет етеді. Бірақ параболаның экстремумы жоқ (шыңы), себебі Qx диаграммасы C және A нүктелері арасындағы нөлдік сызықты қиылыспайды;участок AD — тоже парабола, соединяющая значения $M_A = -11,25 \text{ кН} \cdot \text{м}$ и $M_E^B = 14,9 \text{ кН} \cdot \text{м}$;
- DE бөлімі - Mx схемасы - MD = BB = 34,9 кН • м және ME = 44,8 кН • м
- EB нүктесі Mx параболаның шұңқырының диаграммасы. E нүктесінен $x_0 = 0.66 \text{ м}$ қашықтықта. Енді оны үш нүктеде құрастырамыз: ME = 44,8 кН • м, M ^ = 48,03 кН • м және MB = -12,5 кН • м VC - Mx - parabola диаграммасы, MB = -12.5 кН • м және MK = 0 мәндері арасында жасалған. Mx диаграммасын саламыз (Сурет 16, с).

• Mx мәнін нүктенің оң жағындағы $x_0 = 0.66 \text{ м}$ қашықтықта орналасқан нүктеде тексеріп көрейік. Еміздің оң жағын қарастырайық.

$$M_{X0} = -q_2(c - x_0 + d) \left(\frac{c - x_0 + d}{2} \right) + V_B(c - x_0) - F(c - x_0 + d) =$$

$$= -15 \cdot 3,84 \cdot 1,92 + 62,6 \cdot 2,84 - 5 \cdot 3,84 = 48,0 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Өзіндік жұмыстарға арналған тапсырма 6. Q_x және M_x диаграммаларын суретте көрсетілген опциялардың бірінің деректері.

2.4. ҚОЛДАНЫСТАҒЫ ҚҰНДЫЛЫҚТЫ АНЫҚТАУ ОРТАЛЫҚ-ҚЫСЫМ КҮШ

1. Материалдардың конструкциялық қарсыласу құндылығын, R әдетте, каталогтар немесе құрылыс нормаларына сәйкес қысу үшін анықтаңыз. Өзіндік жұмыстардың мәселелерін шешу үшін, VIII ке қараңыз.

2. Посттың көлденең қимасы A -ны табыңыз.

В задании для самостоятельной работы заданы размеры сечения или тип и номер профиля проката, по которым и находят площадь сечения.

3. Ұзындығы бүгілу коэффициентін келесі тәртіппен анықтаңыз:

а) алдымен ротордың есептік(тиімді) ұзындығын анықтаңыз

$$l_{ef} = \mu l,$$

мұнда μ - ұзындығының қысқару коэффициенті, бұл штангалардың ұштарын бекіту әдісіне байланысты(III қосымшаны қараңыз); l - таяқтың геометриялық ұзындығы;

б) негізгі орталық өстерге қатысты J_x және J_y көлденең қималарының инерция сәттерін анықтаңыз. Қарапайым геометриялық фигуралардың өз өсіне қатысты инерция сәттерін анықтауға арналған формулалар Қосымшасында келтірілген. II. Жылжымалы профильдердің инерциясы сәттері Мемлекеттік стандартта берілген(I қосымшаны қараңыз);

в) x және y өсіне қатысты бөлімнің инерция радиусын табыңыз:

$$i_x = \sqrt{J_x / A}; i_y = \sqrt{J_y / A}.$$

Егер i_x және i_y бір-біріне тең болмаса, онда кейінгі есептеулер үшін оларды ең кіші деп қабылдайды, бұл оны имин деп көрсетеді. Егер $i_x = i_y$ болса, онда олардың біреуін есептей аласыз. Әрі қарайғы есептеулердің біркелкілігі үшін симметрия өсі бар секция үшін i_x және i_y тең болатын белгілеу белгісі пайдаланылады; г) таяқшаның икемділігін анықтайды:

$$\lambda = l_{ef} / i_{\min};$$

д) бойлық иілу коэффициенті рельстің материалына байланысты икемділіктің анықталған мәнінен анықталады (IV қосымшаны қараңыз). Бұл жағдайда, әдетте, интерполяцияны қолдануымыз керек (мысалдар 13, 14 қараңыз).

4. Сығымдалатын күштің рұқсат етілген құнын анықтау:

$$N = R\phi A.$$

Мысал 13. Суретте көрсетілген орталықтан қысылған баған үшін рұқсат етілген күштің мәнін анықтаңыз. 17, а. Тұғырдың материалы - бұл AD31Т алюминийі.

Шешім. 1. Алюминий есептелген қарсылық $R = 54$ МПа (VIII қосымша).

2. Тордың көлденең қимасы (сурет 17, б)

$$A = 16 \cdot 4 + 2 \cdot 6 \cdot 4 = 11\,200 \text{ мм}^2 = 112 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

3. Орнықтылығын жоғалту коэффициенті анықтаңыз:

а) ротордың ұзындығы

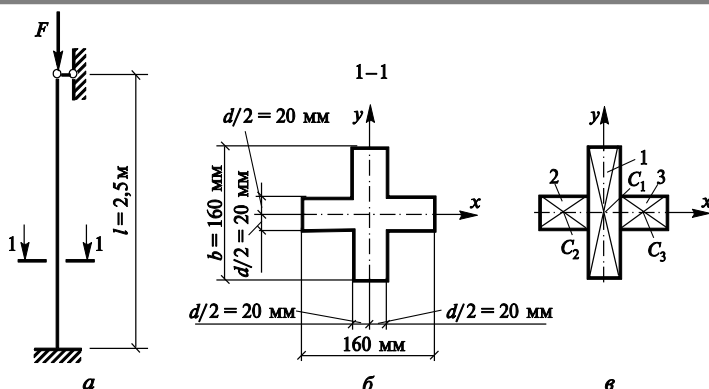
$$l_{ef} = \mu l = 0,7 \cdot 2,5 = 1,75$$

м, г қайда $\mu = 0,7$ (III қосымшаны қара);

б) секцияның инерция сәттері $J_x = J_y$, өйткені көлденең қимасы екі симметрия өсіне ие (Сурет 17, в):

$$J_x = J_x^I + J_x^{II} + J_x^{III} = 1\,365 + 32 + 32 = 1\,429 \text{ см}^4,$$

$$\text{Қайда } J_x^I = \frac{db^3}{12} = \frac{4 \cdot 16^3}{12} = 1\,365 \text{ см}^4;$$



$$J_x'' = J_x''' = \frac{\left(\frac{b-d}{2}\right)d^3}{12} = \frac{6 \cdot 4^3}{12} = 32 \text{ см}^4;$$

в) радиус инерциясы

$$i_x = i_y = i_{\min} = \sqrt{J_x / A} = \sqrt{\frac{1429}{112}} = 3,57 \text{ см};$$

г) таяқшаның икемділігі

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i_{\min}} = \frac{175}{3,57} = 46,7;$$

е) $\lambda=40$ ($\varphi=0,88$) және $\lambda 50$ ($\varphi=0,835$) интерполяциясымен бойлық иілу коэффициенті (IV қосымшаны қараңыз)

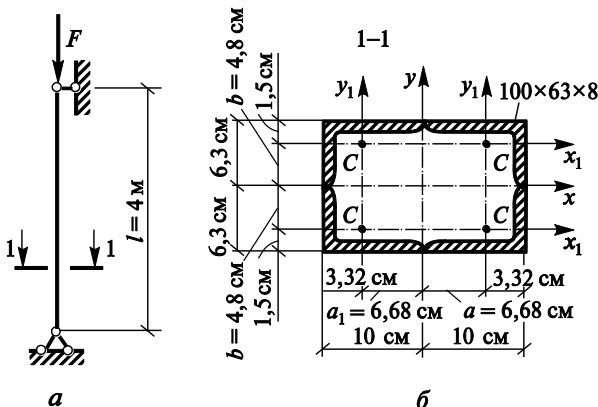
$$\varphi = 0,88 - \frac{0,88 - 0,835}{10} (46,7 - 40) = 0,85.$$

4. Сығымдау күші шамасын анықтаңыз

$$N = R\varphi A = 54 \cdot 0,85 \cdot 112 \cdot 10^{-4} = 514,1 \cdot 10^{-4} \text{ МН} = 514,1 \text{ кН}.$$

Ответ: $N = 514,1 \text{ кН}$.

14-мысал. Суретте көрсетілген орталықтан қысылған штангаға арналған қысу күші рұқсат етілген мәнін анықтаңыз. 18, а. Штепсельдік материал С-245 болат.



1. Тордың көлденең қимасы (сурет 18, б)

$$A = 4 \cdot 12,6 = 50,4 \text{ см}^2 = 50,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \text{ (см. табл. 1, прил. I).}$$

2. Бойлық иілу коэффициентін анықтаңыз:

а) шыбықтың есептелген ұзындығы

$$l_{ef} = \mu l = 1 \cdot 4,0 = 4 \text{ м},$$

онда $\mu = 1$ (III қосымша); б) x және y өсіне қатысты секцияның инерция сәттерін анықтайды. Бөлімде тең емес бұрыштардан тұратындықтан, x -өсіне қатысты инерция сәті y -өсіне қатысты инерция сәтіне тең болмайды. Y өсі бойынша инерция сәті

$$J_y = 4J_{y_1}^I + 4a_1^2 A_1 = 4 \cdot 127 + 4 \cdot 6,68^2 \cdot 12,6 = 2 \text{ 757 см}^4,$$

онда $J_{y_1}^I = 127 \text{ см}^4$, кестеден алынған. 1 және 2, қосымша

X өсі туралы инерция сәті

$$J_x = 4J_{x_1}^I + 4b^2 A_j = 4 \cdot 39,2 + 4 \cdot 4,8^2 \cdot 12,6 = 1 \text{ 318 см}^4,$$

онда $J_{x_1}^I = 39,2 \text{ см}^4$, кестеден алынған. 1 және 2, қолданба. Мен

X -өсіне қатысты инерция сәті ең аз;

в) секцияның инерциясының минималды радиусы

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{J_x}{A}} = \sqrt{\frac{1318}{50,4}} = 5,1 \text{ см};$$

г) ең үлкен икемділік

$$\lambda = \frac{I_{ef}}{i_{\min}} = \frac{400}{51} = 78,4;$$

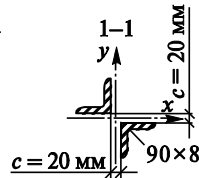
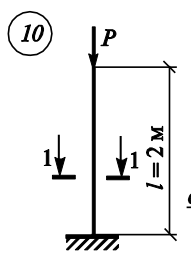
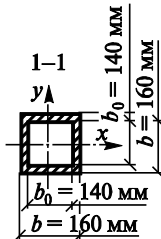
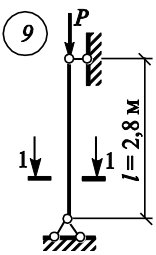
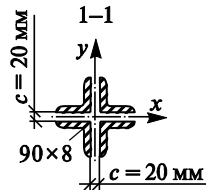
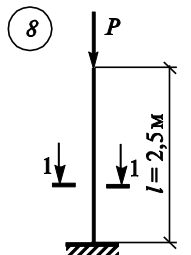
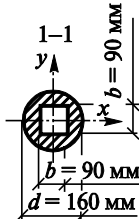
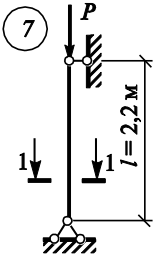
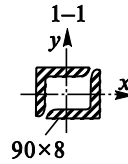
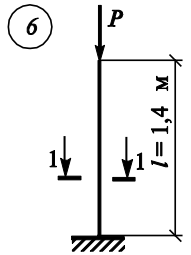
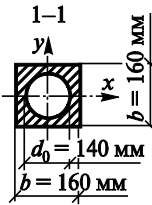
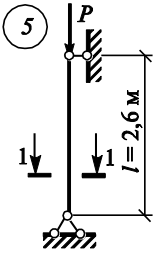
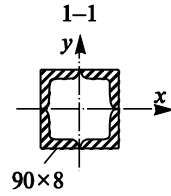
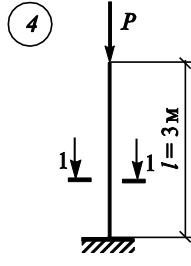
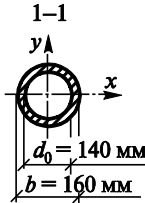
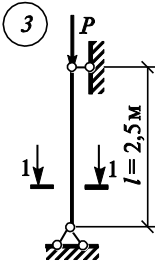
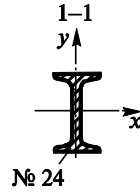
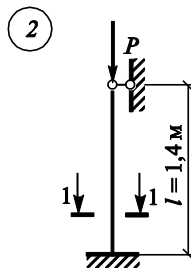
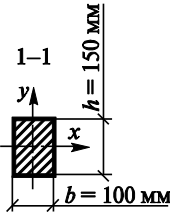
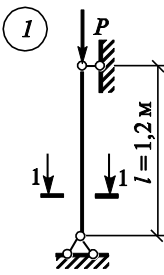
д) коэффициент φ қосымшада анықталады. IV, $\lambda = 70$ ($\varphi = 0,754$) және $\lambda = 80$ ($\varphi = 0,686$) икемділік мәндерін интерполяциялау:

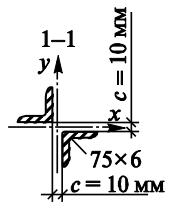
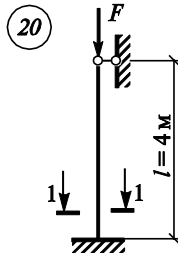
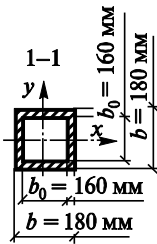
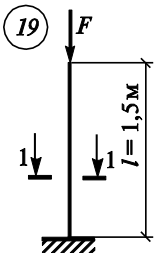
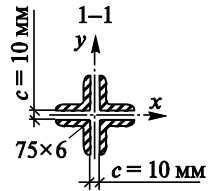
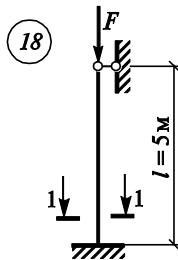
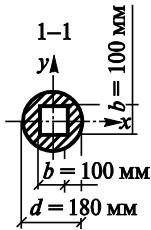
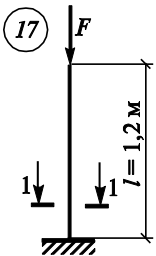
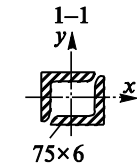
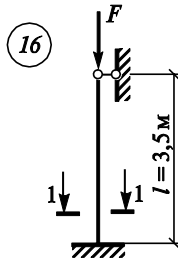
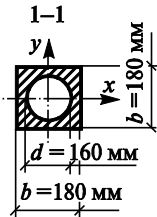
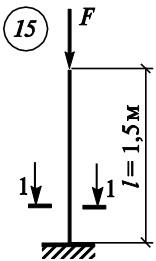
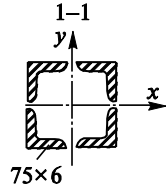
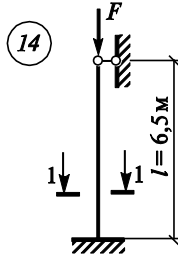
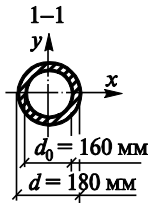
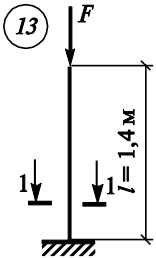
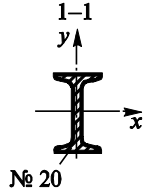
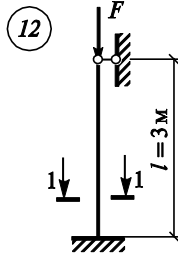
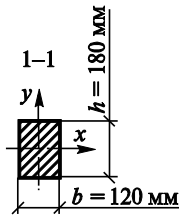
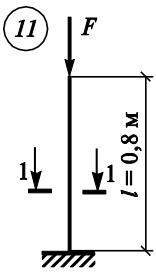
$$\varphi = 0,754 - \frac{0,754 - 0,686}{10} (78,4 - 70) = 0,697.$$

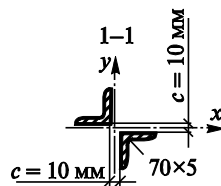
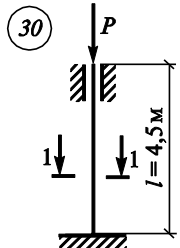
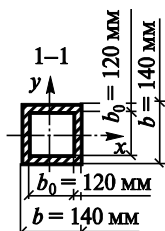
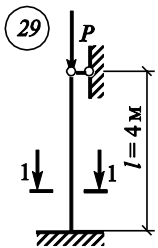
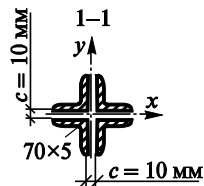
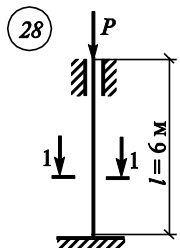
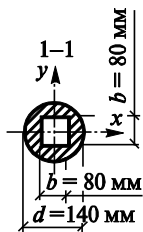
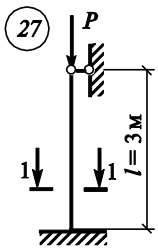
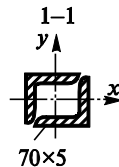
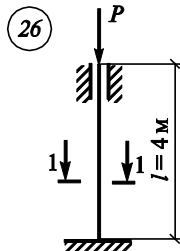
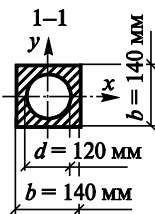
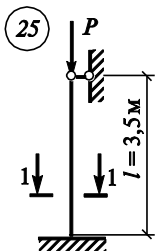
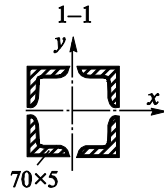
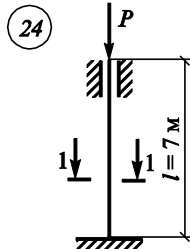
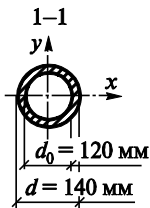
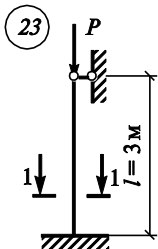
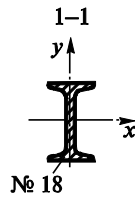
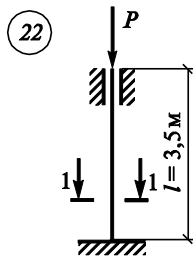
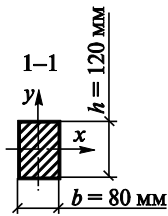
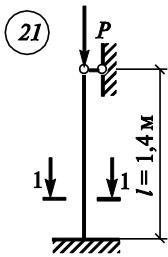
4. Рұқсат етілетін қысу күші

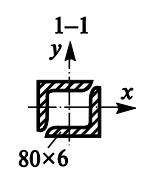
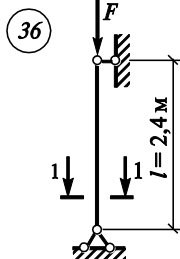
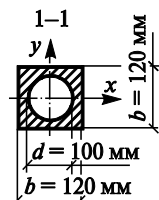
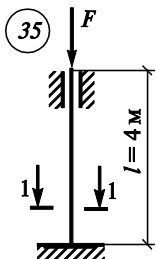
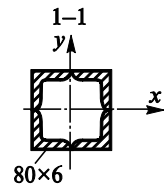
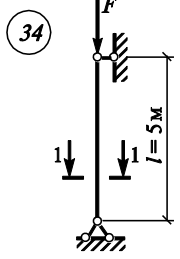
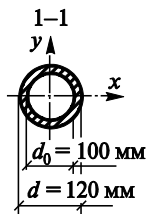
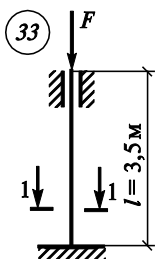
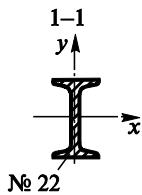
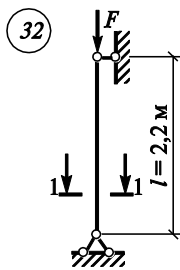
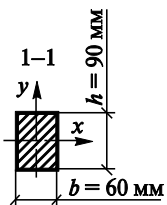
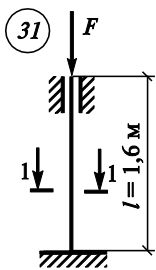
$$N = R\varphi A = 240 \cdot 0,697 \cdot 50,4 \cdot 10^{-4} = 8\,431 \cdot 10^{-4} \text{ МН} = 843,1 \text{ кН.}$$

7-өзіндік жұмысқа арналған тапсырма. 19-суретте көрсетілген нұсқалардың біріндегі деректер бойынша орталық-сығылу күшінің шекті мәнін табу. **Теріс нұсқалар үшін өзекке арналған материал** для стержня — АМг2М маркалы алюминий, оң нұсқалар үшін — С-345 маркалы болат.









19 сурет. соны

ГИМАРАТТЫҢ СТАТИСТИКАСЫ

3.1. ҚАРАПАЙЫМ БІР РАМАЛЫ КОНТУРҒА АРНАЛҒАН ІШКІ ЭПЮР ҚҰРЫЛЫСЫ

1. *Рамалық реакцияларды анықтаңыз.* Аралық топсалары жоқ кадрлар үшін қолдау реакцияларын үш тепе-теңдік теңдеулерінен анықтауға болады:

$$1) \sum M_A = 0; \quad 2) \sum M_B = 0; \quad 3) \sum X = 0.$$

Аралық қосындысы бар кадрлар үшін белгісіз реакцияларды (дәлірек айтқанда, компонент реакцияларын) анықтауға арналған төрт теңдеу болуы керек, мысалы:

$$1) \sum M_c^{\text{прав}} = 0; \quad 2) \sum X = 0; \quad 3) \sum M_A = 0; \quad 4) \sum M_B = 0,$$

онда С - аралық топсалы; А, В - жақтауды қолдайды. Теңдеулер жазғанда, олардың әрқайсысында бір белгісіздіктің болуын қамтамасыз ету керек. Мұны әр кадрға теңдеулер жасаудың өз тәртібін таңдау арқылы қол жеткізуге болады. Тік реакциялардың дұрыстығы $X_Y = 0$ теңдеуі арқылы тексерілуі мүмкін.

1. *Жақтаудың сипаттамалық бөлігін анықтаңыз.* Бұл бөлімдер күштерді, тіректерді, түйіндерді, топсаларды қолдану нүктелеріне сәйкес келеді. Кесіктерді және рамалық болтты белгілеңіз. Тәндік қимадағы көлденең күштердің мәндерін анықтаңыз. Сонымен қатар, егер рама шеңберден ауытқып кетсе, көлденең күштерді анықтау ережелері пучкалар үшін де өзгермейді (өз бетінше жұмыс мәселесін шешу тәртібін қараңыз).

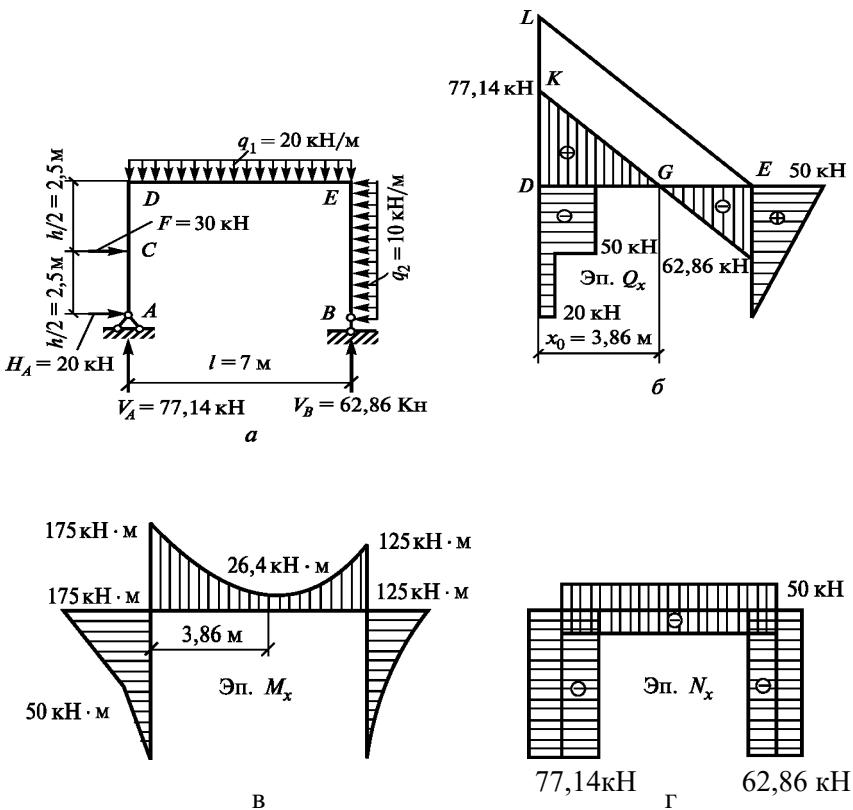
2. *Табылған мәндер негізінде Q_x диаграммасын саламыз.* Көлденең күштердің оң мәндері кадрдың сыртына және ішкі жағынан теріс мәндерге бөлінеді. Тәндік қимадағы иілу сәттерінің мәндерін анықтаңыз. Оларды анықтаудың ережелері пучкалар үшін бірдей болып қалады.

3. *Алынған мәндерден M_x диаграммасын құрастырамыз.* Моменттердің ординаттары ширатылған талшықтан босатылып,

Бұл ереже материалдардың кедергісінде қабылданған ережеге сәйкес келеді.

Рамалық элементтердегі бойлық күштердің мәндерін анықтаңыз: сабақтар мен болттар. Көлденең қиманың бойлық күші осы бөліктің бір жағында орналасқан (тек оң жақта) элементтің өсінде орналасқан барлық күштердің проекцияларының жиынтығына тең. Егер күш қысу тудырса, ол теріс деп саналады (минус белгісі бар); кеңейту оң болса (плюс белгісімен). N_x мәндері элементтің өстің екі жағында сақталады. Диаграммалардың құрылысының дұрыстығын тексеру міндеттің бір бөлігі емес. Оны жүзеге асыру ережелерін [3, Ch. IV].

Мысал 15. Суреттегі рамка үшін M_x , Q_x және N_x диаграммаларын құрастырыңыз. 20, а.



Шешім. 1. Қолдау реакцияларын анықтаңыз. Фреймде аралық ілмектер жоқ, сондықтан I формасындағы тепе теңдікті қолданамыз.

Бірінші теңдеуден V_B анықтаймыз:

$$Fh/2 + q_1 l l/2 - q_2 h h/2 - V_B l = 0$$

немесе

$$20 \cdot 7 \cdot 3,5 + 30 \cdot 2,5 - 10 \cdot 5 \cdot 2,5 - V_B \cdot 7 = 0,$$

қайдан $V_B = (20 \cdot 7 \cdot 3,5 + 30 \cdot 2,5 - 10 \cdot 5 \cdot 2,5)/7 = 62,86$ кН.

Екінші теңдеуден анықтаймыз V_A :

$$V_A l + Fl/2 - q_1 q_1 l l/2 - q_2 h h/2 = 0$$

немесе

$$V_B \cdot 7 + 30 \cdot 2,5 - 20 \cdot 7 \cdot 3,5 - 10 \cdot 5 \cdot 2,5 = 0,$$

қайдан $V_A = (-30 \cdot 2,5 + 20 \cdot 7 \cdot 3,5 + 10 \cdot 5 \cdot 2,5)/7 = 77,14$ кН.

Үшінші теңдеуден біз табамыз

$$H_A + F - q_2 h = 0,$$

қайда

$$H_A = q_2 h - F = 10 \cdot 5 - 30 = 20 \text{ кН.}$$

Тік реакцияларды анықтаудың дұрыстығын тексерейік:

$$\Sigma Y = V_A + V_B - q_A l$$

немесе

$$62,86 + 77,14 - 20 \cdot 7 = 0, \text{ қайда } 140 - 140 = 0.$$

2. A, C, D, E, B сипаттамаларын көрсетіңіз. Рамка AD, BE және DE -лерден тұрады. Кесіктер мен болттар D және E түйіндерінде бір-бірімен қатаң байланысқан.

3. Рамадан ішкі жағынан сағат тілімен айналып өтіп, тәндік нүктелерде көлденең күштерді анықтаңыз.

AD тұрақтылығы:

$$Q_A = -H_A = -20 \text{ кН}; Q^{TM8} = -H_A = -20 \text{ кН};$$

$$Q_C^{прав} = -H_A - F = -20 - 30 = -50 \text{ кН};$$

$$Q_D^{леғ} = -H_A - F = -50 \text{ кН.}$$

Ригель DE :

$$Q_D^{леғ} = -V_A = 77,14 \text{ кН};$$

$$Q_E^{леғ} = V_A - q_A l = 77,14 - 20 \cdot 7 = 62,86 \text{ кН.}$$

BE тұрақтылығы: жақтаудың оң жақ бөлігін (ішінен қараған кезде)

$$Q_B = 0; Q_E^{npag} = q_2 h = 10 \cdot 5 = 50 \text{ кН.}$$

Алынған мәндерден Qx диаграммасын саламыз (Сурет 20, б). DE сегментінде Qx диаграммасының қиылысуы өсінің қиылысу нүктесінен x0 нүктесінен қиылысады. DKG және DEL үшбұрыштарының ұқсастығынан:

$$\frac{x_0}{7} = \frac{77,14}{140}, \text{ откуда } x_0 = \frac{77,14 \cdot 7}{140} = 3,86 \text{ м.}$$

4. Іілу сәттерінің мәндерін тән нүктелерде анықтаймыз. AD тұрақтылығы :

$$M_A = 0; M_C = -H_A h / 2 = -20 \cdot 2,5 = -50 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_D = -H_A h - Fh / 2 = -20 \cdot 5 - 30 \cdot 2,5 = -175 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Ригель DE:

$$M_D = -H_A h - Fh / 2 = -20 \cdot 5 - 30 \cdot 2,5 = -175 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{x_0-3,86\text{м}} = -V_A x_0 - H_A h - Fh / 2 - q_1 l l / 2 = \\ = 77,14 \cdot 3,86 - 20 \cdot 5 - 30 \cdot 2,5 - 20 \cdot 3,86 \cdot 1,93 = -26,4 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_E = -V_A l - H_A h - Fh / 2 - q_{Al} l / 2 = \\ = 77,14 \cdot 7 - 20 \cdot 5 - 30 \cdot 2,5 - 20 \cdot 7 \cdot 3,5 = -125 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Бекіту: жақтаудың оң жағы үшін

$$M_B = 0; M_E = -q_2 h h / 2 = -10 \cdot 5 \cdot 2,5 = -125 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Mx диаграммасын саламыз (Сурет 20, с).

5. Определим значения продольных сил.

AD тұрақтылығы:

$$N_{AD} = -V_A = 77,14 \text{ кН.}$$

Ригель DE :

$$N_{DE} = -H_A - F = -20 - 30 = -50 \text{ кН.}$$

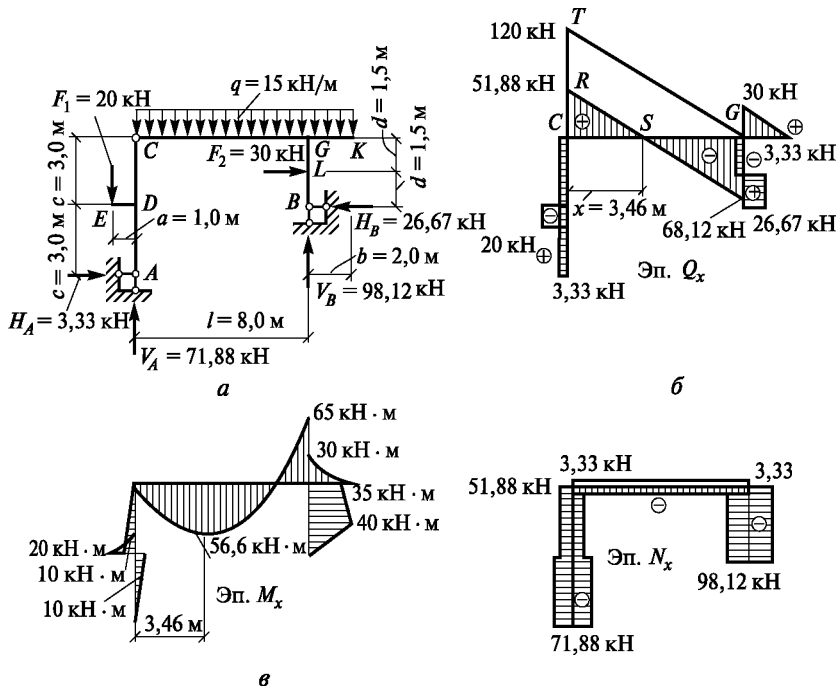
BE тұрақтылығы :

$$N_{BE} = -V_B = -62,86 \text{ кН.}$$

Алынған мәндерден N1C диаграммасын саламыз (Сурет 20, d).

Мысал 16-суретте көрсетілген кадрға Mx, Qx және N диаграммаларын құрыңыз. 21, а.Шешім. 1. Рамадағы қолдау реакцияларын анықтаңыз, олар үшін теңдеулерді құрастырамыз:

$$1) M_C^{лев} = 0; \quad 2) \Sigma X = 0; \quad 3) \Sigma M_A = 0; \quad 4) \Sigma M_B = 0.$$



21 сурет

Бірінші теңдеуден біз табамыз H_A .

$$\Sigma M_C^{лев} = -H_A h - F_1 a = 0$$

немесе

$$H_A \cdot 6 - 20 \cdot 1 = 0, \text{ отсюда } H_A = -(20 \cdot 1)/6 = -3,33 \text{ кН.}$$

Екінші теңдеуден табамыз H_B :

$$\Sigma X = H_A + F_2 - H_B = 0, \text{ отсюда } H_B = H_A + F_2 = -3,33 + 30 = 26,67 \text{ кН.}$$

Үшінші теңдеуден табамыз V_B .

$$\Sigma M_A = -F_1 a + q(l + b) \left(\frac{l + b}{2} \right) + F_2(c + d) - H_B c - V_B l = 0$$

немесе

$$-20 \cdot 1 + 15(8 + 2) \left(\frac{8 + 2}{2} \right) + 30(3 + 1,5) - 26,67 \cdot 1,5 - V_B \cdot 8 = 0,$$

қайдан

$$V_B = \frac{-20 \cdot 1 + 15 \cdot 10 \cdot 5 + 30 \cdot 4,5 - 26,67 \cdot 1,5}{8} = 98,12 \text{ кН.}$$

Төртінші тендеуден анықтаймыз V_A : $+ F_2 d = 0$

немесе

$$V_A \cdot 8 + 3,33 \cdot 3 - 20(8+1) - 15(8+2) \left(\frac{8+2}{2} - 2 \right) + 30 \cdot 1,5 = 0,$$

$$\text{откуда } V_A = \frac{-3,33 \cdot 3 + 20 \cdot 9 - 15 \cdot 10 \cdot 3 - 30 \cdot 1,5}{8} = 71,88 \text{ кН,}$$

Тексеруді тексеруді орындаңыз V_A и V_B :
 $\Sigma Y = V_A - q(l+b) - F + V_B = 0$

немесе

$$71,88 - 15(8+2) - 20 + 98,12 = 0, \text{ қайдағы } 170 - 170 = 0.$$

2. A, D, E, C, G, K, L, B . тірек нүктелерін көрсетіңіз. Рамочка AC және BG екі тіректерінен, SK_i және SK консолинен тұрады. GK консоли секциясы SK шпалдарының бір бөлігі болып табылады. Көлденең күштерді тән нүктелерде анықтаймыз.

$$3. Q_A = -H_A = 3,33 \text{ кН}; Q_D^{лев} = Q_D^{прав} = -H_A = 3,33 \text{ кН};$$

$$Q_C^{лев} = -H_A = 3,33 \text{ кН.}$$

Консоль ED :

$$Q_E = Q_E^{прав} = -F = -20 \text{ кН}; Q_E^{лев} = -F = -20 \text{ кН.}$$

Ригель CK :

$$Q_C^{прав} = V_A - F_1 = 71,88 - 20 = 51,88 \text{ кН};$$

$$Q_C^{лев} = V_A - F - ql = 71,88 - 20 - 15 \cdot 8 = -68,12 \text{ кН};$$

$$Q_C^{прав} = V_A - F_1 - ql + V_B = -68,12 + 98,12 = 30 \text{ кН};$$

$$Q_K = Q_G^{прав} - qb = 30 - 15 \cdot 2 = 0.$$

BG :

$$Q_B = -H_B = -26,67 \text{ кН}; Q_L^{прав} = H_B = 26,67 \text{ кН};$$

$$Q_L^{лев} = H_B - F_2 = 26,67 - 30 = -3,33 \text{ кН};$$

$$Q_L^{npa6} = H_B - F_z = 26,67 - 30 = -3,33 \text{ кН.}$$

Зерттелген мандерден Q_x диаграммасын саламыз (21-сурет, б).
 Бұл туралы
 Q_x диаграммасының CG бөлімі crossbar (нөлдік сызық) өсін қиып алады

$$\frac{x_0}{8} = \frac{51,88}{120}, \text{ откуда } x_0 = \frac{8 \cdot 51,88}{120} = 3,46 \text{ м.}$$

CRS және CTG үшбұрышының әңгімелерінен:

4. Өзіндік нүктелерде иілу сәттерін анықтаймыз. AC тірегі:

$$M_A = 0; M_D^{лег} = -H_{AC} = 3,33 \cdot 3 = 10 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_D^{npa6} = -H_{AC} - F_1 a = 3,33 \cdot 3 - 20 \cdot 1 = -10 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$M_C^{лег} = -H_A h - F_1 a = 3,33 \cdot 6 - 20 \cdot 1 = 0$, топсаның сәті әрдайым нөлге тең болуы керек.

Ригель СК:

$$M_C^{npa6} = 0; M_{X0,3,46} = V_A X_0 - H_A h - F_1 (x_0 + a) - q x_0 x_0 / 2 =$$

$$= 71,88 \cdot 3,46 + 3,33 \cdot 6 - 20(3,46 + 1) - 15 \cdot 3,46 \cdot 1,73 = 56,6 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_G^{лег} = V_A l - H_A h - F_1 (l + a) - q l l / 2 =$$

$$= 71,88 \cdot 8 + 3,33 \cdot 6 - 20(8 + 1) - 15 \cdot 8 \cdot 4 = -65 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_G^{лег} = -q b b / 2 = -15 \cdot 2 \cdot 1 = -30 \text{ кН} \cdot \text{м}, \text{ GK консольдық бөлігінің}$$

$$M_K = 0.$$

$$M_B = 0; M_L = -H_B d = -26,67 \cdot 1,5 = -40 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_G^{npa6} = H_B d - F_2 d = 26,67 \cdot 3 + 30 \cdot 1,5 = -80 + 45 = -35 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Алынған мандерден M_x диаграммасын саламыз (Сурет 21, с).

5. Бойлық күштерді анықтаңыз. AC тірегі :

$$N_{AD} = -V_A = -71,88 \text{ кН};$$

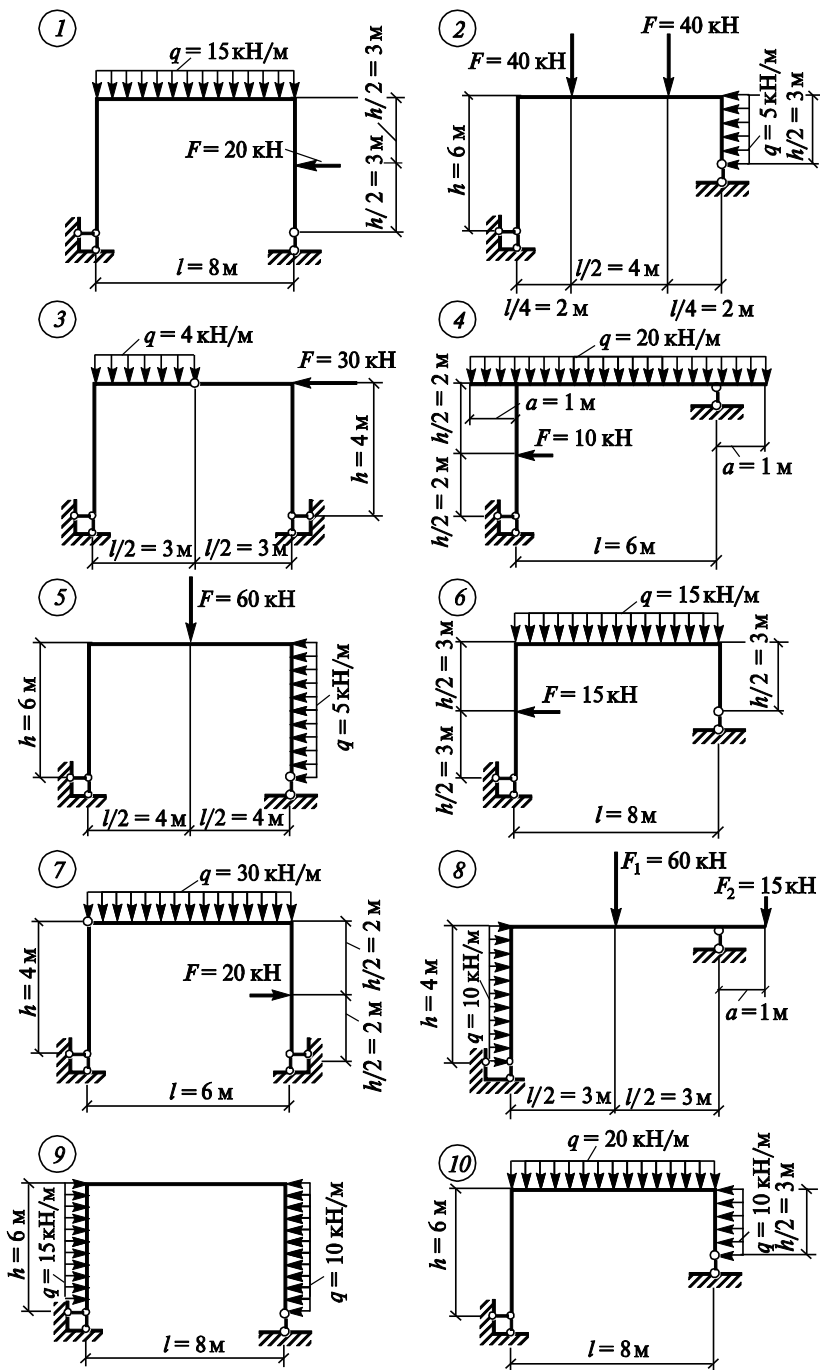
$$N_{DC} = -V_A + P = -71,88 + 20 = -51,88 \text{ кН}.$$

Ригель СК:

$$N_{CG} = -H_A = 3,33 \text{ кН}; N_{GK} = 0.$$

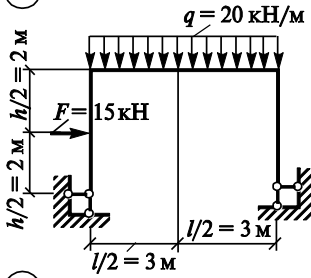
BG тірегі :

$$N_{BG} = -V_A = -98,12 \text{ кН}.$$

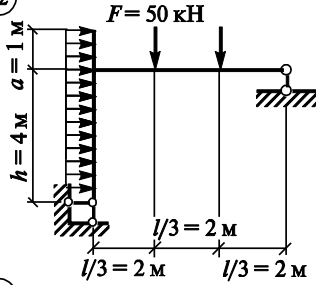


22 сурет (71—736. қараңыз)

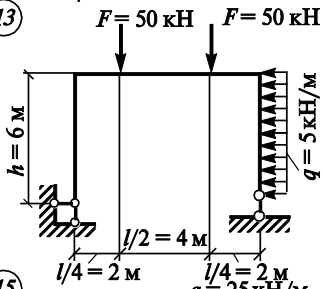
11



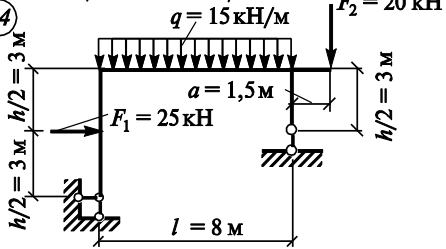
12



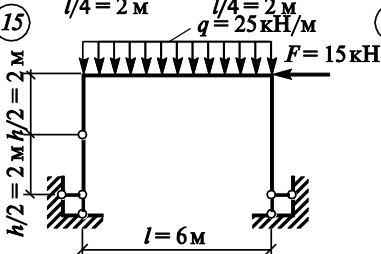
13



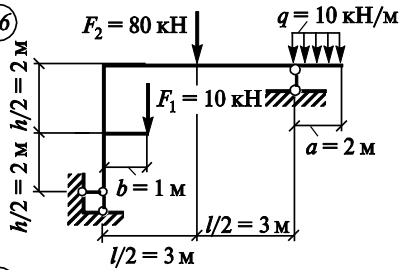
14



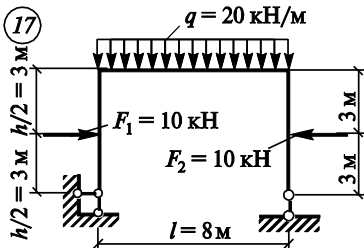
15



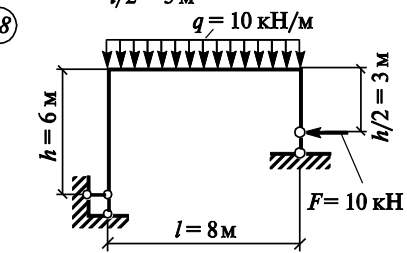
16



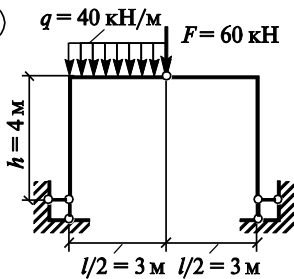
17



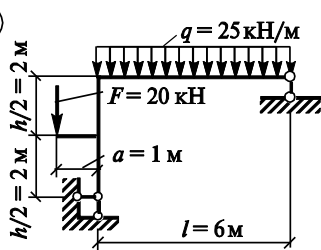
18

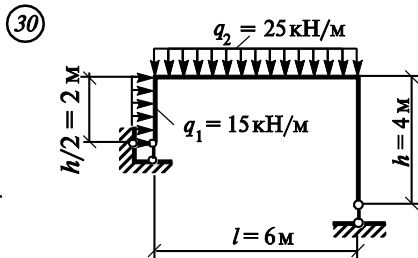
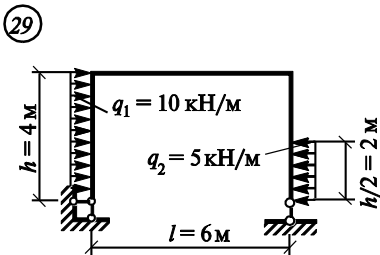
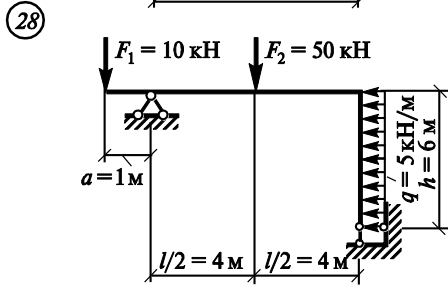
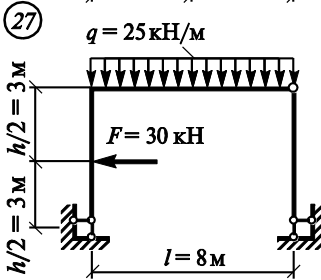
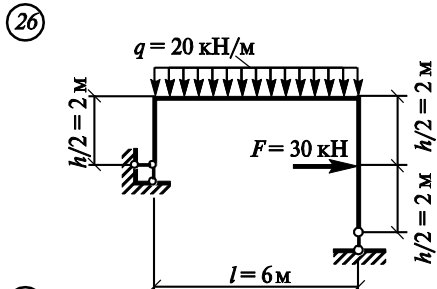
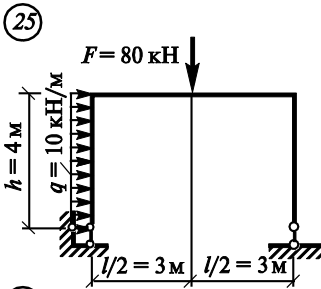
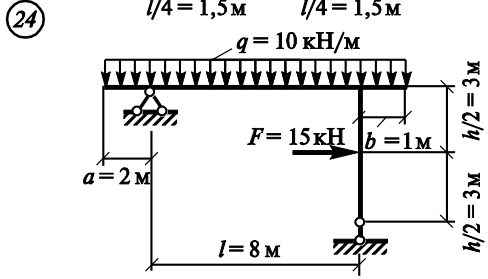
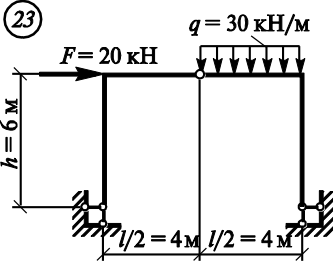
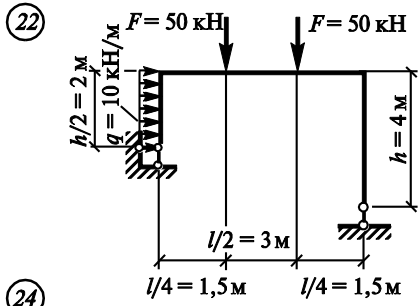
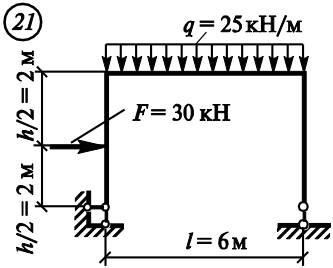


19

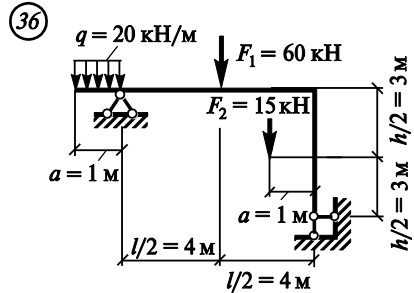
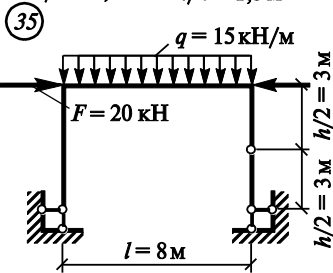
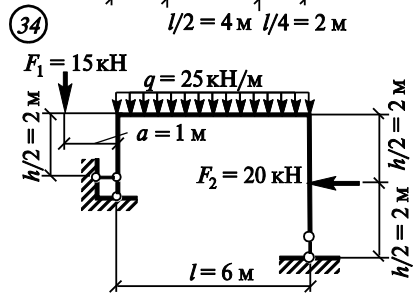
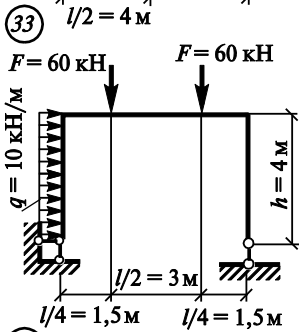
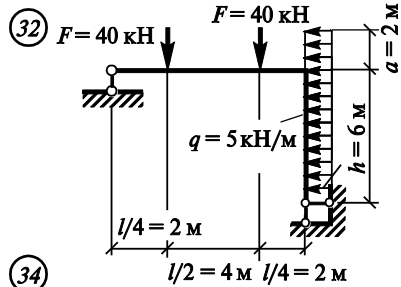
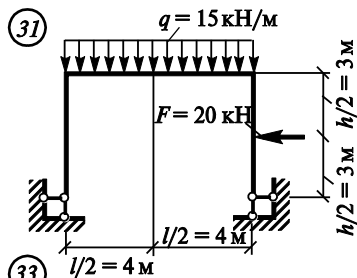


20





1. Ферманың геометриялық диаграммасын масштабтау үшін қатаң түрде салыңыз. Шкаланың сызбаның өлшемдері анықталады. Өзін өзі орындау кезінде



22 -сурет.

Алынған мәндерден N_x диаграммасын саламыз (Сурет 21, d).
Өзіндік жұмыстарға арналған тапсырма 8. Q_x , M_x және N_x диаграммаларын құрастырыңыз .22 суретте көрсетілген нускалардың біріне сәйкес.

3.2. МАКСВЕЛЛ-КРЕМОН ДИАГРАММАСЫН ҚҰРУ БОЙЫНША ФАРМАЛЫҚ ЖОБАЛАРДА ГРАФИКАНЫ АНЫҚТАУ

1: 200, 1: 100 масштабты қабылдау ұсынылады; есептеу және графикалық жұмыстарды орындау кезінде - 1: 300, 1: 200.

1. Шаруа қожалықтары тораптарға тартылғаннан кейін сыртқы күштер қолданылады.

2. *Сыртқы және ішкі өрістерді көрсетіңіз:*

а) сыртқы өріс сыртқы күштер мен белбеулер қожалығымен шектеледі. Бұл өріс ашық, олар әдетте, әріптер А, В, С, D белгіленеді ..., шаруа сағат тілімен айналып. Бірінші өріс, әдетте, тірек реакциясының және бірінші (экстремалды) күштің әрекет ету сызығымен шектеледі - бұл күштердің әрекет ету сызығының сол жағында орналасқан жарты ұшақ. Егер қиғаш және жүктемелер симметриялы өске ие болса, онда трюмнің оң жағындағы симметриялық өрістер сол жартылай сол әріппен белгіленеді, бірақ индекстермен, мысалы, 'a', 'b', 'c', 'd', ... өріс қолдау реакцияларының арасында симметриялы болмайды (ферманың төменгі белдеуінде жүктемесіз), б) ішкі өрістер тек қиғаш шыбықтармен шектеледі. Олар жабық, олар 1, 2, 3, ..., ферманың солдан оңға қарай айналып өтуімен белгіленеді. Сызбаның симметриялық схемасымен оң жақ жарты өрістерді сол, сол сияқты 1, 2, 3, сол сандармен белгілеуге болады.

2. *Ферманың қолдайтын реакциясын графикалық түрде мынадай тәртіппен анықтаңыз:*

а) күштер ауқымын таңдау. Ол сондай-ақ сурет өлшеміне байланысты. б) барлық сыртқы күштерді қабылданған шкала бойынша ферма сағат тілімен бұрылыс кезінде орын алуы керек. Енді әрбір күш екі бағытта белгіленеді (әріптер), олардың арасында орналасқан. Сыртқы күштер ауқымында фермада жұмыс істейтін барлық сыртқы күштердің жиынтық сомасына тең күш сызығының жоғарғы жағынан дәйекті түрде қалыптасты; в) шаруа қожалығының қолдау реакциясын анықтау. Байланысты симметрия шаруа тұйықталу және жүктемелі (сондай-ақ төменгі белдеуі бойынша жүктемелер болмаған, екі өзіндік жұмысы үшін тапсырмалар) үшін реакция қолдау электр желісінің жартысы ұзындығы болып табылады және (жүктеме әрекетке қарама-қарсы бағытта) жоғары бағытталған, олардың әрқайсысы бір-біріне тең болып табылады. Қолдау реакциялар, сондай-ақ сыртқы күштер, олар өтірік, олардың арасындағы өрістері көрсетілген. күшіне желісі бойынша қолдау реакциялардың арасында орналасқан өрісті көрсететін нүктесіне қолданылады. Электр желісінің ортасында орналасқан. күш желісі төменгі жартысы оңға подшипник реакция болып табылады, және жоғарғы жаққа қалдырылды.

а) таяқтарды белгілеу. Айта кету керек, графикалық есептеу әдісімен әрбір штанг екі жақтағы өрістермен белгіленеді. Штангтың атауы сондай-ақ қарастырылып жатқан түйінге байланысты: шыбық екі түйме арқылы белгіленеді, олар түйіннің өтуі кезіндегі сағат тілімен көрсетілетін тәртіпте оқылады. Штангалардың анықтамасы торлар элементтері мен белбеу және тіректерге арналған алфавиттік-цифрлық (1-А, 2-дюйм және т.б.) цифрлық (1-2, 2-3, т.б.) болуы мүмкін;

б) түйіндерді қиып тастайды. Алғашқы екі түйреуі біріктірілген торапты кесіп тастайды - есептеу басталады. Бұл түйіннің шрифтары үш өріс арасында орналасқан: екі алфавиттік және бір сандық. Электр желісінде әріптерге сәйкес келетін нүктелер бар. Осы нүктелер арқылы қарастырылатын түйіндердің тізбектеріне параллель сызықтар шығарылады. Бұл сызықтардың қиылысы қаралатын торапқа іргелес жатқан өріске сәйкес келетін санмен белгіленеді. Шыбық пен оның параллель күші бірдей белгілерге ие. Диаграммадағы желісінің ұзындығы, күші шкаласы бойынша және күш (sootvetstvi-yuschem) өзекше құны болып табылады. Күштің белгісі келесідей анықталады. шаруа схемасы сағат тілінің бағытымен торабы болдырмай, жолының атын оқып тұралық. Біріншіден, содан кейін диаграмманың оқылған терминал бірдей тәртіппен бір нүктеден бастап күш арқылы жылжытылады, және, ақырында, осы қозғалыс шаруа қожалығының өзегі етіп беріледі. dvi-zhenie осылайша бірліктің білігінің бойымен бағытталған болса, Rod созылып болып саналады. Түйін егер қысылған жағдайда диаграмма майлы (немесе қызыл) қысылған таяқты көрсетеді. rastyanu-tu - жұқа (немесе көк) желісі.

в) Үш штангаға жақындаған түйінді қиып алыңыз, олардың екеуінде белгісіз, ал үшіншіде бірінші түйінді қарастырған кезде табылған. Қысқартылған диаграммада ескерілетін түйінге жақын екі өріске сәйкес келетін екі нүкте бар. Осы нүктелер арқылы жолақтарға параллель сызықтар жүргізіледі, күштері белгісіз. Қиылысу нүктесі - бұл екі шоқтың арасында орналасқан өрістің саны. Күштер ауқымында өлшенген диаграммадағы сызықтардағы ұзындықтар осы бар болған күштердің шамасына тең. Белгі бірінші түйін үшін сипатталған ережелермен анықталады;

д) Күштердің анықтамасы шыбықтардың тағайындалуымен үстелдің жасалуымен аяқталады және күштің шамасы мен белгісін көрсетеді.

Мысал 17. Суретте көрсетілген трюмнің шыбықтарындағы күштерді анықтаңыз. 23а, Максвелла—Кремон диаграммасын құрастыру арқылы.

2. Шешім. 1. Фермадағы геометриялық диаграмманы шкала бойынша салыңыз, мысалы: 1: 400 (1 см-4 м). Сурет. 23, бірақ көрсетілген шкала бойынша орындалады.

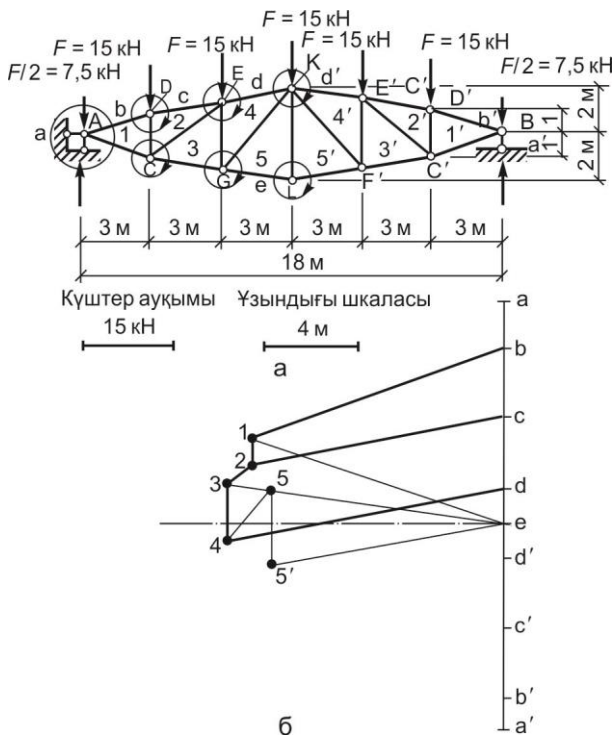
3. Белгіле:

ішкі : a, b, c, d, d', c', b', a';

сыртқы: 1, 2, 3, 4, 5, 5', 4', 3', 2', Г.

4. Шаруа қожалығының қолдау реакциясын анықтаңыз:

а) күштер шкаласын таңдайды: 1 см - 15 кН;



в) ферма схемасына алдын-ала көрсететін қолдау реакцияларын анықтаңыз. Электр желісін екіге бөлеміз. Оның ортасы d және d' нүктелерінің арасындағы және e нүктесімен сәйкес келеді, ол қолдайтын реакциялардың арасында орналасқан өрісті білдіреді. Күштер ауқымында өлшенген «а» сегменті дұрыс қолдау реакциясы болып табылады. Сызба схемасында дұрыс қолдау реакциясы А және Е өрістерінің арасында және а-е арқылы белгіленеді. Si-line e-a бөлімі сол қолдау реакциясын білдіреді. А'-е және e-a сегменттерінің ұзындығы 3 см, сондықтан әр сілтеме реакциясы $3 = 15 = 45$ кН.

Күш диаграммасын құрдық:

а) Екі түйреуішті біріктіретін А түйінін ақылмен қиып алу, b-1 және 1-е деп атаймыз. Қуат сызығында b және e-тармақтар бар, біз b-1-ден b нүктесіне дейін параллель сызықты сызықпен 1-е қатарына параллель сызықпен сызамыз. Олардың қиылысу нүктесі 1 санымен белгіленеді. В-1 сызығының ұзындығы - $3,8 \text{ см} \cdot 15 = 57$ кН болжамды шкала бойынша, біз b-1 шегінде $3,8 \cdot 15 = 57$ кН-ға тең күш жұмсаймыз. 1-ші жолдың ұзындығы 3,8 см, яғни 1-күш 57 кН.

В-1 күші белгісін анықтаңыз: фермадағы диаграммада (23-суретті қараңыз, а), жоғарғы белбеу бұрышы b-1 оқылады; күш сызбасы бойынша (23-суретті қараңыз, b) b нүктесінен 1-ге дейінгі қозғалыс солдан оңға қарай бағытталған. Қозғалыс бағытын (оңнан солға) b-1 шоқысына дейін береміз (23-суретті қараңыз) - бұл торапқа бағытталған, яғни қатқақ қысылады. В-1 күші қалың сызық арқылы көрсетіледі. 1-е күшінің белгісін анықтаңыз: ферманың схемасында штанганы 1-е оқылады; кернеу диаграммасында 1-ден нүктеге дейінгі нүктедегі қозғалыс солдан оңға қарай бағытталған. Біз осы қозғалыс бағытын ферманың ядросына ауыстырамыз - бұл тораптан, яғни штангалық созылған. Диаграммадағы 1-е күші жұқа сызық арқылы көрсетіледі;

б) Түйінді кесіңіз D. Үш штангалар біріктіріледі: 1-b, c -2 және 2-1. 1-бөртпенің күші А торабын қараудан табылған, ал c-2 және 2-1 шыбықтарындағы күштер белгісіз. Күрделі диаграммада c және 1-тармақтар бар, c-2 шегіне параллель сызықты және 1-ші жолдан бастап, қиылысқанға дейін 2-1 шоққа параллель сызықты шығарамыз. Сызықтардың қиылысу нүктесі 2-ші санмен белгіленеді (шыбықтар арасында орналасқан өрістің саны, күші ізделінетін). С-2 сегменті 3,65 см, демек, оның күші $3,65 \times 15 = 54,8$ кН. 2-1 сегменті 0,4 см, оның күші $0,4 \cdot 15 = 6$ кН.

С-2 штангасындағы күштің белгісін анықтаңыз: ферма схемасында stb s-2 арқылы оқылады; кернеу диаграммасында 2-тармақтан бастап оңнан солға бағытталған қозғалыс; біз осы қозғалыс бағытын c-2 шоқысына береміз - ол D түйініне бағытталған, яғни штангалар қысылады (сызба күш сызығымен көрсетілген).

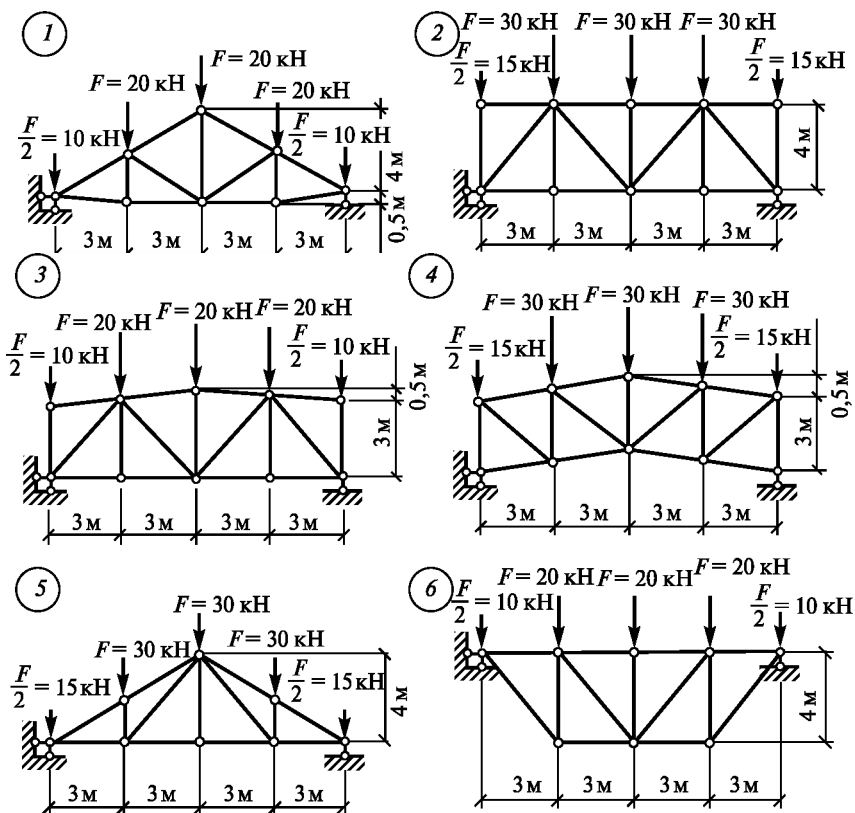
2-1: күш-жігердің белгісін анықтаңыз. 2-1; диаграммасында 2-ден 1-тармаққа дейінгі қозғалыс төменнен жоғарыға қарай бағытталған. Біз бұл қозғалысты 2-1 штангаға береміз - ол D түйініне бағытталған, яғни штангалар қысылады (сызба қалың сызық арқылы көрсетілген); в) T түйінін қарастырыңыз. Бұл торапта төрт таяқшалар біріктіріледі, олардың екеуінде (e-1 және 1-2) күштер анықталған, бірақ екеуінде (2-3 және 3-е) белгісіз. Стресс диаграммасында қазірдің өзінде 2 және 2-тармақтар бар, 2-ші нүктеден 2-3 шоқыға параллель сызықты, ал 3-е-ші панельге параллель сызық арқылы сызыңыз. Осы сызықтардың қиылысу нүктесі 2-3 және 3-е шоқыларының арасында орналасқан өріске сәйкес келетін 3-санымен белгіленеді. Диаграммадағы 2-3 жолдың ұзындығы 0,45 см, бұл 2-3 штангасындағы күш $0,45 \cdot 15 = 6,75$ кН. 3-ші жолдың ұзындығы 4 см, яғни 3-ші роттағы күш $4 \cdot 15 = 60$ кН. Жұмыстың 2-3 белгісін анықтаңыз: ферманың өзегін диаграммада 2-3 деп оқитын; стресс диаграммасында 2-ден 3-ке дейінгі қозғалыс жоғарыдан төменге бағытталған. Біз бұл қозғалысты штангаға 2-3 жібереміз - ол C түйініне бағытталған, яғни штангалар қысылады (диаграммада - май сызығы). 3-е күштің белгісін анықтаңыз: төменгі белдіктің шеті 3-ші оқылады; кернеу диаграммасында 3-тармақтан бастап нүктеге дейінгі қозғалыс солдан оңға қарай бағытталған. Біз бұл қозғалысты шоқыға жібереміз

d) Түйінді қарастырыңыз. Бұл торапта d -4 және 4-3 шыбықтарындағы күштер белгісіз. Диаграммада d және 3 арқылы d-4 және 4-3 параллель сызықтар, біз 4-те көрсетілген нүктеге дейін қиылысатын сызықтарды сызамыз. D-4-дегі күш $4 \cdot 15 = 60$ кН, ал шпинде 4-3 - $0,8 \cdot 15 = 12$ кН. Екі жолақ қысылған; e) түйін G. 4-5 және 5-ші күштерді білмейді. Диаграммада сызықтарды 4-5 және 5е шыбықтарына параллель келтіреміз, біз 5-тармаққа қол жеткіземіз. 4-5 штангындағы күш - $0,9 \cdot 15 = 13,5$ кН (ол созылған) 5-е - $3,4 \cdot 15 = 51$ кН (ақ созылған); e) түйін L. 5-5 'және 5'-е шоқтарының күштерін білмейді. Диаграммада біз 5 және 5 нүктелерінде осы тізбекке параллель сызық сызамыз, S 'нүктесін аламыз. 5-5 'штангасындағы күш $1,1 \cdot 15 = 16,5$ кН (созылған). E-S сызығы e-5 сызығына симметриялы болатын сызбадан (немесе S нүктесі e нүктесінен өтетін көлденең сызыққа қатысты нүктеге қатысты симметриялы) диаграммадан көруге болады

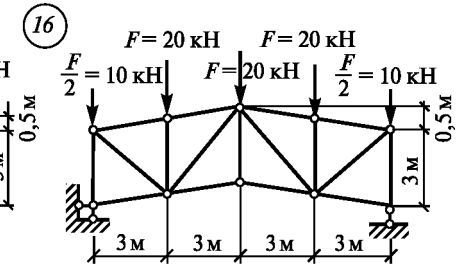
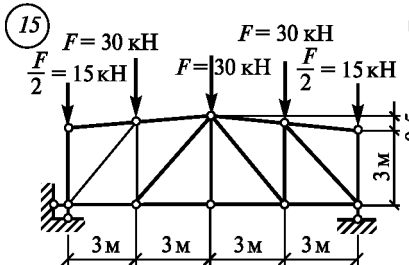
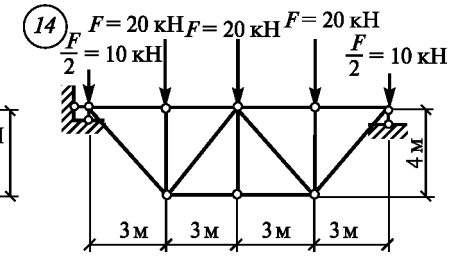
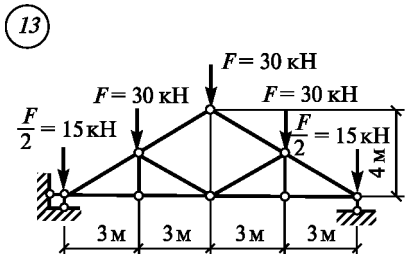
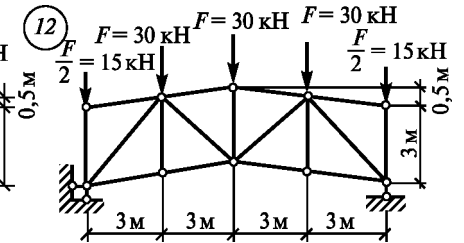
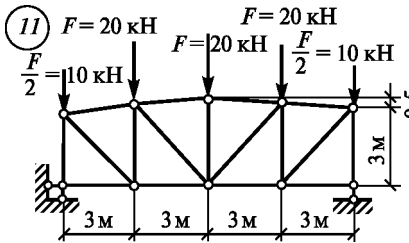
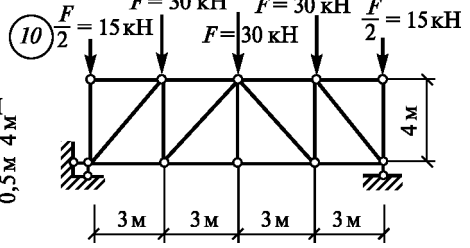
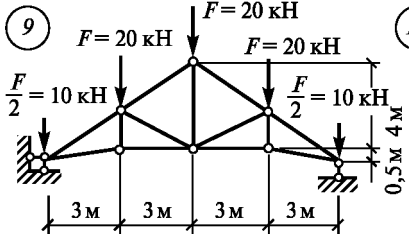
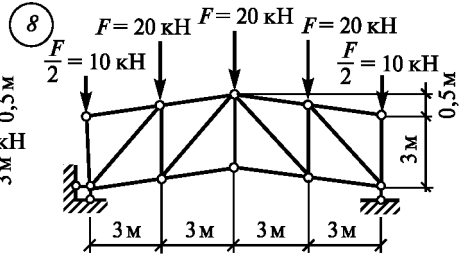
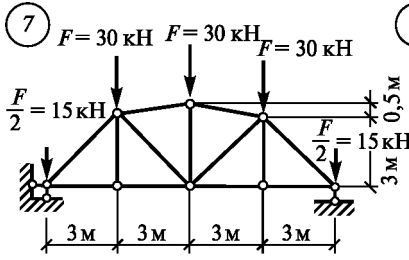
Бұл диаграмма құрылысын аяқтайды, өйткені симметриялы шыбықтардағы күш бірдей. Әрекеттер кестесіне толтырыңыз (1-кесте).

Стержень	$b-1$	$1-e$	$1-2$	$c-1$	$2-3$	
Еңбегі, кН	-57	+57	-6	-54,8	-6,75	
Стержень	$3-e$	$3-4$	$d-4$	$4-5$	$5-e$	$5-5'$
Еңбегі, кН	+59,25	-11	-59,25	+13,5	+50,25	+16,02

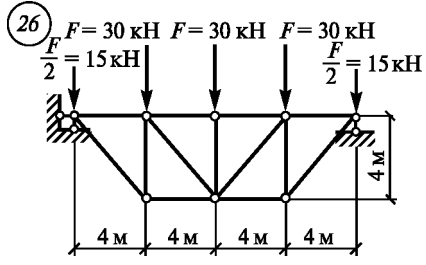
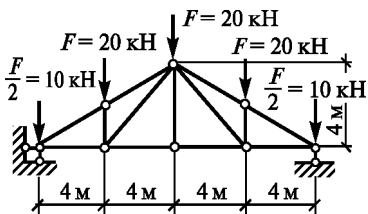
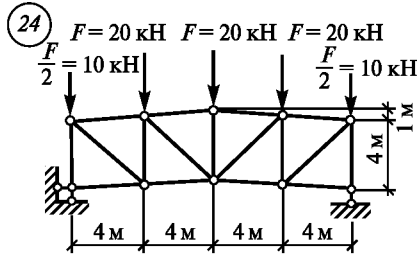
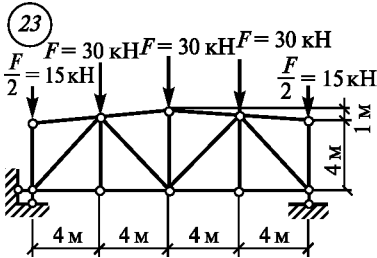
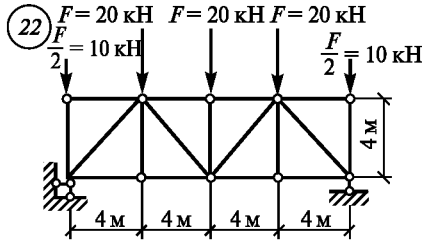
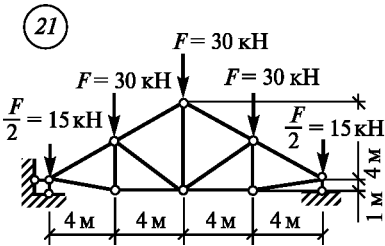
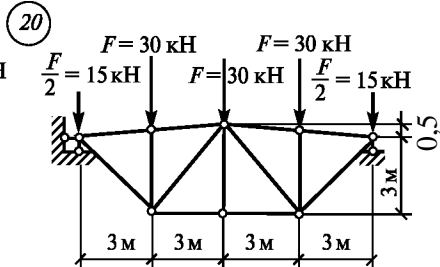
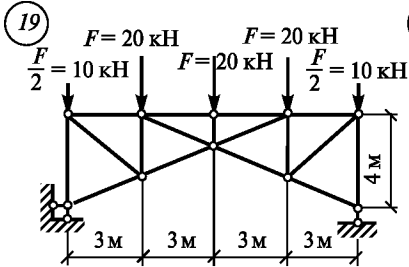
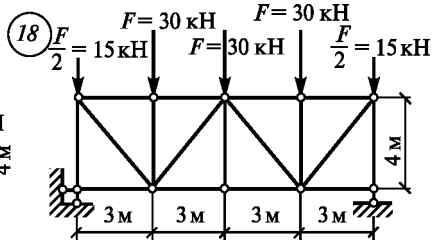
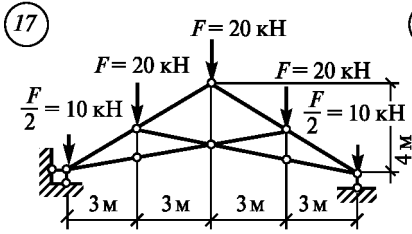
Өзіндік жұмыстарға арналған тапсырма. 9. суретте келтірілген нұсқалардың біріне сәйкес Максвелл-Кремона күштерінің диаграммасын салу арқылы қылшықтағы шестиктегі күштерді анықтаңыз.



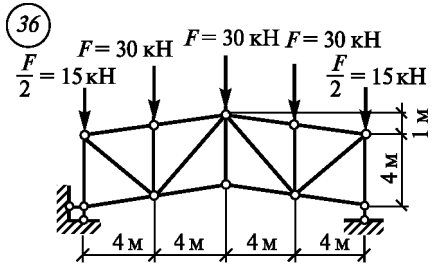
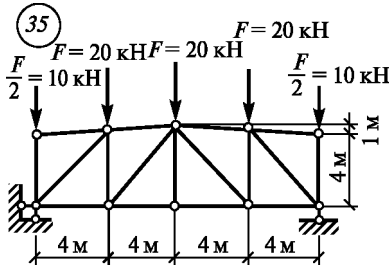
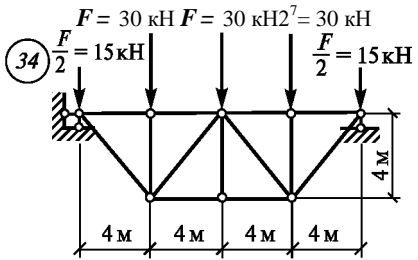
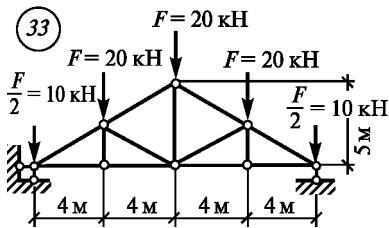
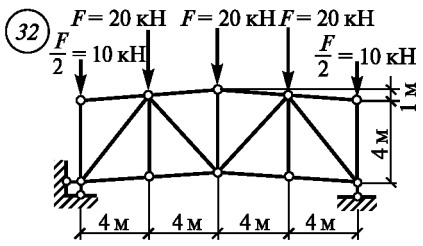
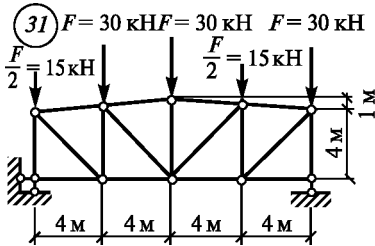
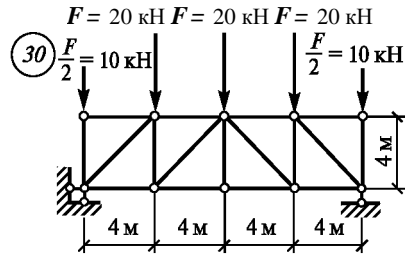
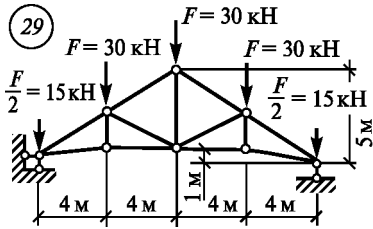
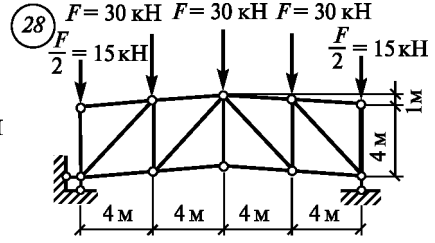
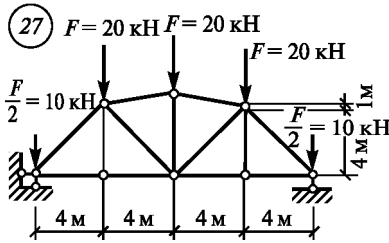
Сурет. 24 (80-82-б.Қараңыз)



Сурет. 24. Жалғастыру



Сурет. 24. Жалғастыру



Сурет. 24. Соңы

1. Берілген жүктемеден иілу сәттерінің MF диаграммасын құрыңыз. Тәуелсіз жұмыс үшін тапсырмаларға конструкторлық кадрлар (немесе сынған өстері бар) беріледі. Мұндай кадрға арналған MF диаграммасы тірек реакцияларын анықтамай салынады. Мұны істеу үшін бос (аяқталмаған) соңынан иілу сәттерін анықтауды бастау қажет. Диаграмма созылған талшықтың жағынан жасалған. MF диаграммасын қарапайым геометриялық фигураларға бөліңіз: үшбұрыштар және төртбұрыштар. Суреттердің ауданын және олардың ауырлық күшінің ортасын анықтаңыз. Мәселенің жай-күйі бойынша раманың кез-келген нүктесінің тік немесе көлденең жылжуын табу қажет. Сол мәліметтерден кадрдың бөлігінің айналу бұрышын анықтау мәселесі шешілуі мүмкін.

1. $F = 1$ күші (бірлік күші) бағытында қолданыңыз

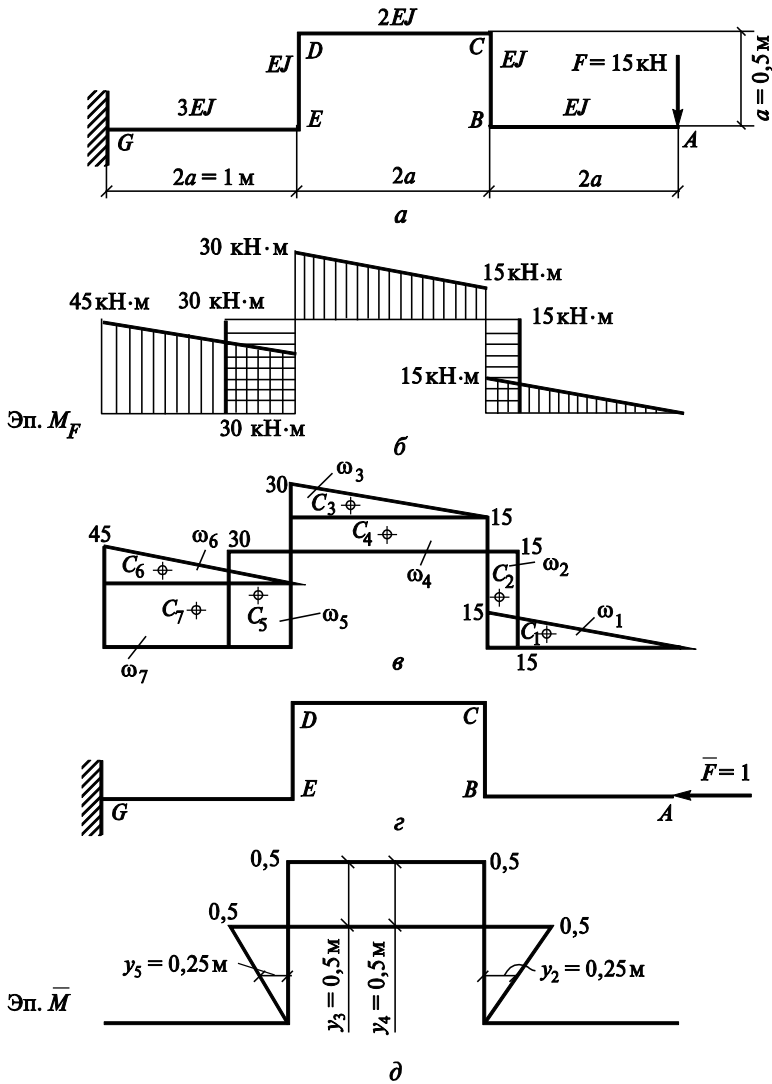
2. қалаған сызықты ауыстыру немесе $M = 1$ (бірлік сәті) қажетті бұрыштық жылжу бағыты бойымен. Өзіндік жұмыстардың мәселелерінде тек желілік ауыстыру ғана талап етіледі.

3. $F = 1$ бірлік күшінен имитациялық сәттің схемасын құрастырыңыз, бұдан әрі MF-мен айырмашылығы M-мен белгіленеді. MF диаграммасындағы суреттердің гравитациялық орталықтарында M сызбасында орналасатын ординаттарын көрсетіңіз.

4. Формула бойынша Верещагиннің ережесі арқылы қажетті ауыстыруды анықтаңыз

$$\Delta_{iF} = \frac{I}{EJ} \sum_{i=1}^n \omega_i y_i = \frac{\omega_1 y_1}{(EJ)_1} + \frac{\omega_2 y_2}{(EJ)_2} + \frac{\omega_3 y_3}{(EJ)_3} + \dots + \frac{\omega_n y_n}{(EJ)_n},$$

мұнда AF - қажетті тік немесе көлденең ығысу; n - диаграмма MF диаграммасына бөлінген сандардың саны; Ю, - MF диаграммасы бұзылған қарапайым фигуралардың ауданы (V қосымшасын қараңыз); у - M диаграммасының цифрларының гравитация орталықтарында орналасқан, яғни Y облыстарының ауырлық орталықтарында (V қосымшасын қараңыз) диаграммасында M ординаттары. Екі, екі диаграмма элементінің өстерінің бір жағында орналасқан, ал егер кері жағы болса, S, у өнімінің белгісі оң болады. Егер диаграммалардың біреуі қарастырылып жатқан бөлімде болмаса, онда $\omega_i y_i = 0$.



Сурет. 25

Мысал 18-суретте көрсетілген схеманың А нүктесінің көлденең жылжуын анықтаңыз. 25, а. EJ қаттылығын анықтау үшін материал St3 сыныбы болат, көлденең қимасы - I-пучка № 18. Ұзындығы икемділік модулі - $E = 2.1 \cdot 10^5$ МПа. икемділік модулі - $E = 2$. Шешім. 1. $F = 15$ кН күшінен тәуелді сәттерде иілу сәттерін

Шешім. 1. $F = 15$ кН күшінен тәуелді сәттерде иілу сәттерін анықтаңыз.

$$M_A = 0; M_B = -F \cdot 2a = -15 \cdot 1 = -15 \text{ кН м.}$$

Элемент BC :

$$M_B = -F \cdot 2a = -15 \text{ кН} \cdot \text{м}; M_C = -F \cdot 2a = -15 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Элемент CD :

$$M_C = -F \cdot 2a = -15 \text{ кН} \cdot \text{м}; M_D = -F \cdot 4a = -15 \cdot 2 = -30 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Элемент DE :

$$M_D = -F \cdot 4a = -30 \text{ кН} \cdot \text{м}; M_E = -F \cdot 4a = -30 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Элемент EG :

$$M_E = -F \cdot 4a = -15 \cdot 2 = -30 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_G = -F \cdot 6a = -15 \cdot 3 = -45 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Алынған мәндерден MF диаграммасын саламыз (25-сурет, б).

2. Біз MF диаграммасын ең қарапайым фигуралармен бұзамыз (25-сурет, с). MF Episode жеті санға бөлінеді: үш үшбұрыш және төрт тікбұрыш. Олардың аймағын табайық:

$$\omega_1 = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 15 = 7,5 \text{ кН} \cdot \text{м}^2; \omega_2 = 0,5 \cdot 15 = 7,5 \text{ кН} \cdot \text{м}^2;$$

$$\omega_3 = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 15 = 7,5 \text{ кН} \cdot \text{м}^2; \omega_4 = 1 \cdot 15 = 15 \text{ кН} \cdot \text{м}^2;$$

$$\omega_5 = 0,5 \cdot 30 = 15 \text{ кН} \cdot \text{м}^2;$$

$$\omega_6 = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 15 = 7,5 \text{ кН} \cdot \text{м}^2; \omega_7 = 1 \cdot 30 = 30 \text{ кН} \cdot \text{м}^2.$$

Әрбір суреттегі гравитация орталықтары: $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6,$

$C_7.$

2. Мәселенің жағдайында, А нүктесінің көлденең жылжуын табу керек. А нүктесінде $A = 1$ бірлік күші қолданылады және оны көлденең бағыттады (қажетті орын ауыстыру бағытында). Күш күші бағыты ерікті түрде қабылданады. Біз оны суретте көрсетілген дей қабылдаймыз. 25, 4. $F = 1$ күшінің сипаттамалық нүктелерінде иілу сәттерін анықтаңыз.

AB элементі:

$$M_A = M_B = 0.$$

BC элементі :

$$M_B = 0;$$

$$M_C = -Fa = -1 \cdot 0,5 = -0,5 \text{ м.}$$

$$M_C = -Fa = -0,5 \text{ м};$$

$$M_D = -Fa = -0,5 \text{ м}.$$

DE элементі:

$$M_D = -Fa = -1 \cdot 0,5 = -0,5 \text{ м}; M_E = 0.$$

EG элементі:

$$M_E = M_G = 0.$$

Алынған мәндерден M сызбасын құрастырамыз (25-сурет, d).

5. Қосымшаны пайдалану. V , диаграммадағы координаттарды M гравитация орталықтарында, M_F диаграммалары (аландар s):

$y_1 = 0$, өйткені $F = 1$ -ге дейінгі AB фрагменттің сәттері нөлге тең; $y_2 = 0,25$, себебі $C_2 BC$ бөлімінің ортасында орналасады; $y_3 = 0,5 \text{ м}$; $y_4 = 0,5 \text{ м}$; $y_5 = 0,25 \text{ м}$; $y_6 = y_7 = 0$

6. Қалаған ығысуды анықтаңыз:

$$\Delta_{if} = \sum \frac{\omega_i y_i}{(EJ)_i} = \frac{\omega_1 y_1}{EJ} + \frac{\omega_2 y_2}{EJ} + \frac{\omega_3 y_3}{EJ} + \frac{\omega_4 y_4}{EJ} + \frac{\omega_5 y_5}{EJ} + \frac{\omega_6 y_6}{3EJ} + \frac{\omega_7 y_7}{3EJ}.$$

Сандық мәндерді ауыстыру және $y_1 = 0$, $y_6 = y_7 = 0$ екенін ескере отырып, біз аламыз:

$$\Delta_{if} = 0 + \frac{7,5 \cdot 0,25}{EJ} + \frac{7,5 \cdot 0,5}{2EJ} + \frac{15 \cdot 0,5}{2EJ} + \frac{15 \cdot 0,25}{EJ} + 0 + 0 = \frac{11,25}{EJ}.$$

1-пучка №18 үшін инерция сәті $J_x = 1290 \text{ см}^4$, болат сыны Ст3, $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$. Ауыстыруды анықтауға арналған формулаға осы мәндерді ауыстырамыз:^д iF

$$\Delta_{iF} = \Delta_A^{cop} = \frac{11,25 \cdot 10^3 \text{ МН} \cdot \text{м}^3}{1290 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}} = 0,0042 \text{ м} = 0,42 \text{ см}.$$

Жауап: $\Delta_A^{cop} = 0,42 \text{ см}$.

Мысал 19. Мысал 17 жағдайында B нүктесінің тік бұрышын анықтаңыз.

Шешім. 1, 2. M_F схемасы және 17-мысалда табылған аумақтар бірдей өзгермейді, себебі рама жақтауы мен жүктемесі өзгерген жоқ.

3. B бірлігінде $F = 1$ бірлік күші, тігінен (қажетті орын ауыстыру бағытында) жағыңыз. Күш қолдану бағыты

4. мысалы еркін түрде таңдап алынады (26-сурет, а). Әлбетте,

5. бұл қозғалыс төмен бағытталған.

6. Оны тексерейік. Определим изгибающие моменты в характерных точках от $F = 1$.

AB элементі:

$$M_A = M_B = 0.$$

BC элементі:

$$M_B = M_C = 0.$$

CD элементі:

$$M_C = 0; M_D = 1 \cdot 2a = 1 \text{ м.}$$

DE элементі:

$$M_D = M_E = 1 \cdot 2a = 1 \text{ м.}$$

EG элементі:

$$M_E = 1 \cdot 2a = 1 \text{ м}; M_G = 1 \cdot 4a = 2 \text{ м.}$$

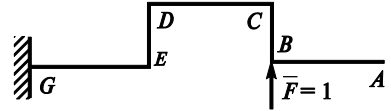
5. Таңбаны қолдану. V, біз облыстардың ауырлық орталықтарындағы құрылымдық диаграммадағы ординаттарды анықтаймыз (26-сурет, б):

$$y_1 = 0; y_2 = 0; y_3 = \frac{2}{3} \cdot 1 = \frac{2}{3} \text{ м} = 0,67 \text{ м}; y_4 = \frac{2}{3} \cdot 1 = 0,5 \text{ м};$$

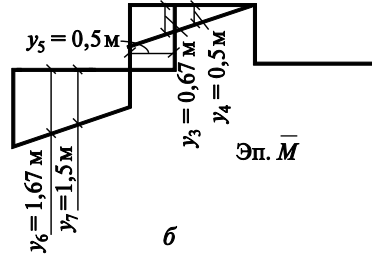
$$y_5 = 0,5 \text{ м}; y_6 = 1 + \frac{2}{3} \cdot 1 = 1 + \frac{2}{3} \text{ м} = 1,67 \text{ м}; y_7 = \frac{1+2}{2} = 1,5 \text{ м.}$$

6. Қалаған ығысуды анықтаңыз:

$$\begin{aligned} \Delta_{if} = \Delta_B^{верт} &= \sum_{i=1}^n \frac{\omega_i y_i}{(EJ)_i} = \frac{\omega_1 y_1}{EJ} + \frac{\omega_2 y_2}{EJ} + \frac{\omega_3 y_3}{2EJ} + \frac{\omega_4 y_4}{2EJ} + \\ &+ \frac{\omega_5 y_5}{EJ} + \frac{\omega_6 y_6}{3EJ} + \frac{\omega_7 y_7}{3EJ} = 0 + 0 + \frac{7,5 \cdot 0,67}{2EJ} - \frac{15 \cdot 0,5}{2EJ} - \\ &- \frac{15 \cdot 0,5}{EJ} - \frac{7,5 \cdot 1,5}{3EJ} - \frac{30 \cdot 1,67}{3EJ} = - \frac{32,94}{EJ}. \end{aligned}$$



а



б

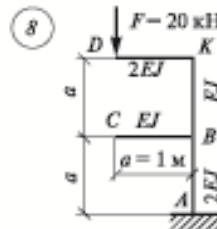
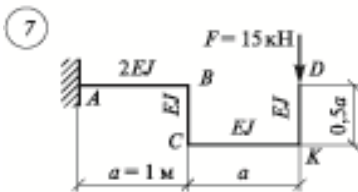
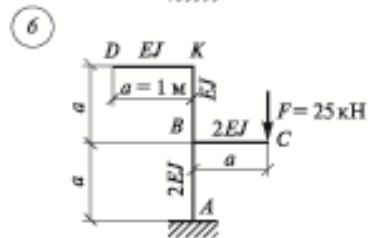
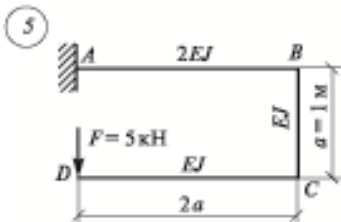
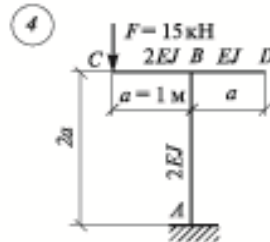
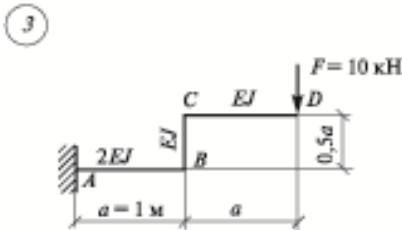
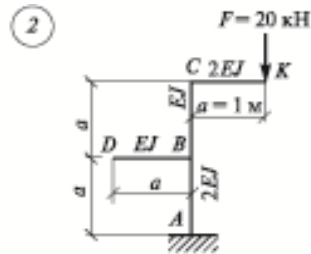
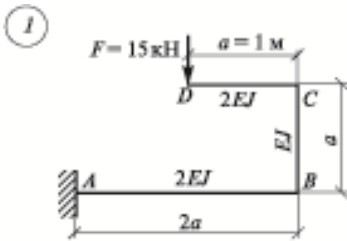
Рис. 26

Ауыстыруды анықтау үшін $J_x = 1290 \text{ см}^4$ және $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ деген алмастырамыз:

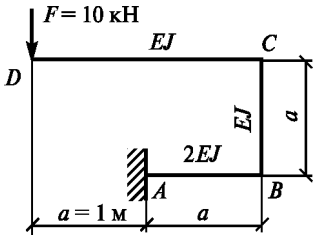
$$\Delta_B^{\text{верт}} = \frac{32,94 \cdot 10^3 \text{ МН} \cdot \text{м}^3}{1290 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}} = -0,0122 \text{ м} = 1,22 \text{ см}.$$

Жауап. $D_{\text{дрт}} = 1,22 \text{ см}$ Минус белгісі B нүктесі $F = 1$, яғни төмен, күшке қарама-қарсы бағытта жүретінін білдіреді.

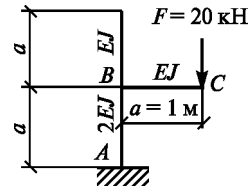
Тәуелсіз жұмыс үшін тапсырма 10. D нүктесінің қозғалысын күріш. 27. Тақ нұсқалар үшін, D нүктесінің тік жылжуын анықтаңыз



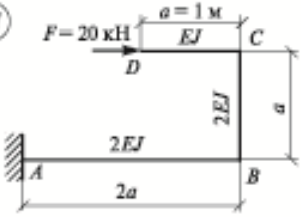
9



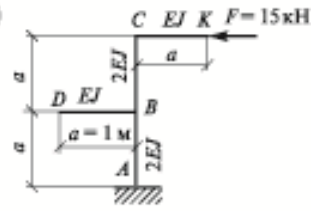
10



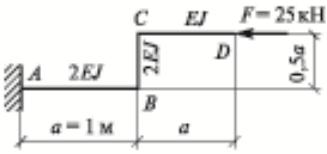
11



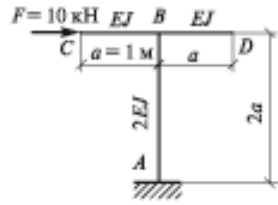
12



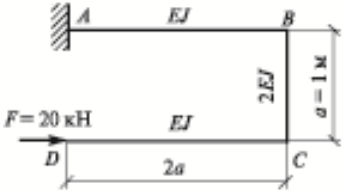
13



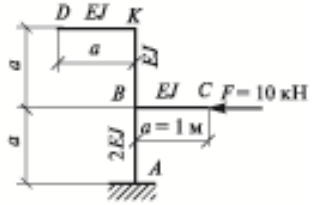
14



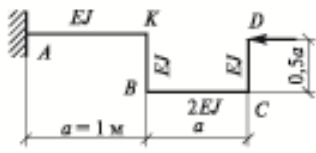
15



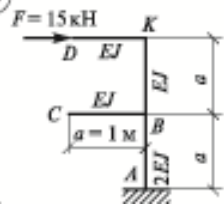
16



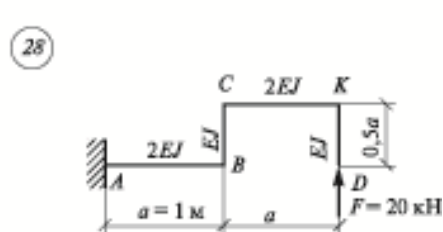
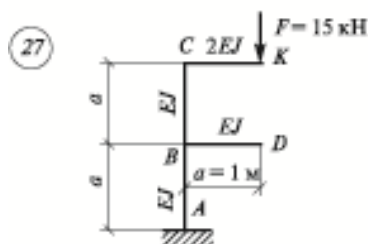
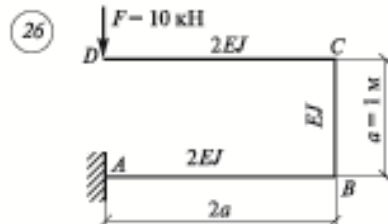
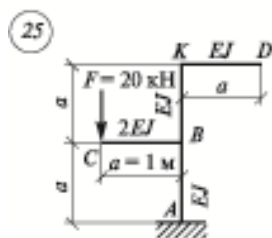
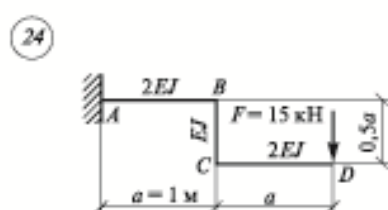
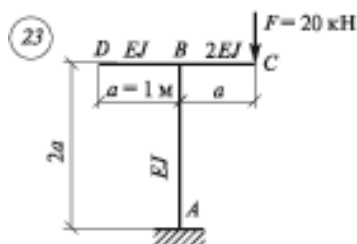
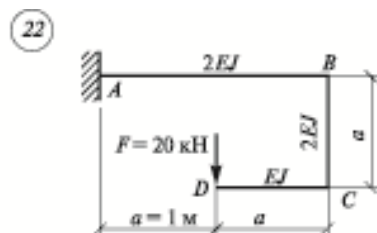
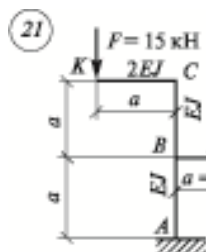
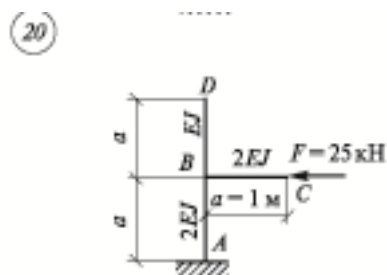
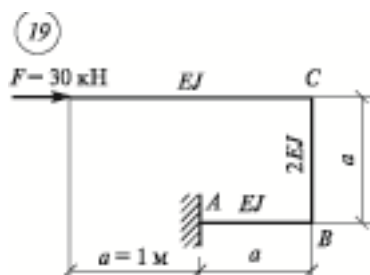
17



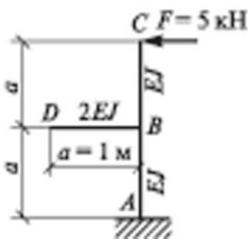
18



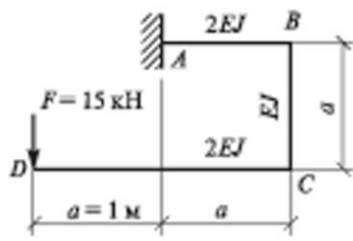
Сурет. 27. Жалғастыру



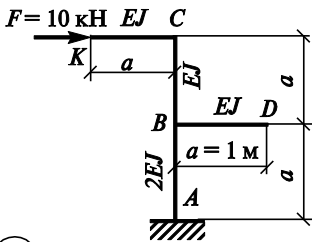
29



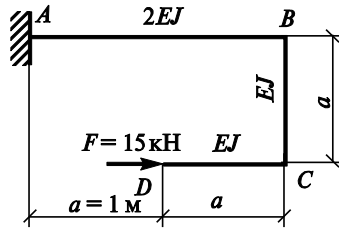
30



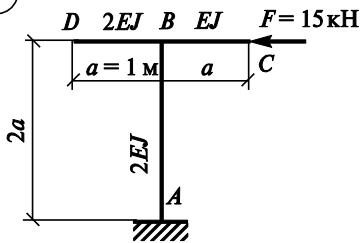
31



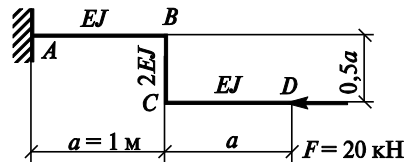
32



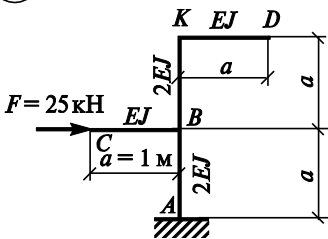
33



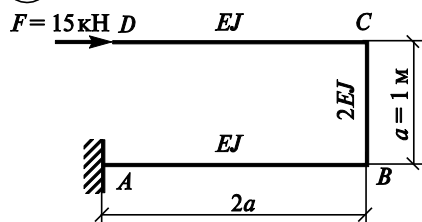
34



35



36



Сурет. 27. Соңы

Тіпті опциялар – көлденең. EJ қаттылығын анықтағанда, материал Ст3, болат сыныбы болып табылады, көлденең қимасы I-пучка № 20 болып табылады.

1. 1. *Схемадағы (жүйеде) аралықтар мен тіректерді көрсетіңіз: бірінші аралығы I1, екіншісі I2, үшінші - I3 және т.б. Бірінші қолдау 0, екінші - 1, үшінші - 2. және т.б. Осы жүйеден олар негізгі жүйеге өтеді. Ол үшін әрбір тірек жойылған қосылымның әсерін ауыстыратын топсамен және сілтеме сәтімен ауыстырылады. Сілтеме сәттері M0, M1, M2, ... қолдау нөміріне байланысты. Бұл сәттердің ұлылығы белгісіз. Егер пучта консоль бар болса, онда ол негізгі жүйеде жойылады және консольге қолданылған алынып тасталған күштердің әрекеті ескеріледі. Егер шеткі тіректердің біреуі қатал түрде қысылса, онда негізгі жүйеде ол бекітілген тірекпен ауыстырылады және тағы бір қосылыс қосылады, олар жалған деп аталады, өйткені олар осы жүйеде жоқ. Қиялдың ұзындығы нөлге тең деп есептеледі. Егер шымшу сол жақта орналасқан болса, онда кілт кілтінің ұзындығы $l_0 = 0$, ал қолтаңба тіреуі «-1» (минус бірінші) және анықталу моменті $M-1 = 0$ болады. Егер қысқышты оң жақта орналасқан болса, алдыңғы индекс көрсеткішінен кейінгі индекс (қолдау, мом) жалған аралықта, қолдау мен сәтте тағайындалады. Әр жүйедегі негізгі жүйе үшін берілген жүктемеден икемді сәттердің мәндерін анықтаңыз. Алынған мәндерден бастап, M° арқылы белгіленетін негізгі жүйе үшін берілген жүктемеден сәт схемасы жасалады. Магиялардың шамалары және диаграммалардың сипаты қосымшадан анықталады. VI.*

Әр аралық қолдау үшін жиналған үш сәттегі теңдеулерді пайдаланып белгісіз қолдау сәттерін анықтаңыз. Тәуелсіз жұмыстың барлық мәселелерінде негізгі жүйе бір аралық қолдауды, есептеу және графикалық жұмыстың міндеттерінде екі. Демек, осы мәселелерде, сәйкесінше, үш сәттен бір және екі теңдеулер жасалады. Берілген жүйедегі тіректердің барлығына немесе бір (оң жаққа) қысылып қалған пучка үшін үш сәттегі теңдеулердің формасы бар: бірінші аралық қолдау үшін $1^{M_0}l_1 + 2^{M_1}l_1(l_1 + l_2) + M_2l_2 = -6(B_2^{\circ} + A_3^{\circ})$:

- Екінші аралық қолдану үшін 2 тірек

$$M_1l_1 + 2M_2(l_2 + l_3) + M_3l_3 = -6(B_2^{\phi} + A_3^{\phi}),$$

онда M1 және M2 аралықтардағы тірек сәттері болып табылады, олар теңдеулерді шешу жолымен анықталады; M0 және M3 - соңғы тіректердегі тірек сәттері, олар сәуленің схемасына сәйкес анықталады; A, A3, B және B негізгі жүйелер үшін жалған қолдау реакциялары болып табылады (VII қосымшаға сәйкес). Егер қысқышты қолдау сол жақта болса, онда барлық қосымша өзгерістерді ескере отырып (бұр. §2), үш сәттегі теңдеулер форманы қабылдайды:

- бірінші аралық қолдау үшін 0

$$M_i l_0 + 2M_0 (l_0 + l_i) + M_i l_i = -6(B_0^\Phi + A_1^\Phi);$$

• екінші аралық қолдау үшін $1M_{Q/1} + 2M_1 (l_j + l_2) + M_2 l_2 = -6(B^\Phi + A\phi)$,

онда M_0 және M_1 аралықтардағы тірек сәттері болып табылады, олар теңдеулерді шешу арқылы анықталады; $M-1$ және $M2$ - шеткі тіректердегі тірек сәттері сәуленің схемасымен анықталады; $BQ5$, $A1f$, B , Негізгі жүйе үшін қолайлы қолдау реакциялары (VII қосымшаға сәйкес). Мысалдарда олар шартты түрде негізгі жүйеде көрсетіледі. Ол туралы анықтама реакциялар туралы толығырақ [3] қараңыз.

6. Теңдеулерді шешіп, қолдаудың сәттерін анықтаңыз.

Зерттелген мәндерден біз Моп-ның тірек сәттерінің диаграммаларын жасап, алынған белгілерді ескере отырып, оларды тиісті тіректерге қалдырып, оларды түзу жолдармен байланыстырамыз.

Алынған мәндерден біз Моп-ның тірек сәттерінің диаграммаларын жасап, алынған белгілерді ескере отырып, оларды тиісті тіректерге қалдырып, оларды түзу жолдармен байланыстырамыз .

7. Тіректердегі Q_x көлденең күштердің мәндерін анықтаңыз:

$$Q_0^{прав} = A_1^0 + \frac{M_1 - M_0}{l_1}; Q_1^{лев} = -B_2^0 + \frac{M_1 - M_0}{l_1};$$

$$Q_1^{прав} = A_2^0 + \frac{M_2 - M_1}{l_2}; Q_2^{лев} = -B_2^0 + \frac{M_2 - M_1}{l_2};$$

$$Q_2^{прав} = A_3^0 + \frac{M_3 - M_2}{l_3},$$

мұндағы $Q_i^{лев}$ және $Q_i^{прав}$ i -ші тіректегі көлденең күштің мәндері ($i = 0, 1, 2$) тиісінше сәл солға және сәл оң жаққа қарай; A° , B_0 , A_{20} , $B-Q$, A_{30} -

қарапайым жарықты қолдау реакциялары (VI қосымшаны қараңыз); M_0 , M_1 , M_2 , M_3 бұрын анықталған сәттері болып табылады

2. Тасымалдаулар мен консольдық бөліктер арасындағы бөліктердегі көлденең күштер ортақ ережелермен анықталады. Табылған мәндер негізінде Q_x диаграммасының жүктемесі мен табиғаты арасындағы тәуелділікті пайдаланып, Q_x -ті құрастырыңыз (дербес жұмыс 6 қараңыз).

8. 0, 1, 2, 3 тіректеріндегі сәуленің тірек реакцияларын анықтаңыз:

$$R_0 = -Q_0^{лев} + Q_0^{прав}; \quad R_1 = -Q_1^{лев} + Q_1^{прав}; \\ R_2 = -Q_2^{лев} + Q_2^{прав}; \quad R_3 = -Q_3^{лев} + Q_3^{прав}.$$

5. M_x диаграммасын анықтаңыз. Ол үшін сызбаның көлбеу сызығы (бар болса) нөл сызығын кесіп өтетін бөліктер үшін иілу сәттерінің мәндерін табыңыз. Шақ ретінде, кез-келген нүктеге қатысты барлық сол немесе оң күштердің сәттерін (және қолдайтын реакцияларды) таба аласыз. Олар бір-біріне тең болуы керек.

Мысал 20. Суреттегі үздіксіз сәулеге M_x диаграммасын құрыңыз. 28.

Шешім. 1. 11 және 12 аралығындағы және 0, 1, 2 тіректерін білдіреміз (Сурет 28, а).

2. Берілген жүйеден біз әр жүйеде ілгектер мен тірек сәттерін енгізу арқылы негізгі жүйеге көшеміз (28-сурет, б). Берілген жүктемесінен негізгі жүйенің сипаттамалық нүктелерінде иілу сәттерін анықтаймыз (VI қосымша қараңыз). C кезінде C нүктесінде $F_1=80$ кН күші бар сәт.

$$M_c^0 = \frac{F_1 ab}{l_1} = \frac{80 \cdot 3 \cdot 4}{7} = 137,1 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

D нүктесінде $F_2 = 30$ кН күші бойынша сәт

$$M_D^0 = \frac{F_2 l_2}{4} + \frac{q l_2^2}{8} = \frac{30 \cdot 5}{4} + \frac{20 \cdot 5^2}{8} = 37,5 + 62,5 = 100 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Алынған мәндерден M_x диаграммасын саламыз (сурет 28с).

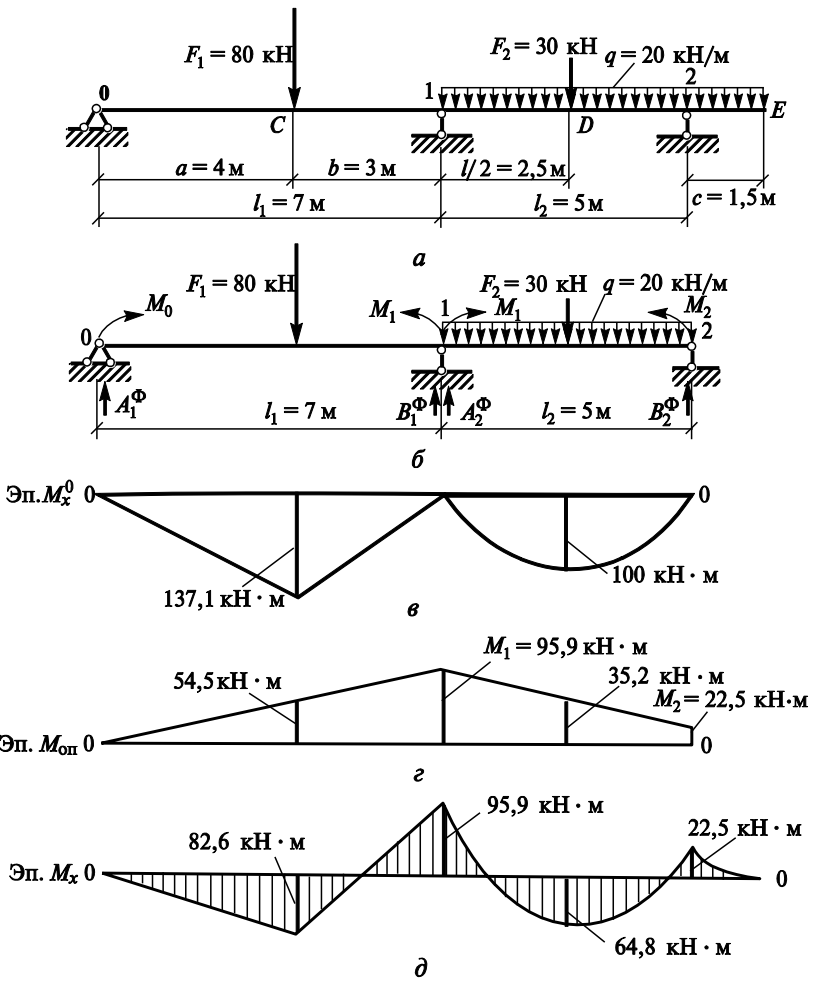
4. үш сәттің теңдеуін құрайық. Аралық қолдаусондықтан біреудің теңдеуі 1 тең болады:

$$M_0 l_1 + 2M_1(l_1 + l_2) + M_2 l_2 = -6(B_1^\phi + A_2^\phi),$$

мұнда $M_0 = 0$, себебі тірек 0 - терминал және топсалы;

$$M_2 = \frac{q c^2}{2} = -\frac{20 \cdot 1,5^2}{2} = -22,5 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$B_1^\phi = \frac{F_1 ab(l_1 + a)}{6l_1} = \frac{80 \cdot 3 \cdot 4(7 + 4)}{6 \cdot 7} = 251,4 \text{ кН} \cdot \text{м};$$



28 сурет

$$A_2^\Phi = \frac{F_2 l_2^2}{16} + \frac{q l_2^3}{24} = \frac{30 \cdot 5^2}{16} + \frac{20 \cdot 5^3}{24} = 46,9 + 104,2 =$$

$$= 151,1\text{ кН}\cdot\text{м} \text{ (VII қосымша қараңыз).}$$

Маңызды теңдеулерге сандық мәндерді ауыстырамыз:

$$0 + 2M_1(7 + 5) - 22,5 \cdot 5 = -6(251,4 + 151,1)$$

$$\text{или } 24M_1 = 2\,302, \text{ отсюда } M_1 = -95,9\text{ кН}\cdot\text{м}.$$

С нүктесінде Сілтеме моментінің мәні

$$M_C = -\frac{95,9}{7} \cdot 4 = -54,5 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

D нүктесінде нүктенің мәні

$$M_D = -\frac{-95,9 + 22,5}{2} = -35,2 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

5. Табылған мәндерден біз Моn диаграммасын саламыз (сурет 28, d). M_0 және M_{0n} схемаларының мәндерін өзімізге тән ұстанымдар бойынша жинақтаймыз:

$$\begin{aligned} M_0 &= 0; M_C = 137,1 - 54,5 = 82,6 \text{ кН} \cdot \text{м}; \\ M_I &= -95,9 \text{ кН} \cdot \text{м}; M_D = 100 - 35,2 = 64,8 \text{ кН} \cdot \text{м}; \\ M_2 &= -22,5 \text{ кН} \cdot \text{м}; M_E = 0. \end{aligned}$$

Алынған мәндерден Мх диаграммасын саламыз (Сурет 28, d). Өзіндік жұмыс жағдайында тек Мх диаграммасын салу керек. Мысал 21. Суретте көрсетілген пучок схемасын құрастырыңыз. 29, а. Шешім. 1. 0, 1 және 1 аралығындағы тіректерді белгілейік (Сурет 29, а). Осы жүйеден негізгі бөлімге өтіңіз. 2. Ол үшін 0 және 1 тіректерінің орнына біз ілмектерді және M_0 және M_1 қолдау уақыттарын енгіземіз. Сонымен қатар, 0 тірегінің сол жағына қосымша (ойдан шығарылған) аралығы $l_0 = 0$ және тірек тірегі -1 тірек сәтте $M_{-1} = 0$ (сурет 29, б) енгізіледі. 3. Берілген жүктемеден негізгі тізбектің сипаттамалық нүктелерінде иілу сәттерінің мәндерін анықтаймыз (VI қосымшаны қараңыз). F1 күші С және D нүктелеріндегі сәттер

$$M_C(F_1) = F_1 a = 35 \cdot 3 = 105 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

E нүктесіндегі сәтте (аралықтың ортасында) жүктемеден q

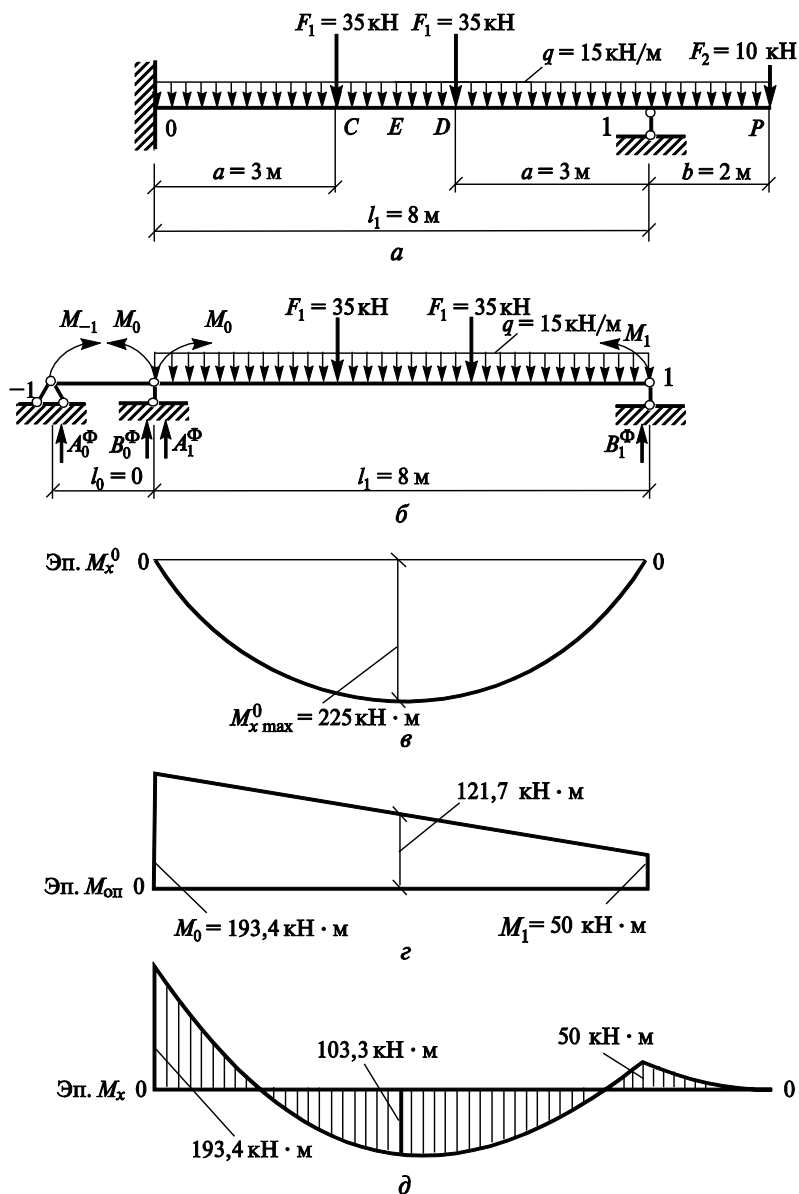
$$M_{E(q)}^0 = \frac{ql_1^2}{8} = \frac{15 \cdot 8^2}{8} = 120 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

E нүктесінде F1 күші мен жүктеменің біріккен әрекетінің сәті әрқайсысының сәттерінің жиынтығына тең:

$$M_E^0 = 120 + 105 = 225 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

M_0 және M_D мәндері анықталмайды, себебі олар M_E -ден аз. Мх диаграммасын саламыз (сурет 29с).

4. Аралық үш сәттік теңдеуді құрайық:



Сурет. 29

$$M_{-1}l_0 + 2M_0(l_0+l_1) + M_1l_1 = -6(B_0^\phi + A_1^\phi),$$

мұнда $M_1 = 0$, өйткені қолдау мен сәтте жалған болып табылады;
 $l_0 = 0$, өйткені бұл аралық ақ жалған болып табылады;

$$M_1 = -\frac{qb^2}{2} = -F_1b = -\frac{15 \cdot 2^2}{2} - 10 \cdot 2 = -59 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$B_0^{\Phi} = 0$, так как нагрузки на фиктивном пролете нет;

$$A_1^{\Phi} = \frac{ql_1^3}{24} + \frac{Fa(l-a)}{2} = \frac{15 \cdot 8^3}{24} + \frac{35 \cdot 3(8-3,0)}{2} = 582,5 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

(VII қосымшаны қараңыз).

Сандық мәндерді теңдестіреміз:

$$0 + 2M_0 \cdot 8 - 50 \cdot 8 = -6 \cdot 582,5,$$

откуда

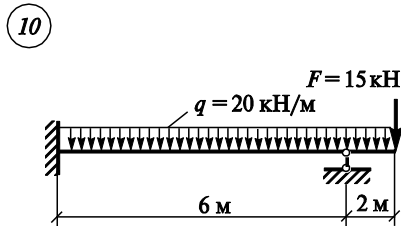
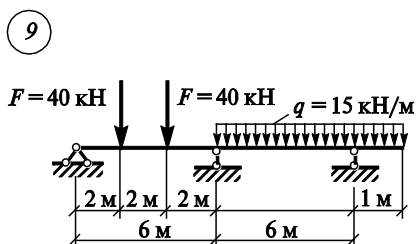
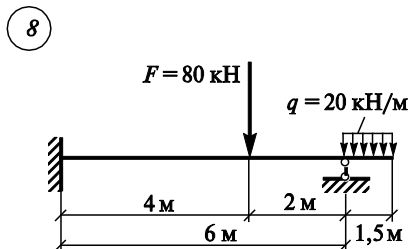
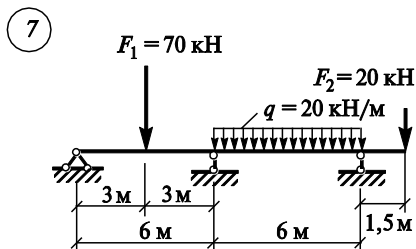
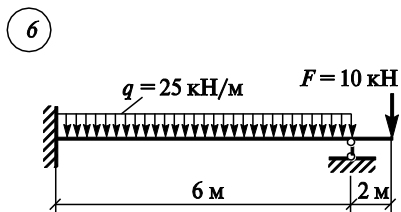
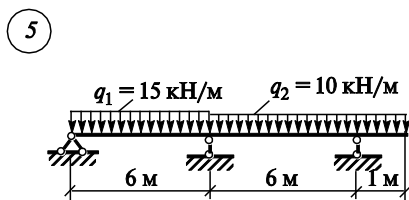
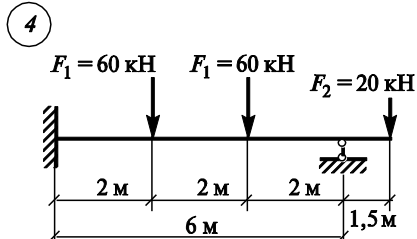
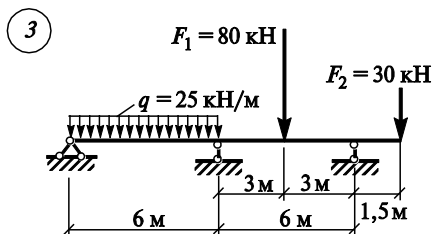
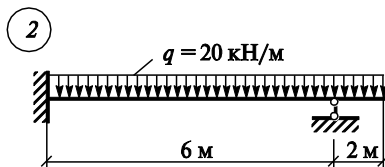
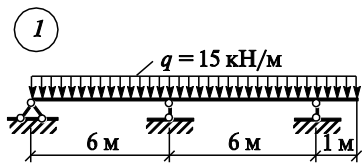
$$M_0 = \frac{-6 \cdot 582,5 + 50 \cdot 8}{16} = -193,4 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

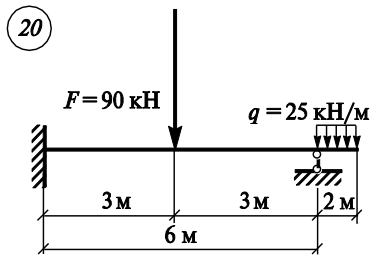
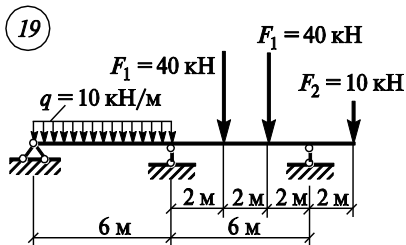
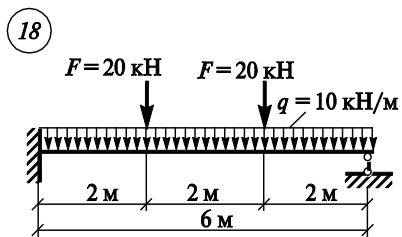
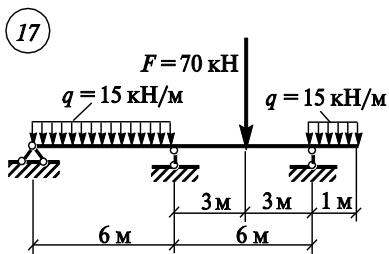
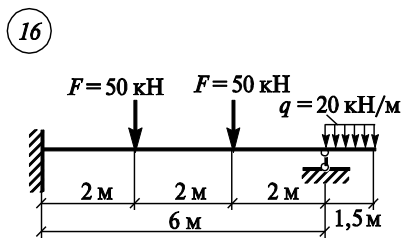
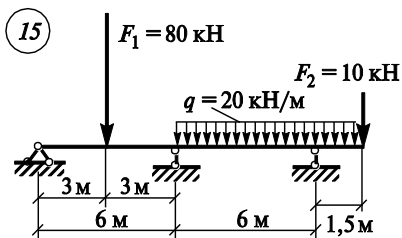
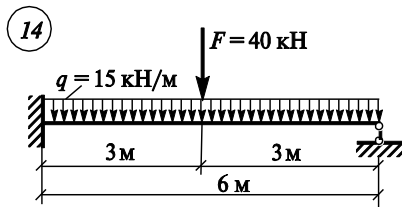
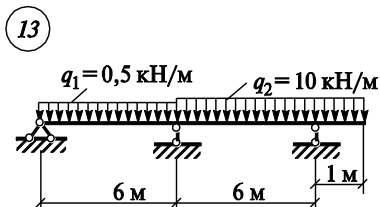
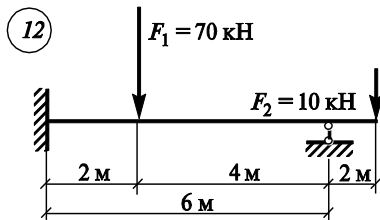
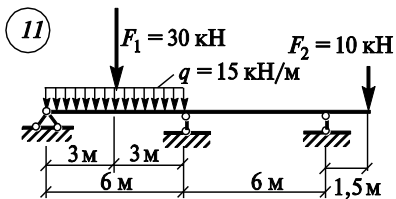
5. $M_{\text{оп}}$ схемасын саламыз. (29-сурет, d) Аралық ұзындығының ортасында (E нүктесі) M_0 . (сур. 29, г).

6. Белгілі бір жүктемеден E нүктесінде E мәнінің мәнін анықтаңыз:

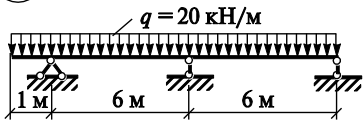
$$M_E = 225 - 121,7 = 103,3 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

M_x диаграммасын құрастырамыз (сурет 29d). Ол Q_x диаграммасын құрастырғаннан кейін тазартылуы керек, бірақ бұл тәуелсіз жұмыс көлемінен тыс және есептеу және графикалық жұмыста көрсетіледі 11. Өзіндік жұмысқа тапсырма 11. Суреттегі үздіксіз сәуленің диаграммасын күріште көрсетілген нұсқалардың біріне сәйкес құрастырыңыз. 30.

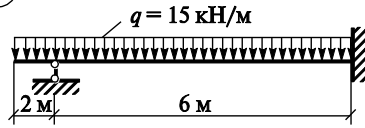




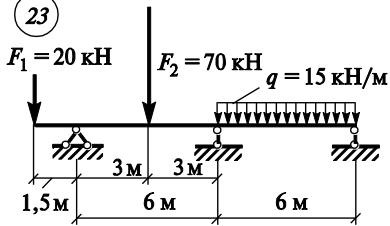
21



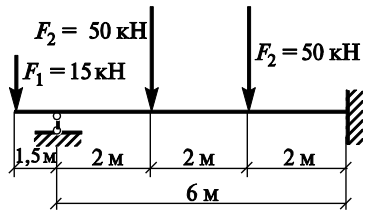
22



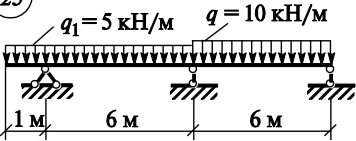
23



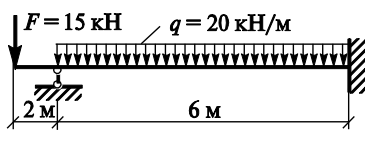
24



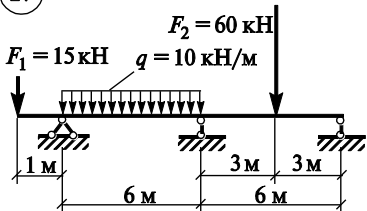
25



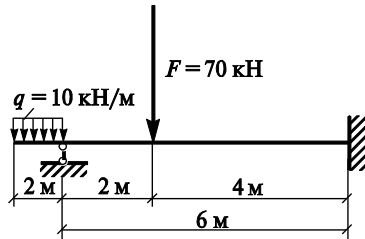
26



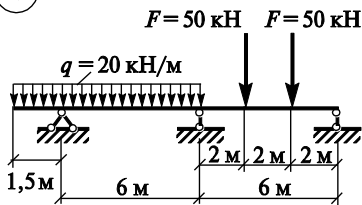
27



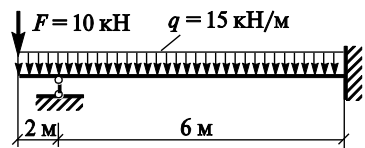
28

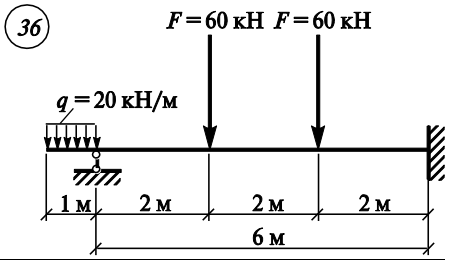
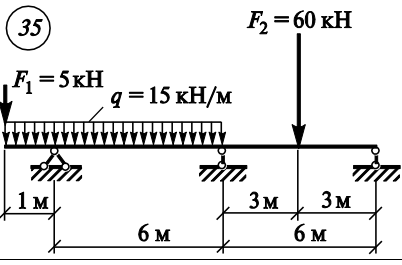
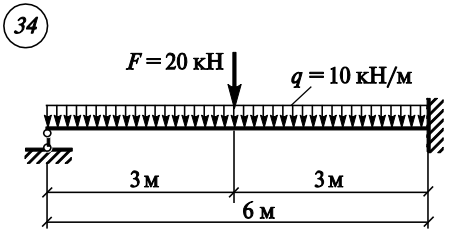
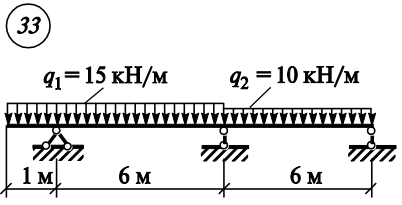
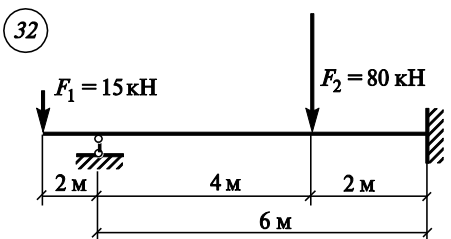
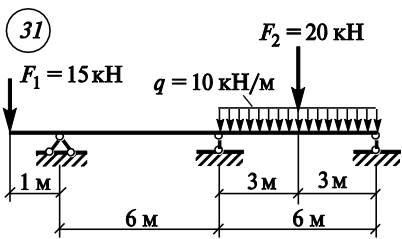


29



30





II

БӨЛІМ

ЕСЕПТІ-ГРАФИКАЛЫҚ ЖҰМЫС

ТЕОРИЯЛЫҚ МЕХАНИКА. СТАТИКА

4.1. ҚАРПАЙЫМ КОНСОЛЬ ФЕРМАСЫН СТЕРЖЕНЬ КҮШІНДЕ АНЫҚТАУ.

Аналитикалық шешім

1. Фермадағы түйіндер мен шыбықтарды анықтаңыз. Түйіндер әріптермен белгіленуі мүмкін, ал родер - сандар бойынша. Белгілеу тәртібі ерікті болып табылады.

2. Фермадағы геометриялық диаграмманы пайдаланып, әр түйіннің арасында бұрыштарды анықтаңыз.

3. Екі штангаға жақындаған торапты ақылдасып тастаңыз. Мына тізбектегі күштерді келесі тәртіппен анықтаңыз: а) шыбықтар олардың күшімен ауыстырылады. Әрекет әдетте S әрпімен белгіленеді, ол күш анықталатын штанг санын көрсететін индексі бар. Тұзақты бұрыштарды көрсеткенде масштабқа сүйене отырып, жеке суретте көрсету ыңғайлы; б) координаталық өстер жүйесін таңдайды. Шығару барлық шыбықтардың қиылысу нүктесімен біріктіріледі. Өстердің біреуі белгісіз күштердің бірімен біріктіріледі, екіншісі біріншіге перпендикуляр. Өстерді дәстүрлі түрде реттеуге болады: біреуі тігінен, екіншісі көлденең (дербес жұмыс I);

в) тепе теңдеуін құрастырады:

$$1) \sum X = 0; \quad 2) \sum Y = 0.$$

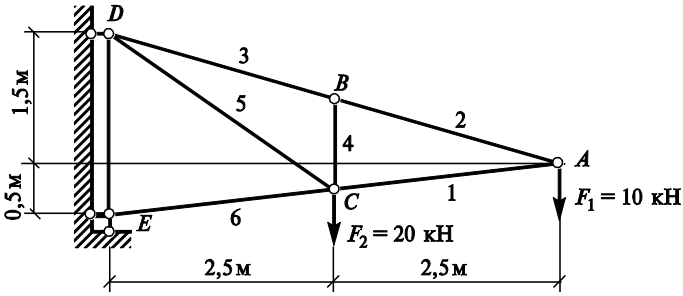
3. Олар оларды шешеді және белгісіз күш-жігерін табады. Өз кезегінде фермадағы барлық түйіндерді кесіп алыңыз, және әрбір торапты кесіп тастау екі белгісіз күш-жігерден артық болмауы керек. Анықтау тәртібі бірінші түйінге ұқсас болады. Жұмыстарды есептеу міндеттерінде үш немесе төрт түйінді қарастырған жөн.

1. Ферманың геометриялық диаграммасын масштабтау үшін қатаң түрде салыңыз. Шкаласы еркін түрде таңдалады және сызбаның өлшемдері бойынша анықталады. Сіз масштабтан бастай аласыз, мысалы, 1:50.
2. Күштер ауқымын таңдаңыз. Күштер ауқымын таңдау бойынша ұсыныстар беру қиын. 1 см 5 немесе 10 кН шкаласынан бастауға болады. Егер әрекет сәтсіз болса, ауқымды өзгерту керек.
3. Екі штангаға жақындаған торапты ақылдасып тастаңыз. Мына тізбектегі күштерді келесі тәртіппен анықтаңыз

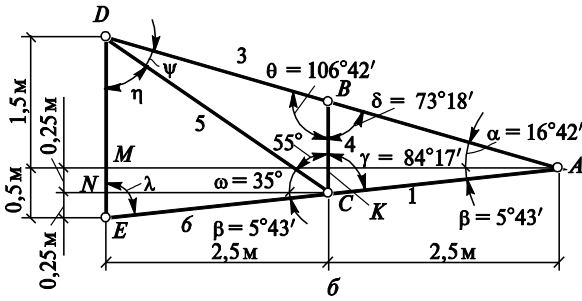
:а) Аналитикалық шешімдегідей, шыбықтар мен күштерді белгілеу;б) бірінші түйіннің шыбықтарындағы күштерді анықтаңыз. Мұны істеу үшін қабылданған күш шкаласында торапта қолданылатын күш пен күшті кейінге қалдырыңыз. Содан кейін, күштерді білдіретін вектордың басы мен аяғында, екі жақты сызық сызықтары, олардың өзара қиылыс алдында күштер ізделінетін роликтерге параллельдер жасалады. Күштің өлшенген ұзындықтары (үшбұрыштың жағы) бұл сегментке параллель орналасқан шоққа күш береді;в) күш көрсету белгісін анықтаңыз. Қуат үшбұрышында күш әсерін анықтау. Тепе-теңдік күштері жүйесі үшін онда барлық көрсеткілер бір бағытта бағытталуы керек. Үшбұрыштың айналып өту бағыты күш әсерінің бағытымен анықталады. Біз нәтиже түйінге көшеміз. Егер күш торапқа бағытталса, штрих қысылған деп есептеледі, ал түйіннен ол созылады.

Келесі түйінді қарастырыңыз. Бұл екі белгісіз күшін біріктіретін түйін болады. Біріншіден, қуат шкаласында шамдар мен бағдар күштерін танымастай қалдырыңыз. Соңғы күштің бірінші және соңы басталуымен, күштері белгісіз болған тізбектерге параллель сызықтар бір-бірімен қиылысады. Күштердің көпбұрыштың алынған шеттері масштабта өлшенген, белгісіз күштердің мөлшерін білдіреді. Жұмыстың белгісі бірінші түйін үшін берілген ережелермен анықталады. Әрбір келесі түйіндік түйін - екі белгісіз күшін біріктіретін бір нәрсе. Мәселені шешудің нәтижелерін екі жолмен салыстыру: аналитикалық және графикалық.

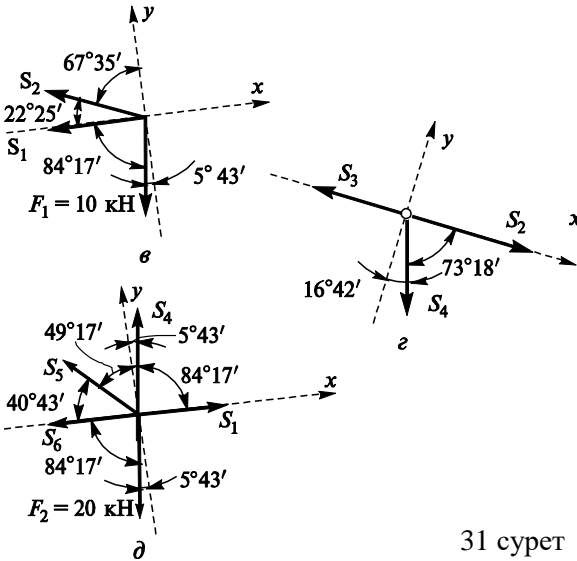
Мысал 22. Суретте көрсетілген қаңылтырлы трустың штангаларындағы күштерді анықтаңыз. 31, а, аналитикалық және графикалық тәсілдермен. Үш түйінді қарастырайық.



a



б



31 cyper

Аналитикалық шешім

1. A, B, C, D, E және $1, 2, 3, 4, 5, 6$ түйіндерін көрсетіңіз.

2. Әрбір тораптағы шыбықтар арасындағы бұрыштарды анықтаңыз (Сурет 31, б). AMD үшбұрышынан:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1,5}{5} = 0,3; \alpha = 16^\circ 42'.$$

AME үшбұрышынан :

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{0,5}{5} = 0,1; \beta = 5^\circ 43';$$

$$\alpha + \beta = 16^\circ 42' + 5^\circ 43' = 22^\circ 25'.$$

AKB үшбұрышынан:

$$\delta = 180^\circ - 90^\circ - \alpha = 90^\circ - 16^\circ 42' = 73^\circ 18';$$

$$\theta = 180^\circ - \delta = 180^\circ - 73^\circ 18' = 106^\circ 42'.$$

AKC үшбұрышынан:

$$\gamma = 180^\circ - 90^\circ - \rho = 90^\circ - 5^\circ 43' = 84^\circ 17'.$$

CND : үшбұрышы үшбұрышынан

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1,75}{2,5} = 0,7; \omega = 35^\circ; \omega + \beta = 35^\circ + 5^\circ 43' = 40^\circ 43'.$$

Мәселенің жай-күйі бойынша үш түйінді қарастырған жөн, сондықтан шешім үшін u, n және X бұрыштары талап етілмейді.

1. 1-ші және 2-ші жолақтардың қанағаттандыратын A түйінін кесіңіз, осы шыбықтардағы күштерді анықтаңыз:

а) шыбықтарды S_1 және S_2 күштерімен ауыстырыңыз (31-сурет, с);
б) координат жүйесін таңдайды. X -өсі белгісіз күшке сәйкес келеді, және u өсі x -өсіне перпендикуляр бағытталған. Күштер (немесе тиісті шыбықтар) мен координат өсінің арасындағы бұрыштарды көрсетеміз;

в) теңдік теңдеулерін жасаймыз:

$$1) \sum X = 0; \quad 2) \sum Y = 0.$$

Түйін үшін бірінші теңдеу A

$$-S_1 - S_2 \cos 22^\circ 25' - F_1 \cos 84^\circ 17' = 0,$$

екінші теңдеу

$$S_2 \cos 67^\circ 35' - F_1 \cos 5^\circ 43' = 0.$$

Екінші теңдеуден

$$S_2 = \frac{F_1 \cos 5^{\circ} 43'}{\cos 67^{\circ} 35'} = \frac{10 \cdot 0,995}{0,381} = 26,1 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Бірінші теңдеуден

$$\begin{aligned} S_1 &= -S_2 \cos 22^{\circ} 25' - F_1 \cos 84^{\circ} 17' = \\ &= -26,1 \cdot 0,924 - 10 \cdot 0,0996 = 25,1 \text{ кН.} \end{aligned}$$

«Қосу» белгісі штанганың 2 созылып кеткенін білдіреді және «минус» - шыбық 1 қысылған.

1. В түйінін қарастырыңыз (Сурет 31, d). Оның ішінде екі және үш шоқтар біріктіріледі, олардың күштері белгісіз. X өсі S3 белгісіз күшімен сыйысымды. Теңдік теңдеулерін құрайық:

$$\begin{aligned} \Sigma X &= -S_3 + S_2 + S_4 \cos 73^{\circ} 18' = 0; \\ \Sigma Y &= -S_4 \cos 16^{\circ} 42' = 0. \end{aligned}$$

Екінші теңдеу $S_4 = 0$ екенін көрсетеді, өйткені $16^{\circ} 42'$ нөлге тең болмайды. Күштері нөлге (нольдік шыбыққа) теңдеулерді анықтау ережелерімен, теңдеулерді құрастырусыз, [4, с. 345]. Бірінші теңдеуден

$$S_3 = S_2 = 26,1 \text{ кН.}$$

1. Түйінді қарастырайық. 5 және 6-шы шоқтарда оның күштері белгісіз. X өсі S6 белгісіз күшіне сәйкес келеді және күштер мен координат өсінің арасындағы бұрыштарды көрсетеді (31-сурет, d). Тепе-теңдік теңдеуін жазыңыз. С түйініне арналған теңдеулер форманы қабылдайды:

бірінші теңдеу

$$\Sigma X = -S_6 + S_1 - S_5 \cos 40^{\circ} 43' + S_4 \cos 84^{\circ} 17' - F_2 \cos 84^{\circ} 17' = 0;$$

екінші теңдеу

$$\Sigma Y = S_5 \cos 49^{\circ} 17' + S_4 \cos 5^{\circ} 43' - F_2 \cos 5^{\circ} 43' = 0 .$$

Есте сақта $S_4 = 0$, екінші теңдеу

$$S_5 = \frac{F_2 \cos 5^{\circ} 43'}{\cos 49^{\circ} 17'} = \frac{20 \cdot 0,995}{0,652} = 30,5 \text{ кН.}$$

бірінші теңдеу

$$\begin{aligned} S_6 &= S_1 - S_5 \cos 40^{\circ} 43' - F_2 \cos 84^{\circ} 17' = \\ &= -25,1 - 30,5 \cdot 0,758 - 20 \cdot 0,0996 = -50,2 \text{ кН.} \end{aligned}$$

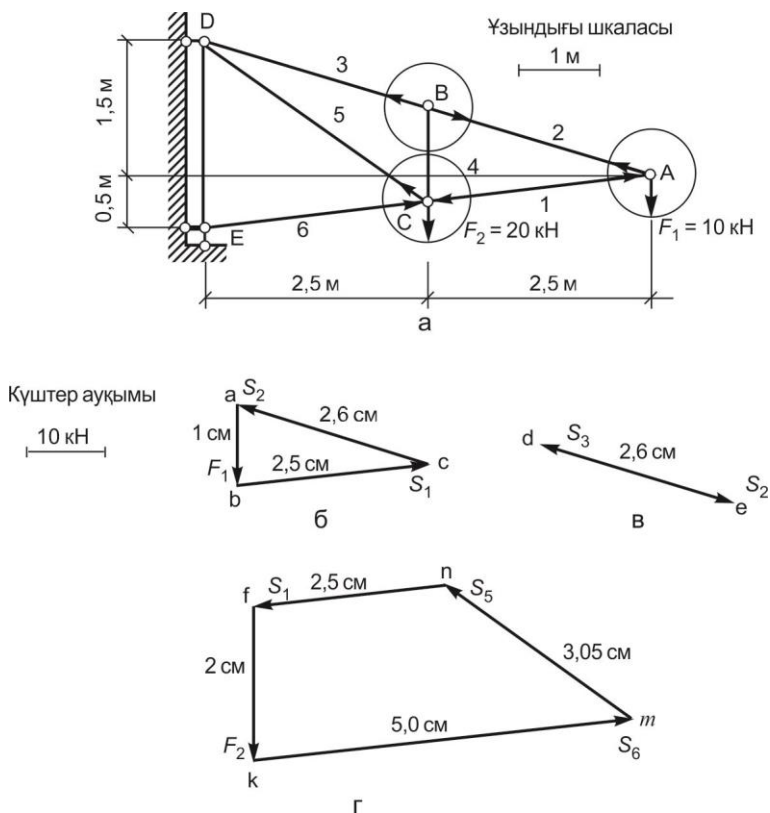
Ферманы шкала бойынша салыңыз, мысалы 1: 50 (сурет 32, а).

2. Күштер ауқымын таңдаңыз, мысалы, 1 см 10 кН.

3. Торпты ақылдас бөлікке кесіңіз А. 1 және 2-ші шыбықтардағы күштерді анықтаңыз:

а) S1 және S2 роликтеріндегі күштерді білдіреді;

б) еркін нүктеден бастап, Fj күшіне қабылданған ауқымда parallel және parallel сегментін сызамыз. А және в нүктелерінің көмегімен 1 және 2 шыбықтарға параллель сызықтарды қиылысу дейін сызыңыз (сурет 32, б)). Күштер ауқымында өлшенген bc және ac алынған сегменттер S1 және S2 күштеріне 1 және 2 шоқтарына сәйкес келеді. $bc = 2,5$ см сегментінің ұзындығы, демек, $S_x = 2,5 \cdot 10 = 25$ кН. Сегменттің ұзындығы $ac = 2,6$ см, $S_2 = 2,6 \cdot 10 = 26$ кН;

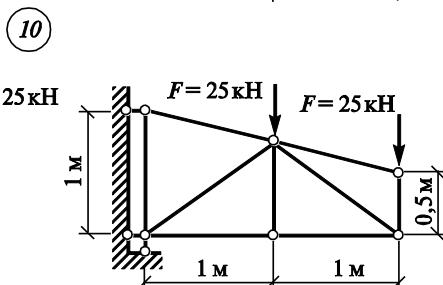
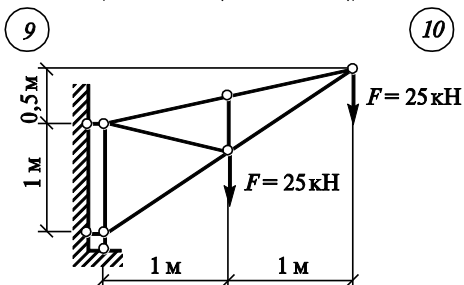
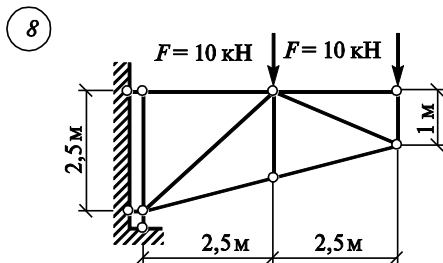
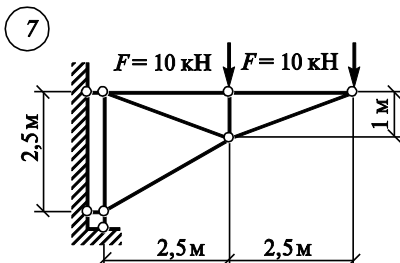
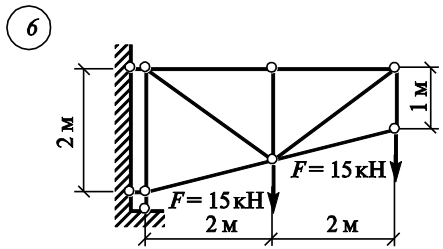
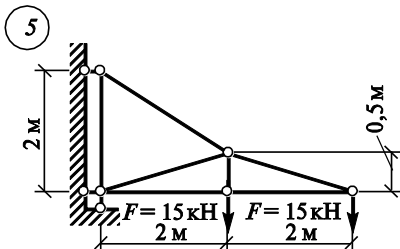
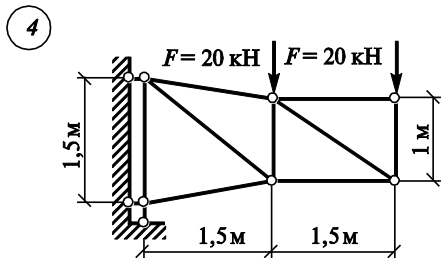
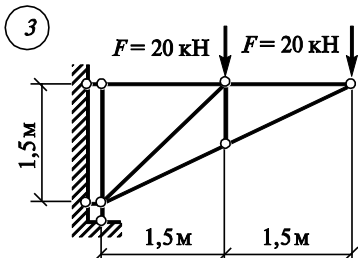
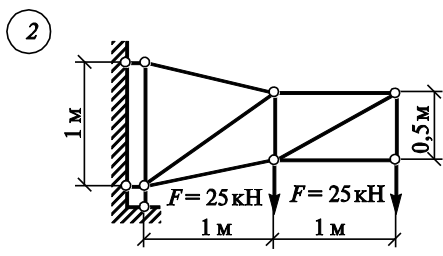
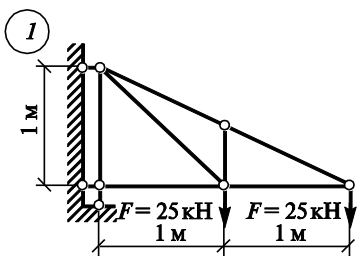


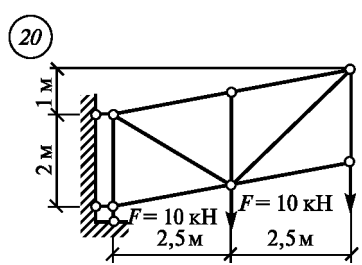
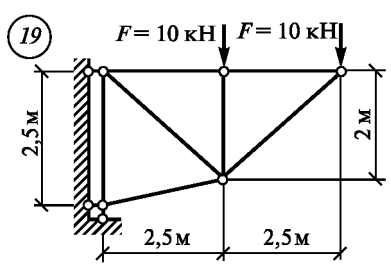
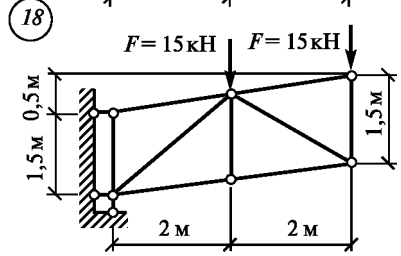
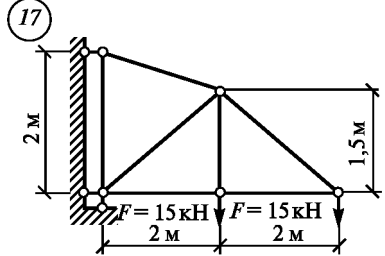
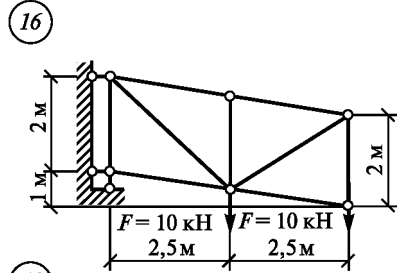
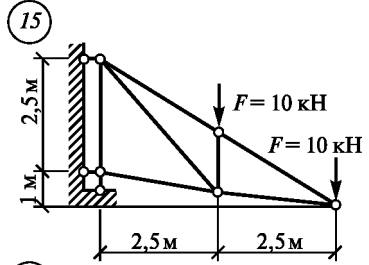
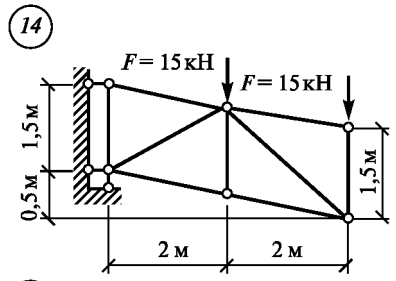
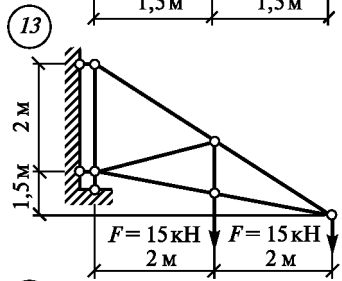
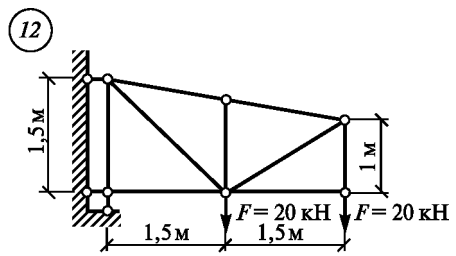
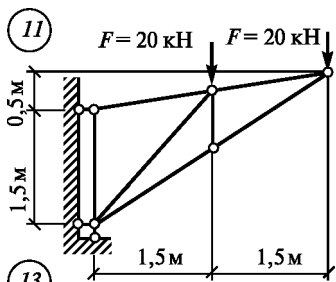
Әлбетте, талдау әдісі дәлірек. Есептеу және графикалық жұмыстарға арналған тапсырма 1. Суретте көрсетілген нұсқалардың біріне сәйкес аналитикалық және графикалық әдістермен консоль тросының шыбықтарындағы күштерді анықтаңыз. 33 суреттегідей. Тақ нұсқалары бар тапсырмаларда үш түйінді, ал тіпті төртеуді - тегін аяқталғаннан бастап қарастырыңыз.

2. кесте. Стержень күші (кН)						
Жұмсалған күш	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
Аналититикалық күш	-25,1	26,1	26,1	0	30,5	-50,2
Графикалық шешім	-25	26	26	0	30,5	-50

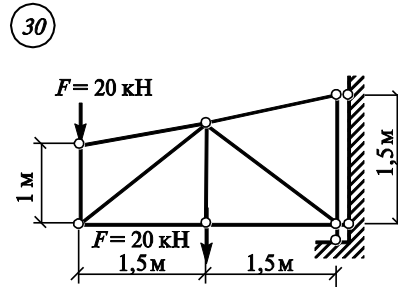
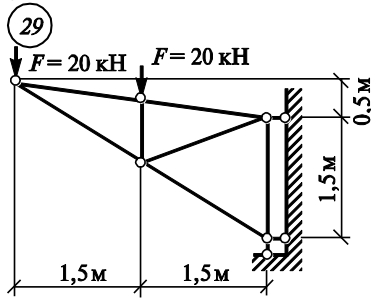
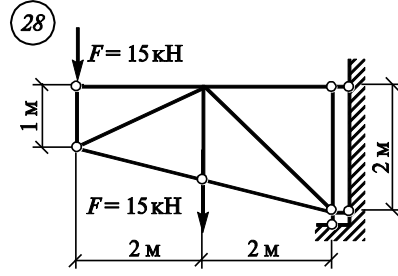
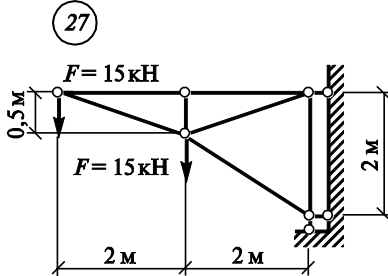
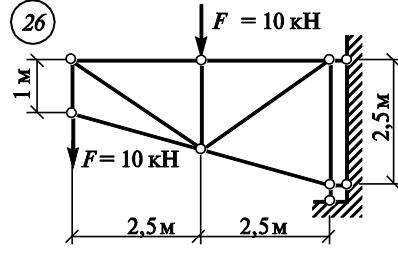
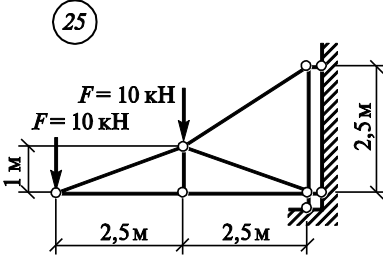
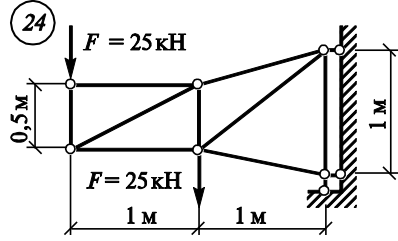
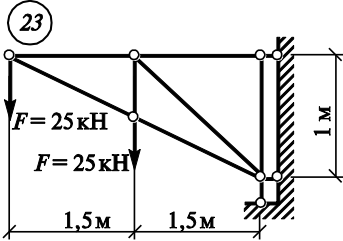
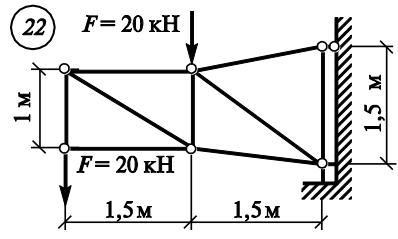
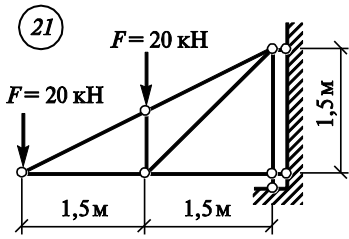
в) күштің белгілерін анықтау. F күші бағыты белгілі - ол төмен бағытталған. Біз бір бағытқа бағытталған етіп, bc және sa сегменттеріндегі көрсеткілерді орнаттық. Біз күштің Si бағытын 1 шегіне ауыстырдық (32-суретті қараңыз), ол түйінге бағытталған, яғни 1-шітті қысып тұрады.

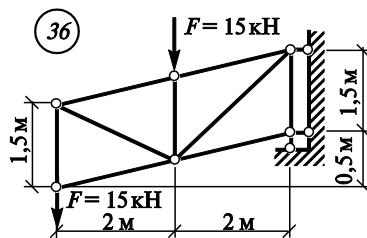
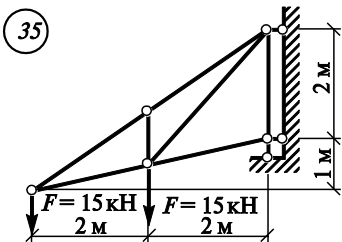
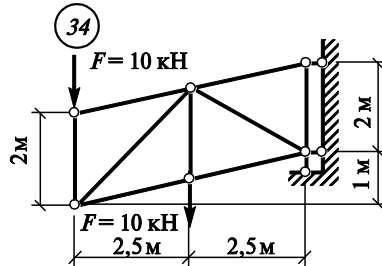
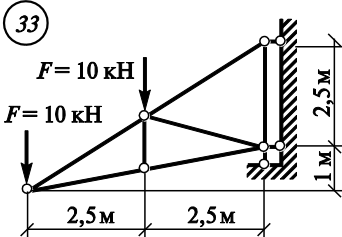
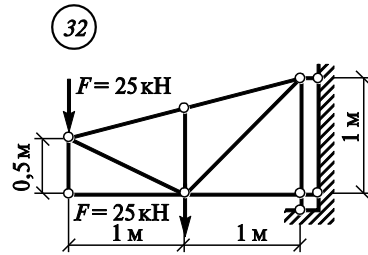
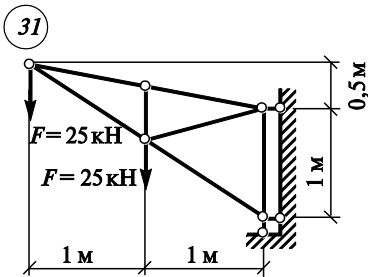
2. S_2 күші осы түйін арқылы жіберіледі, яғни 2-ші созылады. V түйінін кесіңіз (32-сурет, c) біз S_2 белгілі күштерін орындаймыз. Сегменттің аяғымен (нүктелер d және e) біз 3 және 4 барларға параллель сызықтар сызамыз. $S_4 = 0$ және $S_3 = S_2 = 26$ кН құрылыстары. C торабын кесіңіз. $S1$ -де белгілі күшке параллель сызықтарды және қабылданған ауқымда F_2 күші сызыңыз (Сурет 32, d). K және n нүктелері арқылы 5 және 6 жолақтарына параллель сызықтарды, олар t нүктесінде қиылысқанына сызамыз. Күштер шкаласы бойынша өлшенген километрлі және мн сегменттері $S_5 = 3.05 \cdot 10 = 30.5$ кН және $S_6 = 5 \cdot 10 = 50$ кН күштерінің мәндерін береді. Жұмыстың белгілерін анықтаңыз. Полигондағы nf kt электродтарындағы барлық көрсеткілер сағат тіліне қарсы бағытта орналастырылады. Бұл $S1$ күші мен F_2 күші арқылы анықталады. Біз S_5 күші бағытын C торабына 5 шегіне аударамыз; ол тораптан бағытталады, яғни 5 шыбық созылады. Біз S_6 күші бағытын C түйініне береміз, ол түйінге бағытталады, яғни штангаға 6 қысылады. Аналитикалық және графикалық әдістермен анықталған салыстырмалы кестені құрайық (2-кесте).





33 сурет. Жалғасы

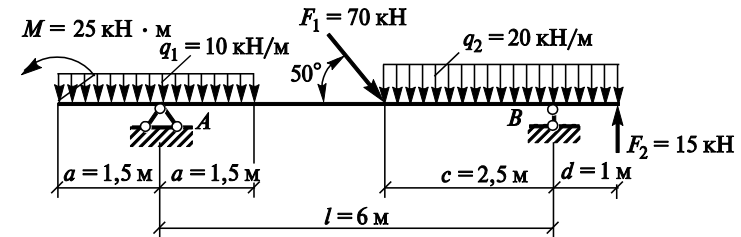
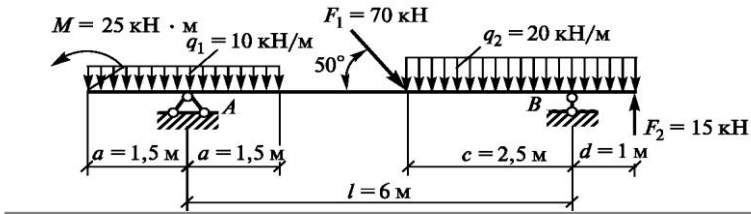




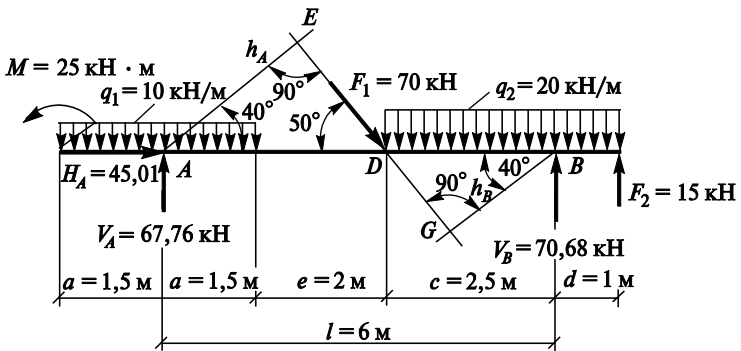
4.2. ЕКІ ТІРЕКТЕ АРҚАЛЫҚТАР РЕАКЦИЯЛАРЫН АНЫҚТАУ

Мәселені шешу үшін өзіндік жұмыстарды орындаған соң жалғастыру ұсынылады. 1. Жарықтар тіректерден босатылады және олардың әрекеттері қолдау реакцияларымен ауыстырылады. Осы жұмыстың міндеттерінде арқалықтар бекітілген және жылжымалы тіректермен негізге бекітіледі. Жүктің әрекет ету жағдайында тұтас бекітілген тіректерде екі реакция пайда болады: көлденең H_A және тік V_A . Кез-келген жүктеме астындағы жылжымалы-мобильді қолдау кезінде соққы толқынының тірек шетіне қарай бір реакция бар (өздігінен жұмыс істейтін жұмыстардың міндеттерінде 2 мұндай қолдаудың реакциясы тігінен, өйткені

1. тігінен тірек штаты). Тіректер туралы қосымша ақпаратты [4, р. 15]. Жарықтың өсіне перпендикуляр емес, иықтың беріктігін анықтаңыз. Күштің қолы екі тірекке де қатысты анықталады. Ол үшін әр қолдау нүктесінен перпендикуляр күшке немесе оның әрекет ету жолына түседі - олар сол және оң тіректерге қатысты күштің иықтары. Шоқтың өсі арқылы құрылған тікбұрышты үшбұрышты, күштің әрекет ету сызығын және перпендикулярды ескере отырып, әрбір қолдың мәнін табыңыз. Егер бірнеше көлбеу күш болса, онда әрқайсысы үшін екі қолдауға қатысты иық анықталады. Тепе-теңдік тендеуі:



a



б

Шешім. 1. Біз тіректерден босатылып, олардың әрекетін тіректердің арматурасымен алмастырамыз. Сол жақ тірегі бекітілген, екі реакция пайда болады: V_A және N_A . Тиісті тірегі - бұл бір-бір реакция - тігінен V_B (сурет 34, б).

2. F_1 күші қолын A тірегіне қатысты анықтаңыз. Бұл үшін A нүктесінен F_1 күші әрекетіне перпендикулярды түсіріп, ADE үшбұрышынан F_1 күші тұтқасын анықтаңыз:

$$H_A = (a + e) \cos 40^\circ = (1,5 + 2,0) \cos 40^\circ = 3,5 \cdot 0,766 = 2,681 \text{ м.}$$

B тіреуіне қатысты F_1 күші үш бұрышты BDG арқылы анықталады:

$$h_B = c \cos 40^\circ = 2,5 \cdot 0,766 = 1,915 \text{ м.}$$

2. Теңдік теңдеулерін қалыптастырайық. Бірінші теңдеу

$$\begin{aligned} \Sigma M_A = -M + F_1 h_A + q_2(c + d) \left(a + e + \frac{c + d}{2} \right) - V_B(a + e + c) - \\ - F_2(a + e + c + d) = 0 \end{aligned}$$

немесе

$$-25 + 70 \cdot 2,68 + 20 \cdot 3,5 \cdot 5,25 - V_B \cdot 6 - 15 \cdot 7 = 0,$$

$$\text{Қайдан } V_B = \frac{-25 + 70 \cdot 2,68 + 20 \cdot 3,5 \cdot 5,25 - 15 \cdot 7}{6} = \frac{427,6}{6} = 70,68 \text{ кН.}$$

Екінші теңдеу

$$\begin{aligned} \Sigma M_B = -M + V_A(a + e + c) - q_1(a + a)(a + e + c) - F_1 h_B - \\ - q_2(c + d) \left(\frac{c + d}{2} - d \right) - F_2 d = 0 \end{aligned}$$

немесе

$$-25 + V_A \cdot 6 - 10 \cdot 3 \cdot 6 - 70 \cdot 1,915 - 20 \cdot 3,5 \cdot 0,75 - 15 \cdot 7 = 0,$$

$$\begin{aligned} \text{откуда } V_A = \frac{25 + 10 \cdot 3 \cdot 6 + 70 \cdot 1,915 + 20 \cdot 3,5 \cdot 0,75 + 15 \cdot 7}{6} = \\ = \frac{408,3}{6} = 67,76 \text{ кН.} \end{aligned}$$

Үшінші теңдеу

$$H_A + F_1 \cos 50^\circ = 0,$$

$$\text{қайдан } H_A = -F_1 \cos 50^\circ = -70 \cdot 0,643 = -45,01 \text{ кН.}$$

4. Тексереміз :

$$\Sigma Y = V_A - q_1 2a - F_1 \cos 40^\circ - q_2(c + d) + V_B + F_2 = 0$$

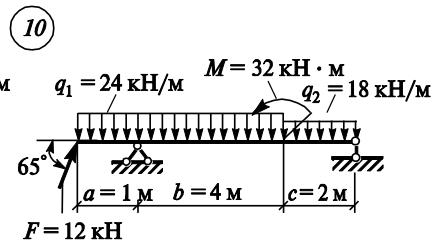
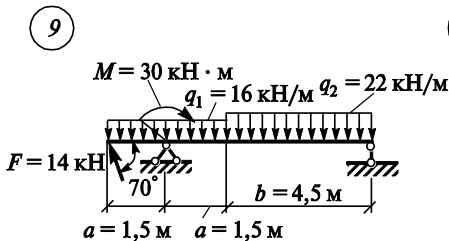
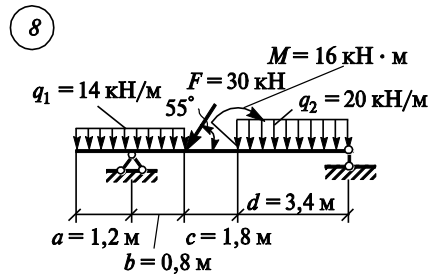
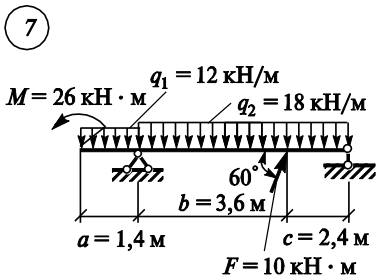
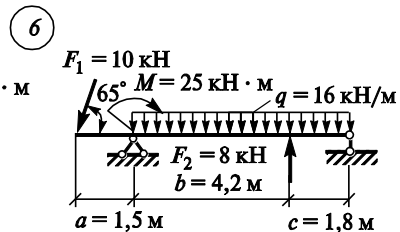
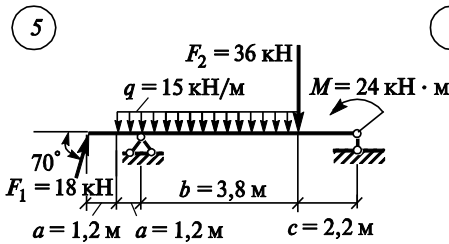
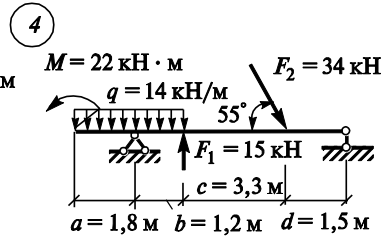
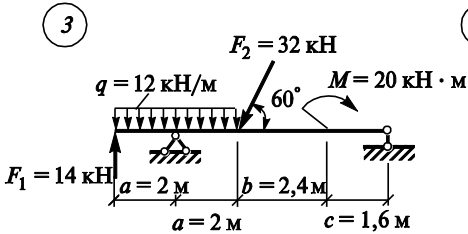
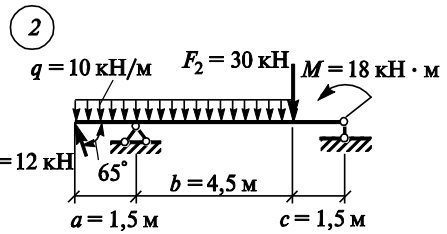
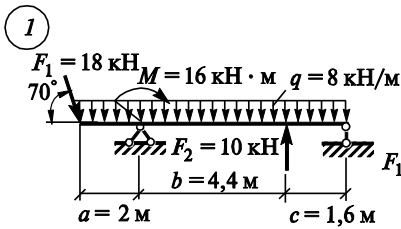
немесе

$$67,76 - 10 \cdot 3 - 70 \cdot 0,766 - 20 \cdot 3,5 + 70,68 + 15 = 0;$$

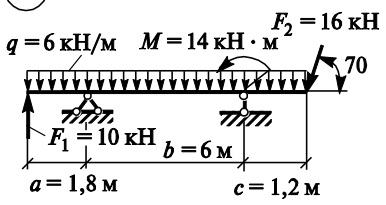
$$153,62 - 153,62 = 0.$$

$$\text{Жауап : } V_A = 67,76 \text{ кН; } V_B = 70,68 \text{ кН; } H_A = -45,01 \text{ кН.}$$

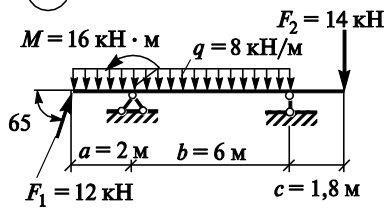
Есептеу мен графикалық жұмыстарға арналған тапсырма.2 суреттегі көрсетілген нұсқаға сәйкес тіреудің реакциясын 35- суреттен анықтаңыз.



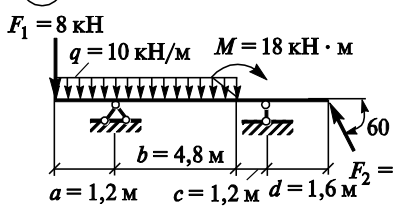
11



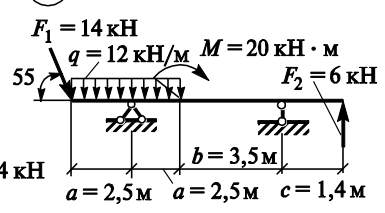
12



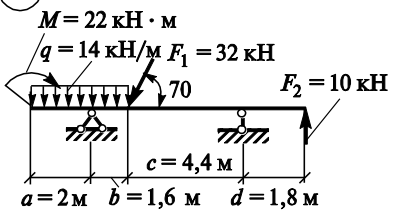
13



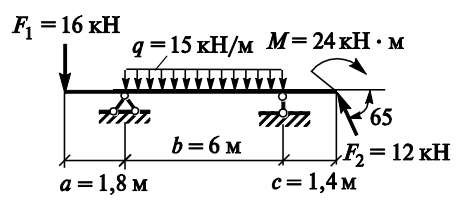
14



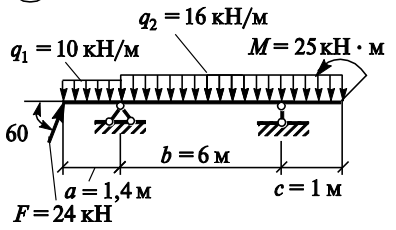
15



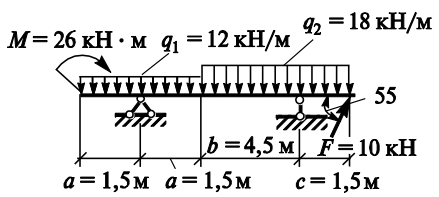
16



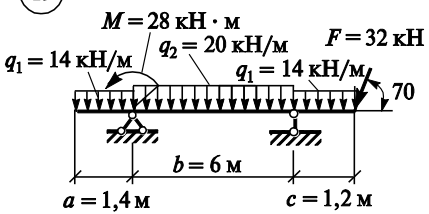
17



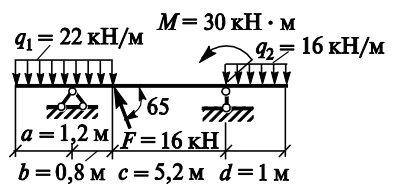
18



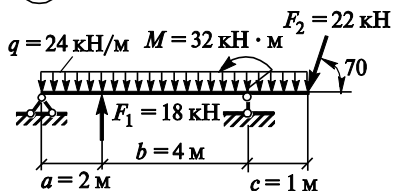
19



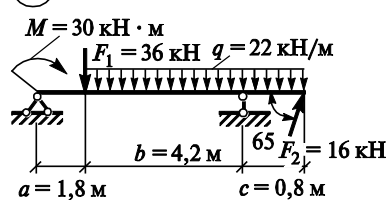
20



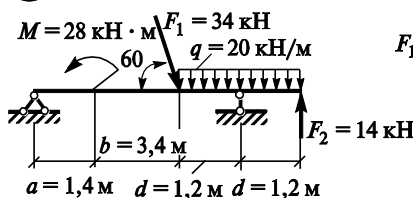
21



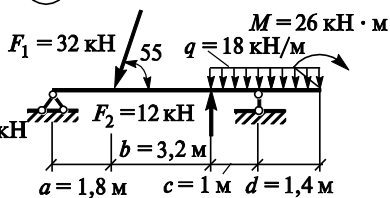
22



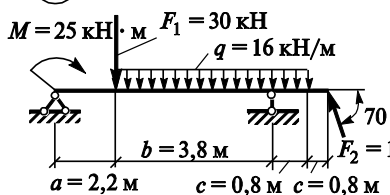
23



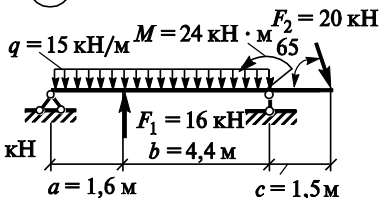
24



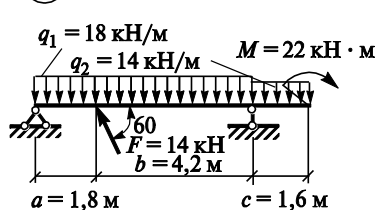
25



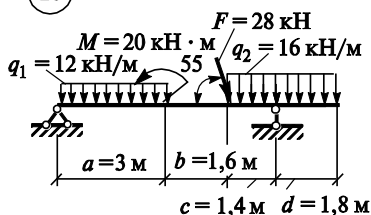
26



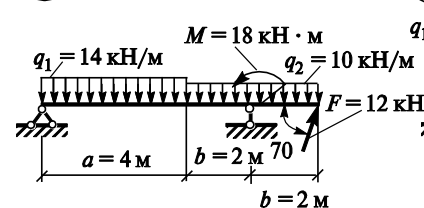
27



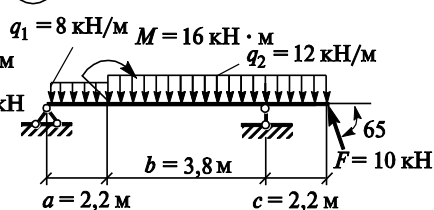
28



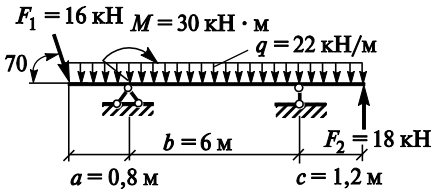
29



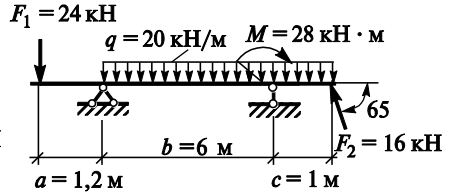
30



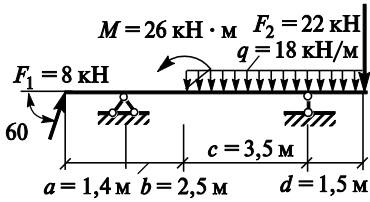
31



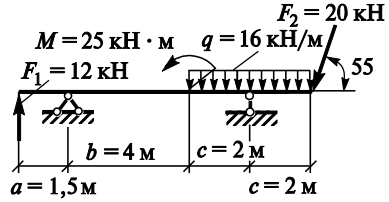
32



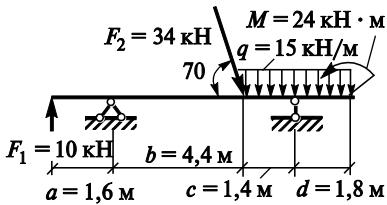
33



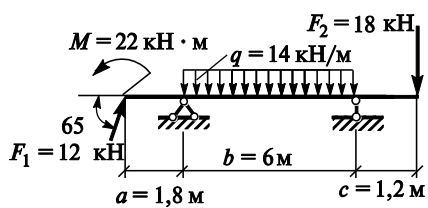
34



35



36

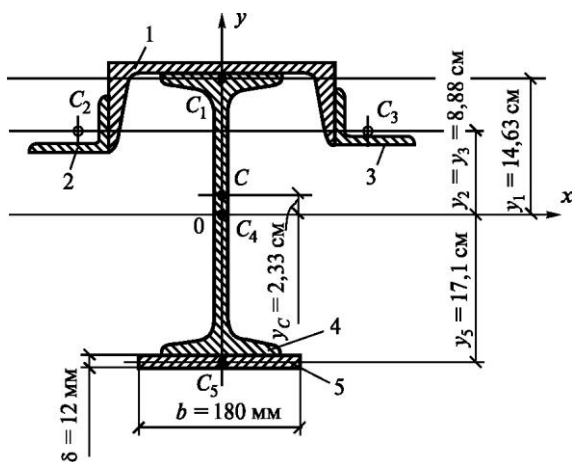


4.3.

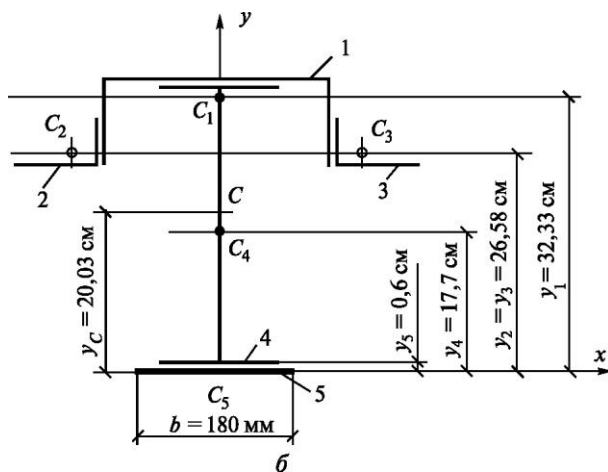
БАСҚАРУ ОРТАЛЫҒЫНЫҢ ПОЗИЦИЯСЫН
ТАБЫСТЫ СЕКЦИЯЛАР

Тәуелсіз жұмысты орындағаннан кейін мәселені шешуді жалғастыру ұсынылады 3. Мәселені шешу тәртібі өзгермейді.

24- мысал. Суретте көрсетілгендей илектеу профильдерінен тұратын секцияның ауырлық орталығының координаттарын анықтаңыз. 36, а.



а



б

Бөлім I-пұфта №33, №27 арна, екі бұрыш 90 x 56 x 6 мм және парағының секциясы 12 x 180 мм.

Шешім. 1. Біз секцияны протакаттың профильдеріне сәйкес бөліп, оларды 1, 2, 3, 4, 5-ке белгілейік.

2. Кестені пайдалану. 2, 3 және 4 қолданбалар. Мен, әр профильдің ауырлық күшінің орталарын көрсетеміз және оларды C , C_2 , C_3 , C_4 және C_5 арқылы белгілеңіз.

3. Біз координат өсінің жүйесін таңдаймыз. Y өсі симметрия өсіне үйлеседі, ал x өсі y өсіне перпендикуляр бағытталған және біз I-сәулесінің ауырлық орталығынан шығамыз.

4. Көлденең қиманың гравитациялық орталығының координаттарын анықтау үшін формулаларды жазамыз:

$x_C = 0$, так как ос y совпадает с осю симметрии;

$$y_c = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2 + A_3 y_3 + A_4 y_4 + A_5 y_5}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5}.$$

$A_2 = A_3$, сондай-ақ $y_2 = y_3$ екенін ескере отырып, біз:

$$y_c = \frac{A_1 y_1 + 2A_2 y_2 + A_4 y_4 + A_5 y_5}{A_1 + 2A_2 + A_4 + A_5}.$$

Біз көлденең қиманы және табуляцияны пайдалана отырып, жеке илектеу профильдерінің ауырлық орталықтары мен координаттарын анықтаймыз. 2, 3 және 4 қолданбалар. I:

$$A_1 = 35,2 \text{ см}^2; A_2 = A_3 = 8,54 \text{ см}^2; A_4 = 53,8 \text{ см}^2;$$

$$A_5 = 1,2 \cdot 18 = 21,6 \text{ см}^2;$$

$$y_1 = h_{дв}/2 + d_{мв} - z_0(шв) = \frac{33}{2} + 0,6 - 2,47 = 14,63 \text{ см};$$

$$y_2 = y_3 = h_{дв}/2 + d_{шв} - b_{шв} + x_{0(уг)} = \frac{33}{2} + 0,6 - 9,5 + 1,28 = 8,88 \text{ см};$$

$y_4 = 0$, себебі x -өсі I-сәулесінің ауырлық орталығынан өтеді;

$$y_5 = (h_{дв} / 2 + \delta_{листа} / 2) = - \left(\frac{33}{2} + \frac{1,2}{2} \right) = -17,1 \text{ см}.$$

Бұл мәндерді біз y_c анықтау үшін формулаға ауыстырамыз:

$$y_c = \frac{35,2 \cdot 14,63 + 2 \cdot 8,54 \cdot 8,88 + 53,8 \cdot 0 + 21,6(-17,1)}{35,2 + 2 \cdot 8,54 + 53,8 + 21,6} = \frac{297,3}{127,7} = 2,33 \text{ см}.$$

C секциясының ауырлық орталығының орналасуын көрсетеміз (36-суретті қараңыз).

5. *Шешімді тексеріңіз.* Парақтың төменгі жиегіндегі x өсін сызыңыз (Сурет 36, б). Профильдердің аудандары өзгеріссіз қалады, ауырлық орталықтарының координаттары өзгереді:

$$y_1 = \delta_{\text{листа}} + h_{\text{об}} + d_{\text{шв}} - z_{0(\text{шв})} = 1,2 + 33 + 0,6 - 2,47 = 32,33 \text{ см};$$

$$y_2 = \delta_{\text{парағы}} + h_{\text{дв}} + d_{\text{шв}} - b_{\text{шв}} - z_{0(\text{уг})} = 1,2 + 33 + 0,6 - 9,5 + 1,28 = 26,58 \text{ см};$$

$$y_2 = y_3 = 26,58 \text{ см};$$

$$y_4 = \delta_{\text{парағы}} + h_{\text{дв}}/2 = 1,2 + \frac{33}{2} = 1,2 + 16,5 = 17,7 \text{ см};$$

$$y_5 = \delta_{\text{парағы}}/2 = \frac{1,2}{2} = 0,6 \text{ см}.$$

Жаңа координаттар жүйесіндегі ауырлық орталығының жағдайын анықтаймыз:

$$y_c = \frac{3,25 \cdot 32,33 + 2 \cdot 8,54 \cdot 26,58 + 53,8 \cdot 17,7 + 21,6 \cdot 0,6}{35,2 + 2 \cdot 8,54 + 53,8 + 21,6} = \frac{2557}{127,7} = 20,03 \text{ см}.$$

Гравитация орталығының координаттары арасындағы айырмашылық бірінші және екінші шешімдердегі x - өстер арасындағы қашықтыққа тең болуы керек:

$$20,03 - 2,33 = \frac{33}{2} + 1,2,$$

оның $17,7 \text{ см} = 17,7 \text{ см}$.

Жауап: егер x өсі төменгі бет бойымен өтсе, x өсі C_4 арқылы өтсе және $y_C = 20,03 \text{ см}$ болса, онда $y_C = 2,33 \text{ см}$.

Мысал 25. Қарапайым геометриялық фигуралардан тұратын қиманың гравитация орталығының орналасуын анықтаңыз (Сурет 37, а).

Шешім. 1. Біз секцияны бес санға бөлеміз: I және II екі тіктөртбұрыш, II және III үшбұрыштар және B тобы. 2. *Қарапайым C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 сандарының ауырлық орталықтарын көрсетіңіз (Сурет 37, б).* 3.

Біз координат жүйесін таңдаймыз. X өсін тіктөртбұрыштың C_2 гравитация орталығынан өткіземіз, ал y өсі секцияның симметрия өсіне сәйкес келеді.

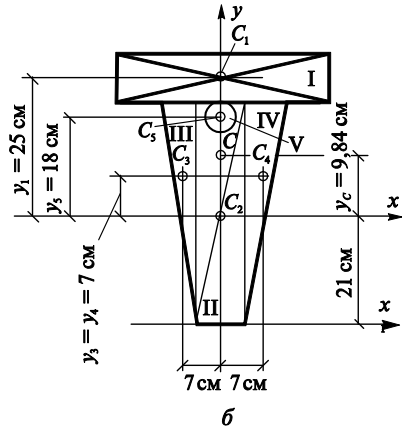
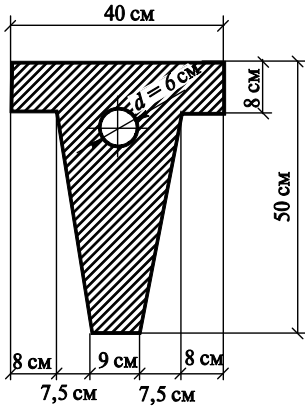
4. Секцияның ауырлық орталығының координаттарын анықтаңыз:

$x_C = 0$, өйткені oC өсі симметрия өсіне сәйкес келеді;

$$y = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2 + 2 A_3 y_3 - A_5 y_5}{A_1 + A_2 + 2 A_3 - A_5}.$$

Adj. II, сандардың аудандарын және ауырлық күшінің орталықтарының координаттарын анықтаймыз:

$$A_1 = 40 \cdot 8 = 320 \text{ см}^2; y = \frac{40}{2} + \frac{8}{2} = 25 \text{ см};$$



Сурет. 37

$$A_2 = 9 \cdot 42 = 378 \text{ см}^2; y_2 = 0;$$

$$A_3 = A_4 = \frac{1}{2} \cdot 7,5 \cdot 42 = 157,5 \text{ см}^2;$$

$$y_3 = y_4 = \frac{2}{3} \cdot 42 - \frac{1}{2} \cdot 42 = 28 - 21 = 7 \text{ см};$$

$$A_5 = \frac{3,14 \cdot 6^2}{4} = 28,3 \text{ см}^2; y_5 = 21 - 3 = 18 \text{ см}.$$

Формуладағы сандық мәндерді алмастырамыз:

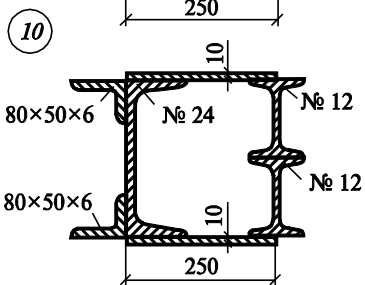
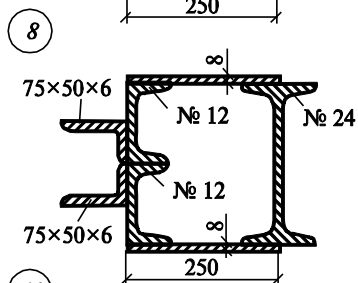
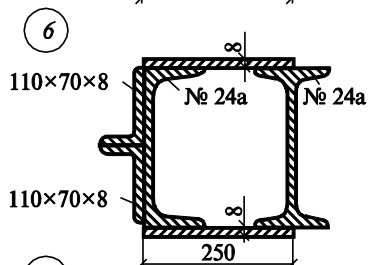
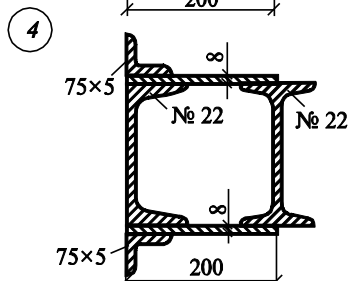
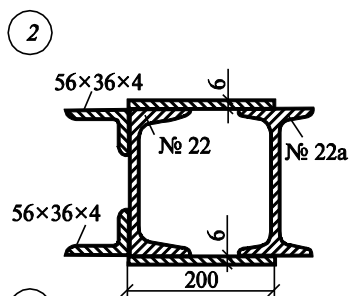
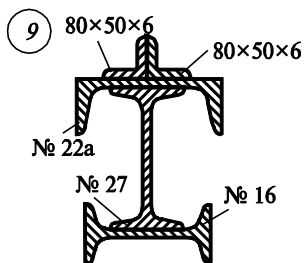
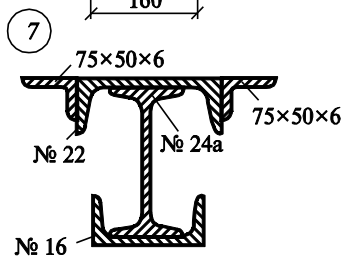
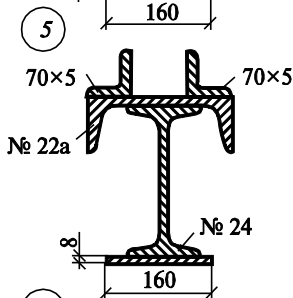
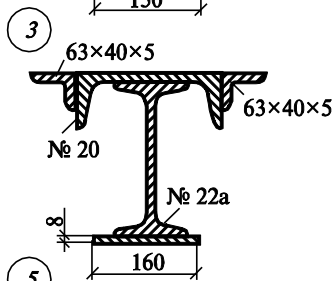
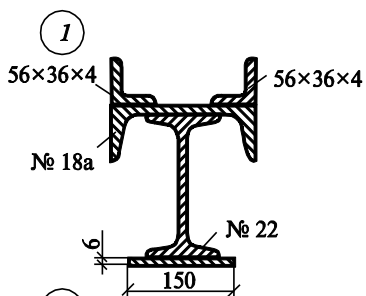
$$y_c = \frac{320 \cdot 25 + 378 \cdot 0 + 2 \cdot 157,5 \cdot 7 - 28,3 \cdot 18}{320 + 378 + 2 \cdot 157,5 - 28,3} =$$

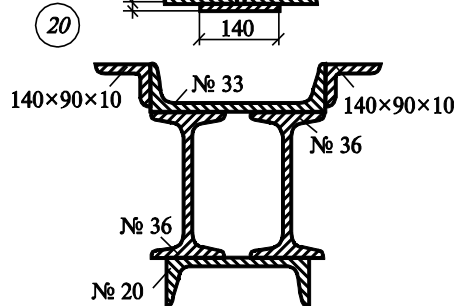
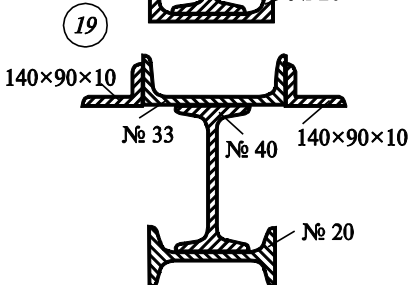
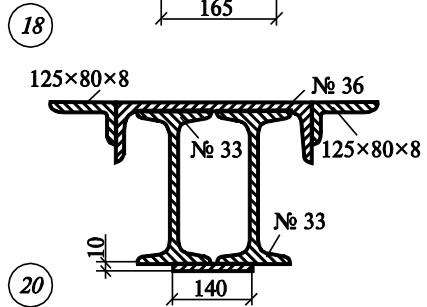
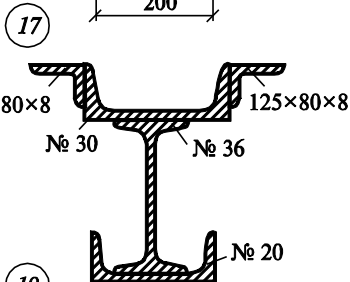
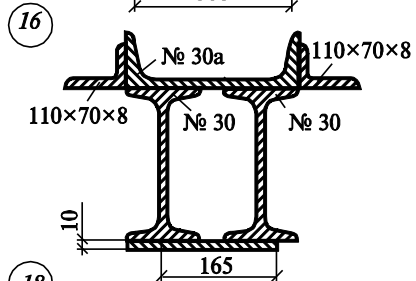
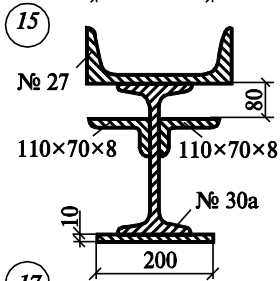
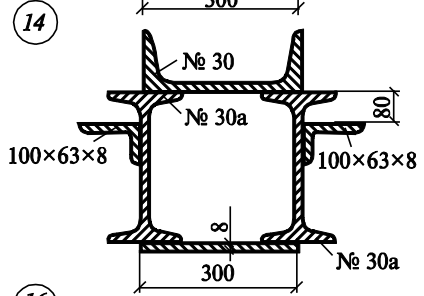
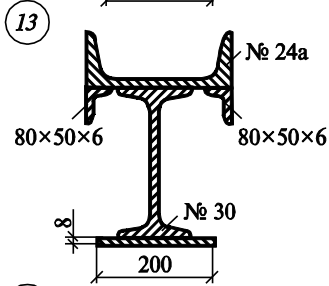
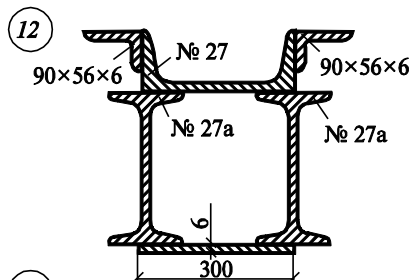
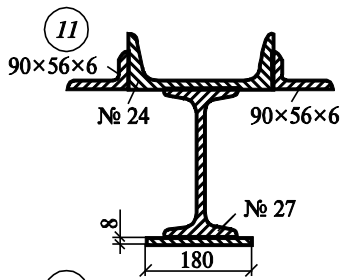
$$= \frac{9696 \text{ см}^3}{984 \text{ см}^2} = 9,84 \text{ см}.$$

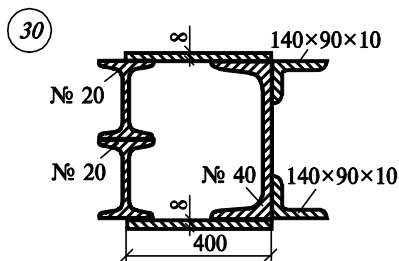
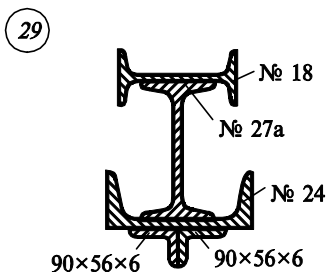
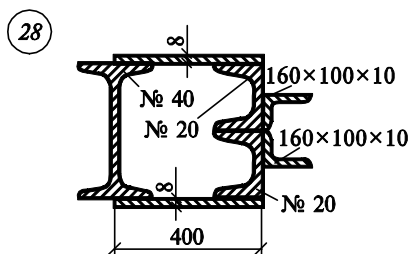
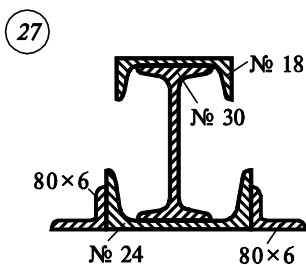
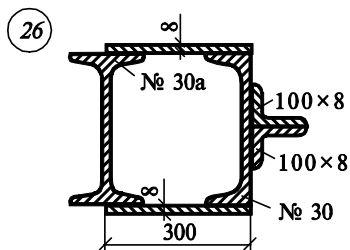
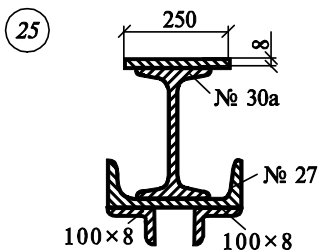
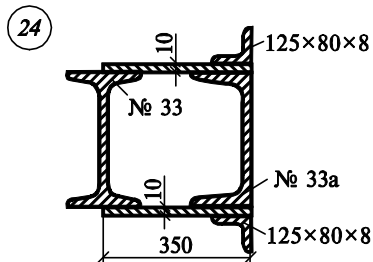
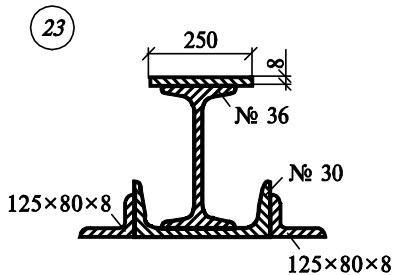
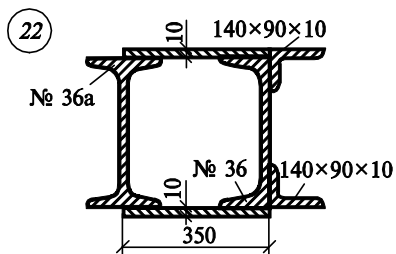
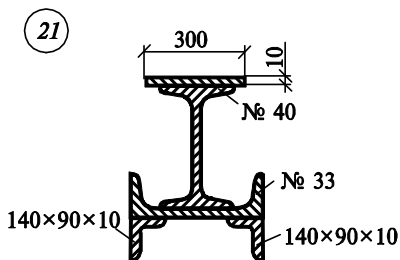
Шешімді тексеру үшін, x-өсі секцияның төменгі жағында бой алынады. Бұл жағдайда $y_c = 30,84 \text{ см}$, $30,84 - 21 = 9,84 \text{ см}$ болғандықтан, шешім дұрыс. Жауап: $y_c = 9,84 \text{ см}$, егер x өсі C_2 ауырлық орталығынан өтеді.

Есептеу және графикалық жұмыстарды тапсыру 3.

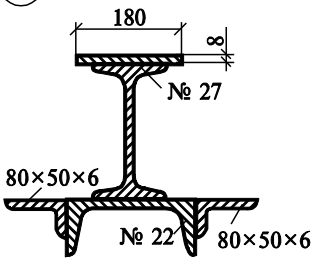
Мәселе. 1. Суретте көрсетілген опциялардың біріне сәйкес роликті профильден тұратын секцияның гравитация орталығының орналысуын анықтаңыз (38 суретке қараңыз).



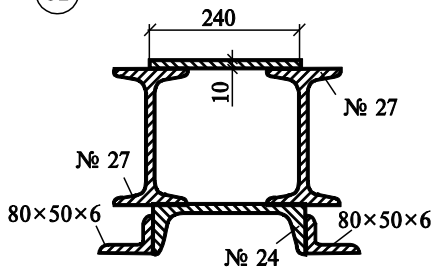




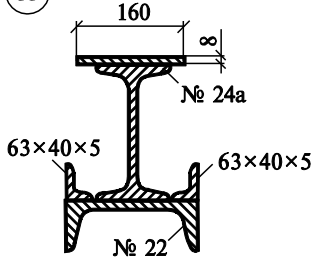
31



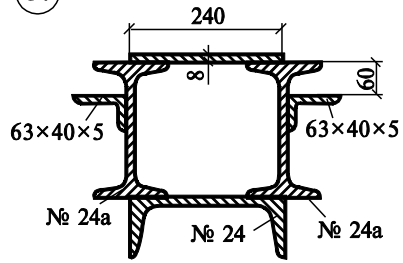
32



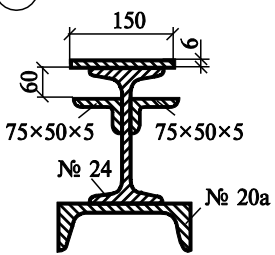
33



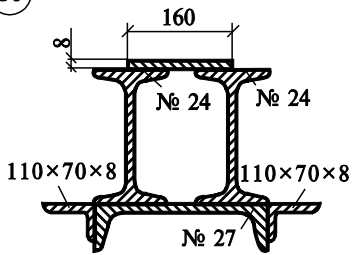
34

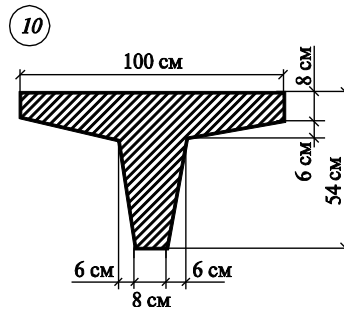
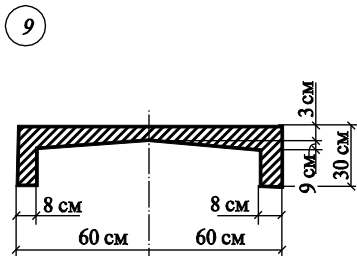
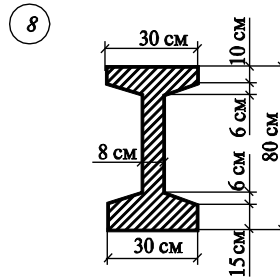
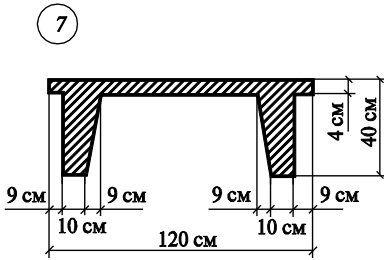
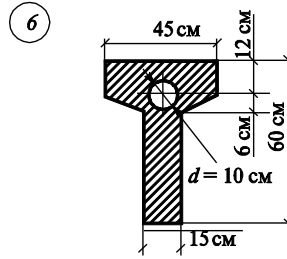
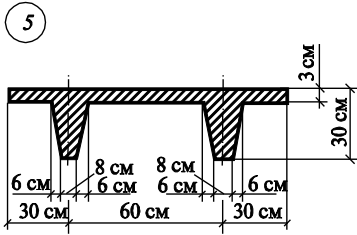
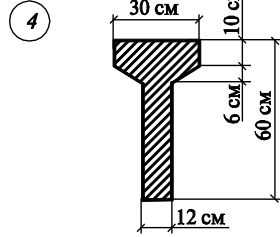
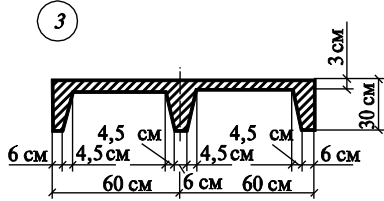
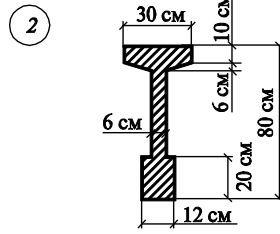
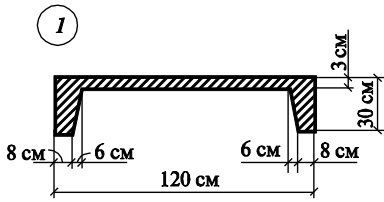


35

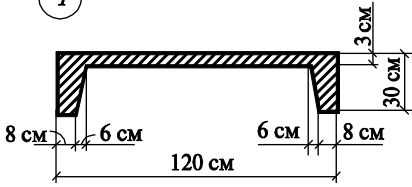


36

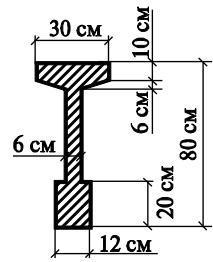




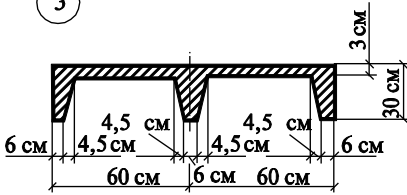
1



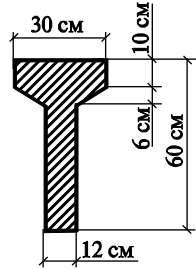
2



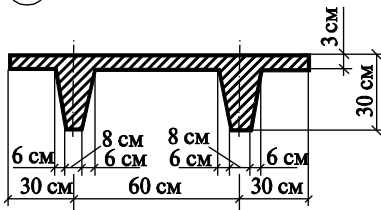
3



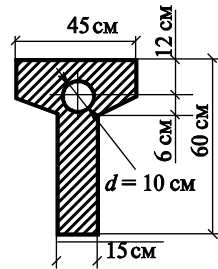
4



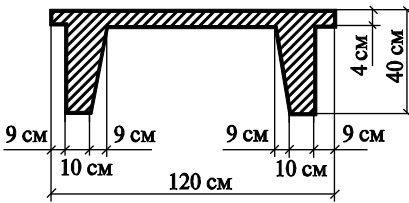
5



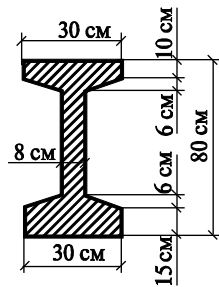
6



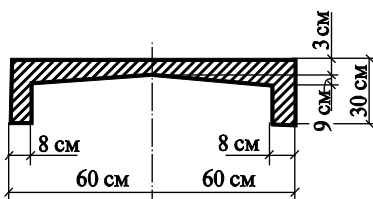
7



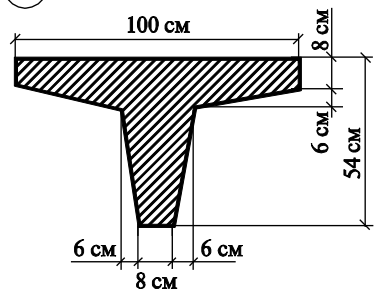
8

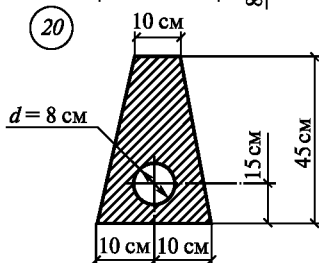
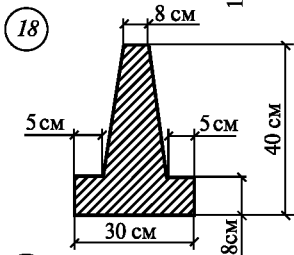
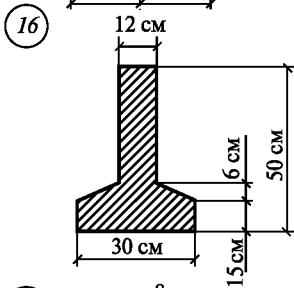
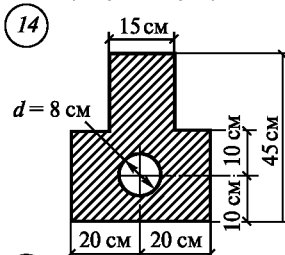
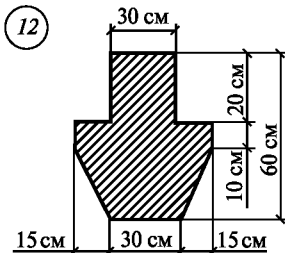
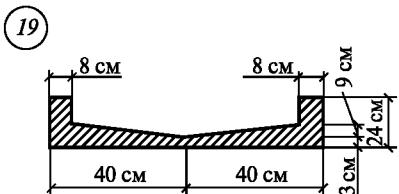
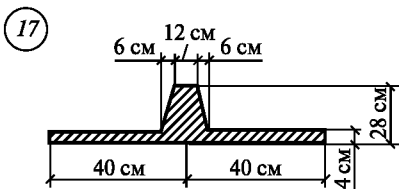
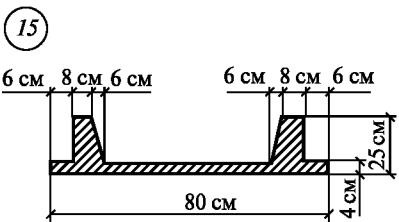
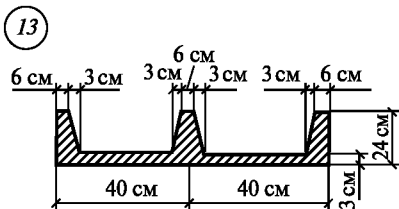
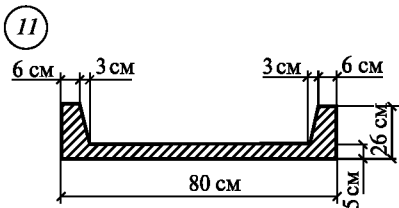


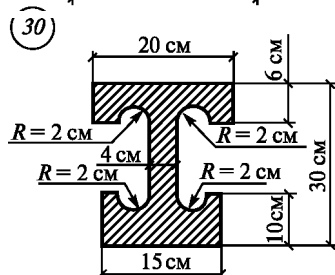
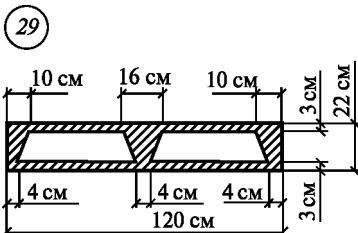
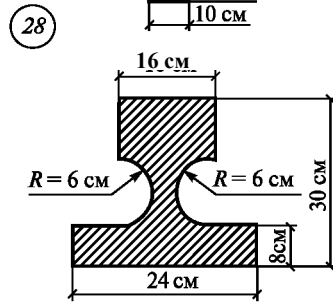
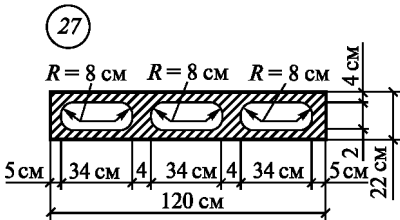
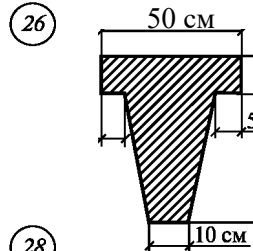
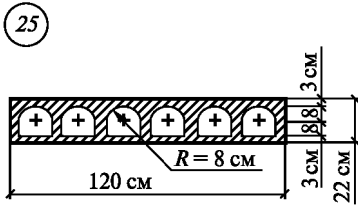
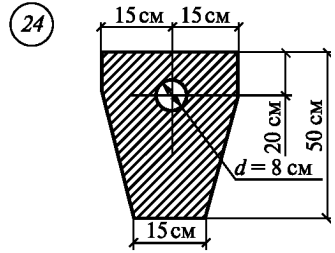
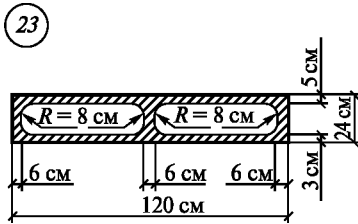
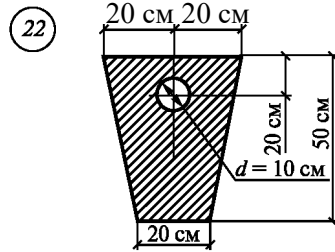
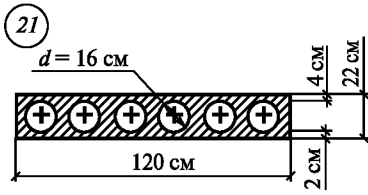
9

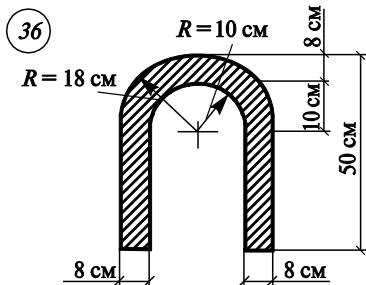
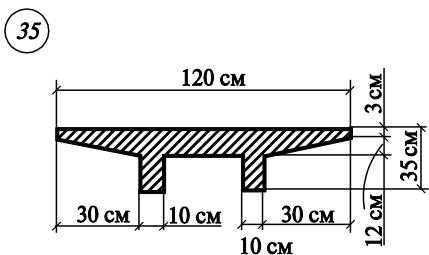
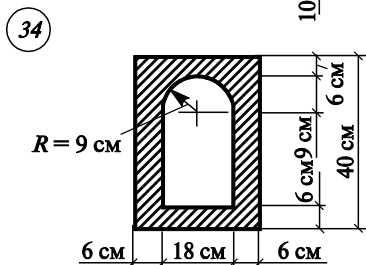
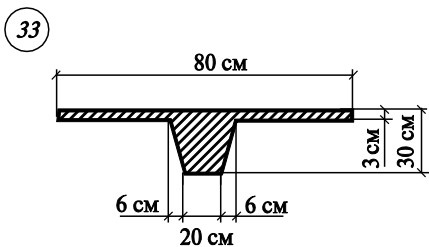
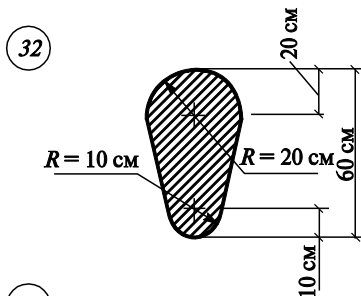
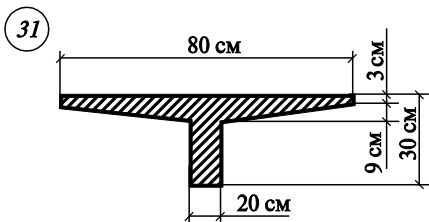


10









39 сурет.Соңы

2 тапсырма. Суретте көрсетілген нұсқалардың біріне сәйкес қарапайым геометриялық фигуралардан тұратын секцияның гравитация орталығының орналасуын анықтаңыз. 39.

МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫ

5.1.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ В СТЕРЖНЯХ
СТАТИЧЕСКИ
НЕОПРЕДЕЛИМОЙ СИСТЕМЫ

екінші теңдеу

$$\Sigma MB = V_A l - q \frac{1}{2} \frac{1}{4} + F_1 \frac{1}{2} + F_2 \frac{3}{4} l - V_B l = 0$$

немесе

$$V_A \cdot 36 - 15 \cdot 18 \cdot 27 - 20 \cdot 18 - 30 \cdot 9 = 0,$$

кайдан

$$V_A = \frac{15 \cdot 18 \cdot 27 + 20 \cdot 18 + 30 \cdot 9}{36} = \frac{7920}{36} = 220 \text{ кН}$$

V_A және V_B анықтамаларының дұрыстығын тексерейік: $\Sigma Y = 0$ немесе $220 - 15 \cdot 18 - 20 - 30 + 100 = 0$, мұнда $320 - 320 = 0$. Реакциялар дұрыс анықталған. Үшінші теңдеуді жасау үшін сол және оң жартылай доғаларды да қарастыра аламыз. Кесіктің сол жағының тепе-теңдігін C ілмесіне қатысты қарастырайық:

$$\Sigma M\Gamma = V_A \frac{1}{2} - H_A f - q \frac{1}{2} \frac{1}{4} = 0$$

немесе

$$220 \cdot 18 - H_A \cdot 9 - 15 \cdot 18 \cdot 9 = 0,$$

кайдан

$$H_A = \frac{220 \cdot 18 - 15 \cdot 18 \cdot 9}{9} = \frac{1530}{9} = 170 \text{ кН.}$$

Төртінші теңдеу келесі форманы алады: $\Sigma X = H_A - H_B = 0$, мұнда $H_A = H_B = 170 \text{ кН}$. Келесіде қашықтықты белгілей аламыз: $H = 170 \text{ кН}$.

$$M_k = M_l - H y.$$

Көрсетілген нүктелерде сәуленің иілу сәттерін анықтаймыз:

$$M_A^0 = 0; ;$$

$$M_D^0 = V_A \frac{1}{4} - q \frac{1}{4} \frac{1}{8} = 220 \cdot 9 - 15 \cdot 9 \cdot 4,5 = 1372 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_C^0 = V_A \frac{1}{2} - q \frac{1}{2} \frac{1}{4} = 220 \cdot 18 - 15 \cdot 18 \cdot 9 = 1530 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M_E^0 = V_A \frac{1}{4} = 100 \cdot 9 = 900 \text{ кН} \cdot \text{м}; M_B^0 = 0.$$

Параболалық теңдеуден осы нүктелердің координаттарын анықтаймыз:

$$y = \frac{4f}{l^2} x(l-x);$$

при $x = 0$ $y_A = 0;$

при $x = 9 \text{ м}$ $y_D = \frac{4 \cdot 9}{36^2} 9(36 - 9) = 6,75 \text{ м};$

при $x = 18 \text{ м}$ $y_C = 9 \text{ м};$

при $x = 27 \text{ м}$ $y_E = 6,75 \text{ м};$

при $x = 36 \text{ м}$ $y_B = 0.$

Нүктелерде арка бүктелген сәттерді анықтаңыз:

$$M_A = M_A - H y_A = 0 - 0 = 0;$$

$$M_D = M l - H y_D = 1372 - 170 \cdot 6,75 = 225 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_C = M l - H y_C = 1530 - 170 \cdot 9 = 0 \text{ (топсасындағы сәтте әрқашан нөлге тең)}; M_E = M l - H y_E = 900 - 170 \cdot 6,75 = -247,5 \text{ кН} \cdot \text{м}; M_B = 0.$$

3. нүктелердегі көлденең күштерді анықтаңыз А, D, C, E и В:

$$Q_k = Q_0 \cos a - H \sin a.$$

Белгіленген нүктелерде көлденең қимыл күштерін анықтаймыз:

$$Q_A = V_A = 220 \text{ кН};$$

$$Q_D = V_A - ql/4 = 220 - 15 \cdot 9 = 85 \text{ кН};$$

$$Q_0 \text{ лев} = V_A - ql/2 = 220 - 15 \cdot 18 = -50 \text{ кН};$$

$$Q_0 \text{ прав} = V_A - ql/2 - F = 220 - 15 \cdot 18 - 20 = -70 \text{ кН};$$

$$QE^{\text{лев}} = Q_0^{\text{прав}} = -70 \text{ кН}; QE^{\text{прав}} = QE^{\text{лев}} - F_2 = -70 - 30 = -100 \text{ кН};$$

$$QB = QE^{\text{прав}} = -100 \text{ кН}.$$

Көрсетілген нүктелер үшін бұрыштарды анықтаймыз.
Белгілі

$$y' = \operatorname{tg} \alpha = \frac{4f}{l^2} (1 - 2x).$$

Көрсетілген нүктелердің бұрыштарының тангенстерін, бұрыштарын, сондай-ақ бұрыштардың синусын және косинусын анықтаймыз:

нүкте А: $x = 0$, $\operatorname{tg} \alpha = \frac{4 \cdot 9}{36^2} (36 - 0) = 1$,

Қайдан $\alpha = 45^\circ$ и $\sin 45^\circ = 0,707$, $\cos 45^\circ = 0,707$;

нүктесі D: $x = 9$ м, $\operatorname{tg} \alpha = \frac{4 \cdot 9}{36^2} (36 - 2 \cdot 9) = 0,5$,

Қайдан $\alpha = 26^\circ 34'$ и $\sin 26^\circ 34' = 0,447$, $\cos 26^\circ 34' = 0,896$;

нүкте С: $x = 18$ м, $\operatorname{tg} \alpha = \frac{4 \cdot 9}{36^2} (36 - 2 \cdot 18) = 0$,

Қайдан $\alpha = 0^\circ$ и $\sin 0^\circ = 0$, $\cos 0^\circ = 1$;

нүкте E: $x = 27$ м, $\alpha = 26^\circ 34'$, $\sin 26^\circ 34' = 0,447$, $\cos 26^\circ 34' = 0,896$, E нүктесі D нүктесіне симметриялы болғандықтан;

нүкте B: $x = 36$ м, $\alpha = 45^\circ$, $\sin 45^\circ = \cos 45^\circ = 0,707$, өйткені B нүктесі A нүктесіне симметриялы болады.

Көлденең көлденең күштерді анықтаңыз:

$$Q_A = Q_A \cos 45^\circ - H \sin 45^\circ = 220 \cdot 0,707 - 170 \cdot 0,707 = 35,5 \text{ кН};$$

$$Q_D = Q_D \cos 26^\circ 34' - H \sin 26^\circ 34' = 85 \cdot 0,896 - 170 \cdot 0,447 = 0,2 \text{ кН};$$

$$Q_C^{\text{лев}} = Q_C^{\text{лев}} \cos 0^\circ - H \sin 0^\circ = -50 \cdot 1 - 170 \cdot 0 = -50 \text{ кН};$$

$$Q_C^{\text{лев}} = Q_C^{\text{лев}} \cos 0^\circ - H \sin 0^\circ = -70 \cdot 1 - 170 \cdot 0 = -70 \text{ кН};$$

$$Q_E^{\text{прав}} = Q_E^{\text{прав}} \cos 26^\circ 34' + H \sin 26^\circ 34' =$$

$$= -70 \cdot 0,896 + 170 \cdot 0,447 = 13,3 \text{ кН};$$

$$Q_E^{\text{прав}} = Q_E^{\text{прав}} \cos 26^\circ 34' + H \sin 26^\circ 34' =$$

$$= -100 \cdot 0,896 + 170 \cdot 0,447 = -13,6 \text{ кН};$$

$$Q_B = Q_B^0 \cos 45^\circ + H \sin 45^\circ = -100 \cdot 0,707 + 170 \cdot 0,707 = 49,5 \text{ кН}.$$

3. Арқа оң жақ жартысының көлденең қималары үшін көлденең күш үшін өрнектерде екінші мерзім алдындағы белгі «плюс» болып өзгерді.

5. нүктелердегі бойлық күштерді анықтаңыз А, D, C, E и B:

$$N_k = Q_k^0 \sin \alpha + H \cos \alpha.$$

Әр нүктенің сандық мәндерін алмастырамыз:

$$N_A = Q_A^0 \sin 45^\circ + H \cos 45^\circ = 220 \cdot 0,707 + 170 \cdot 0,707 = 275,2 \text{ кН};$$

$$N_D + Q_D^0 \sin 26^\circ 34' + H \cos 26^\circ 34' = 85 \cdot 0,447 + 170 \cdot 0,896 = 190,3 \text{ кН};$$

$$N_C^{лев} = Q_D^{0лев} \sin 0^\circ + H \cos 0^\circ = -50 \cdot 0 - 170 \cdot 1 = 170 \text{ кН};$$

$$N_C^{прав} = Q_C^{0прав} \sin 0^\circ + H \cos 0^\circ = -70 \cdot 0 - 170 \cdot 1 = 170 \text{ кН};$$

$$N_E^{лев} = Q_E^{0лев} \sin 26^\circ 34' + H \cos 26^\circ 34' =$$

$$= 70 \cdot 0,447 + 170 \cdot 0,896 = 183,6 \text{ кН};$$

$$N_E^{прав} = Q_E^{0прав} \sin 26^\circ 34' + H \cos 26^\circ 34' =$$

$$= 100 \cdot 0,447 + 170 \cdot 0,896 = 197 \text{ кН};$$

$$N_B = Q_B^0 \sin 45^\circ + H \cos 45^\circ = 100 \cdot 0,707 + 170 \cdot 0,707 = 190,7 \text{ кН}.$$

Арқалықтың оң жақ бөлігінің учаскелері бойлық күшке арналған өрнектерде бірінші терминнің алдында «минус» белгісі өзгерді. Егер M_k , Q_k және N_k анықтау үшін көп ұпайларды алсақ, мысалы, 1-2 м кейін, онда табылған мәндерден біз иілу сәтін, көлденең және бойлық күштерді белгілей аламыз. Бұл тапсырма ауқымынан тыс.

Есептеу және графикалық жұмыстың міндеті 8. 5-суретте көрсетілген нұсқалардың біріне сәйкес тіректері, аралық және топсалы ілгек және сол және оң жартылай аралықтардың ортаңғы нүктелері: иілу сәттерін, көлденең және бойлық күштерді анықтаңыз. 50 суреттегідей. Так нұсқалар үшін арқа параболиктерінің құрылымын алыңыз.

Арқа өсінің теңдеуі

$$y = \frac{4f}{l^2} x(l-x);;$$

бірінші туынды

$$y' = \frac{4f}{l^2} x(l-2x);.$$

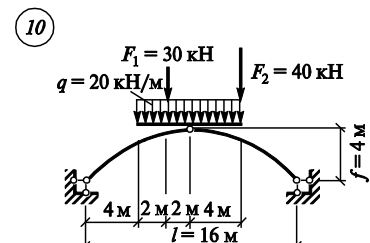
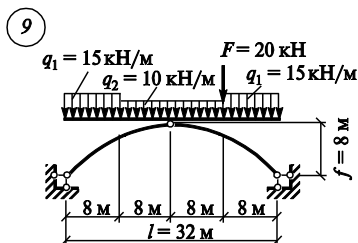
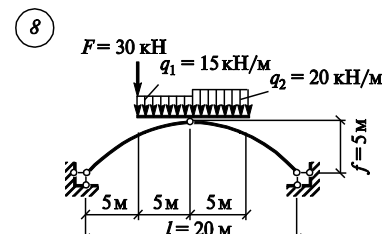
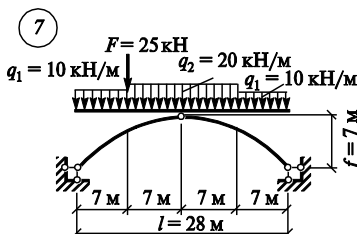
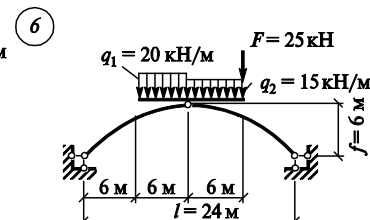
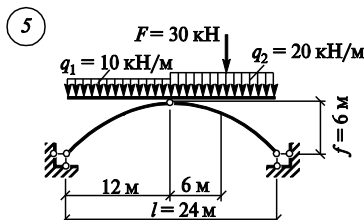
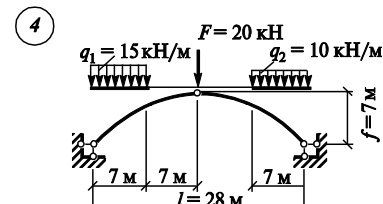
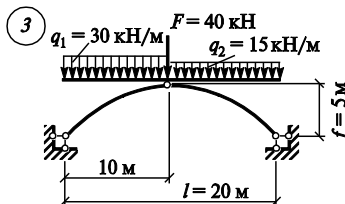
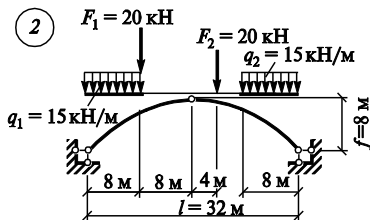
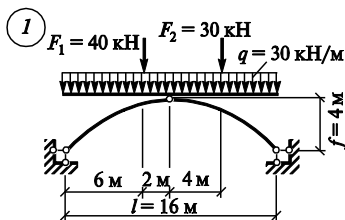
Тіпті опциялар үшін шеңбердің арқа бойындағы арқа сызығын анықтаңыз.

Арқа өсінің теңдеуі

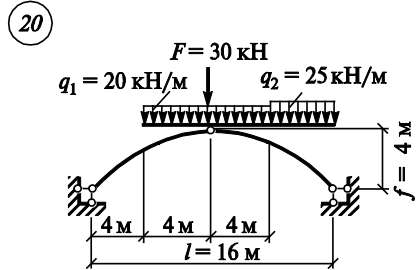
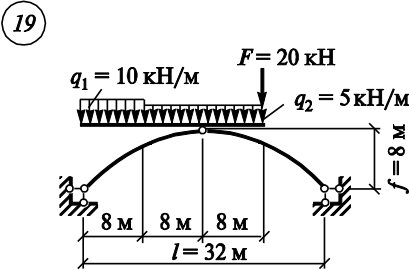
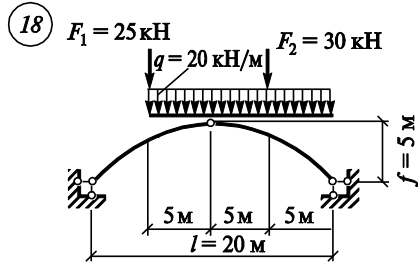
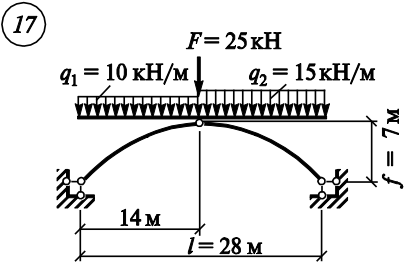
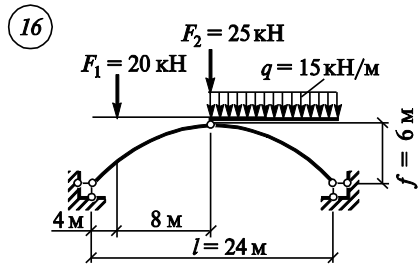
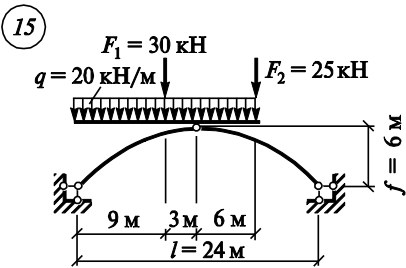
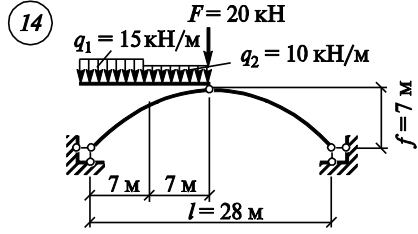
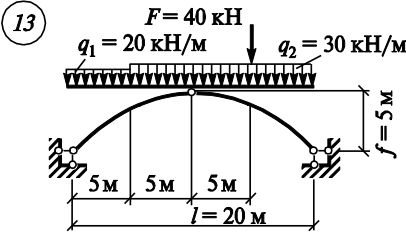
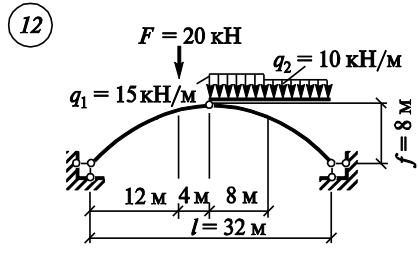
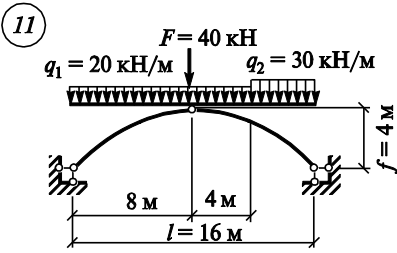
$$y = -\frac{1}{8} (3l - \sqrt{9l^2 + 64lx - 64x});$$

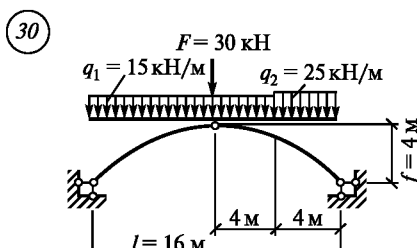
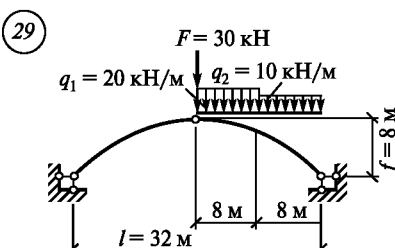
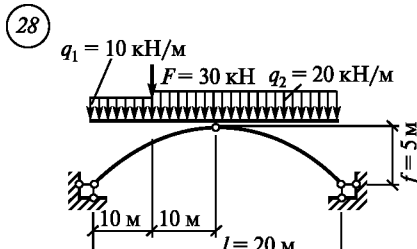
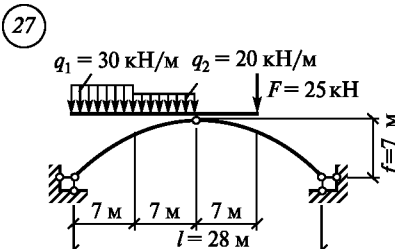
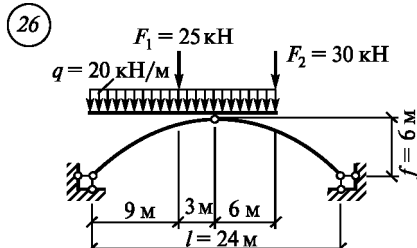
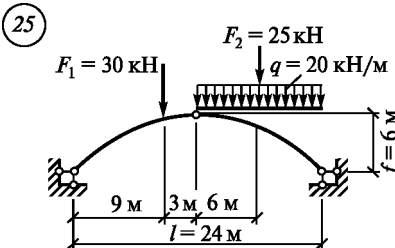
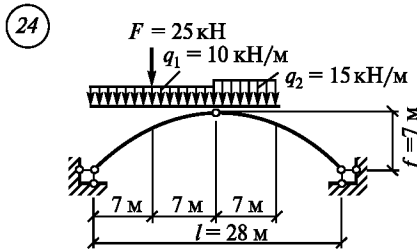
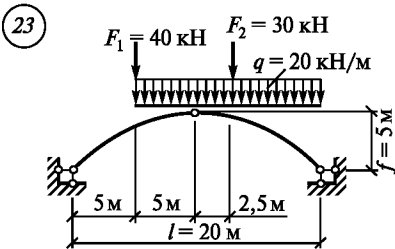
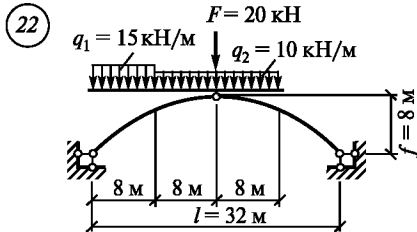
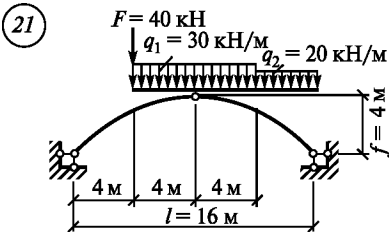
Бірінші туынды

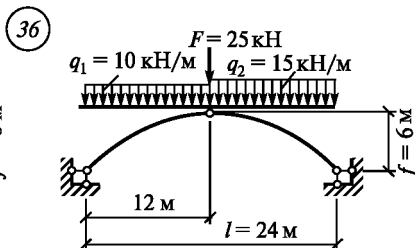
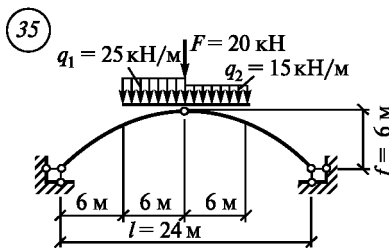
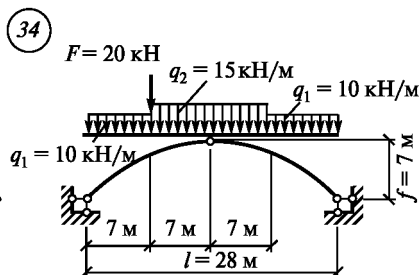
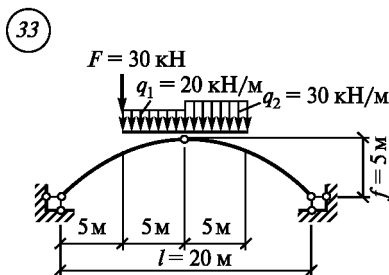
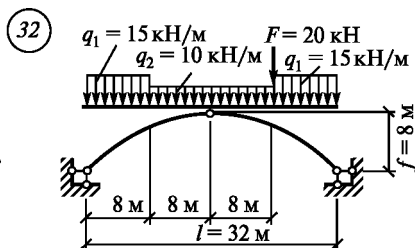
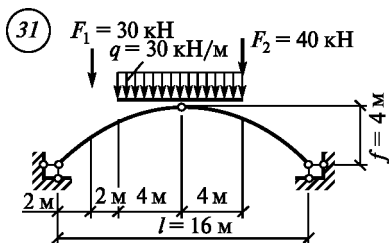
$$y' = -\frac{4(l-2x)}{\sqrt{9l^2 + 64lx - 64x^2}}.$$



50 сурет (166—168 бетті қара)







50сурет. Соңы

5.2.

6.2. МАКСВЕЛЛ-КРЕМОН ДИАГРАММАСЫН ҚҰРУДЫҢ ГРАФИКАЛЫҚ КҮШІН АНЫҚТАУ

1. 1. Жабудың 1 м2 үшін жобалық жүктемені анықтаңыз. Дизайн жүктемесі жүк тиеу коэффициентіне стандартты жүктеме өніміне тең. Нормативтік жүктеме, өз кезегінде, құрылыс кодексінде келтірілген ережелермен анықталады. Оны анықтау проблеманың ауқымынан тыс, сондықтан проблема жағдайында нормативтік тұрақты және нормативтік уақытша (қар) жүктеме берілген. Құрылыс кодексінде жобалық жүктемені анықтау ережелері де келтірілген. Оларды анықтау тәртібі келесідей. Есептелген тұрақты жүктеме gd нормативтік өнімге тең

тұрақты жүктеме үшін сенімділік коэффициентімен жүктелсін у уg:

$$g_d = g_n \gamma_g,$$

Есептелген уақыт жүктемесі s_d норма жүктемесінің өнімі уақытша жүктеме бойынша қауіпсіздік коэффициентіне тең: $s_d \gamma_{js}$ -

Жалпы жүктеме тұрақты және уақыттық жүктемелердің сомасына тең. Толық нормативтік жүктеме

$$q_n = g_n + s_n.$$

Толық нормативтік жүктеме

$$q_d = g_d + s_d.$$

Осы жүктемелердің барлығы 1 м2 төсем үшін бөлінеді.

2. 2. Нодалық жүктемені анықтаңыз, яғни фермадағы бір түйінге жүктеме. Түйіндік жүктеме шоғырландырылған және осы түйінге қатысты жүктің ауданында бөлінген жүктің өніміне тең. Мысалы, түйінге арналған жалпы жүктеме

$$F = q_d^A \text{ груз},$$

мұнда q_d - 1 м2 жабу үшін есептелген бөлінген жүктеме; Жүктеме жинауға арналған жүктеме жиналатын аумақ. Жалпы жағдайда жүк ауданы формула бойынша анықталады $A = b \cdot d$,

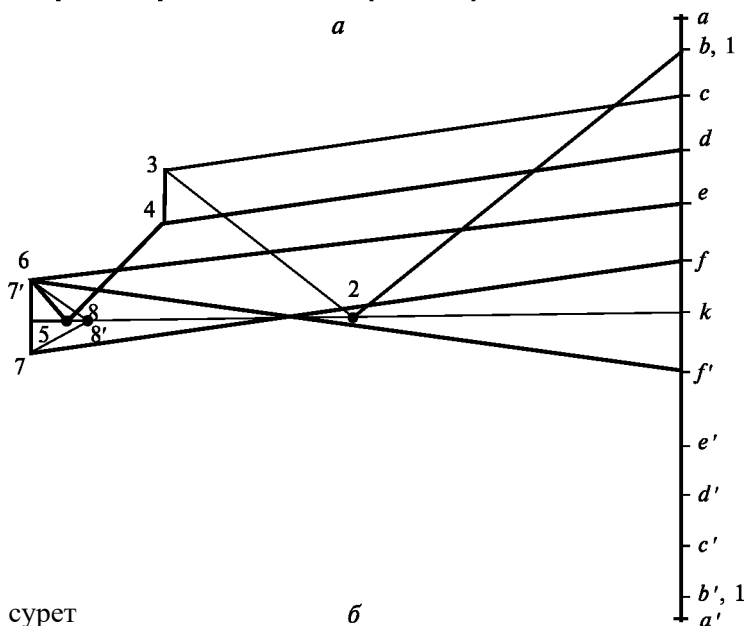
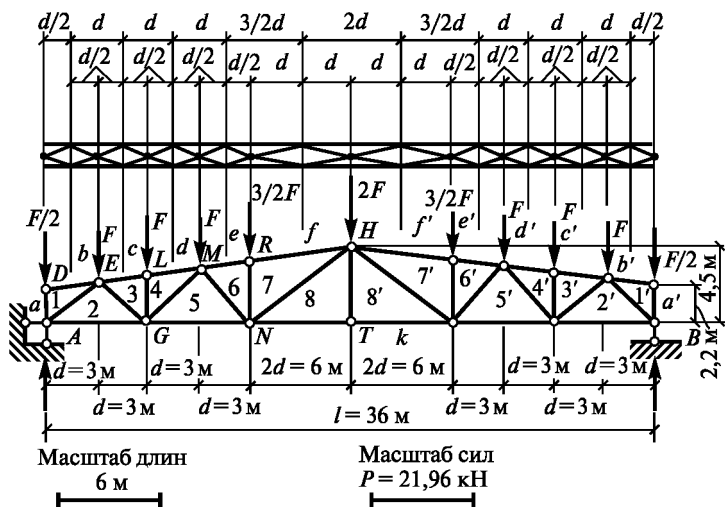
мұндағы b - трескалардың қадамы немесе іргелес шаруашылықтар арасындағы қашықтық; d - трустың жоғарғы белбеуінің панелі немесе торапка жақын белдеудегі белдіктің орталары арасындағы қашықтық.

3. Жүк аудандары барлық аралық түйіндер немесе әртүрлі болуы мүмкін. Сондықтан түйіндік күштер бірдей немесе әр түрлі болуы мүмкін. Бұдан әрі шешім дербес жұмыс әдісімен жасалады

9. Бұл тапсырмада фермерлік шаруашылықтың схемалары құрылыс тәжірибесіне жақын және 9 тапсырмадан гөрі күрделі.

Шешім кез-келген аналитикалық тәсілмен тексерілуі мүмкін.

34-мысал. Максвелл-Кремона диаграммасын құрастыру арқылы бүкіл фермадағы жалпы конструктивті жүктемедегі шыбықтардағы күштерді анықтаңыз, егер $g_n = 0,3 \text{ кН / м}^2$, $s = 0,2 \text{ кН / м}^2$, $\gamma_g = 1,1$, $\gamma_s = 1,4$ болса, онда $b = 6 \text{ м}$ қадамы болады (Сурет 51, а).



51 сурет

б

Шешім. 1. M2 үшін есептелген жүктемені анықтаңыз: • тұрақты конструкция

$$g_d = g_n \gamma_g = 0,3 \cdot 1,1 = 0,33 \text{ кН/м}^2;$$

Болжалды уақыт

$$s_d = S_n \gamma_s = 0,2 \cdot 1,4 = 0,28 \text{ кН/м}^2;$$

- толық есеп айырысу

$$q_d = g_d + s_d = 0,33 + 0,28 = 0,61 \text{ кН/м}^2.$$

2. Түйінді жүктеуді анықтаңыз:

- D түйініне дейін:

$$F_1 = q_d b d / 2 = q \frac{db}{2};$$

- 2-, 3- и 4-й узлы E, L и M:

$$F_2 = q_d db;$$

- 5-ші R түйініне:

$$F_3 = q_d b \frac{3}{2} d = \frac{3qbd}{2};$$

- торап H бойынша тарақты:

$$F_4 = q_d b - 2d = 2q_d db.$$

Ферманың оң жағында күштер сол жақ жарты күштерге симметриялы. Барлық күштер - F_1 санының көбеюі. Сонда біз $Q d d = 0.61 - 6 - 3 = 10.98$ кН номенклатурасын F арқылы белгілейміз

$$F_1 = F/2; F_2 = F; F_3 = 3F/2; F_4 = 2F.$$

Бұл күштерді тиісті түйіндерде қолданамыз (51-суретті қараңыз).

3. Фермадағы геометриялық диаграмманы 1: 600, яғни 1 см-6 м шкаласында суреттеңіз. 51, а. Обозначим поля:

- сыртқы: a, b, c, d, e, f, f', e', d', c', b', a', k,
- ішкі: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 8', 7', 6', 5', 4', 3', 2', 1'.

3. Қолдау реакцияларын анықтаңыз:

а) күштер шкаласын таңдайды: 0,5 см - 10,98 кН немесе 1 см - 21,96 кН;

б) a-b-c-d-e-f-f'-e'-d'-c'-b'-a' күш сызығын құрастыру (51-сурет, б);

3. в) осы сызықты f және f' нүктелері арасында орналасқан нүктеге тең бөліп бөліңіз. Күштер ауқымында өлшенген k , сегмент сегментінің қалдығы дұрыс қолдау реакциясы болып табылады. Олар бірдей және әрқайсысы $6F = 6 \cdot 10.98 = 65.88$ кН.

4. Біз күш диаграммасын құрдық:

а) екі торлы b-1 және 1-дің біріктірілетін D түйінін ақылмен қиып алу. Электр желісінде a және b нүктелері бар.

1— Оларды L-1 және 1-а жолақтарына параллель сызықтарды сызамыз, олар b нүктесінде қиылысады; 1-тармақ осында болуы керек.

2— 1-а күші $F_1 = F / 2 = 5,49$ кН күшке тең және b-1 күші нөлге тең. 1-а шнуры қысылған, себебі 1-күші торапқа (жоғары) бағытталған;

3— 3- б) екі түйіспесі біріктірілетін А түйінін кесіңіз: 1-2 және 2-к, күштері белгісіз. Диаграммада 1 және 1-тармақтар бар, 1-тармақтан сызық 2-к-ге параллель сызықпен сызыңыз, нүктедегі қиылысу дейін, біз 2. Қиығы

4—

1— 1- 2 - 4,35 см, сондықтан 1-2 шпинде күш $4,35 \cdot 21,96 = 95,53$ кН. 2-к сегментінде 3,3 см, 2-к күші $3,3 \cdot 21,96 = 72,47$ кН. Біз күшінің белгісін анықтаймыз 1-2. Диаграммада шыбық 1-2 оқылады; диаграммада 1-ден 2-ші нүктеге дейінгі қозғалыс 1-2-ші жол бойынша төменге бағытталған. Біз бұл қозғалысты шұңқырға 1-2 жібереміз, ол торапқа бағытталады, сондықтан штангалар қысылады. Біз 2-к күшінің белгісін анықтаймыз: ферманың диаграммасындағы таяқпен оқылады 2- к;

2-стресс диаграммасында 2-ден нүктеге дейін қозғалыс солдан оңға қарай жүргізіледі. Біз бұл қозғалысты 2-дық штангаға береміз, ол тораптан бағытталады, яғни штангалық созылады;

2— с) екі штангаға жақындаған Е түйінін қарастырыңыз: с-3 және

3— 2,2, күштері белгісіз. Күрделі диаграммада с және 2-тармақтар бар, с-3 шегіне параллель сызықты сызықпен және 2-ші жолдың 3-ші жолға параллель сызықты, 3-тармақта көрсетілген өзара қиылысқанға дейін келтіріңіз. С-3 секциясының ұзындығы 5,15 см; с-3 күші $5,15 \text{ тең} \cdot 21,96 = 113,09$ кН. 3-2 сегментінің ұзындығы 2,4 см, 3-2 штангасындағы күш $2,4 \cdot 21,96 = 52,7$ кН. С-3 күшінің белгісін анықтаңыз: с-3 оқылады, диаграммада нүктеден 3-ге дейінгі қозғалыс оңнан солға бағытталған. Біз бұл қозғалысты с-3 роугына береміз, ол түйінге бағытталған, яғни штангалар қысылады. 3-2 күшінің белгісін анықтаңыз: штангаға 3-2 оқылады, диаграммада 3-тен 2-тармаққа дейінгі қозғалыс солдан оңға қарай (күшпен); бұл қозғалысты штангаға 3-2 ауыстыру; ол тораптан бағытталған - штангалық созылады;

4d) D-4 және 4-3-нүктелері біріктірілетін L түйінін қарастырыңыз, күштері белгісіз. D және 3-тармақтардың диаграммасында 4-3 және d-4 жолақтарына параллель сызықтар сызамыз, біз 4-тармақты аламыз. D-4 күші $5,15 \cdot 21,96 = 113,09$ кН-ға тең, 4-3 күші $0,5 \cdot 21,96 = 10,98$ кН. Екі жолақ қысылған;

е) Жоғарыда көрсетілген схемадан негізделген G, M, N, H және T түйіндерін қарастырайық (өздігінен жұмысын қараңыз [10]), қалған шоктардағы күштердің шамалары мен белгілерін анықтаймыз.

Шешімнің нәтижесі бойынша біз күш-жігердің кестесін жасаймыз (3-кесте).

Табылған күштердің дұрыстығын кейбір аналитикалық жолдармен, мысалы, көлденең қималар арқылы тексеріп көрейік.

Стержень	$a-1$	$b-1$	$1-2$	$\kappa-2$	$c-3$	$2-3$
Күш, кН	-5,49	0	-95,53	72,47	-113,09	52,7

Стержень	$3-4$	$d-4$	$4-5$	$5-\kappa$	$e-6$
Күш, кН	-10,98	-113,09	-32,39	133,41	-142,19

Стержень	$6-5$	$6-7$	$/-7$	$7-8$	$8-\kappa$	$8-8$
Күш, кН	11,53	-16,47	-142,10	-12,63	130,66	0

Бұл басқа штангалардағы күштерді анықтамай, кез-келген штандағы күшті тексеруге мүмкіндік береді. Мысалы, MR, MN және GN (графикалық шешімде олар сәйкесінше $e-6$, $6-5$ және $5-ші$) деп аталатын үш бағанның күштерін тексерейік. Мысалы, MR, MN және GN (графикалық шешімде олар сәйкесінше $e-6$, $6-5$ және $5-ші$) деп аталатын үш бағанның күштерін тексерейік.

Біз 1-бөлікті екі бөлікке бөлеміз (52-сурет, а). Әрбір күш-жігерді анықтағанда, сәтте нүкте деп аталады, яғни күштің орналасқан штокты қоспағанда, барлық штандалар (немесе олардың әрекет сызығы) қиылысатын нүкте көрсетіледі. Осыған байланысты шаруашылықтың бір бөлігіндегі (солға немесе оңға) орналасқан барлық күштердің сәттері жинақталады. GN штангасындағы күшті анықтаңыз. Күшті SGN анықтау сәті нүкте M (түйін M) болып табылады. Ферманың сол жағында орналасқан барлық күштердің сәттерін M нүктесіне қатысты қабылдаймыз:

$$S_{GN}h_1 + 6F3d - F/2 \cdot 3d - F \cdot 2d - Fd = 0,$$

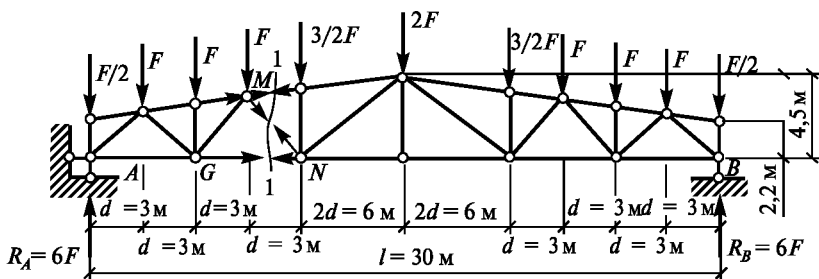
мұнда h_1 - M нүктесіне қатысты S_{GN} күші;

$$h_1 = h_0 + 3d \operatorname{tg} \alpha = 2,2 + 3 \cdot 3 \cdot 0,1278 = 3,35 \text{ м},$$

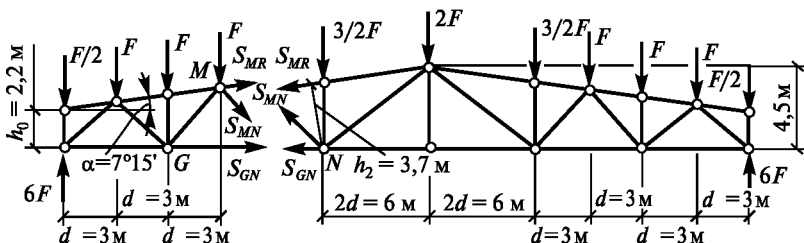
$$\text{кайда } \operatorname{tg} \alpha = \frac{4,5 - 2,2}{18} = 0,1278; \alpha = 7^\circ 15'.$$

S_{GN} анықтау үшін сандық мәндерді теңдеуге ауыстырамыз:

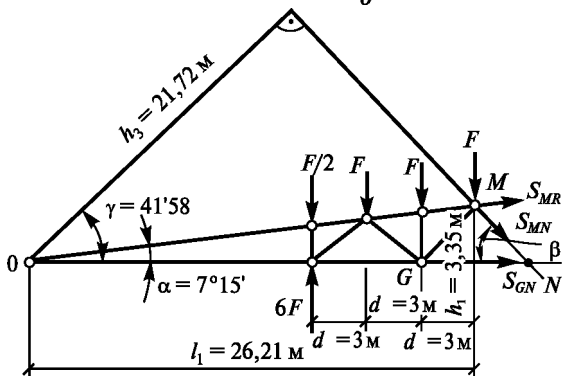
$$-S_{GN} \cdot 3,35 + 54F - 4,5F - 6F = 0,$$



a



б



в

52 сурет

Қайдан $S_{GN} = -3,35 \cdot 12,09F$.

Есте болсын $F = 10,98$ кН, $S_{GN} = 12,09 \cdot 10,98 = 132,7$ кН.

Графикалық әдіспен осы штангаға күш 133,4 теңкН. Графикалық шешім әдісіндегі қате:

$$\frac{133,4 - 132,7}{132,7} 100\% = 0,53\%$$

ШТ МР-да күшті анықтаңыз. SMR күшін анықтау үшін сәт нүктесі N нүктесі (52-сурет, б). Ферманың оң жағында орналасқан барлық күштердің сәттерін C нүктесіне қатысты жасайық:

$$S_{MR}h_2 + 2F \cdot 2d + 3/2F \cdot 4d + F \cdot 5d + F \cdot 6d + F \cdot 7d + F/8d - 6F \cdot 8d = 0,$$

мұндағы h_2 N нүктесіне қатысты SMR күші ;

$$h_2 = NR \cos a = 3,73 \cos 7^\circ 15' = 3,7 \text{ м},$$

где $NR = h_0 + 4d \operatorname{tg} a = 2,2 + 4 \cdot 3 \operatorname{tg} 7^\circ 15' = 3,73 \text{ м}$.

Подставим числовые значения в уравнение:

$$- S_{MR} \cdot 3,7 + 12F + 18F + 15F + 18F + 21F + 12F - 144F = 0,$$

$$\text{қайдан } S_{MR} = -48F/3,7 = -12,97F,$$

немесе $S_{MR} = -12,97 \cdot 10,98 = -142,3 \text{ кН}$, так как $F = 10,98 \text{ кН}$.

Графикалық әдіспен есептеудегі қателіктер:

$$\frac{142,3 - 142,19}{142,3} 100\% = 0,17\%.$$

MN брактағы күшті анықтаңыз. SMN күшін анықтаудың сәті нүкте жоғарғы және төменгі белбеудің (немесе SMR және SGN күштерінің) жалғасуы болып табылатын сызықтардың қиылысу нүктесі болады - 0 нүктесі (52-сурет, с). Ферманың сол жағында орналасқан барлық күштердің сәттерін сомаға қарай құрайық 0:

$$S_{MN}h_3 + Fl_1 + F(l_1 - d) + F(l_1 - 2d) + \frac{F}{2}(l_1 - 3d) - 6F(l_1 - 3d) = 0,$$

мұндағы h_3 - 0 нүктесіне қатысты S_{MN} күші;

$$h_3 = (l_1 + d) \cos \gamma = (26,21 + 3) \cos 41^\circ 58' = 21,72 \text{ м},$$

$$\text{қайда } \gamma = 90^\circ - \rho = 90^\circ - 48^\circ 2' = 41^\circ 58'; \operatorname{tg} \rho = 3,35 = 1,117; \rho = 48^\circ 2';$$

$$l_1 = \frac{h_1}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{3,35}{0,1278} = 26,21 \text{ м}.$$

S_{MN} анықтау үшін формуладағы сандық мәндерді алмастырамыз:

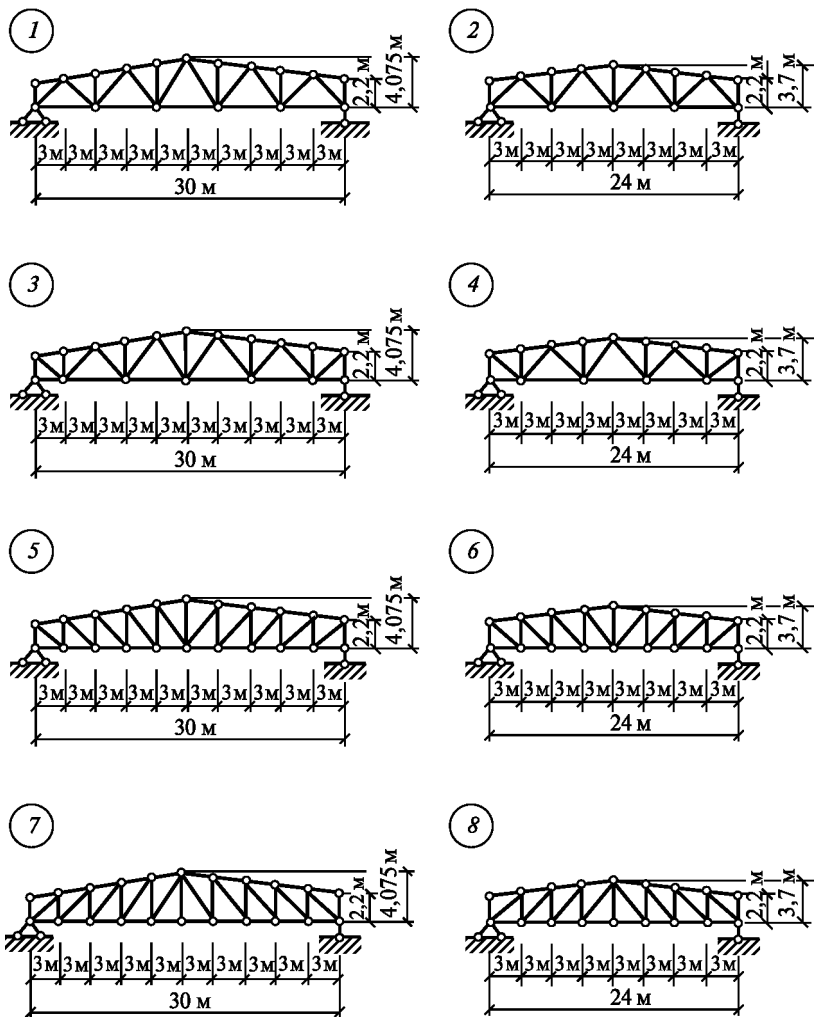
$$S_{MN} \cdot 21,72 + F \cdot 26,21 + F \cdot 23,31 + F \cdot 20,21 + \frac{F}{2} 17,21 - 6F \cdot 17,21 = 0,$$

Қайдан

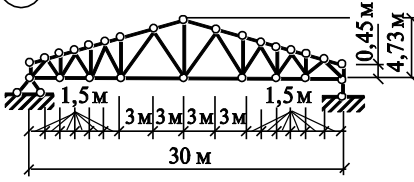
$$S_{MN} = 25,03/21,72 = -1,152F,$$

$$\text{или } S_{MN} = -1,152 \cdot 10,98 = -12,65 \text{ кН}.$$

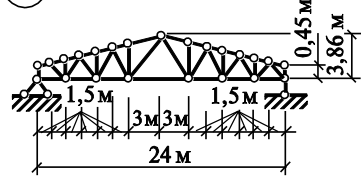
Есептеу және графикалық жұмыстарға тапсырма 9. Максвелл-Кремона диаграммасын құрып, бір (екі) штангаға күштерді көлденең қималар арқылы форманың шпиндегі күштерін фермадағы жалпы есептелген жүктемеден анықтаңыз. 53. Тіпті нұсқалар үшін: $g_n = 1.2 \text{ кН/м}^2$, $c = 1.5 \text{ кН/м}^2$; тақ нұсқалар үшін, $g_n = 0.8 \text{ кН/м}^2$, $c = 1.0 \text{ кН/м}^2$.



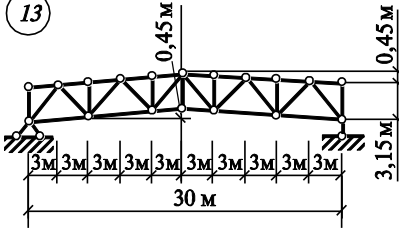
11



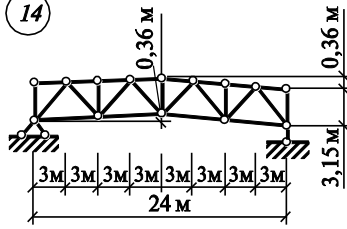
12



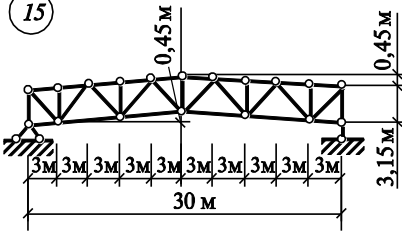
13



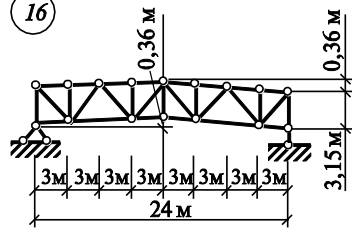
14



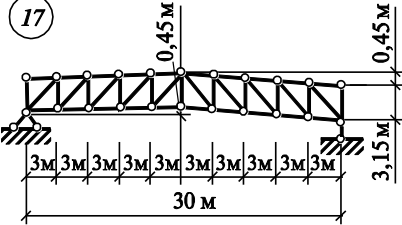
15



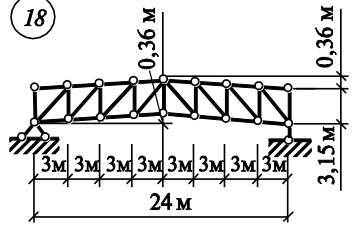
16



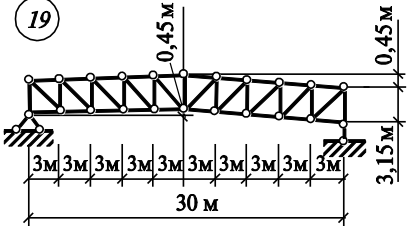
17



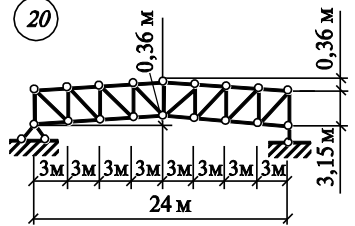
18



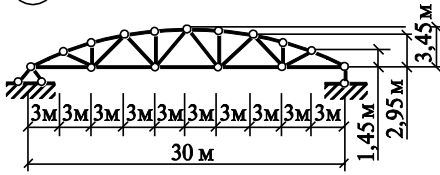
19



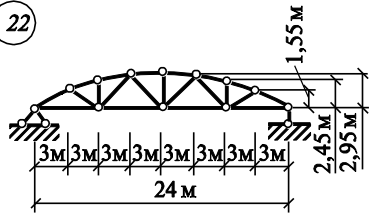
20



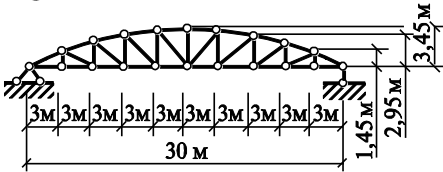
21



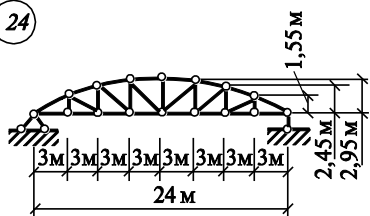
22



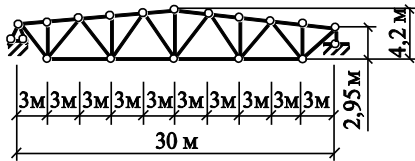
23



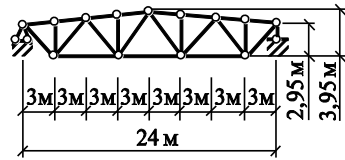
24



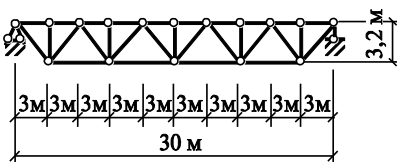
25



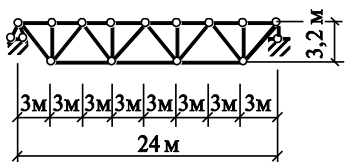
26



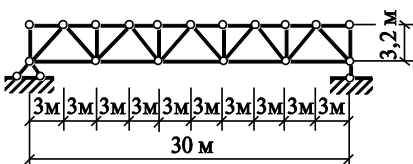
27



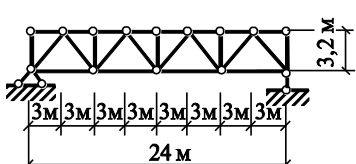
28

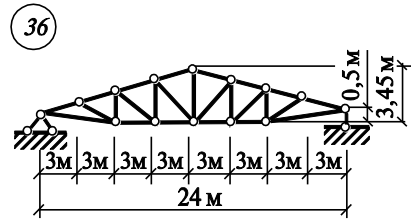
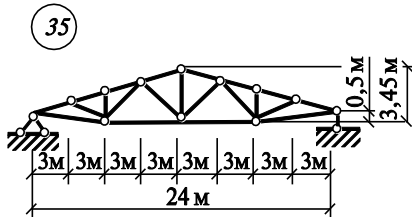
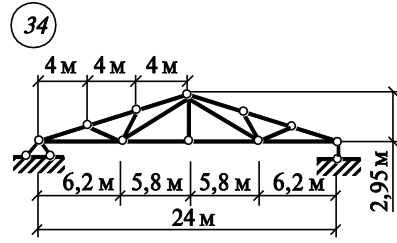
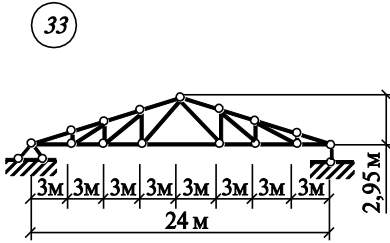
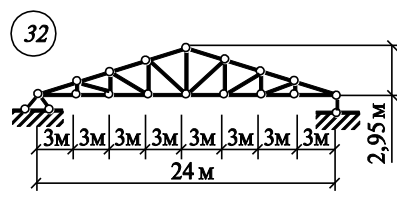
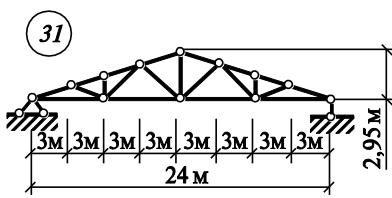


29



30





53 сурет. Соңы

6.3. ТҰРАҚТЫЛЫҚ СТАТИСТИКА НЕГІЗДЕРІН ЕСЕПТЕУ

1. 1. Жүйенің статистикалық анықталмау дәрежесін анықтаңыз:

$$H = 2W + C_{on} - 3D,$$

мұндағы W - кадрдағы аралық ілмектер саны; C_{on} - раманы негізге сүйрететін тірек штангаларының саны (топсаның мобильді тіреуі бір тірек штангасы бар, тірекке бекітілген - екі, қатаң қысылған - үш); D - жүйені құрайтын қатты дискілердің саны.

2. Жүйенің статикалық анықталмау дәрежесі қажетсіз қосылыстар санына тең. Есептеу-графикалық жұмыс міндеттерінде екі рет статикалық түрде анықталмаған кадрлар бар. Бұл көрінеді.

Негізгі жүйені таңдаңыз, ол статистикалық түрде анықталуы керек. Бұл үшін артық қосылыстарды алып тастап, олардың әрекетін әлі күнге дейін белгісіз реакциялармен ауыстыру қажет. Есептік-графикалық жұмыстың міндеттерінде негізгі жүйені сынған өспен немесе конструкцияның екі бөлігін алып тастап, олардың әрекетін X_1 және X_2 -ті білдіретін реакциялармен алмастыруға болады. Негізгі жүйе үшін берілген жүктемеден тән нүктелердегі иілу сәттерін анықтаңыз және сәттің диаграммасын белгілеңіз. Бұл диаграмма жүк диаграммасы деп аталады және MF арқылы белгіленеді. Строят эпюры моментов от единичных сил: $X_1 = 1$ и $X_2 = 1$.

3. Бұл диаграммалар бірлік диаграммалары деп аталады және M1 және M2 арқылы белгіленеді. *Күштер әдісінің канондық теңдеуін қалыптастыру.* Теңдеулер саны жүйенің статикалық анықталмау дәрежесіне (белгісіздердің саны) байланысты.

$$1) \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \Delta_{1F} = 0$$

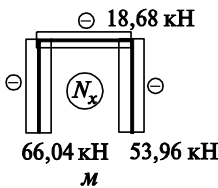
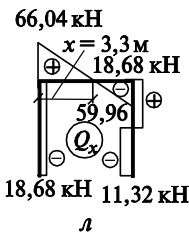
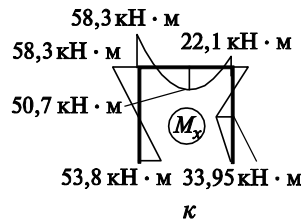
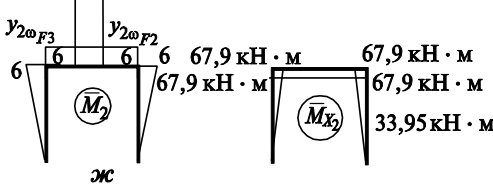
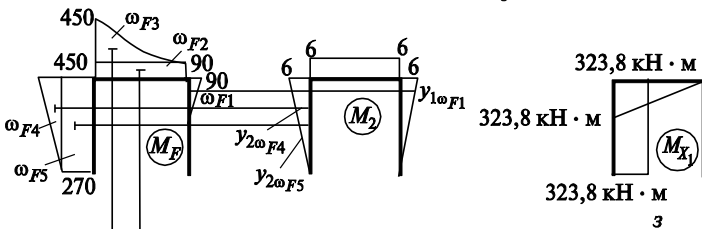
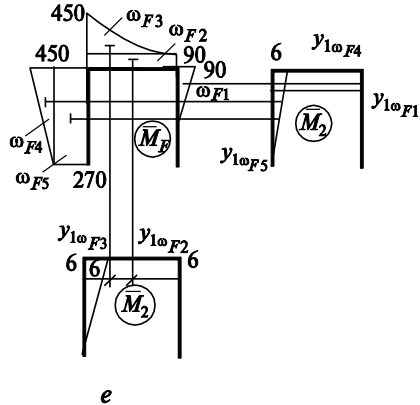
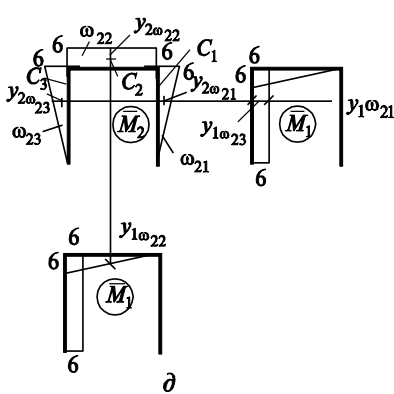
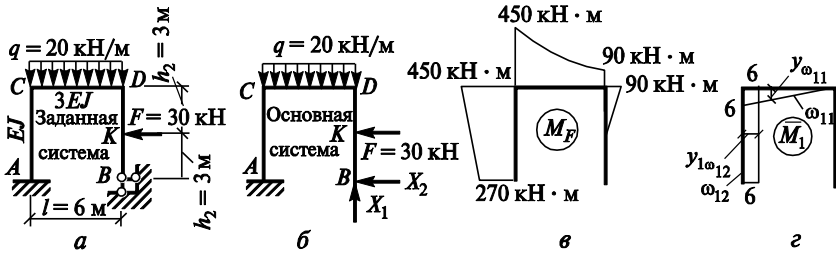
$$2) \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \Delta_{2F} = 0.$$

4. Белгісіздер үшін коэффициенттерді жеке диаграммаларды жүк диаграммасымен көбейту арқылы бірлік диаграммалары мен еркін терминдерді көбейту арқылы анықтаңыз. Бұл жағдайда оны пайдалану керек. X_1 және X_2 белгісіздер теңдеулерден табылған.

X_1 және X_2 диаграммалары M1 және M2 диаграммалары мәндерін көбейту арқылы MX_1 және MX_2 анықталған күштерден сәттерді құрастырыңыз.

Mr, MX_1 және MX_2 диаграммалары сәттерінің мәндерін қосу арқылы белгілі бір жүктемеден тән нүктелердегі иілу сәттерін анықтаңыз. Бұл тапсырманы шешуді аяқтайды. Q_x N_x диаграммалары мен деформацияларды тексеру жұмыстары проблеманың ауқымынан тыс қалады. Олар өздігінен жұмыс істейтін ережелерге сәйкес салынуы мүмкін. Мысал 35. Суреттегі рамка үшін M_x диаграммасын құрыңыз. 54, а. *Шешім. 1. Берілген жүйенің статикалық белгісіздігінің деңгейін анықтаңыз:*

$$N = 2W + C_{оп} - 3D = 2 \cdot 0 + 5 - 3 \cdot 1 = 2.$$



54 сурет

Рама екі қосымша қосылымға ие және екі рет статикалық түрде анықталмаған.

2. *Негізгі жүйені таңдаңыз. Біз екі қосылымы бар екі қолдауға ие боламыз(екі тірек тіреуі).* Негізгі жүйе статикалық түрде анықталған конструкторлық конструкция болып табылады. Біз жойылмаған облигациялардың X_1 және X_2 екі күштерінің әсерін ауыстырамыз, олар әлі белгісіз (54-сурет, б).

3. Негізгі жүйе үшін берілген жүктемеден тән нүктелердегі иілу сәттерінің мәндерін анықтаймыз:

стойка BD :

$$M_B = 0; M_K = 0;$$

$$M_D = -Fh/2 = -30 \cdot 3 = -90 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

• CD ригелі :

$$M_D = -Fh/2 = -30 \cdot 3 = -90 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_C = -Fh/2 - \frac{ql^2}{2} = -30 \cdot 3 - \frac{20 \cdot 6^2}{2} = -90 - 360 = -450 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

• ортасында бүгілетін сәт

$$M_{x=3 \text{ м}} = -Fh/2 - ql/21/4 = -90 - \frac{20 \cdot 6^2}{2} = -90 - 360 = -450 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

• тірек AC :

$$M_C = -450 \text{ кН} \cdot \text{м}; M_A = Fh/2 - ql^2/2 = 30 \cdot 3 - \frac{20 \cdot 6^2}{2} = 90 - 360 = -270 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Алынған мәндерден MF диаграммасын саламыз (54-сурет, с).

4. $X_1 = 1$ және $X_2 = 1$ күштерінің сипаттамалық нүктелеріндегі сәттерді анықтаңыз:

а) $X_1 = 1$ күшінен:

• BD тірегі:

$$M_{Av} = AA \kappa = MAD = 0;$$

• CD ригелі :

$$M_D = 0; M_C = X_1 l = 1 \cdot 6 = 6 \text{ м};$$

• AC тірегі:

$$M_C = M_A = X_1 l = 1 \cdot 6 = 6 \text{ м}.$$

Алынған мәндерден M1 диаграммасын саламыз (54-сурет, d);

б) $X_2 = 1$ күшінен :

$$M_B = 0; M_K = -X, h/2 = -1 \cdot 3 = -3 \text{ м};$$

$$M_D = -X_2 h = -1 \cdot 6 = -6 \text{ м};$$

CD ригелі:

$$R_{AD} = Me = -6 \text{ м};$$

AC тірегі:

$$M_C = 6 \cdot 1 = 6 \text{ м}; M_A = 0.$$

5. Алынған мәндерден М 2 диаграммасын саламыз (54-сурет, d). Күштер әдісінің канондық теңдеулерін қалыптастырамыз:

$$\begin{aligned} 1) \quad & \delta_{11} X_1 + \delta_{12} X_2 + \Delta_{1F} = 0; \\ 2) \quad & \delta_{21} X_1 + \delta_{22} X_2 + \Delta_{2F} = 0. \end{aligned}$$

$$\delta_{11} = \frac{1}{3EJ} \omega_{11} y_{1\omega_{11}} + \frac{1}{EJ} \omega_{12} y_{1\omega_{12}} =$$

$$= \frac{1}{3EJ} \left(\frac{1}{2} \cdot 6 \cdot 6 \cdot \frac{2}{3} \cdot 6 \right) + \frac{1}{EJ} 6 \cdot 6 \cdot 6 = \frac{240}{EJ} \text{ (рис.54, з);}$$

$$\delta_{22} = \frac{1}{EJ} \omega_{21} y_{2\omega_{11}} + \frac{1}{3EJ} \omega_{22} y_{2\omega_{22}} + \frac{1}{EJ} 6 \cdot 6 \cdot \frac{2}{3} \cdot 6 =$$

$$= \frac{72 + 72 + 72}{EJ} = \frac{216}{EJ} \text{ (рис.54, д);}$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \frac{1}{EJ} \omega_{21} y_{1\omega_{21}} - \frac{1}{3EJ} \omega_{22} y_{1\omega_{22}} - \frac{1}{3EJ} \omega_{23} y_{1\omega_{23}} =$$

$$= \frac{1}{EJ} 6 \cdot 6 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0 - \frac{1}{3EJ} 6 \cdot 6 \cdot \frac{6}{2} - \frac{1}{EJ} \frac{1}{2} 6 \cdot 6 \cdot 6 =$$

$$= 0 - \frac{36}{EJ} - \frac{108}{EJ} = -\frac{144}{EJ} \text{ (рис.54, д);}$$

$$\Delta_{if} = \frac{1}{EJ} \omega_{F1} y_{1\omega F1} - \frac{1}{3EJ} (\omega_{F2} y_{1\omega F2} + \omega_{F3} y_{1\omega F3}) -$$

$$- \frac{1}{EJ} (\omega_{F4} y_{1\omega F4} + \omega_{F5} y_{1\omega F5}) = \frac{1}{EJ} \frac{1}{2} 90 \cdot 3 \cdot 0 -$$

$$- \frac{1}{3EJ} \left(90 \cdot 6 \cdot 3 + \frac{1}{3} 360 \cdot 6 \cdot \frac{3}{4} 6 \right) - \frac{1}{EJ} \left(\frac{1}{2} 180 \cdot 6 \cdot 6 + 270 \cdot 6 \cdot 6 \right) =$$

$$= \frac{-1620 - 12960}{EJ} = -\frac{14580}{EJ} (\text{рис.54, e});$$

$$\Delta_{2F} = \frac{1}{EJ} \omega_{F1} y_{2\omega F1} + \frac{1}{3EJ} (\omega_{F2} y_{2\omega F2} + \omega_{F3} y_{2\omega F3}) +$$

$$+ \frac{1}{EJ} (\omega_{F4} y_{2\omega F4} + \omega_{F5} y_{2\omega F5}) = \frac{1}{EJ} \frac{1}{2} 90 \cdot 3 \cdot \frac{5}{6} 6 +$$

$$+ \frac{1}{3EJ} \left(90 \cdot 6 \cdot 6 + \frac{1}{3} 360 \cdot 6 \cdot 6 \right) + \frac{1}{EJ} \left(\frac{1}{2} 180 \cdot 6 \cdot \frac{2}{3} 6 + 270 \cdot 6 \cdot \frac{6}{2} \right) =$$

$$= \frac{675 + 2560 + 7020}{EJ} = \frac{10215}{EJ} (\text{сур.54, ж})$$

Бұл мәндерді канондық теңдеулерге ауыстырамыз:

$$240X - 144X_2 - 14580 = 0; -144X_1 + 216X_2 + 10215 = 0.$$

Теңдеулер жүйесін шешу:

$$X_1 = 53,96 \text{ кН}; X_2 = -11,32 \text{ кН}.$$

6. X2 күшінің құнына дейін минус белгісі, ол шын мәнінде күріш көрсетілгендей қарсы бағытқа бағытталған дегенді білдіреді. 54, б.

7. Біртұтастыққа тең емес X1 және X2 күштерінің иілу сәттерінің диаграммаларын теңдеулердің шешімінен алынған мәндерге келтіреміз а) X1 - 53,96 кН күші бойынша. Бұл күштің сәттері M1 диаграммасының мәндерін 53,96 кН-ға көбейту арқылы алуға болады.:

а) X1 - 53,96 кН күші бойынша. Бұл күштің сәттері M1 диаграммасының мәндерін 53,96 кН-ға көбейту арқылы алуға болады: $M_C - 6 \cdot 53,96 = 323,8 \text{ кН} \cdot \text{м}$ (54сурет, з);

б) X2 --11,32 кН күші бойынша. Бұл күштің сәттері M2 диаграммасының мәндерін -11,32 кН-ға көбейту арқылы алуға болады: $M_B - M_C = -6(-11,32) = 67,9 \text{ кН} \cdot \text{м}$ (54сурет, и).

M_F , M_{X1} и M_{X2} : диаграммалары мәндерін жинақтап, нүктелердің мәдерін табыз.

$$M_B = 0; M_K = \frac{67,9}{2} = 33,95 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_D = 67,9 - 90 = -22,1 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

- *CD* ригелі :

$$M_D = -22,1 \text{ кН} \cdot \text{м}; M_C = -450 + 323,8 + 67,9 = -58,3 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_K = -180 + \frac{323,8}{2} + 67,9 = 49,8 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

- *AC* тірегі:

$$M_A = 323,8 - 270 = 53,8 \text{ кН} \cdot \text{м}; M_C = -58,3 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Жолдардың табылған мәндерінен M_x диаграммасы (54-сурет, к). С және D нүктелерінің арасындағы көлденең шептегі сәтте мәндер Q_x диаграммасын құрастырғаннан кейін немесе икемді сәттер мен көлденең күштердің мәндері арасындағы дифференциалдық тәуелділіктерді қолдану арқылы тазалануы керек. Бұл жағдайда кронштейндегі бүгілетін сәттің ең үлкен мәні С нүктесінен 3,3 м нүктесінде және 50,7 кН м тең болады. Q_x және N_x жоспарлау және сынақты орындау сияқты әрекеттер тапсырма ауқымынан тыс. Q_x және N_x диаграммалары күріште көрсетілген. 54, l, м.

Мысал 36. Суреттегі рамка үшін M_x диаграммасын құрыңыз. 55, а.

Шешім. 1. Берілген жүйенің статикалық белгісіздік дәрежесі анықтаңыз:

$$L = 2Ш + C_{он} - 3Д = 2 \cdot 0 + 5 - 3 \cdot 1 = 2.$$

2. Рама екі қосымша қосылымға ие және екі рет статикалық түрде анықталмаған.

• Біз негізгі жүйені таңдаймыз. Біз екі байланыстары бар А тірегінен бас тартамыз. Біз жойылған облигациялардың екеуі белгісіз күштердің әсерімен ауыстырамыз: X_1 және X_2 (сурет 55, в) Негізгі жүйе үшін берілген жүктемеден тән нүктелерде иілу сәттерін анықтаңыз:

- *AD* ригелі :

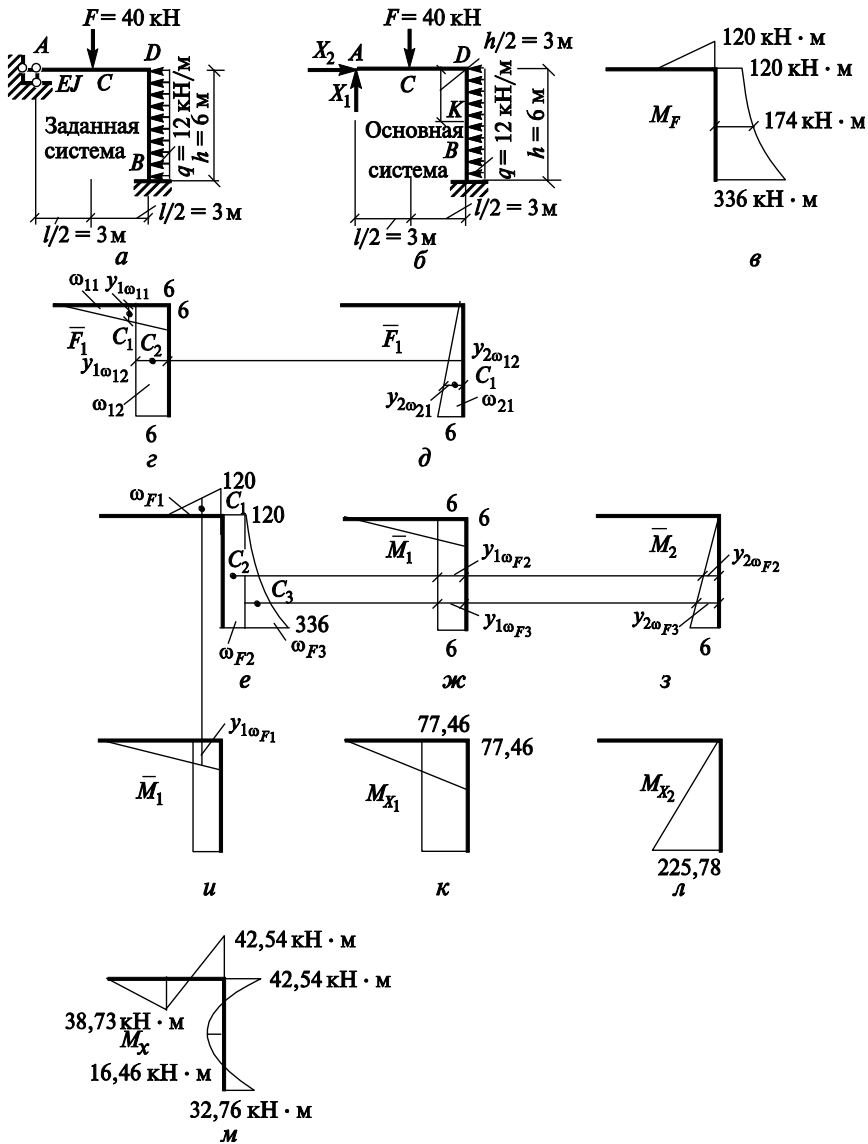
$$M_A = M_C = 0; M_6 = -F l/2 = -40 \cdot 3 = -120 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

- *BD* тірегі :

$$M_6 = -120 \text{ кН} \cdot \text{м}; M_B = -F l/2 - q l l/2 = -40 \cdot 3 -$$

$$-12 \cdot 6 \cdot 3 = -336 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_K = -F l/2 - q l^2 = -40 \cdot 3 - 12 \cdot 3 \cdot 1,5 = -174 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$



55-сурет

Алынған мәндерден MF диаграммасын саламыз (55-сурет, в).

3. 3. Құрылғының икемді сәттерін X_1 және X_2 күштерімен анықтаңыз.

а) $X_1 = 1$ күшінен:

AD ригелі:

$$M_A = 0; M_C = Xl = 1 \cdot 6 = 6 \text{ м};$$

• *BD тірегі:*

$$M_D = 6 \cdot 1 = 6 \text{ м}; M_A = Xl = 1 \cdot 6 = 6 \text{ м}.$$

Алынған мәндерден M1 диаграммасын саламыз (55-сурет, d);
б) күші бойынша $X_2 = 1$:

AD ригелі:

$$M_A = M_D = 0;$$

• *BD тірегі:*

$$M_D = 0; M_B = X_2 h = 1 \cdot 6 = 6 \text{ м}.$$

4. Жолдар үшін табылған мәндерден M2 диаграммасы (Сурет 55, d).

5. Күштер әдісінің канондық теңдеулерін құрайық:

$$1) \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \Delta_{1F} = 0;$$

$$2) \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \Delta_{2F} = 0.$$

$$\begin{aligned} \delta_{11} &= \frac{1}{EJ} \omega_{11} y_{1\omega 11} + \frac{1}{2EJ} \omega_{12} y_{1\omega 12} = \frac{1}{EJ} \frac{1}{2} 6 \cdot 6 \frac{2}{3} 6 + \\ &+ \frac{1}{2EJ} 6 \cdot 6 \cdot 6 = \frac{72 + 108}{EJ} = \frac{180}{EJ} \text{ (сур.55, в);} \end{aligned}$$

$$\delta_{22} = \frac{1}{2EJ} \omega_{21} y_{2\omega 21} + \frac{1}{2EJ} \frac{1}{2} 6 \cdot 6 \frac{2}{3} 6 = \frac{36}{EJ} \text{ (сур.55, д);}$$

$$\begin{aligned} \Delta_{1F} &= \frac{1}{EJ} \omega_{F2} y_{1\omega F1} - \frac{1}{2EJ} \omega_{F2} y_{1\omega F2} - \frac{1}{2EJ} \omega_{F3} y_{1\omega F3} = \\ &= \frac{1}{EJ} \frac{1}{2} 120 \cdot 3 \frac{5}{6} 6 - \frac{1}{2EJ} 120 \cdot 6 \cdot 6 - \frac{1}{2EJ} \frac{1}{3} 216 \cdot 6 \cdot 6 = \\ &= -\frac{1}{EJ} (900 + 2160 + 1296) = -\frac{4356}{EJ} \text{ (сур.55, е, ж, и, к);} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{2F} &= \frac{1}{2EJ} (\omega_{F2} y_{2oF2} + \omega_{F3} y_{2oF3}) = \\ &= \frac{1}{2EJ} \left(120 \cdot 6 \frac{6}{2} + \frac{1}{3} 216 \cdot 6 \frac{3}{4} 6 \right) = -\frac{1}{2EJ} (2160 + 1944) = \\ &= -\frac{2052}{EJ} \text{ (см. сур. 55, e, u).}\end{aligned}$$

Канондық теңдеулердегі сандық мәндерді алмастырамыз: $180X_1 + 54X_2 - 4356 = 0$; $54X_1 + 36X_2 - 2052 = 0$.

Теңдеулер жүйесін шешу: $X_1 = 12,91$ кН; $X_2 = 37,63$ кН.

5. 5. X_1 және X_2 күштерінің иілу сәттерінің диаграммаларын саламыз:

а) күші $X_1 = 12,91$ кН. М1 диаграммасының сәттерін $12,91$ кН-ға көбейту жолымен осы күштен сәттердің шамасын аламыз: $M_B = M_D = 6 \cdot 12,91 = 77,46$ кНм (рис. 55, л);

б) $X_2 = 37,63$ кН күші бойынша. М2 диаграммасының моменттерін $37,63$ кН-ға көбейту жолымен осы күштен сәттердің шамасын аламыз: $M_B = 6 \cdot 37,63 = 225,78$ кН-м (рис. 55, м).

6. МФ, МХ₁ және МХ₂ иілу сәттерінің мәндерін сол нүктелерде жинақтап, берілген жүйенің сипаттамалық нүктелерінде иілу сәттерінің мәндерін анықтаймыз:

• *AD* ригелі :

$$M_A = 0; M_C = 38,73 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

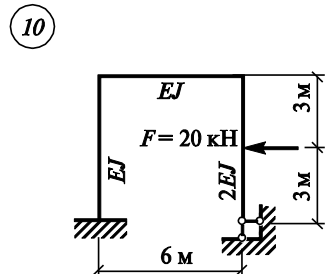
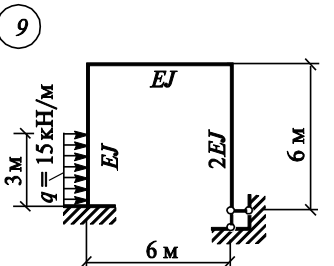
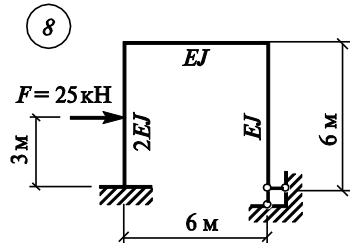
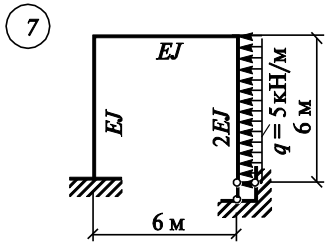
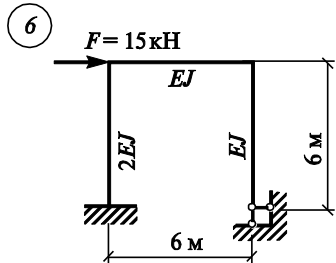
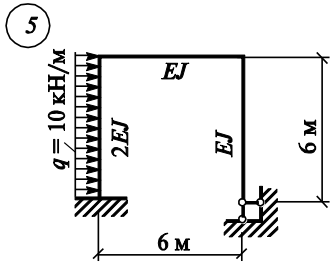
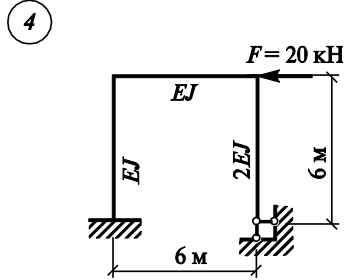
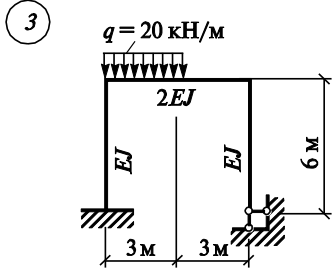
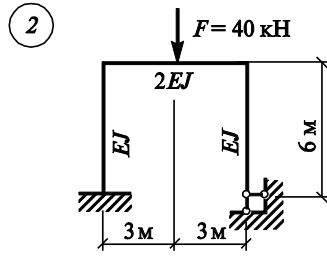
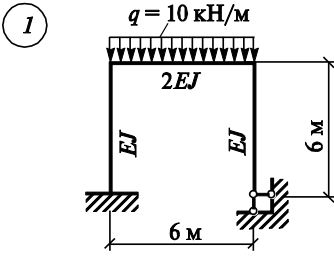
$$M_{ii} = -120 + 77,46 = -42,54 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

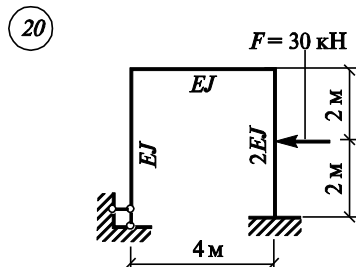
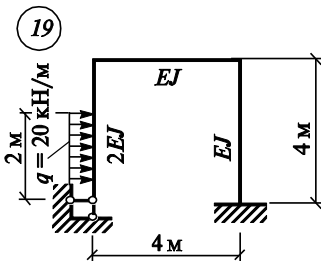
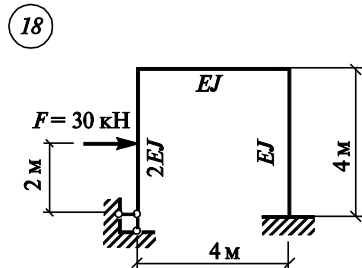
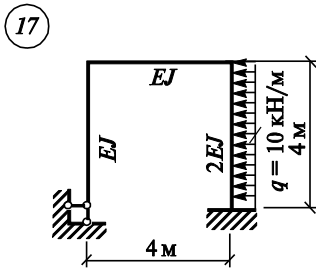
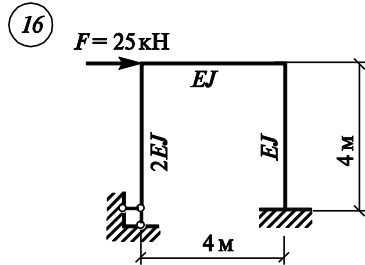
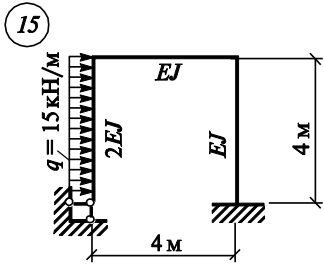
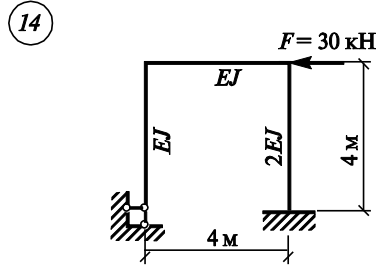
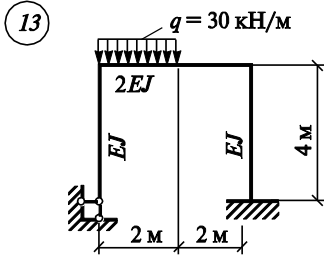
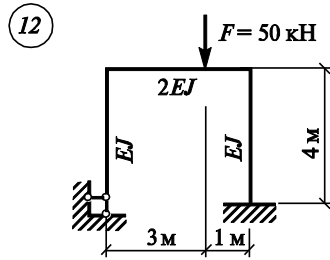
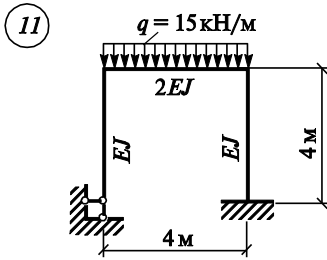
• *DB* тірегі:

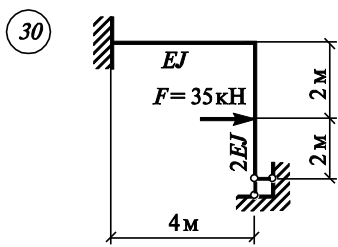
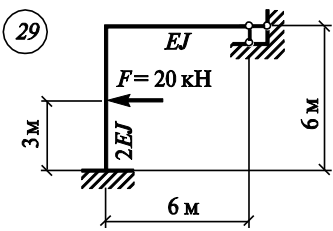
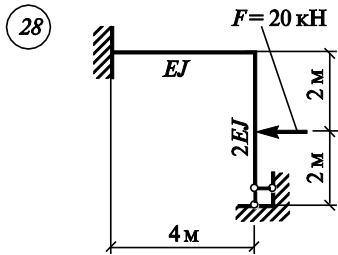
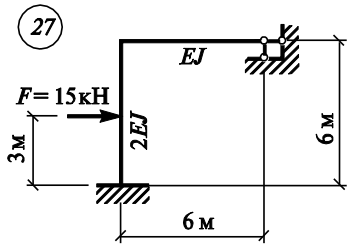
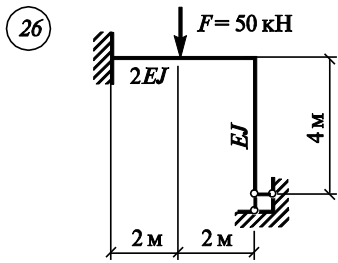
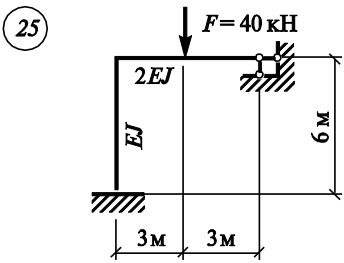
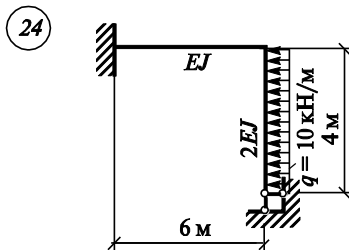
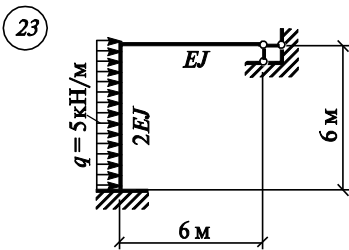
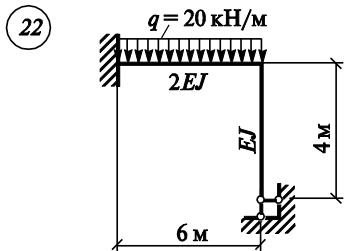
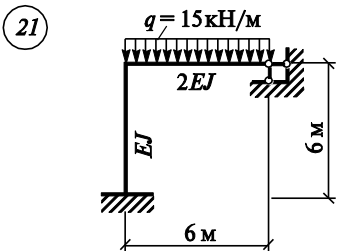
$$M_{ii} = -42,54 \text{ кН} \cdot \text{м}; M_K = -174 + 77,6 + 225,78 = 16,36 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

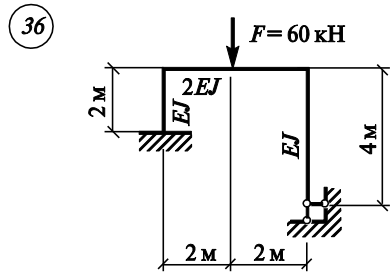
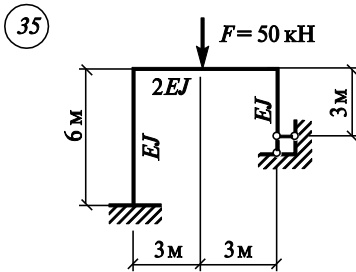
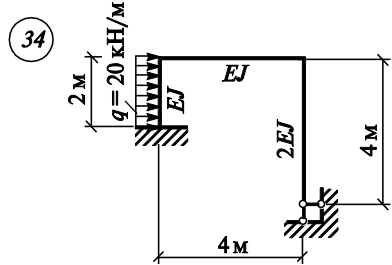
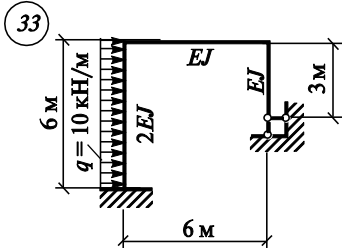
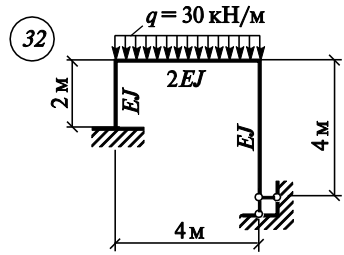
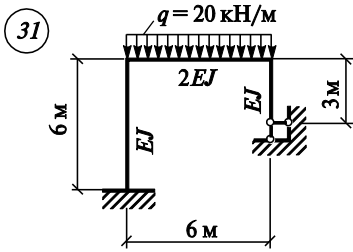
$$M_B = -336 + 77,46 + 225,78 = -32,76 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Алынған мәндерден Мх диаграммасын белгілі бір жүктемеден келтіреміз (Сурет 55, d). Есептеу және графикалық жұмыс үшін тапсырма 10. Мх диаграммасын күрішке көрсетілген опциялардың біріне сәйкес статикалық түрде анықталмайтын рамка үшін құрастырыңыз. 56.









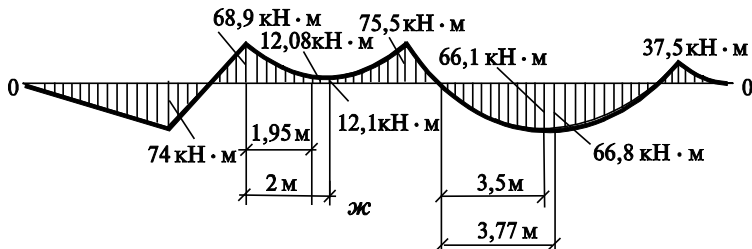
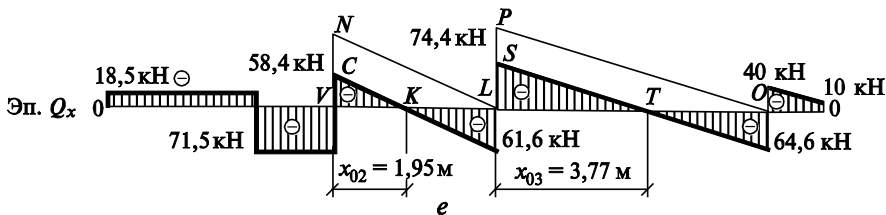
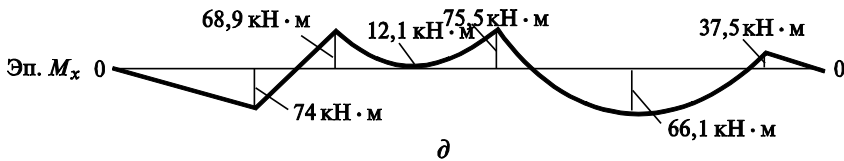
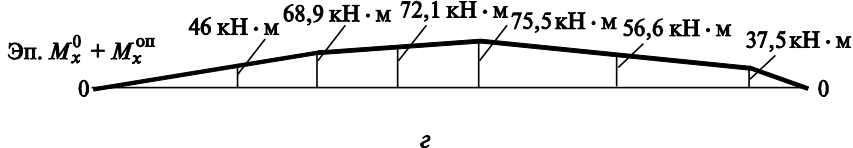
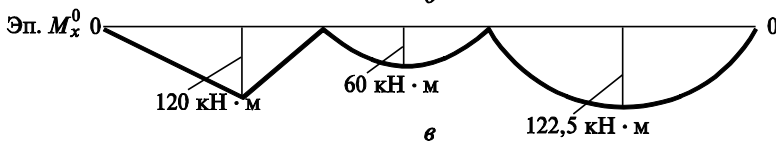
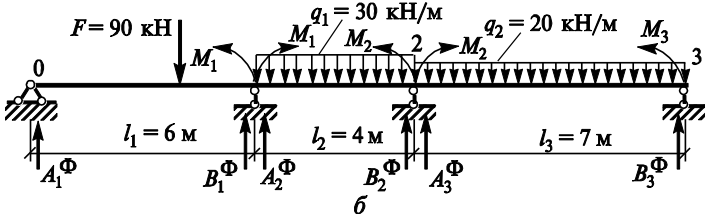
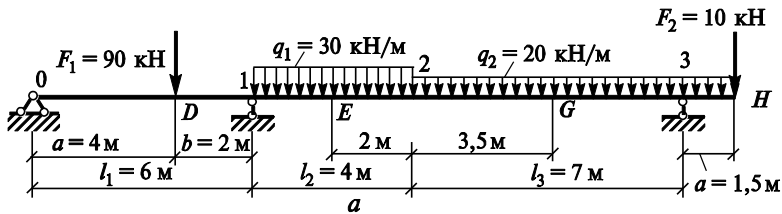
6.4.

КЕСІЛМЕГЕН АРҚАЛЫҚТАР БОЙЫНША ҮШ СӘТТІ ТЕНДЕУДІ ЕСЕПТЕУ

Кейіннен мәселені шешуді жалғастыру ұсынылады. Өзіндік жұмыстарды орындау 11. Шешімнің тәртібі өзгермейді

Мысал 37. Суреттегі үздіксіз сәуленің Q_x және M_x схемаларын құрастырыңыз. 57, а.

2. Шешім. L_1 , l_2 , l_3 және тіректердің 0 , 1 , 2 , 3 аралығын белгілейміз. Осы жүйеден негізгі бөлімге өтіңіз. Тіректердің орнына ілмектерді енгізіп, жойылған байланыстардың M_0 , M_1 , M_2 және M_3 қолдау кездерімен ауыстырамыз. Негізгі жүйеде консоль алынып тасталады (57-сурет, б). Негізгі жүйеде жалған қолдау реакциялары шартты түрде көрсетіледі.



3. 3. Негізгі жүктеме жүктемелетін сәттердің мәндерін M_0 негізгі жүйе үшін анықтаңыз (B қосымшасын қараңыз):

$$M_D^0 = \frac{F_{ab}}{l_1} = \frac{90 \cdot 4 \cdot 2}{6} = 120 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M_E^0 = \frac{q_1 l_2^2}{8} = \frac{30 \cdot 4^2}{8} = 60 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M_G^0 = M_D^0 \frac{q_2 l_3^2}{8} \frac{F_{ab}}{l_1} = \frac{120 \cdot 7^2}{8} \frac{90 \cdot 4 \cdot 2}{6} = 122,520 \text{кН} \cdot \text{м};$$

Алынған мәндерден M^0 диаграммасын саламыз (57-сурет, с).

• 4. Үш сәттегі теңдеулерді құрайық. Бұл теңдеулер 1 және 2 аралық тіректер үшін екі болады:

• қолдау үшін 1:

$$M_0 l_1 + 2M_1(l_1 + l_2) + M_2 l_2 = -6(B_1^\phi + A_2^\phi);$$

• қолдау үшін 2:

$$M_l + 2M_2(l_2 + l_3) + M_3 l_3 = -6(B_2^\phi + A_3^\phi).$$

Бұл теңдеулерде: $M_0 = 0$, өйткені 0 тірегі бекітілген; $M_1 = -F_a = -10 \cdot 1,5 = -15$; $M_2 = -20 \cdot 1,5^2 = -37,5$ кН · м;

VII қосымшасымен анықтаймыз;

$$B_1^\phi = \frac{F_1 a b (l_1 + a)}{6 l_1} = \frac{90 \cdot 4 \cdot 2 (6 + 4)}{6 \cdot 6} = 200 \text{кН} \cdot \text{м}^2;$$

$$A_2^\phi = B_2^\phi = \frac{q_1 l_2^3}{24} = \frac{30 \cdot 4^3}{24} = 80 \text{кН} \cdot \text{м}^2;$$

$$A_3^\phi = \frac{q_2 l_3^3}{24} = \frac{20 \cdot 7^3}{24} = 285,8 \text{кН} \cdot \text{м}^2;$$

Біз үш сәттегі теңдеулерде табылған мәндерді алмастырамыз

$$2M_1(6 + 4) + M_2 \cdot 4 = -6(200 + 80);$$

$$M \cdot 4 + 2M_2(4 + 7) - 37,5 \cdot 7 = -6(80 + 285,8).$$

Жеңілдетілгеннен кейін біз аламыз

$$5M_1 + M_2 = -420; 4M_1 + 22M_2 = -1932,5.$$

Екі теңдеулер жүйесін шешу кезінде біз: $M = 68,9$ кН · м; $M_2 = -75,5$ кН · м.

5. Әрі қарайғы есептеулердің біркелкілігі үшін, M^o және M_{2n} бұл сәттерді белгілейік.

6. Табылған мәндерден бастап, M^{TM} , M^{TM} және M_{sn} сәттерінің теріс бағыттардағы мәндерін кейінге қалдырып, сегменттердің ұштарын тік сызықтармен байланыстыра отырып, M^o схемасын құрастырамыз (57-суретті қараңыз). Диаграммалардың мәндерін қосу арқылы белгілі бір жүктемеден берілген жүйе үшін икемді сәттердің мәндерін анықтаймыз (Сурет 57, d): $M_x = M_0 + M_x^{on}$;

- 0 қолдау бойынша:

$$M_0^o = 0; M_0^{ra} = 0; M_0 = 0;$$

- D нүктесінде:

$$M_0 = 120 \text{ кН} \cdot \text{м}; M_0^{II} = 4(-68,9) = -46 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_D = 120 - 46 = 74 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

- 1 қолдау бойынша:

$$M_0 = 0; M^{TM} = -68,9 \text{ кН} \cdot \text{м}; M_1 = M_1^{on} = -68,9 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

- E нүктесінде:

$$M_0 = 60 \text{ кН} \cdot \text{м}; M^{on} = -\frac{68,9}{E} + \frac{75,5}{2} = -72,1 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_E = 60 - 72,1 = -12,1 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

- қолдау бойынша 2:

$$M_0 = 0; M_2^{>n} = -75,5 \text{ кН} \cdot \text{м}; M_2 = M_f = -75,5 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

- G нүктесінде:

$$M^o = 122,5 \text{ кН} \cdot \text{м}; M^{TM} = -\frac{75,5}{E} + \frac{37,5}{2} = -56,4 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_G = 122,5 - 56,4 = 66,1 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

- қолдау бойынша 3:

$$M_3^o = 0; M_3^{on} = -37,5 \text{ кН} \cdot \text{м}; M_3 = M_3^{on} = -37,5 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

- H нүктесінде:

$$M_H = 0; M_H^o = 0; M_H = 0.$$

Алынған мәндерден M_x диаграммасын аламыз (57сурет, д). Екінші және үшінші кеңістіктердегі сәттердің мәндері төтенше емес. Олар Q_x -диаграммасын құрастырғаннан кейін тазартылады.

7. Формулалар бойынша n-тірекке көлденең күштердің мәндерін анықтаңыз

(VI қосымшаны қараңыз): 1) $Q_{n, \text{лев}} = 4$

$$2) Q_{n+1}^{\wedge} = 4 + 1 + \frac{M_{n+1} - M_n}{l_{n+1}}$$

0—1 ұзындығы: • 0 қолдау бойынша:

$$\begin{aligned} Q_{0 \text{ оң}} &= A_0 + M_1^0 - F_b + M_0 \\ &= 90 + 68,9 - 0 = 18,5 \text{ кН}; \end{aligned}$$

• қолдау бойынша 1, сәл солға қарай:

$$\begin{aligned} Q_{0 \text{ лев}} &= -B_1^0 + M_1^0 - F_a + M_0 \\ &= -90 + 68,9 - 0 = -71,5 \text{ кН}; \end{aligned}$$

D нүктесінде:

$$Q^{\wedge} = Q_{0 \text{ прав}} = 18,5 \text{ кН};$$

$$Q_{D \text{ лев}} = Q^{\wedge} - 90 = -71,5 \text{ кН}.$$

0D және D1 бөлімдерінде Q_x диаграммасы нөл сызығына параллель тік сызық.

1—2 ұзындығы:

• 1 қолдау бойынша, сәл оңға:

$$\begin{aligned} Q_{1,2 \text{ оң}} &= A_0 + M_2 - M_1 = 2 + M_2 - M_1 = \\ &= 30 - 4 + 75 + 68,9 = 58,4 \text{ кН}; \end{aligned}$$

• Қолдау бойынша 2, чуть левее:

$$Q_{2 \text{ лев}} = -B_2^0 + M_2 - M_1 - q_{12} \cdot l_2 = 30 - 4 + 75 + 68,9 = 61,6 \text{ кН}.$$

Qx нүктесінің позициясын анықтаймыз, онда Qx диаграммасы нөл сызығын қиып өтеді. VCK және VNL үшбұрыштарының ұқсастығынан $x_{02} = \frac{58,4 \cdot 4}{120} = 1,95 \text{ м}$.

$$58,4 \cdot 4$$

$$58,4 : 120; \text{ қайда } x_{02} = \frac{58,4 \cdot 4}{120} = 1,95 \text{ м}$$

ұзындығы 2—3:

- қолдау бойынша 2, сәл оңға: $Q_{\text{оң}} = A_0 + \frac{M_3}{2} - \frac{M_2}{l_3}$

$$20 \cdot 7 - 37,5 + 75,5 = 75,4 \text{ кН};$$

$$2 + 7$$

- қолдау бойынша 3, сәл солға:

$$Q_{3\text{ТМ}} = -B_3^0 + \frac{M_b}{2} - \frac{M_l}{l_3} = 64,6 \text{ кН}$$

2-3 диаграмма Qx - нөлге тең тік сызық. Ол T нүктесінде нөл сызығын қиып өтеді. Осы нүктенің позициясын STL және POL үшбұрыштарының ұқсастығынан анықтаймыз: $x_{03} : 7 = 75,4 : 140$, қайда $x_{03} = (75,4 \cdot 4) / 140 = 3,77 \text{ м}$.

Консоль 3—G:

- 3 тіреуінде (сәл оң жақта) көлденең күш y өсі бойынша барлық он күштердің проекцияларының қосындысынан табылған: $Q^{\wedge} = qa + F_2 = 20 \cdot 1,5 + 10 = 40 \text{ кН}$;

- G нүктесінде:

$$Q_G = 10 \text{ кН}$$

7. Алынған мәндерден Qx диаграммасын саламыз (57-сурет, е).

Тіректердегі анықтамалық реакцияларды анықтаңыз:

0 қолдау бойынша:

$$R = -Q_0^{\text{ТМ}} + Q^{\wedge} = 0 + 18,5 = 18,5 \text{ кН};$$

- 1 қолдау бойынша:

$$R_1 = -Q^{\text{®}} + Q^{\text{ТМ}} = 71,5 + 58,4 = 129,9 \text{ кН};$$

- 2 қолдау бойынша:

$$R_2 = -Q^{\wedge} + Q^{\wedge} = 61,6 + 75,4 = 137 \text{ кН};$$

- 3 қолдау бойынша:

$$R_3 = -Q_{TM} + Q_3^{праВ} = 64,6 + 40 = 104,6 \text{ кН.}$$

8. $Y = Y = 0$ немесе $18,5 + 129,9 + 137 + 104,6 - 90 - 30$ теңдеуі бойынша қолдау реакцияларын анықтаудың дұрыстығын тексеріп көрейік, $4 - 20 \cdot 8,5 - 10 = 0$, мұндағы $390 - 390 = 0$.

Мх диаграммасын анықтаймыз. Секциядағы икемді сәтті анықтаңыз
 1: қашықтықта $x_{02} = 1,95 \text{ м.}$ $M_{x_{02}} = \wedge^0(1 + x_{02}) - F_1(b + x_{02}) + R_1 x_{02} - \wedge J^2 =$

$$= 18,5(6 + 1,95) - 90(2 + 1,95) + 129,9 \cdot 1,95 - \frac{30 \cdot 952}{30 \wedge 9} = 12,08 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Көлденең кимада икемді сәттен бастап қашықтықта $x_0 = 3,77 \text{ м}$ қашықтықта анықтаймыз. 2. Жарықтың оң жағын қарастырайық:

$$M_{x_0} = -F_2 (/2 - x_{03} + fl) - q_2 (l_3 - x_2^3 + \wedge + R (/3 - x_{03}) =$$

$$= -10(7 - 3,77 + 1,5) - 20 \frac{(7 - 3,77 + 1,5)^2}{2} +$$

$$+ 104,6(7 - 3,77) = 66,8 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Мх диаграммасын моменттердің тазартылған мәндері бар (Сурет 57, г).

Мысал 38. Мх және Qx диаграммаларын күріш. 58, а.

Шешім. 1. II, I2 аралығындағы және 0, 1, 2 тіректерін белгілейміз.

Біз негізгі жүйені таңдаймыз. Ілмектерді тіректерге енгізіп, M0, M1 және M2 тірек сәттерін белгілейік. Қатты ендірудің орнына үш сәттегі теңдеулерді алу үшін біз басқа (жалған) аралығын $\beta = 0$ енгізіп, M3 = 0 тірек сәтте тірек боламыз (58-сурет, б).

Берілген жүктемеден негізгі жүйенің иілу сәттерінің мәндерін анықтаймыз (VI қосымша қараңыз):

- С нүктесінде:

$$M_C = \frac{F_1}{2} \cdot l_1^2 \cdot \frac{1}{8} + 40 \cdot 7 = 223,1 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

- D и E нүктелерінде:

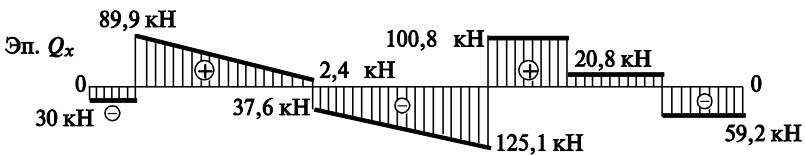
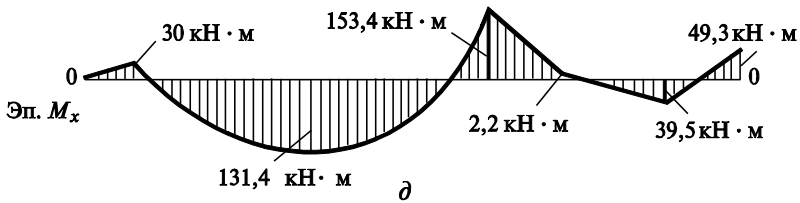
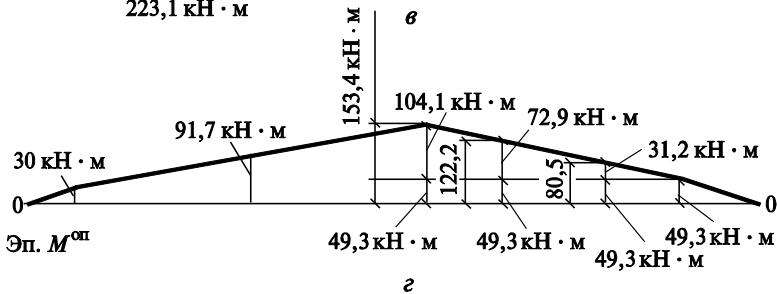
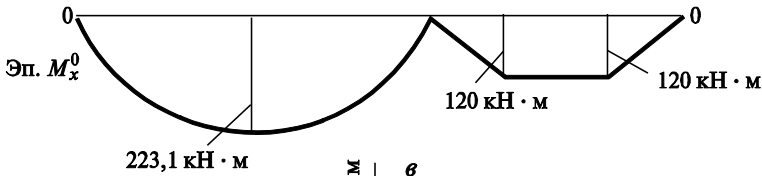
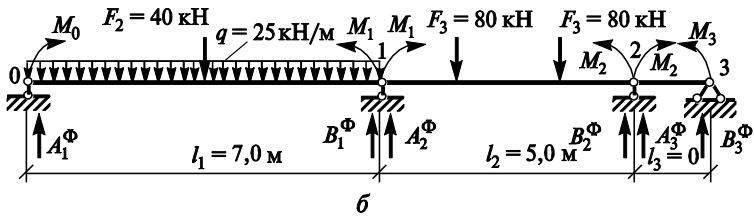
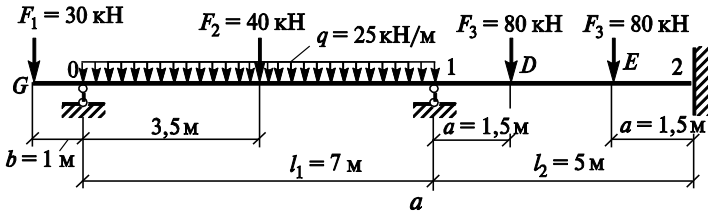
$$MD = ME = F_3 a = 80 \cdot 1,5 = 120 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Алынған мәндерден M0 диаграммасын саламыз (58-сурет, с).

2. үш сәттегі теңдеулерді құрайық:

для опоры 1:

$$M_{01} + 2M_1(1 + i^2) + M_2 l_2 = -6(B_1 \otimes + \wedge_2);$$



58сурет

- 2 қолдау үшін:

$$M_1 l_2 + 2M_2 (l_2 + l_3) + M_3 l_3 = -6(B_2^\Phi + J_3^\Phi),$$

қайда $M_0 = -Fb = -30 \cdot 1 = -30 \text{ кН} \cdot \text{м}$; $M_3 = 0$; $l_3 = 0$ (тапсырманың жай-күйі бойынша); $B^\Phi =$

$$\frac{M^2 + \text{яЛ}}{16 \quad 24} \quad \frac{40 \cdot 7^2 + 25 \cdot 7^3}{16 \quad 24} = 479,8 \text{ кН} \cdot \text{м}^2$$

$$A\Phi = B\Phi = F 3^{a(l-a)} = 80 \cdot 1,5^{(5-1,5)} = 210 \text{ кН} \cdot \text{м}^2$$

(VIII қосымша).

Алынған мәндерді үш сәттегі теңдеулерге ауыстырамыз:

$$-30 \cdot 7 + 2M_1(7 + 5) + M_2 \cdot 5 = -6(479,8 + 210);$$

$$M_1 \cdot 5 + 2M_2(5 + 0) + 0 = -6(210 + 0).$$

Жеңілдетілгеннен кейін біз аламыз:

$$24M_1 + 5M_2 = -3 \cdot 928,8; \quad 5M_1 + 10M_2 = -1260.$$

Екі теңдікті бірге шешу кезінде біз: $M_1 = -153,4 \text{ кН} \cdot \text{м}$; $M_2 = -49,3 \text{ кН} \cdot \text{м}$.

2. табылған құндылықтардан бастап, қолдау көрсету сәттерінің схемасын M° »(Сурет 58, d). Қолдау сәттерін анықтаймыз:

- *C нүктесінде:*

$$MS'' = -\overset{153,4 \cdot 30}{c_2} - 30 = -91,7 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

- *D нүктесінде :*

$$M^{\text{TM}} = -49,3 + (-153,4 + 49,3)^{3,5} = -122,2 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

- *E нүктесінде :*

$$M^{\text{E}} = -49,3 + (-153,4 + 49,3)^{1,5} = -80,5 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

2. Диаграммаларды қосу арқылы берілген тізбектегі жүктемеден M_x мәндерін анықтаймыз: $M_x = M_I + M^{\text{OH}}$:

- *G нүктесінде:*

$$M^o = 0; \quad M^{\text{TM}} = 0; \quad M_G = 0;$$

- 0 қолдау бойынша:

$$M_0^o = 0; \quad M_0^{\text{ra}} = -30 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad M_0 = M_0^{\text{ra}} = -30 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

- *C нүктесінде:*

$$M_0 = 223,1 \text{ кН} \cdot \text{м}; M^{\text{TM}} = -91,7 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_C = 223,1 - 91,7 = 131,4 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

- 1 қолдауы бойынша:

$$M^0 = 0; M^{\text{OH}} = -153,4 \text{ кН} \cdot \text{м}; M_1 = M^{\text{TM}} = -153,4 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

- *D нүктесінде :*

$$M_D = 120 \text{ кН} \cdot \text{м}; M_D^{\text{H}} = -122,2 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_D = 120 - 122,2 = -2,2 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

- *E нүктесінде:*

$$M_E = 120 \text{ кН} \cdot \text{м}; M_E^{\text{H}} = -80,5 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_E = 120 - 80,5 = 39,5 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

- 2 қолдау бойынша :

$$M_2^0 = 0; M_2^{\text{OH}} = -49,3 \text{ кН} \cdot \text{м}; M_2 = M_2^{\text{OH}} = -49,3 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

2. Алынған мәндерден Mx диаграммасын саламыз (58-сурет, d).

Өзіндік нүктелерде көлденең күштердің мәндерін анықтаймыз.

GO:

- *G нүктесінде:* $Q_G = -30 \text{ кН};$

- қолдау бойынша 0, сәл солға:

$$Q^{\text{TM}8} = -30 \text{ кН}.$$

0—1 ұзындығы:

- қолдау бойынша 0, сәл оңға:

$$Q_{01}^{\text{OH}} = A_0 + M_1 - M_0 = q l_L + \frac{M_1 - M_0}{l_1}$$

$$= 25 - 7 + \frac{40}{2} - \frac{-153,4 + 30}{7} = 89,9 \text{ кН};$$

- нүктесінде C, сәл солға:

$$Q_C^{\text{H}B} = Q_0^{\text{OH}} - q l^1 = 89,9 - 25 \cdot 7 = 2,4 \text{ кН};$$

- нүктесінде C, сәл оңға:

$$Q_C^{\text{H}OH} = Q^{\text{TM}} - F_2 = 2,4 - 40 = 37,6 \text{ кН};$$

$$O_{\Gamma}^{Прав} = 37,6 - 25 = -125,1 \text{ кН. } 2$$

1—2 ұзындығы:

- 1 қолдау бойынша, сәл оңға:

- *D* нүктесінде :

$$Q_{\Gamma} = O_{\Gamma}^{ав} = 100,8 \text{ кН};$$

$$Q_{D_{раВ}} = Q_{D^{ТМ}} - F_1 = 100,8 - 80 = 20,8 \text{ кН};$$

- *E* нүктесінде:

$$Q_{EвВ} = Q_{D_{раВ}} = 20,8 \text{ кН};$$

$$O_{E}^{прав} = Q_{E} - F_1 = 100,8 - 80 = 20,8 \text{ кН};$$

- қолдау бойынша 2, сәл оңға:

$$O_2^{лев} = O_{\Gamma}^{прав} = -59,2 \text{ кН, немесе жалпы формула бойынша}$$

$$O_2^{сол} = -F_0 + \sum_{i=1}^n M_i = -F_3 + M_2 =$$

$$= -80 + \frac{49,3 \cdot 2}{2} + \frac{153,4 \cdot 4}{2} = 59,2 \text{ кН.}$$

Алынған мәндерден Qx диаграммасын саламыз (58-сурет, е).

$$3. \text{ Қолдау реакцияларын анықтаңыз: } R_0 = -O_0^{лев} + O_0^{прав} = 30 + 89,9 = 119,9 \text{ кН};$$

$$R = -O^{сол} + O_1^{оң} = 125,1 + 100,8 = 225,9 \text{ кН};$$

$$R_2 = -O_2^{сол} = -59,2 \text{ кН.}$$

3. Анықтамалық реакциялардың дұрыстығын тексерейік: $\sum Y = 0$ или $119,9 + 225,9 + 59,2 - 30 - 40 - 25 \cdot 7 - 80$

$$- 80 = 0, \text{ откуда } 405 - 405 = 0.$$

Толық шешімнің сынағы ретінде, сол немесе оң жақ бөлігін ескере отырып, кез келген сәтте (бірнеше қарағанда жақсы) нүктені табу керек. Кездейсоқты анықтаймыз, мысалы, С нүктесінде. Жарықтың сол жағын қарастырайық:

$$M_e = -F_l(b + l/2) + R_o / i/2 - q/24 = -30(1 + 4,5) + \\ + 119,9 \cdot 3,5 - 25 \cdot 3,5 \cdot 1,75 = 131,5 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Жарықтың оң жағын қарастырайық:

$$M_e = -R/2(l/2 + h/2) - F_4(h/2 + l/2 - a) - F_3(l/2 + a) \\ + R/l/2 - q'l/2 + M_2 = 59,2 \cdot 8,5 - 80 \cdot 7 - 80 \cdot 5 + \\ + 225,9 \cdot 3,5 - 25 \cdot 3,5 \cdot 1,75 - 49,3 = 131,4 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

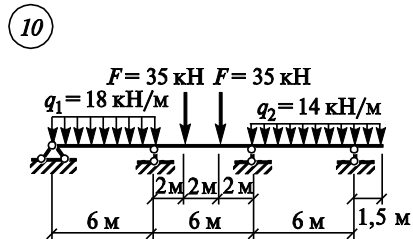
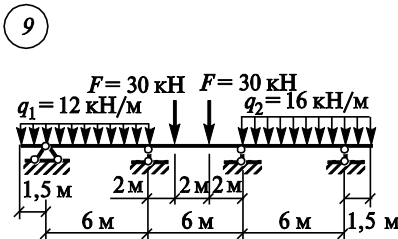
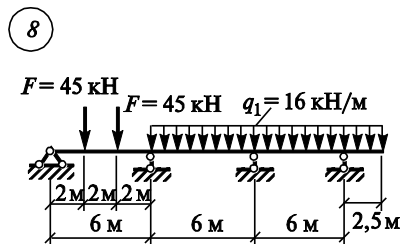
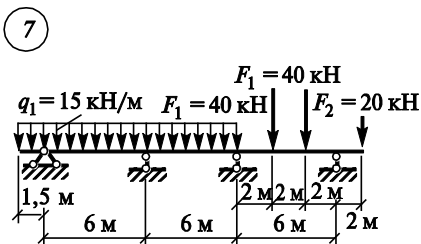
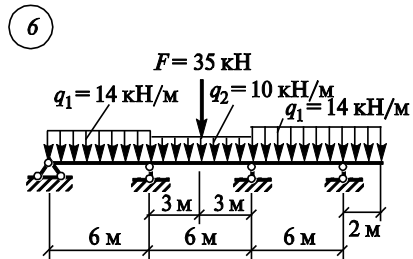
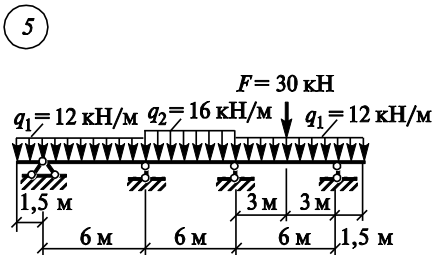
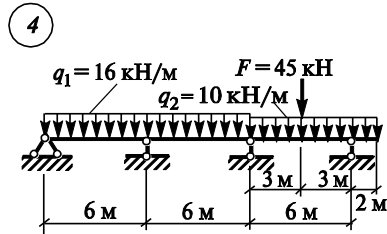
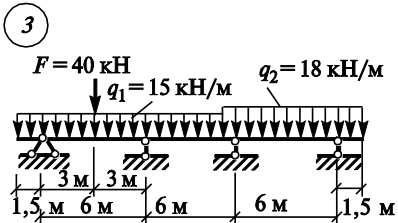
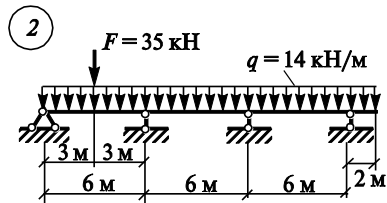
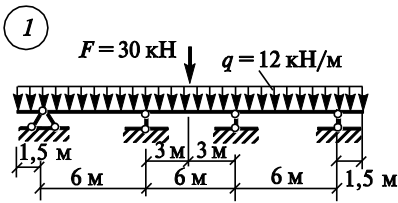
Оң және сол жақтағы күштердің сәттері бірдей болды:

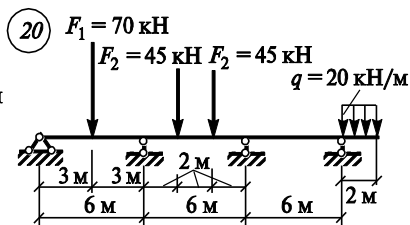
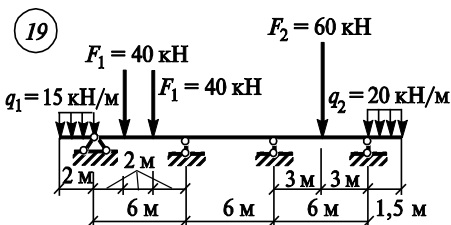
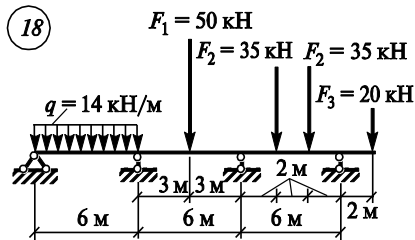
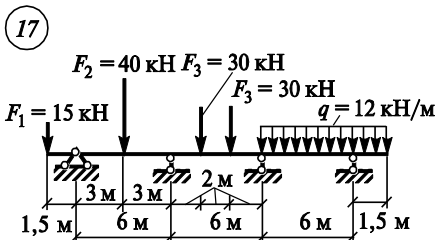
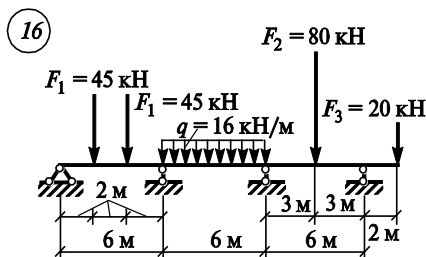
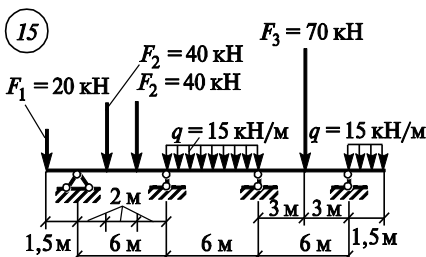
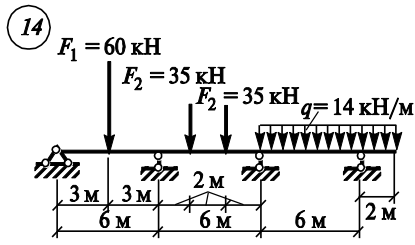
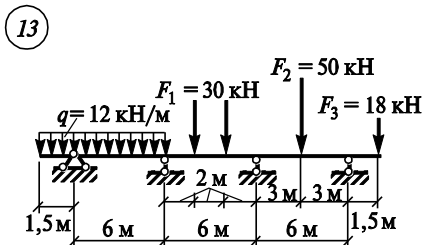
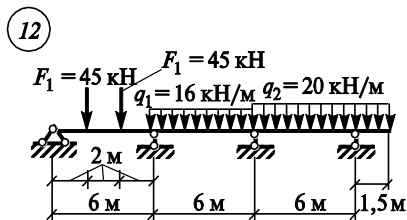
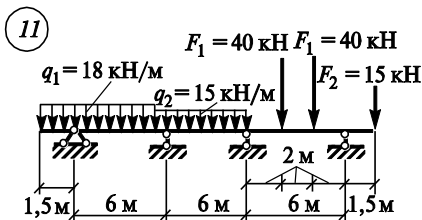
$$M^{868} = 131,5 \text{ кН} \cdot \text{м} \text{ и } M_{\zeta}^{\text{прав}} = 131,4 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

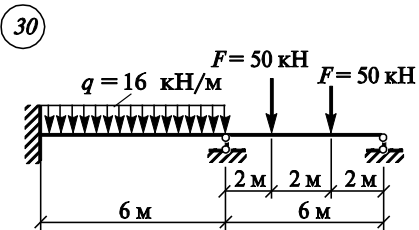
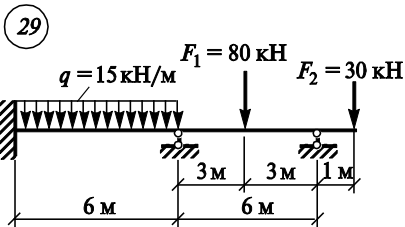
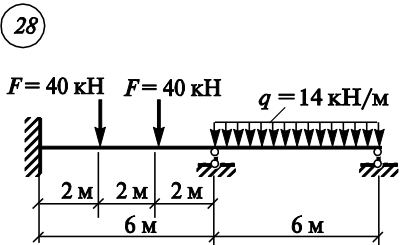
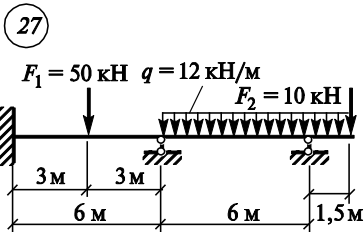
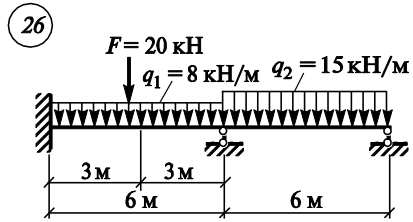
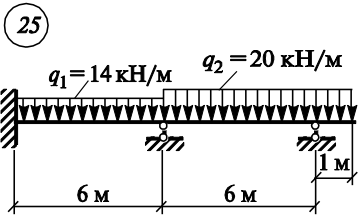
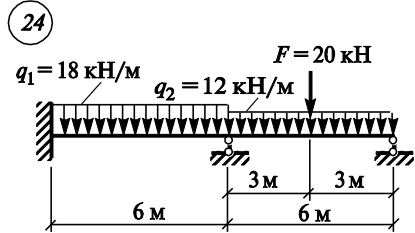
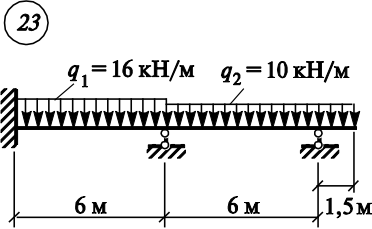
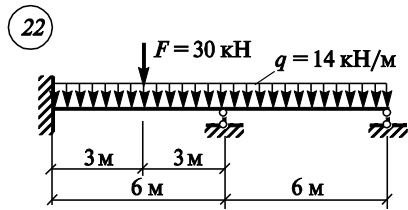
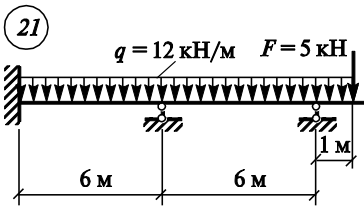
Осы сәттердің екеуі де M_x диаграммасында С нүктесінде кездейсоқ шамаға тең болады.

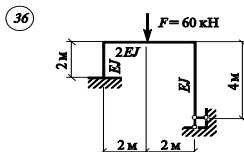
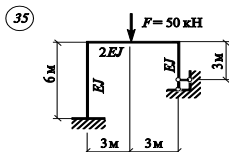
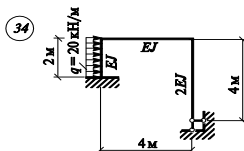
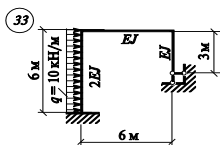
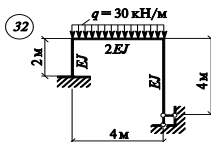
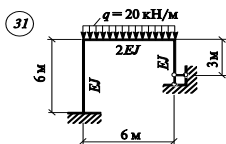
Есептеу және графикалық жұмыстың міндеті 11. Диаграммалар Qx және Mx құрастырыңыз үздіксіз сәуле опциялардың біріне сәйкес 59-суретте көрсетіледі.

59сурет (204—207 б.қара)









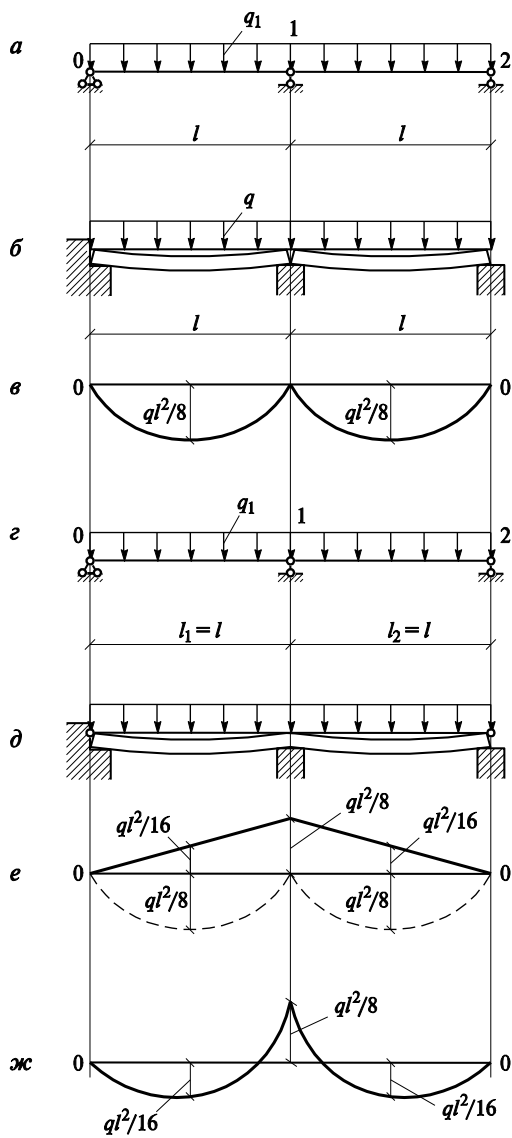
Үздіксіз арқалықтардың есептелуін ескере отырып, төмендегілерге назар аудару керек. Үш сәттегі теңдеулерді құрастыру және M_x және Q_x диаграммаларын құру тәуелсіз білім беру мәселесін білдіреді. Іс жүзінде, экономикалық мақсаттарды көздейтін маңызды міндет нақты жобаны пайдалану мүмкіндігін негіздеу болып табылады. Қаралып отырған мәселе аясында, белгілі бір конструкцияны қолданудың экономикалық негіздемесін ескере отырып, шоқтардың басқа түрлерімен салыстырғанда осындай сәулелерді пайдаланудың орындылығы туралы мәселе қызығушылық тудырады. Қарастырылып отырған мәселе шеңберіндегі арқалықтардың басқа түрлерімен салыстыра отырып, шұңқырдың басқа түрлерімен салыстырғанда, бұлшықеттердің әртүрлі түрлерінің экономикалық салыстыруының негізінде үздіксіз сәулені есептеуде қызығушылық тудырады. Студенттер үшін ең қарапайым міндет - экономикалық тұрғыдан бірнеше спанстарды бір-бірімен салыстыруға болатын екі нұсқаны салыстыру:

бір үздіксіз сәуле;

1) сплит (қарапайым) сәуленің жүйесі.

Бұл салыстыру екі қағидаға негізделген: біріншіден, басқа кіріс деректер тең болғанда әртүрлі сәулелер салыстырылады: бірдей жүктемелер, кеңістік және материалдар; екіншіден, икемді сәттердің (абсолюттік мәнде) кішірек болатын сәулелердің неғұрлым үнемділігі. Ескерту: бүйірлік күштер пучкалардың күшіне де әсер етеді, сондықтан бұл күштерді әр түрлі сәулелерге салыстыру қажет. Бірақ бүйірлік күштердің пучка беріктігіне әсері жиі (мысалы, біркелкі бөлінген жүктемемен) иілу сәттерімен салыстырғанда шешуші емес, сондықтан біз соңғы салыстыруды шектеудеміз. Келіңіздер, мұндай салыстыруды 2-3-ке дейінгі үлгіні пайдаланып қарастырайық.

Мысал 39. Екі ауқымның қабаттасуы кезінде M_x иілу сәттерінің шамасының қалай өзгеретінін салыстыру: 1-нұсқа - екі бөлінген сәулемен (60-сурет, а); 2-нұсқа - бір үздіксіз



60 сурет

(екі диапазонды) сәуле, барлық басқа шарттар бірдей (Сурет 60, d). Назар аударыңыз, күріш. 60 және тіректегі топсаның 1 «кеседі» немесе екі бөлікке бөледі.

Нәтижесінде, екі шоқты деформацияланған (бүктелген). 60, b (анық болу үшін, деформациялар шамадан тыс көрсетіледі - нақты конструкцияларда олар арнайы құралдардың көмегімен ғана анықталуы мүмкін). Суретте. 60, g ілмегін кеспейді, бірақ оның төменгі жағынан пучка қолдайды, оны қатты қалдырады, сондықтан пучка деформацияланатын болады (яғни), ортаңғы дефлекторды сезінеді және тіректің иілуін сезеді.

Шешім. 1. Бұл жағдайда $R = R1$ және иілу сәті есіңізде болсын, бірнеше рет шешілген бұл мәселені сәтті анықтаудың екінші ортасында.

Қарапайым сәуле үшін Mx диаграммасы күріш. 60, б.

2-нұсқа. Біз үш сәттің теңдеуін қалыптастырамыз. аралық қолдау 1 - бір, сондықтан бір теңдеу болады:

$M0l1 + 2M1(l1 - l2) + M2l2 = -6(V1\phi + A'\phi)$, где $l_1 = l_2 = l$, $M_0 = M_2 = 0$, өйткені бұл тіректер терминал мен бекітілген - $V1\phi = A\phi = q\phi \sim$ (Қосымша VII). Онда

$$2M_1(l+1) = -6\left(\frac{ql^3}{24} + \frac{ql^3}{24}\right),$$

немесе

$$4M_1l = -6\frac{ql^3}{12},$$

қайда

$$M_1 = -\frac{ql^2}{8},$$

яғни абсолюттік мәндегі үздіксіз сәуленің 1 тіреуіндегі сәтте кесілген пучтың транзиттік сәті тең. Үздіксіз сәуленің шеттеріндегі сәттерді суреттен анықтау қиын емес. 60, $e = q12$ олар тең; 2-нұсқадағы сәт схемасы күріш. 1660, ж.

Мәселен, деформацияланған тізбектер және кесілген, үздіксіз сәулелердің иілу сәттері бірінен-бірі таңқаларлықтай ерекшеленеді.

Бөлінген пучкадағы төменгі аймақ бүкіл ұзындыққа созылады, тірек және іргелес аумақтардағы үздіксіз бөлімде жоғарғы аймақ созылады. Ішінде иілу сәттері $q12$

бөлінген пучка: ұзындығы бойынша, барлық тіректерде нөлге тең; ақысыз, 8-ші $q12$ $q12$

бөлінген пучка: 1-ден қолдау, ұзындығы бойынша.

8 16

Қорытынды: екеуінде де, екінші шоқты да максималды иілу $q1$ 2

абсолютті мәнде бірдей уақыт, және бұл дегеніміз, Қорытынды: екеуінде де, екінші шоқты да максималды иілу

$q1$ 2 абсолютті мәндегі сәтте бірдей, яғни олар эко номиналы бойынша бір-бірінен артықшылығы жоқ екенін білдіреді. Мысал 40. Мх иілу сәттерінің шамаларының үш сфераның қабаттасуымен қалай өзгеретінін салыстыру: 1 нұсқасы үш бөлінген сәуленің (Сурет 61, а) және 2 нұсқасының бір үздіксіз (үш спил) сәуленің көмегімен (61-сурет, d), басқа шарттар тең. Қалған нұсқаулар - 39-мысалда көрсетілген.

Шешім. Алдыңғы мысалдағыдай бөлінген сәуленің әр сәті және диаграмма сәті көрсетілген.

2-нұсқа. 1 және 2 тіректеріндегі тірек сәттерін анықтау үшін олардың әрқайсысына екі теңдеуді:

$$M_0l_1 + 2M_1(l_1 + l_2) + M_2l_2 = -6(B_1\Phi + A_2\Phi);$$

$$M111 + 2M2(l2 + l3) + M3l3 = -6(B2\Phi + Л\Phi).$$

$M_0 = 0$ и $M_3 = 0$ еске салайык, $l_1 = l_2 = l_3 = l$, сонымен қатар $B\phi = A\phi = B\phi = A_3\phi = \frac{ql^3}{24}$, теңдеулер мына форманы қабылдайды:

$$2M_1(l+1) + M_2l = -6 \cdot 2 \frac{ql^3}{24};$$

$$M_1 + 2M_2(l+1) = -6 \cdot 2 \frac{ql^3}{24}.$$

Жеңілдетілгеннен кейін біз:

$$4M_1 + M_2 = -\frac{ql^2}{2}$$

$$M_1 + 2M_2 = -\frac{ql^2}{2}.$$

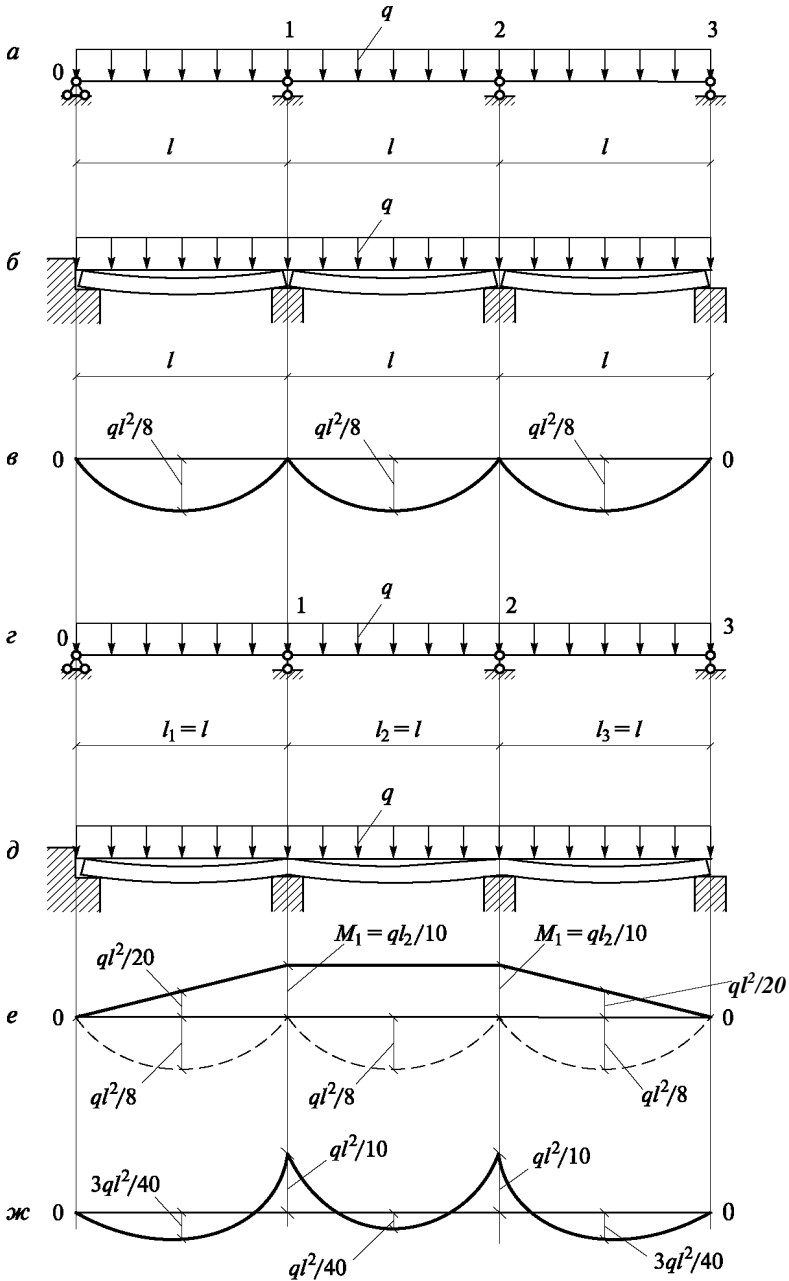


Рис. 61

Екінші теңдеуден M_1 мәнін M_2 мәніне қарай көрсетеміз:

$$M_1 = -\frac{ql^2}{2} - 4M_2.$$

Екінші теңдеуден M_1 мәнін M_2 мәніне қарай көрсетеміз

$$4\left(-\frac{ql^2}{2} - 4M_2\right) + M_2 = -\frac{ql^2}{2},$$

немесе

$$\begin{aligned} 2ql^2 - 16M_2 + M_2 &= -\frac{ql^2}{2} \\ -15M_2 &= \frac{3}{2}ql^2, \end{aligned}$$

кайдан

$$\begin{aligned} M_2 &= -\frac{ql^2}{10}; \\ M_1 &= -\frac{ql^2}{2} + 4\frac{ql^2}{10} = -\frac{ql^2}{10} \end{aligned}$$

Бірінші және үшінші кеңістіктегі моменттер сәтсіз, бірақ суретте, яғни олар бірдей және олардың әрқайсысы тең

$$3ql^2/10$$

ал екіншісінде тең. Осылайша, үш бөлінген сәуленің және бір планарлы емес үш бұрышты үшбұрыштың деформацияланған сызбалары (сур. 61b және 61d) және иілу сәттері (61, с және 61, г) бір-бірінен өте ерекшеленеді.

Қорытынды: үздіксіз пучкадағы иілу сәттері кесу пушініне қарағанда кішірек. Иілу сәтін салыстыру ql^2

кесілген пучка, төменгі жағында олар кішірек:

- бірінші өту кезінде

$$\left[\left(\frac{ql^2}{8} - \frac{3}{40}ql^2\right) : \frac{ql^2}{8}\right] 100\% = 40\%;$$

Екінші өту кезінде

$$\left[\left(\frac{ql^2}{8} - \frac{1}{40}ql^2\right) : \frac{ql^2}{8}\right] 100\% = 80\%;$$

- қолдау бойынша аз

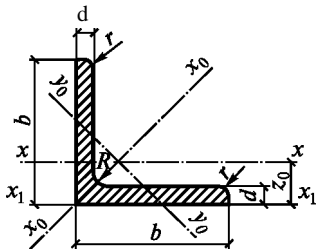
$$\left[\left(\frac{ql^2}{8} - \frac{1}{10} ql^2 \right) : \frac{ql^2}{8} \right] 100 \% = 20 \%$$

Осылайша, үздіксіз сәуле көлденең қима бойынша бірдей шаршағыш астында есептелетін сәттен бастап есептелетін пучка секілді, тірек нүктесінен есептелетін және ұзындығы бойынша тұрақты қимасы бар, кем дегенде 20% кем емес, кесу пучінен карағанда үнемді болады.

Тұрақты сәулелерді қоса алғанда, статикалық анықталмаған жүйелердің қасиеттері туралы толығырақ р. 234 [8].

І ҚОСЫМША

1 кесте. Бұрыштан жасалған болат (МЕМЛЕКЕТТІК СТАНДАРТ 8609—86]



Белгілері:

b — сөрелер ені;

d — сөрелер қалыңдығы;

R — ішкі қисықтық радиусы;

r — сөрелің қисық радиусы;

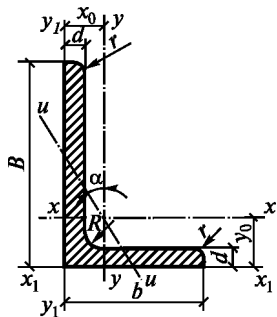
Z_0 — инерция сәті;

Профиль номері	Өлшемдері, мм				Ауданы бөлім, см ²	Салма ғы 1 м, кг	Өстер үшін анықтамалық мәндер							
	b	d	R	r			x-x		x_0-x_0		y_0-y_0		x_1-x_1	$Z_0, \text{см}$
							$J_x, \text{см}^4$	$i_x, \text{см}$	$J_{x0\text{max}}, \text{см}^4$	$i_{x0\text{max}}, \text{см}$	$J_{y0\text{min}}, \text{см}^4$	$J_{y0\text{min}}, \text{см}$		
4,5	45	3	5	1,7	2,65	2,08	5,13	1,39	8,13	1,75	2,12	0,89	9,04	1,21
		4			3,48	2,73	6,63	1,38	10,50	1,74	2,74	0,89	12,10	1,26
		5			4,29	3,37	8,03	1,37	12,70	1,72	3,33	0,88	15,30	1,30
5	50	3	5,5	1,8	2,96	2,32	7,11	1,55	11,3	1,95	2,95	1,00	12,4	1,33
		4			3,89	3,05	9,21	1,54	14,6	1,94	3,80	0,99	16,6	1,38
		5			4,80	3,77	11,20	1,53	17,8	1,92	4,63	0,98	20,9	1,42

5,6	56	4 5	6	2	4,38 5,41	3,44 4,25	13,10 16,00	1,73 1,72	20,8 25,4	2,18 2,16	5,41 6,59	U1 1,10	23,3 29,2	1,52 1,57
6,3	63	4 5 6	7	2,3	4,96 6,13 7,28	3,90 4,81 5,72	18,90 23,10 27,10	1,95 1,94 1,93	29,9 36,6 42,9	2,45 2,44 2,43	7,81 9,52 11,20	1,25 1,25 1,24	33,1 41,5 50,0	1,69 1,74 1,78
7	70	4,5 5 6 7 8	8	2,7	6,20 6,86 8,15 9,42 10,70	4,87 5,38 6,39 7,39 8,37	29,00 31,90 37,60 43,00 48,20	2,16 2,16 2,15 2,14 2,13	46,0 50,7 59,6 68,2 76,4	2,72 2,72 2,71 2,69 2,68	12,0 13,2 15,5 17,8 20,0	1,39 1,39 1,38 1,37 1,37	51,0 56,7 68,4 80,1 91,9	1,88 1,90 1,94 1,99 2,02
7,5	75	5 6 7 8 9	9	3	7,39 8,78 10,10 11,50 12,80	5,80 6,89 7,96 9,02 10,10	39,50 46,60 53,30 59,80 66,10	2,31 2,30 2,29 2,28 2,27	62,6 73,9 84,6 94,9 105,0	2,91 2,90 2,89 2,87 2,86	16,4 19,3 22,1 24,8 27,5	1,49 1,48 1,48 1,47 1,46	69,6 83,9 98,3 113,0 127,0	2,02 2,06 2,10 2,15 2,18
8	80	5,5 6 7 8	9	3	8,63 9,38 10,80 12,30	6,78 7,36 8,51 9,65	52,70 57,00 65,30 73,40	2,47 2,47 2,45 2,44	83,6 90,4 104,0 116,0	3,11 3,11 3,09 3,08	21,8 23,5 27,0 30,3	1,59 1,58 1,58 1,57	93,2 102,0 119,0 137,0	2,17 2,19 2,23 2,27
9	90	6 7 8 9	10	3,3	10,60 12,30 13,90 15,60	8,33 9,64 10,90 12,20	82,10 94,30 106,00 118,00	2,78 2,77 2,76 2,75	130,0 150,0 168,0 186,0	3,50 3,49 3,48 3,46	34,0 38,9 43,8 48,6	1,79 1,78 1,77 1,77	145,0 169,0 194,0 219,0	2,43 2,47 2,51 2,55

Профиль номери	Өлшемдері, мм				Ауданы бөлім, см ²	Салмағы 1 м, кг	Өстер үшін анықтамалық мәндер							
	b	d	R	Г			x-x		x ₀ -x ₀		y ₀ -y ₀		x _l -x _l	z ₀ , см
							J _x , см ⁴	i _x , см	J _{x0max} , см	i _{x0max} , см	J _{y0min} , см	J _{y0min} , см	J _{x1} , см ⁴	
10	100	6,5	12	4	12,8	10,1	122,0	3,09	193,0	3,88	50,7	1,99	214,0	2,68
		7			13,8	10,8	131,0	3,08	207,0	3,88	54,2	1,98	231,0	2,71
		8			15,6	12,2	147,0	3,07	233,0	3,87	60,9	1,98	265,0	2,75
		10			19,2	15,1	179,0	3,05	284,0	3,84	74,1	1,96	333,0	2,83
		12			22,8	17,9	209,0	3,03	331,0	3,81	86,9	1,95	402,0	2,91
		14			26,3	20,6	237,0	3,00	375,0	3,78	99,3	1,94	472,0	2,99
		16			29,7	23,3	264,0	2,98	416,0	3,74	112,0	1,94	542,0	3,06
11	110	7	12	4	15,2	11,9	176,0	3,40	279,0	4,29	72,7	2,19	308,0	2,96
		8			17,2	13,5	198,0	3,39	315,0	4,28	81,8	2,18	353,0	3,00
12,5	125	8	14	4,6	19,7	15,5	294,0	3,87	467,0	4,87	122,0	2,49	516,0	3,36
		9			22,0	17,3	327,0	3,86	520,0	4,86	135,0	2,48	582,0	3,40
		10			24,3	19,1	360,0	3,85	571,0	4,84	149,0	2,47	649,0	3,45
		12			28,9	22,7	422,0	3,82	670,0	4,82	174,0	2,46	782,0	3,53
		14			33,4	26,2	482,0	3,80	764,0	4,78	200,0	2,45	916,0	3,61
14	140	9	14	4,6	24,7	19,4	466,0	4,34	739,0	5,47	192,0	2,79	818,0	3,78
		10			27,3	21,5	512,0	4,33	814,0	5,46	211,0	2,78	911,0	3,82
		12			32,5	25,5	602,0	4,31	957,0	5,43	248,0	2,76	1097,0	3,90

16	160	10	16	5,3	31,4	24,7	774,0	4,96	1229,0	1	6,25	319,0	3,19	1356,0	4,30
		11			34,4	27,0	844,0	4,95	1341,0		6,24	348,0	3,18	1494,0	4,35
		12			37,4	29,4	913,0	4,94	1450,0		6,23	376,0	3,17	1633,0	4,39
		14			43,3	34,0	1046,0	4,92	662,0		6,20	431,0	3,16	1911,0	4,47
		16			49,1	38,5	1175,0	4,89	1866,0		6,17	485,0	3,14	2191,0	4,55
		18			54,8	43,0	1299,0	4,87	2061,0		6,13	537,0	3,13	2472,0	4,63
		20			60,4	47,4	1419,0	4,85	2248,0		6,10	589,0	3,12	2756,0	4,70
18	180	11	16	5,3	38,8	30,5	1216,0	5,60	1933,0	7,06	500,0	3,59	2128,0	4,85	
		12			42,2	33,1	1317,0	5,59	2093,0	7,04	540,0	3,58	2324,0	4,89	
20	200	12	18	6	47,1	37,0	1 823,0	6,22	2896,0	7,84	749,0	3,99	3 182,0	5,37	
		13			50,9	39,9	1961,0	6,21	3116,0	7,83	805,0	3,98	3 452,0	5,42	
		14			51,6	42,8	2097,0	6,20	3 333,0	7,81	861,0	3,97	3 722,0	5,46	
		16			62,0	48,7	2363,0	6,17	3 755,0	7,78	970,0	3,96	4264,0	5,54	
		20			76,5	60,1	2871,0	6,12	4560,0	7,72	1182,0	3,93	5 355,0	5,70	
		25			94,3	74,0	3 466,0	6,06	5494,0	7,63	1438,0	3,91	6 733,0	5,89	
		30			111,5	87,6	4020,0	6,00	6351,0	7,55	1688,0	3,89	8130,0	6,07	
22	220	14	21	7	60,4	47,4	2814,0	6,83	4470,0	8,60	1159,0	4,38	4941,0	5,93	
		16			68,6	53,8	3175,0	6,81	5045,0	8,58	1306,0	4,36	5661,0	6,02	
		16			78,4	61,5	4717,0	7,76	7492,0	9,78	1	4,98	8286,0	6,75	
		18			87,7	68,9	5247,0	7,73	8 337,0	9,75	2158,0	4,96	9 342,0	6,83	
		20			97,0	76,1	5 765,0	7,71	9160,0	9,72	2370,0	4,94	10401	6,91	
25	250	22	24	8	106,1	83,3	6270,0	7,69	9961,0	9,69	2579,0	4,93	11464	7,00	
		25			119,1	94,0	7006,0	7,65	11125	9,64	2887,0	4,91	13 064	7,11	
		28			133,1	104,5	7717,0	7,61	12244	9,59	3190,0	4,89	14674	7,23	
		30			142,0	111,4	8177,0	7,59	12965	9,56	3389,0	4,89	15 753	7,31	



Белгілері:

B — үлкен сөре ені;

b — шағын сөренің ені;

d — сөренің қалыңдығы;

R — ішкі қисықтық радиусы;

r — сөренің радиусы;

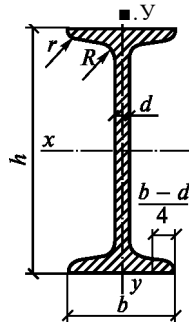
J — инерция сәті;

i — инерция радиусы;

Профиль	Өлшемі, мм					Ауданы бөлім, см ²	Салмағы 1 м ұзындығы, кг	Өстер үшін анықтамалық мәндер										Тангене угла а
	B	b	d	R	r			x-x		x_0-x_0		x_1-x_1		y_1-y_1		u-u		
								$J_x, \text{см}^4$	$i_x, \text{см}$	$J_y, \text{см}^4$	$i_y, \text{см}$	$J_{x_1}, \text{см}^4$	$y_0, \text{см}$	$J_{y_1}, \text{см}^4$	$x_0, \text{см}$	$J_{u-u}^{min}, \text{см}^4$	$i_{u-u}^{min}, \text{см}^4$	
5,5/3,6	56	36	4	6	2	3,58	2,81	11,4	1,78	3,7	1,02	23,2	1,82	6,25	0,84	2,19	0,78	0,506
			5			4,41	13,8	1,77	4,48	1,01	29,2	1,86	7,91	0,88	2,66	0,78	0,404	
6,3/4	63	40	4	7	2,3	4,04	3,17	16,3	2,01	5,16	1,13	33,0	2,03	8,51	0,91	3,07	0,87	0,397
			5			5,98	3,91	19,9	2,00	6,26	1,12	41,4	2,08	10,80	0,95	3,73	0,86	0,396
			6			5,90	4,63	23,3	1,99	7,28	1,11	49,9	2,12	13,10	0,99	4,36	0,86	0,393
			8			7,68	6,03	29,6	1,96	9,15	1,09	66,9	2,20	17,90	1,07	5,58	0,85	0,386

7,4/5	70	45	5	7,5	2,5	5,59	4,39	27,8	2,23	9,05	1,27	56,7	2,28	15,20	1,05	5,34	0,98	0,406
7,5/5	75	50	5 6 8	8	2,7	6,11 7,25 9,47	4,79 5,69 7,43	34,8 40,9 52,4	2,39 2,38 2,35	12,5 14,6 18,5	1,43 1,42 1,40	69,7 83,9 112,0	2,39 2,44 2,52	20,8 25,2 34,2	1,17 1,21 1,29	7,24 8,48 10,90	1,09 1,08 1,07	0,436 0,435 0,430
8/5	80	50	5 6	8	2,7	6,36 7,55	4,99 5,92	41,6 49,0	2,56 2,55	12,7 14,8	1,41 1,40	84,6 102,0	2,60 2,65	20,8 25,2	1,13 1,17	7,58 8,88	1,09 1,08	0,387 0,386
9/5,6	90	56	5,5 6 8	9	3	7,86 8,54 11,18	6,17 6,70 8,77	65,3 70,6 90,9	2,88 2,88 2,85	19,7 21,2 27,1	1,58 1,58 1,56	132,0 145,0 194,0	2,92 2,95 3,04	32,2 35,2 47,8	1,26 1,28 1,36	11,80 12,70 16,30	1,22 1,22 1,21	0,384 0,384 0,380
10/6, 2	100	63	6 7 8 10	10	3,3	9,59 11,10 12,60 15,50	7,53 8,70 9,87 12,10	98,3 113,0 127,0 154,0	3,20 3,19 3,18 3,15	30,6 35,0 39,2 47,1	1,79 1,78 1,77 1,75	198,0 232,0 266,0 333,0	3,23 3,28 3,32 3,40	49,9 58,7 67,6 85,8	1,42 1,46 1,50 1,58	18,20 20,80 23,40 28,30	1,38 1,37 1,36 1,35	0,393 0,392 0,391 0,387
11/7	110	70	6,5 8	10	3,3	11,40 13,90	8,98 10,90	142,0 172,0	3,53 3,51	45,6 54,6	2,00 1,98	286,0 353,0	3,55 3,61	74,3 92,3	1,58 1,64	26,90 32,30	1,53 1,52	0,402 0,400
12,5/ 0	125	80	7 8 10 12	И	3,7	14,10 16,00 19,70 23,40	11,00 12,50 15,50 18,30	227,0 256,0 312,0 365,0	4,01 4,00 3,98 3,95	73,7 83,0 100, 117, 0	2,29 2,28 2,26 2,24	452,0 518,0 649,0 781,0	4,01 4,05 4,14 4,22	119,0 137,0 173,0 210,0	1,80 1,84 1,92 2,00	43,30 48,80 59,30 69,50	1,76 1,75 1,74 1,72	0,407 0,406 0,404 0,400
14/9	140	90	8 10	12	4	18,00 22,20	14,10 17,50	364,0 444,0	4,49 4,47	120, 146, 0	2,58 2,56	727,0 911,0	4,49 4,58	194,0 245,0	2,03 2,12	70,30 85,50	1,98 1,96	0,411 0,409

Профиль номері	өлшемі мм					Ауданы бөлім, см2	Салмағы 1 ұзындығы, кг	Өстер үшін анықтамалық мәндер										Тангенге угла а		
	B	b	d	R	r			x		y		z		U		V			W	
								J, см ⁴	CM	CM ⁴	CM	V ₀ , CM	V ₁ , CM ⁴	V ₂ , CM	W ₀ , CM	W ₁ , CM ⁴	W ₂ , CM ⁴			
16/10	160	100	9	13	4,3	22,90	18,00	606,0	5,15	186,0	2,85	1221	5,19	300,0	2,23	110,0	2,20	0,391		
			10			25,30	19,80	667,0	5,13	204,0	2,84	1359	5,23	335,0	2,28	121,0	2,19	0,390		
			12			30,00	23,60	784,0	5,11	239,0	2,82	1634	5,32	405,0	2,36	142,0	2,18	0,388		
			14			34,70	27,30	897,0	5,08	272,0	2,80	1910	5,40	477,0	2,43	162,0	2,16	0,385		
18/11	180	110	10	14	4,7	28,30	22,20	952,0	5,80	276,0	3,12	1933	5,88	444,0	2,44	165,0	2,42	0,375		
			12			33,70	26,40	1123,0	5,77	324,0	3,10	2324	5,97	537,0	2,52	194,0	2,40	0,374		
20/12,5	200	125	11	14	4,7	34,90	27,40	1449,0	6,45	446,0	3,58	2920	6,50	718,0	2,79	264,0	2,75	0,392		
			12			37,90	29,70	1568,0	6,43	482,0	3,57	3189	6,54	786,0	2,83	285,0	2,74	0,392		
			14			43,90	34,40	1801,0	6,41	551,0	3,54	3 726	6,62	922,0	2,91	327,0	2,73	0,390		
			16			49,80	39,10	2026,0	6,38	617,0	3,52	4264	6,71	1061	2,99	367,0	2,72	0,388		
25/16	250	160	12	18	6	48,30	37,90	3 147,0	8,07	1032	4,62	6212	7,97	1634	3,53	604,0	3,54	0,410		
			16			63,60	49,90	4091,0	8,02	1333	4,58	8 308	8,14	2200	3,69	781,0	3,50	0,408		
			18			71,10	55,80	4545,0	7,99	145,0	4,56	9 358	8,23	2487	3,77	866,0	3,49	0,407		
			20			78,50	61,70	4987,0	7,97	1613	4,53	10410	8,31	2776	3,85	949,0	3,48	0,405		

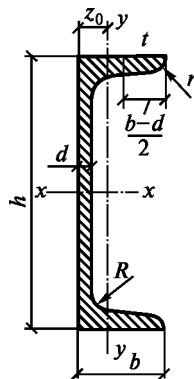


Белгілері:
 h — ені биіктігі;
 b — сөренің ені;
 d — қабырғасының қалыңдығы;
 t — сөренің орташа қалыңдығы;
 R - ішкі қисықтық радиусы; r - сөренің қисықтық радиусы; J - инерция сәті; W - кедергі сәті; S - жарты секцияның статикалық сәті; i — инерция радиусы..

Профиль номері	Салмағы 1 м ұзындығы, кг	Өлшемдері, мм						Ауданы бөлім, см ²	Өстер үшін анықтамалық мәндер						
		h	b	d	t	R	r		X—X				y—y		
									J_x , см ²	W_x , см ³	i_x , см	S_x , см ³	J_y , см ⁴	W_y , см ³	i_y , см
10	9,46	100	55	4,5	7,2	7,0	2,5	12,0	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22
12	11,5	120	64	4,8	7,3	7,5	3,0	14,7	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38
14	13,7	140	73	4,9	7,5	8,0	3,0	17,4	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,5	1,55
16	15,9	160	81	5,0	7,8	8,5	3,5	20,2	873	109,0	6,57	62,3	58,6	14,5	1,70

Профиль номери	Салмағы 1 м ұзындығы, кг	Өлшемдері, мм						Ауданы бөлім, см ²	Өстер үшін анықтамалық мәндер							
		H	b	d	t	R	Г		X—X				y—y			
									J _x , см ²	W _x , см ³	i _x , см	S _x , см ³	J _y , см ⁴	W _y , см ³	i _y , см	S _y , см ³
18	18,4	180	90	5,1	8,1	9,0	3,5	23,4	1290	143,0	7,42	81,4	82,6	18,4	1,88	
18a	19,9	180	100	5,1	8,3	9,0	3,5	25,4	1430	159,0	7,51	89,8	114, 0	22,8	2,12	
20	21,0	200	100	5,2	8,4	9,5	4,0	26,8	1840	184,0	8,28	104, 0	115, 0	23,1	2,07	
20a	22,7	200	110	5,2	8,6	9,5	4,0	28,9	2030	203	8,37	114	155	28,2	2,32	
22	24,0	220	110	5,4	8,7	10,0	4,0	30,6	2550	232	9,13	131	157	28,6	2,27	
22a	25,8	220	120	5,4	8,9	10,0	4,0	32,8	2790	254	9,22	143	106	34,3	2,50	
24	27,3	240	115	5,6	9,5	10,5	4,0	34,8	3 460	289	9,97	163	198	34,5	2,37	
24a	29,4	240	125	5,6	9,8	20,5	4,0	37,5	3 800	317	10,1 0	178	260	41,6	2,63	
27	31,5	270	125	6,0	9,8	11,0	4,5	40,2	5010	371	11,2 0	210	260	41,5	2,54	
27a	33,9	270	135	6,0	10, 2	11,0	4,5	43,2	5 500	407	11,3 0	229	337	50,0	2,80	

30	36,5	300	135	6,5	10,2	12,0	5,0	46,5	7080	472	12,30	268	337	49,9	2,69
30a	39,2	300	145	6,5	10,7	12,0	5,0	49,9	7 780	518	12,50	292	436	60,1	2,95
33	42,2	330	140	7,0	11,2	13,0	5,0	53,8	9 840	597	13,50	339	419	59,9	3,79
36	48,6	360	145	7,5	12,3	14,0	6,0	61,9	13 380	743	14,70	423	516	71,1	2,89
40	57,0	400	155	8,3	13,0	15,0	6,0	72,6	19062	953	16,20	545	667	86,1	3,03
45	66,5	450	160	9,0	14,2	16,0	7,0	84,7	27696	1231	18,10	708	808	101,0	3,09
50	78,5	500	170	10,0	15,2	17,0	7,0	100	39 727	1589	19,90	919	1043	123,0	3,23
55	92,6	550	180	11,0	16,5	18,0	7,0	118	55 962	2035	21,80	1181	1356	151,0	3,39
60	108,0	600	190	12,0	17,8	20,0	8,0	138	76 806	2560	23,60	1491	1725	182,0	3,54



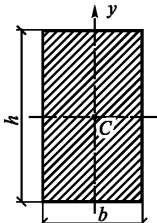
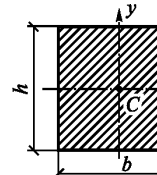
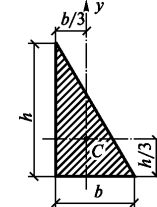
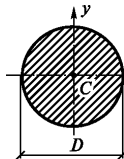
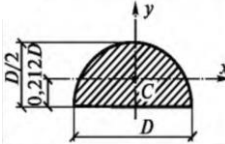
Белгілері:

h — арнаның биіктігі;
 b — сөренің ені;
 d — қабырғасының қалыңдығы; t - сөренің орташа қалыңдығы; R - ішкі қисықтық радиусы; r - сөренің қисықтық радиусы; I — инерция сәті; W - кедергі сәті;
 S — статикалық жарты бөлік; i - инерция радиусы;
 z_0 - y - y өсінен қабырғаның сыртқы жиегіне дейінгі қашықтық.

Профиль нөрі	Салмағы 1 м ұзындығы, кг	Өлшемдері, мм						Ауданы бөлі М, см ²	Өстер үшін анықтамалық мәндер							
		h	b	d	t	R	r		$x-x$				$y-y$			z_0 , см
									J_x , см ⁴	W_x , см ³	i_x , см	S_x , см ³	J_y , см ⁴	W_y , см ³	i_y , см	
5	4,84	50	32	4,4	7	6	2,5	6,16	22,8	9,1	1,92	5,59	5,61	2,75	0,954	1,16
6,5	5,9	65	36	4,4	7,2	6	2,5	7,51	48,6	15	2,54	9	8,7	3,68	1,08	1,24
8	7,05	80	40	4,5	7,4	6,5	2,5	8,98	89,4	22,4	3,16	13,3	12,8	4,75	1Д9	1,31
10	8,59	100	46	4,5	7,6	7	3	10,9	174	34,8	3,99	20,4	20,4	6,46	1,37	1,44

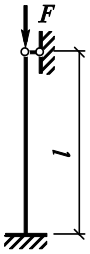
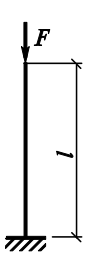
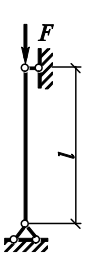
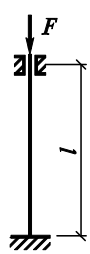
12	10,4	120	52	4,8	7,8	7,5	3	13,3	304	50,6	4,78	29,6	31,2	8,52	1,53	1,54
14	12,3	140	58	4,9	8,1	8	3	15,6	491	70,2	5,6	40,8	45,4	11	1,7	1,67
14a	13,3	140	62	4,9	8,7	8	3	17	545	77,8	5,66	45,1	57,5	13,3	1,84	1,87
16	14,2	160	64	5	8,4	8,5	3,5	18,1	747	93,4	6,42	54,1	63,3	13,8	1,87	1,8
16a	15,3	160	68	5	9	8,5	3,5	19,5	823	103	6,49	59,4	78,8	16,4	2,01	2,0
18	16,3	180	70	5,1	8,7	9	3,5	20,7	1090	121	7,24	69,8	86	17	2,04	1,94
18a	16,4	180	74	5,1	9,3	9	3,5	22,2	1190	132	7,32	76,1	105	20	2,18	2,13
20	18,4	200	76	5,2	9	9,5	4	23,4	1520	152	8,07	87,8	113	20,5	2,20	2,07
20a	19,8	200	80	5,2	9,7	9,5	4	25,2	1670	167	8,15	95,9	139	24,2	2,35	2,28
22	21	220	82	5,4	9,5	10	4	26,7	2110	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21
22a	22,6	220	87	5,4	10,2	10	4	28,8	2330	212	8,99	121	187	30	2,55	2,46
24	24	240	90	5,6	10	10,5	4	30,6	2900	242	9,73	139	208	31,6	2,60	2,42
24a	25,8	240	95	5,6	10,7	10,5	4	32,9	3180	265	9,84	151	254	37,2	2,78	2,67
27	27,2	270	95	6	10,5	11	4,5	35,2	4160	308	10,9	178	272	37,3	2,73	2,47
30	31,8	300	100	6,5	11	12	5	40,5	5810	387	12,0	224	327	43,6	2,84	2,52
33	36,5	330	105	7	11,7	13	5	46,5	7 980	484	13,1	281	410	51,8	2,97	2,59
36	41,9	360	110	7,5	12,6	14	6	53,4	10 820	601	14,2	350	513	61,7	3,10	2,68
40	48,3	400	115	8,0	13,5	15	6	61,5	15220	761	15,7	444	642	73,4	3,23	2,75

Қарапайым геометриялық фигуралардың инерция сәттері

Бөлім	J _x	J _y
	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{hb^3}{12}$
	$\frac{a^4}{12}$	$\frac{a^4}{12}$
	$\frac{bh^3}{36}$	$\frac{hb^3}{36}$
	$\frac{\pi D^4}{64} \approx 0,05D^4$	$\frac{\pi D^4}{64} \approx 0,05D^4$
	$0,00686D^4$	$\frac{\pi D^4}{128} \approx 0,025$

Қосымша III

Нүктенің ұзындығын қысқарту коэффициенттері

Шегінің ұштарын бекіту әдісі				
Коэффициент μ	1	2	0,7	0,5

Қосымша IV

1 кесте. Болаттан жасалған орталықтан қысылған элементтердің бойлық иілу коэффициенттері

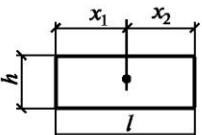
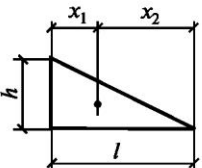
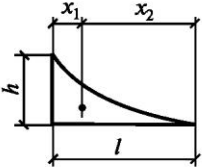
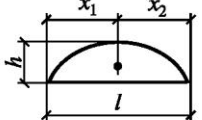
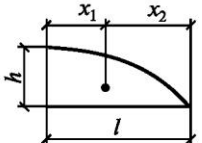
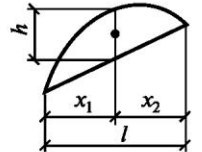
Икемділік X	Коэффициенттер φ есептелген R_y , МПа бар болаттан жасалған элементтер үшін								
	200	220	225	230	235	240	280	290	300
10	0,998	0,987	0,987	0,987	0,987	0,985	0,985	0,985	0,984
20	0,967	0,964	0,963	0,963	0,962	0,962	0,959	0,958	0,957
30	0,939	0,935	0,934	0,933	0,932	0,931	0,924	0,922	0,920
40	0,906	0,900	0,898	0,897	0,895	0,894	0,883	0,880	0,878
50	0,869	0,860	0,858	0,856	0,854	0,852	0,836	0,832	0,829
60	0,827	0,816	0,813	0,810	0,807	0,805	0,785	0,780	0,775
70	0,782	0,768	0,764	0,761	0,757	0,754	0,724	0,714	0,705
80	0,734	0,710	0,704	0,698	0,692	0,686	0,641	0,631	0,621
90	0,665	0,638	0,631	0,625	0,618	0,612	0,565	0,554	0,543

Икемділік X	Коэффициенттер ϕ есептелген Рн, МПа бар болаттан жасалған элементтер үшін								
	200	220	225	230	235	240	280	290	300
100	0,599	0,710	0,563	0,556	0,549	0,542	0,493	0,481	0,470
110	0,537	0,507	0,499	0,492	0,485	0,478	0,427	0,415	0,404
120	0,479	0,449	0,441	0,434	0,426	0,419	0,366	0,354	0,343
130	0,425	0,394	0,386	0,379	0,371	0,364	0,313	0,303	0,294
140	0,376	0,345	0,337	0,330	0,322	0,315	0,272	0,264	0,256
150	0,328	0,302	0,295	0,389	0,282	0,276	0,239	0,232	0,225
160	0,290	0,267	0,261	0,355	0,249	0,244	0,212	0,205	0,199

2-кесте. Орталықтан қысылған алюминий элементтерінің бойлық иілу коэффициенттері

Икемділік X	Алюминий элементтері үшін ϕ коэффициенті			Икемділік X	Алюминийдің элементтері үшін ϕ коэффициенті		
	АМг2М	АМг2П АД31Т1	АД31Т		АМг2М	АМг2П АД31Т1	АД31Т
10	1	1	1	90	0,608	0,392	0,656
20	0,982	0,924	0,995	100	0,555	0,318	0,610
30	0,915	0,850	0,930	110	0,506	0,263	0,562
40	0,860	0,785	0,880	120	0,458	0,221	0,518
50	0,812	0,717	0,835	130	0,415	0,188	0,475
60	0,766	0,645	0,793	140	0,362	0,162	0,435
70	0,717	0,565	0,750	150	0,313	0,141	0,400
80	0,665	0,490	0,706	160	—	—	—

Суреттердің гравитациялық орталықтарының аудандары мен координаттары

Пішіндер	Аудан	Аурылық ортасының абсцисса	
		x_1	x_2
	lh	$\frac{l}{2}$	$\frac{l}{2}$
	$\frac{lh}{2}$	$\frac{l}{3}$	$\frac{2}{3}l$
	$\frac{1}{2}lh$	$\frac{l}{4}$	$\frac{3}{4}l$
	$\frac{2}{3}lh$	$\frac{l}{2}$	$\frac{l}{2}$
	$\frac{2}{3}lh$	$\frac{3}{8}l$	$\frac{5}{8}l$
	$\frac{2}{3}lh$	$\frac{l}{2}$	$\frac{l}{2}$

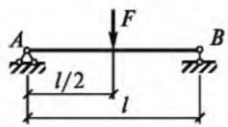
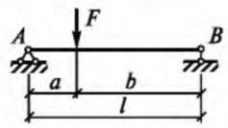
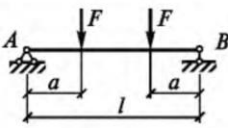
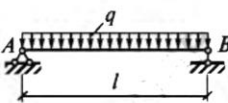
Қосымша VI

Реакцияларды қолдау, қарапайым сәулелердің Q_x және M_x

Схема, түктемек	Тірек реакциялары			
	A_0	B_0	Q_{\max}	M_{\max}
<p>Эп. M_x 0</p> <p>Эп. Q_x 0</p>	$\frac{F}{2}$	$\frac{F}{2}$	$\frac{F}{2}$	$\frac{Fl}{4}$
<p>Эп. M_x 0</p> <p>Эп. Q_x 0</p>	$\frac{Fb}{l}$	$\frac{Fa}{l}$	$\frac{Fb}{l}$	$\frac{Fab}{l}$
<p>Эп. M_x 0</p> <p>Эп. Q_x 0</p>	F	F	F	Fa
<p>Эп. M_x 0</p> <p>Эп. Q_x 0</p>	$\frac{ql}{2}$	$\frac{ql}{2}$	$\frac{ql}{2}$	$\frac{ql^2}{8}$

Қосымша VII

Бөренелердің жалған қолдау реакциялары

Схема	A^Φ	B^Φ
	$\frac{Fl^2}{16}$	$\frac{Fl^2}{16}$
	$\frac{Fab(l + b)}{6l}$	$\frac{Fab(l + a)}{6l}$
	$\frac{Fa(l - a)}{2}$	$\frac{Fa(l - a)}{2}$
	$\frac{ql^3}{24}$	$\frac{ql^3}{24}$

Қосымша VIII

Болат және алюминийдің R кедергісі

Материал	Маркасы, сыныбы	МЕМСТ	Есептік қарсыластар	
			Аққыштық, сызылу, сығылу бойынша	қолғалысқа
Жайма болат	С-235	27772-88	230	130
	С-245	-	240	140
	С-345	-	335	190

Материал	Маркасы, сыныбы	МЕМСТ	Есептік қарсыластар	
			Аққыштық, сызылу, сығылу бойынша	қолғалысқа
Деформаланатын алюминий	АМг2М	-		
	АМг2П	-	68	39
	АД31Т	-	147	88
	АД31Т1	-	54	34
		-	147	88
Арматуралық ыстық жайма болат	А-1	-	225	
	А-2	-	280	
	А-3	-	355	
	d=6...8мм	-		

	A-3 d=10...40mm	- -	365	
--	--------------------	--------	-----	--

1. Арқуша А.И. Теориялық механикадағы мәселелерді шешу бойынша нұсқаулық: Оқу құралы. қолмен / Арқуша А.И. - М.: Высш. Шк., 2002.
2. Ивченко В.А. «Техникалық механика» пәнінің оқу-әдістемелік кешені / В.А. Ивченко. - М.: Инфра-М, 2004 ж
3. Идеевич, Г.М материалдарының төзімділігі: оқулық / Г.М. - 8 ғ., Rev. және қосымша. - М.: Высш. Шк., 1998 ж.
4. Мейнин, М.С. Техникалық механика негіздері: Оқулық / Мовнин М. С., А.Б.Изреалит, А.Г. Рубашкин; П.И.Бегун. - 4-ші жазба, қайта өңделген. және қосымша. - Санкт-Петербург.: Политехника, 2005 ж.
5. Попов К.Н. Құрылыс материалдары мен бұйымдары: оқулық / К.Н.Попов, М.Б. Кадо. - М.: Высш. 2001 ж.
6. Портаев Л.П. Техникалық механика / Портаев Л.П., Петраков А.А., Портаев В.Л. - М.: Стройиздат, 1987 ж.
7. Сетков В.И. Құрылыс мамандықтары бойынша техникалық механика: Оқулық. жәрдемақы / В.И. Сетков. - М.:Изд. «Академия» орталығы, 2007 ж.
8. Сетков В.И. Құрылыс құрылымдары / В.И. Сетков, Е.П. - М.: Инфра-М, 2005 ж.
9. Н.С. Проблемалық линованың техникасы / Н Улитин, А.Н. Персин, Л.В. Лауенбург. - М.: Высш. Шк., 1978 ж.
10. Шишман Б.А. Құрылымдардың статистикасы / Б.А. Шишман. - М.: Строж-издат, 1989.
11. СНиП II-25-80. Ағаш конструкциялар. - М.: Стройиздат, 1982 ж. СНиП II-23-81*. Стальн конструкция. — М.: Минстрой России, 1996.
12. SNIP II-23-81 *. Болат конструкциялары. - М.: Ресей құрылыс министрлігі, 1996 ж.

Алғы сөз	4
I бөлім. Өздік және сынақ жұмыстары.....	6
1-тарау. Теориялық механика. Статика.....	7
1.1. Идеалды байланыстың аналитикалық реакцияларын анықтау.....	7
1.2. Екі тіректегі пучка қолдайтын реакцияларды тік жүктемелердің әсерінен анықтау.....	17
1.3. Секцияның ауырлық орталығын анықтау.....	24
2-тарау. Материалдардың төзімділігі	33
2.1. Күштің негізіндегі шыбықтардың көлденең қималарын таңдау.....	33
2.2. Инерцияның негізгі орталық сәттерін анықтау бөлім.....	40
2.3. Қарапайым сәуленің көлденең диаграммаларын салу сәттері.....	44
2.4. Орталықтандырылған қысымды күштің рұқсат етілген құнын анықтау.....	55
3-тарау. Құрылымдардың статистикасы	63
3.1. Бір реттік ішкі күштерді ең қарапайым диаграммаларын құру	63
3.2. Максвелла—Кремон диаграммасының құрылысын анықтау.....	73
3.3. Қарапайым рамада консоль сызықтарын анықтау..	83
3.4. Расчет статически неопределимой (неразрезной) балки по уравнению трех моментов.....	92
Раздел II. Расчетно-графические работы.....	102
Глава 4. Теоретическая механика. Статика.....	103
4.1. Определение усилий в стержнях простейшей консольной фермы.....	103
4.2. Определение опорных реакций балки на двух опорах.....	113
4.3. Определение положения центра тяжести сечения...	120
5-тарау. Материалдардың төзімділігі.....	132
5.1. Анықталмаған жүйе күштерін анықтау.....	132
5.2. Бөлімнің инерциясының негізгі сәттерін анықтау...	142

5.3.	Айналған I-сәулесінің бөлігін таңдау.....	146
5.4.	Орталықтандырылған композит бағанының көлденең қимасын таңдау.....	150
6 тарау. Құрылымдардың статикасы.....		159
6.1.	3-топсалы арқа секцияларында күштерді анықтау...	159
6.2.	Максвелла—Кремон диаграммасының фермерлік құрылысы күштердің графикалық анықтамасы.....	168
6.3.	Статикалық анықталмаған кадрларды есептеу.....	179
6.4.	Үздіксіз сәулені теңдеу арқылы есептеу.....	192
	1 қосымша.....	214
	II қосымша.....	226
	III қосымша.....	227
	IV қосымша.....	227
	V қосымша.....	229
	VI қосымша.....	230
	Приложение VII.....	231
	Приложение VIII.....	231
	Список литературы.....	233

Оқу басылымы

Сетков Владимир Иванович

Техникалық механика бойынша проблемаларды жинау

Оқу құралы

9-шы басылым, стереотип

Редактор Дәулетбек Байтұрсынұлы. Техникалық редактор О.С.
Александровна

Компьютер орналасуы: В. Канивец. Түзеткен Н.В. Шувалов

Бас. № 109103546. 05.12.2013 жылы баспасөзде қол қойылды. Формат 60 x 90/16. гарнитура.

Офсалды басып шығару. № 1 қағаз парағы. принтер. л. 15.0.

Айналым 1000 дана. Тапсырыс №

ООО «Академия» баспа орталығы. www.academia-moscow.ru 129085, г.
Мәскеу қаласы, Мира даңғылы, 101Б, 1-б.

Тел. 8(495)648-05-07, факс 8(495)616-00-29.

