

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА
МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

ЖИЗЗАХ ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ

«Умуммухандислик фанлари»

кафедраси

Халбутаев У.Х., Игамбердиев Х.Х.

«МАТЕРИАЛЛАР ҚАРШИЛИГИ»

фанидан

VI

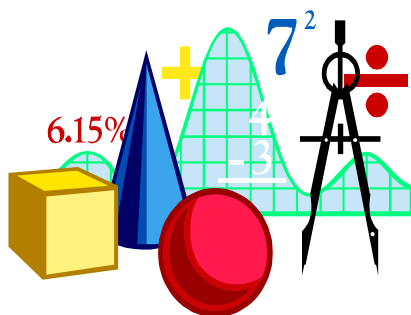
ҳисоб лойиҳа ишларини
бажариш учун

УСЛУБИЙ ҚЎЛЛАНМА

(Мавзу: «Буралаётган стерженларни мустаҳкамликка ва
бикрликка ҳисоблаш».)

5521200 ТВИ, 5140900 КПТ (ТВИ), 5580200 БСИҚ,
5580800 ШҚваХ, 5580400 МКК.

Транспорт воситаларини ишлатиш ва қурилиш йўналиши талабалари учун



Ж И З З А Х – 2007.

Муҳаррир: т.ф.н., доц Т.Абдуазизов
Такризчилар: т.ф.н., доц.С.Убайдуллаев
т.ф.н. доц.А.Эгамов

Услубий кўлланма «Умуммухандислик фанлари» кафедрасининг
илмий-услубий семинарининг «14»02.2006 йилдаги йиғилишининг
12-сонли қарори билан тасдиқланган.

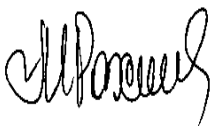
Кафедра мудир:



доц.Х.Х.Игамбердиев

Услубий кўлланма Жиззах политехника институти
«Автомеханика» факультети илмий кенгашининг «15»02.2006
йилдаги илмий услубий кенгашининг 7-сонли қарори билан
тасдиқланган.

«Автомеханика»
факультети декани:



доц.М.Раҳматуллаев

ЖизПИ илмий-услубий
кенгашида тасдиқланди:
№ 9 мажлис баёни
24.05. 2006 йил

Бу услубий кўлланма «Материаллар қаршилиги» фанидан VI-
«Буралаётган стерженларни мустаҳкамликка ва бикрликка
ҳисоблаш» мавзуларидаги ҳисоб лойиҳа ишларини бажариш учун
кундузги ва сиртқи бўлим талабаларига мўлжалланган.

Компьютерда саҳифаловчи

Ш.М.Мусаев

I. СЎЗ БОШИ

Мухандислик конструкцияларининг мустаҳкамлиги, бикрлиги ва устиворлигини ўрганувчи «Материаллар қаршилиги» фани барча ўрта ва олий техник ўқув юртларида ўрганилади.

«Материаллар қаршилиги» фанининг ўқув дастури маъруза ўқилишини, амалий ва лаборатория машғулотларини ҳамда талабаларнинг мустақил таълими (иши) билан боғлиқ бўлган ҳисоб лойиҳа ишларини (Ҳ.Л.И.) ўз ичига олади.

«Материаллар қаршилиги» фанини 2 семестр давомида ўрганувчи мутахассисликларнинг талабалари ҳар семестр давомида 6 тадан Ҳ.Л.И. ни бажаришади, жами 12 та. Бу фанни ўқув режасига кўра 1 семестр давомида ўрганувчи мутахассислик талабалари эса тўла курс бўйича 12 та Ҳ.Л.И. дан терма қилиб олинган 6 тасини бажаришади.

Қўлингиздаги услубий қўлланмада «Материаллар қаршилиги» фанининг «Буралиш» бобига доир VI-«Буралаётган стерженларни мустаҳкамликка ва бикрликка ҳисоблаш» мавзусидаги VI-Ҳ.Л.И. дан битта вариант тўла изохлашлари билан ечиб кўрсатилган, ундан ташқари бу мавзуга доир яна иккита масала ҳам ечиб, тўла изоҳлаб тушунтирилган. Қисқача энг керакли назарий маълумотлар ҳам келтирилган.

Бу услубий қўлланма талабаларга ўз вариантларини бажаришда амалий ёрдам кўрсатади.

II. “МАТЕРИАЛЛАР ҚАРШИЛИГИ” ФАНИДАН БАЖАРИЛАДИГАН Ҳ.Л.И. ЛАРИНИ БАЖАРИШ ВА ҲИМОЯ ҚИЛИШ ТАРТИБИ.

Ҳисоб лойиҳа ишлари (ХЛИ) қуйидаги босқичларга бўлинган ҳолда бажарилади ва ҳимоя қилинади.

1. Ҳар бир талаба бу фан бўйича амалий машғулот дарсини олиб боровчи ўқитувчидан ўзи бажариши лозим бўлган вариант номерини аниқлаб олади.
2. Тегишли вариант аввало дафтарда ечилиб, ўқитувчига кўрсатилади ва ўқитувчи вазифанинг тўғри ечилганлигини қайд қилгач, оққа кўчириш ҳақида рухсат олинади.
3. Ҳисоб лойиҳа ишининг жилдида ҳисоб лойиҳа ишининг мавзуси, вариант номери, талаба (бажарди) ва ҳисоб лойиҳа ишини қабул қилувчи ўқитувчининг (қабул қилди) исми шарифи ёзилади.
4. Ҳисоб лойиҳа иши уни бажарган талаба томонидан ҳимоя қилинади ва ўқитувчи ҳисоб лойиҳа ишига тегишли темалар бўйича савол-жавоблардан сўнг талабанинг ҳисоб лойиҳа ишига ва лаборатория иши ҳисоботларига жорий баҳолаш учун уч мартта максимал 15 баллгача баҳо берилади, жами 45 баллгача. Агар талаба ҳисоб лойиҳа иши ва лаборатория иши

ҳисоботларини ҳимоя қила олмаса, қайтадан ҳимоя қилиш куни белгиланади.

5. Ҳисоб лойиҳа иши бутун гуруҳ талабалари олдида, яъни доскада ёки «Материаллар қаршилиги» курси бўйича амалий машғулот дарсларини олиб боровчи ўқитувчи иштирокида ҳимоя қилиниши мумкин.
6. Ҳисоб лойиҳа ишига ва лаборатория иши ҳисоботига қўйилган балл «Материаллар қаршилиги» фанидан семестр охирида умумий баллни ҳисоблашда эътиборга олинади. Ҳисоб лойиҳа ишларини ва лаборатория иши ҳисоботларини топширмаган талаба бу фаннинг жорий баҳолашидан ўтмайди ва «Материаллар қаршилиги»дан бўладиган якуний баҳолаш ёзма ишига киритилмайди. Шунинг учун ҳар бир вазифани белгиланган муддатда бажариш ва топшириш ҳар бир талаба учун зарур ва шартдир.

Ҳисоб лойиҳа ишларини ва лаборатория иши ҳисоботларини топшириш муддатини бу фандан амалий машғулотларни олиб боровчи ўқитувчи белгилайди ва талабалар эътиборига етказди.

Узрли сабаблар билан ҳисоб лойиҳа ишини ва лаборатория иши

ҳисоботини ўз вақтида бажармаган ва топширмаган талабалар учун алоҳида жадвал белгиланади.

III. НАЗАРИЙ ҚИСМИ.

Мавзу: Буралишга ишлаётган стерженларни мустаҳкамликка ва бикрликка ҳисоблаш. (умумий тушунчалар).

Буралиш деб стерженларнинг шундай деформациясига айтиладики, бунда унинг кўндаланг кесимида фақат буровчи ички зўриқиш моментларигина вужудга келган бўлади. Кесим ташқи нормали учидан қараганда буровчи момент соат стрелкаси бўйлаб йўналган бўлса стержень учларига қўйилган буровчи моментлар мусбат ҳисобланади.

Стержень узунлиги бўйлаб ички зўриқиш буровчи моментларининг ўзгаришини ифодаловчи графикни (эпюрани) ҳар бир участка бўйича қуриш тавсия этилади. Участкаларнинг чегараси бўлиб, ташқи буровчи моментлар қўйилган кесимлар ёки ёйилган момент юкланишлари бошланадиган ва тугайдиган кесимлар ҳисобланади.

Буралишга ишлаётган стерженларнинг мустаҳкамлиги қуйидаги формула ёрдамида боҳоланади:

$$\tau_{\max} = \frac{T}{W_{\rho}} = \frac{T \cdot r}{J_{\rho}} \leq R_s \cdot \gamma_c \quad (1)$$

бунда r -думалоқ стержень радиуси; γ_c - ишлаш шароити коэффиценти; $W_{\rho} = J_{\rho} / r$ - кўндаланг кесимнинг қутб қаршилиқ моменти.

Думалоқ кўндаланг кесимли стерженларнинг бурилишдаги бикрлиги қуйидаги формула ёрдамида баҳоланади:

$$\theta = \frac{T}{GJ_{\rho}} \leq \theta_{adm} \quad (2)$$

бунда θ -бирлик узунликка мос келувчи нисбий бурилиш бурчаги; $\theta_{adm} = 0,0026 \div 0,035$ рад/м ёки $0,15 \div 2,0$ град/м чегарада олинadиган йўл қўйилиши мумкин бўлган нисбий бурилиш бурчаги.

(1) ва (2) ифодалардаги ковак стерженларнинг қутб инерция моменти ифодаси

$$J_{\rho} = \frac{\pi D^4}{32} - \frac{\pi d^4}{32} = \frac{\pi D^4}{32} (1 - \alpha^4)$$

бунда: $\alpha = d / D$; D -стержень ташқи диаметри, d -стержень ички диаметрини қўйиб, мустаҳкамлик ва бикрлик

шартларидан келиб чиққан ҳолда стержень диаметрларини аниқловчи формулаларни оламиз:

$$D \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T_{\max}}{\pi R_s \gamma_c (1 - a^4)}}; \quad (3)$$

$$D \geq \sqrt[4]{\frac{32 \cdot T_{\max}}{G \pi \theta_{adm} (1 - a^4)}}. \quad (4)$$

Агар бу (3) ва (4) формулаларда $\alpha = 0$ деб қабул қилсак, яъни стержень ички диаметрини нолга тенг десак, унда бу формулалар ёрдамида кўндаланг кесими тўла бўлган стерженларнинг диаметрларини ҳисоблаб топиш мумкин.

Стержень участкаларида буровчи момент ва қутб инерция моменти доимий қийматга эга бўлганда унинг охирги кесимларининг бир-бирига нисбатан буралиш бурчаги ва нисбий буралиш бурчаги қуйидаги формулалар ёрдамида аниқланади.

$$\nu = \frac{T \cdot \ell}{GJ_p} \quad \text{радианда} \quad (5)$$

$$\nu = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{T \cdot \ell}{GJ_p} \quad \text{градусда} \quad (6)$$

Нисбий буралиш бурчаги:

$$\theta = \frac{\nu}{\ell} = \frac{T}{GJ_p} \quad \text{радиан/метрда} \quad (7)$$

$$\theta = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{T}{GJ_p} \quad \text{градиус/метрда} \quad (8)$$

Изоҳ: Маълумотномаларда валларнинг қуйидаги стандарт диаметрлари келтирилган ($d = 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 125, 140, 160, 170, 200 \text{ мм}$);

IV. АМАЛИЙ ҚИСМИ

Мавзу: Буралишга ишлаётган стерженларни мустаҳкамликка ва бикрликка ҳисоблаш.

1. МАСАЛА

Кўндаланг кесими думалоқ бўлган вал ташқи буровчи моментлар билан юкланганлиги 1-расмда тасвирланган. Бу вал учун унинг диаметрини аниқлаш ва ички буровчи моментлар, энг катта уринма кучланиш, абсолют ва нисбий буралиш бурчакларининг эпюраларини қуриш талаб қилинади. Валнинг энг катта ички буровчи моменти мавжуд бўлган участкаси сиртқи нуктасидаги бош кучланишини ҳисоблаб, йўналишини аниқланг.

Берилган: $T_{e_1} = 29 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad T_{e_2} = 12 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad T_{e_3} = 18 \text{ кН} \cdot \text{м};$

$\ell_1 = 1,2 \text{ м}; \quad \ell_2 = 1,6 \text{ м}; \quad \ell_3 = 0,7 \text{ м}; \quad R_s \text{к}130 \text{ МПа}$

$\theta_{adm} = 2 \text{ град} / \text{м}; \quad G \text{к}0,8 \cdot 10^5 \text{ МПа}.$

Ечиш: $\sum T_{e_k} = 0$ мувозанат тенгламасидан фойдаланиб стерженнинг қистириб маҳкамланган учидаги реактив буровчи моментини ҳисоблаб топамиз.

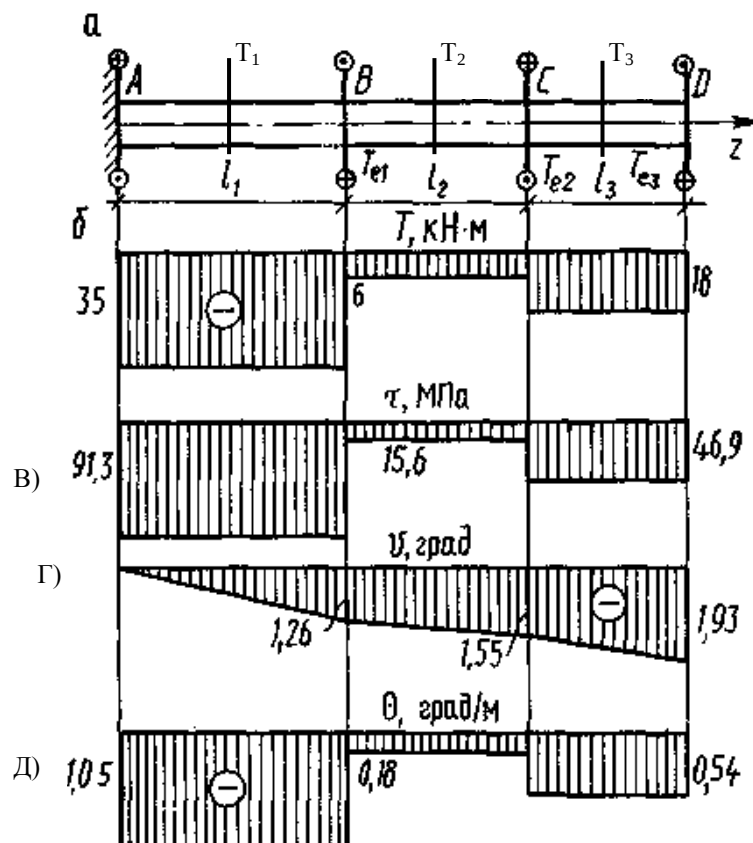
$$T_{e_0} + T_{e_1} + T_{e_3} - T_{e_2} = 0$$

ёки

$$T_{e_0} + 29 + 18 - 12 = 0.$$

бундан $T_{e_0} = -35 \text{ кН} \cdot \text{м}.$

эканлиги аниқланади.



1-РАСМ. Бир учи қистириб маҳкамланган думало-стерженнинг буралиши: а-ҳисоб схемаси; б- T, τ, φ ва θ эпюралари.

Кесиш усулидан фойдаланиб, кесимлардаги ички номаълум буровчи моментларини ҳисоблаб топамиз:

1-участкада: $0 \leq z < \ell_1$;

$$T_1 = T_{e_0} = -35 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

2-участкада: $\ell_1 \leq z < (\ell_1 + \ell_2)$;

$$T_2 = T_{e_0} + T_{e_1} = -35 + 29 = -6 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

3-участкада: $(\ell_1 + \ell_2) \leq z < (\ell_1 + \ell_2 + \ell_3)$;

$$T_3 = T_{e_0} + T_{e_1} - T_{e_2} = -35 + 29 - 12 = -18 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Стержень ташқарисида яъна битта участка бор деб фараз қилиб (4участка), унинг кўндаланг кесимидаги ички буровчи моментни ҳисоблаймиз:

4-участкада (фараз қилинган): $z \geq \ell_1 + \ell_2 + \ell_3$ да

$$T_4 = T_{e_0} + T_{e_1} - T_{e_2} + T_{e_3} = -35 + 29 - 12 + 18 = 0.$$

Бу юқоридаги ҳисоблашларнинг тўғри бажарилганлигини яна бир марта тасдиқлайди. Ҳисоблаб топилган ички буровчи момент ординаталаридан фойдаланиб қурилган унинг эпюраси 1-рasm, б да тасвирланган.

Қаралаётган валнинг диаметрини унинг мустаҳкамлик ва бикрлик шартларидан келиб чиқиб ҳисоблаймиз:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 T_{\max}}{\pi R_s}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 35 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 130 \cdot 10^6}} = 0,111 \text{ м} = 11,1 \text{ см} ;$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{180 \cdot 32 T_{\max}}{\pi^2 G \theta_{adm}}} = \sqrt[4]{\frac{180 \cdot 32 \cdot 35 \cdot 10^3}{3,14^2 \cdot 0,8 \cdot 10^{11} \cdot 2}} = 0,106 \text{ м} = 10,6 \text{ см} .$$

Бу ҳисоблаб топилган вал диаметри қийматларининг каттасини стандарт диаметрларга мослаб оламиз, яъни $d \approx 125 \text{ мм}$.

Энди қаралаётган вал кўндаланг кесимининг қутб қаршилиқ моментини ва қутб инерция моментини ҳисоблаймиз:

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16} = \frac{3,14 \cdot 12,5^3}{16} = 383,3 \text{ см}^3 = 383,3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 ;$$

$$J_p = \frac{\pi d^4}{32} = \frac{3,14 \cdot 12,5^4}{32} = 2395,63 \text{ см}^4 = 2395,63 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4 .$$

Қаралаётган вал участкаларидаги уринма кучланишларини ҳисоблаб топамиз:

1-участкада:

$$\tau_1 = \frac{T_1}{W_p} = \frac{-35 \cdot 10^3}{383,3 \cdot 10^{-6}} = -91,31 \text{ МПа}$$

2-участкада:

$$\tau_2 = \frac{T_2}{W_p} = \frac{-6 \cdot 10^3}{383,3 \cdot 10^{-6}} = -15,65 \text{ МПа} ;$$

3-участкада:

$$\tau_3 = \frac{T_3}{W_p} = \frac{-18 \cdot 10^3}{383,3 \cdot 10^{-6}} = -46,96 \text{ МПа} ;$$

Ҳисобланган уринма кучланиш ординаталаридан фойдаланиб қурилган унинг эпюраси 1-расм, в да тасвирланган.

Буралишга ишлаётган валнинг бикрлигини ҳисоблаймиз:

$$GJ_p = 0,8 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 2395,63 \cdot 10^{-8} = 1916504 \text{ Н} \cdot \text{м}^2.$$

Қаралаётган вал кесимларининг бир-бирига нисбатан буралиш бурчакларини ҳисоблаймиз:

В кесимнинг А кесимга нисбатан буралиш бурчаги:

$$\varphi_{BA} = \frac{T_1 \ell_1}{GJ_p} = \frac{-35 \cdot 10^3 \cdot 1,2}{1916504} = -0,0219 \text{ рад}$$

ёки

$$-0,0219 \cdot \frac{180}{\pi} = -0,0219 \cdot \frac{180}{3,14} = -1,26^\circ.$$

С кесимнинг В кесимга нисбатан буралиш бурчаги:

$$v_{CB} = \frac{T_2 \ell_2}{GJ_P} = \frac{-6 \cdot 10^3 \cdot 1,6}{1916504} = -0,005 \text{ pa } \partial$$

ёки

$$-0,005 \cdot \frac{180}{\pi} = -0,005 \cdot \frac{180}{3,14} = -0,29^{\circ}.$$

С кесимнинг А кесимга нисбатан буралиш бурчагини қуйидагича ҳисоблаб топамиз:

$$v_{CA} = v_{BA} + v_{CB} = -1,26^{\circ} - 0,29^{\circ} = -1,55^{\circ}.$$

Д кесимнинг С кесимга нисбатан буралиш бурчагини қуйидагича ҳисоблаб топамиз:

$$v_{DC} = \frac{T_3 \ell_3}{GJ_P} = \frac{18 \cdot 10^3 \cdot 0,7}{1916504} = -0,00657 \text{ pa } \partial$$

ёки

$$-0,00657 \cdot \frac{180}{\pi} = -0,00657 \cdot \frac{180}{\pi} = -0,38^{\circ}.$$

Д кесимнинг А кесимга нисбатан буралиш бурчагини қуйидагича ҳисоблаб топамиз:

$$v_{DA} = v_{CA} + v_{DC} = -1,55^{\circ} - 0,38^{\circ} = -1,93^{\circ}.$$

Қаралаётган валнинг участкаларидаги нисбий буралиш бурчакларини ҳисоблаб топамиз:

$$\theta_1 = \frac{v_{BA}}{\ell_1} = \frac{-1,26^0}{1,2} = -1,05 \text{ град} / \text{м};$$

$$\theta_2 = \frac{v_{CB}}{\ell_2} = \frac{-0,29^0}{1,6} = -0,18 \text{ град} / \text{м};$$

$$\theta_3 = \frac{v_{DC}}{\ell_3} = \frac{-0,38^0}{0,7} = -0,54 \text{ град} / \text{м}.$$

Бу ҳисобланган буралиш бурчаги ва нисбий буралиш бурчаги ординаталаридан фойдаланиб, уларнинг эпюрасини мос равишда 1-расм, г ва д да қурамыз.

Энг катта ички боровчи момент таъсир қилаётган 1-участка сиртки нуқтасидаги бош кучланишларни ҳисоблаймиз:

$$\begin{aligned} \sigma_{\max/\min} &= \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2} = \\ &= \pm \sqrt{\tau_{xy}^2} = \pm \sqrt{(91,3 \cdot 10^6)^2}, \end{aligned}$$

Бундан қуйидагиларни топамиз:

$$\sigma_{\max} = 91,3 \text{ МПа} ; \quad \sigma_{\min} = -91,3 \text{ МПа} .$$

Бош кучланишларнинг йўналишини қуйидаги формула ёрдамида ҳисоблаймиз:

$$\operatorname{tg} 2\alpha_0 = \frac{-2\tau_{xy}^2}{\sigma_x - \sigma_y} = \frac{-2 \cdot 91,3 \cdot 10^6}{0} = -\infty ;$$

бундан

$$2\alpha_0 = -90^\circ ; \quad \alpha_0 = -45^\circ .$$

Демак бош кучланишлар вал сиртидаги нуқтада x ва y ўқларига 45° бурчак остида таъсир кўрсатар экан.

2-МАСАЛА. Пўлат валга битта етакчи ва учта етакланувчи шкив ўрнатилган (2-расм, а). Шкивлар узатаётган моментлар $M_1 \approx 1400 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $M_2 \approx 1600 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $M_3 \approx 700 \text{ Н} \cdot \text{м}$, етакчи шкивнинг айлантирувчи моменти $M_0 \approx 3700 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Рухсат этилган кучланиш $[\tau] = 750 \cdot 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$; $G = 0,8 \cdot 10^{11} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$.

Бу вал учун қуйидагилар талаб қилинади:

- 1). Буровчи моментлар эпюраси чизилсин;
- 2). Валнинг диаметри аниқлансин;
- 3). Бурчаклар қийматини валнинг етакчи шкив қўйилган кесимидан бошлаб буралиш бурчаклари эпюраси чизилсин;

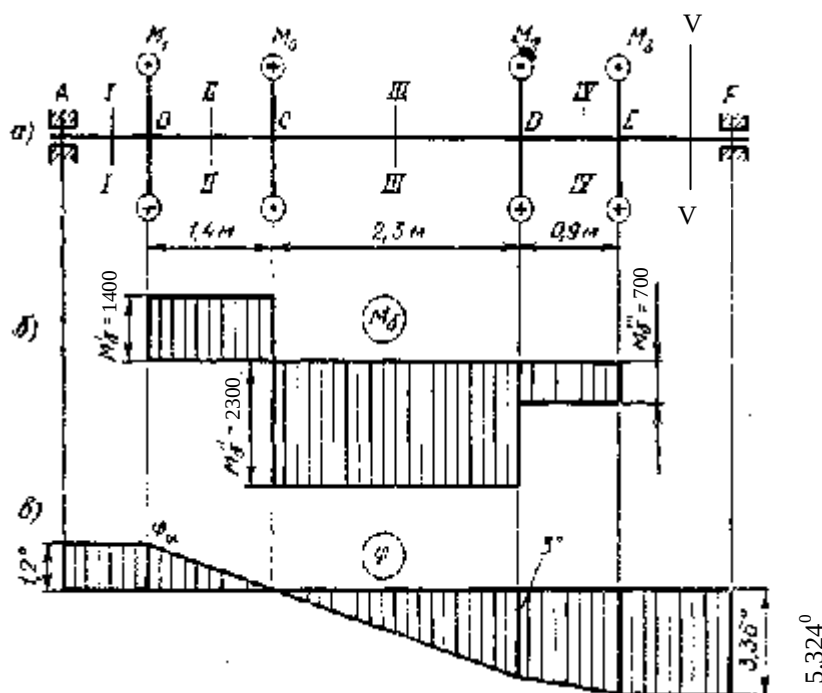
4). Валнинг бир метр узунлигига тўғри келган энг катта нисбий буралиш бурчаги топилсин.

ЕЧИШ: 1). Вални участкаларга бўламиз:

I-I кесим учун $\sum M_{\kappa} M_{\delta_1} = 0$; Демак $M_{\delta_1} = 0$

II -II кесим учун $\sum M_{\kappa} M_{\delta_2} - M_1 = 0$; Демак $M_{\delta_2} = M_1 = 1400 \text{ Нм}$

III -III кесим учун $\sum M_{\kappa} M_{\delta_3} - M_1 + M_0 = 0$;



2-РАСМ. Бураляётган пылат валнинг: а-щисоб схемаси, б-ички буровчи моментлар эпюраси, в-буралиш бурчакларининг эпюраси.

Демак $M_{\delta_3} = M_1 - M_0 = 1400 - 3700 = -2300 \text{ Нм}$

IV -IV кесим учун $\sum M_{\kappa} M_{\delta_4} - M_1 + M_0 - M_2 = 0$

Демак $M_{\delta_4} = M_1 - M_0 + M_2 = 1400 - 3700 + 1600 = -700 \text{ Нм} .$

$$V-V \text{ кесим учун } \Sigma M_{\text{к}} M_{\sigma_5} - M_1 + M_0 - M_2 - M_3 = 0$$

$$\text{Демак } M_{\sigma_5} = M_1 - M_0 + M_2 + M_3 = 1400 - 3700 + 1600 + 700 = 0$$

Топилган буровчи моментларни маълум масштабда горизонтал ўқдан бошлаб, вертикал чизиқлар устига қўйиб чиқсак, берилган вал учун буровчи момент эпюраси ҳосил бўлади (2-рasm,б). Буровчи моментлар эпюрасидан максимал буровчи момент III участкада бўлиб, унинг қийматлари 2300 Нм эканлиги кўриниб турабди, яъни $(M_{\sigma})_{\max} \approx 2300 \text{ Нм}$.

2). Валнинг диаметрини топамиз:

Мустаҳкамлик шартидан, яъни (3) формуладан зарур бўлган диаметрини топамиз:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot (M_{\sigma})_{\max}}{\pi \cdot R_s \cdot \gamma_c}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 230 \cdot 10^{-1}}{3,14 \cdot 750 \cdot 10^{-5} \cdot 1}} = \sqrt[3]{\frac{3680 \cdot 10^{-6}}{2355}} = 1,56 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$d = 1,56 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 0,0156 \text{ м} = 15,6 \text{ мм}$$

Бу қийматни ГОСТ 1654 даги 30,35,40,50,60,70 мм маълумотларга қараб яхлитлаймиз, яъни $d \approx 30 \text{ мм} \approx 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$.

3).Буралиш бурчакларини етакчи шкив ўрнатилган C кесимдан бошлаб ҳисоблаймиз, яъни C кесимни қўзғалмас кесим деб фараз қиламиз.

II участкада В кесимнинг С кесимга нисбатан буралиш

бурчаги: $J_{\rho} = \frac{\pi D^4}{32}$

$$\varphi_{BC} = \frac{M_{\sigma_2} \cdot \ell_{BC}}{GJ_P} = \frac{1400 \cdot 1,4 \cdot 32}{8 \cdot 10^{11} \cdot 3,14 \cdot 3^4 \cdot 10^{-8}} = 0,03 \text{ рад}.$$

бўлади. Радианни градусга айлантирамиз:

$$\varphi_{BC}^0 = \frac{180^0 \cdot 0,03}{3,14} \cong 1,719^0$$

III участкада Д кесимнинг С кесимга нисбатан буралиш

бурчаги:

$$\varphi_{DC} = \frac{M_{\sigma_3} \cdot \ell_{DC}}{GJ_P} = \frac{-2300 \cdot 2,3 \cdot 32}{8 \cdot 10^{11} \cdot 3,14 \cdot 3^4 \cdot 10^{-8}} = -0,083 \text{ рад}$$

ёки

$$\varphi_{DC}^0 = -\frac{180^0 \cdot 0,083}{3,14} = -4,757^0$$

бўлади.

IV участкада E кесимнинг D кесимга нисбатан буралиш бурчагини топамиз:

$$\varphi_{ED} = \frac{M_{\bar{\sigma}_4} \cdot \ell_{ED}}{GJ_P} = - \frac{-700 \cdot 0,9 \cdot 32}{8 \cdot 10^{11} \cdot 3,14 \cdot 3^4 \cdot 10^{-8}} = -0,0099 \text{ рад}$$

ёки

$$\varphi_{ED}^0 = - \frac{180^0 \cdot 0,0099}{3,14} = -0,567^0$$

бўлади.

Шундай қилиб, C кесимни қўзғалмас деб қабул қилганимиз учун валнинг ҳар бир шкив ўрнатилган кесимининг буралиш бурчаги қуйидагича аниқланади:

C кесимнинг буралиш бурчаги $\varphi_C = 0$;

B кесимнинг буралиш бурчаги $\varphi_B = \varphi_{BC} = 1,719^0$;

D кесимнинг буралиш бурчаги $\varphi_D = \varphi_{DC} = -4,757^0$;

E кесимнинг буралиш бурчаги $\varphi_E = \varphi_{DC} + \varphi_{ED} = -4,757^0 - 0,567^0 = -5,324^0$;

A кесимнинг буралиш бурчаги $\varphi_A^0 = \varphi_{BC}^0 = 1,719^0$;

F кесимнинг буралиш бурчаги $\varphi_F^0 = \varphi_E^0 = -5,324^0$;

Юқоридаги маълумотлар асосида буралиш бурчаклари эпюрасини маълум масштабда чизамиз (2-расм, в).

4). Валнинг бир метр узунлигига тўғри келган энг катта нисбий буралиш бурчагини $\theta_{\max}^0 = \frac{\varphi^0}{\ell}$ формула асосида топамииз:

$$\text{I участка учун } \theta_2^0 = \frac{\varphi^0}{\ell_1} = 0^0$$

$$\text{II участка учун } \theta_2^0 = \frac{1,719^0}{1,4} = 1,227 \text{ град / метр}$$

$$\text{III участка учун } \theta_3^0 = \frac{4,757^0}{2,3} = 2,068 \text{ град / метр}$$

$$\text{IV участка учун } \theta_4^0 = \frac{5,324^0}{3,2} = 1,663 \text{ град / метр}$$

VI – ҲИСОБ ГРАФИК ИШИ БАЖАРИШГА ДОИР НАМУНА

Мавзу: Буралаётган стерженларни мустаҳкамликка ва бикрликка ҳисоблаш.

Масала шarti: Думалок кўндаланг кесимли пўлат вал ташқи буровчи моментлар таъсиридан зўриқади. Вал кўндаланг кесимларининг силжишга бўлган ҳисоб қаршилиги $R_s = 130 \text{ МПа}$ га тенг.

Бу берилган вал учун қўйидагилар талаб қилинади:

- 1). Ички буровчи моментларнинг эпюраларини қуринг
(3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 - схемаларда олдиндан T_{e_0} ни аниқланг);
- 2). Валнинг диаметрини унинг мустаҳкамлик ва бикрлик шартидан келиб чиқиб ҳисобланг ва уни қуйидаги стандартларга мосланг ($d = 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 125, 140, 160, 170, 200$ мм);
- 3). Валнинг кўндаланг кесимидаги уринма кучланишларини ҳисобланг ва унинг эпюрасини қуринг;
- 4). Буралиш бурчакларининг эпюраларини қуринг;
- 5). Нисбий буралиш бурчакларини ҳисобланг ва унинг эпюрасини қўринг.
- 6). Валнинг энг катта буровчи момент таъсир қилаётган участкаси сирти нуқтасидаги бош кучланишни ва унинг йўналишини аниқланг.

Ҳисоб схемалари 6-расмда керакли сон қийматлари эса 6-жадвалда келтирилган (вариант китобчасида).

Берилган:

$$a = 1 \text{ м}; \quad b = 0,8 \text{ м}; \quad c = 1,7 \text{ м};$$

$$T_{e_1} = 28 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad T_{e_2} = 14 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$T_{e_3} = 23 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad T_{e_4} = 6 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$\theta_{adm} = 3 \text{ град} / \text{м}; \quad R_s = 130 \text{ МПа};$$

$$G = 0,8 \cdot 10^5 \text{ МПа}; \quad \gamma_e = 1; \quad \nu_e = 1;$$

Ечиш:

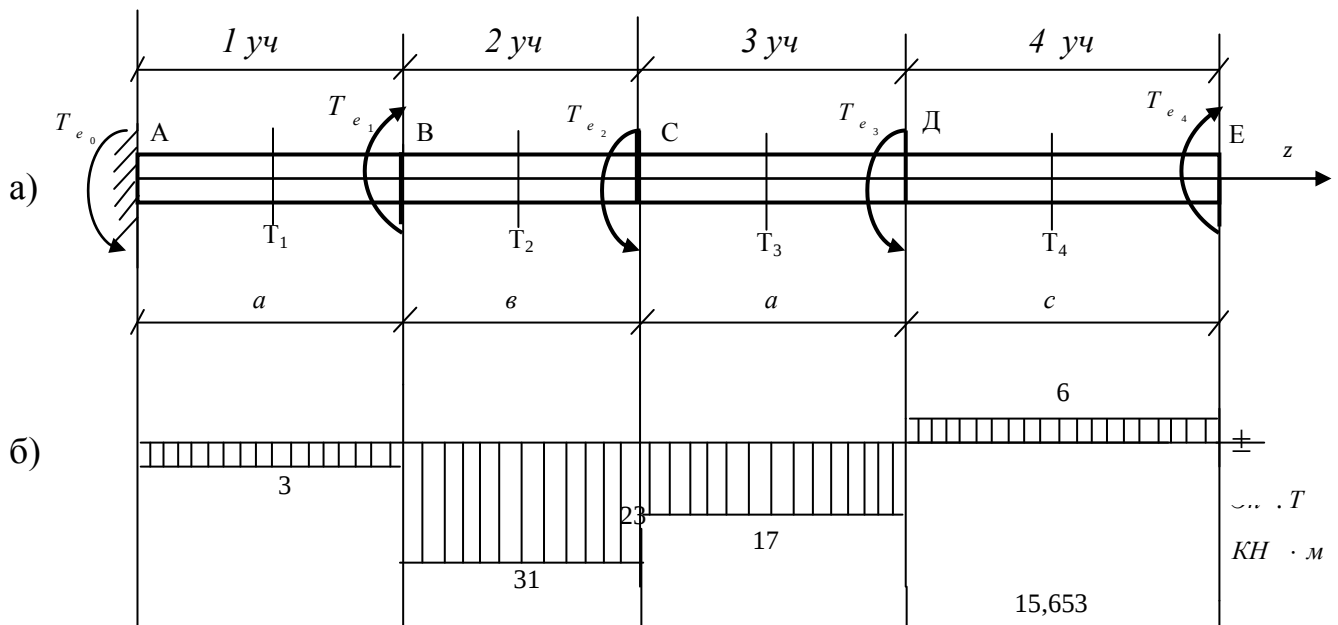
1. Дастлаб масаланинг берилганларини эътиборга олиб, унинг схемасини 3-расм, а да тасвирлаймиз. Шундан кейин валнинг қистириб маҳкамланган кесимида ташқи моментлар таъсиридан ҳосил бўлувчи реактив T_{e_0} моментини аниқлаймиз. Бунинг учун қуйидаги мувозонат тенгламасидан фойдаланамиз:

$$\Sigma T_e = 0: \quad -T_{e_0} + T_{e_1} - T_{e_2} - T_{e_3} + T_{e_4} = 0$$

Бундан:

$$T_{e_0} = T_{e_1} - T_{e_2} - T_{e_3} + T_{e_4} =$$

$$= 28 - 14 - 23 + 6 = -3 \text{ кН} \cdot \text{м};$$



Энди ҳар бир участка ихтиёрий кесимидаги ички зўриқиш буровчи моментини ҳисоблаб топамиз. Бунинг учун кесиш усулидан фойдаланамиз:

1 – участкада: $0 \leq z \leq a$;

$$\Sigma T_1 = -T_{e_0} + T_1 = 0 \quad \rightarrow \quad T_1 = T_{e_0} = -3 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

2 – участкада: $a \leq z \leq a + b$;

$$\Sigma T_2 = -T_{e_0} + T_{e_1} + T_2 = 0 \quad \rightarrow$$

$$T_2 = T_{e_0} - T_{e_1} = -3 - 28 = -31 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

3 – участкада: $a + b \leq z \leq 2a + b$;

$$\Sigma T_3 = -T_{e_0} + T_{e_1} - T_{e_2} + T_3 = 0 \quad \rightarrow$$

$$T_3 = T_{e_0} - T_{e_1} + T_{e_2} = -3 - 28 + 14 = -17 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

4 – участкада: $2a + b \leq z \leq 2a + b + c$;

$$\Sigma T_4 = -T_{e_0} + T_{e_1} - T_{e_2} - T_{e_3} + T_4 = 0 \quad \rightarrow$$

$$T_4 = T_{e_0} - T_{e_1} + T_{e_2} + T_{e_3} = -3 - 28 + 14 + 23 = 6 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

Берилган буралувчи валнинг ҳамма 4 та участкасида ички буровчи моментлар ҳисоблаб топилди. Бу ички буровчи моментларнинг тўғри ҳисоблаб топилганлигига ишонч ҳосил қилиш учун, стержень бўш учидан кейин яна битта участкаси бор деб фараз қиламиз ва унинг кўндаланг кесимидаги ички буровчи моментини T_5 деб белгилаб, уни ҳисоблаймиз:

5 – участкада: $2a + b + c \leq z$;

$$\Sigma T_5 = -T_{e_0} + T_{e_1} - T_{e_2} - T_{e_3} + T_{e_4} + T_5 = 0;$$

$$T_5 = T_{e_0} - T_{e_1} + T_{e_2} + T_{e_3} - T_{e_4} =$$

$$= -3 - 28 + 14 + 23 - 6 = 37 - 37 = 0$$

Бу валнинг участкаларидаги ички зўриқиш буровчи моментларининг ва реактив буровчи моментнинг тўғри топилганлигини билдиради. Юқорида ҳисоблашни чапдан ўнгга қараб бажарган эдик, лекин кесиш усулини қўллаб ҳисоблашни ўнгдан чапга бажарсак ҳам шу натижага келамиз.

Юқорида ҳисобланган ички буровчи моментларнинг ординаталаридан фойдаланиб, унинг эпюрасини қурамиз. Бу ички буровчи момент T нинг эпюраси 3-расм, б да келтирилган. Буровчи ички моментлар эпюрасининг тўғри қурилганлигини участкалар чегарасидаги сакрашларнинг чегараларга қўйилган ташқи моментларга тенглиги ҳам кўрсатиб турибди.

2). Валнинг буралишга бўлган мустаҳкамлик шарти (1) формула ёрдамида аниқланади:

$$\tau_{\max} = \frac{T}{W_p} = \frac{T \cdot r}{J_p} = R_s \cdot \gamma_s \quad (1^1)$$

Бу ерда r - думалок валнинг радиуси; γ_e - валнинг ишлаш шароитига боғлиқ бўлган коэффицент; $W_p = \frac{J_p}{r}$ - кўндаланг кесимнинг қутб қаршилиқ моменти.

Валнинг бикрликка бўлган шарти (2) формула ёрдамида аниқланади:

$$\theta = \frac{T}{GJ_p} \leq \theta_{adm}; \quad (2')$$

Бунда θ - бирлик узунликка мос келган нисбий буралиш бурчаги; θ_{adm} - йўл қўйилиши мумкин бўлган нисбий буралиш бурчаги.

Валнинг буралиш бурчаги (5) ва (6) формулалар ёрдамида ҳисобланади:

$$\text{Радианда бўлса:} \quad \nu = \frac{T \cdot l}{GJ_p} \quad (5^1)$$

$$\text{Градусда бўлса:} \quad \nu = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{T \cdot l}{GJ_p} \quad (6^1)$$

Валнининг нисбий буралиш бурчаги (7) ва (8) формулалар ёрдамида ҳисобланади:

$$\text{Радиан тақсим метрда} \quad \theta = \frac{\nu}{l} = \frac{T}{GJ_p} \quad (7^1)$$

$$\text{градус тақсим метрда:} \quad \theta = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{T \cdot l}{GJ_p} \quad (8^1)$$

Энди (5^1) , (6^1) ва (7^1) , (8^1) ни (1^1) ва (2^1) га қуйиб, валнинг мустаҳкамлик ва бикрлик шартларидан келиб чиқиб, унинг диаметрини аниқлаш учун қуйидаги формулаларга келамиз:

$$d_{\text{м}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T_{\text{max}}}{\pi \cdot R_s \cdot \gamma_{\text{с}}}}; \quad \text{ва} \quad d_{\text{б}} = \sqrt[4]{\frac{180 \cdot 32 \cdot T_{\text{max}}}{\pi \cdot G \cdot \theta_{\text{adm}}}};$$

Энди бу диаметрларни ҳисоблаймиз:

$$d_{\text{м}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T_{\text{max}}}{\pi \cdot R_s \cdot \gamma_{\text{с}}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 31 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 130 \cdot 10^6}} = \sqrt[3]{\frac{496 \cdot 10^3}{408,2 \cdot 10^6}} =$$

$$\sqrt[3]{1,215 \cdot 10^{-3}} = 1,067 \cdot 10^{-1} \text{ м} = 10,67 \text{ см} = 106,7 \text{ мм};$$

$$d_{\text{б}} = \sqrt[4]{\frac{180 \cdot 32 \cdot T_{\text{max}}}{\pi^2 \cdot G \cdot \theta_{\text{adm}}}} = \sqrt[4]{\frac{180 \cdot 32 \cdot 31 \cdot 10^3}{3,14^2 \cdot 0,8 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 3}} = \sqrt[4]{\frac{178560 \cdot 10^3}{23,663 \cdot 10^{11}}} =$$

$$= \sqrt[4]{7545,957 \cdot 10^{-8}} = 9,32 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 0,0932 \text{ м} = 9,32 \text{ см} = 93,2 \text{ мм};$$

Табиийки бу ҳисоблаб топилган $d_{\text{м}}$ ва $d_{\text{б}}$ лардан каттасини қаралаётган вал учун қабул қиламиз ва уни 2-талабдаги стандарт ўлчамнинг каттасига тўлдирамиз, яъни диаметрини $d = 125 \text{ мм}$ деб қабул қиламиз.

3). Вал кўндаланг кесимининг қутб қаршилик моментини ва қутб инерция моментларини ҳисоблаймиз:

$$W_{\rho} = \frac{\pi \cdot d^3}{16} = \frac{3,14 \cdot 12,5^3}{16} = 383,3 \text{ см}^3 = 383,3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3;$$

$$J_{\rho} = \frac{\pi \cdot d^4}{32} = \frac{3,14 \cdot 12,5^4}{32} = 2395,63 \text{ см}^4 = 2395,63 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4;$$

Энди валнинг ҳар бир участкаси кесимларида ташқи буровчи моментлар таъсиридан ҳосил бўлаётган уринма кучланишларни ҳисоблаймиз.

1 – участкада:

$$\tau_1 = \frac{T_1}{W_{\rho}} = \frac{-3 \cdot 10^3}{383,3 \cdot 10^{-6}} = -7,826 \cdot 10^6 \text{ Па} = -7,826 \text{ МПа} ;$$

2 – участкада:

$$\tau_2 = \frac{T_2}{W_{\rho}} = \frac{-31 \cdot 10^3}{383,3 \cdot 10^{-6}} = -80,876 \cdot 10^6 \text{ Па} = -80,876 \text{ МПа} ;$$

3 – участкада:

$$\tau_3 = \frac{T_3}{W_{\rho}} = \frac{-17 \cdot 10^3}{383,3 \cdot 10^{-6}} = -44,351 \cdot 10^6 \text{ Па} = -44,351 \text{ МПа} ;$$

4 – участкада:

$$\tau_4 = \frac{T_4}{W_{\rho}} = \frac{6 \cdot 10^3}{383,3 \cdot 10^{-6}} = 15,653 \cdot 10^6 \text{ Па} = 15,653 \text{ МПа} ;$$

Бу ҳисобланган уринма кучланиш ординаталаридан фойдаланиб курилган эпюраси в-расмда келтирилган.

4). Валнинг участка чегараларидаги буралиш бурчакларини ҳисоблаб топамиз, бунинг учун валнинг кўндаланг кесимининг бикрлигини ҳисоблаймиз:

$$G \cdot J_{\rho} = 0,8 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 2395,63 \cdot 10^{-8} = 1916504 \text{ Н} \cdot \text{м}^2;$$

В кесимнинг А кесимга нисбатан буралиш бурчаги:

$$\nu_{BA} = \frac{180^0}{\pi} \cdot \frac{T_1 \cdot a}{GJ_{\rho}} = \frac{180^0}{3,14} \cdot \frac{-3 \cdot 10^3 \cdot 1}{1916504} = -0,085^0;$$

С кесимнинг В кесимга нисбатан буралиш бурчаги;

$$\nu_{CB} = \frac{180^0}{\pi} \cdot \frac{T_2 \cdot b}{GJ_{\rho}} = \frac{180^0}{3,14} \cdot \frac{-31 \cdot 10^3 \cdot 0,8}{1916504} = -0,742^0;$$

Д кесимнинг С кесимга нисбатан буралиш бурчаги:

$$\nu_{DC} = \frac{180^0}{\pi} \cdot \frac{T_3 \cdot a}{GJ_{\rho}} = \frac{180^0}{3,14} \cdot \frac{-17 \cdot 10^3 \cdot 1}{1916504} = -0,504^0;$$

Е кесимнинг Д кесимга нисбатан буралиш бурчагини ҳисоблаймиз:

$$\nu_{ED} = \frac{180^0}{\pi} \cdot \frac{T_4 \cdot c}{GJ_{\rho}} = \frac{180^0}{3,14} \cdot \frac{6 \cdot 10^3 \cdot 1,7}{1916504} = 0,303^0;$$

Энди учаска чегараларидаги абсолют буралиш бурчакларини ҳисоблаймиз:

$$v_{BA}^a = v_{BA} = -0,085^0;$$

$$v_{CA}^a = v_{BA}^a + v_{CB} = -0,085^0 - 0,742^0 = -0,827^0;$$

$$v_{DA}^a = v_{CA}^a + v_{DC} = -0,827^0 - 0,504^0 = -1,331^0;$$

$$v_{EA}^a = v_{DA}^a + v_{ED} = -1,331^0 + 0,303^0 = -1,028^0.$$

Бу чегаралардаги ҳисобланган ординаталардан фойдаланиб абсолют буралиш бурчагининг эпюрасини курамиз. Бу эпюралар г-расмда келтирилган.

5). Энди валнинг участкаларидаги нисбий буралиш бурчакларини ҳисоблаб топамиз:

$$\theta_1 = \frac{v_{BA}}{a} = \frac{-0,085^0}{1,0} = -0,086 \text{ град} / \text{м};$$

$$\theta_2 = \frac{v_{CB}}{b} = \frac{-0,742^0}{0,8} = -0,927 \text{ град} / \text{м};$$

$$\theta_3 = \frac{v_{DC}}{a} = \frac{-0,504^0}{1,0} = -0,504 \text{ град} / \text{м};$$

$$\theta_4 = \frac{v_{ED}}{c} = \frac{0,303^0}{1,7} = 0,178 \text{ град} / \text{м}.$$

Бу ҳисобланган нисбий буралиш бурчакларидан фойдаланиб, унинг эпюрасини курамиз. Бу эпюра д-расмда келтирилган.

6). Валнинг энг катта боровчи момент таъсир қилаётган 2–участкаси сирти нуқтасидаги бош кучланишлар қуйидаги формула ёрдамида топилади:

$$\begin{aligned}\sigma_{\max/\min} &= \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2} = \\ &= \pm \sqrt{4\tau_{xy}^2} = \pm \sqrt{(-80,876)^2} = \pm (-80,876); \end{aligned}$$

Бундан $\sigma_{\max} = 80,876 \text{ МПа}$ ва $\sigma_{\min} = -80,876 \text{ МПа}$ бунда, $\sigma_x = 0$ ва $\sigma_y = 0$ эканлиги эътиборга олинди.

Бош кучланишларнинг йўналиши қуйидаги формуладан топилади:

$$\operatorname{tg} 2\alpha_0 = \frac{-2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y} = \frac{-2 \cdot 80,876}{0} = \infty;$$

Бундан $2\alpha_0 = -90^\circ$ ёки $\alpha_0 = -45^\circ$.

Демак бош кучланишлар x ва y ўқларига 45° бурчак ташкил қилган майдончаларда таъсир кўрсатар экан.

Масаланинг ҳамма шарти тўла бажарилди.

V. Адабиётлар:

1. Мансуров К.М. «Материаллар қаршилиги».-Т.: «Ўқитувчи»., 1969 й.
2. Қорабоев Б. ва бош. «Материаллар қаршилигидан қисқача курс». - Т.: «Ўзбекистон»., 1998 й.
3. Ўразбоев М.Т. «Материаллар қаршилиги асосий курси».
4. Беляев Н.М. «Сопротивление материалов» М.: Н. 1965 г.
5. Степин П.А. «Сопротивление материалов» М.: «В.ш». 1960 г.
6. Винокуров Е.Ф. и др. «Сопротивление материалов» (Расчетно-проектировочные работы). Минск. «В.ш». 1987 г.

VI.Мундарижа:

I.	Сўз
боши:.....	3
II.“Материаллар қаршилиги” фанидан бажариладиган	
 Ҳ.Л.И. ларини бажариш ва ҳимоя қилиш тартиби.....	
4	
III. Назарий қисми: Мавзу:	Буралишга ишлаётган
стерженларни мустаҳкамликка ва бикрликка ҳисоблаш.	
(умумий	тушунчалар).....
..... 6	
IV. Амалий қисми: Мавзу:	Буралишга ишлаётган
стерженларни мустаҳкам-	ликка
ва бикрликка	
ҳисоблаш).....	
.....9	
1.МАСАЛА.....	
.....9	
2.МАСАЛА.....	
.....16	

VI – Ҳисоб график ишини бажаришга доир намуна (Мавзу: Буралаётган стерженларни мустаҳкамликка ва бикрликка ҳисоблаш.....	21
---	-----------

V.

Адабиётлар:..... ...32	
---	--

VI.

Мундарижа:..... 33	
-------------------------------------	--

