

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА
МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

АБУ РАЙХОН БЕРУНИЙ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ
ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

Ш.А.Шообидов, С.Ў. Мусаев

**Тишли ва червякли
узатмаларни
лойиҳалаш**

Ўқув қўлланма

Тошкент – 2005

Тишли ва червякли узатмаларни лойиҳалаш: Ўқув қўлланма. / Ш.А.Шообидов, С.Ў.Мусаев. Тошкент давлат техника университети, Тошкент, 2005., 81 б.

Ўқув қўлланмада цилиндрсимон ғилдиракли тўғри ва қия тишли узатмалар, конуссимон ғилдиракли тўғри ва қия тишли узатмалар, червякли узатмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалашга доир маълумотлар берилган. Тишли ва червякли узатмаларнинг геометрияси, уларда ҳосил бўладиган кучлар, лойиҳа ва текширув ҳисоблари ҳамда масалаларнинг ечими келтирилган.

Ўқув қўлланма олий техника ўқув юр்தларининг бакалаврлари ва магистрлари учун мўлжалланган бўлиб, ундан лойиҳа ишлари билан шуғулланувчи муҳандислар ҳам фойдаланишлари мумкин.

Расм 21 та, жадвал 25 та, адабиёт 8 та.

Абу Райҳон Беруний номидаги Тошкент давлат техника университети илмий-услубий кенгаши қарорига кўра чоп этилди.

Такризчилар:

Тошкент темирйўл транспорти
муҳандислари институти,
«Машиналарни конструкциялаш
асослари» кафедраси мудирин,
акад. А.Д. Глушенко

т.ф.д., проф. А.М.Қоплонов

СЎЗ БОШИ

Машинасозлик олдида қўйилган энг муҳим масалалардан бири ишлаб чиқарилаётган машиналарнинг унумдорлигини ошириш ва сифатини яхшилашдир. Бу масалани ҳал қилишда олий техника ўқув юртларида юқори малакали мутахассислар тайёрлаш муҳим аҳамиятга эгадир.

Ана шундай мутахассислар тайёрлашда лойиҳалаш фаолияти билан боғлиқ бўлган ҳар қандай ишлар алоҳида ўрин эгаллайди.

Олий ўқув юртларида «Машина деталлари» курси, аксарият, курсавий лойиҳалаш билан якунланади. Бу курс бўйича бажариладиган курсавий лойиҳа толибларнинг биринчи мустақил ижодий иши бўлиб, уни бажариш кўп ҳолларда улар учун бирмунча қийин туйилади. Бу ҳол курсавий лойиҳалаш тартиби етарли даражада ёритилган қўлланмаларнинг яратилишини тақозо этади. Шу боисдан мазкур қўлланмани яратишга қарор қилинди.

Қўлланма асосан И.Сулаймоновнинг «Машина деталлари» дарслиги асосида яратилди. Дарслик билан қўлланмада фойдаланилган ҳисоблаш формулаларини бир хил қилиб олишга эришилди. Бу ҳол толиблар томонидан «Машина деталлари» курсини ўрганишни бирмунча енгиллаштиради. Одатда, машинасозлик мутахассисликлари бўйича таълим олаётган толибларга курсавий лойиҳага вазифа сифатида бир неча узатмадан ташкил топган юритма берилади. Бундай юритма таркибида албатта тишли ёки червякли редуктор ёки узатма мавжуд бўлади.

Тишли ва червякли узатмалар учун машинасозлик материалларини қулай танлаш, тўғри ва қия тишли узатмаларни ҳисоблашнинг ўзига хос хусусиятларини тушуниш, уларнинг геометрик ўлчамларига ва мустаҳкамлигига қандай омиллар таъсир этишини, узатмалардан машиналарни яратишда оқилона фойдаланиш йўли ва усулларини билиш кўникмаларини ҳосил қилишда мазкур ўқув қўлланма ижобий аҳамиятга эга бўлади.

Ўқув қўлланма материаллари битирув-малакавий ишларида, курс лойиҳаларида, магистрлик диссертацияларини бажаришда қўлланиши мумкин.

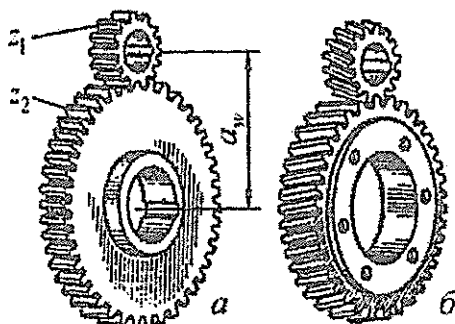
I – боб. ТИШЛИ УЗАТМАЛАРНИ ЛОЙИХАЛАШ

1.1 Умумий маълумотлар

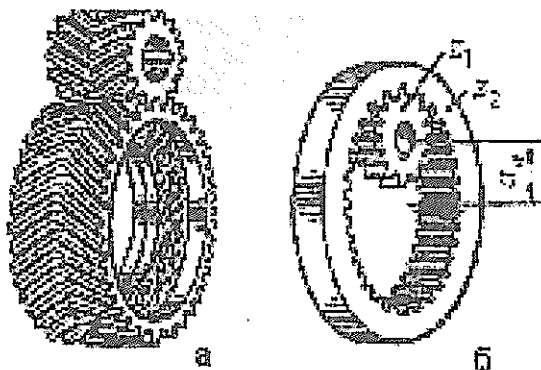
Харакатни бир валдан иккинчи валга тишли ғилдираклар ёрдамида узатадиган узатмалар тишли узатмалар дейилади.

Валлар ўқларининг бир-бирига нисбатан жойлашишига қараб, тишли узатмалар қуйидаги турларга бўлинади:

- валларнинг ўқлари ўзаро параллель бўлиб, ташқи ёки ички томондан илашадиган цилиндрик ғилдиракли узатмалар (1.1, 1.2 – шакллар);

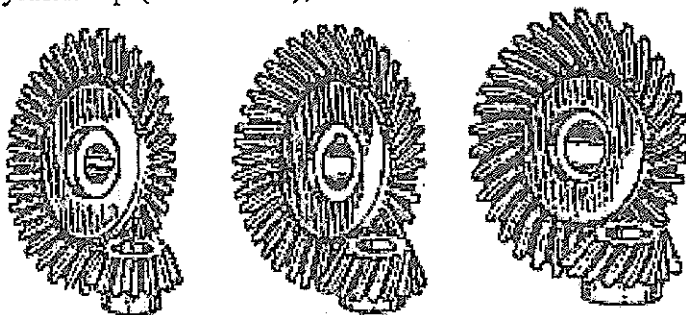


1.1 – шакл. Ташқи илашмали тўғри тишли (а) ва қия тишли (б) цилиндрик ғилдиракли узатма



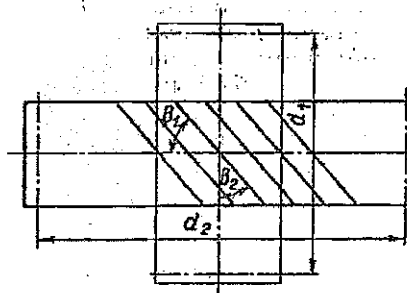
1.2–шакл. Шеврон тишли (а) ва ички илашмали (б) цилиндрик ғилдиракли узатма

- валларнинг ўқлари ўзаро кесишувчи конуссимон ғилди-
ракли узатмалар (1.3 – шакл);

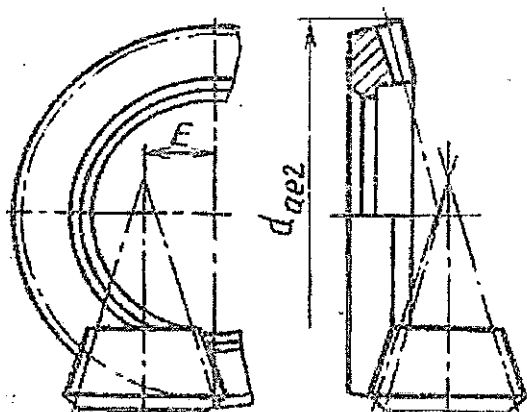


1.3 – шакл. Тўғри тишли, қия тишли ва доиравий тишли конус-
симон ғилдиракли узатмалар

- валларнинг ўқлари айқаш йўналган цилиндрик ғилди-
ракли-винтавий ва конуссимон ғилдиракли – гипоид узатмалар
(1.4, 1.5 – шакллар).



1.4 – шакл. Цилиндрик ғилдиракли винтавий узатма



1.5 – шакл. Конуссимон ғилдиракли гипоид узатма

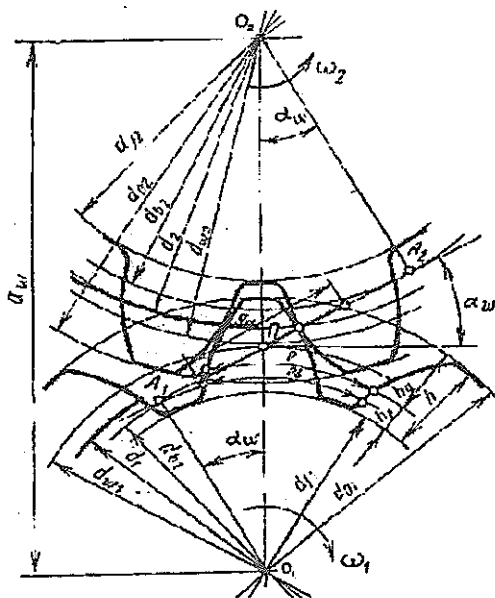
Тишларнинг ғилдирак сиртида жойлашувиға қараб, тишли узатмалар тўғри тишли, қия тишли, доиравий тишли ғилдираклар деб аталувчи турларға, тиш профилининг шаклиға кўра эса эвольвента, айлана ёйылмаси ва циклоида бўйича илашадиган турларға бўлинади.

1.2. Цилиндрик ғилдиракли тўғри тишли узатмаларнинг геометрияси ва кинематикаси

Тишнинг мавжуд профилиридан энг кўп қўлланиладигани, 1760 йилда Л. Эйлер томонидан тавсия этилган, эвольвентавий профилдир. Шунинг учун куйидаги мулоҳазалар, асосан, эвольвента бўйича илашувчи тишли ғилдиракларға тааллуқлидир.

Одатда, илашишда бўлган бир жуфт ғилдиракларнинг кичиги шестерня, каттаси эса ғилдирак деб аталади. Бордию, иккала ғилдиракнинг ўлчамлари баробар бўлса, у ҳолда етакловчи тишли ғилдирак – шестерня, етакланувчиси эса ғилдирак деб аталади.

Тишли ғилдирак атамаси умумийдир. Шестернянинг параметрларини белгилашда 1 индекси, ғилдиракнинг параметрларини белгилашда 2 индекси қўшиб ёзилади. Илашишда бўлган жуфтининг геометрик ўлчамлари куйидагича ифодаланади (1.6 - шакл).



1.6 – шакл. Тишли узатманинг асосий геометрик ўлчамлари

1. d_1 ва d_2 – шестерня ва гилдирак бўлиш айланаларининг диаметрлари. Бу айланалар гилдиракларнинг бўлиш сиртларига тааллуқли бўлиб, тиш ўлчамларини аниқлаш учун асос қилиб олинади.

2. d_{w1} ва d_{w2} - шестерня ва гилдирак бошланғич айланаларининг диаметрлари. Бу айланалар гилдиракларнинг бошланғич сиртларига тааллуқли бўлиб, гилдиракларнинг тезлик вектори уларга ўтказилган умумий уринма бўйича йўналган бўлади. Бошланғич айланалар радиусларининг нисбати гилдираклар бурчак тезлигининг нисбатига тескари пропорционал бўлиб, гилдираклар айланганда бошланғич айланалар бир-бирининг устида сирпанмай, думалаб ҳаракатланади. Бошланғич айлана тушунчаси фақат илашишда бўлган гилдиракларга тааллуқли бўлиб, алоҳида олинган гилдирак учун қўлланилмайди. Бошланғич айлана билан боғлиқ бўлган барча параметрлар w индекси билан ифодаланади.

3. *P*, – тишларнинг айлана қадами (иккита ёндош тишнинг мос томонлари орасидаги масофа) концентрик айланалар ёйи бўйича ўлчанади ҳамда тиш энининг қалинлиги ва тишлар орасидаги масофадан ташкил топади. Маълумки, маркази гилдирак марказида бўлиб, унинг ён томонида жойлашган барча айланалар концентрик айланалар дейилади. Шунинг учун бош-

ланғич айлана, бўлиш айланаси каби айланаларга тааллуқли қадамлар мавжуд. Бундан ташқари, қия тишли ғилдиракларда ғилдирак ўқи бўйлаб ўтган текислик бўйича ўлчанган ва P_x билан ифодаланадиган қадам ҳам мавжуд.

4. h – тишнинг баландлиги. Бу баландлик бўлиш айланаси воситасида тиш қаллагига ҳамда тиш оёғи деб аталувчи икки қисмга бўлинади.

5. h_a – тиш қаллагининг баландлиги. Тишнинг тиш учидан ўтган айлана билан бўлиш айланаси орасида жойлашган қисми.

6. h_f – тиш оёғининг баландлиги, тишнинг бўлиш айланаси билан тиш тубидан ўтган айлана орасидаги қисми.

7. d_{a1} ва d_{a2} – тишларнинг учидан ўтган айланаларнинг диаметрлари. Бу айланаларга боғлиқ бўлган барча параметрлар a индекси билан ифодаланади.

8. d_{f1} ва d_{f2} – тишларнинг тубидан ўтган айланаларнинг диаметрлари. Бу айланаларга боғлиқ бўлган барча параметрлар f индекси билан ифодаланади.

9. a_w – ўқлараро масофа.

10. d_{B1} ва d_{B2} – асосий айланаларнинг диаметрлари. Бу айлананинг ёйилмасидан тишнинг ён ёғи сирти учун зарур бўлган эвольвента чизиги ҳосил қилинади. Асосий айлана билан боғлиқ бўлган барча параметрлар B индекси билан ифодаланади.

11. q_a – илашиш чизигининг тишлар учидан ўтадиган айланалар билан чегараланган иш қисми.

12. Π – илашиш кутби (бошланғич айлананинг умумий уриниш нуқтаси бўлиб, шестерня ва ғилдирак марказларини бирлаштирувчи чизик ҳам шу нуқтадан ўтади).

13. α_w – илашиш бурчаги.

14. $A_1 - A_2 = q$ – илашиш чизиги. Илашишдаги тишлар учун умумий бўлган илашиш нуқтасининг илашиш давомида ўтган йўлининг траекторияси (ғилдиракларнинг асосий айланаларига ўтказилган умумий уринма сифатида ифодаланади).

15. $\varepsilon_\alpha = q\alpha/P_B$ – қопланиш коэффиценти. Илашиш чизиги иш қисмининг асосий қадамга нисбати. Бошқача қилиб айтганда, қопланиш коэффиценти бир вақтда илашишда бўлган тишлар сонини кўрсатади. Одатда $\varepsilon_\alpha \geq 1$ бўлиши керак. Агар $\varepsilon_\alpha = 1,3$ бўлса, бу деган сўз илашишнинг 30 фоизи давомида икки жуфт тиш илашишда бўлиб, 70 фоизи давомида эса бир жуфт тиш (ҳар бир ғилдиракдан биттадан) илашишда бўлади.

Юқорида кўрсатилгандек, тиш элементларининг геометрик ўлчамларини аниқлаш учун бўлиш айланаси асос қилиб олинади.

Ҳар бир ғилдиракдаги ана шу айлананинг узунлиги учун қуйидаги тенгликни ёзиш мумкин:

$$\pi d = z \cdot P_i$$

бу ерда z – ғилдиракдаги тишлар сони.

Бу тенгликдан $d = \frac{P_i}{\pi} \cdot z$ келиб чиқади.

Кўриниб турибдики, айлана диаметри қадам ва ўлчовсиз сон π орқали ифодаланаяпти. Шу сабабли, тишли ғилдиракнинг асосий ўлчамларини аниқлаш ва амалда уларни ўлчаш қулай бўлиши учун илашиш модули деб аталувчи асосий параметр киритилади. Бошқача қилиб айтганда, модуль нисбий қадамдир:

$$m = \frac{P_i}{\pi} \quad (1.1)$$

Модуль миллиметрда ўлчанади. Унинг қийматлари 0,5 дан 100 мм гача бўлиб, СТ СЭВ310-76 да келтирилган (1.1 жадвал). Демак, диаметр модуль орқали ифодаланса,

$$d = mz \quad (1.2) \quad \text{бўлади.}$$

Ғилдиракнинг бўлиш айланаси бўйича олинган қадами тиш қирқувчи асбобнинг қадамига тенг бўлади.

Юқорида кўрсатилганидек, ҳеч қандай қўшимча тузатишсиз тайёрланган ғилдирак учун унинг бошланғич айланаси билан бўлиш айланаси бир хил ифодаланаяди:

$$d_{w1} = d_1 = mz_1 = 2a_w / (u + 1)$$

$$d_{w2} = d_2 = mz_2 = 2a_w - d_{w1}$$

Бундай ҳолларда ўқлараро масофа

$$a_w = a = \frac{d_{w1}}{2} + \frac{d_{w2}}{2} = \frac{mz_1}{2} + \frac{mz_2}{2} = 0,5m(z_1 + z_2) = 0,5mz_\Sigma \quad (1.3)$$

бўлади, бу ерда z_1 ва z_2 – шестерня ва ғилдирак тишларининг сони, булардан каттасининг кичигига нисбати $u = \frac{z_2}{z_1}$, узатиш сони деб юритилади, узатиш сони миқдор жиҳатидан узатиш

нисбати $\frac{n_1}{n_2}$ га тенг бўлади; $z_\Sigma = z_1 + z_2$ – тишларнинг умумий сони.

Тиш ва унинг қисми баландликлари қуйидагича ифодаланаяди:

$$h = 2h_a^* m + mc^* = 2,25m$$

$$h_a = h_a^* m = m \quad (1.4)$$

$$h_f = mh_a^* + mc^* = 1,25m$$

бу ерда h_a^* – тиш каллагии баландлигининг коэффициенти; одатда $h_a^* = 1$ бўлади; c^* – радиал тиркиш коэффициенти, одатда $c^* = 0,25$ қилиб олинади (ГОСТ 137555-68).

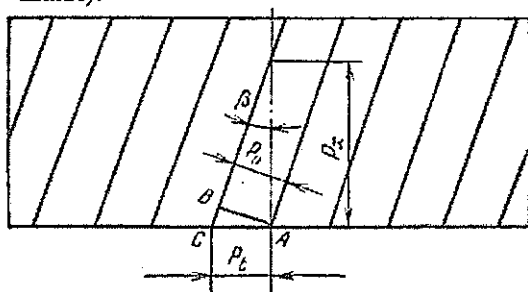
Тишларнинг тубидан ва учидан ўтган айланаларнинг диаметрлари қуйидигача ифодаланади :

$$d_a = mz + 2h_a = mz + 2m = m(z + 2)$$

$$d_f = mz - 2h_f = mz - 2 \cdot 1,25m = m(z - 2,5)$$

1.3 Қия тишли ғилдирак геометриясининг ўзига хос хусусиятлари

Узатмадаги айлана тезлик $V > 6 \text{ м/с}$ бўлганда қия (ёки шеврон) тишли ғилдираклардан фойдаланиш тавсия этилади, чунки тўғри тишли ғилдиракларнинг бундай тезлик билан қониқарли ишлаши учун уларнинг тайёрлаш аниқлиги жуда юқори бўлиши керак. Маълумки, қия тишли ғилдиракларнинг тиши ғилдирак ўқи билан маълум β бурчак ҳосил қилган ҳолда жойлашган бўлади (1.7 - шакл).



1.7 – шакл. Қия тишли узатмага доир тарх

Лекин шунга қарамасдан, улар ҳам тўғри тиш қирқиладиган асбоб (рейка) билан қирқилади. Бунинг учун кесувчи асбоб тишнинг талаб қилинган қиялик бурчаги β қандай бўлса, шундай бурчакка қийшақтириб қўйилади. Демак, тишларга тик кесим бўйича олинган тишнинг шакли, улар орасидаги қадам (яъни мо-

дуль) тўғри ғилдиракниқига мос келади. Бироқ қия тишли ғилдиракларда тишлар орасидаги масофа (қадам)ни ҳар хил кесим бўйича ўлчаш мумкин. Қадамнинг қайси кесим бўйича ўлчанганлигига қараб, қия тишли ғилдиракнинг геометрик ўлчамлари уч хил модуль билан ифодаланади (1.7-шакл): тишга тик кесим бўйича ўлчанган нормал қадам P_n ва модуль m_n ; ғилдирак ўқиға параллел кесим бўйича ўлчанган қадам P_x ва модуль m_x ; ғилдирак ўқиға тик кесим бўйича ўлчанган ён қадам P_t ва модуль m_t .

Узатманинг геометрик ўлчамларини аниқлашда, асосан ён модулдан, мустаҳкамликка ҳисоблашда эса нормаль модулдан фойдаланилади. Уларнинг ўзаро муносабати қиялик бурчаги β га боғлиқ бўлиб, қуйидагича ифодаланади:

$$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta}, \text{ чунки } P_t = \frac{P_n}{\cos \beta} \quad (1.7)$$

Айтилганларга кўра қия тишли ғилдиракларнинг қолган геометрик параметрлари қуйидагича топилади:

1. Бўлувчи айлана диаметри

$$d = m_t z = \frac{m_n z}{\cos \beta} \quad (1.8)$$

2. Тиш қаллагининг баландлиги

$$h_a = m_n$$

3. Тиш оёғининг баландлиги

$$h_f = 1,25 m_n$$

4. Тишнинг учидан ўтган айлана диаметри

$$d_a = d + 2 m_n \quad (1.9)$$

5. Тишнинг тубидан ўтган айлана диаметри

$$d_f = d - 2,5 m_n \quad (1.10)$$

6. Ўқлараро масофа

$$a_w = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{m_n (z_1 + z_2)}{2 \cos \beta} \quad (1.11)$$

Эслатма:

1. Қия тишли ва шеврон тишли ғилдираклар учун нормал модуль m_n стандартда (СТ СЭВ 310-76) келтирилган қийматларга мос келиши керак.

2. Қия тишли ғилдираклар учун қиялик бурчаги $\beta = 8...15^\circ$ (баъзи ҳолларда 20° гача) олинади.

3. Шеврон тишли ғилдираклар учун қиялик бурчаги $\beta = 25 \dots 40^\circ$ олинади.

1.1 жадвал

Илашиш модули $m(m_n)$ мм СТ СЭВ 310-76

I – қатор	1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20
II – қатор	1,125; 1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 5,5; 7; 9; 11; 14; 18; 22...

Эслатма:

1. Жадвалдан модуль танланганда, иложи борица биринчи қатордаги қийматлардан фойдаланиш тавсия қилинади.
2. Куч узатиш учун мўлжалланган узатмаларда модуль $m \geq 1,5$ бўлиши керак.

1.4. Конуссимон ғилдиракли тишли узатманинг геометрияси ва кинематикаси

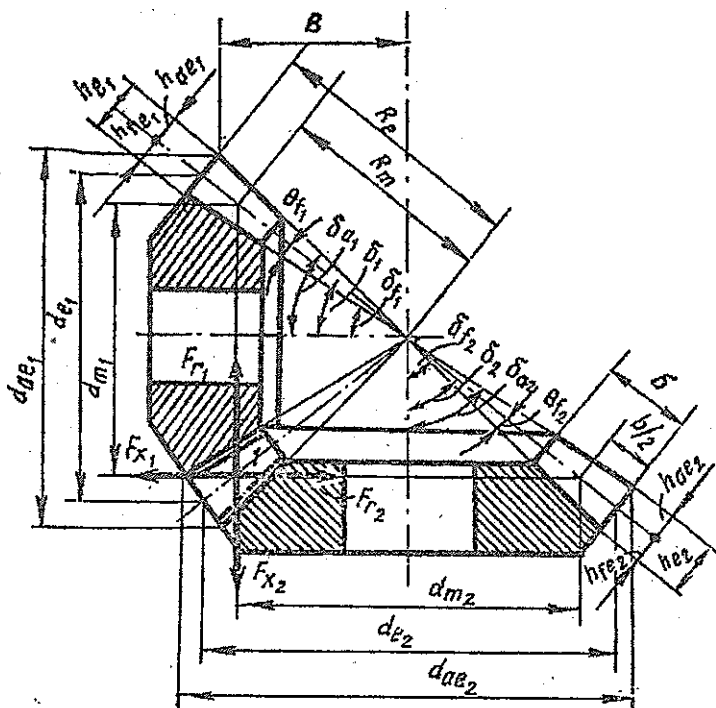
Конуссимон ғилдиракларнинг асосий геометрик параметрлари (1.8 - шакл) 1.2 – жадвалда келтирилган формулалар ёрдамида топилади. Геометрик параметрларни аниқлашда ҳисобий модуль сифатида ташкил этувчиси бошланғич конуснинг ташкил этувчисига тик бўлган ташқи конус бўйича аниқланадиган модуль – m_c дан фойдаланилади.

1.2 – жадвал

Тўғри тишли конуссимон ғилдиракли узатмаларнинг асосий геометрик параметрлари

Параметрнинг номи	Формулалар
1	2
Ташқи конуслик масофаси	$R_c = \frac{m_c \cdot z_1}{2 \sin \delta_1}$
Ғилдирак тишининг узунлиги	$B = B_w = \psi_{Be} \cdot R_c; \psi_{Be} \leq 0,3$
Ўртача конуслик масофаси	$R_m = R_c - 0,5b$

Бошланғич конус бурчаги	$\delta_1 = \arctg \frac{1}{u}$ $\delta_2 = 90^\circ - \delta_1$
Тишнинг ташқи баландлиги	$h_e = 2m_{te} + c; \quad c = 0,2m_{te}$
Тиш каллагининг ташқи баландлиги	$h_{ae} = m_{te}$
Тиш оёгининг ташқи баландлиги	$h_{fe} = 1,2m_{te}$
Ташқи бўлувчи айлананинг диаметри	$d_{e1} = m_{te} \cdot z_1; \quad d_{e2} = m_{te} \cdot z_2$
Тишнинг ташқи учидан ўтган айлана диаметри	$d_{ae1} = d_{e1} + 2h_{ae} \cos \delta_1$ $d_{ae2} = d_{e2} + 2h_{ae} \cos \delta_2$
Тишнинг ташқи тубидан ўтган айлана диаметри	$d_{fe1} = d_{e1} - 2h_{fe} \cos \delta_1$ $d_{fe2} = d_{e2} - 2h_{fe} \cos \delta_2$
Тиш каллаги бурчаги	$\theta_{a1} = \theta_{a2} = \arctg \frac{h_{ae}}{R_e}$
Тиш оёги бурчаги	$\theta_{f1} = \theta_{f2} = \arctg \frac{h_{fe}}{R_e}$
Тиш учи конусининг бурчаги	$\delta_{a1} = \delta_1 + \theta_{a1}$ $\delta_{a2} = \delta_2 + \theta_{a2}$
Тиш туби конусининг бурчаги	$\delta_{f1} = \delta_1 - \theta_{f1}$ $\delta_{f2} = \delta_2 - \theta_{f2}$
Тиш узунлигининг ярмидан ўтадиган бўлувчи айлананинг диаметри -ўрта диаметр	$d_{m1} = m_{tm} \cdot z_1$ $d_{m2} = m_{tm} \cdot z_2$
Ўрта диаметр бўйича ўлчанган модуль	$m_{tm} = m_{te} \frac{R_e - 0,5b}{R_e}$



1.8 – шакл. Конуссимон ғилдиракларнинг асосий геометрик параметрлари

Конуссимон тишли ғилдираклардан валларнинг геометрик ўқлари бирор δ бурчак билан кесишган ҳолларда фойдаланилади. Кўпинча, валларнинг геометрик ўқлари орасидаги бурчак $\delta = 90^\circ$ бўлган узатмалар ишлатилади. Бундай узатмаларнинг узатиш со-ни қуйидагича аниқланади :

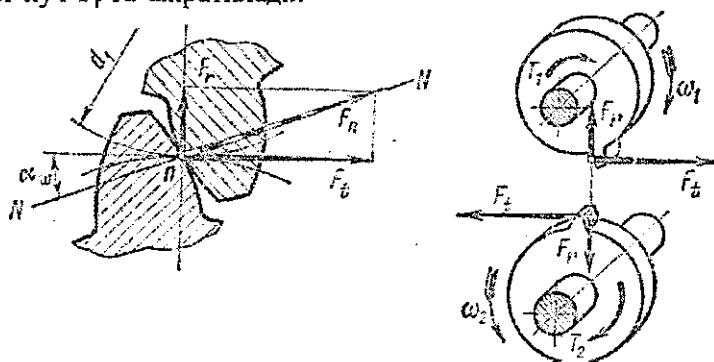
$$u = \frac{w_1}{w_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_{e2}}{d_{e1}} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{\sin \delta_2}{\sin \delta_1} = \operatorname{ctg} \delta_1 = \operatorname{tg} \delta_2 \quad (1.12)$$

1.5. Тишли ғилдирак тишларига таъсир қиладиган кучларни аниқлаш

1. Цилиндрик ғилдиракли тўғри тишли узатма тишларига таъсир қиладиган кучларни аниқлаш.

Ғилдиракларнинг илашишда бўлган тишларига таъсир этадиган куч уларнинг сиртига тик бўлиб, илашиш чизиги бўйича

йўналган F_n кучдир (1.9 - шакл). Одатда, гилдирак вали ва унинг таянчларини ҳисоблашни оsonлаштириш мақсадида бу куч илашиш қутбига кўчирилиб, ташкил этувчи айлана куч F_t билан радиал куч F_r га ажратилади.



1.9-шакл. Цилиндрик узатма тишларига таъсир қиладиган кучлар

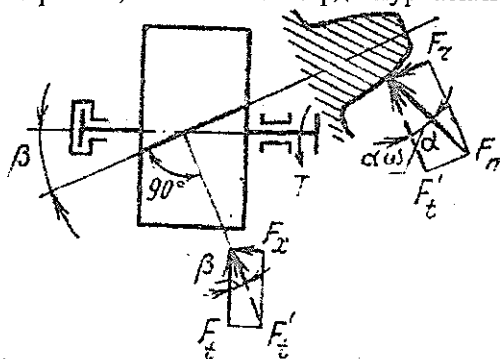
Узатмаларни ҳисоблашда гилдираклар ёрдамида узатилаётган юклама айлантирувчи момент сифатида берилган бўлади.

Шунинг учун кучларнинг қийматини аниқлашда аввало айлана куч миқдори топилиб, сўнгра қолган кучлар аниқланади. Бунинг учун қуйидаги муносабатдан фойдаланилади:

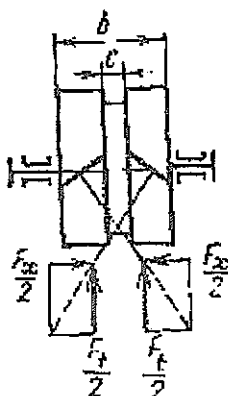
$$F_{t1} = \frac{2T_1}{d_1}; \quad F_{r1} = F_{t1} \cdot \operatorname{tg} \alpha_w; \quad F_n = \frac{F_t}{\cos \alpha_w} \quad (1.13)$$

2. Цилиндрик гилдиракли қия ва шеврон тишли узатмалар тишларига таъсир қиладиган кучларни аниқлаш.

Қия ва шеврон тишли гилдиракларнинг тишларига таъсир қиладиган кучлар 1.10, 1.11 – шаклларда кўрсатилган.



1.10-шакл. Қия тишли гилдирак тишларига таъсир этувчи кучлар



1.11-шакл. Шеврон тишли ғилдирак тишларига таъсир этувчи кучлар

Бундай ғилдираклар тишларига таъсир этувчи умумий F_n куч, учта ташкил этувчи кучларга ажратилади:

Айлана куч
$$F_t = \frac{2T}{d}$$

Радиал куч
$$F_r = F_t' \operatorname{tg} \alpha_w = F_t \frac{\operatorname{tg} \alpha_w}{\cos \beta} \quad (1.14)$$

Ўқ бўйича йўналган куч
$$F_x = F_t \operatorname{tg} \beta$$

Умумий куч F_n қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$F_n = \frac{F_t'}{\cos \alpha_w} = \frac{F_t}{\cos \alpha_w \cdot \cos \beta} \quad (1.15)$$

Қия тишли узатмаларда қиялик бурчаги β нинг ортиши билан ўқ бўйлаб йўналган куч F_x нинг қиймати ортади. Шунинг учун қия тишли ғилдиракларнинг қиялик бурчаги $8 - 15^\circ$ олинади.

Таянчга қўшимча таъсир қилувчи ўқ бўйлаб йўналган куч F_x нинг мавжудлиги қия тишли узатмаларнинг асосий камчилиги ҳисобланади. Бу камчиликни шеврон тишли ғилдирак ишлатиш йўли билан йўқотиш мумкин, чунки бундай ғилдирак тишларига таъсир қилувчи ўқ бўйлаб йўналган кучлар тенг қийматли икки қисмдан иборат бўлиб, бир-бирига қарама-қарши йўналгани учун ғилдиракнинг ўзида мувозанатланади ва таянчларга қўшимча

таъсир кўрсатмайди. Шунинг учун шеврон тишли ғилдирақлар тайёрлашда қиялик бурчаги $\beta = 25 \dots 40^\circ$ олиш тавсия қилинади.

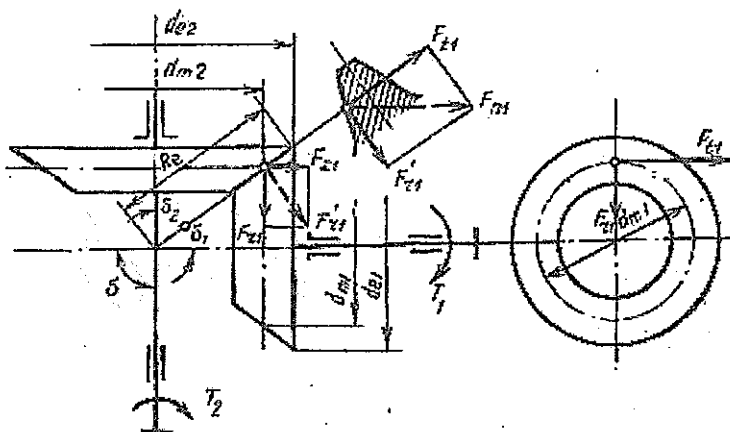
1.6. Конуссимон ғилдиракли тўғри тишли узатма тишларига таъсир қиладиган кучларни аниклаш

Конуссимон ғилдирак тишларига таъсир қиладиган кучлар 1.12 – шаклда кўрсатилган. Бундай ғилдирак тишларига айлана куч - F_t , радиал куч - F_r ва ўқ бўйлаб йўналган куч F_x таъсир қилади. Умумий F_n куч тиш йўналишига тик таъсир қилади. Бу куч ташкил этувчиларига ажратилса, бири айлана куч F_t ни, иккинчиси F_x ва F_r нинг умумий таъсир этувчи F_r' ни ҳосил қилади. Бу кучлар микдори қуйидаги формулалар ёрдамида топилади:

$$\begin{aligned} F_{t1} &= \frac{2T_1}{d_{m1}}; \quad F_{n1} = \frac{F_{t1}}{\cos \alpha}; \quad F_{r1}' = F_{n1} \operatorname{tg} \alpha; \\ F_{r1} &= F_{r1}' \cos \delta_1 = F_{n1} \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \delta_1 \\ F_{x1} &= F_{r1}' \sin \delta_1 = F_{n1} \operatorname{tg} \alpha \sin \delta_1 \end{aligned} \quad (1.16)$$

Валларнинг геометрик ўқлари 90° ли бурчак ҳосил қиладиган конуссимон ғилдиракли узатмалардаги кучлар ҳақида гап борганида шестерня валига тик йўналган кучнинг ғилдирак валининг ўқи бўйлаб, шестерня валининг ўқи бўйлаб йўналган кучнинг эса ғилдирак валига тик йўналишини назарда тутиш лозим.

Яъни: $F_{t2} = F_{t1}$; $F_{r2} = F_{x1}$; $F_{x2} = F_{r1}$



1.12 – шакл. Конуссимон ғилдиракли узатма тишларига таъсир қиладиган кучлар

1.7. Конуссимон ғилдиракли қия тишли узатма тишларига таъсир қиладиган кучларни аниқлаш

Қия тишли конуссимон ғилдиракли узатма тишларига таъсир этувчи айлана куч - F_v , радиал куч - F_r , ўқ бўйлаб йўналган куч - F_x қуйидаги формулалар ёрдамида топилади.

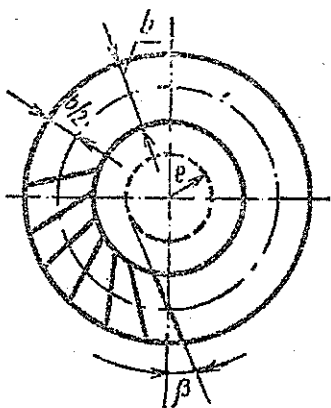
$$F_{r1} = \frac{2T_1}{d_{m1}}$$

$$F_{r1} = \frac{F_{t1}}{\cos \beta} (\operatorname{tg} \alpha_w \cos \delta_1 \pm \sin \beta \sin \delta_1) \quad (1.17)$$

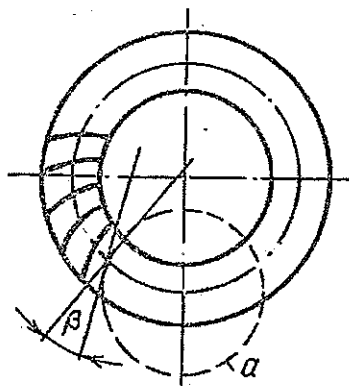
$$F_{x1} = \frac{F_{t1}}{\cos \beta} (\operatorname{tg} \alpha_w \sin \delta_1 \pm \sin \beta \cos \delta_1)$$

бу формулаларда β қиялик бурчаги (1.13, 1.14 – шаклларга қаралсин).

1.17 формулаларда қавс ичидаги ишоранинг қандай бўлиши қия тишнинг йўналиши ва айланма ҳаракатнинг йўналишига боғлиқ. Агар ғилдиракнинг катта ён томонидан қаралганда айланма ҳаракат йўналиши билан тиш қиялик бурчагининг йўналиши бир хил бўлса (+) ишораси, акс ҳолда (–) ишораси қўйилади. Реверсланадиган узатмаларда фақат (+) ишораси қўйилади.



1.13 – шакл.



1.14 – шакл.

1.8 Тишли узатмалар учун материаллар танлаш ва рухсат этилган кучланишларни аниқлаш

Тишли филдираклар тайёрлаш учун мавжуд станокларда тишлар қирқиш ва тишларга ишлов беришда талаб этилган аниқлик ҳамда тозаликни таъминлайдиган материаллар ишлатилиши керак. Бундан ташқари, материаллар ўзгарувчан ва зарб билан таъсир этадиган кучларга яхши ёрдош бериши ҳамда тиш сирти контакт кучланишга чидамли бўлиши лозим.

Ҳозирги вақтда тишли филдираклар, асосан, пўлат, чўян ва пластмассалардан тайёрланади. Тишли филдиракларнинг катта қувватли машиналарда ишлатилиши ва ўлчамларини кичрайтириш талаб этилганлиги учун уларни кўпинча ҳар хил пўлатлардан, масалан 40, 45, 50, 40Г2, 50Г, 40Х, 40ХН, 40ХНМА, 30ХГСА ва бошқа маркали пўлатлардан тайёрланади.

Ўлчамлари кичик бўлиб, оғир юкланиш тушадиган филдирак тишларининг сиртқи қатлами турли усуллар билан тобланиб, қаттиқлиги HRC бўйича 45-55 га етказилади.

Зарб билан таъсир этадиган ва йўналиши ёки тезлиги ўзгариб турадиган куч таъсирида ишлайдиган узатмаларнинг филдираклари 15Х, 20Х, 12ХНЗА, 18ХГТ, 20Х2Н4А маркали пўлатлардан ишлангани маъқул. Бу пўлатлардан тайёрланган филдирак тишларининг сиртқи қатлами цементитланади ва тобланиб, Рокквел бўйича қаттиқлиги 56-63 га етказилади. Агар тишларнинг сирти ниҳоятда қаттиқ бўлиши талаб этилса, филдираклар 38ХМЮА, 38ХЮА маркали пўлатлардан тайёрланади ва тишларнинг сиртқи қатлами азотланиб ёки цианланиб, қаттиқлиги Рокквел бўйича 53...65 га етказилади. Бундай ҳолларда филдирак тишларининг кимёвий-термик ишланган қатламининг қалинлиги 0,1...0,3 мм га етади ва тишлар орасига қаттикроқ бирор заррача тушиб қолгудай бўлса, қатлам четнаб кетади. Шунинг учун, бу усул билан мустақамланган филдиракларни ишлатишда мой иложи борица яхши тозаланилиши ва кучли зарб билан таъсир этувчи кучлар бўлмаслиги лозим. Ўлчамлари ўртача бўлиб, узоқ вақт ишлашга мўлжалланган филдиракнинг тишлари тобланади, сиртқи қатламнинг қаттиқлиги Бринель бўйича 240...300 га етказилади.

Катта ўлчамли узатмаларнинг филдираклари пўлатдан қуйилади. Бундай ҳолларда филдирак қониқарли ишлаши учун пўлат таркибидаги углерод миқдори 0,35...0,55 фоиздан кам бўлмаслиги керак. Секин ва бир текис ишлайдиган, ўртача юк-

лама таъсир этадиган узатмаларнинг ғилдираклари турли чўянлардан (СЧ 28 , СЧ 32 , СЧ 35 , ВЧ 45-5 , ВЧ 40-10 ва бошқа маркали чўянлардан) тайёрлангани маъқул. Одатда, чўяндан тайёрланган ғилдирак тишлари кам уваланади ва уларда бир-бирига илиниб қолиш ҳодисаси кам содир бўлади.

Сўнгги йилларда кам ва ўртача юклама билан ишлайдиган ғилдираклар полимер материаллардан тайёрланмоқда. Бундай материаллар жумласига физикавий, кимёвий, механикавий ва технологик хоссалари ҳар хил бўлган пластмассалар киради.

Бундай пластмассалар термореактив ва термопластик деб аталувчи икки турга бўлинади. Термореактив материалларнинг тишли ғилдираклар учун кўпроқ ишлатиладиганлари текстолит, ёғоч қатламли пластик (ДСП) ҳамда волокнитлардир. Эпоксид смоласидан ҳам тишли ғилдирак тайёрлаш мумкин. Термопластик материаллардан тишли ғилдираклар тайёрлаш учун турли полиамидлар (поликапроамид П-68, АК-7, ҳамма турдаги капролонлар), полиуретанлар, полиформальдегид, поликарбонат, полипропилен, поливинилхлорид, полиэтилен, фторопласт ва бошқалар ишлатилади. Шунинг назарда тутиш керакки, узатманинг илашишда бўлган бир жуфт ғилдирагининг фақат биттасигина пластмассада бўлиши керак, чунки пластмасса иссиқликни ёмон ўтказди. Гарчи пластмасса ғилдираклар металл ғилдиракларга қараганда кичикроқ юклама билан ишлаши мумкин бўлса-да, бир қатор афзалликлари туфайли улар келажакда кенг қўламда ишлатилишига шубҳа қилмаса ҳам бўлади.

Пластмассада ясалган ғилдираклар равон, шовкинсиз ишлайди ва зарarli кимёвий муҳит таъсирига бардош беради, бу жиҳатдан олганда пўлат ғилдираклардан устун туради. Бундан ташқари, узатма элементларини тайёрлаш ва уларни йиғишда йўл қўйилган ноаниқликларнинг узатма ишига салбий таъсири пластмасса ғилдиракли узатмаларда кам сезилади. Лекин пластмассалар, айниқса полиамидлар физикавий-механикавий хоссаларининг вақт ўтиши билан ўз-ўзидан ўзгариши, ҳарорат кўтаришган сари пластмасса ғилдираклар мустаҳкамлигининг кескин равишда пасайиши сабабли, улардан узатмаларда фойдаланиш масаласини ҳар томонлама ўйлаб ҳал қилишга тўғри келади. Умуман олганда тишли ғилдираклар учун материал танлашда, аввало, ғилдиракнинг асосий вазифаси, ишлаш шароити ва у билан боғлиқ бўлган иқтисодий масалаларга жиддий аҳамият бериш лозим. Масалан, автомобиль, самолёт каби машиналарнинг узатмаларидаги ғилдираклар, юқори сифатли легирланган пўлатлардан, стационар шароитда ишлайдиган, габарит ўлчамлари чек-

ланмаган узатмаларнинг ғилдираклари оддий углеродли пўлатдан, юкламаси катта бўлмаган узатмаларнинг ғилдираклари эса чўян ёки пластмассадан тайёрлангани маъқул.

Юқорида айтилганлардан ташқари, материал танлашда шестернянинг ғилдиракка қараганда оғир шароитда ишлашига ҳам эътибор бериш зарур. Шестерня учун танланган материалнинг чидамлилиги ғилдирак учун танланган материалнинг чидамлилигидан катта бўлиши лозим, чунки одатда шестернянинг тишлари ғилдирак тишларига қараганда кўпроқ вақт илашишда бўлади.

Умуман курсавий лойиҳалаш ишларида тишли ғилдираклар учун кўпинча ҳар хил пўлатлар танланади.

Тишли ғилдираклар учун ишлатилиши мумкин бўлган пўлат турлари ва уларнинг механик хоссалари 1.3-жадвалда келтирилган.

Тиш сиртининг қаттиқлигига қараб ғилдираклар қаттиқлиги $HB \leq 350$ ва $HB > 350$ бўлган икки гуруҳга бўлинади.

Тиш сиртининг қаттиқлиги $HB \leq 350$ бўлган ғилдираклар яхшиланган ёки нормаланган пўлатлардан тайёрланиб, енгил ва ўрта юклама билан ишлайдиган узатмалар учун тавсия этилади. Кўплаб ишлаб чиқариладиган ва катта юкланиш билан ишлайдиган узатмаларда тиш сиртининг қаттиқлиги $HB > 350$ бўлиши тавсия этилади. Бунинг учун уларга юқори тебранишли ток билан тоблаш, цементитлаш ва азотлаш йўли билан термик ишлов бериш лозим.

Бринелл бўйича ифодаланган қаттиқлик микдори $HB > 350$ бўлганда, Роквелл бирлиги билан ифодалаш тавсия этилади: $10HB \approx 1HRC$. Умуман қаттиқликнинг ўлчам бирлиги Мпа дир.

Иш сиртининг қаттиқлиги ортган сари рухсат этилган контакт кучланиш қиймати ортади. Бу эса тишли узатмаларнинг ўлчамларини кичрайтиришга имкон беради. Агар курсавий лойиҳалашга берилган топшириқларда редуктор ўлчамларини ихчамлаштириш борасида алоҳида талаб қўйилмаган бўлса, 45 ва 40X каби арзон пўлатлар танланиб, уларга яхшилаш ёки юқори тебранишли ток билан тоблаш воситасида ишлов бериш тавсия этилади.

Одатда рухсат этилган кучланишлар қиймати қуйидагича аниқланади:

контакт кучланиш бўйича

$$\sigma'_{HP} = \frac{\sigma_{H \lim b}}{S_H},$$

эғувчи кучланиш бўйича

(1.18)

$$\sigma'_{FP} = \frac{\sigma_{F \lim b}}{S_H}$$

бу ерда:

1. $\sigma_{H \lim b}$ – контакт кучланиш бўйича, $\sigma_{F \lim b}$ эғувчи кучланиш бўйича аниқланган чегаравий кучланишлар.

2. S_H ва S_F – контакт ва эғувчи кучланишлар бўйича аниқланган эҳтиётлик коэффициентлари.

$\sigma_{H \lim b}$ ва $\sigma_{F \lim b}$ ларнинг қиймати қаттиқлик микдорига боғлиқ равишда аниқланади.

S_H нинг қиймати 1,1...1,2; S_F нинг қиймати эса 1,55...1,7 оралиғида бўлади.

Айтилганларни эътиборга олган ҳолда топилган $\sigma_{H \lim b}$ ва $\sigma_{F \lim b}$ ларнинг қиймати қаттиқликка боғлиқ равишда 1.3–жадвалда келтирилган.

Шундай қилиб, мавжуд тавсияларга асосан тишли филдираклар учун материал тури ва унинг қаттиқлиги танлаб олинган, улар учун тегишли рухсат этилган кучланиш микдорини 1.3 – жадвалда келтирилган муносабатларга асосан, қаттиқлик қийматига боғлиқ равишда, ҳисоблаб топилади.

Айрим ҳолларда редукторлар қисқа муддатли хизмат қилишга мўлжалланган бўлиши мумкин. Бундай ҳолларда рухсат этилган кучланишнинг қийматини каттароқ белгилаш ҳисобига кичик ўлчамли узатмалардан фойдаланиш имкониятига эришиш мумкин.

Бундай ҳолларда жадвалдан олинган рухсат этилган кучланишлар қийматини хизмат муддатининг кичиклигини эътиборга олувчи чидамлилик коэффициентларига кўпайтириш тавсия этилади. Яъни:

$$\sigma_{HP} = \sigma'_{HP} \cdot K_{HL}; \quad \sigma_{FP} = \sigma'_{FP} \cdot K_{FL} \quad (1.19)$$

бу ерда: σ'_{HP} σ'_{FP} лар 1.3 – жадвалга асосан аниқланган эғувчи ва контакт кучланишларнинг рухсат этилган қийматлари;

K_{FL} — эғувчи кучланиш бўйича, K_{HL} контакт кучланиш бўйича чидамлилиқ коэффициентлери. Уларни қуйидагича аниқлаш тавсия этилади:

$$K_{FL} = \sqrt[m_F]{\frac{N_{FO}}{N_{FE}}}; \quad K_{HL} = \sqrt[m_H]{\frac{N_{HO}}{N_{HE}}}; \quad (1.20)$$

бу ерда: N_{FO} — эғувчи кучланиш бўйича, N_{HO} — контакт кучланиш бўйича базавий цикллар сони (юқорида кўрсатилгандек $N_{FO} = 4 \cdot 10^6$, $N_{HO} = 6 \cdot 10^7$);

m_F ва m_H илдиз кўрсаткичлари ($H_B \leq 350$ бўлганда $m_F=6$, $H_B \geq 350$ бўлганда $m_F=9$ қилиб олинади);

N_{FE} ва N_{HE} — узатманинг хизмат муддати давомида эғувчи кучланиш ҳамда контакт кучланиш ўзгаришини ифодаловчи умумий цикллар сони.

Юклама ўзгармас (бир микдордаги) цикл билан таъсир этганда:

$$N_{FE} = N_{HE} = N_{\Sigma} = 60 t_c n \quad (1.21)$$

бу ерда: n — айланиш такрорийлиги, дак^{-1} ; t_c — узатманинг соат ҳисобида ифодаланган хизмат муддати.

$$t_c = 365 \cdot K_a \cdot 24 \cdot K_{\text{сум}} \cdot L \quad (1.22)$$

бу ерда: L — йил билан ифодаланган хизмат муддати;

K_a — узатмадан йил давомида фойдаланиш коэффициентлери;

$K_{\text{сум}}$ — бир сутка давомида фойдаланиш коэффициентлери.

$$K_a = \frac{D}{365}; \quad K_{\text{сум}} = \frac{C}{24}$$

бу ерда: D — бир йилдаги иш куни, C — бир суткадаги иш соати.

Агар юклама вақт ўтиши билан 1.15-шаклда кўрсатилгандек ўзгариб турса, эквивалент цикллар сонини қуйидагича топиш мумкин.

$$N_{FE} = N_{\Sigma} \sum_i \left[(T_i / T_1)^{m_F} (n_{qi} / N_{\Sigma}) \right];$$

$$N_{HE} = N_{\Sigma} \sum_i \left[(T_i / T_1)^3 (n_{qi} / N_{\Sigma}) \right] \quad (1.23)$$

бу ерда:

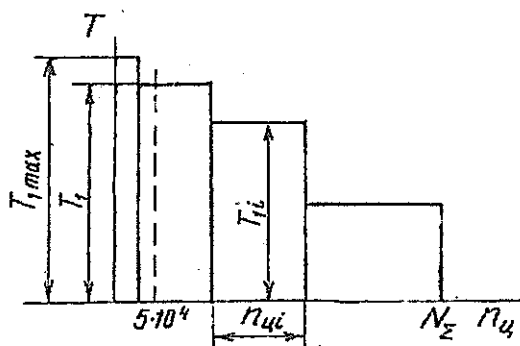
T_i — юкланиш графигининг i поғонасида таъсир этувчи айлантиврувчи момент.

n_{qi} — T_i момент таъсир этган вақт ичидаги цикллар сони:

$$n_{qi} = 60 \cdot t_{ci} \cdot n_i \quad (1.24)$$

t_{ci} — i поғонасининг соатларда ифодаланган таъсир этиш вақти,

n_i — шу поғонадаги айланиш такрорийлиги, дак^{-1}



1.15 шакл. Юкламанинг таъсир этиш графиги

Пўлат тур- лари	Термик ишлани- ши	Тиш сирти- нинг каттик- лиги HB ёки HRC	Оқувчанлик чегараси σ_0 , МПа	Рухсат этилган кучланиш		Чегаравий ўлчамлари	
				σ_{HP} , МПа	σ_{FP} , МПа	Диамет- ри D мм	Қалинли ги S мм
45	Яхшилаш	HB235...262	540	1,8HB+67	1,03HB	125	80
45	Яхшилаш	HB269...302	650	1,8HB+67	1,03HB	80	50
40X	Яхшилаш	HB235...262	640	1,8HB+67	1,03HB	200	125
40X	Яхшилаш	HB269...302	750	1,8HB+67	1,03HB	125	80
40X	Яхшилаш ва тоблаш	HRC 45...50	750	14HRC+170	370	125	80
40XH, 35XM	Яхшилаш	HB235...262	630	1,8HB+67	1,03HB	315	200
	Яхшилаш	HB269...302	750	1,8HB+67	1,03HB	200	125
	Яхшилаш ва тоблаш	HRC 48...53	750	14HRC+170	370	200	125
20X, 20XH2M, 18XГТ, 12XH3A, 25XГМ	Яхшилаш, цемент- ациялаш ва тоблаш	HRC 56...63	800	19HRC	480	200	125

Шуни назарда тутиш лозимки $N_{FE} > F_{FO}$, $N_{HE} > N_{HO}$ бўлган ҳолларда, $K_{HL} = 1$, $K_{FL} = 1$ яъни, $\sigma_{FP} = \sigma'_{FP}$ ва $\sigma_{HP} = \sigma'_{HP}$ қилиб олиниши лозим.

Тўғри тишли ҳамда қаттиқлиги бир-биридан кам фарқ қиладиган қия тишли узатмаларни контакт кучланиш бўйича ҳисоблаш учун рухсат этилган кучланишнинг ҳисобий қиймати сифатида шестерня ва ғилдирак учун топилган σ_{HP1} ва σ_{HP2} дан кичиги қабул қилинади.

Умуман қия тишли узатмалар учун рухсат этилган контакт кучланишнинг ҳисобий қиймати сифатида σ_{HP1} ва σ_{HP2} нинг ўртача қийматини олиш тавсия этилади, яъни

$$\sigma_{HP} = 0,5(\sigma_{HP1} + \sigma_{HP2}) \quad (1.25)$$

Бунда топилган ўртача қиймат ғилдираклар учун алоҳида аниқланган рухсат этилган кучланишлар миқдорининг кичигидан (σ_{HP1} , ёки σ_{HP2} дан) 1,25 мартадан ортиқ бўлмаслиги лозим.

Демак, $\sigma_{HP} \leq 1,25\sigma_{HPmin}$ бўлиши керак. Қия тишли конусимон ғилдиракли узатмалар учун эса бу муносабат қуйидагича бўлиши тавсия этилади $\sigma_{HP} \leq 1,15\sigma_{HPmin}$.

1.9 Тишли узатмаларни ҳисоблаш

Ҳисоблаш учун керакли маълумотлар, яъни ҳисобланиши керак бўлган узатманинг етакловчи ва етакланувчи валларидаги қувват P_1 ва P_2 , шу валларнинг айланиш тақрорийлиги n_1 ва n_2 ва улардаги айлантирувчи момент T_1 ва T_2 ҳамда узатманинг узатиш сони – и юритманинг кинематик ҳисоби жараёнида аниқланган бўлиб, бу ерда зарур бўлган қийматлар ўша жойдан олинади.

Юқорида эслатиб ўтганимиздек, кинематик ҳисоблаш бажарилганда, барча параметрларнинг индекслари ҳисобланаётган деталларнинг юритмада жойлашиш тартибига боғлиқдир. Масалан, ҳисобланмоқчи бўлган тишли узатманинг биринчи вали юритмадаги тасмали узатманинг етакланувчи валига уланган бўлиши мумкин. Бундай ҳол учун юритманинг кинематик ҳисоби бажарилганда иккинчи валдаги қувват P_2 , момент T_2 ва ҳ.к. қилиб белгиланган бўлади. Гарчи бу параметрларнинг индекслари «2» бўлса ҳам, уларнинг қийматлари редуктордаги шестерня ўрнатилган биринчи валга тааллуқли эканлигини ёдда тутиш керак.

Шунинг учун ҳисоблашни тишли узатмаларни ҳисоблаш учун тавсия этилган формулалардаги «1» индекси ҳисобланаётган поғонадаги шестерняга, «2» индекси ғилдиракка тегишли эканлигини албатта назарда тутган ҳолда бажариш лозим.

Тишли узатмаларни ҳисоблашда дастлаб узатманинг лойиҳавий ҳисоби, сўнгра узатманинг текширув ҳисоби бажарилади. Лойиҳавий ҳисоблаш эғувчи ва контакт кучланиш бўйича бажарилиши мумкин.

Эғувчи кучланиш бўйича лойиҳавий ҳисоблаш очиқ узатмаларни ҳисоблашда қўлланилади.

Контакт кучланиш бўйича лойиҳавий ҳисоблаш ёпик узатмаларни – редуктор таркибидаги узатмаларни ҳисоблашда қўлланилади.

Лойиҳавий ҳисоблаш натижасида тишли узатманинг асосий геометрик параметрлари аниқланади.

Тишли узатмаларни текширув ҳисоблаш ҳам контакт кучланиш, ҳам эғувчи кучланиш бўйича бажарилади.

Контакт кучланиш бўйича текширув ҳисоблашни бажарганда тиш сиртида ҳосил бўладиган контакт кучланиш σ_H нинг миқдори аниқланади. Эғувчи кучланиш бўйича текширув ҳисоблашни бажарганда тишнинг тубида пайдо бўладиган эғувчи кучланиш σ_F миқдори аниқланади.

1.10. Цилиндрик ғилдиракли тишли узатмаларни контакт кучланиш бўйича лойиҳавий ҳисоблаш

Лойиҳавий ҳисоблаш қуйидаги тартибда бажарилади :

1. Ҳисоблаш учун керакли маълумотлар етакловчи ва етакланувчи валларнинг қуввати P_1 ва P_2 , айланиш такрорийлиги n_1 ва n_2 , айлантирувчи моменти T_1 ва T_2 ҳамда узатманинг узатиш сони – u юритманинг кинематик ҳисобидан олинади.
2. Шестерня ва ғилдирак учун 1.7 – бобдаги тавсиялар бўйича материал танланади.
3. 1.7 – бобдаги тавсиялар бўйича рухсат этилган контакт кучланиш σ_{HP} нинг миқдори топилади.
4. Ўқлараро масофанинг тахминий қиймати a_w , мм топилади.

$$a_w = k_a(u \pm 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{T_2 \cdot K_{H\beta}}{u^2 \sigma_{HP}^2 \cdot \psi_{ba}}} \quad (1.26)$$

бу ерда: а) k_a – ёрдамчи коэффициент, қиймати 1.4 – жадвалдан олинади.

б) формуладаги (+) ишораси ташқи илашма учун,
(–) ишораси ички илашма учун қўлланилади;

в) $K_{н\beta}$ – юкланишнинг тип узунлиги бўйлаб нотекис тақсимла-
нишини инобатга олувчи коэффициент. Қиймати 1.16 шаклдаги
графикдан олинади.

г) ψ_{ba} – ғилдирак энининг ўқлараро масофа бўйича коэффициент-
ти

$$\psi_{ba} = \frac{2\psi_{hd}}{u + 1} \quad (1.27)$$

ψ_{hd} – ғилдирак энининг диаметрига нисбатини ифодаловчи ко-
эффициент, қиймати 1.5–жадвалдан олинади.

5. Ғилдиракнинг эни – B_{w2} топилади

$$B_{w2} = a_w \cdot \psi_{ba} \quad (1.28)$$

6. Шестернянинг эни B_{w1} топилади

$$B_{w1} = B_{w2} + (5 \dots 10) \quad (1.29)$$

7. Илашиш модулининг тахминий қиймати топилади

$$m \approx \frac{B_{w1}}{\psi_m} \quad (1.30)$$

бу ерда: ψ_m – ғилдирак энининг модулга нисбатан коэффициент, қиймати 1.6 – жадвалдан олинади.

Модулнинг топилган қиймати (СТ СЭВ 310-76) 1.1– жад-
валдаги мос келган қийматга тенглаб олинади.

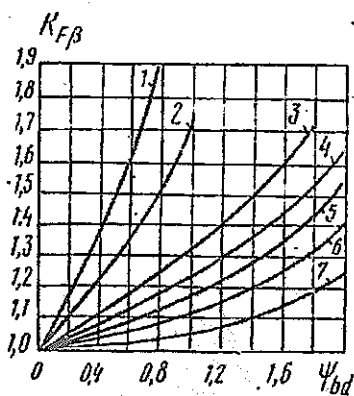
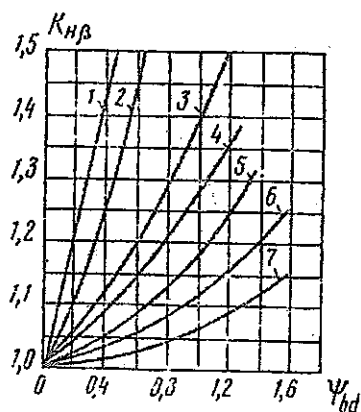
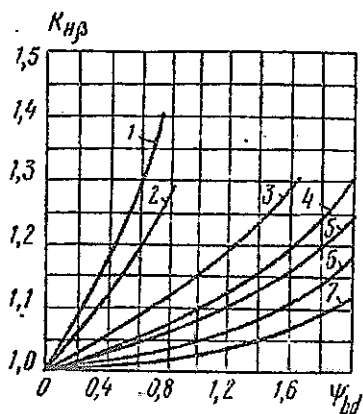
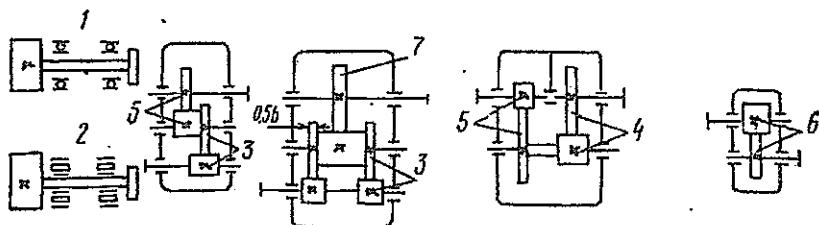
8. Шестерня ва ғилдирак тишларининг умумий сони – Z_Σ топи-
лади:

а) тўғри тишли узатма учун

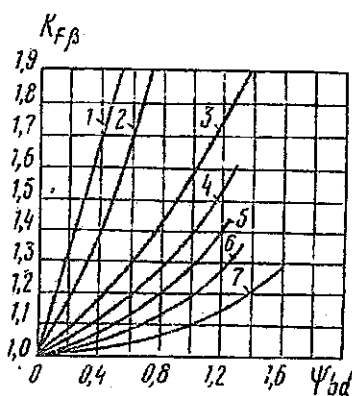
$$Z_\Sigma = \frac{2a_w}{m} \quad (1.31)$$

б) қия тишли ва шеврон тишли узатмалар учун

$$Z_\Sigma = \frac{2a_w \cos \beta}{m_n} \quad (1.32)$$



$H_1 \leq HB350$ ёки $H_2 \leq HB350$
булганда



$H_1 > HB350$ ёки $H_2 > HB350$
булганда

1.16 – шакл. K_{FB} ва K_{HB} коэффициентларининг қийматини аниқлашга доир графиклар

K_a, K_d, K_R, Z_M коэффициентларнинг қийматлари

Коэффи- циент	Ғилдирак Тури	Шестерня ва ғилдирак материалли						
		Пўлат- Пўлат	Пўлат- чўян	пўлат- бронза	Чўян- Чўян	Тексто- лит- пўлат	ДСП- Пўлат	Полиа- мид- пўлат
$K_a, \text{Мпа}^{1/2}$	Тўғри тишли	495	445	430	415	200	225	155
	Қия тишли	430	390	370	360	170	196	135
$K_d, \text{Мпа}^{1/3}$	Тўғри тишли	770	700	680	645	310	360	240
	Қия тишли	675	610	600	565	270	310	210
$K_R, \text{Мпа}^{1/3}$	Тўғри тишли	520	470	450	435	210	235	160
	Қия тишли	450	410	390	380	180	205	140
$Z_M, \text{Мпа}^{1/2}$		274	234	225	209	69,5	35	47,5

$$\psi_{bd} = \frac{B_{v2}}{d_1} \text{ нинг тавсия этилган қийматлари}$$

Ғилдиракларнинг таянчларга нисбатан жойлашуви	Тиш сиртиниң каттиқлиги	
	HB, ёки HB ₁ ≤ 350	HB ₁ ёки HB ₂ > 350
Симметрик бўлганда	0,8 - 1,4	0,4 - 0,9
Носимметрик бўлганда	0,6 - 1,2	0,3 - 0,6
Консоль бўлганда	0,3 - 0,4	0,2 - 0,25

Ғилдиракнинг ишлатилиш жойи	$\psi_m = \frac{B_w}{m}$
Катта юкланишли аниқ узатмаларда; вал ва таянчларнинг бикрлиги юқори даражада бўлганда ва HB ≤ 350 HB > 350	45...30 30...20
Редуктор типидagi узатмаларда HB ≤ 350 HB > 350	30...25 20...15
Йлашишдаги аниқлик даражасига алоҳида талаб қўйилмайдиган очик узатмалар(кранлар) ҳамда қуйма ғилдираклар ишлатиладиган механизмларда	15...20

бу ерда: β - қиялик бурчаги

$\beta = 8...15^\circ$ (баъзи ҳолларда 20° гача) қия тишли ғилдираклар учун.

$\beta = 25...40^\circ$ шеврон тишли ғилдираклар учун;

$m_n = m$ – нормаль модуль.

Тишларнинг умумий сонини бутун сон қилиб олиб, қиялик бурчагининг қийматига тузатиш киритилади.

$$\cos \beta = \frac{Z_\Sigma \cdot m}{2a_w} \quad (1.33)$$

8. Шестерня тишларининг сони топилади.

$$Z_1 = \frac{Z_\Sigma}{u \pm 1} \quad (1.34)$$

Z_1 – нинг қиймати ($Z_1 \geq 17$) бутун сонга тенглаштириб олинади.

10. Ғилдирак тишларининг сони топилади.

$$Z_2 = Z_\Sigma \pm Z_1 \quad (1.35)$$

11. Узатиш сонининг қийматига тузатиш киритилади

$$u = \frac{Z_2}{Z_1} \quad (1.36)$$

12. Узатманинг геометрик параметрлари 1.7–жадвалдаги формулалар ёрдамида топилади:

Тўғри тишли узатма учун	Қия ва шеврон тишли узатма учун
а) ўқлараро масофа	
$a_w = \frac{Z_z \cdot m}{2}$	$a_w = \frac{Z_z \cdot m_n}{2 \cos \beta}$
б) бўлиш айланасининг диаметри – d_1, d_2	
$d_1 = mz_1$	$d_1 = m_n z_1 / \cos \beta$
$d_2 = mz_2$	$d_2 = m_n z_2 / \cos \beta$
в) бошланғич айлана диаметри – d_{w1}, d_{w2}	
$d_{w1} = 2a_w / (u+1)$	$d_{w1} = 2a_w / (u+1)$
$d_{w2} = 2a_w - d_{w1}$	$d_{w2} = 2a_w - d_{w1}$
г) тишларнинг учидан ўтган айлана диаметри – d_{a1}, d_{a2}	
$d_{a1} = d_1 + 2m$	$d_{a1} = d_1 + 2m_n$
$d_{a2} = d_2 + 2m$	$d_{a2} = d_2 + 2m_n$
д) тишларнинг тубидан ўтган айлана диаметри – d_{f1}, d_{f2}	
$d_{f1} = d_1 - 2,5m$	$d_{f1} = d_1 - 2,5m_n$
$d_{f2} = d_2 - 2,5m$	$d_{f2} = d_2 - 2,5m_n$
е) филдирак ва шестерня гардишининг эни – B_2, B_1	
$B_2 = \psi_{BD} \cdot d_1$ ёки $B_2 = \psi_{sa} \cdot a_w$ ва $B1 = B2 + (5...10)$ мм	

1.11. Цилиндрик филдиракли тишли узатмаларни текширув ҳисоблаш

Геометрик ўлчамлари аниқланган узатманинг мустақамлиги контакт ва эғувчи кучланиш бўйича текширилади.

1. Узатманинг мустақамлигини контакт кучланиш бўйича текшириш.

Узатманинг мустақамлиги контакт кучланиш бўйича қуйидаги тенглик асосида текширилади:

$$\sigma_H = Z_H Z_M Z_e \sqrt{\frac{W_{H12}(u \pm 1)}{d_{w1} \cdot u}} \leq \sigma_{H\text{пр}}, \text{ МПа} \quad (1.37)$$

бу ерда: Z_H – илашишда бўлган тиш сиртларининг шаклини инобатга олувчи коэффициент, Z_H нинг қиймати 1.8 – жадвалдан олинади.

Илашишда бўлган тиш сиртининг шаклини инобатга олувчи
коэффициент - Z_H

Тишларнинг қиялик бур- чаги β^0	Силжитиш коэффициентининг нисбий қиймати ($x_1 + x_2$)/($z_1 + z_2$)						
	0.02	0.01	0.005	0	-0.005	-0.01	-0.015
0	1.62	1.68	1.71	1.76	1.83	1.93	2.14
10	1.60	1.66	1.69	1.74	1.80	1.90	2.07
15	1.58	1.63	1.67	1.71	1.77	1.86	2.00
20	1.55	1.60	1.63	1.67	1.72	1.80	1.91
25	1.52	1.57	1.59	1.62	1.67	1.73	1.81
30	1.48	1.52	1.54	1.56	1.60	1.65	1.70
35	1.42	1.46	1.48	1.50	1.53	1.56	1.60
40	1.37	1.39	1.41	1.42	1.45	1.47	1.50

Z_M – илашишда бўлган ғилдирак материалининг механикавий
хоссаларини инобатга олувчи коэффициент, Z_M нинг қиймати
1.4 – жадвалдан олинади.

Z_e – контакт чизигининг умумий узунлигини инобатга олувчи ко-
эффициент.

Z_e - коэффициентининг қиймати қуйидагича аниқланади:

а) тўғри тишли узатмалар учун, ҳамда қопланиш коэффициенти
 $\epsilon_\beta = 0,9$ бўлган қия тишли ва шеврон тишли узатмалар учун

$$Z_e = \sqrt{\frac{4 - \epsilon_\alpha}{3}} \quad (1.38)$$

б) қопланиш коэффициенти $\epsilon_\beta > 0,9$ бўлганда қия тишли ва
шеvron тишли узатмалар учун

$$Z_e = \sqrt{\frac{1}{\epsilon_\alpha}} \quad (1.39)$$

ўқ бўйича қопланиш коэффициенти ϵ_β нинг қиймати қуйидагича
аниқланади :

$$\epsilon_\beta = \frac{B_w \sin \beta}{\pi \cdot m_n} \quad (1.40)$$

ϵ_α - ён қопланиш коэффициенти.

ϵ_α - коэффициентининг қиймати қуйидагича аниқланади:

$$\varepsilon_{\alpha} = \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{Z_1} \pm \frac{1}{Z_2} \right) \right] \cos \beta \quad (1.41)$$

W_{H2} – солиштирма ҳисобий айлана куч, н/мм. W_{H2} нинг қиймати қуйидагича аниқланади:

$$W_{H2} = \frac{F_{H2}}{B_{w2}} K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\nu} \quad (1.42)$$

F_{H2} – ҳисобий айлана куч, Н

$$F_{H2} = \frac{2T_2 \cdot 10^3}{d_{w2}}$$

$K_{H\beta}$ – юкланишнинг тиш узунлиги бўйлаб нотекис тақсимланишини инобатга олувчи коэффициент. $K_{H\beta}$ – нинг қиймати 1.16 шаклдаги графикдан олинади.

$K_{H\alpha}$ – юкланишнинг тишлараро тақсимланишини инобатга олувчи коэффициент. Тўғри тишли узатмалар учун $K_{H\alpha} = 1$ олинади. Қия тишли ва шеврон тишли узатмалар учун $K_{H\alpha}$ коэффициентининг қиймати 1.9 – жадвалдан олинади.

1.9 – жадвалдан фойдаланиш учун филдиракларнинг айлана тезлиги – V , м/с ва аниқлик даражаси маълум бўлиши керак. Филдиракларнинг айлана тезлиги қуйидагича аниқланади:

$$V_1 = \frac{\pi d_{w1} \cdot n_1}{60 \cdot 1000} \quad V_2 = \frac{\pi d_{w2} \cdot n_2}{60 \cdot 1000} \quad (1.43)$$

Филдиракларнинг аниқлик даражаси 1.10–жадвал бўйича аниқланади.

$K_{H\nu}$ – илашмада ҳосил бўладиган динамикавий юкланишни инобатга олувчи коэффициент.

$K_{H\nu}$ – коэффициент қиймати 1.11 – жадвалдан олинади.

1.9 – жадвал

Юкланишнинг тишлараро тақсимланишини инобатга олувчи

коэффициентлар: $K_{H\alpha}$ K_{Fa}

Айлана тезлик	м/с	Аниқлик даражаси	$K_{H\alpha}$	K_{Fa}
5 гача		7	1,03	1,07
		8	1,07	1,22
		9	1,13	1,35
5 дан 10 гача		7	1,05	1,2

	8	1,10	1,3
10 дан 15 гача	7	1,08	1,25
	8	1,15	1,4

1.10 – жадвал

Тишли гилдиракларнинг аниқлик даражаси

Аниқлик даражаси	Айлана тезлик, м/с		Ишлатилиши
	тўғри тишли	қия тишли	
6	15 гача	25 гача	Тез ҳаракатланувчи узатмалар
7	10 гача	17 гача	Юкланиш меъёрида бўлиб, тез ҳаракатланувчи ёки юкланиш катта бўлиб, секин ҳаракатланувчи узатмалар
8	6 гача	10 гача	Умумий машинасозликда ишлатиладиган узатмалар
9-10	2 гача	4 гача	Секин ишлайдиган, аниқлик даражаси кам аҳамиятга эга бўлган узатмалар

1.11–жадвал

Динамикавий юкланиш коэффицентлари K_{Hv} , K_{Fv}

Аниқлик даражаси	Тиш сиртининг қаттиқлиги	коэффицентлар	v , м/с					
			1	2	4	6	8	10
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
6	а	K_{Hv}	1,03	1,06	1,12	1,17	1,23	1,28
			1,01	1,02	1,03	1,04	1,06	1,07
		K_{Fv}	1,06	1,13	1,26	1,40	1,53	1,67
			1,02	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25
	б	K_{Hv}	1,02	1,04	1,07	1,10	1,15	1,18
			1,00	1,00	1,02	1,02	1,03	1,04
		K_{Fv}	1,02	1,04	1,08	1,11	1,14	1,17
			1,01	1,02	1,03	1,04	1,06	1,07
7	а		1,04	1,07	1,14	1,21	1,29	1,36

		$K_{H\nu}$	1,02	1,03	1,05	1,06	1,07	1,08	
		$K_{F\nu}$	1,08	1,16	1,33	1,50	1,67	1,80	
			1,03	1,06	1,11	1,16	1,22	1,27	
		б	$K_{H\nu}$	1,03	1,05	1,09	1,14	1,19	1,24
	$K_{F\nu}$		1,00	1,01	1,02	1,03	1,03	1,04	
				1,03	1,05	1,09	1,13	1,17	1,22
8	а	$K_{H\nu}$	1,01	1,02	1,03	1,05	1,07	1,08	
			1,04	1,08	1,16	1,24	1,32	1,40	
		$K_{F\nu}$	1,10	1,20	1,38	1,58	1,78	1,96	
			1,03	1,06	1,11	1,17	1,23	1,29	
	б	$K_{H\nu}$	1,03	1,06	1,10	1,16	1,22	1,26	
			1,01	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	
		$K_{F\nu}$	1,04	1,06	1,12	1,16	1,21	1,26	
			1,01	1,02	1,03	1,05	1,07	1,08	
	9	а	$K_{H\nu}$	1,05	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50
				1,01	1,03	1,05	1,07	1,09	1,12
$K_{F\nu}$			1,13	1,28	1,50	1,77	1,98	2,25	
			1,04	1,07	1,14	1,21	1,28	1,35	
б		$K_{H\nu}$	1,04	1,07	1,13	1,20	1,26	1,32	
			1,01	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	
		$K_{F\nu}$	1,04	1,07	1,14	1,21	1,27	1,34	
			1,01	1,02	1,04	1,06	1,08	1,09	

Изоҳ:

- Тиш сиртининг қаттиқлиги
 $H_1 \leq HB350$, $H_2 \leq HB350$
 $H_1 \geq HRC45$, $H_2 \leq HB350$

б – $H_1 \geq HRC45$, $H_2 \geq HRC45$

- Юқоридаги сонлар – тўғри тишли, қуйидаги сонлар – қия тишли ғилдирақлар учун.

Агар (1.37) формуладаги шарт бажарилса, яъни $\sigma_H \leq \sigma_{HP}$ бўлса, ҳисоблаш тўхтатилади. Агар σ_H , σ_{HP} дан 5 фоизгача катта бўлса ҳам ҳисобга тузатиш киритилмайди.

Агар σ_H , σ_{HP} дан 5 фоиздан кўпроқ катта чиқса, у ҳолда:

- ғилдирак материалнинг сифатини яхшилаш ҳисобига $\sigma_H \leq \sigma_{HP}$ шартини бажариш мумкин, ёки

б) гилдиракнинг ўлчамлари m (m_n) ёки Z_1 ва Z_2 , B_w катта-роқ олиниб σ_H нинг миқдори камайтирилади. Маълумки m (m_n), Z_1 , Z_2 ларнинг қиймати ўзгартирилса, гилдиракнинг бошқа ўлчамлари ва ўқлараро масофанинг қиймати ўзгаради. Бу параметрлар 1.7-жадвалдаги формулалар асосида қайтадан аниқланади.

2. Узатманинг мустаҳкамлигини эгувчи кучланиш бўйича текшириш.

Эгувчи кучланиш бўйича текширув ҳисоблашни бажаришдан аввал, ҳисоблашни гилдиракнинг қайси бирта асосан бажаришни аниқлаш керак. Бунинг учун қуйидаги шартдан фойдаланилади.

$$\frac{\sigma_{FP1}}{Y_{F1}} = \frac{\sigma_{FP2}}{Y_{F2}} \quad (1.44)$$

бу ерда: σ_{FP1} , σ_{FP2} – шестерня ва гилдирак материаллари учун рухсат этилган эгувчи кучланишлар. σ_{FP1} , ва σ_{FP2} ларнинг қийматлари (1.18, 1.19) формулалар ёрдамида топилади.

Y_{F1} , Y_{F2} – тиш шаклининг коэффициентлари. Y_{F1} , ва Y_{F2} коэффициентларининг қийматлари эквивалент тишлар сони Z_v нинг қиймати бўйича 1.12 жадвалдан олинади. (1.44) тенгликнинг қайси томони кичик чиқса, шу томонга тегишли гилдирак тишининг мустаҳкамлиги кам бўлади. Шунинг учун узатманинг мустаҳкамлигини эгувчи кучланиш бўйича текширув ҳисоблаш шу гилдиракка нисбатан қуйидаги формулалар ёрдамида бажарилади:

Тўғри тишли гилдираклар учун:

$$\sigma_F = \frac{Y_F W_{F1}}{m} \leq \sigma_{FP} \quad (1.45)$$

Қия тишли ва шеврон тишли гилдираклар учун:

$$\sigma_F = \frac{Y_F Y_\varepsilon Y_\beta W_{F1}}{m_n} \leq \sigma_{FP} \quad (1.46)$$

бу ерда: Y_ε - тишларнинг қопланишини инобатга олувчи коэффициент

$$Y_\varepsilon = \frac{1}{K_\varepsilon \cdot \varepsilon_\alpha} \quad (1.47)$$

K_ε - контакт чизиги умумий узунлигининг ўзгаришини инобатга олувчи коэффициент: одатда, $K_\varepsilon = 0,95$ олинади.

ε_α - ён қопланиш коэффициентлари.

ε_α - нинг қиймати (1.41) формула ёрдамида топилади.

Y_β - тишларнинг қиялигини инобатга олувчи коэффициент.

Y_β - нинг қиймати қуйидагича топилади:

тўғри тишли узатмалар учун $Y_\beta = 1$. Қия тишли ва шеврон тишли узатмалар учун

$$Y_\beta = 1 - \frac{\beta}{140^\circ} \quad (1.48)$$

W_{Fi} - солиштирма ҳисобий айлана куч.

$$W_{Fi} = \frac{F_{Fi}}{B_w} K_{F\beta} \cdot K_{F\alpha} \cdot K_{FV} \quad (1.49)$$

F_{Fi} - ҳисобий айлана куч, Н

$$F_{Fi1} = \frac{2T_1 \cdot 10^3}{d_{w1}} \quad F_{Fi2} = \frac{2T_2 \cdot 10^3}{d_{w2}}$$

$K_{F\beta}$ - юкланишнинг тиш узунлиги бўйлаб нотекис тақсимланишини инобатга олувчи коэффициент. $K_{F\beta}$ -нинг қиймати 1.16 шаклдаги графикдан олинади.

$K_{F\alpha}$ - юкланишнинг тишлараро тақсимланишини инобатга олувчи коэффициент, тўғри тишли ғилдираклар ва $\varepsilon_\beta \leq 1$ бўлган қия тишли, шеврон тишли ғилдираклар учун $K_{F\alpha} = 1$ деб қабул қилинади.

$\varepsilon_\beta > 1$ бўлган қия тишли ва шеврон тишли ғилдираклар учун $K_{F\alpha}$ нинг қиймати 1.9 жадвалдан олинади.

K_{FV} - илашмада ҳосил бўладиган динамикавий юкланишни инобатга олувчи коэффициент. K_{FV} нинг қиймати 1.11 жадвалдан олинади.

Агар (1.45) формуладаги шарт бажарилса, яъни $\sigma_F \leq \sigma_{Fr}$ бўлса, ҳисоблаш тугатилади.

Тиш сиртининг қаттиқлиги юқори бўлган тақдирда ($HRC > 50...60$) $\sigma_F > \sigma_{Fr}$ бўлиши мумкин. У ҳолда модулнинг қиймати-ни катталаштириш ҳисобига $\sigma_F \leq \sigma_{Fr}$ шартини бажариш керак. Редуктор таркибидаги тишли узатмаларни ҳисоблаганда, кўпинча $\sigma_F < \sigma_{Fr}$ бўлади, чунки бундай узатмаларнинг мустаҳкамлиги асосан контакт кучланиш бўйича текширилади.

Тиш шаклининг коэффициенти (Y_F)

Z_v	Силжитиш коэффициенти - x							
	0.7	0.5	0.3	0.1	0	-0.1	-0.3	-0.5
1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	3,12	3,42	3,78	-	-	-		
16	3,15	3,40	3,72	-	-	-		
17	3,16	3,40	3,67	4,03	4,26	-		
18	3,17	3,39	3,64	3,97	4,20	-	-	-
19	3,18	3,39	3,62	3,92	4,11	3,32	-	-
20	3,19	3,39	3,61	3,89	4,08	4,28	-	-
21	3,20	3,39	3,60	3,85	4,01	4,22	-	-
22	3,21	3,39	3,59	3,82	4,00	4,20	-	-
24	3,23	3,39	3,58	3,79	3,92	4,10	-	-
25	3,24	3,39	3,57	3,77	3,90	4,05	4,28	-
28	3,27	3,40	3,56	3,72	3,82	3,95	4,22	-
30	3,28	3,40	3,54	3,70	3,80	3,90	4,14	-
32	3,29	3,41	3,54	3,69	3,78	3,87	4,08	4,45
37	3,32	3,42	3,53	3,64	3,71	3,80	3,96	4,20
40	3,33	3,42	3,53	3,63	3,70	3,77	3,92	4,13
45	3,36	3,43	3,52	3,62	3,68	3,72	3,86	4,02
50	3,38	3,44	3,52	3,60	3,65	3,70	3,81	3,96
60	3,41	3,47	3,53	3,59	3,62	3,67	3,74	3,84
80	3,45	3,50	3,54	3,58	3,61	3,62	3,68	3,73
100	3,49	3,52	3,55	3,58	3,60	3,61	3,65	3,68
150	-	-	-	-	3,60	3,63	3,63	3,63
Рейка	-	-	-	-	3,68	3,63		

Изох:

1. Эквивалент ғилдирак тишларининг сони - Z_v қуйидагича аниқланади:

Цилиндрик тўғри тишли ғилдирак учун $Z_v = Z$, қия тишли цилиндрлик ғилдирак учун $Z_v = \frac{Z}{\cos^3 \beta}$; тўғри тишли конуссимон

ғилдирак учун $Z_v = Z_{v1} = \frac{Z}{\cos \delta}$; қия тишли ва доиравий тишли

конуссимон ғилдираклар учун: $Z_v = Z_{v1} = \frac{Z}{\cos \delta \cdot \cos^3 \beta}$.

2. Ички илашмали тўғри тишли цилиндрлик ғилдирак учун :

$$Y_F \approx \frac{4z}{z + 20}$$

1 – масала

Бир поғонали цилиндр ғилдиракли редуктордаги тишли узатма ҳисоблансин. Узатманинг : етакловчи валидаги қувват $P_1=5$ кВт; айланиш такрорийлиги $n_1= 500$ дақ⁻¹ ; узатиш сони $u=4$; редукторнинг ҳизмат муддати $L_h=40 \cdot 10^3$ соат.

Ечиш :

1. Шестерня ва ғилдирак учун материал танлаймиз. 1.8– бобдаги тавсияларга биноан 40Х маркали пўлат танлаймиз.

2. Рухсат этилган кучланишларни аниқлаймиз.

а) Рухсат этилган контакт кучланиш :

$$\sigma_{np} = \sigma'_{np} \cdot K_{HL}$$

бу ерда : σ'_{np} – асос қилиб олинган цикллар сонини ($N_{но}=6 \cdot 10^7$) таъминлайдиган рухсат этилган кучланиш.

1.3 жадвал бўйича

$$\sigma'_{np1} = 1,8\sigma_{B1} + 67 = 1,8 \cdot 230 + 67 = 481$$

$$\sigma'_{np2} = 1,8\sigma_{B2} + 67 = 1,8 \cdot 200 + 67 = 427$$

σ_{B1} шестерня тишлари сиртининг қаттиқлиги, σ_{B2} ғилдирак тишлари сиртининг қаттиқлиги, танланган материал учун $\sigma_{B1}=230$ $\sigma_{B2}=200$ деб қабул қиламиз.

K_{HL} –чидамлилиқ коэффициент

Узоқ муддат ишлайдиган узатмалар учун, $N_{не} > N_{но}$ бўлган-
да, ($N_{не} = 60 \cdot L_h \cdot n = 60 \cdot 40 \cdot 10^3 \cdot 500 = 12 \cdot 10^8 > N_{но} = 6 \cdot 10^7$) $\kappa_{HL} = 1$
олинади

$$\sigma'_{np1} = 481 \cdot 1 = 481 \text{ МПа}$$

$$\sigma'_{np2} = 427 \cdot 1 = 427 \text{ МПа}$$

б) рухсат этилган эгувчи кучланиш

$$\sigma_{FP} = \sigma'_{FP} \cdot \kappa_{FL}$$

1.3 жадвал бўйича

$$\sigma'_{FP} = 1,03 \text{ НВ}$$

$$\kappa_{FL} = \kappa_{HL} = 1$$

$$\sigma_{FP1} = 1,03 \cdot 230 \cdot 1 = 237 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{FP2} = 1,03 \cdot 200 \cdot 1 = 206 \text{ МПа}$$

3. Ўқлараро масофани аниқлаймиз:

$$a_w = Ka(u \pm 1) \sqrt[3]{T_2 \cdot \kappa_{H\beta} / (u^2 \sigma_{H\beta^2} \cdot \psi_{ca})}$$

$$\text{бу ерда : } T_2 = 9550 \frac{P_2}{n_2} = 9550 \frac{4.85}{125} = 370 \text{ Нм}$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_1 \cdot \eta_n = 5 \cdot 0.98 \cdot 0.99 = 4.85 \text{ кВт}$$

$$n_2 = n_1 / u = 500 / 4 = 125$$

$$\psi_{ca} = 2\varphi_{ed} / (u + 1) = 2 \cdot 1 / (4 + 1) = 0,4$$

$\psi_{ed} = 1$ деб қабул қиламиз

$\kappa_{H\beta} = 1,05$ (116 шаклга қаранг)

$\psi_{ca} = 0,4$ деб қабул қиламиз

$Ka = 495$ (1.4 жадвалга қаранг)

$$a_w = 495(4 + 1) \cdot \sqrt[3]{370 \cdot 1,05 / (4^2 \cdot 427^2 \cdot 0,4)} = 156.$$

$a_w = 160 \text{ мм}$ деб қабул қиламиз.

4. Тишли гилдиракларнинг асосий ўлчамларини аниқлаймиз:

$$b_2 = \psi_{ca} \cdot a_w = 0,4 \cdot 160 = 64 \text{ мм}$$

$$e_1 = e_2 + (5 \dots 10) = 64 + 6 = 70 \text{ мм}$$

$$m = e_2 / \varphi_m = 64 / 30 = 2,30$$

$$\varphi_m = 20 \dots 30 \text{ (цилиндр ғилдиракли узатмалар учун)}$$

1.1 жадвал бүйича $m=2\text{мм}$ деб қабул қиламиз

$$Z_\Sigma = 2 A_w / m = 2 \cdot 160 / 2 = 160$$

$$Z_1 = Z_\Sigma / (u+1) = 160 / (4+1) = 32$$

$$Z_2 = Z_\Sigma - Z_1 = 160 - 32 = 128$$

$$d_1 = m \cdot z_1 = 2 \cdot 32 = 64 \text{ мм}$$

$$d_2 = m z_2 = 2 \cdot 128 = 256 \text{ мм}$$

Текширув :

$$A_w = (d_1 + d_2) / 2 = (64 + 256) / 2 = 160 \text{ мм}$$

$$\varphi_{ad} = e_2 / d_1 = 64 / 64 = 1 \quad \varphi_{oa} = 64 / 160 = 0,4$$

Узатманинг мустаҳкамлигини текширамыз.

а) контакт кучланиш бүйича

$$\sigma_H = Z_H \cdot Z_m \cdot Z_E \sqrt{W_{H2} (u+1) / (d_1 \cdot u)} \leq \sigma_{HP}$$

бу ерда : 1.4 ва 1.8 жадваллар бүйича

$$Z_H = 1,76$$

$$Z_m = 274$$

$$Z_E = \sqrt{(4 - E\alpha) / 3} = \sqrt{(4 - 1,755) / 3} = 0,87$$

$$E\alpha = \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{z_1} \pm \frac{1}{z_2} \right) \right] \cos \beta = \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{32} + \frac{1}{128} \right) \right] \cos 0^\circ = 1,755$$

$$W_{H2} = \frac{F_{m2}}{e_2} K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{Hv} = 2890 \cdot 1,05 \cdot 1,07 \cdot 1,08 / 64 = 55$$

$$F_{m2} = 2T_2 \cdot 10^3 / d_2 = 2 \cdot 370 \cdot 10^3 / 256 = 2890$$

$$K_{H\beta} = 1,05 \quad (1.16 \text{ шаклга қаранг}) \quad K_{H\alpha} = 1;$$

$$K_{Hv} = 1,08 \quad (1.11 - \text{жадвалга қаранг})$$

бу ерда :

$$V = \frac{\pi d_1 n_1}{60 \cdot 10^3} = \frac{3,14 \cdot 64 \cdot 500}{60 \cdot 10^3} = 1,6 \text{ м/с}$$

$$\sigma_H = 1,76 \cdot 274 \cdot 0,87 \sqrt{55(4+1) / (64 \cdot 4)} = 420 \text{ МПа.}$$

$\sigma_n < \sigma_{np}$ шарти бажарилди.

б) эгувчи кучланиш бўйича

$$\sigma_{F_1}/Y_{F_1} = \sigma_{F_2}/Y_{F_2} \quad \text{шартини текшираимиз}$$

$$\text{бу ерда : } Y_{F_1}=3,78 \quad Y_{F_2}=3,58 \text{ (1.12 жадвалга қаранг)}$$
$$237 / 3,78=206 / 3,58 ; \quad 62,7>57,54$$

Тенгликнинг ўнг томони кичик бўлгани учун, узатмадаги етакланувчи ғилдирак тишларининг мустаҳкамлигини текшираимиз.

$$\sigma_{F_2} = Y_{F_2} \cdot W_{F_2} / m = 3,58 \cdot 74 / 2 = 132 \text{ МПа.}$$

$$\text{бу ерда : } W_{F_2} = \frac{F_{F_2}}{b_2} K_{F\beta} \cdot K_{Fa} \cdot K_{FL} = 2890 \cdot 1,12 \cdot 1,12 / 64 = 74$$

$$F_{F_2} = F_{H_2} = 2890 \text{ Н} \quad K_{F\beta} = 1,12; \quad K_{FV} = 1,2$$

(1.16 шакл ва 1.9; 1.11 жадвалларга қаранг) тўғри тишли узатмалар учун $K_{Fa} = 1$ олинади.

$\sigma_{F_2} < \sigma_{FP_2}$ шарт бажарилди.

1.12 Конуссимон ғилдиракли тишли узатмаларни лойиҳавий ҳисоблаш

Бундай узатмаларни ҳисоблаш қуйидаги тартибда бажарилади.

1. Кинематик ҳисобдан ёки берилган маълумотларга қараб узатманинг кинематик схемаси, етакловчи валидаги қувват (P_1), айланиш тақрорийлиги ёки бурчак тезлиги (n_1 ёки ω_1) ва унинг узатиш сони (u), иш муддати, реверсланиши, ҳамда унга таъсир этувчи юкланиш характери, ўқларнинг кесишиш бурчаги (δ) аниқлаб олинади.

2. Узатиш сонидан фойдаланиб 1.2 жадвалдаги формулалар ёрдамида бошланғич конус бурчаклари ҳисобланади.

Шестерня учун

$$\delta_1 = \arctg(1/u) \text{ ёки } \delta_1 = \arctg(u), \text{ градус}$$

Ғилдирак учун

$$\delta_2 = \arctg(u), \text{ градус } \delta = 90^\circ \text{ бўлганида } \delta_2 = 90^\circ - \delta_1$$

3. Валлардаги айлантирувчи моментларнинг қийматлари топилади.

4. Шестерня ва ғилдиракларни ясаш учун материал танланади (1.3 – жадвал). Бунинг учун цилиндрик тишли узатмаларнинг шестерня ва ғилдираги учун материал танлашдаги тавсиялардан фойдаланилади (1.8 бобга қаранг).

5. Танланган материалларнинг рухсат этилган контакт (σ_{HP}) ва эгувчи (σ_{FP}) кучланишлари ҳисобланади (1.8 бобга қаранг).

6. Узатманинг ташқи конус масофаси (Re) аниқланади.

$$Re = K_R \sqrt{u^2 + 1} \cdot \sqrt[3]{\frac{T_1 \cdot K_{H\beta}}{[(1 - 0,5\psi_{Be}) \cdot \sigma_{HP2}]^2 \psi_{Be} \cdot u}}, \text{ мм} \quad (1.49)$$

Бу ерда: K_R – узатма ташқи конус масофасининг коэффиценти бўлиб, 1.4 – жадвалдан тишли ғилдираклар ясаш учун қабул қилинган материалларнинг турига ҳамда тиш шаклига қараб олинади. Демак K_R ни қабул қилиш учун тиш шаклини (тўғри, қия, доиравий) аниқлаш зарур. Одатда узатманинг айлана тезлиги $V > 3$ м/с бўлганида қия ёки доиравий тишли конуссимон ғилдираклардан фойдаланади. K_R ни аниқлаш учун узатма айлана тезлигининг тахминий қиймати қўйидаги формуладан аниқланади:

$$V = 8,75 \cdot 10^{-3} \cdot \omega_1 \sqrt[3]{T_1} \text{ м/с} \quad (1.50)$$

Бу ерда: T_1 нинг бирлиги Н·м да олиними лозим.

$K_{H\beta}$ – юкланишнинг тиш узунлиги бўйича нотекис тақсимланишини эътиборга олувчи коэффицент. $K_{H\beta}$ 1.16–шаклдан тишли ғилдиракларнинг таянчга нисбатан жойлашиши, улар материалларининг қаттиқлиги ва ψ_{Bd} коэффицентига қараб олинади.

$\psi_{Bd} = \frac{B_w}{d_{m1}}$ – ғилдирак тишлари узунлигининг (B_w) шестерня ўрта

диаметрига (d_{m1}) нисбатини ифодаловчи коэффицент. ψ_{Bd} нинг қиймати 1.5 – жадвалдан олинади.

$\psi_{Be} = \frac{B_w}{Re}$ – ғилдирак тишлари узунлигининг ташқи конус масо-

фасига нисбатини ифодаловчи коэффицент. Одатда $\psi_{Be} = 0,25 \dots 0,3$ олинади. Узатманинг узатиш сони учдан кичик бўлганида ψ_{Be} 0.3 га тенг ёки шунга яқин қилиб олинади. Лойиҳалаш ҳисобларида $\psi_{Be} = 0.285$ қилиб олиш тавсия этилади.

(1.49) – формула бўйича ҳисоблаб топилган Re 5 га бўлинадиган бутун сонгача яхлитлаб олинади.

7. Тишли ғилдирақларнинг ташқи бўлувчи диаметрлари (d_{e1} , d_{e2}), ҳамда ташқи модуль (m_{te}) аниқланади. (1.2-жадвалга қаранг)

$$d_{e1} = 2R_c \cdot \sin \delta_1, \text{ мм} \quad (1.51)$$

$$d_{e2} = 2R_c \cdot \sin \delta_2, \text{ мм} \quad (1.52)$$

$$m_{te} \geq \frac{B_w}{10}, \text{ мм} \quad (1.53)$$

Ҳисобланган модуль СТ СЭВ 310-76 га (1.1 – жадвал) мосланиши лозим.

8. Шестерня ва ғилдирак тишларининг сони топилиб, узатма узатиш сонининг ҳақиқий қиймати (u_x) текшириб кўрилади.

$$Z_1 = d_{e1}/m_{te}; Z_2 = Z_1 \cdot u \quad (1.54)$$

Z_1 ва Z_2 бутун сонгача яхлитланади.

$$u_x = Z_2/Z_1$$

Узатиш сони ҳақиқий қийматининг унинг дастлабки (мўлжалланган қийматидан (u) фарқи $\% \Delta u$ текширилади).

$$\% \Delta u = \frac{u_x - u}{u} 100 \% \leq [\Delta u]$$

$\% \Delta u$ ГОСТ 12289 -76 тавсиясига кўра 3 фоиздан ошмаслиги лозим, яъни $[\% \Delta u] \leq 3\%$

9. Шестерня ва ғилдиракнинг ташқи бўлувчи диаметрлари қайта ҳисобланади ва ўрта диаметрлари (d_{m1} , d_{m2}) ҳамда тиш ўрта кесими бўйича модуль (m_{tm}) аниқланади. (1.2-жадвалга қаранг)

$$d_{e1} = m_{te} \cdot Z_1, \text{ мм} \quad (1.55)$$

$$d_{e2} = m_{te} \cdot Z_2, \text{ мм} \quad (1.56)$$

$$d_{m1} = d_{e1} - B_w \sin \delta_1, \text{ мм} \quad (1.57)$$

$$d_{m2} = d_{m1} \cdot u, \text{ мм} \quad (1.58)$$

$$m_{tm} = \frac{d_{m1}}{Z_1} = \frac{d_{m2}}{Z_2}, \text{ мм} \quad (1.59)$$

m_{tm} нинг ҳисобланган қийматини стандартга мослаш керак эмас.

10. Тишли ғилдирақлар тишнинг учидан (d_{ae1} , d_{ae2}), оёғидан (d_{fe1} , d_{fe2}) ўтган айланаларнинг диаметрлари топилади ва ташқи конус масофасининг ҳақиқий қиймати (R_c) аниқланади.

$$d_{ae1} = d_{e1} + 2m_{te} \cos \delta_1, \text{ мм} \quad (1.60)$$

$$d_{ae2} = d_{e2} + 2m_{ic} \cos \delta_2, \text{ мм} \quad (1.61)$$

$$d_{fe1} = d_{e1} - 2,4m_{ic} \cos \delta_1, \text{ мм} \quad (1.62)$$

$$d_{fe2} = d_{e2} - 2,4m_{ic} \cos \delta_2, \text{ мм} \quad (1.63)$$

$$R_{ex} = 0,5\sqrt{d_{e1}^2 + d_{e2}^2} = 0,5m_{ic}\sqrt{Z_1^2 + Z_2^2}, \text{ мм} \quad (1.64)$$

11. Шестерня ва ғилдирак тишларининг каллагы (θ_{a1} , θ_{a2}) ва оёғини (θ_{f1} , θ_{f2}) ҳосил қилувчи бурчаклар топилади.

$$\theta_{f1} = \theta_{f2} = \arctg(1,2 \frac{m_{ic}}{R_e}), \text{ градус} \quad (1.65)$$

$$\theta_{a1} = \theta_{a2} = \arctg(\frac{m_{ic}}{R_e}), \text{ градус} \quad (1.66)$$

12. Шестерня ва ғилдирак тишларининг учидан ўтган конус бурчаклари (δ_{a1} , δ_{a2}) ҳисобланади.

$$\delta_{a1} = \delta_1 + \theta_{a1}, \text{ градус} \quad (1.67)$$

$$\delta_{a2} = \delta_2 + \theta_{a2}, \text{ градус} \quad (1.68)$$

13. Узатмага таъсир этувчи кучлар топилади.(1.16 ва 1.17 формулаларга қаранг)

Тишли ғилдиракларга таъсир этувчи айлана куч

$$F_{t1} = \frac{2T_1}{d_{m1}}, \text{ Н}$$

Тишли ғилдиракларга таъсир этувчи умумий куч

$$F_n = \frac{F_{t1}}{\cos \alpha}, \text{ Н}$$

Шестерняга таъсир этувчи радиал куч

$$F_{r1} = \frac{F_{t1}}{\cos \beta} (\tg \alpha \pm \sin \beta \cdot \sin \delta_1) = F_{x2}, \text{ Н}$$

$\beta = 0^\circ$ бўлганда

$$F_{r1} = F_{t1} \tg \alpha \cdot \cos \delta_1 = F_{x2}, \text{ Н}$$

Шестерняга таъсир этувчи ўқ бўйлаб йўналган куч

$$F_{x1} = \frac{F_{t1}}{\cos \beta} (\tg \alpha \sin \delta_1 \pm \sin \beta \cdot \sin \delta_1) = F_{r2}, \text{ Н}$$

$\beta = 0^\circ$ бўлганда

$$F_{x1} = F_{n1} \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \delta_1 = F_{r2}, \text{ Н}$$

F_{x2} ва F_{r2} – гилдиракка таъсир этувчи ўқ бўйлаб йўналган ва радиал кучлардир.

14. Тишли гилдиракларнинг айлана тезлиги аниқланади.

$$V = \frac{\pi \cdot d_{m1} \cdot n_1}{60 \cdot 10^3} \text{ ёки } V = \omega_1 \frac{d_{m1}}{2}, \text{ м/с} \quad (1.69)$$

15. Солиштирма айлана кучнинг ҳисобий қиймати топилади.

$$W_{III} = \frac{F_i \cdot K_{Ha} K_{H\beta} \cdot K_{H\gamma}}{B_w}; \text{ Н/м} \quad (1.70)$$

Бу ерда K_{Ha} - юкланишнинг тишлар бўйича нотекис тақсимланишини эътиборга олувчи коэффициент. Тўғри тишли узатмалар учун $K_{Ha} = 1.0$. Қия ва доиравий тишли узатмаларни ҳисоблашда аввал 1.13 – жадвалдан уларнинг аниқлик даражаси аниқланади. Сўнгра K_{Ha} нинг қиймати узатманинг аниқлик даражаси ва айлана тезлигига қараб 1.14 – жадвалдан қабул қилинади.

1.13 – жадвал

Конуссимон узатма аниқлик даражаси

Узатманинг аниқлик даражаси	Айлана тезлик, м/с	
	Тўғри тишли	Қия, доиравий тишли
6	12	
7	8	12
8	4	8
9	1,5	4

1.14 – жадвал

K_{Ha} коэффициентининг қийматлари

Аниқлик даражаси	Айлана тезлик, м/с				
	1 гача	5	10	15	20
6	1	1,02	1,03	1,04	1,05
7	1,02	1,07	1,07	1,10	1,12
8	1,06	1,13	1,13	-	-
9	1,10	-	-	-	-

$K_{H\beta}$ - 1.16 – шаклдан олинади.

K_{HV} – юкланишнинг динамик коэффициенти, тўғри тишли узатмалар учун $K_{HV} = 1,05 \div 1,10$; қия ва доиравий тишли узатмалар учун $K_{HV} = 1,00 \div 1,05$ олинади.

16. Контакт кучланиши бўйича узатманинг мустаҳкамлиги текширилади.

$$\sigma_H = Z_H Z_M Z_\varepsilon \sqrt{\frac{W_H \sqrt{u^2 + 1}}{0,85 d_m u}} \leq \sigma_{HP}; \text{ МПа} \quad (1.71)$$

Бу ерда: Z_H – илашишда бўлган тиш сиртининг коэффициентини. Тишларнинг қиялик бурчаги ва силжитиш коэффициентининг нисбий қийматига қараб 1.8 – жадвалдан олинади.

Z_M – тишли ғилдираклар материалининг механик хоссаларини эътиборга олувчи коэффициент, материаллар комбинациясига қараб 1.4 – жадвалдан олинади.

Z_ε – илашишдаги контакт чизиғининг умумий узунлигини эътиборга олувчи коэффициент. (1.38 формула бўйича аниқланади).

$$Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{4 - \varepsilon_\alpha}{3}}$$

Бу формуладаги ε_α – қопланиш коэффициентини бўлиб, қуйидагича аниқланади.

$$\varepsilon_\alpha = \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{Z_{v2}} + \frac{1}{Z_{v1}} \right) \right] \cos \beta \quad (1.72)$$

β – қия ёки доиравий тишларнинг қиялик бурчагидир: қия тишли ғилдираклар учун $\beta = 25 \div 30^\circ$, доиравий тишли ғилдираклар учун $\beta = 35^\circ$ қилиб олинади.

Z_{v1} ва Z_{v2} – шестерня ва ғилдиракнинг келтирилган тишлар сони.

$$Z_{v1} = \frac{Z_1}{\cos \delta_1 \cdot \cos^3 \beta} \quad (1.73)$$

$$Z_{v2} = \frac{Z_2}{\cos \delta_2 \cdot \cos^3 \beta} \quad (1.74)$$

Узатма тишларида ҳосил бўладиган контакт кучланиш σ_H ҳисобланганидан сўнг унинг ғилдирак материали учун рухсат этилган σ_{HP} билан фарқи ($\% \sigma_H$) топилади.

$$\% \sigma_H = \frac{\sigma_H - \sigma_{HP2}}{\sigma_{HP2}} \cdot 100\%$$

$\% \sigma_H$ иложи борича нолга яқин бўлиши тавсия этилади. Агар жуда катта чиқса, у холда B_w нинг қийматини ўзгартирилиши ҳисобига уни нолга яқинлаштиришга ҳаракат қилинади.

17. Узатма тишларининг мустаҳкамлигини эгувчи кучланишга (σ_F) текшириш қайси тишли ғилдирак бўйича олиб борилиши лозимлиги аниқланади. Бунинг учун $\frac{\sigma_{FP1}}{Y_{F1}}$ ва $\frac{\sigma_{FP2}}{Y_{F2}}$ нис-

батлари аниқланиб бир-бири билан таққосланади. Агар $\frac{\sigma_{FP1}}{Y_{F1}} > \frac{\sigma_{FP2}}{Y_{F2}}$ бўлса ғилдирак тишларининг, аксинча бўлганида эса

шестерня тишларининг мустаҳкамлиги текширилади.

Нисбатларда Y_{F1} ва Y_{F2} – шестерня ва ғилдирак тишлари шаклининг коэффиценти бўлиб 1.12 – жадвалдан Z_{V1} ва Z_{V2} га қараб олинади.

18. Узатма тишларининг мустаҳкамлиги эгувчи кучланиш бўйича текширилади.

$$\sigma_{F1} = Y_{F1} \frac{F_n \cdot K_{F\beta} \cdot K_{FV} \cdot K_{Fa}}{0,85 B_w m_{im}} \leq \sigma_{FP1}, \text{ МПа} \quad (1.75)$$

$$\sigma_{F2} = Y_{F2} \frac{F_n \cdot K_{F\beta} \cdot K_{FV} \cdot K_{Fa}}{0,85 B_w m_{im}} \leq \sigma_{FP2}, \text{ МПа} \quad (1.76)$$

$K_{F\beta}$ - 1.16 – шаклдан олинади.

K_{FV} - 1.11 – жадвалдан олинади.

Тиш асосида ҳосил бўладиган эгувчи кучланиш рухсат этилганидан катта фарқ қилиши мумкин, лекин ундан ортиб кетмаслиги лозим.

2 – Масала

Бир поғонали конуссимон ғилдиракли редуктордаги тўғри тишли узатма ҳисоблансин: Узатманиннг етакловчи валидаги қувват $P_1=5$ кВт; айланиш такрорийлиги $n_1=500$ дак⁻¹; узатиш сони $u=2,5$, редукторнинг хизмат муддати $L_n=40 \cdot 10^3$ соат.

Ечиш :

1. Шестерня ва филдирак учун материал танлаймиз. 1.8 бобдаги тавсияларга биноан 40X маркали пўлат танлаймиз. Шестерня тишлари сиртининг қаттиқлигини $HB_1=230$; филдирак тишлари сиртининг қаттиқлигини $HB_2=200$ МПа деб қабул қиламиз.

2. Рухсат этилган кучланишларни аниқлаймиз.

а) Рухсат этилган контакт кучланиш :

$$\sigma_{np} = \sigma'_{np} \cdot K_{HL}$$

1.3 жадвал бўйича

$$\sigma'_{np1} = 1,8 \cdot HB_1 + 67 = 1,8 \cdot 230 + 67 = 481$$

$$\sigma'_{np2} = 1,8 \cdot HB_2 + 67 = 1,8 \cdot 200 + 67 = 427$$

$K_{HL}=1$ чунки $N_{HE} > N_{HO}$

$$(N_{HE}=60 \cdot L_n \cdot n=60 \cdot 40 \cdot 10^3 \cdot 500=12 \cdot 10^8 \text{ соат}; > N_{HO}=6 \cdot 10^7)$$

$$\sigma'_{np1} = 481 \cdot 1 = 481 \text{ МПа}$$

$$\sigma'_{np2} = 427 \cdot 1 = 427 \text{ МПа}$$

б) рухсат этилган эгувчи кучланиш

$$\sigma_{FP} = \sigma'_{FP} \cdot K_{FL}$$

1.3 жадвал бўйича

$$\sigma'_{FP} = 1,03 \text{ НВ}$$

$$K_{FL} = K_{HL} = 1$$

$$\sigma_{FP1} = 1,03 \cdot 230 \cdot 1 = 237 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{FP2} = 1,03 \cdot 200 \cdot 1 = 206 \text{ МПа}$$

3. Узатманинг геометрик параметрларини аниқлаймиз :

Ташқи конус масофаси

$$Re = K_R \sqrt{u^2 + 1} \cdot \sqrt[3]{\frac{T_1 K_{H\beta}}{[(1 - 0,5\psi_{ve})\sigma_{HP2}]^2 \cdot \psi_{ve} \cdot u}} =$$

$$= 520 \sqrt{2,5^2 + 1} \cdot \sqrt[3]{\frac{95,5 \cdot 1,2}{[(1 - 0,5 \cdot 0,285) \cdot 427]^2 \cdot 0,285 \cdot 2,5}} = 147$$

$Re=150$ мм деб қабул қиламиз

бу ерда :

$$K_R = 520 \text{ (1.4 жадвал)}$$

$$K_{HP} = 1,2 \text{ (1.16 шакл)}$$

$$\varphi_{ad} = 0,4 \text{ (1.5 жадвал)}$$

$$\varphi_{ac} = 0,285 \text{ деб қабул қиламиз.}$$

$$T_1 = 9550 \text{ Р}_1 / n_1 = 9550 \cdot 5 / 500 = 95,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Тиш узунлиги

$$\sigma_w = \psi_{ac} \cdot Re = 0,285 \cdot 150 = 42,75$$

Ташқи модуль

$$m_{te} = \sigma_w / \psi_m = 42,75 / 10 = 4,275$$

$$\psi_m = 10 \dots 15 \text{ олинади}$$

1.1 жадвал бўйича $m_{te} = 4$ мм деб қабул қиламиз

Ташқи бўлувчи диаметр

$$d_{e1} = 2Re \cdot \sin \delta_1 = 2Re \cdot \sin 21^\circ 48' = 2 \cdot 150 \cdot 0,3714 = 111,42$$

бу ерда :

$$\delta_1 = \arccos \psi_m = \arccos 0,285$$

$$\delta_1 = 21^\circ 48'$$

Шестерня тишларининг сони

$$z_1 = d_{e1} / m_{te} = 111,42 / 4 = 27,855$$

$$z_2 = z_1 \cdot u = 27,855 \cdot 2,5 = 69,6$$

$$z_1 = 28 ; z_2 = 70 \text{ деб қабул қиламиз}$$

Узатиш сонининг ҳақиқий қийматини аниқлаймиз

$$u_x = z_2 / z_1 = 70 / 28 = 2,5$$

Бўлувчи айлана диаметрларининг ва ташқи конус ясовчисининг ҳақиқий қийматларини аниқлаймиз.

$$d_{e1} = m_{te} \cdot z_1 = 4 \cdot 28 = 112 \text{ мм}$$

$$d_{e2} = m_{te} \cdot z_2 = 4 \cdot 70 = 280 \text{ мм}$$

$$Re = \frac{1}{2} m_{te} \sqrt{z_1^2 + z_2^2} = \frac{1}{2} 4 \cdot \sqrt{28^2 + 70^2} = 150,8$$

Ўрта кесим бўйича олинган модуль

$$m_m = d_{m1} / z_1 = 96,12 / 28 = 3,43$$

бу ерда :

$$d_{m1} = d_{e1} - a_w \sin \delta_1 = 112 - 42,75 \sin \delta_1 = 112 - 42,75 \cdot 0,3714 = 96,12$$

$$d_{m2} = d_{m1} \cdot u = 96,12 \cdot 2,5 = 240,31$$

$$R_m = R_e - 0,5 a_w = 150,8 - 0,5 \cdot 42,75 = 129,425$$

4. Узатма тишларига таъсир қилувчи кучларни аниқлаймиз.
Айланма куч

$$F_{n1} = \frac{2T_1}{d_{m1}} = \frac{2 \cdot 95,5 \cdot 10^3}{96,12} = 1990 \quad H$$

$$F_{n2} = \frac{2T_2}{d_{m2}} = \frac{2 \cdot 240 \cdot 10^3}{240,31} = 1990 \quad H$$

бу ерда : $T_2 = T_1 \cdot u = 95,5 \cdot 2,5 = 240 \quad H \cdot m$

Радиал куч

$$\begin{aligned} F_{r1} &= F_{n1} \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \delta_1 = 1990 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ \cos 21^\circ 48' = \\ &= 1990 \cdot 0,364 \cdot 0,9285 = 670 \quad H \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{r1} &= F_{n1} \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \delta_1 = 1990 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ \sin 21^\circ 48' = \\ &= 1990 \cdot 0,364 \cdot 0,3714 = 270 \quad H \end{aligned}$$

$$F_{r2} = F_{n1} = 1990 \quad H$$

$$F_{r2} = F_{r1} = 270 \quad H$$

$$F_{x2} = F_{r1} = 670 \quad H$$

Айланма тезликни аниқлаймиз

$$V = \frac{\pi \cdot d_{m1} \cdot n_1}{60 \cdot 10^3} = \frac{\pi \cdot 96,12 \cdot 500}{60 \cdot 10^3} = 2,5 \quad m/c$$

Солиштирма айланма куч

$$W_{H1} = \frac{F_t \cdot K_{na} \cdot K_{nb} \cdot K_{nv}}{a_w} = \frac{1990 \cdot 1,09 \cdot 1,2 \cdot 1,1}{42,75} = 67$$

бу ерда:

K_{na} – тўғри тишли узатмалар учун $K_{na} = 1$ олинади

K_{nb} – (1.16 шакл бўйича аниқланади) $K_{nb} = 1,2$

K_{nv} – тўғри тишли узатмалар учун $K_{nv} = 1,05 - 1,1$ деб олинади.

$K_{nv} = 1,1$ деб қабул қиламиз.

(1.13 ; 1.14 жадваллар ва 1.16 шакл)

5. Контакт кучланиш бўйича мустаҳкамликни текшираемиз

$$\sigma_n = Z_n \cdot Z_m \cdot Z_E \sqrt{\frac{W_m \sqrt{u^2 + 1}}{0,85 d_{m,u}}} = 1,76 \cdot 274 \cdot 0,86 \sqrt{\frac{67 \sqrt{2,5^2 + 1}}{0,85 \cdot 96,12 \cdot 2,5}} = 390$$

бу ерда: $Z_n = 0,76$; $Z_m = 274$ (1.4 ; 1.8 жадвалларга қаранг)

$$Z_E = \sqrt{(4 - E\alpha)/3} = \sqrt{(4 - 1,756)/3} = 0,86$$

$$E\alpha = \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{z_{v2}} + \frac{1}{z_{v1}} \right) \right] \cos \beta = \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{30} + \frac{1}{188} \right) \right] \cdot 1 = 1,756$$

$$z_{v1} = z_1 / \cos \delta_1 = 28 / \cos 21^\circ 48' = 28 / 0,9285 = 30$$

$$z_{v2} = z_2 / \cos \delta_2 = 70 / \cos 68^\circ 12' = 70 / 0,3714 = 188$$

$$\sigma_n < \sigma_{np2} \quad \text{шарти бажарилди.}$$

6. Узатма тишларининг эгувчи кучланиш бўйича мустаҳкамлигини текширамыз.

$$\sigma_{F1} = Y_{F1} \frac{F_{t1} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{FV} \cdot K_{F\alpha}}{0,85 \cdot b_w \cdot m_{mn}} = 3,8 \frac{1990 \cdot 1,4 \cdot 1,11 \cdot 1}{0,85 \cdot 42,75 \cdot 3,43} = 94 \text{ МПа}$$

бу ерда : $Y_{F1} = 3,8$ (1.12 жадвал)

$$K_{F\beta} = 1,4 \quad K_{FV} = 1,11 \quad (1.16 \text{ шакл, } 1.11 \text{ жадвал})$$

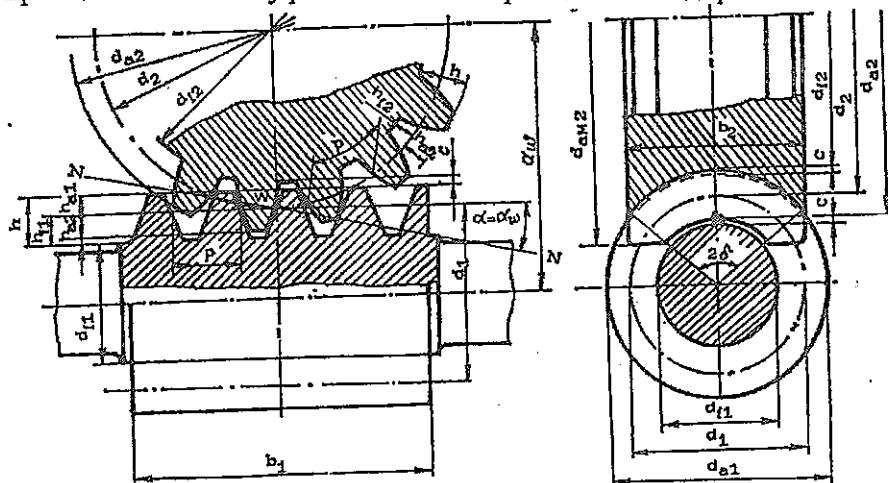
$K_{F\alpha} = 1$ – тўғри типли узатмалар учун

$$\sigma_F < \sigma_{FP1} \quad \text{шарти бажарилди.}$$

II – БОБ. ЧЕРВЯКЛИ УЗАТМАЛАРНИ ЛОЙИХАЛАШ

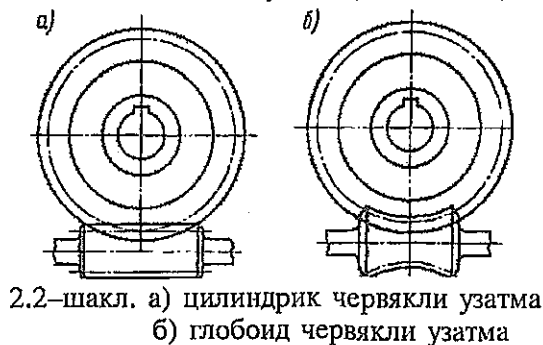
2.1 Умумий маълумотлар

Червякли узатмалар валларнинг ўқлари айқаш бўлган ҳолларда ишлатилади. Айқашлик бурчагининг қиймати ҳар хил бўлиши мумкин. Бироқ, амалда у асосан 90° ли бўлади. Бундай узатма алоҳида шакли червяк гилдираги билан резбали вал – червякдан тузилади (2.1 – шакл). Червякли узатманинг ишлаш принципи винтли жуфтнинг ишлаш принципи кабидир.



2.1-шакл. Червякли узатма

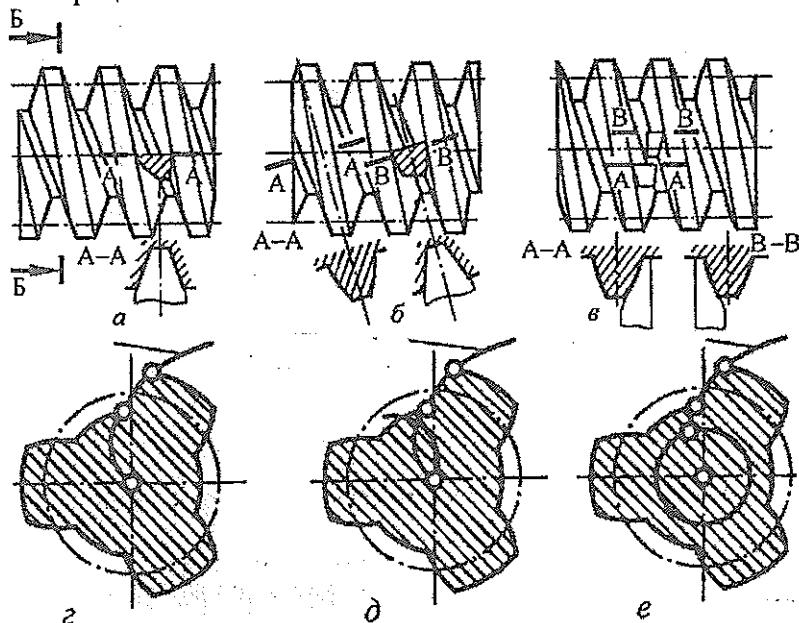
Червякли узатмалар червяк танасининг тузилишига қараб цилиндрик ва глобоид шаклда бўлади (2.2 – шакл).



2.2-шакл. а) цилиндрик червякли узатма
б) глобоид червякли узатма

Улар червяк ўрамларининг шаклига қараб, архимед, эвольвента, конволюта шакли; червякнинг гилдиракка нисбатан эгаллаган ўрнига қараб, червяги пастда, ёнида, тепада жойлашган; ўраб турадиган корпуси бор-йўқлигига қараб, очик ва ёпик; вазифасига қараб эса куч ва момент узатадиган ёки кинематик жиҳатдан фойдаланадиган турларга бўлинади.

Агар червяк ўз ўқига тик текислик билан кесилганида ҳосил бўлган шаклнинг изи Архимед спиралига ўхшаш бўлса, бу червяк *Архимед червяги* деб, агар ҳосил бўлган из эвольвентага ўхшаш бўлса, *эвольвентавий червяк* деб аталади. Ҳосил бўлган шаклнинг изи қисқартирилган ёки чузилган эвольвентага ўхшаш бўлса, бундай червяк *конволютавий червяк* дейилади. Архимед червяги ўз ўқи бўйлаб ўтадиган текислик билан кесилса, ҳосил бўлган ўрам профили (кўндаланг кесими) тенг ёнли трапеция шаклида бўлади. Ўрам профили учун худди шу хилдаги трапеция эвольвентавий червяк унинг асосий айланасига уринма текислик билан кесилганида ва конволютавий червяк ўрам йўналишига тик текислик билан кесилганда ҳосил бўлади (2.3 – шакл). Ҳозирги вақтда машиносозликда, асосан, архимед червякларидан фойдаланилади, чунки бундай червякларни ясаш бошқаларига қараганда осонроқ.



2.3-шакл. Червяк турлари

2.2 Узатманинг геометрияси ва кинематикаси

Червякли узатмаларда ҳам, тишли ўзатмалардагидек, бошланғич, бўлиш, ички ва ташқи диаметрлар узатманинг асосий геометрик параметрларидир. Бу узатмаларнинг тишли узатмалардан фарқи шуки, улардаги айлана тезликлари йўналиши тишли узатмалардагидек бир-бирига мос бўлмай, айқашлик бурчаги остида кесишади. Илашманинг қадами сифатида рейканинг червяк ўқи бўйлаб ўтган текислик билан кесилганида ҳосил бўлган қадами P_x (2.1 – шакл), модуль сифатида эса шу қадамнинг (P_x нинг) π га нисбати олинади.

Червякнинг умумий тузилиши ҳамда ишлаши трапециодал профилли винтникига ўхшайди. Унинг резбаси ҳам, бир қиримли ёки кўп қиримли бўлиши мумкин. Қиримлар сони Z_1 билан белгиланади ва уни 1...4 оралигида олиш тавсия этилади. Архимед червяги учун геометрик параметрлар ва уларнинг қийматлари қуйидагича топилади: $\alpha = 20^\circ$ - ўқ бўйлаб ўтказилган кесимдаги профил бурчаги; $m = P_x/\pi$ - ўқ бўйича аниқланган модуль; $q = d_1/m$ - червякнинг нисбий диаметри, унинг қиймати, m га қараб 2.1 – жадвалдан олинади.

2.1 – жадвал

m ва q нинг тавсия этиладиган қийматлари
(ГОСТ 2144-76)

m	2.0	2.5	3.15	4.0	5.0	6.3	8.0	10	12.5	16	20
q	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
	20	20	20	20	20	20	20	20	20	-	-

$d_1 = qm$ - бўлиш диаметри;

$d_{a1} = d_1 + 2m$ - ташқи диаметр;

$d_{f1} = d_1 - 2.4m$ - ички диаметр;

B_1 - червякнинг ўрамлар қирқилган қисми узунлиги; B_1 нинг қиймати 2.2 – жадвалдаги ифодалар ёрдамида аниқланади.

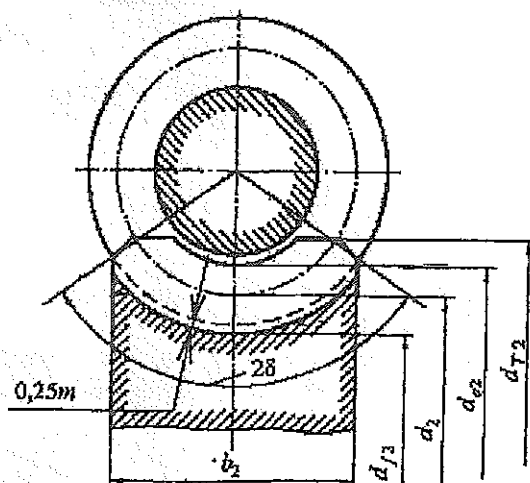
Силжиш коэффициенти x	Червякдаги кримлар сони – Z_1	
	1-2	3-4
0	$B_1 \geq (11 + 0,06Z_2)m$	$B_1 \geq (12,5 + 0,09Z_2)m$
-0,5	$B_1 \geq (8 + 0,06Z_2)m$	$B_1 \geq (9,5 + 0,09Z_2)m$
-1,0	$B \geq (10,5 + 0,06Z_2)m$	$B_1 \geq (10,5 + 0,09Z_2)m$
0,5	$B_1 \geq (11 + 0,1Z_2)m$	$B_1 \geq (12,5 + 0,1Z_2)m$
1,0	$B_1 \geq (12,5 + 0,1Z_2)m$	$B_1 \geq (13 + 0,1Z_2)m$

Червяк гилдирагининг ўлчамлари 2.4– шаклда кўрсатилган, улар қуйидагича аниқланади

$d_2 = mZ_2$ – бўлиш диаметри;

$d_{a2} = d_2 + 2m$ – тиш учи диаметри;

$d_f = d_2 - 2,4m$ – тиш туби диаметри.



2.4–шакл. Червяк гилдираги ўлчамлари

ZI	1	2...3	4
d_{T2}	$\leq d_{a2} + 2m$	$\leq d_{a2} + 1.5m$	$\leq d_{a2} + m$
B_2	$\leq 0.75d_{a1}$		$\leq 0.67d_{a1}$

Червяк ғилдирагининг тиши червяк танасини ёй бўйлаб $2\delta = 100^\circ$ бурчак остида қамраб туради. Тишлар сонини $Z_2 \geq 28$ қилиб олиш тавсия этилади.

Ўқлараро масофа :

$$a_w = 0,5 (q + Z_2)m \quad (2.1)$$

Узатмага ўзгартириш киритиш ғилдирак тишларини ўзгартиришдан иборат бўлади, червяк эса тузатилмайди. Шунинг учун червякнинг ўлчамлари деярли ўзгармайди. Фақат бошланғич диаметри катталашиб

$$d_{w1} = (q + 2x)m$$

бўлади. Агар a_w маълум бўлса, силжитиш коэффициенти қуйидагича аниқланади:

$$x = \frac{a_w}{m} - 0,5(q + Z_2)$$

ёки

$$F_{x1} = \frac{F_{t1}}{\cos \beta} (\operatorname{tg} \alpha \sin \delta_1 \pm \sin \beta \cdot \sin \delta_1) = F_{r2}, \quad (2.2)$$

Ўзгартириш натижасида червяк ғилдирагининг диаметри қуйидагича ўзгаради:

$$d_{a2} = m(z_2 + 2 + 2x)$$

$$d_{f2} = m(z_2 - 2,4 + 2x) \quad (2.3)$$

Ғилдиракнинг қолган ўлчамлари ўзгармайди. Одатда, ўзгартириш коэффициенти $x = \pm 1$ қилиб олинади.

Червяк ғилдирагининг ҳамда червяк бошланғич айланасининг айлана тезликлари ҳар хил бўлиб, бир-бири билан 90° бурчак ҳосил қилади. Шунинг учун червякли узатмаларда узатиш сонини бошланғич айланаларнинг диаметрлари орқали ифодалаб бўлмайди:

$$u \neq \frac{d_2}{d_1}$$

Агар червяк бир киримли қилиб тайёрланган бўлса, у бир марта айланганда, ғилдирак ўз ўқи атрофида битта тишга мос бурчакка бурилади. Демак, ғилдиракнинг бир марта тўла айланиши учун червяк ғилдирак тишларининг сони қанча бўлса, шунча айланиши керак. Бошқача қилиб айтганда, бир киримли червяк билан ишлайдиган узатманинг узатиш сони ғилдирак тишларининг сонига тенг. Икки киримли червяк билан ишлаганда эса узатиш сони ғилдирак тишларининг сонидан икки марта кичик бўлади.

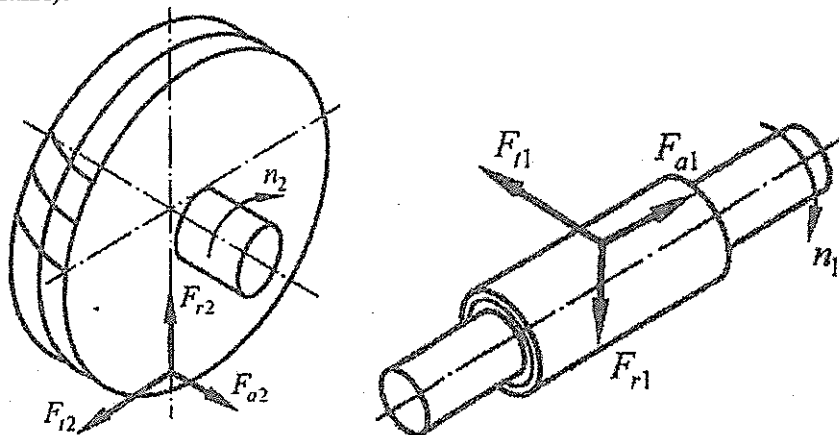
Шундай қилиб, червякли узатмаларда узатиш сони қуйидагича бўлади:

$$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} \quad (2.4)$$

Киримлар сони z_1 кўпинча бир ёки иккига тенг бўлганлиги сабабли бир поғонали червякли узатманинг узатиш сони жуда катта бўлиши мумкин. Одатда куч ва момент узатиш учун мўлжалланган узатмаларда $u = 10 \div 60$; асбоб ҳамда кинематик схемаларда $u = 300$ ва ундан ҳам ортиқ бўлиши мумкин.

2.3 Червякли узатмаларда ҳосил бўладиган кучлар

Ишлайётган червякли узатманинг червяк ва ғилдирагига айлана, радиал ва ўқ бўйлаб йўналган кучлар таъсир қилади (2.5 – шакл).



2.5-шакл. Червякли узатмадаги кучлар

Червякдаги айлана куч микдор жихатидан филдиракдаги ўқ бўйлаб йўналган кучга тенг бўлиб, куйидаги ифодадан аниқланади:

$$F_{t_1} = \frac{2T_1}{d_1} = F_{x_2} \quad (2.5)$$

Филдиракдаги айлана куч эса, червякдаги ўқ бўйлаб йўналган кучга тенг:

$$F_{t_2} = \frac{2T_2}{d_2} = F_{x_1} \quad (2.6)$$

Узатмадаги радиал куч куйидагича топилади:

$$F_{r_1} = F_{r_2} = F_{t_2} \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (2.7)$$

Червяк ва филдиракдаги айлантирувчи моментлар орасидаги муносабат куйидагича ифодаланади:

$$T_2 = T_1 \cdot u \cdot \eta \quad (2.8)$$

2.4 Червякли узатмаларни ҳисоблаш

Кинематик ҳисобдан червякли узатмаларнинг узатиш сони иш режими, мўлжалланган хизмат муддати ҳамда червякнинг қуввати ва айланиш такрорийлиги аниқлаб олинади.

Червякли узатмаларни лойихалаш куйидаги тартибда олиб борилади.

1. Червякнинг қиримлар сони ҳамда червяк филдирагининг тишлар сони аниқланади:

$$z_1 = \frac{z_2}{u} \approx \frac{28}{u} \quad (2.9)$$

Червяк филдираги тишларнинг минимал сони 28 эканлигини эътиборга олиб (2.9) формулада $z_2 = 28$ деб қабул қилинади. Чикқан натижа катта томонга, бутун сонгача яхлитланади. ГОСТ 2144-76 бўйича $z_1 = 1; 2$ ва 4 бўлиши мумкин. Уч қиримли червяклар стандартлаштирилмаган, шунинг учун $z_1 = 3$ деб қабул қилиш тавсия этилмайди.

z_1 аниқланганидан кейн z_2 нинг ҳақиқий қиймати аниқланади. z_2 – албатта бутун сон бўлиши лозим.

2. Червяк нисбий диаметрининг тахминий қиймати аниқланади

$$q \approx 0,25z_2 \quad (2.10)$$

Аниқланган q ГОСТ2144-76 да кўрсатилган қийматларнинг (8, 10, 12, 12,5, 16 ва 20) энг яқинига тенг қилиб олинади.

3. Юклама коэффиценти қабул қилинади:

$$K_H = K_{H\beta} \cdot K_{H\nu} \quad (2.11)$$

Юклама доимий бўлганда юкланиш концентрациянинг коэффиценти $K_{H\beta} = 1$, юклама ўзгарувчан бўлганда $K_{H\beta} = 1,05 \dots 1,2$ олинади.

$K_{H\nu}$ – ни аниқлаш учун аввало червяк ўрамлари сирпаниш тезлигининг тахминий қиймати топилади.

$$V_s = \frac{4 \cdot n_1}{10^4} \cdot \sqrt[3]{T_2} \quad \text{м/с} \quad (2.12)$$

$$V_s = 5 \cdot 10^{-3} \cdot \omega_1 \sqrt[3]{T_2} \quad \text{м/с}$$

Бу ерда T_2 нинг бирлиги Н·м бўлиб, унинг қиймати узатманинг кинематик ҳисобидан олинади. Дастлабки ҳисобларда $V_s = (3 \div 5) \text{ м/с}$, деб қабул қилиниши ҳам мумкин.

Червякли узатмаларнинг аниқлик даражаси унинг қаерда ишлатилишига боғлиқ бўлади.

Машинасозликда ишлатиладиган червякли узатмаларнинг аниқлик даражаси сирпаниш тезлигига боғлиқдир. Сирпаниш тезлиги 1,5 м/с гача бўлганида 9; (1,5 – 3,0) м/с бўлса, 8; (3,0 – 12,0) м/с оралигида 7; 12,0 м/с дан ортиқ бўлганда 6 – аниқлик даражаларини қабул қилиш тавсия этилади.

Динамик юклама коэффиценти $K_{H\nu}$ червяк ўрамларининг сирпаниш тезлиги ва узатманинг аниқлик даражасига қараб 2.4 – жадвалдан қабул қилинади.

2.4 – жадвал

$K_{H\nu}$ коэффицентининг қийматлари

Аниқлик даражаси	Узатманинг сирпаниш тезлиги м/с				
	1,5 гача	1,5-3,0	3,0-7,5	7,5-12	12-18
6	-	-	1	1,1	1,3
7	1	1	1,1	1,2	-
8	1,15	1,25	1,4	-	-
9	1,25	-	-	-	-

4. Червяк ва червяк гилдираги учун материал танланади.

Сирпаниш тезлиги 5 м/с дан ортик бўлган узатмаларда червяк гилдираги учун антифрикцион хоссалари юқори бўлган БрОФ 10-1, БрОНФ, БрОЦС-6-6-3 маркали бронзалардан фойдаланиш тавсия этилади. Бу материалларнинг сифати яхши бўлгани билан анча қиммат туради. Шунинг учун сирпаниш тезлиги 5 м/с дан кичик бўлган узатмаларда червяк гилдираги БрАЖ 9-4, БрАЖН 10-4-4 маркали бронзалардан тайёрлангани маъқул. Бу бронзалар нисбатан арзон ва етарли даражада мустахкамдир. Сирпаниш тезлиги 2 м/с дан кичик бўлган ҳолларда червяк гилдираги кулранг чўянлардан тайёрланади.

Червяк учун 10Х, 15Х, 15ХА, 20, 20ХФ, 45, 50, 40Х, 40 ХН, Ст2, Ст3, Ст5, Ст6 маркали пўлатлар асосий материал ҳисобланади.

Бу пўлатлардан тайёрланган червякларнинг мустахкамлигини ошириш учун уларга термик ишлов берилади ва лозим бўлса жилвирлаб, сўнгра жилоланади.

5. Червяк гилдирагининг материали учун рухсат этилган кучланишлар аниқланади. Агар материал сифатида қалайсиз бронза ёки чўян қабул қилинган бўлса, рухсат этилган кучланишлар червяк гилдираги тишининг юлиниши қаршилиги бўйича 2.5 – жадвалдан сирпаниш тезлигига қараб олинади.

2.5 – жадвал

Материал		$\sigma_{нр}$, Мпа								$\sigma_{фр}$, МПа
Червяк гилдираги	Червяк	Сирпаниш тезлиги м/с								
		0,25	0,5	1	2	3	4	6	8	
БРАЖ-9-4Л	Пўлат 45	-	182	179	173	167	161	150	138	98
БрАЖН-10-4-4Л	Пўлат 45	-	196	192	187	181	175	164	152	130
СЧ12 ёки СЧ 15	Пўлат 45 ёки Ст 6,	141		113	98	71	-	-		41
СЧ 15	Сталь 20									47
	ёки 20Х	155	128	113	84,5					47
	цементация қилинган									53

Агар червяк гилдирагининг материали сифатида қалайли бронза қабул қилинган бўлса, рухсат этилган кучланишлар учун уваланишга қаршилиги бўйича ҳисоблаб топилади:

$$\sigma_{нр} = \sigma_{нр}' K_{нл} \quad \text{Мпа}$$

$$\sigma_{FP} = \sigma_{FP} K_{FL} \quad \text{Мпа}$$

Бу ерда σ'_{HP} ва σ'_{FP} – асос сифатида қабул қилинган цикллар сони (N_{HO}) ва (N_{FO}) ни таъминлайдиган рухсат этилган контакт ва эгувчи кучланишлар. Улар материалга, куйилиш усулига ҳамда червяк ўрамлари сиртининг каттиқлигига қараб 2.6 – жадвалдан олинади.

Ғилирак материали учун рухсат этилган кучланишлар

1-ГРУХ.

Ғилим-техника материал-нинг марка-си	Куйма усули	Механик хоссалари		Рухсат этилган кучланиш σ 'HP		Червяк қаттиқлиги HRC < 45			
		Чўзилишдаги мустақкам-лик чегараси σ_B МПа	Оқувчанлик чегараси σ_{el} МПа	Червяк жийирланган ва ялтирилган HRC > 45		Червяк қаттиқлиги HRC < 45			
				σ 'HP	σ 'FP	σ 'HP	σ 'FP		
								Юклама тури	Юклама тури
Бр.ОФ-10-1	Брга	200	140	180	64	150	51	32	
Бр.ОНФ	Кокильга	250	150	225	73	188	58	40	
	Марказдан қочма	290	170	260	88	218	66	46	
	Брга	150..200	80..100	145	46	115	37	29	
	Кокильга	180..220	80..100	160	49	130	79	32	
Бр.ОЦС5-5-5	Кокильга	200..250	80..100	185	51	150	41	37	
Бр.СУН7-2		180		145	46	115	37	29	

2-ГРУПХ.

Филдирак материалнинг маркаси	Қўйма усули	Механик хоссагалар		Рухсат этилган кучланишлар МПа										σ_s м/с сирланиш тезлигида ейилишга қаршилик шартидан $\sigma'_{HP} = \sigma_P$
				$N_{FO} = 10^6$ да σ'_{HP}										
		σ_B МПа Чўзилишдаги мус- таҳкамлик чегараси	σ_{mi} МПа Оқувчанлик чегараси	Червяк жил- вирланган ва ялтиратилган HRC > 45		Червяк каттикли- ги HRC < 45								
				ноперсвия	персвия	ноперсвия	персвия	0,5	1	2	3	4	6	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
БРАЖ- 9-4	Брга			103	80	82	64	Червяк жилвирланган ва ялти- ратилган HRC $\geq$ 45						
	Кокильга	500	200	113	100	90	80							
	Марказ- дан қотма	500	200	113	100	90	80							
БРАЖН 10-4-4	Кокильга													
	ёки марказ- дан қотма	600	200	123	120	98	96	280	270	250	220	200	150	100
БРАЖМц1 0-3-1, 5	Кокильга	500	200	113	100	90	80	Червяк каттиклиги HRC < 45						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Ерга	600	240	113	120	108	96							
АЛЖМц	Кокильга	650	240	140	130	112	104	230	220	200	180	160	120	80
ББ-63-2	Марказдан қочма	700	240	145	140	115	112							
ЛМцС58-2-2	Кокильга	340	140	77	69	62	55							
ЛМцОС58-2-2-2	Кокильга	500	388	170	100	135	80							

3-ГҮРУХ.

Ғилдирак материал лининг маркаси	Червяк материали	Механик хоссалар	Рухсат этилган кучланишлар МПа		σ_s м/с сирпаниш тезлигида ейилишга қаршилиқ шартидан $\sigma'_{HP} = \sigma_p$									
			$N_{FO} = 10^6$ да σ'_{HP}											
			юклама тури											
			Норматив	реверсив										
Сч 18	Сч 18	280	34	21										
	Сч 20													
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1														

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Сч 30	320	38	24				
	Ст 20 ёки 20X	320	48	30	160	130	110	90
Сч 20	Цементта- цияланган ва тоблан- ган	320	54	32				

K_{HL} ва K_{FL} – чидамлилиқ коэффициентлари, ҳисоблаш контакт ва эғувчи кучланишлар бўйича олиб борилганда

$$K_{HL} = m_H \sqrt{\frac{N_{HO}}{N_{HE}}} = \sqrt[8]{\frac{10^7}{N_{HE}}} \quad (2.13)$$

$$K_{FL} = m_F \sqrt{\frac{N_{FO}}{N_{FE}}} = \sqrt[9]{\frac{10^7}{N_{FE}}} \quad (2.14)$$

Кучланиш ўзгариш циклининг эквивалент миқдори (N_{HE} ва N_{FE}) қуйидагича аниқланади:

$$N_{HE} = N_{FE} = 60 t_c n_2 \approx 600 \omega_2 t_c \quad (2.15)$$

Бу ерда t_c – узатманинг соат ҳисобида ифодаланган хизмат муддати;

$n_2(\omega_2)$ – червяк ғилдирагининг айланиш тақрорийлиги (бурчак тезлиги).

Агар $N_{HE} > 25 \cdot 10^7$ бўлса, ҳисобларда $N_{HE} = 25 \cdot 10^7$ қилиб олинади, унда $K_{HL} = 0,67$ бўлади. K_{HL} нинг қиймати 1,15 дан ошиб кетса ҳам $K_{HL} = 1,15$ деб қабул қилинади.

K_{FL} нинг қийматлари ҳам чегараланган:

$$0,54 \leq K_{FL} \leq 1,0$$

6. Ўқлараро масофа топилади.

$$a_w = \left(\frac{z_2}{q} + 1 \right) \sqrt[3]{\left[\frac{170}{\left(\frac{z_2}{q} \right) \sigma_{HP}} \right]^2 \cdot T_2 \cdot K_H} \quad (2.16)$$

Бу ерда: T_2 – Н.мм; σ_{HP} – Мпа, a_w – [мм] ҳисобида олинади.

Ҳисобланган a_w ГОСТ 2144-76 да (2.8 - жадвал) кўрсатилган стандарт миқдоргача яхлитланади.

2.8 – жадвал

1-қатор	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500
2-қатор	-	-	-	-	-	140	180	225	280	355	450

Эслатма: 2-қаторга нисбатан 1-қаторни ишлатган маъқул-
рок.

7. Модуль аниқланади:

$$m = \frac{a_w}{0,5(q + z_2)}, \text{ мм} \quad (2.17)$$

Натижа ГОСТ 2144-76 да (2.1-жадвал) кўрсатилган миқдоргача яхлитланади.

8. Червякнинг нисбий диаметри ва ўқлараро масофанинг аниқлаштирилган қиймати ҳисобланади:

$$q = \frac{2a_w}{m} - z_2 \quad (2.18)$$

Чиққан натижа 2.1 – жадвалда берилган қийматларнинг энг яқинигача яхлитланади. (Модуль аниқланганидан сўнг нисбий диаметр ҳисобланмасдан тўғри 2.1 – жадвалдан модульга қараб танлаб олиниши ҳам мумкин).

$$a_w = 0,5m(z_2 + q), \text{ мм} \quad (2.19)$$

Қайта ҳисоблаб топишган ўқлараро масофа стандарт қийматига мос келмаса нисбий диаметрнинг бошқа қийматини танлаш ҳисобига a_w ни стандарт миқдорига келтиришга ҳаракат қилинади. Бу ҳам натижа бермаса, червяк филдираги тишларининг шаклига ўзгартириш киритилади. Бунда силжитиш коэффициентини қуйидагича топилади:

$$x = \frac{a_w}{m} - 0,5(q + z_2) \quad (2.20)$$

Одатда $1 \geq x \geq -1$ бўлади. Агар узатмани рейкани силжитиш ҳисобига ўзгартириш ҳам қутилган натижани бермаса, стандартга мос келмайдиган ўқлараро масофа олишга рухсат этилади.

9. Червяк ва червяк филдирагининг геометрик ўлчамлари (мм ҳисобида) аниқланади.

$$\text{Червякнинг бўлувчи диаметри} \quad d_1 = mq \quad (2.21)$$

$$\text{Червякнинг ташқи диаметри} \quad d_a = m(q+2) \quad (2.22)$$

$$\text{Червякнинг ички диаметри} \quad d_{f1} = m(q-2,4) \quad (2.23)$$

Червякнинг ўрам кесилган қисмининг узунлиги B_1 , 2.2-жадвал бўйича аниқланади.

$$\text{Червяк филдирагининг бўлувчи диаметри} \quad d_2 = mz_2 \quad (2.24)$$

$$\text{Червяк филдирагининг ташқи диаметри} \quad d_{a2} = m(z_2+2) \quad (2.25)$$

$$\text{Червяк филдирагининг ички диаметри} \quad d_{f2} = m(z_2-2,4) \quad (2.26)$$

Агар узатмага ўзгартириш киритилган бўлса,

$$d_{a2} = m(z_2 + 2 + 2x) \quad (2.27)$$

$$d_{f2} = m(z_2 - 2,4 + 2x) \quad (2.28)$$

Червяк гилдирагининг максимал диаметри ва эни 2.3 – жадвалдан топилади.

10. Червяк ўрамлари сирпаниш тезлигининг аниқ қиймати ҳисобланади.

$$V_s = \frac{V_1}{\cos \gamma}, \text{ м/с} \quad (2.29)$$

Бу ерда V_1 – червякнинг айлана тезлиги

$$V_1 = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60 \cdot 1000} = \frac{d_1}{2} \omega_1, \text{ м/с} \quad (2.30)$$

γ – червяк ўрамларининг кўтарилиш бурчаги, у қуйидагича ҳисоблаб топилиши

$$\gamma = \arctg \frac{z_1}{q}, \text{ градус} \quad (2.31)$$

ёки 2.9–жадвалдан олинishi мумкин.

2.9 – жадвал

Червякнинг нисбий диаметри q	Киримлар сони			
	1	2	3	4
16	3°34'35"	7°07'30"	10°37'15"	14°02'10"
14	14°05'09"	8°07'48"	12°05'40"	15°56'43"
12	4°45'49"	9°27'44"	14°02'10"	18°25'06"
10	5°42'38"	11°18'36"	16°41'56"	21°48'05"
9	6°20'25"	12°31'44"	18°26'06"	23°57'45"
8	7°07'30"	14°02'10"	20°33'22"	26°33'54"
7,5	7°35'41"	14°55'53"	21°48'00"	28°04'21"

11. Узатманинг фойдали иш коэффициенти аниқланади.

$$\eta = 0,96 \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg}(\gamma + \rho')} \quad (2.32)$$

Бу ерда:

0,96 – мой ваннасига ботиб турган червяк ёки ғилдирак айланганида ҳосил бўладиган мой қаршилигини енгишга сарфланган қувватни эътиборга олувчи коэффициент.

ρ' – ишқаланиш бурчаги, $\rho' = \arctg f$; f – ишқаланиш коэффициенти; ρ' – сирпаниш тезлиги ва ишқаланиш коэффициентиға қараб 2.10 – жадвалдан олиниши ҳам мумкин.

Агар ҳисобланган фойдали иш коэффициенти кинематик ҳисобида қабул қилинганидан фарқ қилса, червяк валидаги моментга аниқлик киритилади:

$$T_1 = \frac{T_2}{i\eta_n\eta_l}, \text{ Нм} \quad (2.33)$$

Бу ерда η_n – червяк ўрнатилган подшипник жуфтининг фойдали иш коэффициенти;

η_l – червякли узатманинг фойдали иш коэффициенти.

2.10 – жадвал

Ишқаланиш коэффициенти ва ишқаланиш бурчакларининг қийматлари

$V_s, \text{ м/с}$	f	ρ'
0,1	0,08-0,09	4°34'-5°09'
0,25	0,065-0,075	3°43'-4°17'
0,5	0,055-0,065	3°09'-3°43'
1,0	0,045-0,055	2°35'-3°09'
1,5	0,04-0,05	2°17'-2°52'
2,0	0,035-0,045	2°00'-2°35'
2,5	0,03-0,04	1°43'-2°17'
3,0	0,028-0,035	1°36'-2°00'
4,0	0,023-0,03	1°26'-1°43'
7,0	0,018-0,026	1°02'-1°29'
10,0	0,016-0,024	0°55'-1°24'
15,0	0,014-0,020	0°48'-1°09'

12. Червяк ўрамлари сирпаниш тезлигининг аниқ қийматига қараб юклама коэффициенти ва рухсат этилган кучланишга

аниклик киритилади. Бунда 2.5 ва 2.6 – жадваллардан фойдаланилади.

13. Червяк ғилдираги тишларининг мустаҳкамлиги контакт кучланиш бўйича текшириб кўрилади:

$$\sigma_H = \frac{170}{\frac{z_2}{q}} \cdot \sqrt{\left(\frac{\frac{z_2}{q} + 1}{a_w} \right)^3} T_2 \cdot K_H \leq \sigma_{HP} \quad (2.34)$$

Аниқланган контакт кучланиш материал учун рухсат этилган контакт кучланишдан катта фарқ қилмаслиги лозим.

Орадаги фарқ фоиз ҳисобида қуйидагича аниқланади.

$$\sigma_H = \frac{\sigma_H - \sigma_{HP}}{\sigma_{HP}} \cdot 100, \% \quad (2.35)$$

Агар (2.34) формула бўйича ҳисобланган контакт кучланиш рухсат этилганидан жуда катта (30÷50%) фарқ қиладиган бўлса, бу аксарият ҳисоблашда йўл қўйилган хатодан далолат беради.

14. Червяк ғилдираги тишларининг мустаҳкамлиги эгувчи кучланиш бўйича текширилади. Бунинг учун аввало червякли узатмада ҳосил бўладиган кучлар ҳисоблаб топилади:

$$\begin{aligned} F_{t2} &= F_{x1} = \frac{2T_2}{d_2}, \text{ Н} \\ F_{r2} &= F_{r1} = F_{t2} \operatorname{tg} \alpha, \text{ Н} \\ F_{t1} &= F_{x2} = \frac{2T_1}{d_1}, \text{ Н} \end{aligned}$$

15. Солиштирма ҳисобий айлана куч W_H топилади.

$$W_H = \frac{F_{t2}}{B_2} \cdot K_F, \text{ Н/мм} \quad (2.36)$$

Бу ерда юклама коэффиценти $K_F = K_H$ деб қабул қилинади.

16. Нормал модуль аниқланади :

$$m_n = m \cos \gamma, \text{ мм} \quad (2.37)$$

17. Тиш шаклининг коэффиценти Y_F 2.11 – жадвалдан келтирилган тишлар сонига (z_v) қараб олинади:

$$z_v = \frac{z_2}{\cos^3 \gamma} \quad (2.38)$$

2.11 – жадвал

z_v	Y_F	z_v	Y_F	z_v	Y_F	z_v	Y_F
20	1,98	30	1,76	40	1,55	80	1,34
24	1,88	33	1,71	45	1,48	100	1,30
26	1,85	35	1,64	50	1,45	150	1,27
28	1,80	37	1,61	60	1,40	300	1,24

18. Червяк филдираги тишларининг мустаҳкамлиги эгувчи кучланиш бўйича текшириб кўрилади:

$$\sigma_F = 0,7Y_F \frac{W_{Fl}}{m_n} \leq \sigma_{FP} \quad (2.39)$$

Филдирак тишларининг асосида ҳосил бўладиган эгувчи кучланиш материал учун рухсат этилганидан ортиб кетмаслиги лозим. Червякли узатмаларда асосий кучланиш контакт кучланиш бўлганлиги сабабли ҳосил бўладиган эгувчи кучланишнинг рухсат этилганидан катта миқдорга фарқ қилиши мумкин.

19. Редуктор қизишга текширилади. Бунинг учун узатма ишлаётганда ҳар сонияда ҳосил бўладиган иссиқлик миқдори аниқланади:

$$Q = (1 - \eta) P_1 \quad (2.40)$$

бу ерда Q – Ж/с да, N – Вт да.

Сўнгра узатмадан ташқарига олиб кетиладиган иссиқлик миқдори Q_1 ҳисобланади.

$$Q_1 = K_i(t - t_0) \cdot S \quad (2.41)$$

бу ерда K_i иссиқлик чиқариш коэффициентини, Вт/м²·град.

Вентиляция қилинмайдиган хоналарда $K_i = (8 \div 10)$ Вт/м²·град.

Шамоллатиб туриладиган хоналарда $K_i = (13 \div 18)$ Вт/м²·град қилиб олинади.

t – редуктор ичидаги мой учун рухсат этилган ҳарорат.

Индустриал, цилиндрик ва автотрактор мойлари учун $t = (60 \div 70)^\circ\text{C}$ қилиб олинади.

t_0 – атрофдаги муҳитнинг (ҳавонинг) ҳарорати, одатда $t_0 = 20^\circ\text{C}$, деб ҳисобланади.

S – редукторнинг ҳаво билан совитиладиган юзаси, м^2 . У ҳисоблаб топилади. Агар редуктор ерга яқин ўрнатилган бўлса, S ни ҳисоблашда редукторнинг остки юзаси эътиборга олинмайди. S узатманинг ўқлараро масофасига боғлиқ ҳолда ҳам аниқкланиши мумкин:

$$S = 20 a_w^3 \quad (2.44)$$

3 - масала.

Узатишлар сони 21,4, етакланувчи валнинг айланишлар такрорийлиги 44.9 мин^{-1} , етакланувчи вал узатадиган айлантйрувчи момент $T_2=730 \text{ Нм}$ бўлган червякли редукторнинг узатмаси ҳисоблансин. Юклама ўзгармасга яқин, редукторнинг ресурси $L_n=15000$ соат.

1. Червякнинг киримлар сони ва червяк ғилдирагининг тишлар сонини аниқлаймиз:

$z_1=2$ деб қабул қиламиз. Бу ҳолда

$z_2=z_1 \cdot u=2 \cdot 21,4=42,8$; $z_2=43$ деб оламиз.

Ҳақиқий узатиш сонини аниқлаймиз:

$$u_x = \frac{z_2}{z_1} = \frac{43}{2} = 21,5$$

2. Червяк нисбий диаметрининг тахминий қиймати:

$$q=0,25 \cdot z_2=0,25 \cdot 43=10,75$$

ГОСТга энг яқин қиймати $q=10$

3. Юклама коэффициенти:

$$K_n=K_{n\beta} \cdot K_{nv}=1 \cdot 1,1=1,1$$

K_{nv} -ни аниқлаш учун червяк ўрамлари сирпаниш тезлиги аниқланади:

$$V_s=5 \cdot 10^{-3} \cdot \omega_1 \sqrt[3]{T_2}=5 \cdot 10^{-3} \cdot 100,57 \cdot \sqrt[3]{730} \approx 4,52 \text{ м/с}$$

$$\text{бу ерда } \omega_1 = \omega_2 \cdot u = \frac{\pi n_2}{30} \cdot u = \frac{3,14 \cdot 44,9}{30} \cdot 21,5 = 100,57 \text{ рад/с}$$

2.5-жадвалдан $K_{nv}=1,1$ деб қабул қиламиз.

4. Червяк ва червяк ғилдираги учун материал танлаймиз.

Червяк ғилдираги гардиши учун БрА9ЖЗЛ бронзасини ва червяк учун 40Х пўлатини танлаймиз.

5. Червяк ғилдирагининг гардиши материали БрА9ЖЗЛ учун рухсат этилган кучланиш

$$\sigma_{np} = (300 - 25V_s) = (300 - 25 \cdot 4,52) = 187 \text{ МПа}$$

Рухсат этилган эгувчи кучланиш эса кучланиш ўзгариш циклининг эквивалент микдори ва чидамлилиқ коэффициентлари-га боғлиқ бўлади:

$$N_{HE} = N_{FE} = 600 \cdot \omega_2 \cdot t_c = 600 \cdot 4,7 \cdot 15000 = 42,3 \cdot 10^6$$

$$K_{FL} = \sqrt[9]{\frac{10^6}{N_{FE}}} = \sqrt[9]{\frac{10^6}{42,3 \cdot 10^6}} = \sqrt[9]{\frac{1}{42,3}} = 0,79$$

Бу ҳолда

$$\sigma_{FP} = 0,16 \cdot \sigma_B \cdot K_{FL} = 0,16 \cdot 490 \cdot 0,79 = 67,3 \text{ МПа}$$

$\sigma_B = 490 \text{ МПа}$; $\sigma_{ок} = 195 \text{ МПа}$ – БрА9ЖЗЛ нинг механикавий хоссалари.

6. Ўқлараро масофани аниқлаймиз:

$$a_w = \left(\frac{z_2}{q} + 1 \right) \cdot \sqrt[3]{\left[\frac{170}{\frac{z_2}{q} \cdot \sigma_{HP}} \right]^2 \cdot T_2 \cdot K_n} =$$

$$= \left(\frac{43}{10} + 1 \right) \cdot \sqrt[3]{\left[\frac{170}{\left(\frac{43}{10} \right) \cdot 187} \right]^2 \cdot 730 \cdot 10^3 \cdot 1,1} = 174,9 \text{ мм}$$

2.8 жадвалдан $a_w = 180 \text{ мм}$ деб қабул қиламиз.

7. Илашиш модулини топамиз :

$$m = \frac{a_w}{0,5(q + z_2)} = \frac{180}{0,5(10 + 43)} \approx 6,792 \text{ мм}$$

Стандарт катордан (2.1–жадвал) $m = 6,3 \text{ мм}$ ни танлаймиз.

8. Червякнинг нисбий диаметри ва ўқлараро масофанинг аниқлаштирилган қийматини ҳисоблаймиз:

$$q = \frac{2a_w}{m} - z_2 = \frac{2 \cdot 180}{6,3} - 43 = 14,14$$

$q=14$ деб қабул қиламиз.

$$a_w = 0,5m(z_2 + q) = 0,5 \cdot 6,3(43 + 14) = 179,55 \text{ мм}$$

Аниқлаштирилган ўқлараро масофа стандарт қийматга деярли мос келди. Аниқ қийматни олиш учун силжитиш коэффициентини қуйидаги микдорда олиш мумкин:

$$x = \frac{a_w}{m} - \frac{(q + z_2)}{2} = \frac{180}{6,3} - \frac{(14 + 43)}{2} = 0,07$$

9. Червяк ва червяк ғилдирагининг геометрик ўлчамлари

$$d_1 = mq = 6,3 \cdot 14 = 88,2$$

$$d_2 = mz_2 = 6,3 \cdot 43 = 270,9 \text{ мм}$$

$$d_{a_1} = m(q + 2) = 6,3(14 + 2) = 100,8 \text{ мм}$$

$$d_{a_2} = d_2 + 2m(1 + x) = 270,9 + 2 \cdot 6,3(1 + 0,07) = 284,38 \text{ мм}$$

$$d_{f_1} = m(q - 2,4) = 6,3 \cdot (14 - 2,4) = 73,08 \text{ мм}$$

$$d_{f_2} = d_2 - 2m(1,2 - x) = 270,9 - 2 \cdot 6,3(1,2 - 0,07) = 256,66 \text{ мм}$$

Червяк ва червяк ғилдираги бир хил асбоб билан қирқилиши ҳамда червяк фрезаси ва червяк бир хил ўлчамларга эга бўлиши кераклиги учун ғилдирак тишларигагина ўзгартириш киритилади.

Червяк ғилдирагининг максимал диаметри (2.3-жадвал) ва эни:

$$d_{T_2} = d_{a_2} + 1,5m = 284,38 + 1,5 \cdot 6,3 = 293,83 \text{ мм}$$

$$e_2 = 0,75 \cdot d_{a_1} = 0,75 \cdot 100,8 = 75,6 \text{ мм}$$

10. Червяк ўрамлари сирпаниш тезлигининг аниқ қиймати:

$$V_s = \frac{V_1}{\cos \gamma} = \frac{4,42}{\cos 8^{\circ}07'48''} \approx 4,47 \text{ м/с}$$

$$\text{бу ерда } V_1 = \frac{\pi d_1 n_1}{60 \cdot 100} = \frac{d_1 \omega_1}{2} = \frac{88,2 \cdot 100,57}{2 \cdot 10^3} 4,42 \text{ м/с}$$

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{z_1}{q} \quad (2.9 - \text{жадвалдан олинган қиймати } 8^{\circ}07'48'');$$

11. Узатманинг фойдали иш коэффициенти:

$$\eta = 0,96 \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg}(\gamma + \rho')} = 0,96 \frac{\operatorname{tg} 8^{\circ}07'48''}{\operatorname{tg}(8^{\circ}07'48'' + 1^{\circ}28')} = 0,958$$

$$2.10 - \text{жадвалдан} \quad \rho = 1^{\circ}28'$$

12. Червяк ғилдираги тишларининг контакт кучланиш бўйича мустаҳкамлиги:

$$\sigma = \frac{170}{\frac{z_2}{q}} \cdot \sqrt{\left(\frac{\frac{z_2}{q} + 1}{a_w} \right)^3} \cdot T_2 \cdot K_H = \frac{170}{\frac{43}{14}} \sqrt{\left(\frac{\frac{43}{14} + 1}{\frac{180}{14}} \right)^3} \cdot 730 \cdot 10^3 \cdot 1,1 = 139,67 \text{ МПа}$$

13. Червяк ғилдираги тишлари эзувчи кучланиш бўйича текширилади.

Узатмадаги кучлар:

$$F_{t_1} = F_{x_1} = \frac{2T_2}{d_2} = \frac{2 \cdot 730 \cdot 10^3}{270,9} = 5389,4 \quad \text{Н}$$

$$F_{r_2} = F_{r_1} = F_{t_2} \cdot \operatorname{tg} \alpha = 5389,4 \cdot \operatorname{tg} 20^{\circ} = 1961,8 \quad \text{Н}$$

$$F_{t_1} = F_{x_2} = \frac{2T_1}{d_1} = \frac{2T_2}{\eta \cdot u \cdot d_1} = \frac{2 \cdot 730 \cdot 10^3}{0,958 \cdot 21,5 \cdot 88,2} = 803,7 \quad \text{Н}$$

14. Солиштирма ҳисобий айлана куч:

$$W_{Ft} = \frac{F_{t_2}}{e_2} \cdot K_F = \frac{5389,4}{75,6} \cdot 1,1 = 78,4 \quad \text{МПа}$$

15. Нормал модулнинг қиймати:

$$m_n = m \cos \gamma = 6,3 \cdot \cos 8^{\circ}07'48'' = 6,23$$

16. Тиш шаклининг коэффициенти келтирилган тишлар сони бўйича 2.11-жадвалдан олинади:

$$z_v = \frac{z_2}{\cos^3 \gamma} = \frac{43}{\cos^3 8^{\circ}07'48''} = 44,6$$

17. Червяк ғилдираги тишларининг эгувчи кучланиш бўйича мустаҳкамлиги:

$$\sigma_F = 0,7 Y_F \frac{W_{Ft}}{m_n} \leq \sigma_{FP}$$

$$\sigma_F = 0,7 \cdot 2,22 \frac{78,4}{6,23} = 19,6 \text{ МПа}$$

Эгувчи кучланиш бўйича ҳам мустаҳкамлик шarti таъминланди.

Адабиётлар:

1. И.Сулаймонов. Машина деталлари.
Тошкент, 1981 -306 б.
2. Детали машин в примерах и задачах (под. ред. С.Н. Ничипорчика). - Минск: Высшая школа, 1981.- 432 с.
3. Иванов М.Н. Детали машин. М.: Высшая школа, 2002.-360 с.
4. Ряховский О.А., Клыпин А.В. Детали машин: - М.: Дрофа, 2002.-288 с.
5. Детали машин: Учебник для вузов/ Л.А.Андриенко, Б.А.Байков, И.К.Ганулич и др.; под ред. О.А.Ряховского.- М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.-544 с. - (Сер. Механика в техническом университете; т.8).
6. Сайты WWW.edu.ru; WWW.Kumoh.ac.kr; WWW.taegu.ac.kr
7. Ш.А.Шообидов. Машина деталлари: Ўқув қўлланма: Тош. дав. техн. уни-ти. Т.: 2000.-88 б.
8. Handbook of engineering. New-York, Wiley, 1995.

Сўз боши	3
I-боб. Тишли узатмаларни лойиҳалаш.....	4
1.1. Умумий маълумотлар.....	4
1.2. Цилиндрик ғилдиракли тўғри тишли узатмаларнинг геометрияси ва кинематикаси	6
1.3. Қия тишли ғилдирак геометриясининг ўзига хос хусусиятлари.....	10
1.4. Конуссимон ғилдиракли узатманинг геометрияси ва кинематикаси.....	12
1.5. Тишли ғилдирак тишларига таъсир қиладиган кучларни аниқлаш.....	14
1.6. Конуссимон ғилдиракли тўғри тишли узатма тишларига таъсир қиладиган кучларни аниқлаш.....	17
1.7. Конуссимон ғилдиракли қия тишли узатма тишларига таъсир қиладиган кучларни аниқлаш.....	18
1.8. Тишли узатмалар учун материаллар танлаш ва рухсат этилган кучланишларни аниқлаш.....	19
1.9. Тишли узатмаларни ҳисоблаш.....	26
1.10. Цилиндрик ғилдиракли тишли узатмаларни контакт кучланиш бўйича лойиҳавий ҳисоблаш.....	27
1.11. Цилиндрик ғилдиракли тишли узатмаларни текширув ҳисоблаш.....	32
1.12. Конуссимон ғилдиракли тишли узатмаларни лойиҳавий ҳисоблаш.....	43

II-боб. Червякли узатмаларни лойиҳалаш.....	54
2.1. Умумий маълумотлар.....	54
2.2. Узатманинг геометрияси ва кинематикаси.....	56
2.3. Червякли узатмаларда ҳосил бўладиган кучлар.....	59
2.4. Червякли узатмаларни ҳисоблаш.....	60
Адабиётлар.....	79

Муҳаррир М. Ҳасанова

Босишга рухсат этилди 19.05.2005 й. Бичими 60x84 1/16.
Шартли босма табоғи 5. Нусхаси 100 дона. Буюртма № 238.
ТДТУ босмахонасида чоп этилди. Тошкент ш, Талабалар кўчаси 54.

